

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

\*\*\*\*\*

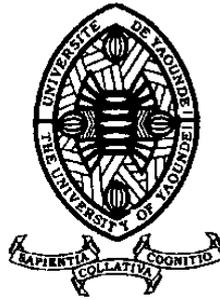
CENTRE DE RECHERCHE ET DE  
FORMATIONS SOCIALES ET  
EDUCATIVES

\*\*\*\*\*

UNITE DE RECHERCHE ET DE  
FORMATION DOCTORALE EN  
SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

\*\*\*\*\*

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

\*\*\*\*\*

POST GRADUATE SCHOOL FOR  
SOCIAL  
AND  
EDUCATIONAL SCIENCES

\*\*\*\*\*

DOCTORAL RESEARCH UNIT AND  
TRAINING FOR HUMAN  
AND SOCIAL SCIENCES

\*\*\*\*\*

DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

**THEME : VULNERABILITE ET ADAPTATION DE LA  
PRODUCTION DU SORGHO ET DU MAIS A LA VARIABILITE  
CLIMATIQUE DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSERI  
(EXTREME-NORD)**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en géographie*

**Spécialité :** Dynamique de l'Environnement et Risques

**Option :** Climatologie et Biogéographie

Par

**MBEREBE DELSIA**

Matricule : 13L434

Licencié en géographie physique

**Sous la direction de  
Joseph Amarthé AMOUGOU  
(Professeur titulaire)  
Université de Yaoundé I**



**JANVIER 2023**

**DEDICACE**

A mes parents Ndarwé Lucien et Zainapa Bernadette.

Pour l'amour, votre soutien, vos encouragements, votre confiance, et tous vos sacrifices qui m'ont permis d'aller au bout de ce travail. Merci d'avoir cru en moi. Aujourd'hui, c'est le reflet du fruit de tous vos efforts.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui se sont constamment investies pour la bonne réussite de ce travail de recherche. Qu'il me soit permis de les remercier vivement.

Je tiens à remercier particulièrement le Pr Joseph Armathé Amougou, qui malgré ses multiples occupations, a accepté de diriger ce travail scientifique. Depuis mon parcours au Département de géographie à l'Université de Yaoundé 1, il m'a encouragé d'aller plus loin dans mes études. Sa rigueur et ses critiques pertinentes ont apporté un plus à ce travail; elles m'ont aidé à cultiver le sens de la perfection.

A tous les Enseignants du Département de Géographie de l'Université de Yaoundé I, j'adresse mes remerciements pour le savoir qu'ils ont eu à me dispenser durant mon parcours scolaire.

Qu'il me soit permis aussi d'exprimer ma profonde gratitude à Romain Armand Soleil Batha. Je lui suis gré des contributions multiformes qu'il m'a apportées. Je ne saurais oublier mes amis qui m'ont apporté leur soutien moral et indéfectible, il s'agit de Soulwé Henna, Nenba Hubert, Djaouyang Hourse Jonas, Blaowé Kakoïng, Watching Augustin et bien d'autres.

Mes pensées vont aussi à l'endroit de mes frères et sœurs Ndikni Marie Noel, Ndi Ndarwé, Gom Ndarwé, Maï Yanpa Gisele, Wankabrao Ndarwé, Fouiga Ndarwé, Teswé Ndarwé Loawé Ndarwé, Wangba Ndarwé et Maïba Ndarwé qui m'ont soutenu, encouragé et supporté pendant mes moments d'absence.

## RESUME

Ce travail, mené dans l'arrondissement de Kousséri, porte sur la variabilité du climat. Son objectif principal est de faire une évaluation générale de la vulnérabilité et des stratégies d'adaptation des populations locales face à ce phénomène et aux aléas climatiques associés. La question centrale de cette étude est de savoir quels sont les impacts des variabilités climatiques sur la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri ? De cette interrogation, l'hypothèse principale stipule que la variabilité climatique affecte de manière négative la production du sorgho et maïs.

Pour vérifier cette hypothèse principale une analyse statistique de la période allant de 1959 à 2018 est faite, en se basant sur la démarche hypothético-déductive. Les données socio-économiques qui ont été collectées sur un échantillon de 300 personnes ainsi que les entretiens obtenus révèlent que les trois décennies les plus marquées sont 1979-1988, 1989-1998 et 2009-2018. Les extrêmes climatiques identifiés sont : le démarrage tardif des pluies, le raccourcissement des saisons des pluies, les sécheresses, les inondations, les vents forts, les températures extrêmes, le décalage des saisons... L'analyse des données a montré une tendance à la hausse de la température (0,8°C) et une baisse progressive de la pluviométrie qui porte un coup négatif sur la production agricole.

A cet effet, les populations ont développé plusieurs stratégies d'adaptation leur permettant de réduire la vulnérabilité. Ainsi nous avons : l'utilisation de la variété précoce, les semis hâtifs, les diguettes, surveillance des champs, pulvérisation des cultures, usages, les cordons pierreux, diversification des activités génératrices de revenu, usages des engrais chimiques, etc. Les mesures d'adaptation sont limitées et certains producteurs restent indifférents tout en étant conscients des aléas climatiques extrêmes.

**Mots clés** : Variabilité climatique, vulnérabilité, adaptation, Kousséri, sorgho, maïs.

**ABSTRACT**

Climate change has been the main focus of researches carried out in Kousseri district. Those researches aimed to make a general estimation on how vulnerable climate could be and the different strategies the population adopted to cope with that phenomenon and the consequences it has on their environment. The following question was at the centre of the work: what are the impacts of climate change on growing maize and sorghum? The assumption of that hypothesis is that climate change has negative effects on maize and sorghum cultivation.

So as to check that main hypothesis, statistics analysis were done from 1959 to 2018. The socio-economic data that were collected on a sample of 250 people and the interviews made show that the two decades more concerned are 1979-1988, 1989-1998 and 2009-2018. The extreme climatic hazards identified are: late rainfalls, shortening of raining seasons, droughts, floodings, strong winds, peak temperatures, seasons gaps, etc. consequences of climate change patterns include a rise of temperature (0,8°C) and a gradual decrease in rainfall (726,5 mm).

In order to find solutions to their problems, farmers have developed adaptation policies that enabled them to decrease climate change on their farms. These are: the use of early seeds, early sowing, bunds, field supervision, crops sparying, the use of stone bunds, the use of chemical fertilisers, etc. but despite those strategies, some farmers still does not adapt themselves even being aware about climate change patterns.

**Keywords:** Climate variability, vulnerability, adaptation, impacts, Kousseri, sorgho, maïs.

## SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
SOMMAIRE.....	v
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : FACTEURS DE PRODUCTION DU SORGHO ET MAIS ET LA VARIABILITE DU CLIMAT DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSERI.....	40
Chapitre I : Facteurs physiques et socioeconomiques de la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.....	41
Chapitre II : Vulnérabilité et la variabilité du climat dans l'arrondissement de Kousséri.....	62
PARTIE II : IMPACTS DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE SUR LA PRODUCTION AGRICOLE ET LES STRATEGIES D'ADAPTATION.....	89
Chapitre III : Impacts de la variabilité du climat sur la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.....	100
Chapitre IV: Stratégies d'adaptation à la variabilité climatique dans l'arrondissement de Kousséri .....	119
CONCLUSION GENERALE.....	141
BIBLIOGRAPHIE .....	144
ANNEXES.....	i

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude .....	3
Figure 2 : Relief de l'arrondissement de Kousséri .....	42
Figure 3 : Répartition pédologique de l'arrondissement de Kousséri .....	44
Figure 4: La flore et de l'occupation de sol de l'arrondissement de Kousséri.....	45
Figure 5: Le réseau hydrologique et hydraulique de l'arrondissement de Kousséri .....	46
Figure 6: Répartition de la population de l'arrondissement de Kousséri.....	49
Figure 7: Structure par âge de la population de l'arrondissement de Kousséri.....	51
Figure 8: Répartition des répondants selon le niveau de formation .....	51
Figure 9: Consommation des produits alimentaires dans l'arrondissement de Kousséri.....	52
Figure 10: Techniques de cultures pratiquées par les cultivateurs dans l'arrondissement de Kousséri.....	57
Figure 11: Evolution des superficies et de la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri.....	58
Figure 12: Evolution des superficies et de la production du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.....	60
Figure 13: Composantes de la vulnérabilité suivant la définition du GIEC.....	64
Figure 14: Diagramme ombrothermique de l'arrondissement de Kousséri .....	69
Figure 15: Variation de la température moyenne mensuelle dans l'arrondissement de Kousséri .....	72
Figure 16: Dynamique thermique mensuelle annuelle dans l'arrondissement de Kousséri.....	74
Figure 17: Évolution des températures moyennes annuelles dans l'arrondissement de Kousséri.....	75
Figure 18: Tendances thermiques des moyennes annuelles des décades .....	76
Figure 19: Evolution des précipitations moyennes mensuelles dans l'arrondissement de Kousséri.....	77
Figure 20: Evolution mensuelle annuelle de la pluviométrie dans l'arrondissement de Kousséri.....	78
Figure 21: Anomalie centrée réduite à Kousséri (Ecart à la moyenne pluviométrique) .....	84
Figure 22: Indice de pluviosité de l'arrondissement de Kousséri .....	85
Figure 23: Evolution pluviométrique interannuelle décennale .....	86
Figure 24: Déviation pluviométrique interannuelle dans l'arrondissement Kousséri.....	87

Figure 25: Évolution des températures et de la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri.....	108
Figure 26: Évolution des précipitations et de la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri.....	109
Figure 27: Évolution des températures et de la production du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.....	110
Figure 28: Évolution des précipitations et de la production du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.....	111
Figure 29: Perception de la baisse des précipitations par les cultivateurs dans l'arrondissement de Kousséri.....	120
Figure 30: Perception des cultivateurs du démarrage de la saison pluvieuse dans l'arrondissement de Kousséri. ....	121
Figure 31: Effectivité temporelle de semi dans l'arrondissement de Kousséri.....	122
Figure 32: Perception des cultivateurs de l'évolution des températures.....	123
Figure 33: Perception des impacts de la variabilité climatique sur les cultures par les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri.....	124

**LISTE DES PHOTOS**

Photo 1: Fleuve Logone .....	46
Photo 2: Sècheresse dans une banlieue de Kousséri. ....	66
Photo 3: Inondation à Adjainé.....	67
Photo 4: Inondation à Ndjagaré.....	67
Photo 5: Manifestations du vent violent à Arkis .....	67
Photo 6: Le paillage.....	129
Photo 7: Diguette en billon.....	131
Photo 8: Cordon de pierres.....	131
Photo 9 : Le haricot associé au champ du sorgho .....	132
Photo 10: Une association maïs-gombo-igname-riz. ....	132
Photo 11: Usage des objets mouvants. ....	134
Photo 12: Cassure et étalage des tiges du sorgho.....	134

**LISTE DES PLANCHES**

Planche 1: Description du sorgho.....	92
Planche 2: Description du maïs dans l'arrondissement de Kousséri... ..	94
Planche 3: Incidences de la variabilité climatique sur la culture du sorgho et du maïs.....	98

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition de l'échantillon par site (village).....	23
Tableau 2 : Classification du SPI.....	28
Tableau 3 : Différentes couleurs affectées aux probabilités.....	31
Tableau 4 : Impacts des risques climatiques sur les variables .....	32
Tableau 5 : Conséquences de l'apparition des risques .....	32
Tableau 6 : Degrés d'impacts des risques sur les variables .....	33
Tableau 7 : Matrice d'impacts des risques climatiques sur les variables.....	33
Tableau 8 : Sous indicateurs des différents indicateurs des modes d'existence .....	34
Tableau 9 : Cotation de la disponibilité et de l'accessibilité des paysans aux sous indicateurs .....	35
Tableau 10 : Différents niveaux de vulnérabilité .....	35
Tableau 11 : Matrice de vulnérabilité.....	35
Tableau 12 : Options d'adaptation .....	36
Tableau 13 : Matrice d'adaptation .....	37
Tableau 14 : Synoptique du cadre logique de la recherche.....	38
Tableau 15: Répartition temporelle des différentes activités socioéconomiques dans l'arrondissement de Kousséri.....	47
Tableau 16: Population totale de l'arrondissement de Kousséri .....	48
Tableau 17: Caractéristiques des variétés du sorgho disponibles dans l'arrondissement de Kousséri.....	53
Tableau 18: Caractéristiques des variétés du maïs disponibles dans l'arrondissement de Kousséri.....	54
Tableau 19: Calendrier agricole de l'arrondissement de Kousséri.....	55
Tableau 20: Précipitations et températures moyennes mensuelles .....	69
Tableau 21 : Saisons dans l'arrondissement de Kousséri .....	70
Tableau 22: Indice de Martonne calculé à l'échelle annuelle dans l'arrondissement de Kousséri .....	70
Tableau 23: Type de climat au cours de la saison dans l'arrondissement de Kousséri entre 1959 et 2018.....	81
Tableau 24 : Analyse des anomalies centrées réduites d'après l'indice de Barakat .....	82
Tableau 25 : Indice pluviométrique standardisé de l'arrondissement de Kousséri.....	83
Tableau 26 : Valeurs pluviométriques décennales de 1959 à 2018 .....	85

Tableau 27: Préférendums thermiques et pluviométriques des cultures et durée du cycle végétatif.....	95
Tableau 28: Principaux impacts de la variabilité climatique perçus par les paysans sur les cultures du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.....	96
Tableau 29: Principaux impacts de la variabilité du climat sur les sols agricoles dans l'arrondissement de Kousséri .....	100
Tableau 30: Principaux impacts de la variabilité climatique sur les eaux agricoles, perçu par les paysans.....	101
Tableau 31 : Impacts des extrêmes météorologiques sur les variables .....	104
Tableau 32: Détermination des conséquences ou niveaux de sévérité lors de l'apparition du risque .....	105
Tableau 33: Degrés d'impacts des extrêmes météorologiques sur les variables.....	105
Tableau 34: Matrice d'impacts des extrêmes météorologiques sur les variables.....	107
Tableau 35: Rendements extrêmes en kilogramme à l'hectare .....	112
Tableau 36: Matrice de corrélation de Spearman entre les températures et précipitations et la production à l'hectare du sorgho et du maïs.....	113
Tableau 37 : Degré d'implication des éléments du climat sur la production à l'hectare du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri. ....	114
Tableau 38: Sous indicateurs des différents indicateurs des modes d'existence .....	116
Tableau 39: Matrice de Vulnérabilité.....	117
Tableau 40: Quelques plantes insecticides ou insectifuges.....	128
Tableau 41 : Calendrier agricole traditionnel.....	130
Tableau 42: Options d'adaptation .....	135
Tableau 43 : Matrice d'adaptation .....	137

## ABREVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES

<b>°C :</b>	Degré Celcius
<b>AGR :</b>	Activités Génératrices de Revenu
<b>CBLT :</b>	Commission du Bassin du Lac Tchad
<b>CC :</b>	Changements Climatiques
<b>CCNUCC :</b>	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
<b>CILSS :</b>	Comité Inter-État de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
<b>CIRAD</b>	Centre de Coopération Internationale pour la Recherche Agronomique et du Développement
<b>CMA :</b>	Chef de Ménage Agricole
<b>CNRS :</b>	Centre National de la Recherche Scientifique
<b>CO<sub>2</sub> :</b>	Dioxyde de Carbone
<b>CTA :</b>	Centre Technique Agricole
<b>DA :</b>	Délégation d'Arrondissement
<b>DD :</b>	Délégation Départementale
<b>DMN :</b>	Direction de la Météorologie Nationale
<b>EA :</b>	Exploitant Agricole
<b>FALSH :</b>	Faculté des Lettres et des Sciences Humaines
<b>FAO :</b>	Fonds des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
<b>FEM :</b>	Fonds pour l'Environnement Mondial
<b>GIC</b>	Groupement d'Initiative Commune
<b>GIEC :</b>	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat
<b>Ha :</b>	Hectare
<b>INC :</b>	Institut National de la Cartographie
<b>INS :</b>	Institut National des Statistiques
<b>INSEED :</b>	Institut National de la Statistique, des Études Économiques et Démographiques
<b>IPCC :</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>IRAD :</b>	Institut de Recherche Agricole pour le Développement
<b>Kg :</b>	Kilogramme
<b>Km :</b>	Kilomètre

<b>MINADER :</b>	Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural
<b>mm :</b>	Millimètre
<b>NEPAD :</b>	Nouveau Partenaire pour le Développement
<b>NPK :</b>	Azote- Phosphore- Potassium
<b>NPKS :</b>	Azote- Phosphore- Potassium- Soufre
<b>NU :</b>	Nation Unies
<b>OMM :</b>	Organisation Météorologique Mondiale
<b>ONACC :</b>	Observatoire National sur les Changements Climatiques
<b>ONG :</b>	Organisation Non Gouvernementale
<b>PANA :</b>	Programme d’Action National d’Adaptation
<b>PNACC :</b>	Plan National d’Adaptation aux Changements Climatiques
<b>PNUD :</b>	Programme des Nations Unies pour le Développement
<b>RCA :</b>	République Centrafricaine
<b>RGPH2 :</b>	Recensement Général de la Population et de l’Habitat
<b>SP :</b>	Saison Pluvieuse
<b>SPSS :</b>	Statistical Package and Social Sciences
<b>SS :</b>	Saison Sèche
<b>T :</b>	Tonne
<b>UICN :</b>	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
<b>UNFCCC :</b>	United Nations Framework Convention on Climate Change
<b>UY1 :</b>	Université de Yaoundé 1

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

### 1. Contexte général et justification du choix de sujet

#### 1.1 Contexte général

Le Groupe Intergouvernemental d'Expert pour le Climat (GIEC, 2007) a indiqué dans son rapport qu'il existe un changement global du climat jamais observé dans le passé. Les variabilités et les changements climatiques soulèvent de graves problèmes pour la population mondiale. Ils augmentent considérablement des pressions sur la société et l'environnement. Selon le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD, 2008), les variabilités climatiques se manifestent par la fréquence et l'intensification des aléas climatiques (inondations, sécheresses, élévation de température, tempête, cyclones, etc.).

L'Afrique, particulièrement la zone soudano-sahélienne et l'Afrique Centrale, est très vulnérable aux perturbations climatiques à cause de sa dépendance excessive vis-à-vis de l'agriculture sous pluies (Albergel, 1985). L'évolution du climat est une réalité ressentie par les paysans, qui se traduit en particulier par une augmentation de la sécheresse, des phénomènes extrêmes (Marie-Josèphe D., 2012). Ainsi, que ce soit pour les pâturages de la zone sahéenne ou pour les cultures agricoles pluviales, la diminution de la pluviométrie et sa répartition capricieuse au cours d'une saison humide conditionnent l'activité des zones rurales (Lecaillon et Morisson, 1984). Les déficits de la précipitation entraînent la baisse des rendements agricoles (FAO, 2011). Le GIEC (2007) précise que les pluies sont très variables, avec un taux de déclin de 20 à 40% au Sahel au cours des années sèches 70 et 80.

Le Cameroun ne fait pas une exception. Les variabilités du climat sont observées au Cameroun depuis 1981. Les précipitations régressent depuis 1960 d'environ -2,2% par décennie. Les températures, quant à elles ont considérablement augmenté sur l'ensemble du territoire. Elles ont augmenté de 0,7% de 1960 à 2007 (PNUD, 2008). En effet, le Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques du Cameroun (PNACC, 2015) indique que les sécheresses sont liées à une augmentation des températures et les inondations sont liées à la forte pluviosité. Les zones soudano-sahélienne, côtière et à foresterie bimodale sont plus vulnérables aux perturbations climatiques.

La tendance n'est pas différente dans l'arrondissement de Kousséri. Les populations, plus pauvres, sont exposées aux effets néfastes de la variabilité climatique lesquels menacent l'agriculture, l'élevage, la pêche, le commerce, etc. La fréquence des vents violents, des sécheresses, des inondations, le décalage des calendriers agricoles, les vagues de chaleur, les fortes pluies sont des indices des variabilités climatiques observés à Kousséri (PCD, 2013). Ces phénomènes influencent grandement la production agricole.

### **1.2. Justification du choix de sujet**

Plusieurs raisons motivent le choix de ce thème à savoir : la vulnérabilité accrue de la population de Kousséri aux perturbations climatiques ; l'influence de ces dernières sur la production agricole ; la dépendance excessive des paysans et l'importance de la production agricole dans la localité.

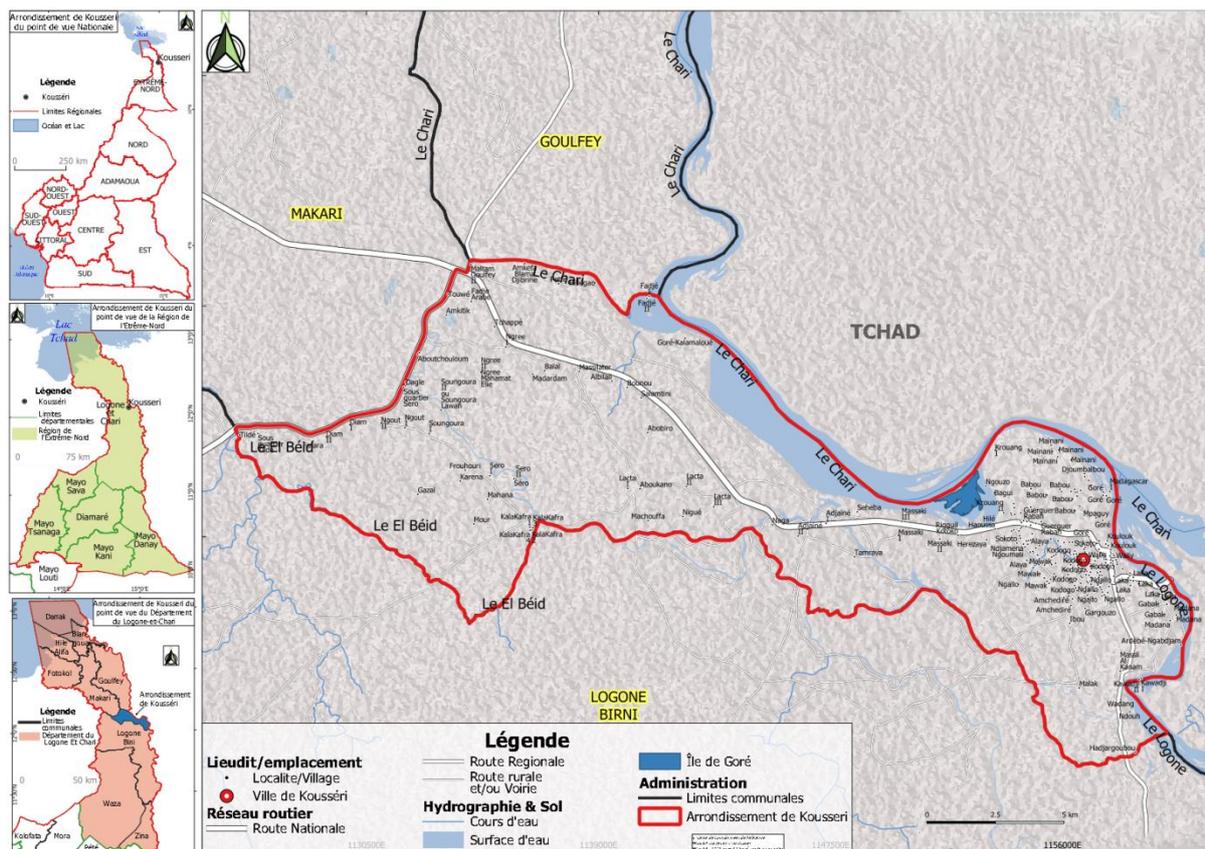
## **2. Délimitation de la zone de Kousséri**

### **2.1. Délimitation thématique**

Notre sujet de recherche cherche à mettre en évidence la vulnérabilité et les stratégies d'adaptation de la production du sorgho et du maïs aux variabilités climatiques. D'une part, il est question de ressortir les effets néfastes du dérèglement climatique sur la production du sorgho et du maïs. Cela s'effectuera par l'analyse des données météorologiques (précipitations et températures) collectées auprès de la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) et de la Délégation d'Arrondissement (DA) du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER) de Kousséri. Il s'agira de montrer la vulnérabilité accrue de la production du maïs et du sorgho à la variabilité climatique dans l'arrondissement de Kousséri et des stratégies d'adaptation en se basant sur les données issues des enquêtes de terrain.

### **2.2. Délimitation spatiale**

D'après le PCD (2013), l'arrondissement de Kousséri est situé dans la Région de l'Extrême-Nord, Département du Logone et Chari. L'arrondissement est limité au nord et à l'est par le fleuve Logone, au sud par l'arrondissement de Logone-Birni et à l'ouest par l'arrondissement de Makary. Il couvre une superficie de 160 km<sup>2</sup>. La figure 1 illustre la localisation géographique de notre zone de recherche.



**Figure 1 : Localisation de la zone d'étude**

### 3. Intérêt de l'étude

Notre étude présente plusieurs intérêts au point de vue scientifique, pratique et environnemental, qui méritent d'être relevés.

#### 3.1. Intérêt scientifique

Depuis sa création, l'Université de Yaoundé I (UY1) poursuit trois (03) missions à savoir : l'enseignement, la recherche et l'appui au développement. Avec ce travail j'accomplis la mission qui consiste à valoriser la recherche afin de contribuer au développement de la science. Cette présente recherche constituera une base de données fiables et utiles pour les recherches futures.

#### 3.2. Intérêt pratique

Sur le plan pratique, il s'agit de mettre à la disposition des acteurs et décideurs, un outil permettant de mieux appréhender l'impact des perturbations climatiques dans la commune de Kousséri. La prise en compte des recommandations énumérées dans ce document permettrait de prendre des décisions et d'élaborer des stratégies d'adaptation aux variabilités climatiques. Il est question de mettre à la disposition des agriculteurs et des

structures d'encadrement des connaissances pratiques pour réduire les impacts négatifs des changements climatiques sur les cultures du sorgho et du maïs, de saisir les opportunités qu'offre la localité afin d'augmenter la productivité.

### **3.3. Intérêt environnemental**

Etant donné que les moyens d'existence de la plupart des populations rurales sont étroitement liés au climat, ce travail va permettre de trouver de pistes de solutions pour limiter les effets de la variabilité climatique sur l'environnement et les moyens d'existence des populations.

## **4. Problématique et question de recherche**

### **4.1. Problématique**

Le réchauffement global croissant de la planète est une menace grave pour l'humanité (GIEC, 2007). Il s'accompagne par des perturbations du climat avec les conséquences sur l'environnement et les activités agricoles. À cet effet, les questions de vulnérabilité et d'adaptation de l'agriculture vivrière se posent avec une grande acuité (Doukpolo, 2014).

En effet, la problématique de l'incidence des changements climatiques sur la production agricole a déjà fait l'objet de nombreux travaux scientifiques, à l'échelle mondiale, sur plusieurs régions et pays (FAO, 1997). En Afrique sub-saharienne, les perturbations climatiques vont entraîner une baisse considérable des rendements des principales cultures notamment le manioc (-26 %), l'arachide (-15 %) et le maïs (-11 %) d'ici 2025 (Zhao et al., 2005). Cette situation expose les populations, dont les ressources de subsistance proviennent des productions agro-sylvo-pastorales, à une grande dépendance pour leur survie. C'est pourquoi, il est judicieux que les scientifiques et décideurs politiques pensent de nouvelles méthodes pour une meilleure adaptation des populations locales.

Le Cameroun ne fait pas exception, et est même particulièrement exposé aux variabilités du climat du fait de ses territoires en zone sahélienne, durement touchés par la désertification, et de ses territoires en zones littorales, menacés par la montée du niveau de la mer (PNACC, 2015). Les perturbations climatiques vont largement impacter divers secteurs à savoir l'agriculture, la pêche, l'élevage, le transport... selon la même source.

L'arrondissement de Kousséri, dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun, dans le département du Logone et Chari, n'est pas épargné de la variabilité climatique. Les

variabilités climatiques sont d'ailleurs remarquables dans la localité du fait de son climat semi-aride (PCD, 2013). Le climat de l'arrondissement est de type sahélien semi-aride avec 02 saisons : une longue saison sèche d'octobre à mai et une courte saison de pluie de juin à septembre. La pluviométrie annuelle varie entre 500 et 600 mm. La température atteint parfois 45°C à l'ombre entre mars et avril. Cette situation accroît la vulnérabilité des cultures aux variabilités climatiques.

En effet, les déficits pluviométriques, le décalage saisonnier et le prolongement de la durée des séquences sèches, de plus en plus marqués, touchent de vastes territoires et bassins de production agricole. Ces crises climatiques persistantes, associées à d'autres facteurs (perte de productivité des sols, feux de brousse, conflit agriculteurs-éleveurs et déplacements des populations), constituent les causes primaires de la baisse de rendements agricoles enregistrée ces dernières décennies.

La variabilité des températures et des précipitations et la fréquence des extrêmes météorologiques (les sécheresses et l'inondation) posent un problème majeur pour la production agricole dans l'arrondissement. Elles détruisent les cultures et influencent leur rendement. Ainsi, les cultivateurs sont obligés de mettre la pression sur l'environnement afin d'accroître leur rendement. De là, se pose le problème de dégradation de l'environnement qui augmente leur vulnérabilité.

Face à la baisse considérable de leur production agricole due à la perturbation climatique et à la pauvreté des sols, les populations adoptent des stratégies d'adaptation pour faire face aux effets pervers du climat. Mais, ces stratégies sont limitées du fait de la pauvreté des paysans, de leur faible niveau d'éducation, de l'accès limité aux nouvelles techniques de production et de l'insécurité, les rendant ainsi très vulnérables.

## **4.2 Questions de recherche**

Les contextes académique et institutionnel nous ont mené à élaborer une question principale et quatre questions spécifiques.

### **4.2.1. Question principale**

La question principale de notre sujet de recherche est: Quels sont les impacts de la variabilité climatique sur la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri ?

#### 4.2.2. Questions spécifiques

Les questions spécifiques de notre thème de recherche sont :

- Quels sont les facteurs physique et socio-économique de la production du sorgho et du maïs ?
- Est-ce que la vulnérabilité et la variabilité du climat sont ressenties dans l'arrondissement de Kousséri ?
- Quels sont les impacts de la variabilité climatique sur la culture du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri ?
- Quelles sont les réactions des cultivateurs dans un contexte d'adaptation aux perturbations climatiques ?

Pour répondre à de telles questions, il convient de les placer dans le contexte scientifique avant de clarifier les concepts clés et de préciser les objectifs, les hypothèses ainsi que la démarche méthodologique adoptée.

### 5. Contexte scientifique

La question des variabilités et des changements climatiques préoccupent depuis quelques temps les scientifiques et les décideurs politiques en raison de leurs conséquences immédiates et durables sur l'environnement (Niang, 2009 ; Allaissem, 2015). En effet, les études faites sur l'évolution du climat par l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) ont montré que les changements climatiques ont entraîné un déséquilibre, qui se traduit dans les basses latitudes par une péjoration ou modification du climat.

La variabilité du climat se traduit par des anomalies et des crises plus ou moins aléatoires. Cette variabilité se caractérise aussi par des phases successives ou alternatives d'excédents et de déficits hydriques, des vents violents et des températures élevées. Les conséquences peuvent être durables surtout lorsqu'il se traduit par de longues périodes de sécheresse ou d'inondation.

En Afrique tropicale, les populations rurales sont particulièrement touchées par les changements climatiques du fait que les performances de leurs systèmes de production sont très dépendantes du climat (Boko, 1988). La pauvreté ne leur permet pas d'accéder aux adaptations technologiques (mécanisation, engrais, semences, irrigation, etc.) et aux innovations culturelles adéquates et efficaces notamment les semences améliorées, les techniques de cultures modernes (Doukpolo, 2014). Cette situation constitue un facteur aggravant des impacts socio-économiques de la variabilité climatique car les sécheresses des années 70 ont provoqué une famine dramatique et les inondations de la décennie 90 ont

occasionné la perte de la productivité qui a un impact sur les rendements agricoles (FAO, 2007).

C'est dans ce contexte que d'importants travaux scientifiques ont été réalisés par la communauté scientifique sur les enjeux des variabilités et des changements climatiques en Afrique tropicale (Pagney, 1973; Boko, 1988 ; Ndjendolé, 2001 ; Ogouwalé, 2006). Il se dégage des analyses et des conclusions pertinentes que les variabilités climatiques d'ampleur spatiale considérable, en fréquence, en intensité et en durée ont fortement contribué à impacter les économies déjà fragiles et à occasionner des crises alimentaires aiguës en Afrique.

Au Cameroun, la moyenne pluviométrique de la période 1981-2000 est de 20 à 40% plus basse que celle de la période 1961-1980. On observe une régression des précipitations depuis 1960 d'environ -2,2% par décennie (soit -2,9 mm chaque mois). Les mois où cette régression est la plus prononcée sont ceux de mars, avril et mai (MAM) suivi de juin, juillet et août (JJA). La température annuelle moyenne a augmenté de 0,7°C de 1960 à 2007. Ceci représente un taux moyen de 0,15°C par décennie (PNACC, 2015).

D'après Oxfam (2010), la crise alimentaire de 2005 et des famines de 1973/74 et 1984/85 ont eu un impact dévastateur sur la vie et les moyens de subsistances de millions de personnes. Il ajoute que chaque année, près de 20% des habitants des pays du Sahel souffrent de la famine et des centaines de milliers de familles souffrent de l'insuffisance de récoltes, de pâturage et de revenus pour se nourrir.

Dans ce contexte, les communautés des cultivateurs les plus pauvres sont sans doute celles qui subiront les impacts les plus violents des changements climatiques et souffriront de façon disproportionnée de ces effets négatifs (Doukpolo, 2014). C'est dans ce sens que Fluet (2006) a mentionné que les impacts du climat sont variables et n'affectent pas les communautés au même niveau, selon les situations sociales, économiques et démographiques.

D'après le GIEC (2014), les incidences négatives des fluctuations du climat sur le rendement des cultures ont été observées. Ces études ont montré que les impacts de ces changements ont entraîné la baisse de la productivité des cultures due à la chaleur, la sécheresse, les inondations dont les conséquences sur les moyens de subsistance et la sécurité alimentaire des pays, des régions et des ménages pourraient être graves d'ici 2050.

C'était toujours dans le même élan que le GIEC (2001) soulignait déjà que les rendements en céréales devraient diminuer ; ce qui devrait avoir aussi un effet préjudiciable sur la sécurité alimentaire notamment dans les petits pays importateurs de produits alimentaires. En 2009, l'insuffisance et la mauvaise répartition des pluies dans le temps et

dans l'espace au Sahel ont conduit à une baisse importante de la production agricole (à 95% pluviale) et fourragère (Oxfam, 2010).

Les études réalisées par Morel et al. (2008) en RCA ont montré que les précipitations ont diminué de façon relativement brutale vers des années 70. Cette baisse a également entraîné celle des productions agricoles qui en dépendent. Les rendements des cultures vivrières (mil, sorgho, maïs, etc.) ont baissé de plus de 60 % à cause des variations pluviométriques (Salack et al. 2006). Le rapport d'évaluation du GIEC (2014) prévoit qu'un léger réchauffement climatique diminuera le rendement des récoltes et provoquera des moissons aléatoires dans les régions de basse latitude d'ici 2050.

Les événements hydro-climatiques tels que les sécheresses, les fortes pluies, les inondations seront de plus en plus intenses et surtout de plus en plus variables d'une année à l'autre au Sahel. Les extrêmes pluviométriques associés en partie à l'augmentation de la vapeur d'eau atmosphérique vont s'accroître avec le changement climatique renforçant ainsi le cycle condensation – pluie – ruissellement. On peut donc s'attendre au cours des années à venir à des situations contrastées alternées de sécheresse et d'excédents pluviométriques (Sarr, 2009).

A l'issue d'une analyse des phénomènes climatiques extrêmes observés au Niger (les inondations, les sécheresses, les tempêtes de sable et/ou de poussière, les températures extrêmes, les vents violents), il ressort que la tendance générale des phénomènes est à l'augmentation. Quant à leur fréquence, la sécheresse reste le phénomène extrême le plus fréquent au Niger (PANA-Niger, 2006).

Au Cameroun comme ailleurs en Afrique Tropicale, de part ses territoires en zone sahélienne et en zone littorale, fait face à une récurrence anormale de phénomènes climatiques extrêmes tels que la violence des vents, les températures élevées ou de fortes précipitations qui mettent en danger les communautés humaines, les écosystèmes et les services qu'ils fournissent (PNACC, 2015).

Une analyse de l'impact de la variabilité climatique sur les systèmes de production au Niger présage une diminution de la disponibilité en eau du sol dans la zone d'Aguié pour les cultures pluviales au vu de l'augmentation du déficit d'humidité du sol à l'horizon 2025 et une légère amélioration des conditions déjà meilleures par rapport au reste du pays est prévue pour la zone de Gaya. A cet effet, aucune baisse de rendement n'est prévue pour les céréales dans cette zone; néanmoins, on note une faible réduction du rendement du niébé (Amadou, 2004).

Selon Bohle et al (1994), dans la littérature, le thème commun sur les impacts de la variabilité climatique est l'idée que les communautés, les groupes sociaux, les secteurs, les régions et les nations diffèrent dans le degré de vulnérabilité, c'est-à-dire qu'il existe des vulnérabilités différentielles. Par contre, pour Handmer et al. (1999), la connaissance de la vulnérabilité et ses causes jouent un rôle essentiel dans la détermination des impacts et permettent de comprendre que la dynamique de la vulnérabilité est aussi importante que la compréhension du climat lui-même.

Si selon le GIEC, la vulnérabilité est fonction de la nature, de l'importance et du taux de la variation climatique auxquels un système se trouve exposé; de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation. Pour Magnan (2009), les connaissances actuelles sur les fondements de la capacité d'adaptation d'un territoire donné sont encore insuffisantes. Il existe ainsi un manque de maturité sur cette question qui est à relier à un défaut de structuration en termes de recherche scientifique.

Toutefois, une évaluation de la sensibilité du secteur forestier béninois aux risques climatiques majeurs a été réalisée au moyen de la matrice de sensibilité proposée par le Groupe d'Experts des Pays les Moins Avancés en 2004. Il ressort de cette évaluation que les inondations, les pluies violentes et la sécheresse sont les risques climatiques qui ont l'impact le plus élevé sur les écosystèmes forestiers (toutes formations végétales confondues) et les communautés riveraines. Les modes d'existence les plus exposés aux risques climatiques sont les petits exploitants forestiers et les exploitants agricoles (DCN du Bénin, 2011).

Les indicateurs d'exposition montrent que les modes d'activité les plus vulnérables au Togo sont les agriculteurs (66,70%), suivis par les pêcheurs (57,10%), les éleveurs et les commerçants (38,10%) et enfin les artisans (33,30%). Dans cette catégorisation les classes d'âge sociodémographiques les plus vulnérables sont sans nul doute les personnes âgées, les enfants et les femmes (PANA-Togo, 2007). La zone côtière forme un environnement socio-économique très important mais vulnérable (CNI du Togo, 2001).

Les systèmes de production les plus vulnérables et les plus touchés par les effets négatifs de la variabilité climatique en Mauritanie sont ceux tributaires des eaux des pluies, notamment l'agriculture pluviale. Les systèmes à vulnérabilité faible voire nulle sont le système pastoral à propriétaire urbain et le système agricole semi et/ou intensif (PANA-Mauritanie, 2004).

Selon Bokoto de Semboli (2008), la vulnérabilité de sept (7) villages de la République Centrafricaine, analysée avec la méthode multidisciplinaire d'évaluation des paysages décrite par Sheil et al. (2004) adaptée par Sayer et al. (2004) aux forêts du bassin du Congo dans le

cadre du TriNational de la Sangha, a montré que ces villages vivent au-dessus du seuil de pauvreté (US \$ 312/an), 51,7% de leurs moyens d'existence sont liés à la forêt, 24% à la pêche et 21,1% à l'agriculture. Au total, les facteurs climatiques influencent l'agriculture, la pêche, la chasse le ramassage et la cueillette dans ces villages.

L'arrondissement de Kousséri serait devenu vulnérable à partir de la période 70 où une intensification du processus de désertification a été constatée (PCD, 2013). Cette situation a engendré des troubles climatiques récurrents dont les sécheresses, les inondations, le décalage saisonnier, l'irrégularité des pluies qui affectent toute la zone. Ainsi on assiste à la baisse des rendements agricoles et la raréfaction de la biodiversité.

C'est ainsi que la variation du climat a affecté le secteur agricole. Cette situation a entraîné un décalage des saisons qui est devenu un phénomène très fréquent dans l'espace tropical en général et dans l'arrondissement de Kousséri en particulier. Il y a eu un décalage du début de la saison pluvieuse (la saison pluvieuse au débute au mois de juin au lieu du mois de mai). Le décalage des saisons entraîne des reprises de semis occasionnant la baisse de revenus et du pouvoir d'achat, l'exode rural, la famine (prolongation de la période de soudure et les migrations saisonnières des exploitants agricoles). À cet effet, Diop et al. (1996) ont souligné que les débuts et fins des saisons pluvieuses sont devenus de moins en moins prévisibles pour les paysans au cours de ces dernières années. Ceci rend aléatoire la planification agricole. Dans ce contexte, les petits cultivateurs et les petites exploitations agricoles seront les plus ébranlés faute de moyens d'adaptation augmentant ainsi les risques de famine.

D'après OCDE (2009) cité par K. Sanou et al (2018), les besoins d'adaptation des populations à la variabilité climatique et à leurs impacts socio-environnementaux sont indispensables de nos jours, car la survie des populations en dépend. Ainsi, l'adaptation à court, à moyen et à long terme s'avère nécessaire (GIEC, 2007).

La réaction des individus, des collectivités et de leurs activités en réponse aux changements climatiques reste un défi permanent. Cette adaptation prendra en compte la lutte contre l'insécurité alimentaire, la lutte contre la pauvreté, le développement local, etc. C'est pourquoi Sarr et al. (2007) ont précisé que, pour faire face aux conséquences de la variabilité climatique et réduire la vulnérabilité des agrosystèmes, les populations ont, dans le passé, mis en valeur leurs savoirs endogènes. Mais ces mesures ont montré leurs limites dans certains cas comme en témoigne la persistance de la situation de crises alimentaires que les pays sahéliens et subtropicaux ont connues au cours de ces dernières décennies.

Pour réduire la vulnérabilité aux effets néfastes des changements climatiques, les communautés togolaises ont développé comme principales pratiques d'adaptation le développement des cultures en terrasses, le billonnage ouvert et/ou cloisonné et le buttage, l'extraction de gravier et de sable, la colonisation des bas-fonds autrefois réservés aux femmes et aux enfants (cultures de contre saison), l'utilisation de jachères vertes, l'intensification de la carbonisation et des combustibles ligneux, le changement d'habitudes alimentaires (PANA-Togo, 2007).

Les options prioritaires définies pour l'adaptation aux changements climatiques en Mauritanie ont été déclinées en fiches de projets. Ainsi, dans le secteur de l'agriculture, les projets intitulés comme suit ont été retenus : Amélioration des techniques culturales en zone pluviale et introduction de nouvelles variétés céréalières résistantes à la sécheresse et à haut rendement ; promotion de techniques d'irrigation économes en eau en zone oasienne (expériences pilotes du goutte à goutte) ; formation des producteurs, de leurs Organisations Socioprofessionnelles et des vulgarisateurs wilayas agricoles (PANA-Mauritanie, 2004).

Au Nord-ouest centrafricaine, par exemple, les stratégies paysannes d'adaptation à la variabilité climatique portent sur la diversification des activités, les pratiques de la culture de décrue, l'association agriculture-élevage et la création des organisations paysannes (Ndjendolé, 2001).

Selon Bele et al. (2010), les poches de pluies inhabituelles en saison sèche ont des effets positifs sur la croissance des bananiers-plantains au Cameroun et en République Démocratique du Congo. Ce même constat a été fait sur le taro en République Centrafricaine et sur le manioc en République Démocratique du Congo. En décidant d'intensifier ces cultures pour réduire leur vulnérabilité à la variabilité climatique, les communautés sont conscientes qu'elles procèdent simplement à une expérimentation, compte tenu du degré d'incertitude qui entoure les prévisions sur la variabilité climatique. C'est dans la même logique qu'elles sont en train de profiter de l'assèchement des marécages pour pratiquer la culture du maïs de contresaison.

## **6. Cadre théorique et conceptuel**

### **6.1. Cadre théorique**

#### **6.1.1. La systémique**

Selon Grawitz M. (1993), la systémique est « une théorie considérant l'interdépendance des parties par rapport à un tout : elle est le fondement de la recherche d'un système et cherche à construire un modèle sur le cadre adapté à l'association ... ». En effet, la

systemique est une approche globale et holistique qui a été développée en vue d'analyser les systèmes complexes qu'ils soient physiques et/ou humains.

Dans le cadre de notre travail, la systémique nous sera utile dans la mesure où les problèmes environnementaux notamment les variabilités climatiques sont des problèmes qui nécessitent d'être étudiées dans une démarche holistique et systémique en prenant en compte les éléments du système à savoir les agriculteurs, les paramètres du climat (températures et précipitations), la production du sorgho et de maïs. Tous les éléments du système doivent être pris en compte dans le cadre de la vulnérabilité et de leur adaptation aux perturbations climatiques.

### **6.1.2. La théorie de la déforestation selon Malthus**

C'est une théorie selon laquelle la détérioration de l'environnement est le résultat de l'accroissement de la population. Cette théorie nous aidera à montrer comment les variabilités climatiques impactent négativement la culture du sorgho et du maïs. En d'autres termes, la théorie de la déforestation nous permettra de démontrer que la dynamique du climat entraîne la baisse des rendements du sorgho et du maïs.

### **6.1.3. La théorie Gaïa**

Margulis définit la théorie Gaïa comme une revendication purement scientifique reposant sur la reconnaissance des processus homéostatiques (un système qui tend vers un équilibre caractérisé par des paramètres constants) et homéorhétiques (un système caractérisé par un système dynamique de type ondulatoire, oscillant autour d'un état stable sans y converger) s'appliquant à l'ensemble de la biosphère terrestre. La forme la plus extrême de la théorie Gaïa considère la planète terre dans son ensemble comme un organisme. De ce point de vue, la biosphère manipulerait de manière consciente le climat de façon à rendre les conditions environnementales plus favorables à la vie. Un point de vue social de la théorie Gaïa concerne le rôle des humains comme clés. Si les humains agissent pour prévenir les changements climatiques, alors ils agissent eux-mêmes pour assurer une homéostasie.

C'est dans ce cadre que nous trouvons l'utilité de cette théorie. Elle nous permettra de montrer que le climat est en perpétuelle variation et que ses conséquences paraissent défavorables pour la production du maïs et du sorgho dans la commune de Kousséri. Et face à ce problème, les paysans mettent en œuvre des stratégies d'adaptation pour maintenir l'équilibre entre les variabilités climatiques et la culture du sorgho et du maïs.

## 6.2. Cadre conceptuel

Le sujet de recherche qui fait l'objet de notre étude s'intitule : *«vulnérabilité et adaptation de la production du sorgho et du maïs à la variabilité climatique dans l'arrondissement Kousséri (Extrême-Nord)»*. Pour traiter ce sujet, il est nécessaire de clarifier les mots et les expressions afin de contextualiser la compréhension des idées.

### 6.2.1. Changement et variabilité climatique

Aujourd'hui, on parle beaucoup de « changement climatique » considérés comme l'une des menaces les plus graves posées au développement, avec des impacts significatifs sur l'économie des pays en développement et les moyens de vie des populations les plus pauvres de la planète. Ils désignent un changement du climat attribué directement ou indirectement aux activités humaines qui altèrent la composition de l'atmosphère globale et qui s'ajoutent à la variabilité climatique naturelle observée sur des périodes de temps comparables (UNFCCC, 1992). La variabilité climatique, quant à elle, se réfère à la variation naturelle intra et interannuelle du climat.

Nous nous baserons uniquement sur la notion de la variabilité climatique. En tant qu'élément intégrateur de la recherche, l'expression « la variabilité climatique » a été définie par plusieurs auteurs dont Boko (1988), cité par Beltrando (1995) et Brou (2005). Elle fait pressentir la mobilité ou la variation du schéma pluviométrique moyen et l'accentuation des valeurs extrêmes à toutes les échelles temporelles et spatiales. Autant que possible, elle est analysée par rapport aux valeurs centrales ou médianes des séries plutôt que par rapport aux valeurs moyennes ou normales, qui sous-entendent l'idée de fixité du climat. La variabilité climatique peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique ou à des variations du forçage externe anthropique.

Dans ce travail, il s'agit de caractériser les tendances et les cycles. Pour cela, notre étude se basera plus sur la variabilité climatique que sur le changement climatique qui peut être défini comme étant « Une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant une période prolongée (généralement 60 ans ou plus).

### 6.2.3. Vulnérabilité

De manière générale, la vulnérabilité est le degré selon lequel un système est susceptible d'être atteint du fait d'une exposition à des perturbations ou à des stress. Dans le contexte de la variabilité climatique, la vulnérabilité peut être définie comme le degré selon

lequel un système est sensible ou incapable de faire face aux effets adverses des modifications à court terme, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité d'un système est donc fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation et des changements du climat à laquelle il est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation.

De nos jours, la question de la vulnérabilité est au cœur d'un grand nombre de problématiques en sécurité civile. Les définitions de la vulnérabilité sont multiples et sont souvent adaptées aux domaines dans lesquels on y fait référence : vulnérabilité en sécurité civile, en hydrologie, en psychologie ...

Sur le plan étymologique elle peut se traduire comme étant une caractérisation de ce « qui peut être blessé, frappé par un mal ou qui peut être facilement atteint, se défend mal » (Le Petit Robert, 2012). Ceci réfère à la notion de conséquences d'un évènement donné et de la capacité à les subir ou non.

Selon le MSPQ (2008) la vulnérabilité constitue « une condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux, qui prédispose les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages » . Il existe ainsi la notion d'un certain potentiel, d'un ensemble de conditions favorables à l'apparition de défaillances en cas d'aléas. Cette caractérisation peut être couplée avec celle de l'exposition, et donc implique également dans une certaine mesure celle de sensibilité.

Le MSPQ (2008) définit également trois composantes caractéristiques de la vulnérabilité d'un élément exposé à un aléa : le degré d'exposition, l'importance stratégique et la sensibilité.

En y incorporant l' « importance stratégique », le MSPQ (2008) ouvre ainsi la porte à la criticité au sens issu dans la conception de la vulnérabilité. Il existe ainsi une corrélation entre la sensibilité et la criticité d'un élément.

Quant à la vulnérabilité des éléments à risque (population, bâtiments, travaux d'ingénierie civile, activité économique, services publics et infrastructures), c'est l'un des éléments les plus difficiles à évaluer. Il existe à cet effet deux approches complémentaires, car selon R d'Ecole (1996) « *la première technique et la plus ancienne, considère la vulnérabilité comme un indice ou un pourcentage de ce qui peut être perdu (vies humaines, biens, valeurs*

*diverses*). La deuxième sociale désigne la vulnérabilité comme la propension à subir des dommages, suivant la capacité de réponses des sociétés concernées vis-à-vis des menaces d'origine naturelle, anthropique ou mixte. La seule présence des populations dans les zones à risque constitue un facteur de vulnérabilité. » Selon United Nations Disaster Relief (2007), ces risques généralisés à tous les aléas naturels sont représentés sous la formule suivante :

$$\text{Risque} = (\text{Éléments à risque}) \times (\text{Aléa naturel} \times \text{Vulnérabilité})$$

*Les éléments à risque* sont l'ensemble de la population, des bâtiments, les travaux d'ingénierie civile, l'activité économique, les services publics et les infrastructures dans une région donnée ;

*Les aléas naturels* représentent la probabilité d'occurrence, dans un intervalle de temps donnée pour une région particulière, d'un phénomène naturel ayant une potentialité à causer des dommages ;

*La vulnérabilité* est le degré de perte de 0 à 1 d'un élément à risque, ou d'un ensemble de tels éléments, résultant de l'occurrence d'un phénomène naturel.

La vulnérabilité représente aussi le niveau auquel une unité ou une entité, est perturbée ou compromise par suite à la variabilité climatique. Les facteurs socio-économiques et les facteurs physiques sont importants dans la détermination de la vulnérabilité. Elle dépend non seulement de la sensibilité de l'unité, mais également de sa capacité à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques.

Elle peut aussi être définie comme étant le potentiel de perte associé aux populations humaines et à ce qu'elles considèrent comme précieux (Mitchell, 2001). Dans le contexte de phénomènes naturels dangereux, la vulnérabilité inclut les notions corrélées d'exposition, de résistance et de résilience.

En d'autres termes, la vulnérabilité se définit comme la capacité à la fois de subir un phénomène dangereux, d'en réduire les effets et de se remettre des pertes subies. Les populations associant une forte exposition au risque, un faible niveau de résistance et une faible résilience sont les plus vulnérables face aux phénomènes dangereux.

Selon le GIEC (2001b), la vulnérabilité est la mesure dans laquelle un système est sensible - ou incapable de faire face - aux effets défavorables des variabilités climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de

la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.

Dans le cadre de notre étude, nous adoptons la définition de la vulnérabilité telle définie par le GIEC (2001b). Dans ce cas, la vulnérabilité des agriculteurs de l'arrondissement de Kousséri exprime les dégâts auxquels sont exposés ces agriculteurs.

### 6.2.3. Adaptation aux variabilités climatiques

Les modifications du climat à venir vont profondément affecter la manière de fonctionner de nos sociétés, et les problématiques liées aux moyens de s'adapter sont désormais au cœur des enjeux majeurs des années à venir.

Le consortium Ouranos (2010a) définit l'adaptation comme étant « un processus par lequel les communautés et les écosystèmes s'ajustent aux changements et effets associés, afin de limiter les conséquences négatives et de profiter des bénéfices potentiels ».

De son côté, le GIEC (2007a) définit plusieurs types d'adaptation différents:

- **L'adaptation anticipative** qui consiste à agir avant que les effets des changements anticipés se fassent sentir;
- **L'adaptation autonome** qui consiste en une réponse spontanée mais non planifiée aux impacts climatiques, et qui peut être issue des changements écologiques dans les systèmes naturels ou d'une évolution des conditions du marché ou de l'état de bien-être dans les systèmes humains;
- **L'adaptation planifiée** qui se base sur la définition d'une stratégie visant à mettre en place des mesures de réponse aux variabilités climatiques observés et subis.

Dans le cadre de l'adaptation planifiée à la variabilité climatique, il appartient aux populations concernées de définir dans la stratégie d'adaptation un ensemble de mesures visant à réguler les conséquences des impacts, que ce soit en vue de les annuler ou encore de les réduire.

L'adaptation à la variabilité climatique désigne aussi les stratégies, initiatives et mesures individuelles ou collectives (entreprises, associations, collectivités, etc.) visant à réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains contre les effets réels ou attendus de la variabilité climatique.

Il s'agit aussi d'anticiper les effets de la variabilité climatique sur l'environnement et donc sur l'économie, la société, la santé et la vie quotidienne. Cette stratégie est complémentaire de la stratégie d'atténuation, qui vise à moins émettre de gaz à effet de serre et à restaurer ou protéger les capacités de puits de carbone des écosystèmes ou agro-écosystèmes.

L'adaptation est rendue difficile par les marges d'incertitudes temporelle et géographique de la prospective climatique, par les difficultés à appliquer le principe de précaution dans l'aménagement du territoire, et parce que le potentiel d'adaptation pour les systèmes humains et écologiques est très inégal selon les régions et les contextes économiques. La capacité d'adaptation est très liée au développement social et économique du territoire (GIEC, 2007).

Une partie du contenu des stratégies d'adaptation reste théorique dans la mesure où elle relève de la précaution dans un domaine où la prospective ne peut reposer que sur des probabilités et non des certitudes absolues, y compris quant à l'ampleur et à la localisation des conséquences attendues.

L'adaptation consiste à rendre les systèmes ou territoires moins vulnérables aux dérèglements climatiques, au travers d'actions diminuant les impacts de la variabilité climatique, ou améliorant les capacités de réponse des sociétés.

L'adaptation est un processus d'ajustement des systèmes naturels et humains à un stimulus climatique constaté ou anticipé, à ses effets et ses impacts. Il désigne un changement de procédures, de pratiques et de structures visant à limiter ou supprimer les dommages potentiels ou à tirer bénéfice des opportunités créées par les mutations de climat. Il induit des ajustements afin de réduire la vulnérabilité de certaines communautés, régions ou activités/secteurs pendant de nombreuses périodes, allant de quelques années à plusieurs décennies.

L'adaptation est aussi l'un des volets des plans climatiques et une démarche de réduction et de gestion des risques et dommages, préparée et mise en œuvre par des collectivités, entreprises et individus. Ces acteurs peuvent s'appuyer sur d'éventuelles études rétrospectives et prospectives, pour chercher à anticiper les effets des bouleversements climatiques. Il s'agit en particulier de se préparer à mieux ou moins subir les effets des aléas climatiques tels que :

- Les sécheresses, les canicules, l'augmentation des moyennes de température nocturne, les tempêtes et les fortes pluies ;
- Les coulées de boues ou glissements de terrain ;
- La montée du niveau des mers avec pour conséquence une moindre efficacité des digues et des brise-lames et une probable aggravation de l'érosion du trait de côte ;
- La raréfaction (locale ou estivale) des ressources en eau douce ou potable ;
- Les incendies de forêts, les maladies ou l'attaque parasitaires des arbres dus au stress hydrique ;
- La régression et la dégradation des sols, la désertification et la salinisation;
- Le développement de maladies émergentes et la progression d'espèces invasives ;
- La chute de la productivité agricole, les pertes importantes de récoltes ou de cheptels ;
- Les remontées d'espèces animales, fongiques, végétales ou microbiennes dont certaines pourraient avoir un comportement invasif (Vissin, 2001).

L'adaptation comprend aussi les différentes mesures prises par des particuliers ou des systèmes pour éviter, résister ou tirer parti de la variabilité du climat et de ses impacts actuels ou futurs. Elle abaisse la vulnérabilité d'un système ou accroît sa résilience aux impacts.

Pour la plupart des populations des pays riches, l'adaptation est pour le moment un processus relativement indolore. Isolés par des systèmes de chauffage et de refroidissement, elles peuvent s'adapter à des conditions météorologiques extrêmes par le simple réglage d'un thermostat. Face aux menaces d'inondations, les gouvernements peuvent protéger les résidents à l'aide des systèmes de défense climatiques sophistiqués.

Dans le cadre de ce travail, nous adoptons la définition de l'adaptation à la variabilité climatique donnée par le GIEC (2007a).

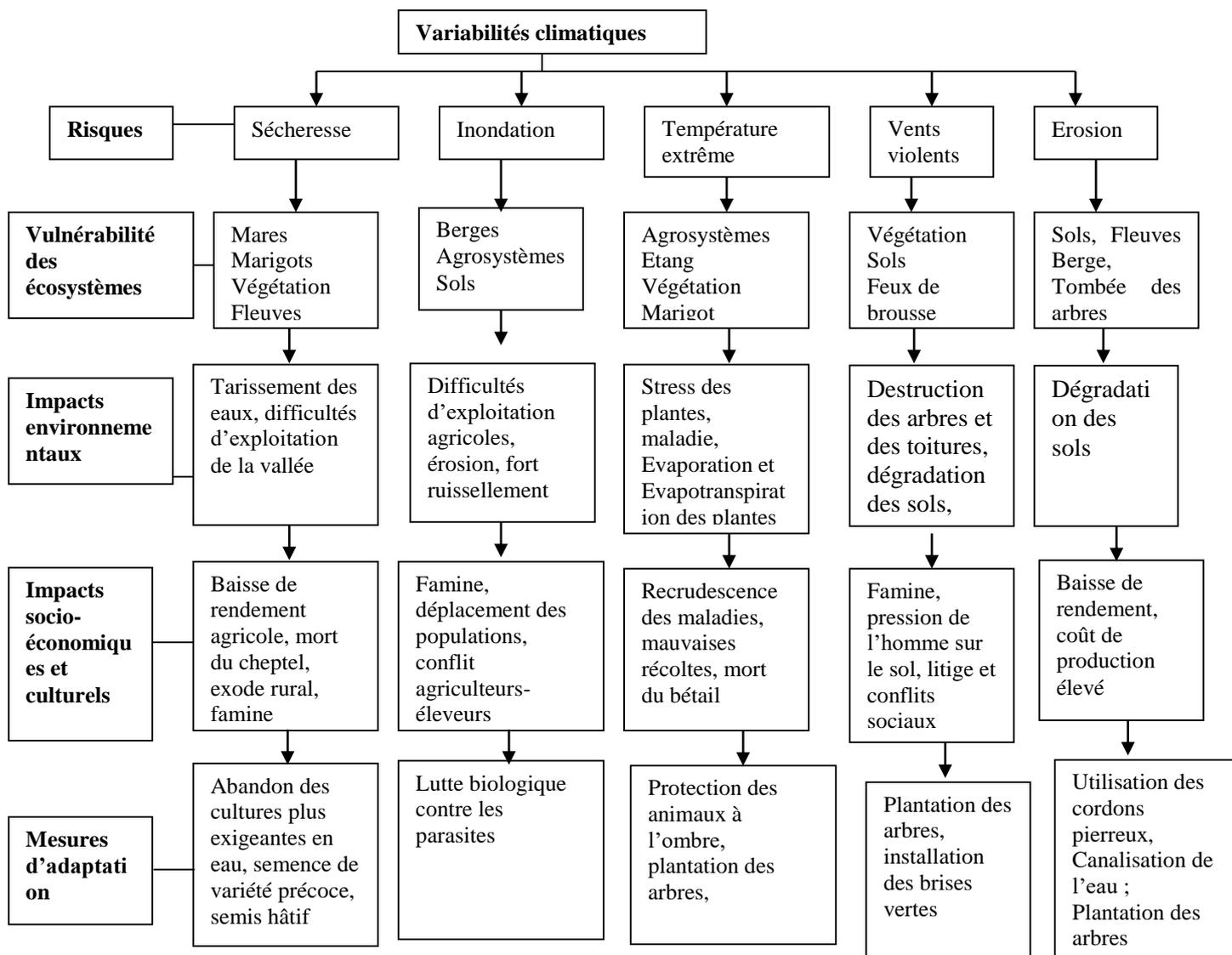
#### **6.2.4. Impact**

Selon le dictionnaire des Nations Unies sur le développement durable, on entend par impact "Toute modification de l'environnement, négative ou bénéfique, résultant totalement ou partiellement des activités, produits au service d'un organisme". Le terme impact exprime aussi la variation de bien-être des populations provoquée par les rétroactions de la variabilité climatique sur les systèmes naturels et l'activité humaine.

Ces rétroactions sont nombreuses, d'autant qu'elles sont parfois enchevêtrées au travers des tissus économiques et sociaux. Citons par exemple, les effets de synergie

(diminution du rendement des cultures, tensions sur les ressources en eau, avec des impacts non négligeables pour des systèmes de production intensive irriguée), les effets de propagation sectoriels et régionaux (conséquences socioéconomiques d'un choc dramatique sur une culture comme le café), l'indexion des dynamiques économiques de long terme (baisse de productivité, accélération de l'obsolescence du capital installé, perte de confiance des investisseurs devant des projets devenus plus risqués) et les risques d'une mal-adaptation en raison de l'incertitude sur les impacts futurs.

### 6.3. Conceptualisation



## 7. Objectifs

### 7.1. Objectif principal

L'objectif global de notre travail est de faire une appréciation générale de la vulnérabilité de la production du sorgho et du maïs à la variabilité climatique dans l'arrondissement de Kousséri, et aussi, de savoir comment les populations sont préparées par rapport aux changements du climat à travers des stratégies d'adaptation.

### 7.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Déterminer les facteurs physiques et socioéconomiques de la production du sorgho et du maïs dans la Commune de Kousséri ;

- Caractériser la vulnérabilité et analyser des perturbations climatiques à Kousséri ;
- Identifier les impacts de la variabilité climatique sur la production des cultures étudiées (sorgho et maïs) dans l'arrondissement de Kousséri ;
- Identifier les options d'adaptation des cultivateurs à la variabilité climatique.

## **8. Hypothèses**

Notre sujet de recherche présente une hypothèse principale et quatre hypothèses spécifiques.

### **8.1. Hypothèse principale**

L'hypothèse principale stipule que la production du sorgho et du maïs est vulnérable aux impacts négatifs de la variabilité climatique. De là, naissent quatre hypothèses spécifiques.

### **8.2. Hypothèses spécifiques**

Les hypothèses spécifiques de notre thème de recherche sont :

- Le développement de la culture du sorgho et du maïs est lié aux facteurs physiques et socioéconomiques ;
- La production du sorgho et du maïs est vulnérable à la variabilité climatique caractérisée par l'irrégularité des pluies, la hausse des températures, le raccourcissement de la saison pluvieuse, les vents violents, les sécheresses, les inondations;
- La variabilité climatique impacte la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri ;
- Les agriculteurs adoptent des stratégies d'adaptation face à la variabilité climatique.

## **9. Méthodologie**

La méthodologie générale de recherche que nous avons adoptée est l'approche hypothético-déductive. Cette démarche consiste à émettre à posteriori des hypothèses sur la base d'un raisonnement vraisemblable destiné à être vérifié sur le terrain.

### **9.1. Matériels**

Pour réaliser ce travail, les appareils et instruments suivants ont été utilisés :

- Un appareil photo-numérique pour les prises de vue sur le terrain ;
- Des questionnaires et guides d'entretien ;
- Des blocs notes et des stylos pour noter les informations ;

- Un ordinateur portable ;
- Le logiciel SPSS, le tableur Excel 2007, QGIS et XLSTAT pour le traitement des données.

## **9.2. Méthodes**

L'étude s'est déroulée suivant quatre (04) phases : le choix des sites, le choix de l'échantillon, la collecte des données et l'analyse et le traitement des données.

### **9.2.1. Choix des sites**

Pour le choix des sites, j'ai jugé judicieux de choisir les sites selon la méthode de sondage «raisonné» appelée « méthode des unités-types ». Chaque village avec ses caractéristiques particulières, constitue une « unité-type ».

Notre premier souci étant de mener les enquêtes dans des villages anciennement implantés dans la commune de Kousséri, ayant une population sédentaire et exerçant dans les activités agricoles, nous avons d'abord recensé tous les potentiels des villages avec l'aide des responsables de la Délégation d'Arrondissement du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (DA, MINADER), puis nous avons procédé par l'élimination progressive.

Nous avons retenu en moyenne dix (10) villages sur vingt-quatre (24) villages de l'arrondissement de Kousséri répondant à nos critères. Les critères qui ont guidé le choix de ces villages sont :

- L'effectif de la population agricole active ayant ainsi au moins 40 ans d'âge. Il s'agit de s'intéresser à un nombre d'Exploitants Agricoles (EA) important qui ont au moins 40 ans d'âge ;
- L'importance des activités agricoles : la pratique de l'agriculture n'est pas toujours significative dans tous les villages de l'arrondissement. Il est donc nécessaire de s'intéresser qu'aux villages qui connaissent une production agricole (sorgho et maïs) importante ;
- L'accessibilité des villages : certains villages ne sont pas toujours accessibles pendant la saison pluvieuse à cause des inondations.

### **9.2.2. Choix de l'échantillon**

Nous avons choisi l'échantillon selon la méthode de sondage par « choix raisonné » appelée « méthode des unités-types » proposée par Christine DUFOUR et al. (2012). La

méthode consiste à sélectionner un échantillon sans tirer les unités de sondage « au hasard », mais en utilisant une information a priori relative à la population à étudier. Chaque Chef de Ménage Agricole (CMA) constitue une « unité-type ».

Notre unité d'observation est un chef de ménage agricole, qui a au moins 40 ans d'âge, et qui habite dans l'un des 10 villages constituant notre site d'étude. Notre échantillon est donc constitué dans l'ensemble de chefs des ménages agricoles qui ont au moins 40 ans et qui habitent les dix (10) villages choisis dans l'arrondissement de Kousséri. L'enquête s'est effectuée sur 300 individus.

Nous avons décidé de choisir notre échantillon suivant cette logique selon l'hypothèse que les producteurs dont l'âge est en dessous de 40 ans auraient moins d'expérience en matière de variabilité climatique et moins d'observations pertinentes à formuler (Gyampoh et al, 2009). En plus, comme l'étude du climat nécessite les données d'au moins trente (30) ans, nous avons choisi ces personnes parce qu'elles peuvent nettement et clairement nous renseigner sur la variabilité du climat de notre zone d'étude.

La répartition des sites et des ménages constituant notre échantillon dans les différents villages choisis est indiquée dans le tableau 1 suivant.

**Tableau 1 : Répartition de l'échantillon par site (village)**

Villages	Nombre total de ménages agricoles	Nombre de ménages agricoles enquêtés	Nombre de répondants	Pourcentage (%)
Adjainé 1	509	45	42	8,84
Adjainé 2	63	16	16	23,39
Arkis	281	40	39	14,25
Kawadji 1et 2	220	35	33	15,90
Kousséri-ville	191	30	30	15,70
Lacta 1	111	27	27	24,32
Lacta 2	53	14	14	26,41
Lacta 3	71	18	18	25,35
Massaki	375	45	42	12
Ndjagaré	183	30	28	16,39
Total	2057	300	289	14,58

Source : Enquête de terrain, 2019

### 9.2.3. Collecte des données

La collecte des données est un processus important dans l'élaboration d'un travail de recherche. Dans le cadre de ce travail, divers types de données ont été collectées. Elles peuvent être classées en deux catégories : les données primaires et les données secondaires.

### **9.2.3.1. Collecte des données primaires**

Il s'agit de la collecte directe des informations sur le terrain. Les données primaires ont été collectées par le biais d'un questionnaire semi-fermé, de focus group dans les villages retenus et des entretiens avec les personnes ressources (délégués du MINADER, techniciens agronomiques, chefs de poste agricole, etc.). Les données de précipitations, de températures et des productions agricoles ont été collectées respectivement auprès Direction de la Météorologie Nationale (DMN) et auprès de la Délégation départementale du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rurale (DDMINADER) du Logone et Chari.

Les enquêtes ont été effectuées au moyen d'une fiche d'enquête constituée d'un questionnaire composé d'une vingtaine de questions qui a été antérieurement élaborée et qui a facilité l'entretien avec les agriculteurs. Un traducteur-interprète a facilité les enquêtes dans les différentes localités.

Dans ses grandes lignes, le questionnaire des enquêtes a porté sur :

- La perception des cultivateurs à la variabilité climatique (déroulement des saisons dans le passé et actuellement, l'augmentation de la température et les indicateurs de la saison des pluies);
- Les impacts de la variabilité climatique sur les cultures notamment le sorgho et le maïs;
- Les stratégies d'adaptation (les techniques adaptées et autres stratégies adoptées) pour faire face aux effets néfastes de la variabilité climatique.

Un entretien ayant des termes a permis de recueillir la perception des Cadres des Services techniques sur les variabilités climatiques et de prendre connaissance des aides et projets que certaines localités de l'arrondissement ont eu à bénéficier pour faire face aux effets néfastes de la variabilité climatique.

### **9.2.3.1. Collecte des données secondaires**

Elle renvoie aux documents physiques que nous avons consultés pour ce travail. Les documents qui ont été exploités sont les ouvrages généraux, les ouvrages spécifiques, les rapports, les thèses, les mémoires, les revues et les articles. Ils ont été trouvés dans la bibliothèque du département de géographie de l'Université de Yaoundé I (UY1) et la bibliothèque master de la Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines (FALSH) de l'Université de Yaoundé I, les ministères, les institutions (Institut National de Cartographie

(NC), Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Institut National de Statistique (INS)... et au-près des Organisations Non Gouvernementales (ONG). Bref, les données secondaires ont été obtenues par la documentation.

### **9.2.3. Méthodes de traitement et d'analyse des données**

#### **9.2.3.1. Traitement des données**

Elle porte sur le traitement des données qualitatives et quantitatives.

##### **- Données quantitatives**

Les données chiffrées recueillies sont codifiées, afin de constituer une base de données qui a fait l'objet d'un traitement. Ce traitement s'est fait à l'aide du logiciel SPSS. Il concerne les données collectées à travers le questionnaire administré. Après avoir dépouillé manuellement ces données, elles ont été introduites dans l'ordinateur, puis représentées sous forme de tableaux, d'autres traduites en diagrammes à l'aide du logiciel Excel 2007, SPSS et XLSTAT. Le regroupement des données en tableaux et/ou en graphiques a permis de repartir les phénomènes révélés dans la zone d'étude.

##### **- Données qualitatives**

Les données qualitatives collectées ont été d'abord rassemblées en vue d'une éventuelle exploitation. Ensuite, les informations convergentes ont été regroupées. Les grandes tendances ont été dégagées et ensuite interprétées. Le traitement des données qualitatives a porté sur les différentes stratégies d'adaptation développée, à l'appréhension et la perception locale des perturbations climatiques par les paysans.

#### **9.2.3.2. Analyse des données**

Il s'agit précisément de l'analyse descriptive (statistique descriptive). Cette analyse a permis un nombre important de données. Il est question d'établir les grilles d'étude d'impact, de vulnérabilité et d'adaptation.

En ce qui concerne l'analyse des données d'enquête, nous avons calculé les fréquences des différentes variables. Ces fréquences sont obtenues suivant cette formule :

$$f = n / N \times 100$$

Avec **f** : la fréquence en % ; **n** : nombre des répondants ; **N** : nombre total de l'échantillon.

Après avoir calculé ces fréquences, le logiciel Excel a permis de les représenter graphiquement pour ensuite les analyser.

Pour les données agro-météorologiques, nous avons calculé :

- **La moyenne annuelle des températures**

Cette moyenne est obtenue d'après l'équation suivante :

$$T_a = \Sigma (T_x) / N_b$$

Avec **T<sub>a</sub>** : Température annuelle moyenne en °C ; **T<sub>x</sub>** : Température mensuelle en °C et **N<sub>b</sub>** : nombre total de mois.

- **La moyenne annuelle des précipitations**

Elle est obtenue d'après l'équation statistique suivante :

$$P_a = \Sigma (P_y) / N_b$$

Avec **P<sub>a</sub>** : précipitation annuelle moyenne en mm ; **P<sub>y</sub>** : quantité mensuelle de pluies recueillie en mm ; **N<sub>b</sub>** : nombre total de mois.

- **L'écart à la moyenne des précipitations ou des températures**

Cet écart est calculé afin de déceler les périodes sèches ou humides, fraîches ou chaudes. Il est obtenu d'après l'équation suivante :

$$E_{moy} (P) = P_i - P_m$$

Avec **E<sub>moy</sub>** : Ecart à la moyenne des précipitations ou des températures ; **P<sub>i</sub>** : précipitation (ou température) d'une année quelconque en mm et **P<sub>m</sub>** : moyenne des pluies (ou températures) enregistrée sur un intervalle de temps donné.

- **La détermination des mois secs**

Elle nous permet d'identifier les mois secs et les mois humides au cours de la saison.

Pour cela nous avons utilisé la formule de Gaussen : **P=2T**

Avec **P** qui représente la précipitation moyenne mensuelle (ou saisonnière) et **T** la température moyenne mensuelle pour le mois (ou pour la saison).

L'indice pluviométrique a permis d'identifier et de caractériser la variabilité interannuelle et saisonnière des pluies par rapport à la moyenne des précipitations et d'apprécier le degré de sécheresse à Kousséri. Pour se faire, nous avons eu recours aux méthodes de Barakat et de Nicholson.

- **Détermination des anomalies centrées et réduites selon Barakat**

La méthode de Barakat permet de comprendre la distribution temporelle des précipitations autour des valeurs centrales ( $X_p$ ). Elle permet d'identifier les périodes excédentaires, les périodes normales et les périodes déficitaires, soit :

**Indice de Barakat ( $X_b$ ) :**

- $X_i \geq X_m + \sigma$  : climat excédentaire ;
- $X_m - \sigma \leq X_i \leq X_m + \sigma$  : climat normal ;
- $X_i \leq X_m - \sigma$  : climat déficitaire.

- **Détermination de la variabilité interannuelle (indice de Nicholson)**

Le calcul de l'indice pluviométrique standardisé ou Standardized Precipitation Index (SPI) est utile pour déterminer la sévérité de la sécheresse selon différentes classes. Ces différentes classes ayant des valeurs déterminées ont contribué à caractériser la tendance pluviométrique dans l'arrondissement de Kousséri comme le montre le tableau 2.

**Indice SPI =  $(X_i - X_m) / \sigma$**  où :

**SPI** : Indice Pluviométrique de Nicholson ;

**$X_i$**  : Hauteur totale des précipitations pour une année ;

**$X_m$**  : Moyenne de la distribution interannuelle des pluies de la période de l'enregistrement ;

**$\sigma$**  : Ecart type de la pluviométrie moyenne annuelle sur la période de l'enregistrement.

Ce tableau 2 présente la classification de l'indice de Nicholson permettant la détermination du degré de la sécheresse à Kousséri. Il existe six classes différentes pour montrer le degré de la sécheresse et chaque classe est associée à un indice bien précis.

**Tableau 2. Classification du SPI**

<b>Classes du SPI</b>	<b>Degré de la sécheresse</b>
SPI >2	Humidité extrême
1 < SPI < 2	Humidité forte
0 < SPI < 1	Humidité modérée
-1 < SPI < 0	Sécheresse modérée
-2 < SPI < -1	Sécheresse forte
SPI < -2	Sécheresse extrême

**Source :** OMM, 2012

- **Détermination du stade bioclimatique grâce à l'indice d'agressivité climatique**

Il s'agit de définir l'état climatique de notre zone d'étude. Les différents stades bioclimatiques sont définis et classés à l'aide d'indices d'aridité climatique. Pour définir cet état, on a utilisé l'indice de De Martonne. Cet indice, mis au point par Emmanuel de De Martonne a permis de caractériser le climat d'une région et évaluer son impact sur les processus physiques et biologiques.

Il s'écrit de la manière suivante :

$$\mathbf{Ia \text{ (annuel)} = P/T + 10}$$

$$\mathbf{Ia \text{ (mensuel)} = 12P/T + 10}$$

Où **Ia** = indice de De Martonne ; **P** = hauteur d'eau annuelle ou mensuelle et **T** = température moyenne annuelle ou mensuelle.

L'indice de De Martonne a quatre niveaux d'interprétation :

- Si  $Ia > 20$ , humidité suffisante ;
- Si  $10 < Ia < 20$ , tendance à la sécheresse ;
- Si  $Ia < 10$ , aridité ;
- Si  $Ia < 5$ , hyper aridité.

- **Indice de pluviosité**

L'indice de pluviosité est donné par le rapport de la hauteur de précipitation annuelle à la hauteur moyenne annuelle de précipitation :

$$I_p = P_i / P_m \quad \text{où :}$$

**I<sub>p</sub>** = Indice de pluviosité ; **P<sub>i</sub>** = hauteur de précipitation annuelle et **P<sub>m</sub>** = moyenne annuelle de précipitation.

Une valeur de ce rapport supérieure à 1 caractérise les années humides. Par contre, si ce rapport est inférieur à 1, les années sont qualifiées de sèches. Cet indice est utilisé pour avoir une vision globale de l'évolution de la pluviométrie. En effet, cet indice a l'avantage de dégager les grandes tendances en supprimant les faibles fluctuations internes de la variable qui montre l'indice de pluviosité à Kousséri.

#### - **La droite de régression des éléments du climat**

Elle représente la tendance générale de l'évolution des différentes variables agroclimatiques par unité de temps sur la série des données observées. Elle est obtenue à partir de l'équation ci-après.

$$Y = Ax + B \text{ avec } A = \text{cov}(x, y) / x^2 \text{ et } B = m(y) - am(x).$$

Avec **A** : la pente de la droite de régression par rapport à l'axe des x, ou encore le taux de croissance des températures, des précipitations et la production à l'hectare par unité de temps ; **B** : la coordonnée verticale de l'intersection entre la droite de régression et l'axe des y.

#### - **Les rendements annuels de la production du sorgho et du maïs.**

Le rendement (Rdt) est le rapport de la production obtenue par an et par unité de surface. Il se mesure en tonne/ha. Il est obtenu à partir de l'équation suivante :

$$Rdt = P_o / S_o$$

Avec **P<sub>o</sub>** : Production du sorgho ou du maïs et **S<sub>o</sub>** : surface de la production du sorgho ou du maïs.

#### - **Le test de corrélation entre les éléments du climat et la production à l'hectare du sorgho et du maïs de 1989 à 2018.**

Le test de Spearman a été adopté pour estimer statistiquement l'influence des éléments du climat (températures et précipitations) sur la production du sorgho et du maïs dans

l'arrondissement de Kousséri. Ce test est utilisé pour estimer avec précision le seuil d'erreur de l'association entre deux variables (température et sorgho, température et maïs, précipitation et sorgho ou précipitation et maïs). Pour ce faire, nous avons calculé le coefficient de corrélation  $r_s$  de Spearman d'après la formule statistique suivante :

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum D^2}{n(n^2 - 1)}$$

Avec  $D$  : différence de rang entre deux mesures des variables observées ;  $\sum D^2$  : somme des carrés de ces différences ;  $n$  : taille de l'échantillon (nombre de pair de mesures) ;  $r_s$  : coefficient de corrélation de Spearman.

- **Le coefficient de détermination du degré d'implication des éléments du climat sur la production à l'hectare du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.**

Ce coefficient a été calculé pour estimer le degré d'implication des éléments du climat sur la production à l'hectare du sorgho et du maïs dans notre zone d'étude. Il est obtenu d'après la formule statistique suivante :

$$R = r_s \times r_s$$

Avec  $r_s$  : coefficient statistique de Spearman (%) ;  $R$  : coefficient de détermination de degré d'implication des éléments du climat sur la production à l'hectare du sorgho et du maïs.

- **Méthode d'étude d'impact des variabilités climatiques sur la production du sorgho et du maïs**

Cette étude a été faite à partir de la perception des cultivateurs sur les impacts de la variabilité climatique. La méthode utilisée est la matrice des risques climatiques proposée par l'Institut de la Banque Mondiale qui obéit aux étapes ci-après :

- L'identification des extrêmes météorologiques affectant la culture du sorgho et du maïs dans le milieu;
- La détermination des probabilités d'occurrence de ces différents risques ;
- L'identification des variables impactées lors de la production du sorgho et du maïs ;
- L'identification des impacts des extrêmes météorologiques sur les variables ;

- La détermination des conséquences ou niveaux de sévérité lorsque les extrêmes météorologiques apparaissent ;
- La détermination des degrés des impacts ou valeurs extrêmes météorologiques;
- La détermination de la matrice d'impacts.

Ainsi :

- Les extrêmes météorologiques plausibles à analyser ont été déjà identifiés. Ce sont l'augmentation de la température, le démarrage tardif des pluies, le raccourcissement des saisons des pluies, la sécheresse et les inondations.
- Nous avons déterminé les probabilités d'occurrence des différents risques en nous appuyant sur celles proposées par le GIEC. En effet, selon le GIEC, un risque est dit "extrêmement probable" si sa probabilité d'occurrence est supérieure à 95%, "très probable" si la probabilité est supérieure à 90%, "probable" si elle supérieure à 66% et "peu probable" si la probabilité est supérieure à 50%. Des fonds de couleur ont été attribués à chaque probabilité (tableau 3).

**Tableau 3 : Différentes couleurs affectées correspondant aux probabilités**

Probabilité	Dénomination des probabilités	Couleur
Supérieur à 95%	Extrêmement probable	
Supérieur à 90%	Très probable	
Supérieur à 66%	Probable	
Supérieur à 50%	Peu probable	

- Suite aux enquêtes et de façon générale dans la documentation, le sol, la disponibilité en eau et les cultures (le sorgho et le maïs) sont des variables de production du sorgho et maïs qui peuvent être impactées par les extrêmes météorologiques et sur lesquelles s'est articulée notre étude.
- Les impacts des extrêmes météorologiques sur les variables ont été également essentiellement déterminés suite aux résultats des travaux d'enquêtes, complétés par la documentation et les échanges avec les cadres de l'Etat. Ils ont permis de remplir le tableau 4.

**Tableau 4 : Impacts des risques climatiques sur les variables**

Extrêmes météorologiques probables	Cultures du sorgho et du maïs	Sols agricoles	Cours d'eau
Augmentation de la température	Flétrissement et assèchement des cultures	Baisse accrue de l'humidité du sol	Assèchement rapide des eaux de surface
Sécheresses	Destruction des cultures par des criquets et des souris	Induration de la surface du sol	Assèchement des puits et forages
Démarrage tardif des pluies	Destruction des cultures par des termites et des chenilles	Sols légers	Dégradation de la qualité de l'eau
Raccourcissement des saisons des pluies	Apparition des maladies de cultures	Baisse accrue de l'humidité du sol	Recrudescence des conflits autour de l'eau
Inondations	Jaunissement des cultures	Erosion des sols	Humidité excessive

- La conséquence ou niveau de sévérité peut être mineure, modérée, majeure ou sévère. Les informations reçues des paysans et la documentation ont été mises à contribution pour remplir le tableau 5 relatif aux conséquences de l'apparition des extrêmes météorologiques.

**Tableau 5 : Conséquences de l'apparition des risques**

Extrêmes météorologiques	Cultures du sorgho et du maïs	Sols agricoles	Cours d'eau
Augmentation de la température	Majeure	Modérée	Majeure
Sécheresse	Majeure	Mineure	Modérée
Démarrage tardif des pluies	Majeure	Mineure	Modérée
Raccourcissement des saisons des pluies	Sévère	Majeure	Sévère
Inondations	Sévère	Majeure	Majeure

- Les valeurs des extrêmes météorologiques ou degrés des impacts sont obtenues en croisant les probabilités d'occurrence des extrêmes météorologiques et les conséquences. Le degré de l'impact auquel on attribue un fonds de couleur peut être extrême, élevé, modéré ou faible selon la combinaison (tableau 6).

**Tableau 6 : Degré d'impacts des risques sur les variables**

Extrêmes météorologiques	Mineure	Modérée	Majeure	Sévère
Peu probable	Faible			
Probable	Faible	Modéré	Moyen	Elevé
Très probable	Faible	Moyen	Elevé	Elevé
Extrêmement probable	Faible	Moyen	Elevé	Extrême

- Le fonds de couleur de l'impact du risque sur la variable superposé à l'impact permet de remplir la matrice des impacts (tableau 7).

**Tableau 7 : Matrice d'impacts des risques climatiques sur les variables**

Extrêmes météorologiques	Cultures du sorgho et du maïs	Sols agricoles	Cours d'eau
Augmentation de la température	Flétrissement et assèchement des cultures	Baisse accrue de l'humidité du sol	Assèchement rapide des eaux de surface
Sécheresses	Destruction des cultures par des criquets et des souris	Induration de la surface du sol	Assèchement des puits et forages
Démarrage tardif des pluies	Destruction des cultures par des termites et des chenilles	Sols légers	Dégradation de la qualité de l'eau
Raccourcissement des saisons des pluies	Apparition des maladies de cultures	Baisse accrue de l'humidité du sol	Recrudescence des conflits autour de l'eau
Inondations	Jaunissement des cultures	Erosion des sols	Humidité excessive

**Légende :**

Extrêmement probable	Extrême	Elevé	Modéré	Faible

**- Méthode d'analyse de la vulnérabilité**

Pour apprécier la vulnérabilité des cultivateurs, nous avons d'abord déterminé leur capacité d'adaptation avant de réaliser la matrice de vulnérabilité.

- Méthode de détermination de la capacité d'adaptation

La capacité d'adaptation a été déterminée par la Méthode d'évaluation des paysages utilisée par Bokoto de Semboli (2008). Selon ce dernier, cette méthode a été décrite par Shell et *al.*, (2004) et adaptée par Sayer et *al.* (2004), aux forêts du bassin du Congo dans le cadre du TriNational de la Sangha.

Dans notre contexte, la Méthode a consisté à identifier d'abord les ressources de base ou sous indicateurs de chacun des indicateurs des modes d'existence (capital physique, capital social, capital naturel, capital financier et capital humain) des paysans (tableau 8). Chaque sous indicateur est ensuite coté de 0 à 3 selon sa disponibilité et son accessibilité (tableau 9).

Pour un indicateur donné, le cote d'un sous indicateur est déterminé en faisant la moyenne des cotes de ce sous indicateur pour les paysans enquêtés. Le cote de l'indicateur est par conséquent la moyenne des cotes de ses sous indicateurs. La moyenne de l'ensemble des différents indicateurs permet de déterminer la capacité d'adaptation des paysans selon la classification suivante : La capacité d'adaptation est dite "faible" si la moyenne des indicateurs est inférieure ou égale à 1. Elle est dite "moyenne" si elle est supérieure à 1 et inférieure ou égale à 2 et "élevée" si la moyenne est supérieure à 2.

Toutes les informations ayant contribué à ces opérations ont été calculées suite au résultat du dépouillement de nos enquêtes avec le logiciel SPSS et Excel 2013.

**Tableau 8 : Sous indicateurs des différents indicateurs des modes d'existence**

Indicateurs	Sous indicateurs
Capital physique	Qualité des infrastructures routières et sanitaires, accessibilité aux intrants et matériels agricoles, accessibilité aux variétés améliorées, Qualité des habitations, disponibilité d'eau potable et d'électricité, existence de marchés et d'écoles
Capital social	Appartenance à une organisation paysanne, entraide, Aides des Organisations Non Gouvernementales ou de l'Etat, participation des minorités aux prises de décision
Capital humain	Accès aux soins de santé, scolarisation, nombre de personnes qualifiées professionnellement, nombre de bras valides (main d'œuvre permanente ou occasionnelle), sécurité des personnes et des biens
Capital financier	Revenu des travaux agricoles, autres activités procurant une rémunération, apports des membres de la famille vivant à l'extérieur, accès aux crédits
Capital naturel	Disponibilité de terres fertiles, disponibilité de l'eau, la végétation, progrès vers la gestion durable des terres

**Tableau 9 : Cotation de la disponibilité et de l'accessibilité des paysans aux sous indicateurs**

<b>Accessibilité aux ressources ou sous indicateur</b>	Non disponible	Accès restreint et peu disponible	Accès moyen et moyennement disponible	Accès illimité et disponible en abondance
<b>Cote</b>	0	1	2	3

➤ **Méthode de détermination de la matrice de vulnérabilité**

De façon générale, la capacité d'adaptation est croisée avec les valeurs des risques ou degrés des impacts des différents risques climatiques sur les variables pour déterminer les niveaux de vulnérabilité (tableau 10). Des fonds de couleurs sont affectés aux différents niveaux de vulnérabilité. Le nombre de colonnes de la matrice de vulnérabilité varie selon les capacités d'adaptation des différentes communautés pour une étude qui s'intéresse à plusieurs communautés ou à des différents types d'agriculteurs. Etant donné que dans l'arrondissement de Kousséri, il n'y a qu'un seul type d'agriculteur (agriculteurs purs), on a donc une matrice ayant en première colonne les valeurs des impacts des extrêmes météorologiques à croiser avec la seule capacité d'adaptation déterminée et indiquée sur la première ligne (tableau 11).

**Tableau 10 : Différents niveaux de vulnérabilité**

Impacts potentiels	Capacité d'adaptation		
	Faible	Moyen	Elevé
Extrême	Elevé	Elevé	Modérée
Elevé	Elevé	Elevé	Modérée
Moyen	Modérée	Modérée	Faible
Faible	Faible	Faible	Faible

**Tableau 11 : Matrice de vulnérabilité**

Impacts potentiels	Capacité d'adaptation
	(faible, moyenne, ou élevée)
Faible	Faible
Modéré	Modérée
Elevé	Elevé
Extrême	Elevé

- **Méthode d'identification des options d'adaptation**

Dans une première étape, nous avons inventorié les stratégies possibles selon les impacts des extrêmes sur les variables à travers des échanges avec les cultivateurs sur le terrain appuyés par la documentation et notre propre expertise. Cela nous a permis de remplir le tableau 12.

**Tableau 12 : Options d'adaptation**

Extrêmes climatiques probables	Cultures (sorgho et maïs)	Sols agricoles	Cours d'eau
Températures extrêmes	Irrigation des cultures	Usages des engrais organiques ; paillage	Usage de l'eau de puits et forages
Démarrage tardive des pluies	Usage des variétés à haut rendement et à cycle court	Usage de labour ç la houe ; pratique des demi-lunes	Construction des nouveaux puits et forages
Raccourcissement de la saison pluvieuse	Traitement des semences ; association des cultures	Usage de la traction animale	Construction des cordons pierreux
sécheresses	Usage des produits chimiques	Confection des digues autour des parcelles	Usage de l'eau de marres et rivières
Inondations	Construction des digues ; abandon des cultures	Usages des engrais chimiques et organiques	Canalisé les eaux d'inondations

Dans une seconde étape, le degré d'impact de chaque extrême météorologique sur chaque variable étant connu, sa combinaison avec la capacité d'adaptation a déjà permis d'identifier de façon précise le niveau de vulnérabilité face à chaque extrême météorologique. Le fond de couleur affecté à ce niveau de vulnérabilité est superposé aux options proposées pour faire face aux effets de chaque risque sur chaque variable dans leur cellule de croisement. On obtient ainsi la matrice d'adaptation (tableau 13).

**Tableau 13 : Matrice d'adaptation**

Extrêmes climatiques probables	Cultures (sorgho et maïs)	Sols agricoles	Cours d'eau
Températures extrêmes	Irrigation des cultures	Usages des engrais organiques ; paillage	Usage de l'eau de puits et forages
Démarrage tardive des pluies	Usage des variétés à haut rendement et à cycle court	Usage de labour ç la houe ; pratique des demi-lunes	Construction des nouveaux puits et forages
Raccourcissement de la saison pluvieuse	Traitement des semences ; association des cultures	Usage de la traction animale	Construction des cordons pierreux
sécheresses	Usage des produits chimiques	Confection des digues autour des parcelles	Usage de l'eau de marres et rivières
Inondations	Construction des digues ; abandon des cultures	Usages des engrais chimiques et organiques	Canalisé les eaux d'inondations

**Légende :**

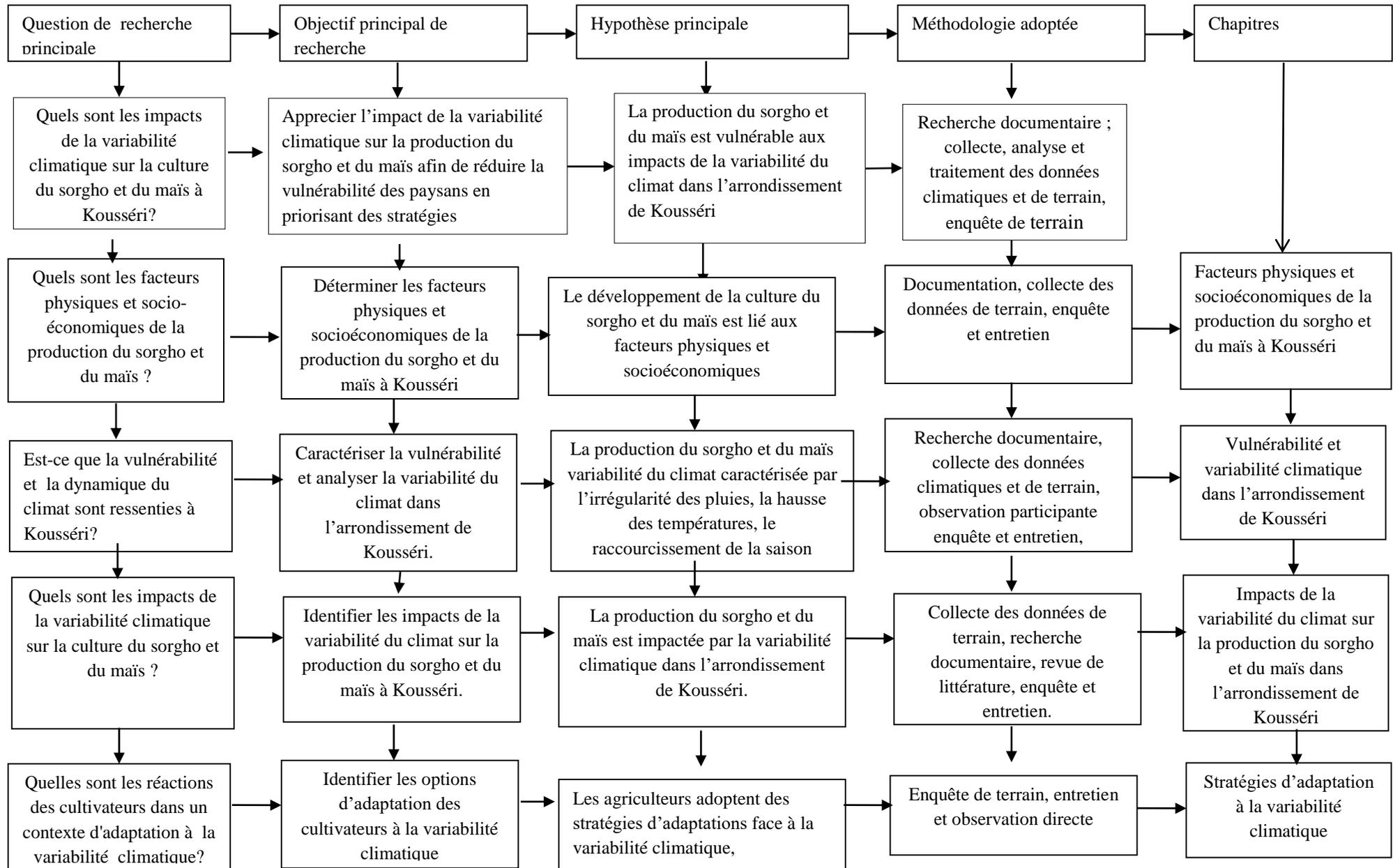
Extrêmement probable	Vulnérabilité élevée	Vulnérabilité modérée	Vulnérabilité faible
----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------

**10. Difficultés rencontrées**

Au cours de cette étude, nous nous sommes confrontés à de nombreuses difficultés. Parmi celles-ci, l'inaccessibilité de certains villages du fait du mauvais état des routes et de l'inondation, l'insécurité, etc. Les autres difficultés tiennent à la traduction des questions dans la langue locale (msr) et en arabe, ce qui allonge parfois la durée des entretiens et par conséquent ralentit l'enquête. La majorité de la population rurale étant analphabète, ils avaient du mal à cerner les questions qui leur étaient posées.

Dans l'optique de présenter de manière synthétique notre travail, nous avons réalisé un tableau synoptique (tableau 14).

**Tableau 14 : Synoptique du cadre logique de la recherche**



## **11. Plan de travail**

Ce travail est structuré en deux parties subdivisées en quatre chapitres :

La première partie traite de la «dynamique du climat et les facteurs de production du sorgho et maïs dans l'arrondissement de Kousséri ». Elle présente les éléments du milieu qui influencent la production du sorgho et du maïs ainsi que l'évolution des paramètres du climat tels que les précipitations et les températures dans notre zone d'étude. Cette partie comporte deux chapitres intitulés respectivement « facteurs physiques et socioéconomiques de la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri» et « vulnérabilité et variabilité climatique dans l'arrondissement de Kousséri ».

La deuxième partie porte sur les « impacts de la variabilité du climat sur la production agricole et les stratégies d'adaptation ». Elle comporte également deux chapitres : l'un portant sur les « impacts de la variabilité du climat sur de la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri» et l'autre sur les « stratégies d'adaptation à la variabilité climatique».

**PREMIERE PARTIE : VARIABILITE DU CLIMAT ET LES  
FACTEURS DE PRODUCTION DU SORGHO ET MAIS DANS  
L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSERI**

# CHAPITRE I : FACTEURS PHYSIQUES ET SOCIOECONOMIQUES DE LA PRODUCTION DU SORGHO ET DU MAÏS DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSERI

## Introduction

La répartition des précipitations détermine la production dans le contexte d'une agriculture pluviale (FAO, 1997). Ce chapitre est consacré à la présentation des facteurs physiques et socioéconomiques qui favorisent la production du sorgho et du maïs. Il s'agit de dégager en premier lieu les éléments du milieu physique en mettant l'accent sur le climat, le relief, les sols, la végétation et l'hydrographie d'une part et d'autre part ceux du milieu humain en s'attardant sur l'étude de la population, sa structure par âge, son niveau de formation et ses habitudes alimentaires. Nous parlerons également de la culture du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri ainsi que des techniques culturales adoptées par les cultivateurs. Et enfin, nous verrons l'évolution de la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement étudiée.

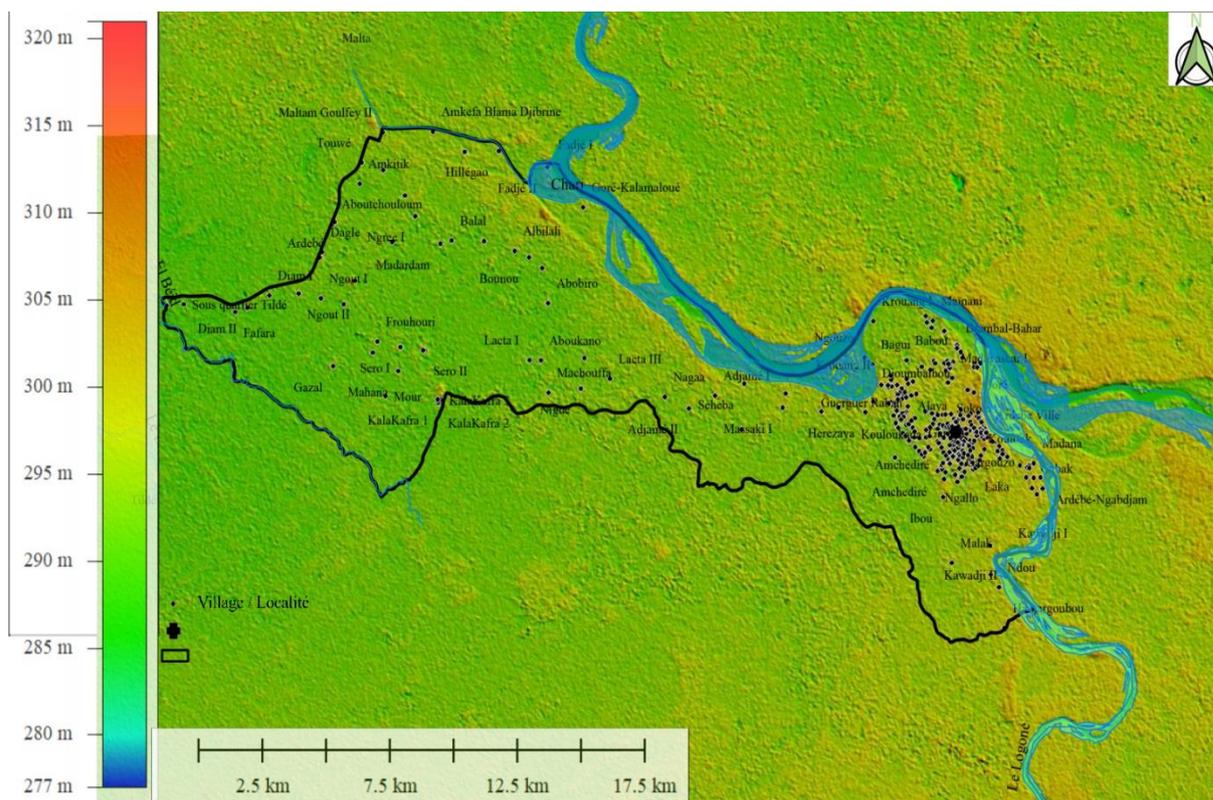
### I. Milieu physique

Il s'agit de mettre en lumière les éléments du milieu naturel qui favorisent la production du sorgho et du maïs à savoir : le climat, le relief, le sol et l'hydrographie. Le volet climat sera abordé dans le prochain chapitre II.

#### 1. Relief et sols

##### ➤ Le relief

Le relief de l'arrondissement de Kousséri a une morphologie plane. La pente est très faible et cela ne permet pas l'écoulement facile des eaux de ruissellement vers le fleuve Logone. Ainsi, la faible pente du côté Est-ouest de la ville soit moins de 3%, entraîne la stagnation des eaux de pluies dans les artères de la ville et des quartiers de basse altitude. Plus précisément le secteur de Guebala-nord exposé aux inondations saisonnières. Ce secteur couvre les quartiers Madagascar, Goré, Djambalbar, Maïnani, krouang et Ngargouzo (PCD, 2013). Selon la même source, l'altitude varie entre 150 et 320 m, avec des dénivellations ne dépassant pas quelques centimètres par kilomètre. Ainsi, la figure 2 présente le relief de l'arrondissement de Kousséri.



**Figure 2 : Relief de l'arrondissement de Kousséri**

D'après la figure 2, la partie Est de la zone d'étude a une altitude élevée (environ 310 m) par rapport à la partie Ouest (environ 290 m). La pente descend légèrement de l'Est à l'Ouest. L'altitude la plus élevée est d'environ 320 m se situant dans la partie Est et l'altitude la plus faible est de 286 m dans la partie Ouest.

### ➤ Les sols

La répartition des différents types de sols est principalement liée à la topographie du milieu. Les sols de l'arrondissement de Kousséri, comme celui de tout le département du Logone et Chari sont essentiellement argileux. Ils présentent une texture argileuse, argilo-limoneuse ou argilo-sableuse, avec une teneur en argile variant entre 40 et 60%, ce qui reste élevées sur tout le profil (Mainam, 2002).

Les sols de l'arrondissement de Kousséri sont également constitués des vertisols pélliques, fluvisols eutriques et rigosols eutriques.

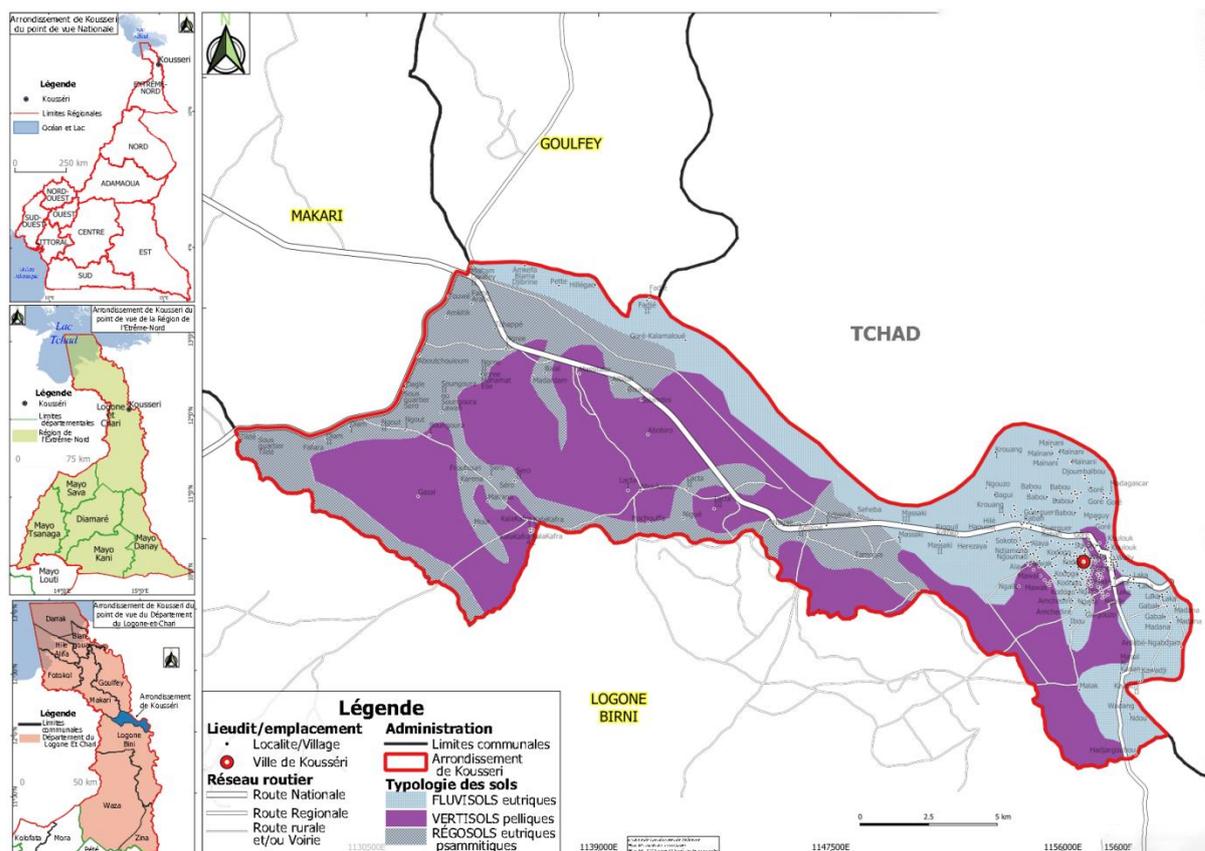
- **Les Vertisols pélliques** : ces sols présentent des fentes de dessiccation en saison sèche. Leur structure est grumeleuse en surface, polyédrique à prismatique grossière en profondeur ; la macroporosité est très faible, la cohésion ainsi que la consistance sont très

fortes. Ils sont formés en zones planes ou déprimées présentant un pédoclimat humide pendant une longue période. Les vertisols et para vertisols ont une texture argileuse (fine). Ils conviennent à toute une gamme variée de cultures vivrières et de rente: riz, igname, maïs, coton, niébé, canne à sucre, sorgho, etc.

- **Fluvisols eutriques** : dans la base de référence mondiale pour les ressources en sol (WRB), les fluvisols eutriques sont des sols génétiquement jeunes dans les dépôts alluviaux . Outre les sédiments fluviaux, ils se trouvent également dans les dépôts lacustres et marins. Les fluvisols se trouvent dans les plaines alluviales, les cônes de rivières, les vallées et les marais à marée sur tous les continents et dans toutes les zones climatiques. Dans des conditions naturelles, les inondations périodiques sont assez fréquentes. De nombreuses cultures des terres arides sont pratiquées sur des fluvisols. Les principales concentrations de fluvisols se trouvent le long des rivières et des lacs, par exemple les plaines près du lac Tchad.

A Kousséri, les fluvisols se localisent autour du fleuve Logone longeant la partie Nord-Est. On les rencontre également un peu partout dans la commune de Kousseri.

- **Rigosols eutriques** : c'est un type de sol de la classe des sols anthropiques terrestres, avec un horizon R, créé par des tranchées régulières de 40 à > 100 cm de profondeur. Les rigosols eutritiques se produisent généralement dans les vignobles ou dans les plaines inondables en enfouissant des morts-terrains de sable.



**Figure 3 : Répartition pédologique de l'arrondissement de Kousséri**

D'après la figure 3, les vertisols pelliculaires sont majoritaires dans l'arrondissement. Ils s'identifient par la couleur violette. Les fluvisols eutriques apparaissent en bleu clair tandis que les régosols eutriques psammitiques sont en pointillé.

## 2. La végétation

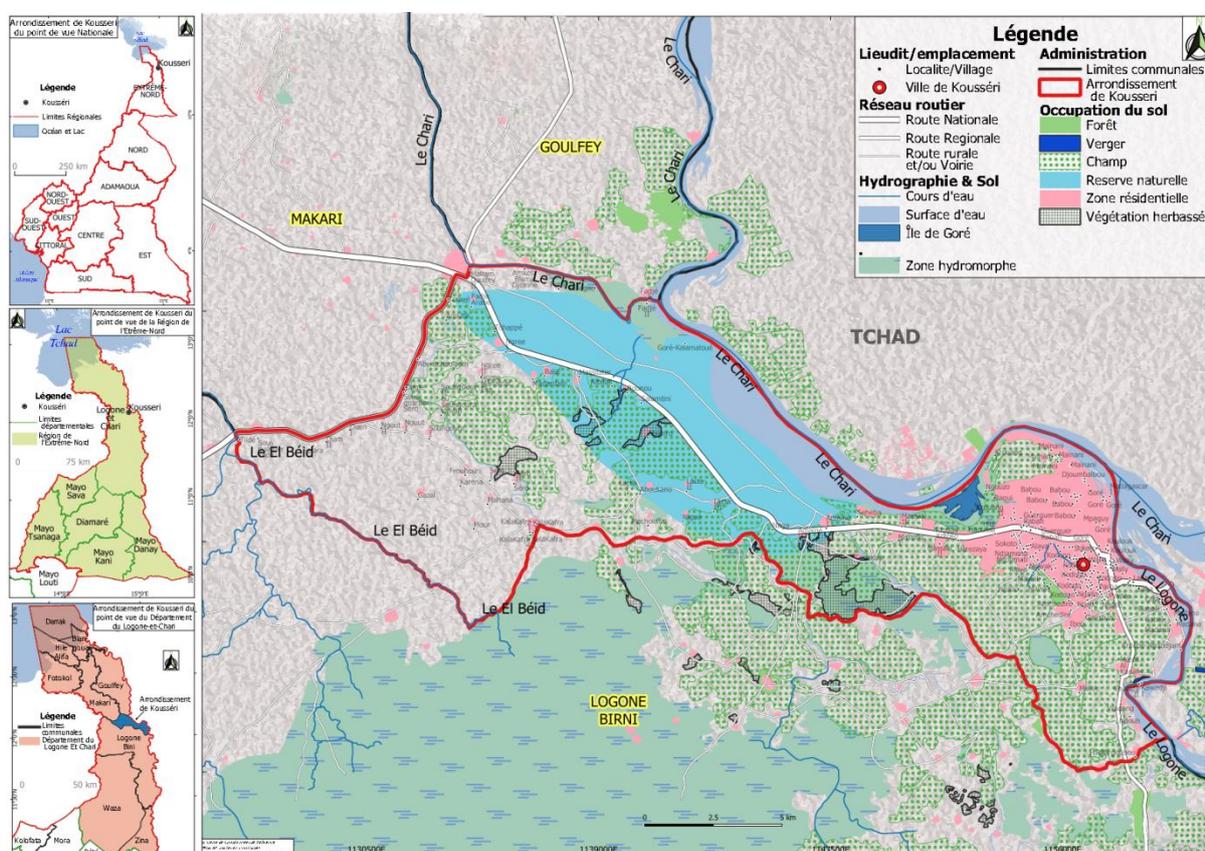
L'arrondissement est dominé par trois formes les plus vues : une savane herbeuse, savane arbustive et savane épineuse. Les espèces dominantes sont les acacias (*Acacia senegalensis* sigal et seyol), quelques borabus et les arbustes rabougris (PCD, 2013).

- **Savane herbeuse** : C'est une savane uniquement composée de graminoides annuelles et vivaces, dont la hauteur est généralement comprise entre 0,8m et 3m. On la retrouve dans les zones inondables et parfois au sein des savanes arbustives à la suite du passage répétitif des feux de brousse. Les espèces dominantes sont de la famille des poacées.

- **Savane arbustive** : Elle se caractérise par l'existence d'une strate arbustive ou arborée très ouverte, souvent épineuse, avec un tapis herbacé discontinu à base de graminées annuelles (FAO, 1997). On retrouve généralement ce type de savane sur les sols sablonneux.

S'agissant de l'occupation des sols dans l'arrondissement, nous rencontrons d'un côté de zone résidentielle à l'Est, des champs matérialisés par des pointillés verts qui occupent la plus grande surface : cela témoigne l'importance et la place que l'agriculture occupe dans la vie des populations de Kousséri. Mais, les champs sont mixés par la végétation herbeuse servant de pâturage. Cette situation génère des conflits entre agriculteurs et éleveurs. De l'autre côté, nous avons de verger, représenté en bleu foncé, près de la zone de résidence, des réserves naturelles en bleu clair ainsi qu'une petite portion de la forêt en vert.

La figure 4 met en évidence les types de végétation et l'occupation des sols dans l'arrondissement de Kousséri.



**Figure 4: La flore et l'occupation de sol dans l'arrondissement de Kousséri**

### 3. L'hydrographie

L'arrondissement de Kousséri est entouré par le fleuve Chari. Il est traversé par le Serbewel qui est un bras du fleuve Logone. Il existe deux mares à Ibou et Ngamadja qui tarissent en saison sèche. La photo 1 et la figure 5 présentent respectivement le fleuve Logone et le réseau hydrographique et hydraulique de notre zone d'étude.

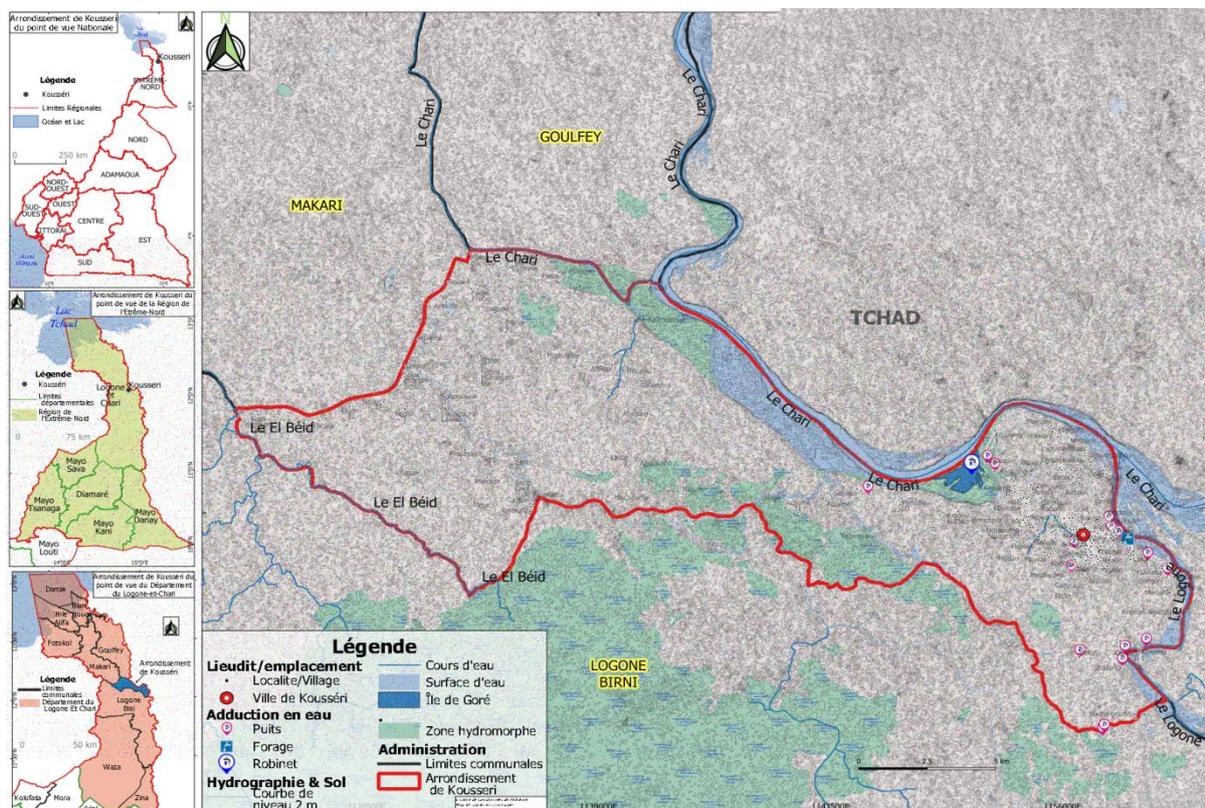


**Photo 1: Le fleuve Logone**

**Photo 1a :** Lit principal du fleuve Logone

**Photo 1b :** Berge du fleuve Logone

Le fleuve Logone est le principal cours d'eau de l'arrondissement de Kousséri. Il matérialise la frontière qui existe entre le Sud du Tchad et la partie Nord du Cameroun. Le fleuve sert de liaison entre ces deux pays et offre d'importantes ressources à la population notamment le sable, des poissons. Pendant la période de décrue, les berges du Logone sont mises en valeur pour la pratique des cultures maraîchères.



**Figure 5: Réseau hydrographique et hydraulique de l'arrondissement de Kousséri**

Sur la figure 5, le fleuve Chari se localise en bleu clair. Il longe l'arrondissement de l'est à l'ouest. Nous identifions également quelques cours d'eau saisonniers tels que l'El Béid dans la partie ouest, ainsi que le serbewel au nord de la localité.

## II. Caractéristiques socioéconomiques de la production du sorgho et de maïs dans l'arrondissement de Kousséri

Cette partie est consacrée à l'étude de la population de l'arrondissement de Kousséri et ses activités socioéconomiques. L'accent sera mis sur la structure par âge, le niveau de formation de la population, les habitudes alimentaires de celle-ci, les techniques culturales ainsi que l'évolution des superficies et de la production du sorgho et du maïs.

**Tableau 15: Répartition temporelle des différentes activités socioéconomiques dans l'arrondissement de Kousséri**

Climat et type d'utilisation des terres	Mois												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<b>Climat et système hydrologique</b>													
Saison pluvieuse				→									
Inondation à partir des cours d'eau secondaires								→					
Inondation à partir du Logone									→				
<b>Activités de pêche</b>													
Reproduction des poissons										→			
Pêche extensive dans toutes les eaux d'inondation									→				
Pêche intensive dans les mares et les canaux	⇒									→			
<b>Activités agricoles</b>													
Agriculture pluviale						→							
Riz flottant								→					
Agriculture de décrue et maraîchage	⇒										⇒		
<b>Activités pastorales (élevage)</b>													
Pastoralisme de saison sèche, chasse	→										⇒		
Animaux sauvages													
Pâturage des ongulés et des éléphants	⇒												

Source : Loth, Paul, 2004.

### 1. Population

D'après le PCD (2013), la population de l'arrondissement de Kousséri est estimée à 14 521 habitants (tableau 13). Cette population est très composite et abrite des communautés autochtones majoritairement agriculteurs auxquelles s'ajoutent plusieurs allogènes

commerçants et éleveurs. Selon la même source, la population est en grande partie constituée des femmes, car elles représentent 36,7% de la population totale. Les hommes représentent 24,6% tandis que le pourcentage des jeunes (entre 16 et 5 ans) est de 19,9%. Enfin, les enfants de moins de 5 ans constituent 18,8% de la population totale. Il faut noter que cette population est inégalement répartie. Certains villages sont très peuplés : c'est le cas des villages comme Adjainé, Arkis, Massaki 1, Massil-Alkanan. Cette concentration de la population engendre la crise foncière préjudiciable au développement et une pression accrue sur les terres cultivables. D'autres sont moins peuplés comme Abouzrega, Adjainé 2, Lacta 1, Lacta 2, Lacta 3, Massaki 3, Nagaa, Ndou, Riggil mousgoum, Nigué, Tamaraya, Wadjeitouna.

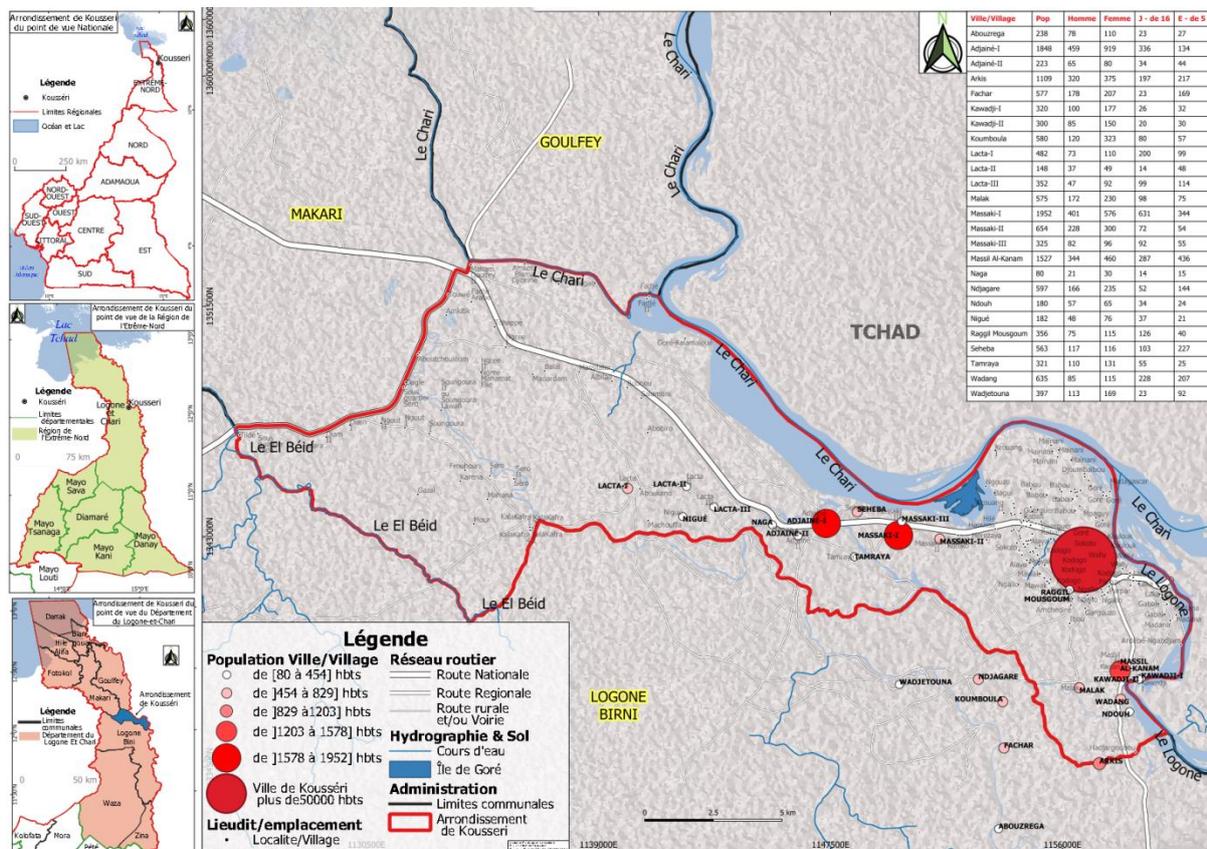
**Tableau 16: Population totale de l'arrondissement de Kousséri**

N°	Villages	Population totale	Homme	Femme	Jeunes moins de 16 ans	Enfants moins de 5 ans
1	ABOUZREGA	6937	1570	2318	2234	815
2	ADJANE1	11705	3918	3117	2548	2122
3	ADJANE2	4830	1564	1288	946	1032
4	ARKIS	11516	2819	3583	2909	2205
5	FACHAR	5983	2177	1415	1234	1157
6	KAWADJI 1&2	12220	3677	3535	2958	2050
7	KOUMBOULA	6987	1619	3531	1292	545
8	LACTA1	5489	1072	1318	2012	1087
9	LACTA2	5955	1336	2257	1426	936
10	LACTA3	6659	1946	1300	2311	1102
11	MALAK	8582	2671	2438	2510	963
12	MASSAKI1	12159	2900	2784	2943	3532
13	MASSAKI2	11581	3727	3508	2294	2052
14	MASSAKI3	5132	1481	1304	1304	1043
15	MASSIL-ALKANAN	12934	3843	3968	3099	2024
16	NAGAA	4587	920	2238	826	603
17	NDJAGARE	5294	1465	1443	1254	1132
18	NDOU	5287	1656	1273	946	1412
19	NIGUE	4889	1547	1284	1249	809
20	RIGGIL MOUSGOUM	4865	1474	1323	1038	1030
21	SEHEBA	6170	1616	2324	1315	915
22	TAMARAYA	5228	1609	1339	1267	1013
23	WADANG	8042	1784	2323	1740	2195
24	WADJEITOUNA	5005	1612	1378	935	1080
	TOTAL	178036	50003	52589	42590	32854

**Source :** PCD, 2013.

Dans ce tableau 16, on observe une inégale répartition de la population. Cette dernière est très concentrée dans certains villages tels que Adjainé, Arkis, Massaki 1, Massil-Alkanan alors que certains villages comme Abouzrega, Adjainé 2, Lacta 1, Lacta 2, Lacta 3, Massaki 3, Nagaa, Ndou, Riggil Mousgoum, Nigué, Tamaraya, Wadjeitouna ont une faible

population. Les femmes sont plus nombreuses que les hommes quel que soit le village considéré. Cette population est répartie sur la figure 6.



**Figure 6 : Répartition de la population de l'arrondissement de Kousséri**

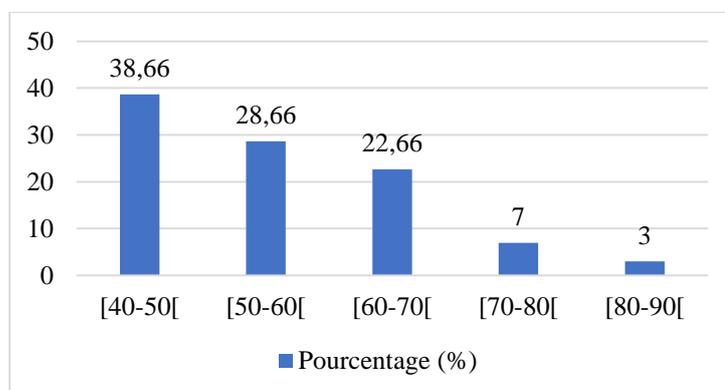
D'après la figure 6, la localité de Kousséri-ville est la plus peuplée avec une population de plus 50 000 habitants. Les villages moyennement peuplés avec une population d'environ 10000 à 30000 habitants sont Adjaïe1, Massaki1 et Massil-Alkanan. Les autres villages ont une population faible inférieure à 10000 habitants.

**1.1. Structure de la population**

La structure d'une population est sa composition selon divers critères. Ces critères peuvent être spécifiquement démographiques (âge, sexe, état matrimonial, etc.) ou non (nationalité, religion, niveau d'instruction, activité économique, etc.), considérés à part ou en association. Dans cette étude, deux critères nous intéressent : la structure par âges et le niveau d'instruction de la population.

### 1.2.1. Structure de la population par âge

L'arrondissement de Kousséri est une population essentiellement jeune et dynamique. Cette jeunesse constitue un atout pour la production agricole. La figure 7 présente la répartition par tranche d'âges de la population de cette localité.



Source : enquête de terrain, 2019

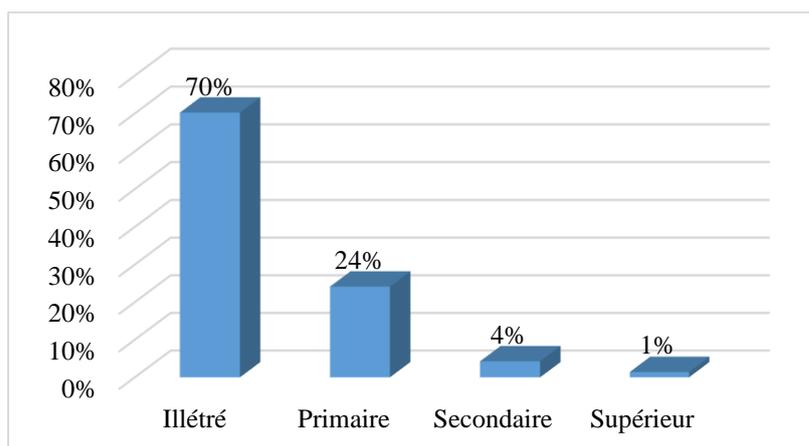
#### Figure 7 : Structure par âge des cultivateurs enquêtés de Kousséri

D'après la figure 7, 38,66% de cultivateurs enquêtés a une tranche d'âge de [40-50[, tandis que 28,66% des enquêtés ont une tranche d'âge de [50-60[. Soulignons également que les cultivateurs ayant une tranche de [60-70[, représentent 22,66% de la population alors 7 et 3% des cultivateurs ont respectivement une tranche d'âge de [70-80[et de [80-90[.

Dans l'ensemble, nous pouvons conclure que les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri sont jeunes et sont en âge de pratiquer l'agriculture puisque plus de la moitié de la population (67,32%) a une tranche d'âge qui se situe entre 40 et 60 ans.

### 1.3. Niveau d'instruction des cultivateurs

Le niveau d'instruction est un paramètre important qui permet d'analyser et comprendre la qualité des différentes techniques culturales et les stratégies d'adaptation adoptées par les cultivateurs. La population agricole de l'arrondissement de Kousséri est très analphabète. La figure 8 indique la répartition de la population enquêtée selon le niveau d'instruction.



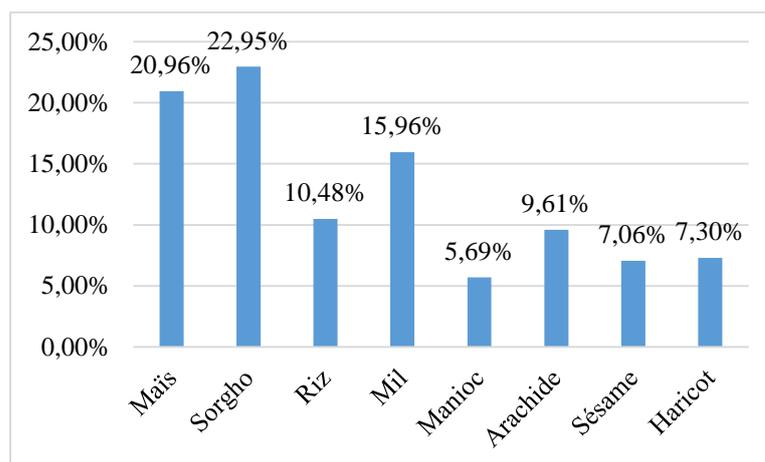
Source : Enquête de terrain, 2019

**Figure 8 : Répartition des cultivateurs selon le niveau de formation**

La figure 8 nous montre que les cultivateurs de notre zone d'étude sont en majorité sans éducation. Le taux de personnes ayant reçues les enseignements supérieurs est de 1%, ceux des enseignements secondaires est 4%. En plus, 24% de la population de la localité de Kousséri ont fait des études primaires. Par contre le taux de la population n'ayant pas fréquentée est de 71%. Ainsi, nous constatons que le niveau de formation des cultivateurs est très faible. Dans l'ensemble, plus de la moitié des cultivateurs (71%) n'a pas reçu une éducation. Cette situation explique la forte vulnérabilité des paysans aux impacts de la variabilité climatique et leur faible capacité d'adaptation.

#### **1.4. Habitudes alimentaires**

Les céréales constituent la base alimentaire des cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri en particulier. C'est la raison pour laquelle la culture du sorgho et du maïs occupe une place importante dans l'arrondissement de Kousséri. La figure 9 montre la répartition des principaux produits consommés dans notre zone d'étude.



Source : Enquête de terrain, 2019

### Figure 9 : Consommation des produits alimentaires dans l'arrondissement de Kousséri

D'après la figure 9, le sorgho est la culture la plus consommée dans l'arrondissement de Kousséri. Il est apprécié par 22,95% des cultivateurs. Le maïs constitue la deuxième culture la plus consommée avec 20,96% des cultivateurs. Au niveau de la localité, le sorgho et le maïs sont transformés en farine et consommés sous forme de bouillie ou coucous. Ils sont souvent utilisés pour la fabrication de la bière locale appelé *bilibili*. Des sous-produits sont utilisés pour l'alimentation du bétail. Les tiges sont utilisées pour la construction des cases, de clôture traditionnelle. Elles sont étendues dans les champs pour la fertilisation du sol ou encore pour protéger le sol contre l'érosion (pluviale et éolienne).

Soulignons que les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri consomment aussi le mil, le riz, l'arachide, le sésame, le haricot, etc. Le mil et le riz sont respectivement consommés par 15,96% et 10,48% des cultivateurs. Leur mode de consommation est similaire à celui du sorgho et du maïs. Ils sont transformés en farine puis consommés sous forme de bouillie ou de couscous. Mais, le riz est plus souvent consommé sans transformation et le mil est utilisé pour la préparation du *bilibili* (bière locale). Les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri consomment de l'arachide (9,61%), le haricot (7,30%), le sésame (7,06%) et le manioc (5,69%). Ces dernières sont peu appréciés par les cultivateurs parce que le type de sol n'est pas favorable à leur production. L'arachide est transformée sous forme de patte et utilisée dans la sauce. L'huile extraite de l'arachide intervient dans l'alimentation. Le haricot est utilisé comme ingrédient de la sauce et est aussi transformé pour le coki. Le manioc est mangé sous forme de tubercule, mais aussi transformé en farine servant à faire la

bouillie ou le couscous. Le sésame quant à lui est mangé à l'état brut et est aussi transformé en patte pour la sauce. L'huile extraite du sésame est également utilisée dans l'alimentation. Toutes ces cultures font souvent l'objet de petit commerce pour répondre aux besoins financiers des agriculteurs.

## 2. Culture du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri

Les tableaux 17 et 18 nous présentent respectivement les caractéristiques des variétés du sorgho et du maïs disponibles dans l'arrondissement de Kousséri.

**Tableau 17 : Caractéristiques des variétés du sorgho disponibles dans l'arrondissement de Kousséri**

Variétés	Cycle végétatif	Besoins en eau par an	Couleurs grains	Sensibilité aux ravageurs et aux maladies	Hauteurs des plants	Rdt potentiel
<b>CS-130</b>	90-100 jours	400-800 mm	Jaune blanc	Tolérante au striga ; au stress hydrique ; aux maladies foliaires ; légèrement sensible au verse	225 cm	4 t/ha
<b>CS-54</b>	90-95 jours	400-800 mm	Jaune blanc	Tolérante au striga ; au stress hydrique ; aux maladies foliaires ; légèrement sensible au verse	220 cm	3 t/ha
<b>CS-61</b>	90-95 jours	400-800 mm	Jaune blanc	Tolérante au striga ; au stress hydrique ; aux maladies foliaires ; légèrement sensible au verse	240 cm	3 t/ha
<b>CS-95</b>	100 jours	400-800 mm	Jaune blanc	Tolérante au striga ; au stress hydrique ; aux maladies foliaires ; légèrement sensible au verse	230 cm	4 t/ha
<b>DAMO UGARI</b>	90-95 jours	400-800 mm	Rouge	Tolérante au striga ; stress hydrique ; résistante au verse ; sensible aux maladies foliaires	170 cm	4 t/ha
<b>IRMA BP</b>	80-90 jours	400-800 mm	Rouge	Tolérante au striga ; au stress hydrique	190 cm	4 t/ha
<b>MABAS SI</b>	95 jours	400-800 mm	Rose orangé	Tolérante au striga ; au stress hydrique ; sensible au verse ; aux maladies foliaires	195 cm	4 t/ha
<b>S-35</b>	90-95 jours	400-800 mm	Jaune blanc	Tolérante au striga ; au stress hydrique ; aux maladies foliaires ; sensible au verse	200 cm	4 t/ha
<b>SOSAT-C88</b>	90 jours	300-800 mm	Jaune olive	Sensible au foreur tige ; tolérante aux chenilles de l'épi	200 cm	1,5-2 t/ha
<b>SSD-35</b>	88 jours	400-800 mm	Blanc mât	Tolérante au striga ; au stress hydrique ; aux maladies foliaires ; sensible au verse	272 cm	3 t/ha
<b>ZOUAY E</b>	90-95 jours	400-800 mm	Violet foncé	Tolérante au striga ; stress hydrique ; résistante au verse ; sensible aux maladies foliaires	175 cm	4 t/ha

Source : IRAD Maroua, 2019

**Tableau 18 : Caractéristiques des variétés du maïs disponibles dans l'arrondissement de Kousséri**

Variétés	Cycle végétatif (Long/moyen)	Couleurs	Sensibilité aux ravageurs et aux maladies	Rdt potentiel	Rdt moyen
<b>CMS- 2019</b>	110-115 jours	blanc	Tolérante au striga	9 t/ha	4 t/ha
<b>CMS- 8501</b>	105 jours	blanc	Tolérante au striga	7 t/ha	3 t/ha
<b>CMS- 8704</b>	105 jours	Jaune	Tolérante au striga	7 t/ha	3 t/ha
<b>Obatampa- QPM</b>	105 jours	Blanc (riche en protéine)	Tolérante au striga/Riche en protéine	7 t/ha	3 t/ha
<b>STR-Y</b>	105 jours	Jaune	Tolérante au striga	7 t/ha	3 t/ha
<b>Cam-Inb</b>	105 jours	Jaune	Tolérante au striga	7 t/ha	3 t/ha
<b>Advanced NCRE</b>	100 jours	blanc	Tolérante au striga	7 t/ha	3 t/ha
Sensibilité aux ravageurs et aux maladies	Cycle végétatif (Court/extrat)	Couleurs	Sensibilité aux ravageurs et aux maladies	Rdt potentiel	Rdt moyen
<b>CMS 9015</b>	90-95 jours	blanc	Tolérante au striga/à la sécheresse/ aux moisissures	6,5 t/ha	2 t/ha
<b>CMS 8806</b>	90-95 jours	Jaune	Tolérante au striga/à la sécheresse/ aux moisissures	6,5 t/ha	2 t/ha
<b>EVDT99-W-QPM</b>	90 jours	blanc	Tolérante au striga/Riche en protéine	6,5 t/ha	2 t/ha
<b>IWDT-STR-Syn-W</b>	90 jours	blanc	Tolérante au striga/à la sécheresse	6,5 t/ha	2 t/ha
<b>TZE Comp. 5-W-1</b>	85-90 jours	blanc	Tolérante au striga	5 t/ha	1.5 t/ha
<b>TZL Comp Syn-Y-1</b>	85-90 jours	Jaune	Tolérante au striga/à la sécheresse	5 t/ha	1.5 t/ha
<b>TZEE-W</b>	85 jours	blanc	Tolérante au striga/à la sécheresse	5 t/ha	1.5 t/ha

Source : IRAD Maroua, 2019

Les tableaux 17 et 18 montrent les caractéristiques des variétés du sorgho et du maïs que nous rencontrons dans notre zone d'étude. Nous constatons que les variétés n'ont pas les caractéristiques, certaines ont un cycle végétatif long tels le sorgho CS-95 (100 jours), le maïs CMS-2019 (115 jours) ; d'autres ont un cycle végétatif court, c'est le cas du sorgho SSD-35 (88 jours) et du maïs TZEE-W (85 jours). Nous précisons qu'au cours de ce travail nous allons étudier les variétés communes de chacune de culture.

Le sorgho et le maïs constituent les principales céréales produites par les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri. Ces cultures occupent une place capitale au sein de la communauté paysanne, parce qu'elles sont destinées essentiellement à l'autoconsommation et au petit commerce. Elles nourrissent la population locale. Leur production est exclusivement manuelle et fait recours à des outils traditionnels peu sophistiqués à l'instar de la machette, la houe, la hache, etc. Les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri pratiquent l'agriculture extensive, utilisant des grandes surfaces avec peu de rendement. Cela justifie d'ailleurs la

pression accrue des cultivateurs sur les terres agricoles et par conséquent la dégradation et la perte de la fertilité du sol. S'agissant des activités de production, elles commencent au mois de juin avec le défrichage et le nettoyage des parcelles agricoles, ensuite la et finissent au mois d'octobre avec la récolte. Selon les enquêtes effectuées dans notre zone d'étude, la production est fortement influencée par le démarrage tardif de la saison pluvieuse, les vents violents, l'irrégularité des pluies, etc. La pulvérisation des parcelles avec des produits chimiques (herbicides) et le feu sont les modes de défrichage les plus utilisés par les paysans. En effet, les dates de débuts et de fins des pluies constituent des indicateurs indispensables pour l'organisation des activités agricoles et donc de l'élaboration du calendrier agricole dans la région de l'Ouest Cameroun (Amougou et al, 2013). Ainsi, le calendrier agricole dans l'arrondissement de Kousséri se présente comme l'indique le tableau 19.

**Tableau 19: Calendrier agricole de l'arrondissement de Kousséri.**

<b>Activités Cultures</b>	<b>Labour et semis, confections des casiers</b>	<b>Ressémi, piquage</b>	<b>Repiquage et sarclage</b>	<b>Récolte</b>
<b>Mil, sorgho (sp), maïs et légumes de saison pluvieuse</b>	Juin	Juin-Juillet	Juillet	Octobre
<b>Riz pluvial ou riz flottant</b>	Avril-Mai	Juillet	Août	Novembre
<b>Riz de contre saison</b>	Avril-Mai	Août	Septembre	Février
<b>Légume de décrue</b>	-	Août	Septembre	Novembre Décembre

Source : Enquête de terrain, 2019

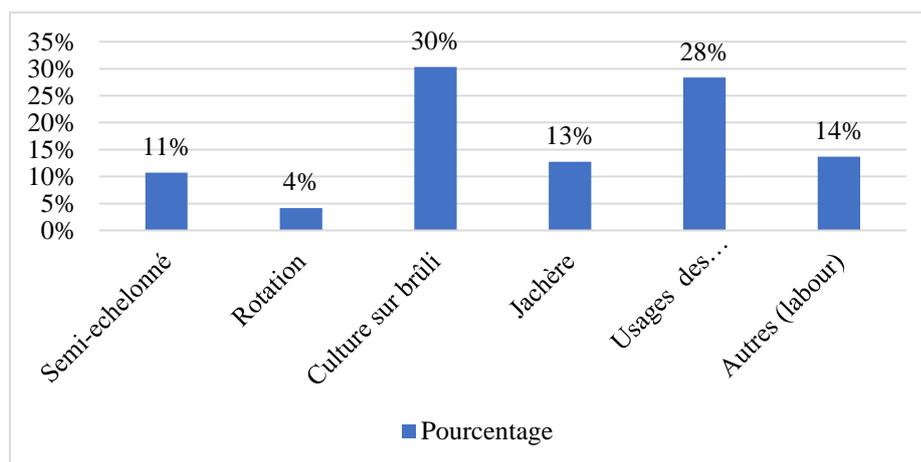
D'après le tableau 19, les activités agricoles sont généralement lancées au mois de juin pour la culture du mil, du sorgho, du maïs et des légumes de saison à partir du labour et du semis. Au mois de juin-juillet, on assiste au ressémi et au sarclage des plantes en pleine croissance. Ainsi, la récolte s'effectue au mois d'octobre au moment où les cultures sont en maturation. Pour ce qui est de la culture du riz pluvial, du riz à contre saison et du légume de décrue, les activités commencent aux mois d'avril et de mai avec le semis et la confection des casiers. Elles se soldent aux mois de juillet, d'août et de septembre par la pépinière et le

repiquage. En fin, la récolte se déroule aux mois de novembre et de décembre pour la culture du riz pluvial et les légumes de décrue et en février pour la culture du riz de contre-saison. Le tableau nous montre aussi la répétition de certaines activités telles que le semis et le piquage. Selon les enquêtes menées dans les villages de Lacta1, de Lacta2, de Lacta3, de Kawadji 1 et 2 et de Ndjagaré, cette répétition est non seulement la conséquence d'irrégularité des pluies et la fréquence des séquences sèches au cours de la saison pluvieuse mais, est également liée à la destruction des semences par les souris, les chenilles et les criquets ou encore par la pourriture des semences.

### **2.1. Techniques culturales**

Les techniques de cultures désignent les principes des interventions sur le sol et son environnement permettant la mise en place d'une culture, afin d'accroître la production, d'améliorer la qualité et d'en faciliter la récolte (Memento de l'agronome, 2002).

En effet, le système de culture dans l'arrondissement de Kousséri est de type extensif peu productif. Il est pratiqué par la majorité des cultivateurs. Ces derniers utilisent des techniques culturales peu efficaces : la culture sur brûlis, l'usage des produits chimiques (herbicides) pour défricher, le semi échelonné, la jachère, la rotation, le labour, etc. l'outillage demeure largement archaïque et la main d'œuvre est essentiellement familiale. Les rendements modestes sont destinés à l'autoconsommation et éventuellement au petit commerce. La figure 9 met en évidence les différentes techniques de cultures dans l'arrondissement Kousséri.



Source : Enquête de terrain, 2019

### **Figure 10 : Techniques de cultures pratiquées par les cultivateurs dans l'arrondissement de Kousséri**

D'après la figure 10, la culture sur brûlis est pratiquée par 30% de la population. Elle consiste à défricher une parcelle à l'aide du coupe-coupe, de la machette ou de la hache. Par la suite, la surface défrichée est nettoyée par le feu. Les cendres obtenues permettent d'enrichir le sol. A la venue de la pluie, le sol est remué, puis semé. Après deux ou trois de culture, le sol épuisé est abandonné à la jachère pour une période d'à peu près 5 à 10 ans. Dans l'arrondissement de Kousséri, 13% de répondants pratiquent la jachère. Elle permet de laisser une parcelle "au repos" pendant une période allant de 2 à 10 ans après des années de cultures. Le sol étant épuisé, se fertilise naturellement pendant cette période. La culture par semi échelonné consiste à semer la même culture sur deux parcelles différentes ou même sur une seule parcelle à des dates différentes, ceci en espérant que le rythme pluviométrique correspondrait aux phases de croissance d'une au moins des cultures par rapport à leur date de semis. Cette technique permet de minimiser le risque de fluctuation des prix des produits sur le marché. Dans la zone d'étude, 11% de population utilise cette technique culturelle. La rotation des cultures est pratiquée par 4% de la population dans l'arrondissement de Kousséri. La rotation culturelle est, en agriculture, la suite de cultures échelonnées au fil des années sur une même parcelle. C'est un élément important de la gestion de la fertilité des sols, bioagresseurs, et donc un atout pour l'augmentation des rendements agricoles. L'usage des produits chimiques (herbicides), quant à lui, consiste à pulvériser la parcelle agricole avec l'herbicide. Quelques jours après (3 à 5 jours), les herbes se séchent automatiquement. Ainsi la surface nettoyée, on procède directement au semis suite à l'arrivée des pluies. Dans la

localité de Kousséri, 28% des enquêtés utilisent les herbicides pour le défrichage des parcelles.

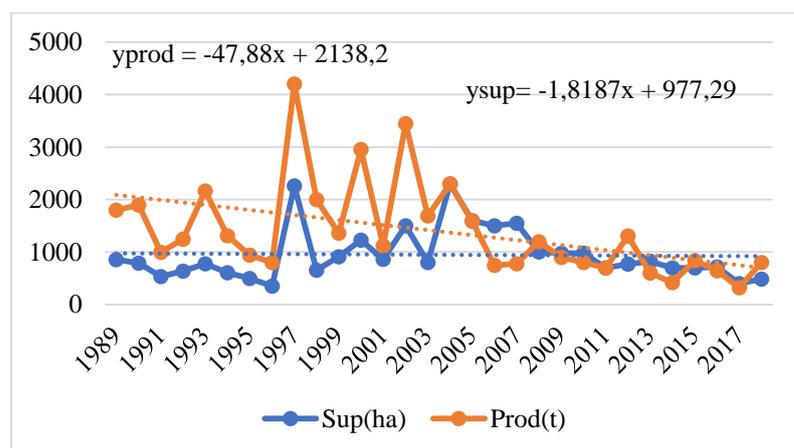
## 2.2. Evolution des superficies de la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri

La production agricole est très vulnérable à la fluctuation climatique dans l'arrondissement de Kousséri du fait de la baisse de la pluviométrie et de la hausse de la température. Cette agriculture est essentiellement pluviale et constitue la principale activité des paysans. Avec d'une moyenne annuelle d'environ 500 mm, les agriculteurs arrivent à produire le sorgho, le riz, le mil, le maïs, etc. En plus des caprices climatiques, les insectes, les animaux sauvages, les oiseaux granivores et les inondations excessives occasionnent des pertes évaluées à environ 50% du potentiel de production (Loth, 2004).

Ainsi, les données de production du sorgho et du maïs soumises à notre étude ont été recueillies auprès de la DA, MINADER. Elles couvrent une période de 30 ans allant de 1989 à 2018.

### 2.2.1. Evolution de la superficie cultivée et de la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri entre 1989 et 2018

Le sorgho est la principale culture des cultivateurs dans l'arrondissement de Kousséri. Il est produit pour des besoins de consommation. La figure 11 montre la variation des superficies cultivées et de la production du sorgho de 1989 à 2018.



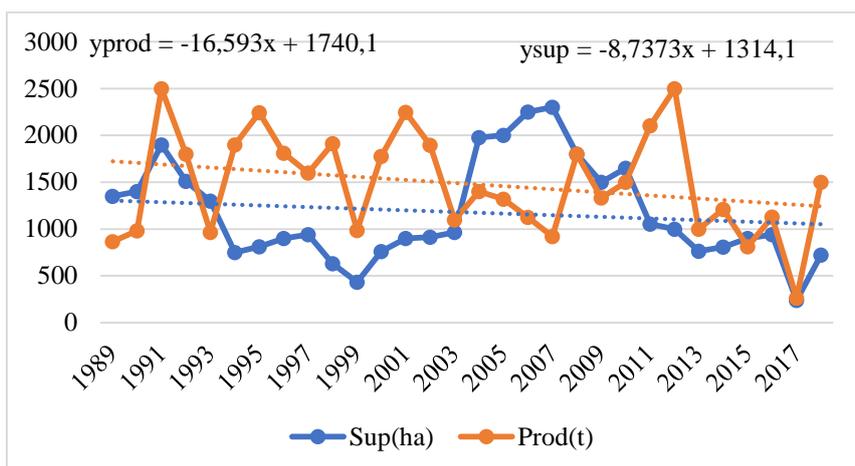
**Figure 11 : Evolution des superficies et de la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri**

D'après la figure 11, l'arrondissement est marqué par une diminution progressive des superficies cultivées et de la production du sorgho entre 1989 et 2018. Nous remarquons que l'évolution de la production du sorgho dépendait entre 1989 et 2005 des superficies cultivées, c'est-à-dire que la production rythmait avec les superficies emblavées. Mais, à partir de 2006 jusqu'en 2016, cette production était conditionnée par la baisse de la pluviosité et à la hausse des températures qui ont causé une chute substantielle des rendements du sorgho. Cette baisse s'expliquerait aussi par les maladies de cultures, les ravageurs de cultures (chenilles, termites, criquets, etc.), les oiseaux granivores et les animaux sauvages qui tiennent une place parmi les causes de la destruction des cultures, réduisant ainsi la production du sorgho.

Sur la période d'étude, les superficies et la production sont en phase. Ainsi, quand les superficies augmentent, on se rend compte que la production du sorgho croît à l'exception de la période qui va de 2006 à 2016. La production maximale au cours de la période d'étude est observée en campagne agricole en 1997 (4200 tonnes) avec une superficie emblavée 2261 hectares (ha). Sa production minimale est de 320 tonnes en campagne agricole 2017 avec une superficie de 400 hectares. La superficie emblavée en campagne 2004 (2300 ha) est bonne avec une forte production (2300 tonnes). Tandis qu'en campagne agricole 1996, la superficie est réduite (350 hectares) avec une faible production (800 ha).

### **2.2.2. Evolution de la superficie cultivée et de la production du maïs dans l'arrondissement de Kousséri de 1989 à 2018**

La culture du maïs occupe la deuxième place après le sorgho dans l'arrondissement de Kousséri. Le maïs joue un rôle capital dans la sécurité alimentaire. La figure 12 illustre l'évolution des superficies cultivées et de la production de cette culture.



**Figure 12 : Evolution des superficies et de la production du maïs dans l'arrondissement de Kousséri**

D'après la figure 12, les superficies et la production du maïs sont relativement en baisse. La production du maïs n'est pas toujours liée aux superficies emblavées. D'après les enquêtés, l'évolution de la production du maïs est fonction de plusieurs facteurs. Il s'agit du choix des variétés, du changement de système de culture, du démarrage tardif des pluies, de la perte de la fertilité du sol. Ainsi, au cours de la période d'étude (1959 à 2018), la production maximale est de 2500 tonnes, enregistrée pendant les campagnes agricoles des années 1991 et 2012 avec respectivement des superficies de 1900 et 1000 hectares. Sa production minimale est de 262 tonnes au cours de la campagne agricole en 2007 avec une superficie emblavée de 238 hectares. Les superficies sont vastes pendant les périodes de 1989 à 1993 et de 2004 à 2012 avec une production élevée. Mais, la période de 1994 à 2003 a des faibles superficies emblavées avec une production forte. La période de la campagne agricole de 2013 à 2018 enregistre des faibles superficies avec une production moyenne.

### Conclusion

Le chapitre 1 qui s'achève avait pour objectif de déterminer les facteurs physiques et socioéconomiques de la production du sorgho et du maïs. Compte tenu de la position géographique de l'arrondissement de Kousséri en domaine tropical sec de nuance soudano-sahélienne, nous avons émis l'hypothèse selon laquelle, le développement de la culture du sorgho et du maïs sont tributaires des conditions des milieux physiques et socioéconomiques. Les résultats obtenus montrent que notre zone d'étude est un milieu géographique moins favorable à la production du sorgho et du maïs, exigeante en eau, à cause de son climat semi-aride. L'analyse des caractères édaphiques à travers l'étude du relief, des ressources

pédologiques, hydriques et des formations végétales, a permis de mettre en évidence les caractéristiques du milieu naturel. Ces différents éléments géographiques, par leur nature et leur évolution, sont très liées les unes aux autres et entretiennent des rapports étroits avec le climat.

L'analyse de la production du sorgho et du maïs montre que ces deux spéculations varient d'une part en fonction de la superficie et d'autre part des conditions climatiques. Cette analyse nous a également montré que la production du sorgho et du maïs a une tendance à la baisse. Toutes fois, il est important de voir dans le prochain chapitre l'analyse et les caractéristiques de la variabilité du climat dans l'arrondissement de Kousséri

## **CHAPITRE II : VULNERABILITE ET PERTURBATION CLIMATIQUE DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSÉRI**

### **Introduction**

Nous proposons d'étudier dans ce deuxième chapitre la vulnérabilité et la perturbation temporelle du climat intervenue dans l'arrondissement de Kousséri à travers l'analyse des données issues de l'enquête de terrain ainsi que des données pluviométriques et de température de l'arrondissement de Kousséri au cours de la période allant de 1959 à 2018. Nous partons de l'hypothèse selon laquelle notre zone d'étude est vulnérable à la variabilité climatique et que cette dernière se caractérise par la hausse des températures, le raccourcissement de la saison pluvieuse, des vents violents, les sècheresses et les inondations. Il est donc question de faire une analyse succincte de la vulnérabilité en se focalisant sur les éléments de la vulnérabilité ainsi que la caractérisation des extrêmes météorologiques majeurs. Il s'agit également de faire une analyse du climat en tenant compte de sa caractérisation, des oscillations mensuelles ainsi qu'annuelle des températures, des variations mensuelle et interannuelle des précipitations durant les soixante années (de 1959 à 2018).

### **1. Vulnérabilité de l'arrondissement de Kousséri aux perturbations climatiques**

L'analyse de la vulnérabilité nous permet de mettre en évidence le degré de l'exposition et de la sensibilité de l'arrondissement Kousséri aux extrêmes climatiques majeurs que nous identifierons.

#### **1.1. Composantes de la vulnérabilité**

La vulnérabilité se décline en trois concepts. L'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation constituent les composantes de la vulnérabilité, tel qu'en fait écho la définition du GIEC (2008) « Mesure dans laquelle un système est sensible - ou incapable de faire face - aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes ». La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de l'évolution et de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.

### **1.1.1. L'exposition**

L'exposition se réfère à la fois à la nature du stimulus climatique et aux attributs biophysiques du système, comme sa situation géographique, ses écosystèmes ou son climat. Les stimuli climatiques auxquels un système peut être exposé se divisent en trois grandes catégories dites temporelles (Brooks, 2003 ; Smith et al., 2000).

- Le changement climatique global : il se manifeste de façon continue et affecte surtout la variabilité du climat tel que les moyennes de température et de précipitation.
- Les événements climatiques extrêmes : ils se manifestent de façon spontanée et isolée, mais sont également récurrents dans le temps. Les sécheresses, les inondations, les tempêtes et les ouragans en sont des exemples.
- Les événements climatiques très extrêmes : ils ne se manifestent qu'aux siècles, voire aux millénaires et sont si abrupts qu'ils modifient parfois les conditions climatiques qui les précédaient tels que l'ont fait les changements paléoclimatiques ou que pourrait le faire un changement dans la circulation thermohaline.

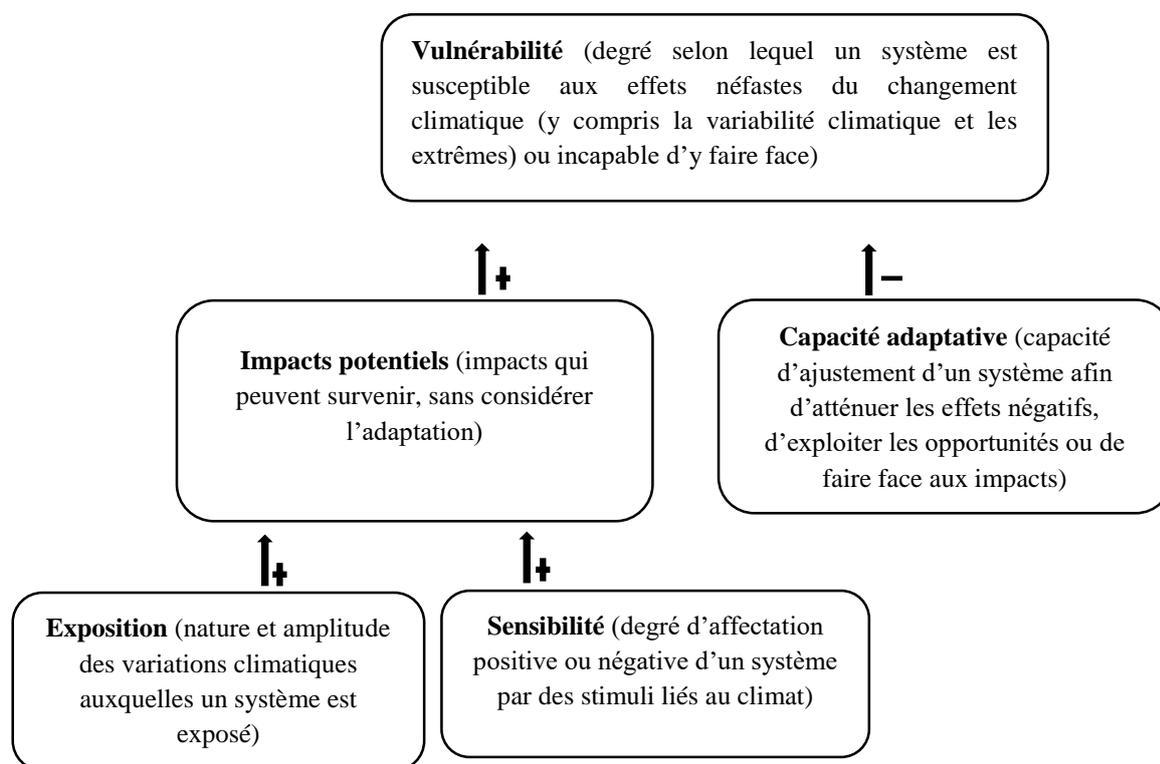
### **1.1.2. La sensibilité**

La sensibilité réfère au degré auquel un système est influencé, positivement ou négativement, par un stimulus climatique, qu'il relève de la variabilité et des moyennes ou de la fréquence et la magnitude d'un événement extrême (Burton et al., 2002 ; GIEC, 2007b). Les caractéristiques d'occupation du territoire telles que le lieu d'implantation, les infrastructures humaines, le mode de vie, les activités humaines, l'exploitation des ressources ainsi que les conditions sociales, économiques, culturelles, politiques et environnementales d'un système participent à sa sensibilité (Smit et Wandel, 2006).

### **1.1.3. La capacité d'adaptation**

Bien qu'il soit toujours central aux sciences naturelles et à la biologie évolutive desquels il est issu, le concept d'adaptation est également abordé par plusieurs disciplines des sciences sociales telles que la psychologie, l'anthropologie, la sociologie et la géographie (Simonet, 2009). Il réfère généralement à une aptitude à changer, à s'acclimater, à s'ajuster. Appliquée aux systèmes sociaux, l'adaptation aux changements climatiques représente une réponse d'ajustement face à un stimulus extérieur et s'observe notamment par un changement de comportement, individuel ou collectif, en vue de tirer avantage ou de diminuer les dommages potentiels du stimulus (Adger et al, 1999 ; Burton et al., 2002; GIEC, 2007b). L'aptitude des systèmes sociaux à anticiper les risques et à planifier des réponses d'ajustement

les distingue fondamentalement des écosystèmes au sein desquels l'adaptation est un processus biologique qui s'exprime de façon autonome, spontanée et réactive.



Source : McCarthy et al, 2001.

**Figure 13 : Composantes de la vulnérabilité suivant la définition du GIEC**

NB : Les signes sous les flèches signifient qu'une forte exposition, une forte sensibilité et une faible capacité adaptative induisent une forte vulnérabilité.

## 1.2. Identification et caractérisation des risques climatiques majeurs à

### Kousséri

Selon le modèle conceptuel simplifié décrivant l'impact, la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques, les impacts de la variabilité climatique ne seront ni uniformément, ni équitablement répartis à l'échelle de l'arrondissement. Ces différences tenant compte autant de l'exposition aux aléas climatiques que des spécificités géographiques et socio-économiques territoriales susceptibles d'influencer la vulnérabilité des systèmes (Moron, 1994).

Les extrêmes climatiques qu'on peut reconnaître dans notre zone d'étude sont liés aux évènements suivants : températures extrêmes ; raccourcissement des saisons des pluies ; les inondations périodiques liées aux extrêmes climatiques ; les vents violents ; l'érosion

hydrique et éolienne ; les diminutions des précipitations et une hausse de l'évapotranspiration (liée à l'augmentation des températures) ; la sécheresse ; démarrage tardif des pluies ; inondations ; le décalage des saisons lié à un changement de temporalité de la pluviométrie et des débits, avec des séquences sèches plus longues et/ou plus fréquentes ; la mauvaise répartition des pluies.

Parmi ces risques climatiques identifiés dans l'arrondissement, nous avons retenu cinq (05) risques majeurs dans le cadre de l'étude des impacts de la variabilité climatique sur les variables affectées lors de la production du sorgho et maïs. Il s'agit des températures extrêmes, du raccourcissement des saisons des pluies, la sécheresse, du démarrage tardif des pluies et l'inondation.

### **1.2.1. Températures extrêmes**

Elles se manifestaient avant et pendant les périodes de sécheresses surtout, mais de plus en plus, c'est pratiquement chaque année et atteignent 45°C à l'ombre durant les mois de mars et avril (PCD, 2013).

### **1.2.2. Démarrage tardif des pluies**

Ce phénomène est devenu de plus en plus fréquent dans l'arrondissement de Kousséri. La saison pluvieuse au lieu d'intervenir fin-mai comme dans le passé arrive de fois en juin (60%) et s'arrête plus tôt (Enquête de terrain, 2019). Le décalage des saisons entraîne des reprises de semis occasionnant un coût de production élevé, l'exode rural, la famine (prolongation de la période de soudure, les migrations saisonnières des exploitants agricoles et les modifications des habitudes culturelles).

Dans l'arrondissement Kousséri, 95% des enquêtés affirment que les pluies démarrent tardivement et entraînent le ralentissement des activités agricoles. Seulement 5% des enquêtés confirment avoir assisté à un démarrage normal des pluies.

### **1.2.3. Raccourcissement de la saison pluvieuse**

Le raccourcissement de la saison pluvieuse est marqué par un démarrage tardif et la fin précoce des pluies. Il entraîne le plus souvent le jaunissement de culture, l'apparition des maladies de cultures, la prolifération des ennemies de cultures (chenilles, mauvaises herbes, criquets, etc) et donc la baisse des rendements agricoles (Enquête de terrain, 2019).

#### 1.2.4. Sécheresses

L'arrondissement de Kousséri est traversé par des séquences sèches presque chaque année. La sécheresse est caractérisée par la mauvaise répartition des pluies, une augmentation progressive de la température ambiante, une diminution de la pluviométrie et une diminution du nombre de jours de pluies. Les impacts environnementaux liés à ce phénomène se traduisent par : la baisse des rendements agricoles ; le tarissement des cours d'eau ; la baisse des revenus ; l'accentuation de l'exode rural ; la persistance de la famine ; la recrudescence des maladies ; le changement dans les habitudes alimentaires, etc.

L'augmentation des températures et la diminution des précipitations observées au cours de la période d'étude (159-2018) ont contribué à allonger la durée des saisons sèches avec une incidence grandissante sur les sécheresses, surtout dans la zone soudano-sahélienne et donc dans l'arrondissement de Kousséri.



**Photo 2:** Sécheresse dans une banlieue de Kousséri

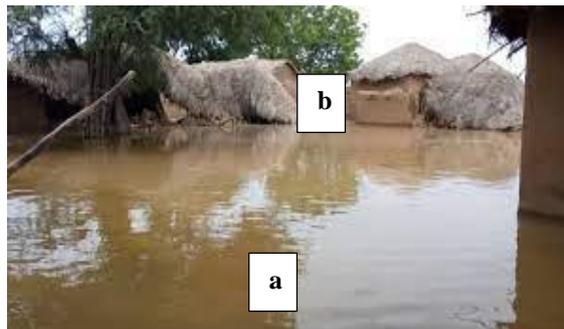
La photo 2 présente un champ de sorgho asséché et détruit par des conditions climatiques extrêmes à l'instar de la sécheresse. Ce phénomène climatique est de plus en plus récurrent dans l'arrondissement de Kousséri du fait de l'aridité du climat. Il entraîne la destruction des plantes et par conséquent la baisse des rendements ensuite la famine.

#### 1.2.5. Inondations

Les villages de l'arrondissement de Kousséri sont balayés par les inondations saisonnières chaque année suite à des pluies diluviennes. Notons d'ailleurs que, le relief de notre zone d'étude a une pente est très faible (3%) et cela ne permet pas l'écoulement facile des eaux de ruissellement vers le fleuve Logone. Ainsi, cette situation entraîne la stagnation

des eaux de pluies dans les artères de la ville et des quartiers de basse altitude. Plus précisément le secteur de Guebala-nord exposé aux inondations saisonnières. Ce secteur couvre les quartiers Madagascar, Goré, Djambalbar, Maïnani, Krouang et Ngargouzo (PCD, 2013).

Les inondations de 2011 ont fait 103 décès et celles de 2012 plus de 50 décès en zone agroécologique (ZAE) soudano sahélienne, particulièrement à Mayo Rey, Lagdo, Maga, dans l'arrondissement de Kousséri, Pouss, etc. (PNACC, 2015).



**Photo 3: Inondation à Adjainé**

**Photo 4: inondation à Ngamadja**

**Photo 4a :** Les eaux d'inondations

**Photo 4b :** Les maisons détruites par les eaux d'inondations

### **1.2.6. Vents violents**

Les vents violents sont des vents à forte intensité occasionnés suite à de différence de température entre deux masses d'air. Ils sont plus fréquents pendant le début et la fin de la saison pluvieuse. Les vents violents détruisent tout à leur passage. Les champs sont de plus en plus exposés à ce phénomène. Ce dernier entraîne la destruction des champs par la cassure des plantes et par conséquent réduit les rendements agricoles. La photo 5 illustre un vent violent.



**Photo 5 : Manifestions du vent violent à Arkis**

La photo 5 présente un vent violent qui traverse notre zone d'étude. Il s'illustre sur la photo à travers l'inclinaison des grandes herbes asséchées selon la direction du vent. Les vents violents annoncent généralement le début et la fin de la saison agricole. Ils détruisent non seulement des cultures à leur passage, mais également des habitats.

## **2. Caractérisation et détermination du climat dans l'arrondissement de Kousséri**

### **2.1. Caractérisation du climat dans l'arrondissement de Kousséri**

Le climat de l'arrondissement de Kousséri est de type sahélien semi-aride avec deux saisons : une longue saison sèche d'octobre à avril et une courte saison de pluies de mai à septembre. La pluviométrie annuelle varie entre 500 et 600 mm. La température varie selon les saisons. Elle descend jusqu'à 11°C pendant la période de décembre à janvier et augmente jusqu'à 45°C à l'ombre entre mars et avril. Le harmattan tout chargé de la brume sèche souffle de décembre à mars vers l'ouest. Le régime alterné de mousson provoque dans l'arrondissement des pluies irrégulières, souvent violentes avec des chutes maximales en juillet et en août. La saison sèche est marquée par une forte chaleur étouffante. Elle comprend au passage de la commune du harmattan (PCD, 2013).

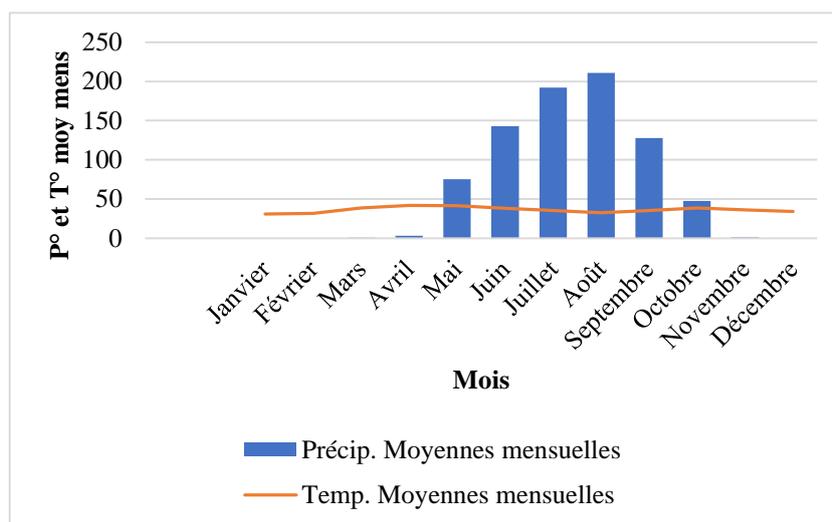
Ce passage est marqué par l'assèchement complet des herbes pendant que la majorité des arbres perdent leurs feuilles vers la fin de la saison. L'atmosphère est couverte des fumées noires issues des feux de brousses et des articles de poussières soulevés par le vent.

Le régime thermique est marqué par une période froide (de décembre à février) avec une température qui descend jusqu'à 11°C. Le maximum de température (45°C) est atteint en mars et en avril. Le tableau 18 permet de représenter les précipitations et les températures moyennes mensuelles sur la période allant de 1959 à 2018.

L'humidité relative est assez basse et varie inversement avec l'altitude (30%-35%), l'évaporation potentielle est considérable (3500-3700 mm/an) et l'insolation est presque normale (11,5h/j- 12,7h/j) (Sighomnou, 2002).

**Tableau 20: Précipitations et températures moyennes mensuelles dans l'arrondissement de Kousséri**

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Précipitations	0	0	0,6	3,2	75,1	143	192,3	211	127,9	47,7	1	0,1
Températures	30,7	31,5	38,7	41,8	41,4	38,3	35,2	32,6	35,2	38,5	36,2	34,1



**Figure 14 : Diagramme ombrothermique de l'arrondissement de Kousséri**

La figure 14 représente la répartition saisonnière des températures et des précipitations de notre zone scientifique. Nous y remarquons une irrégularité au cours de la distribution mensuelle des précipitations. Ceci justifie l'alternance entre la saison sèche et la saison pluvieuse. Nous constatons que les mois les plus pluvieux sont juillet (192,3mm) et août (211mm). Il ne pleut quasiment pas aux mois de mars (0,6mm), d'avril (3,2mm), de novembre (1mm) et de décembre (0,1mm). Les mois de janvier et de février sont caractérisés par une absence totale des précipitations. La distribution est donc marquée par une saison pluvieuse et une saison sèche. Le tableau 21 représente les caractéristiques de ces deux saisons.

**Tableau 21 : Saisons dans l'arrondissement de Kousséri**

Saisons	Sèche	Pluvieuse
<b>Vents dominants</b>	Le harmattan	La mousson
<b>Caractéristiques particuliers</b>	-sec et frais entre novembre et décembre ; -chaud entre mars et mai.	Humide et chaud entre juin et septembre.

Source : PCD, 2019

## 2.2. Détermination du climat dans l'arrondissement de Kousséri selon l'indice de De Martonne

L'indice de De Martonne calculé à l'échelle annuelle est abondamment utilisé pour déterminer l'aridité d'une zone géographique donnée. Il a des valeurs d'autant plus élevées que le climat est plus humide et des valeurs d'autant plus faibles que le climat est plus sec (tableau 22).

**Tableau 17 : Indice de De Martonne calculé à l'échelle annuelle dans l'arrondissement de Kousséri**

<b>Années</b>	<b>1959</b>	<b>1960</b>	<b>1961</b>	<b>1962</b>	<b>1963</b>	<b>1964</b>	<b>1965</b>	<b>1966</b>	<b>1967</b>	<b>1968</b>
Indice	3,9	3,7	2,8	3	3,4	3,6	3,2	2,9	2,4	3,5
<b>Années</b>	<b>1969</b>	<b>1970</b>	<b>1971</b>	<b>1972</b>	<b>1973</b>	<b>1974</b>	<b>1975</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>
Indice	3,6	3,7	3,3	2,8	2,8	2,9	2,8	3,5	3,8	3,1
<b>Années</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>
Indice	3,2	2,6	2,5	2,2	2,4	2,4	2,4	2,1	2,3	2,4
<b>Années</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>
Indice	2,1	2,3	2,2	3	2,7	2,8	3,5	2,1	2,2	2,3
<b>Années</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
Indice	2,9	2,4	2,6	2,3	2,4	2,1	2,7	2,8	2,5	2,3
<b>Années</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Indice	2,3	3,4	2,5	2,4	1,8	3,3	2,8	3,2	2,7	1,7

Le tableau 22 présente l'indice de De Martonne calculé à l'échelle annuelle de l'arrondissement de Kousséri. En observant minutieusement ce tableau, on se rend compte que l'arrondissement de Kousséri est une zone hyper aride de 1959 à 2018. Bien que cet indice ait permis de connaître la tendance climatique de notre zone d'étude, il reste insuffisant pour déterminer la variabilité interannuelle de la pluie. Il faut procéder à l'analyse de la

dynamique thermique et de la variabilité des précipitations à travers les indices pluviométriques standardisés et les indices de pluviosité.

### **3. Evolution des températures et des précipitations dans l'arrondissement de Kousséri**

Les températures et les précipitations sont des paramètres climatiques importants susceptibles d'agir directement sur tous les êtres vivants au moins pendant une phase de leur développement. Ces éléments constituent un facteur essentiel en agriculture et en élevage. Ainsi, l'objectif de cette partie est d'étudier les variations mensuelle et annuelle des températures ainsi des variations mensuelle et interannuelle des précipitations.

#### **3.1. Evolution des températures dans l'arrondissement de Kousséri**

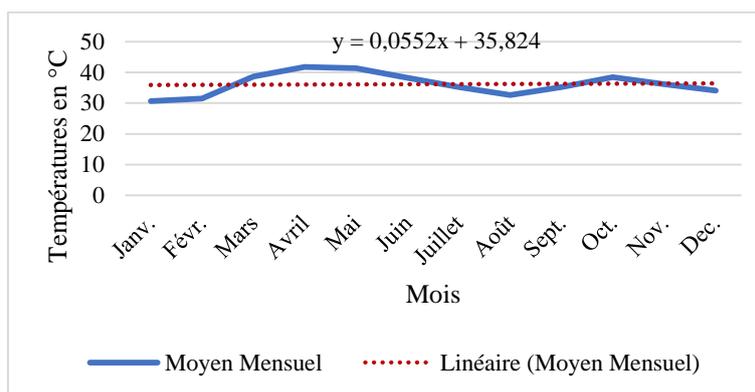
L'analyse des variations des températures portera sur les données mensuelle et annuelle des valeurs thermiques. Elle nous permet de mettre en évidence des changements de température survenus dans notre zone d'étude.

##### **3.1.1. Variation mensuelle des valeurs thermiques**

L'analyse de l'évolution mensuelle des températures de notre zone d'étude nous montre deux régimes thermiques marquant deux périodes :

- une période chaude au cours de laquelle les températures sont supérieures à 35°C. Elles sont enregistrées au cours des mois de mars à de novembre.
- une période froide où les températures sont inférieures à 35°C. Elles sont visibles entre les mois de décembre et février.

La figure 15 présente les variations des températures moyennes mensuelles dans l'arrondissement de Kousséri.



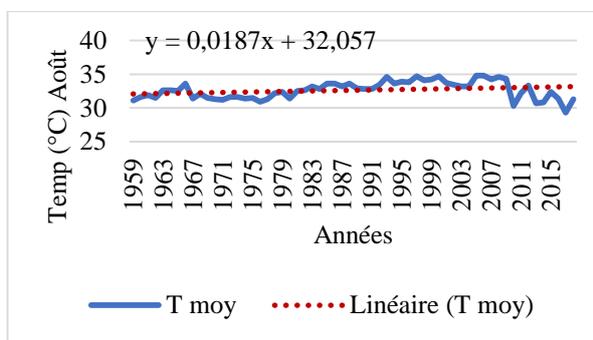
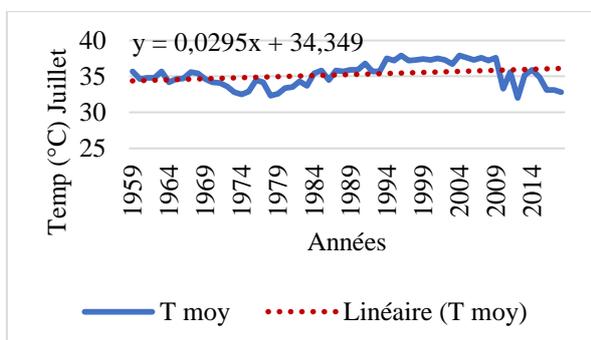
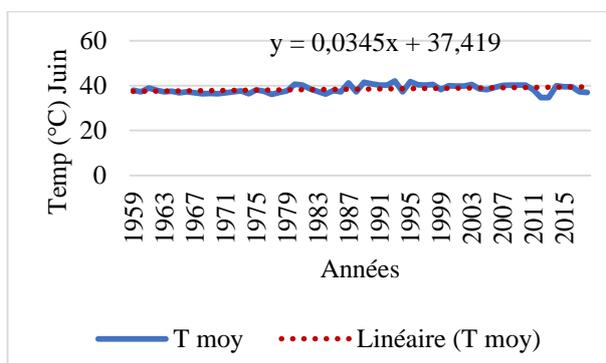
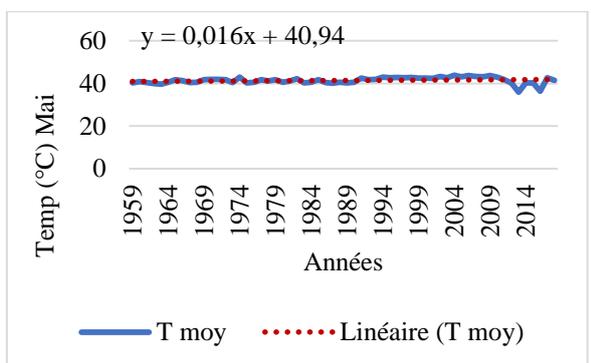
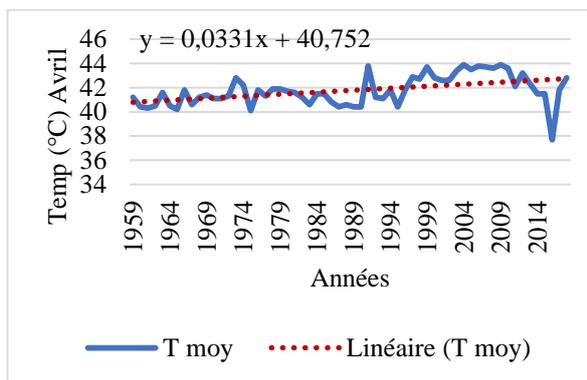
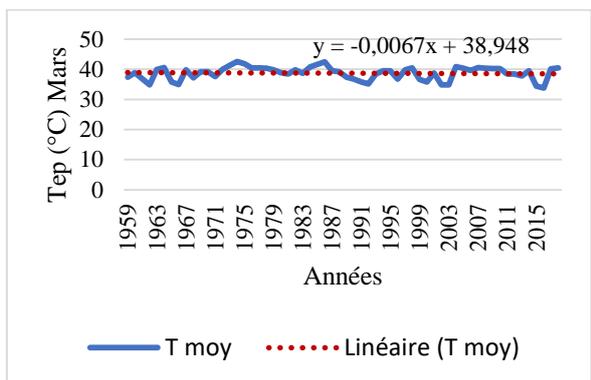
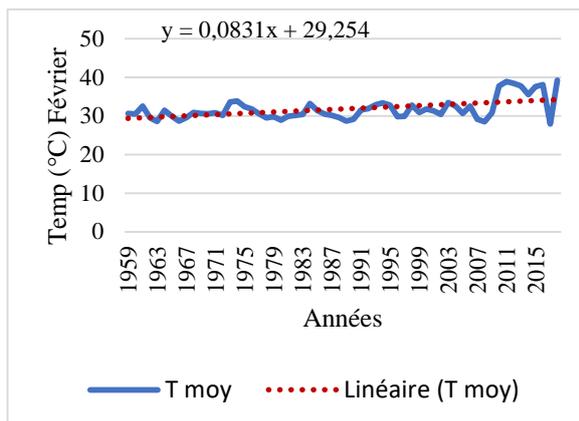
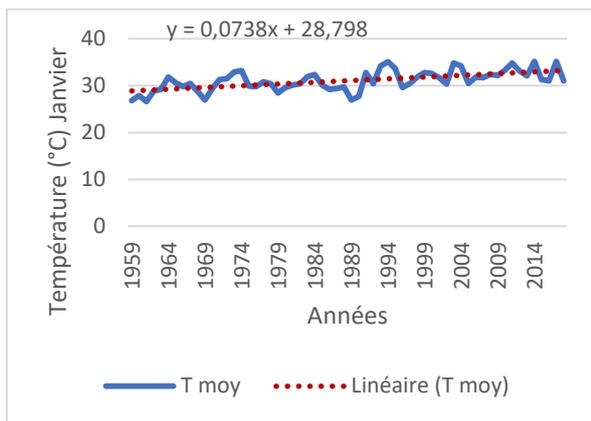
**Figure 15 : Variation de la température moyenne mensuelle dans l'arrondissement de Kousséri de 1959 à 2018**

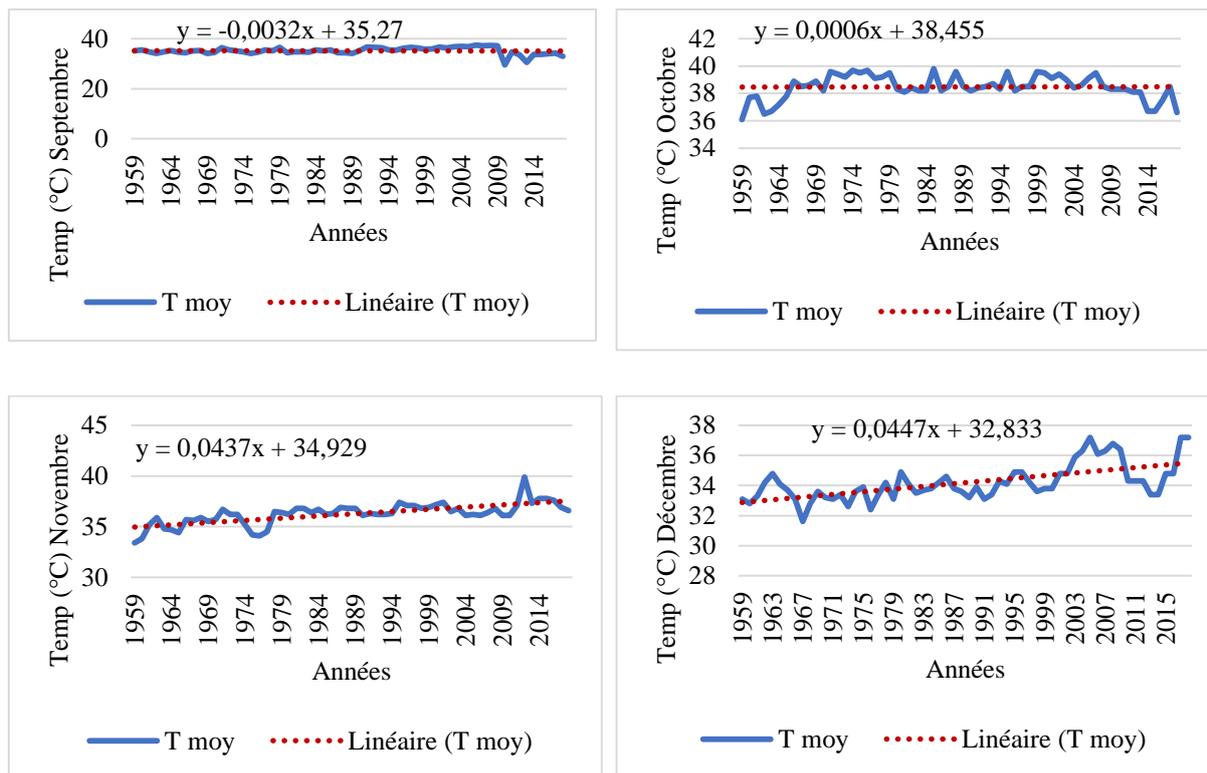
D'après la figure 15, nous constatons que les températures sont à la hausse au cours de la période de 1959 à 2018. Il se dégage que les moyennes mensuelles varient selon les années. Ainsi, les maximas sont 41,8°C et 41,4°C, respectivement pour les mois d'avril et de mars tandis que la température minimale chute jusqu'à 30,7°C soit une différence de plus de 10°C par rapport aux maximas.

Pendant la saison pluvieuse les températures bénéficient de l'effet combiné des pluies, de la couverture nuageuse et de l'humidité de l'air entraînant une baisse de température observée entre juillet et septembre. Pendant la saison sèche, les températures sont soumises à l'influence de l'harmattan provoquant de forte chaleur étouffante et des vents violents entraînant ainsi une hausse de la température. Cette hausse s'expliquerait aussi par l'insolation accrue et la chaleur excessive qui deviennent insupportable pour les cultivateurs. La baisse de la température au cours des mois de décembre (34,1°C), janvier (30,7°C) et février (31,5°C) s'expliquerait par des vagues de froid combinés à l'effet de brume qui réduisent la chaleur et l'insolation.

### **3.1.2. Dynamique thermique mensuelle annuelle dans l'arrondissement de Kousséri entre 1959 et 2018**

L'analyse des oscillations thermiques mensuelles annuelles nous permet d'apprécier la variation des températures à Kousséri de 1959 à 2018. Ainsi, la figure met en évidence la dynamique de valeurs thermiques.





**Figure 16: Dynamique thermique mensuelle annuelle à Kousséri**

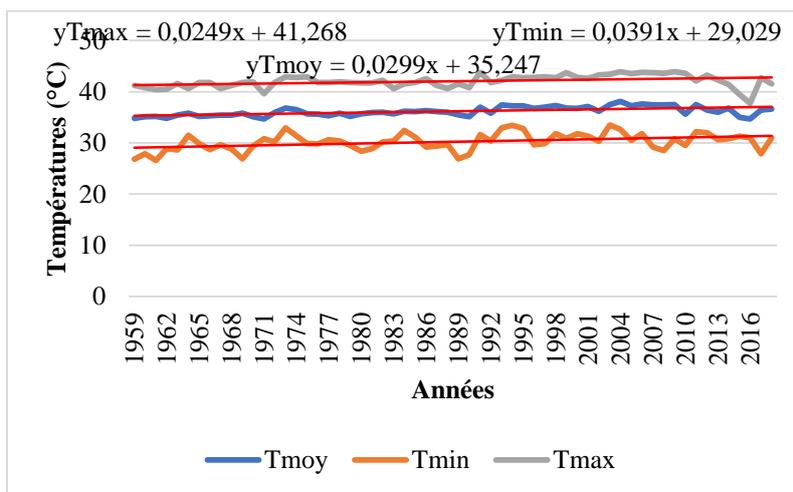
D'après la lecture de la figure 16, les oscillations thermiques mensuelles annuelles sont en dent de scie. Ainsi, les mois de janvier ( $31^{\circ}\text{C}$ ) avec un écart de  $-5^{\circ}\text{C}$  par rapport à la moyenne générale ( $36^{\circ}\text{C}$ ) et de février ( $31,8^{\circ}\text{C}$ ) avec un écart de  $-4,2^{\circ}\text{C}$  sont considérés comme les mois les plus froids de la période d'étude. Au cours de ces mois, les températures sont en baisse car elles sont inférieures à la moyenne générale ( $36^{\circ}\text{C}$ ). Les températures augmentent au mois de mars avec  $38,7^{\circ}\text{C}$  soit un écart de  $2,7^{\circ}\text{C}$ , d'avril avec  $41,8^{\circ}\text{C}$  soit une hausse de  $5,8^{\circ}\text{C}$ , de mai avec  $41,4^{\circ}\text{C}$  soit un écart de  $5,4^{\circ}\text{C}$  et le mois de juin avec  $38,5^{\circ}\text{C}$  soit un écart de  $2,5^{\circ}\text{C}$  par rapport à la moyenne générale. Cependant, les mois de juillet avec  $35,2^{\circ}\text{C}$  soit un écart de  $-0,8^{\circ}\text{C}$ , d'août avec  $32,6^{\circ}\text{C}$  soit un écart de  $-3,4^{\circ}\text{C}$  et de septembre avec  $35,2^{\circ}\text{C}$  soit un écart de  $-0,8^{\circ}\text{C}$  connaissent une chute des températures. Les mois d'octobre ( $38,5^{\circ}\text{C}$ ) et de novembre ( $36,3^{\circ}\text{C}$ ) ont une température en hausse, alors le mois de décembre ( $34,2^{\circ}\text{C}$ ) a une température en baisse.

De tout ce qui précède, le mois le plus sec et chaud est le mois d'avril ( $41,8^{\circ}\text{C}$ ) avec  $5,8^{\circ}\text{C}$  d'écart par rapport à la moyenne de la période d'étude. Le mois de janvier ( $31^{\circ}\text{C}$ ) est le plus froid avec une baisse de  $-5^{\circ}\text{C}$  de température. Cette oscillation des valeurs thermiques à

Kousséri s'expliquerait par l'effet conjugué du harmattan, des chaleurs de plus en plus insupportable et de l'ensoleillement aigué qui frappent notre zone d'étude.

### 3.1.3. Variations annuelles des valeurs thermiques

À l'échelle annuelle, nous avons utilisé les données des températures moyennes annuelles à fin de mettre en lumière les variations des températures dans l'arrondissement de Kousséri au cours de la période allant de 1959 à 2018. Ainsi, la figure 18 montre la variation des températures.

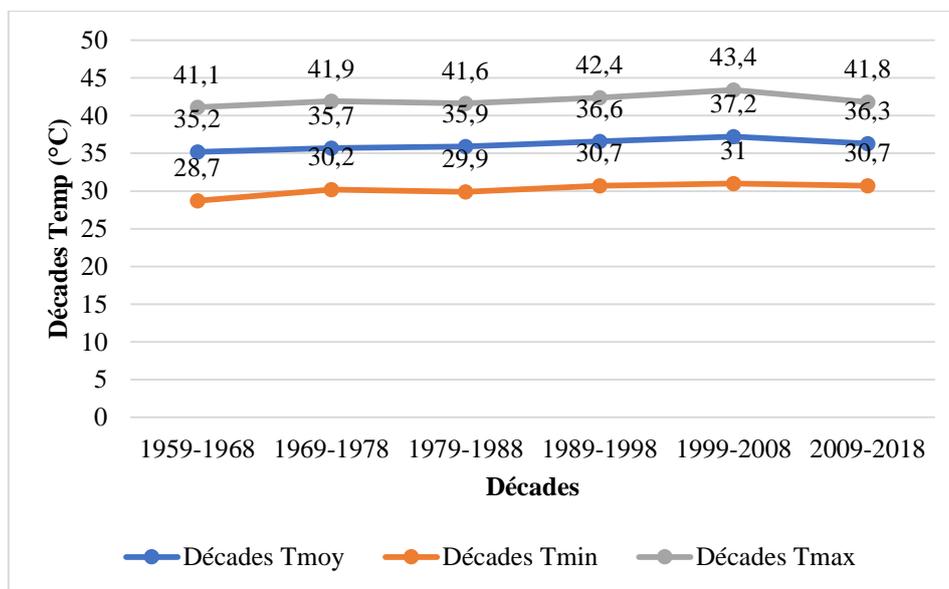


**Figure 17 : Évolution des températures moyennes annuelles de 1959 à 2018**

D'après la figure 17, les températures augmentent et varient autour de la moyenne générale (36°C) de 1959 à 2018. Ainsi, la première décennie (1959-1968) a une température moyenne annuelle de 35°C soit une baisse de -1°C, faible par rapport à la moyenne générale (36°C). Les deux suivantes décennies (de 1969 à 1978 ; de 1979 à 1988) ont une température moyenne qui se stabilise autour de 36°C, une moyenne égale à la moyenne générale. La quatrième décennie (de 1989 à 1998) et la cinquième décennie (de 1999 à 2008) ont enregistré similairement une température moyenne de 37°C soit une hausse 1°C par rapport à la moyenne thermique générale. Cette moyenne est largement supérieure à la moyenne générale de notre période d'étude (1959- 2018). Ceci dit que ces décennies sont les plus chaudes. En fin, la dernière décennie (de 2009 à 2018) est marquée par un retour à la normale de la température moyenne (36°C) par rapport à la moyenne générale (36°C). Dans l'ensemble, le pic de température moyenne annuelle est de 38,1°C observé en 2004.

### 3.1.4. Tendence des températures moyennes annuelles des décades de 1959 à 2018

Pour mettre en évidence les oscillations thermiques de Kousséri et percevoir leur évolution, nous avons analysé la variation décennale des températures. En effet, en regroupant les températures moyennes annuelles par décennie, nous constatons une nette oscillation entre les différentes décades (Figure 18).



**Figure 18 : Tendence thermiques des moyennes annuelles des décades de 1959 à 2018**

A la lecture de la figure 18 ci-dessus, nous remarquons des oscillations thermiques des décades de 1959 à 2018. Les trois premières décades notamment 1959-1968 (35,2°C), 1969-1978 (35,7°C) et 1979-1988 (35,7°C) connaissent une légère baisse des températures avec respectivement -1°C, -0,5°C -0,3°C des écarts par rapport à la moyenne thermique générale (36,2°C). La quatrième décennie à savoir 1989-1998 connaît une légère augmentation avec une moyenne thermique de 36,6°C soit une hausse de 0,4 par rapport à la moyenne générale. La cinquième décennie est la plus chaude de notre période d'étude (1959-2018) avec une moyenne thermique de 37,2°C soit un écart de 1°C par rapport à la moyenne générale. La dernière décennie allant de 2009 à 2018 connaît une baisse légère des températures par rapport aux précédentes décades avec une moyenne thermique de 36,3°C. Mais, cette moyenne reste supérieure à la moyenne thermique de la série d'étude (36,2°C), soit une augmentation de 0,1°C.

De manière générale, les oscillations thermiques dans l'arrondissement de Kousséri se présentent en deux séquences : la première, regroupant les trois premières décennies, a une

tendance à la baisse des températures avec une moyenne thermique de 35,6°C soit une baisse de -0,6°C par rapport à la moyenne générale. La deuxième, englobant les trois dernières décennies, connaît une augmentation des températures avec une moyenne de 36,7°C soit une hausse de 0,5°C par rapport à la moyenne thermique de la période d'étude.

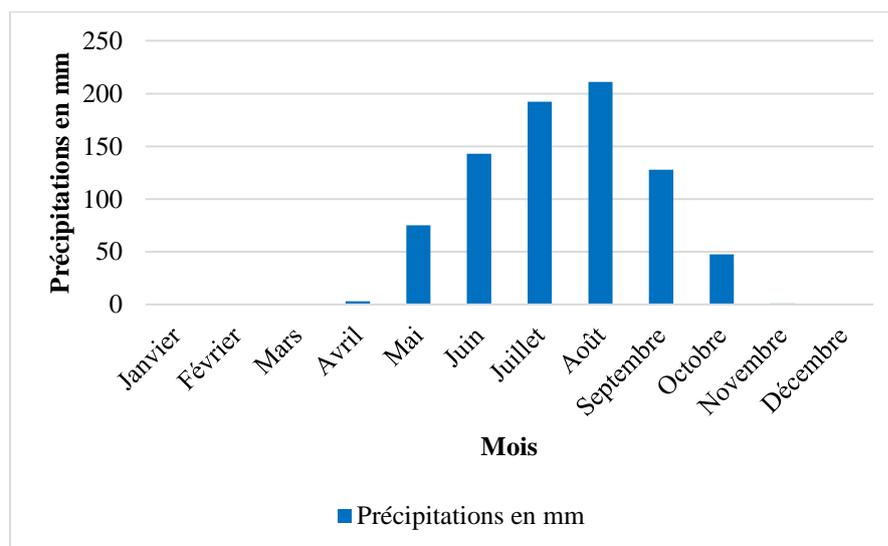
### **3.2. Evolution des précipitations dans l'arrondissement de Kousséri entre 1959 et 2018**

Les précipitations se présentent comme le premier facteur qui conditionne la production agricole en Afrique, car elle est essentiellement pluviale. Pendant une saison agricole, les précipitations sont non seulement variables d'un mois à l'autre mais également variables au sein des mêmes mois en fonction des années. Ainsi, pour illustrer l'évolution des précipitations, nous insisterons sur les variations mensuelle et interannuelle.

#### **3.2.1. Variation mensuelle et mensuelle annuelle des précipitations dans l'arrondissement de Kousséri entre 1959 et 2018**

##### **3.2.1.1. Variation mensuelle des précipitations dans l'arrondissement de Kousséri entre 1959 et 2018**

Nous nous servons de hauteurs moyennes des précipitations mensuelles sur les soixante années allant de 1959 à 2018. Ceci nous permettra de comprendre les variations des valeurs pluviométriques à l'échelle mensuelle. Pour la localité de Kousséri, la figure 19 nous montre l'évolution pluviométrique moyenne mensuelle.



**Figure 19 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles dans l'arrondissement de Kousséri**

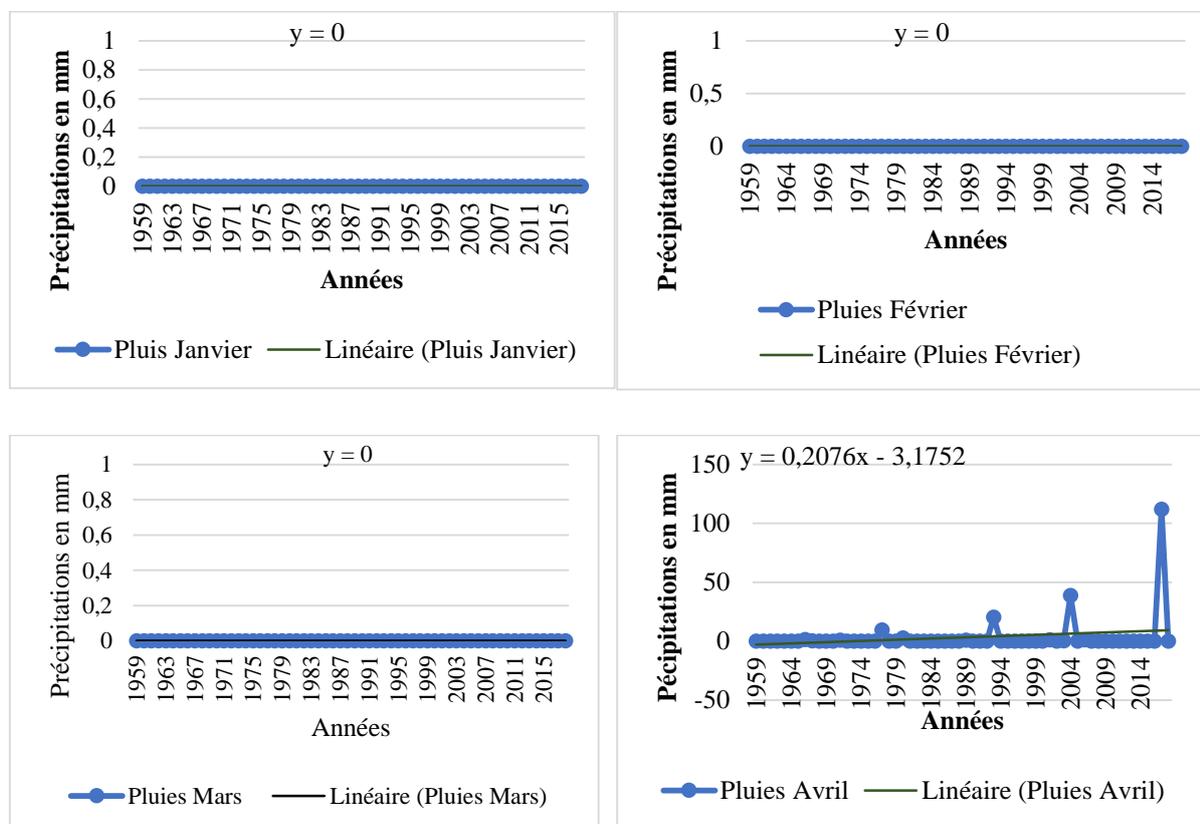
La figure 19 nous présente la fluctuation des précipitations de notre zone d'étude. Elle met en exergue l'évolution de valeurs pluviométriques mensuelles de ladite localité. Cette distribution pluviométrique est disparate et varie d'un mois à l'autre.

De 0 mm en janvier et février, la hauteur des pluies atteint 192,3mm en juillet et 211mm en août. Ainsi, on passe des mois à volume pluviométrique important comme juillet (192,3mm) et août (211mm) à moins de 05mm de pluies pour les mois dont la quantité des précipitations est nulle notamment les mois de novembre, de décembre, de janvier, de février, de mars et d'avril.

Les irrégularités pluviométriques mises en exergue sont liées soit à l'aridité soit à l'humidification du climat.

### 3.2.1.2. Evolution mensuelle annuelle de la pluviométrie dans l'arrondissement Kousséri

La variation mensuelle annuelle des précipitations nous permet d'analyser l'évolution des pluies des moyennes mensuelles pour chaque année de notre période d'étude. A partir de là, nous pouvons déduire les mois secs et les mois humides comme le montre la figure 20.



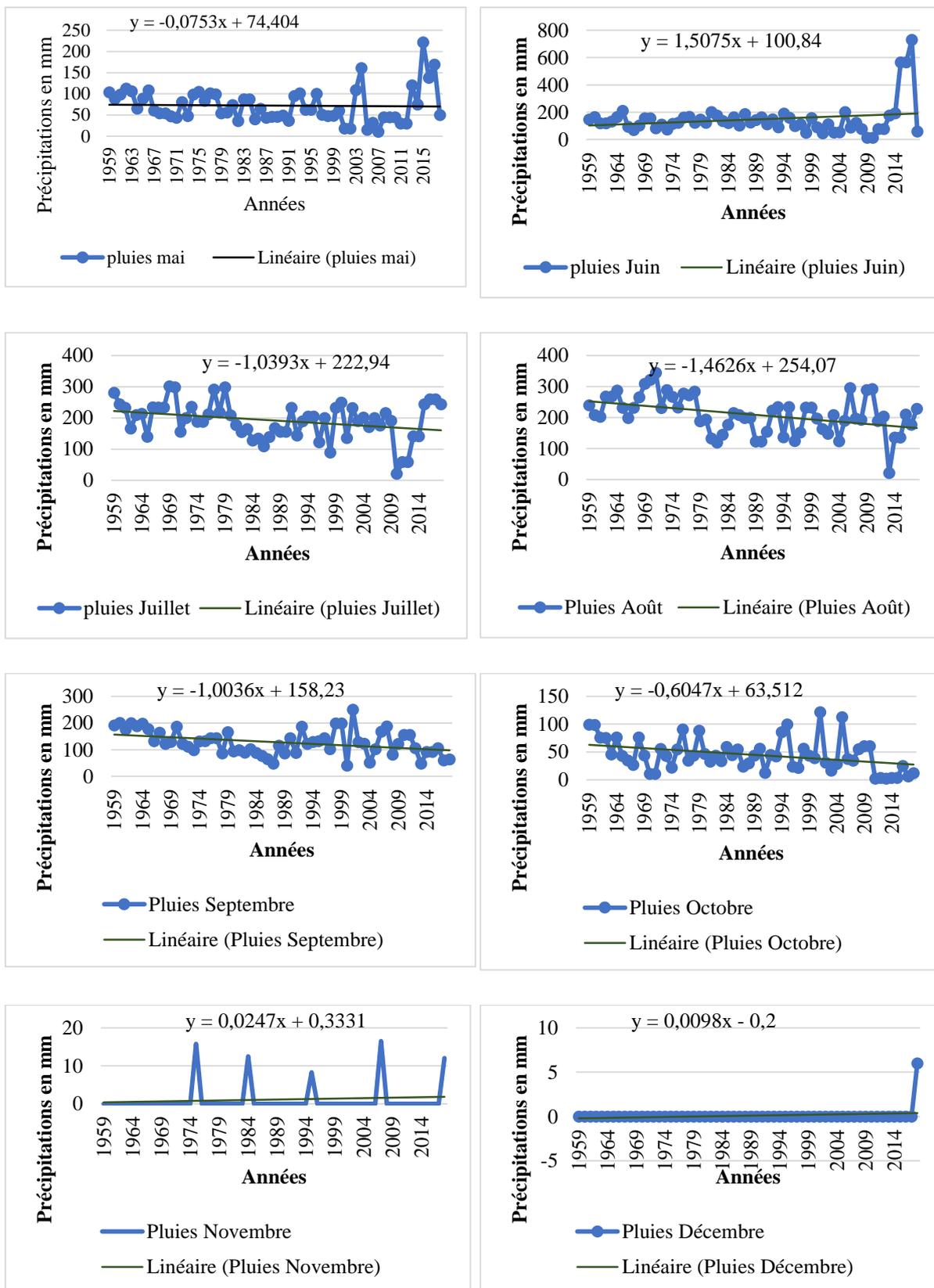


Figure 20 : Evolution mensuelle annuelle de la pluviométrie à Kousséri de 1959 à 2018

La figure 20 met en évidence l'évolution des précipitations moyennes mensuelles annuelles de l'arrondissement de Kousséri. A la lecture de cette figure, nous constatons une répartition inégale de la pluviométrie au cours de la saison de 1959 à 2018. Ainsi, nous distinguons des mois extrêmement secs notamment les mois de janvier (0,0mm), février (0,0mm), mars (0,0mm), avril (3,2mm), novembre (1,1mm) et décembre (0,1mm). Les mois de mai (71,2mm) et d'octobre (45,1mm) sont considérés comme des mois secs avec des hauteurs pluviométriques très faibles. Les mois humides de la saison sont juin (146,8mm), juillet (191,2mm), août (209,5mm) et septembre (127,6mm), mais avec une tendance à la baisse des précipitations comme l'indique les droites de régression linéaire. Le mois d'août constitue le pic de la saison, c'est-à-dire le mois le plus humide avec une moyenne annuelle de 209,5mm de précipitation soit un écart de 79,5mm par rapport à la moyenne annuelle (130mm) de la période d'étude (1959-2018).

Nous pouvons conclure qu'il y a variation des précipitations moyennes mensuelles annuelles dans l'arrondissement de Kousséri. Les pluies augmentent légèrement d'avril (3,6mm) jusqu'en août (209,5mm) pour chuter ensuite d'août jusqu'en octobre (45,1mm). Cette variation constitue un danger pour l'agriculture pluviale entraînant la baisse des rendements agricoles.

### **3.2.2. Identification des mois secs (saison sèche) selon l'indice de Gaussen**

L'indice de Gaussen (Gaussen, 1969 cité par l'ONACC, 2018) a permis d'identifier les mois secs (et/ou humides) et les saisons sèches (et/ou humides) de notre zone d'étude. Le postulat de Gaussen stipule qu'un mois est considéré comme sec si les précipitations moyennes enregistrées au cours dudit mois (de la saison) sont inférieures ou égales au double de la température moyenne pour le même mois (de la saison).

D'après notre analyse, nous identifions trois catégories de saisons :

- Les mois extrêmement secs avec une pluviométrie moyenne nulle au cours de la saison. Il s'agit des mois de janvier, février, mars, novembre et décembre ;
- Les mois secs ayant une pluviométrie moyenne inférieure ou égale au double de la température moyenne pour les mêmes mois. Il s'agit des mois d'avril, de mai et d'octobre ;

- Les mois pluvieux avec une pluviométrie moyenne supérieure au double de la température pour les mêmes mois. Nous notons les mois de juin, de juillet, d'août et de septembre.

En effet, les précipitations augmentent progressivement au cours de la saison pour atteindre leur pic au mois d'août (211mm) avant de chuter au cours des mois prochains.

**Tableau 18: Type de climat au cours de la saison dans l'arrondissement de Kousséri**

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Précip. moy.	0	0	0,6	3,2	75,1	143	192,3	211	127,9	47,7	1	0,1
Temp. moy.	30,7	31,5	38,7	41,8	41,4	38,3	35,2	32,6	35,2	38,5	36,2	34,1
Type de climat	Extrêmement sec			sec		pluvieux			sec	Ext. sec		

### **3.2.3. Variation pluviométrique interannuelle dans l'arrondissement de Kousséri**

Pour faire une étude de la variabilité du climat à l'échelle interannuelle, nous nous servons des valeurs pluviométriques moyennes annuelles pour calculer les écarts à la moyenne interannuelle. Les résultats nous permettront d'élaborer les graphiques relatifs à l'évolution et à la déviation de ces des données par rapport à la moyenne.

#### **3.2.3.1. Analyse des écarts à la moyenne d'après l'indice de Barakat**

L'indice de Barakat permet de ressortir les années excédentaires et les années déficitaires à la normale pluviométrique. Elle permet d'évaluer les écarts à la moyenne des précipitations qui expriment la différence entre les hauteurs annuelles et les précipitations moyennes de la série pluviométrique de la période d'étude.

**Tableau 19: Analyse des anomalies centrées réduites d'après l'indice de Barakat**

Forme	Classe	Estimation	Années correspondantes	Pourcentage
Années excédentaires	$P_i > P_{m+e}$	$P_i > 176,1$	1959	1,66%
Années normale	$P_{m-e} < P_i < P_{m+e}$	$91,9 < P_i < 176,1$	1961, 1966, 1967, 1973, 1975, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1993, 1996, 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2017, 1960, 1962, 1963, 1964, 1965, 1968, 1969, 1970, 1971, 1974, 1976, 1977, 1978, 1979, 1992, 1994, 1995, 1999, 2010, 2014, 2015, 2016	94,99%
Années déficitaires	$P_i < P_{m-e}$	$P_i < 91,9$	2013, 2018	3,33%

A la lecture du tableau 24, il ressort que les années 1959 soit 1,66%, sont considérées comme des années excédentaires car ayant reçu des cumuls pluviométriques supérieurs à la normale tandis que les années 2013 et 2018, soit 3,33%, sont considérées comme des années déficitaires avec des cumuls pluviométriques inférieurs à la normale. Certaines années soient 94,99% sont dites années normales à la moyenne annuelle des précipitations de notre période d'étude.

### 3.2.3.2. Analyse des écarts à la moyenne de la pluviométrie d'après SPI

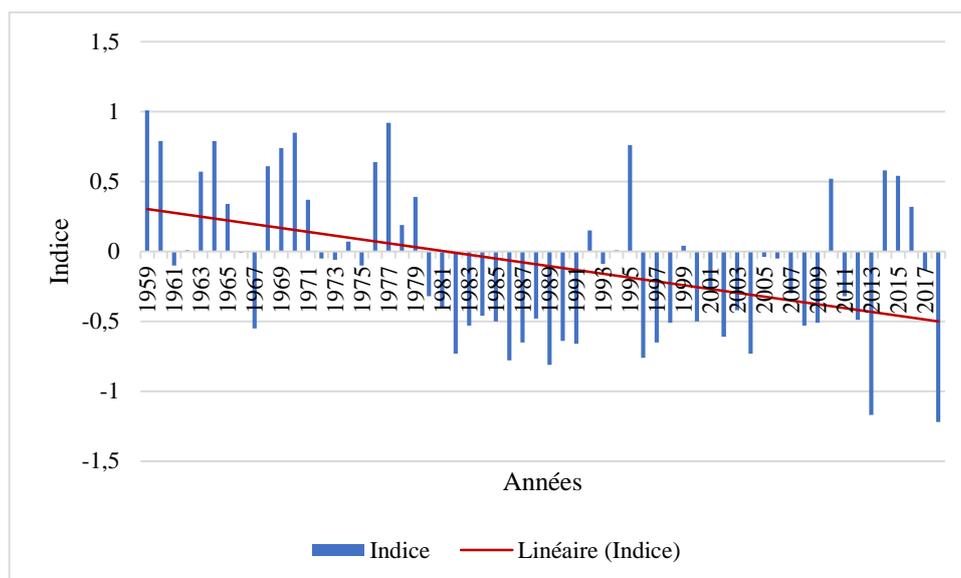
Les indices pluviométriques standardisés (indice de Nicholson) indiquent les anomalies annuelles des précipitations qui peuvent être positives ou négatives (figure 21). Ils s'expriment sur la base de la moyenne et de l'écart type suivant la loi normale centrée-réduite (tableau 25).

**Tableau 20 : Indice pluviométrique standardisé de Nicholson dans l'arrondissement de Kousséri**

Classes SPI	Degré de sécheresse	Années avec les trous de sécheresse	Pourcentage
SPI >2	Humidité extrême	00	0,00%
1<SPI<2	Humidité forte	1959	1,66%
0<SPI<1	Humidité modérée	1960, 1962, 1963, 1964, 1965, 1968, 1969, 1970, 1971, 1974, 1976, 1977, 1978, 1979, 1992, 1994, 1995, 1999, 2010, 2014, 2015, 2016	36,66%
-1<SPI<0	Sécheresse modérée	1961, 1966, 1967, 1973, 1975, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1993, 1996, 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2017	58,33%
-2<SPI<-1	Sécheresse forte	2013, 2018	3,33%
SPI<-2	Sécheresse extrême	00	0,00%

Le tableau 25 détermine le degré de sévérité de sécheresse dans la commune de Kousséri. À la lecture de ce tableau, on se rend compte que 58,33% des années de notre période d'étude ont une sécheresse modérée, tandis 36,66% des années ont une humidité modérée. De 1959 à 2018, on enregistre une seule année (1959), soit 1,66%, ayant une humidité forte contre deux années (2013 et 2018), soit 3,33% ayant une sécheresse forte.

D'une manière générale, nous pouvons conclure que l'arrondissement de Kousséri tend vers la sécheresse car de 1959 à 2018 nous remarquons plus des années sèches soit 61,66% que des années humides soit 38,32%. Cette tendance à la sécheresse est justifiée par la figure 21.



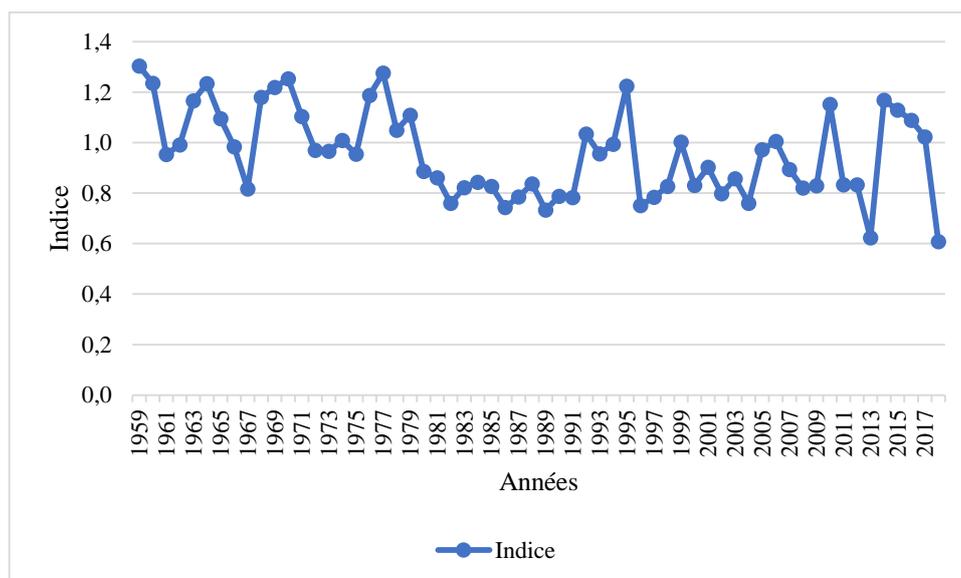
**Figure 21 : Anomalie centrée réduite à Kousséri (Ecart à la moyenne pluviométrique)**

L'analyse de l'anomalie centrée réduite (figure 21) nous a permis de distinguer deux séquences avec 1980 comme l'année de rupture. La première allant de 1959 à 1979 a un degré d'humidité modérée avec des indices positifs soit  $SPI > 0$ . Elle a un pic en 1959 avec un indice de 1,01. La deuxième séquence, étant la plus longue, va de 1980 à 2018. Elle a un degré de sécheresse modérée soit  $SPI < 0$  avec deux pics enregistrés en 2013 et 2018.

En général, la droite de régression nous montre une baisse globale de la pluviométrie dans l'arrondissement de Kousséri. Cette baisse est caractérisée par des péjorations pluviométriques et par la sécheresse ayant frappé notre zone d'étude en particulier et le sahel en général à partir des années 1980.

### **3.2.3.3. Indice de pluviosité dans l'arrondissement de Kousséri**

L'indice de pluviosité est utilisé pour avoir une vision globale de l'évolution de la pluviométrie. En effet, cet indice a l'avantage de dégager les grandes tendances en supprimant les faibles fluctuations internes de la variable (figure 22) qui montre l'indice de pluviosité dans l'arrondissement de Kousséri.



**Figure 22 : Indice de pluviosité de l'arrondissement de Kousséri**

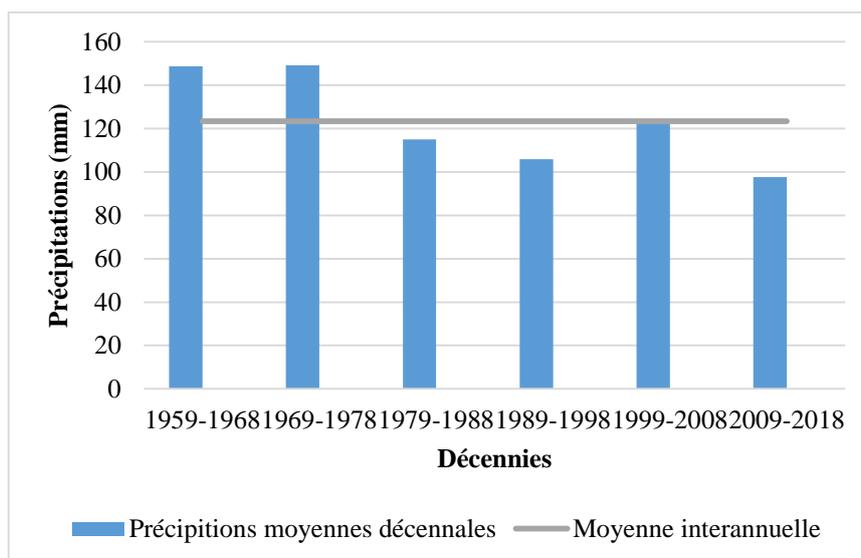
La figure 22 fait état de l'indice de pluviosité dans notre zone d'étude. En observant ces données, on se rend compte de la variabilité interannuelle de la pluie. La pluie se présente en deux séquences. La première séquence allant de 1959 à 1979 est caractérisée des années humides avec des indices supérieurs ou égaux à 1 alors que la deuxième séquence allant de 1980 à 2018 avec des indices inférieure à 1, montre des années sèches avec un retour à la normale de 2014 à 2017.

#### 3.2.3.4. Valeurs pluviométriques décennales

Le tableau 26 et la figure 24 présentés font ressortir les différentes données pluviométriques enregistrées de 1959 à 2018. On y retrouve aussi les écarts des précipitations par rapport à la moyenne interannuelle qui est de 134 mm. Ils nous permettent de voir l'évolution pluviométrique des différentes décennies.

**Tableau 26 : valeurs pluviométriques décennales**

Décennies	Précipitations moyennes décennales	Moyenne interannuelle	Ecart à la moyenne	Excédent/déficit pluviométriques(%)
1959-1968	148,7	123,3	25,4	20,6
1969-1978	149,1	123,3	25,8	20,9
1979-1988	115	123,3	-8,3	-6,7
1989-1998	105,9	123,3	-17,4	-14,1
1999-2008	123,7	123,3	0,4	0,32
2009-2018	97,6	123,3	-25,7	-20,8

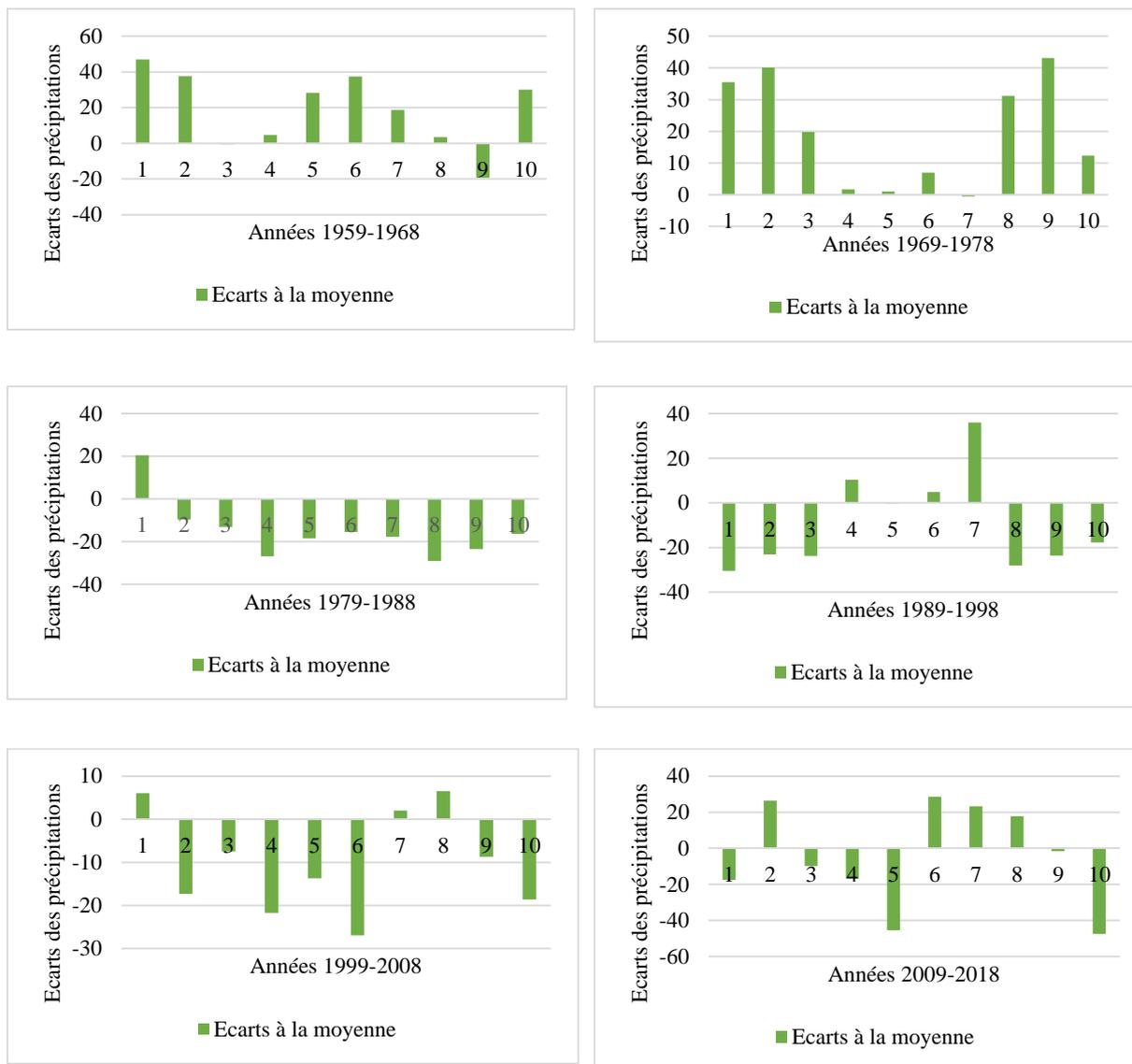


**Figure 23 : Evolution pluviométrique interannuelle décennale**

Selon la figure 23, les périodes décennales qui s'étendent de 1959 à 1968 et de 1969 à 1978 sont marquées par la prédominance de l'humidité. Elles décrivent l'évolution pluviométrique avec une moyenne interannuelle de 123,3 mm et une moyenne décennale des précipitations respectivement de 148,7 mm et 149,1 mm. Ces moyennes décennales dépassent largement la moyenne interannuelle répartie sur les soixante années d'étude.

Les périodes décennales de 1979 à 1988, de 1989 à 1991 et de 2009 à 2018 sont marquées par une sécheresse longue et sévère avec une moyenne décennale respectivement de 115 mm, 105,9 mm, 123,7 mm et 96,6 mm. On remarque également une intensification du déficit pluviométrique et le début d'une phase plus sèche. Toutes ces périodes sont caractérisées par un déficit pluviométrique très important alors que la décennie 1999- 2008 montre une période normale par rapport à la moyenne interannuelle avec 123,7 mm de pluies.

D'une manière générale, l'examen des données pluviométriques offre une assez bonne idée générale de l'évolution des précipitations au cours des années 1959-2018 dans l'arrondissement de Kousséri. Elle se caractérise par une irrégularité interannuelle des pluies, qui permet de dégager une allure en dents de scie, individualisant des séquences excédentaires et des années déficitaires par rapport à la normale considérée. Les années sèches se déterminent par leur prédominance confirmant la crise pluviométrique signalée par de nombreux auteurs. L'importance des courts épisodes pluvieux souvent interrompus par de plus longs épisodes déficitaires sont à l'origine de la migration des isohyètes. Ainsi, on peut déduire de la figure 24 les conclusions dégagées par la figure 24.



**Figure 24 : Ecart à la moyenne dans l'arrondissement de Kousséri**

La figure 24 laisse entrevoir l'écart des précipitations moyennes annuelles des six décennies de l'arrondissement de Kousséri par rapport à la moyenne interannuelles de la série. Nous pouvons y apercevoir les déficits et les excédentaires pluviométriques à l'échelle de l'année.

### 3.2.3.5. Détermination des années excédentaires ou humides selon les écarts à la moyenne

Nous considérons comme année humide ou excédentaire, celle ayant un écart pluviométrique positif. Ainsi, d'après la figure 24, au cours des années 1959 à 2018, on dénombre 24 années excédentaires. Il s'agit des années 1959, 1960, 1962, 1963, 1964, 1965,

1968, 1969, 1970, 1971, 1974, 1976, 1977, 1978, 1979, 1992, 1994, 1995, 1999, 2006, 2010, 2014, 2015 et 2016. La moyenne de ces excédents est de 164 mm soit un écart type de 34 mm par rapport à la moyenne générale, ce qui est moins significatif.

### **3.2.3.6. Détermination des années déficitaires ou sèches selon les écarts à la moyenne**

Parallèlement aux années humides, les années sèches ou déficitaires sont celles ayant un écart négatif des précipitations par rapport à la moyenne interannuelle. De ce fait, nous apercevons sur la figure 24, trente-sept années ayant reçu des précipitations inférieures au seuil normal.

En général, l'arrondissement de Kousséri connaît plus des années sèches qu'humides. Cela dit que la zone à un déficit pluviométrique constituant un danger pour l'agriculture pluviale en général et pour la culture du sorgho et du maïs en particulier.

## **Conclusion**

Au terme de ce chapitre 2 consacré à la vulnérabilité et la variabilité temporelle du climat dans l'arrondissement de Kousséri, les résultats obtenus confirment la hausse de la température de 0,8°C et la baisse générale des précipitations observée de 1959 à 2018. Cette baisse se caractérise par la diminution du cumul des pluies annuelles, particulièrement accentuée au cours des décennies 1979-1988, 1989-1998 et 2009-2018. Ces résultats montrent qu'en dépit de quelques années humides enregistrées au cours de la décennie 1959-1968, la sécheresse continue de sévir dans cette partie du pays jusqu'à l'année 2018. Cette dynamique constatée depuis quelques décennies se traduit par la rareté des pluies, la baisse du niveau des fleuves à l'instar du fleuve Chari, les vents violents, la dégradation de l'environnement, etc. L'ensemble de ces problèmes associés à la variabilité climatique influence la production des cultures vivrières (le sorgho et le maïs) en rendant ces cultures vulnérables aux extrêmes climatiques. C'est pourquoi, le prochain chapitre sera basé les impacts de la variabilité climatique sur la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.

**PARTIE II : IMPACTS DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE  
SUR LA PRODUCTION AGRICOLE ET LES STRATEGIES  
D'ADAPTATION**

## **CHAPITRE III : IMPACTS DE LA VARIABILITE DU CLIMAT SUR LA PRODUCTION DU SORGHO ET DU MAÏS DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSERI**

### **Introduction**

Dans ce chapitre 3, nous parlerons des différentes incidences de la variabilité climatique sur la production du sorgho et du maïs dans notre zone d'étude. De part ses liens avec les facteurs de l'environnement, il est évident que la variation du climat affecte la production agricole, déterminant la performance du secteur agricole à différents niveaux. Pour cela, nous ferons la description et l'écologie de ces deux cultures (le sorgho et le maïs), nous mettrons aussi en évidence les perceptions des cultivateurs de l'impact de la variabilité climatique à partir des réponses des cultivateurs au questionnaire administré lors de l'enquête de terrain et enfin nous évaluerons les impacts de la variation du climat sur la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri. L'analyse de la vulnérabilité sera également faite dans cette partie. Pour cela, la matrice des impacts des risques climatiques sur les variables affectées lors de la production du sorgho et du maïs ainsi que la matrice de la vulnérabilité seront élaborées.

### **1. Description et écologie des cultures étudiées**

De nombreux facteurs interviennent dans l'agriculture en favorisant ou perturbant la production. Il s'agit notamment de l'eau en termes de disponibilité au moment opportun, mais aussi en termes de qualité, la variation des phénomènes climatiques (chaleur, sécheresse, etc.), le type de sol, etc.

#### **1.1. Description et écologie du sorgho**

La description et l'écologie du sorgho nous permettent de le caractériser afin de mieux comprendre les impacts du dérèglement du climat sur cette culture.

##### **1.1.1. Description du sorgho**

Deux types de sorgho sont à distinguer selon la saisonnalité : le sorgho repiqué (jaune) et le sorgho pluvial. Notre étude se limite au sorgho pluvial.

Le sorgho (*sorghum bicolor*) (planche 1) comme la plupart des végétaux supérieurs, dispose d'organes lui permettant d'absorber l'eau et les sels minéraux, et d'assurer les

fonctions photosynthétiques pour une croissance et un développement satisfaisants : c'est une plante autotrophe. Plusieurs auteurs ont décrit la morphologie du sorgho.

Le sorgho a un système racinaire très développé et muni de nombreux poils radiculaires. Au moment de la germination, apparaît la racine primaire ou embryonnaire. Celles-ci sont peu ou pas du tout ramifiées. Les racines secondaires se forment à partir des premiers nœuds ; ce sont ces racines qui, en se développant, constituent le système racinaire fasciculé abondant de la plante. Des racines adventives apparaissent plus tard sur les nœuds inférieurs et peuvent être nombreuses. Ces racines ne sont pas fonctionnelles quant à l'alimentation en eau et en éléments minéraux : on les appelle souvent des racines d'ancrage permettant à la plante de résister aux vents violents et aux fortes pluies (House, 1987).

Le sorgho a une tige ou chaume constituée de séries de nœuds alternant avec des entrenœuds. Elle est grêle très robuste, mesurant de 0,5 cm à 5 cm de diamètre près de la base, s'amincissant vers l'extrémité terminale et ayant une longueur de 0,5 à 4-5 m. Elle est rigide avec une écorce dure et une moelle plus molle. Le nœud se présente comme un anneau à la base de la gaine foliaire : c'est le point où la feuille s'attache à la tige. Il y a à cet endroit une anastomose complexe des faisceaux vasculaires de la tige vers ceux de la feuille. Un bourgeon se forme à chaque nœud, excepté au nœud correspondant à la feuille paniculaire. Sur les nœuds supérieurs des ramifications apparaissent et peuvent donner des panicules de petite dimension (House, 1987).

Les feuilles du sorgho sont distribuées de façon variable le long de la tige. Chez certains types, elles sont concentrées près de la base. Celles-ci sont plus ou moins uniformément disposées chez d'autres. La longueur des feuilles peut atteindre 1 m et plus, pour 10 à 15 cm de largeur. Leur nombre varie grandement suivant les plants. Chez les plants bien adaptés, il y a ordinairement de 14 à 17 feuilles. Ce nombre peut atteindre 30 chez les plants moins adaptés. Les feuilles naissent le long de la tige en alternant sur deux lignes et se composent d'une gaine et d'un limbe (House, 1987).

L'inflorescence est une panicule qui peut être courte et compacte ou bien lâche et ouverte : de 4 à 25 cm ou plus de long sur 2 à 20 cm ou plus de large. L'axe central de la panicule ou rachis peut se trouver complètement masqué par la densité des branches secondaires et tertiaires de la panicule ou être complètement exposé. La ramification ultime des branches secondaires ou tertiaires, est un racème qui consiste toujours en un ou plusieurs

épillets. Un épillet est toujours sessile et l'autre pédicellé à l'exception de l'épillet terminal qui est sessile et flanqué de deux épillets pédicellés (House, 1987).

La graine du sorgho (planche 1 :3) est un caryopse composé de trois parties principales : l'enveloppe qui constitue le péricarpe, le tissu de réserve ou albumen encore appelé endosperme, et l'embryon.



1: Champs du sorgho à Lacta 1

2: Epi du sorgho à Lacta 2

3: Grain du sorgho à Lacta 3

### Planche 1 : Description du sorgho

Source : Auteur, 2020

La planche 1 montre les différentes parties du sorgho caractérisant la phase reproductive. En effet, cette phase démarre avec l'initiation florale et finit par la pollinisation. L'apparition de l'inflorescence (mode de groupement des fleurs d'une plante) est précédée par un gonflement de la gaine de la dernière feuille. La floraison débute par le sommet de la panicule en descendant très régulièrement.

#### 1.1.2. Écologie du sorgho

Le sorgho est une plante tropicale qui s'adapte à de nombreux milieux. C'est la céréale principale des zones recevant entre 800 et 1000 mm de pluie par an. Les besoins en eau du sorgho varient dans une fourchette de 350 mm à 750 mm en fonction de la longueur du cycle, de la masse du couvert végétal (grosseur des tiges et surface foliaire) et de la demande évaporative (Chantereau et Nicou, 1991). Ses besoins en eau augmentent pendant le cycle pour atteindre un maximum à la floraison.

Le sorgho craint la faible température. Sa croissance est réduite lorsque la température ambiante est inférieure à 20°C. L'optimum de croissance se situe vers 33-34°C, avec une humidité maximale du sol. Le développement floral et la formation des grains se déroulent

normalement jusqu'à 40 - 43°C (Louis, 1995). La sensibilité du sorgho au photopériodisme est surtout marquée chez les variétés tardives.

En ce qui concerne les sols, cette plante est cultivée sur une gamme de sols variés, mais exige une teneur minimale de 6 % en argile. La meilleure situation étant celle d'un sol sabloargileux, profond, bien drainé, avec un pH voisin de 6-7. Un ameublissement du terrain par houage à la main ou charrue est bénéfique à la culture du sorgho avant le semis.

## **1.2. Description et écologie du maïs**

La description et l'écologie du maïs nous permet de le caractériser afin de mieux comprendre les impacts du dérèglement du climat sur cette culture.

### **1.2.1. Description du maïs**

Originaire de l'Amérique centrale et du sud (Amérique méridionale), le maïs, de son nom scientifique *Zea mays*, est l'une des principales cultures vivrières cultivées dans l'arrondissement de Kousséri. *Zea mays* est une plante monocotylédone diploïde annuelle ( $2n=20$ ) appartenant à la famille des Poaceae et à la tribu des maydeae (Ristanovic, 2001). C'est une plante herbacée, à tallage généralement faible ou même nul. Il présente une large diversité morphologique selon les variétés (Anonyme, 2006).

La plante possède des racines séminales, fonctionnelles jusqu'au stade cinq ou six feuilles et des racines définitives ou coronaires (Anonyme 2006). Le système racinaire est fibreux et s'étend dans toutes les directions. Les racines séminales se développent à partir du grain au moment de la germination. Une fois les plantules bien prises, les racines permanentes ou coronales prennent naissance au nœud inférieur juste en-dessous de la surface du sol. Plus tard, des racines adventives se développent à partir des nœuds situés au-dessus du sol (Ristanovic, 2001).

La tige est constituée d'écorce et de moelle, mesurant entre 0,6 et 6 mètres (Anonyme, 2006). La tige se subdivise en entre-nœuds dont le nombre varie de 6 à 20 (Ristanovic, 2001). Au niveau de chaque nœud, est insérée une feuille alternativement d'un côté et de l'autre de la tige (leur nombre varie de huit à quarante-huit) et un bourgeon axillaire. Les feuilles sont typiques des graminées, mais sont de grande taille (jusqu'à 10 cm de large et 1m de long) ont une gaine enserrant la tige et un limbe allongé en forme de ruban à nervures parallèles. A la base du limbe se trouve la ligule qui a quelques millimètres de haut (Anonyme, 2012).

Le maïs est monoïque et a des inflorescences généralement unisexuées (séparée). La fleur mâle est une panicule terminale, les fleurs femelles sont regroupées à l'aisselle des feuilles de la partie médiane de la plante. Les fleurs mâles fleurissent avant les fleurs femelles (protandrie) et le maïs est généralement allogame (Vandenput et Van Den Abeele, 1951).

L'épi est une tige en miniature, avec des spathes et une inflorescence terminale (l'épi proprement dit) formée d'un axe central, la rafle, qui porte les grains. (Anonyme, 2006)

Le grain est un caryopse comprenant le péricarpe, l'embryon et l'albumen riche en amidon (Anonyme, 2006). La couleur du grain dépend de la nature du tégument ainsi que de la couche d'aleurone (Ristanovic, 2001).



1: Champ de maïs à Kawadji 1 et 2



2: Epi de maïs à Kawadji 1 et 2



3: Grain de maïs à Kawadji 1 et 2

## Planche 2 : Description du maïs

Source : Auteur, 2019

### 1.2.2. Ecologie du maïs

De son nom scientifique *Zea mays*, le maïs est une plante exigeante en eau. Un maïs de 120 jours en climat tropical demande au moins 600mm de pluies bien repartis. Les sécheresses sont particulièrement dommageables au moment du semis, mais encore plus au moment de la floraison et de la formation des épis. L'excès de pluies provoque l'asphyxie, la pourriture des racines et les vents provoquent l'averse (Amougou et al., 2021).

La germination de maïs a besoin d'une température de moins (-10 °C) parce que chaque baisse de température provoque la destruction de maïs qui a besoin entre 18 et 25 ° C. La température extrême de plus +30 ° C affecte négativement la pollinisation des fleurs du maïs.

Le maïs peut être planté dans différents types de sol. Il améliore la structure du sol des cultures par l'effet mécanique des racines solides et des matières organiques fournies par les restes de la récolte à partir des tiges et des racines.

La production de maïs nécessite largement des précipitations pour sa croissance parce que toute baisse de pluviométrie se traduit par une baisse significative de la production. Surtout ce manque d'eau a eu lieu au cours du processus de floraison, parce que l'eau doit être grande dans ces périodes au cours des 20 jours avant et après la floraison. La période critique de manque d'eau se situe à 20 jours avant et après la floraison environ 45% des besoins de l'eau doivent être assurés.

**Tableau 27: Préférences thermiques et pluviométriques des cultures et durée du cycle végétatif**

Cultures		Exigences écologiques et durée de cycle végétatif		
Noms courants/ Variétés communes	Noms scientifique	Température (°C)	Besoin en eau (mm)	Durée du cycle végétatif (jours)
Maïs	<i>Zea mays</i>	+18 à +30	500 à 1000	120
Arachide	<i>Arachis hypogea</i>	+24 à +33	400 à 1200	90-120
Riz	<i>Oryza stiva/glaberrima</i>	+28 à +30	1000 à 1800	110-120
Niébé	<i>Vigna unguiculata</i>	+18 à +25	400 à 800	90-100
Pénicillaire	<i>Pennisetum typhoideum</i>	+25 à +30	200 à 800	75-100 et 100-150
Sésame	<i>Sesamum indicum L.</i>	+21 à +27	250 à 600	80-180
Sorgho	<i>Sorghum durra ou candatum</i>	+12 à +30	350 à 800	150-180

**Sources :** Euloge Ogouwale (2006), Mémento de l'agronome (2009)

Dans ce tableau 27, on trouve le nom courant de la culture ainsi que le nom scientifique, les exigences écologiques (température et besoins en eau) qui permettent de les comparer à la pluviométrie et aussi la durée du cycle de chaque culture.

## **2. Etude des impacts de la variabilité climatique sur la production du sorgho et du maïs**

Les extrêmes climatiques majeurs étant déjà identifiés dans le chapitre 2, l'étude des impacts nous permettra d'évaluer les effets de la variabilité du climat sur les variables de la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.

## 2.1. Perception des cultivateurs des impacts de la variabilité du climat sur les variables de la production du sorgho et du maïs

Les variables impactées lors de la production du sorgho et du maïs sont multiples. Nous nous limiterons sur les variables cultures (le sorgho et le maïs), sols agricoles et eaux agricoles. Ainsi, nous présenterons les effets perçus par les cultivateurs sur ces variables.

### 2.1.1. Perception des cultivateurs des impacts de la variabilité du climat sur les plantations (le sorgho et le maïs) dans l'arrondissement de Kousséri

Les impacts de la variabilité climatique sur les cultures sont les plus perçus par les cultivateurs lors de la production du sorgho et du maïs. Ainsi, le tableau 28 récapitule la perception des cultivateurs des différents impacts de la variabilité climatique sur les cultures (le sorgho et le maïs). Notons que la culture du sorgho et du maïs présentent les mêmes impacts. Raison pour laquelle nous avons choisi de les associer afin d'étudier les répercussions de la fluctuation climatique qui les affectent.

**Tableau 28: Principaux impacts de la perturbation climatique perçus par les paysans sur les cultures du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri**

Variable impactée	Impacts perçus par les cultivateurs	Pourcentage (%)	
		OUI	NON
Cultures du sorgho et du maïs	Destruction des cultures par les souris et les criquets	97	3
	Destruction des cultures par les oiseaux granivores	93,33	6,67
	Baisse des rendements agricoles	88	12
	Destructions des cultures par les animaux sauvages	87	13
	Flétrissement et assèchement des cultures	85,33	14,67
	Envahissement des champs par des mauvaises herbes	70,33	29,67
	Destructions des cultures par les chenilles et termites	62	38
	Apparitions des maladies de cultures	57	43

D'après le tableau 28, en dehors du flétrissement et de l'assèchement des cultures (85,33%), les effets perçus par les paysans sont essentiellement biotiques (ravageurs) : ce qui justifie le rôle important joué par ces facteurs biotiques dans la baisse des rendements agricoles. Cette baisse (88%) mentionnée par les agriculteurs serait le résultat de la conjugaison des impacts biotiques et abiotiques.

De plus, on peut dire que les impacts directs tels que la baisse des rendements agricoles et le flétrissement et l'assèchement des cultures, sont directement liés à la baisse des précipitations ou à la hausse des températures. Par contre, les impacts indirects tels que :

- La destruction des cultures par les oiseaux granivores, perçu par 93,33% de la population, s'expliquerait par l'assèchement des points d'eau, l'assèchement des sols et des graminées sauvages. Ainsi, il y'a raréfaction de l'eau et de graminées sauvages pour les oiseaux granivores. Alors, ces derniers vont se lancer à la conquête de l'eau et des graminées des cultures (sorgho, maïs, riz, mil, etc.) ;

- La destruction des cultures par les animaux sauvages, perçu par 87% des agriculteurs, s'expliquerait par la pression exercée sur les ressources végétales et édaphiques par les populations à la recherche à la fois des nouvelles parcelles et du bois de feu, et qui les pousserait d'empiéter sur les aires de pâturage des animaux sauvages et domestiques. Cette destruction s'expliquerait non seulement par la proximité du parc national de Waza, mais aussi par le caractère de zone d'élevage et de transhumance de l'arrondissement de Kousséri ;

- La prolifération et la destruction des cultures par souris et les criquets (97%), par les chenilles et les termites (62%), et les maladies de cultures (57%), qui sont les plus perçus sur l'ensemble de notre zone d'étude, s'expliquerait selon les études menées dans différentes zones sèches africaines, par la baisse des précipitations et la hausse des températures. Cette baisse des précipitations et cette hausse des températures ont amplifié la prolifération des ravageurs, la chute des effectifs des parasitoïdes (guêpes, mouches) utiles pour la lutte contre les ravageurs, la prolifération des maladies de cultures et des mauvaises herbes dans les zones où elles étaient inconnues auparavant (Faly Ba, 2009 ; Lo & Kaéré, 2009 ; Mapfumo, 2008). Selon Loth (2004), les adventices, les maladies de cultures, les ravageurs de cultures (chenilles, criquets, termites, souris), les oiseaux granivores et les animaux sauvages, contribuent parfois pour environ 50% à la réduction de la production agricole. Il est important de noter que tous ces facteurs peuvent causer l'assèchement et le flétrissement des cultures ;

La baisse des rendements agricoles prise comme impact indirect, résulte de la somme de tous les précédents effets.



**1: Destruction d'un épi du sorgho par une souris**



**2: Envahissement d'un champ de sorgho par des oiseaux granivores**



**3: Un champ de maïs flétri et asséché**



**4: Epi de maïs détruit par les oiseaux granivores**



**5 Un champ du sorgho envahit par des mauvaises herbes**



**6: Apparition d'une maladie de cultures sur une feuille de maïs**



**7 : Assèchement d'un champ de sorgho**



**8 : Epi du sorgho complètement détruit par des oiseaux granivores**



**9 : Epi du sorgho attaqué par des termites**

### **Planche 3 : Incidences de la variabilité climatique sur la culture du sorgho et du maïs**

Néanmoins, il existe des impacts sur les cultures perçus, dans la plaine du Logone en général et dans l'arrondissement de Kousséri en particulier, par des scientifiques, mais qui n'ont été pas mentionnés par les agriculteurs. Il s'agit de la réduction des surfaces agricoles (GIEC, 2007 ; Sighomnou, 2002 ; IRAD, 2002), la disparition et la régression de certaines variétés de cultures (sorgho « Nguinzia », « riz flottant ») (Schubert, 2009 ; GIEC, 2007 ;

Loth, 2004 ; Gnassamo, 2002), la fonte des semis, la réduction de la longueur de végétation (GIEC, 2007), le décalage des calendriers agricoles.

Tous ces impacts ont induit et induiront encore des baisses drastiques de rendements agricoles, estimées à environ 30% pour le maïs, et 10% pour le sorgho, mil et le riz (ECOWAS, 2008), avec des conséquences lourdes pour la sécurité alimentaire car on estime qu'en 2020, les rendements agricoles ont diminué de 50%, et la famine a frappé le 1/5 de la population mondiale. Effectivement, dans la plaine du Logone (Kousséri) comme dans beaucoup des zones agricoles sèches de l'Afrique, l'insécurité alimentaire, la malnutrition chronique des populations (Magazda, 2002 ; Gnassamo, 2002), la baisse des revenus monétaires (Loth, 2002), les conflits autour des ressources naturelles (Koros, 2009), sont devenues des réalités quotidiennes. De même, on estime qu'avec l'augmentation de la variabilité climatique, la prévisibilité générale du temps et du climat diminuerait, rendant plus difficile la planification des opérations agricoles.

Nous pouvons dire que les agriculteurs de l'arrondissement de Kousséri perçoivent les effets de la variabilité climatique sur les cultures, mais de façon limitée. De plus, les effets issus des facteurs biotiques (ravageurs), y sont pour beaucoup dans la baisse des rendements agricoles.

### **2.1.2. Perception des cultivateurs des incidences de la variabilité du climat sur les sols agricoles dans l'arrondissement de Kousséri**

Les cultivateurs ont également perçus des impacts de la variabilité climatique sur les sols agricoles. Ainsi, le tableau 29 détaille les principaux effets de la variation du climat sur les sols dans l'arrondissement de Kousséri.

**Tableau 29: Principaux impacts de la variabilité du climat sur les sols agricoles dans l'arrondissement de Kousséri**

Variable impactée	Impacts perçu par les cultivateurs	Pourcentage (%)	
		OUI	NON
Sols agricoles	Baisse de la fertilité des sols	87	13
	Baisse accrue de l'humidité du sol	79,33	20,67
	Sols légers	72,66	27,34
	Accroissement de l'érosion des sols	71,33	28,67
	Induration de la surface des sols	67	33

**Source :** Enquête de terrain, 2019

Selon le tableau 29, la baisse de la fertilité des sols, qui est l'impact le plus perçu, constitue en effet le dénominateur commun de tous les autres impacts mentionnés par les paysans car ils sont soit ses conséquences (Induration des sols, sols légers), soit ses causes (érosion des sols). Cette baisse de la fertilité des sols s'expliquerait d'abord par des apports alcalino-terreux et organiques fertilisants, la salinisation des sols, par la destruction des sols (Loth, 2004 ; Mainam, 2002 ; Oijen et Kemdo, 1985), la pollution des sols (Loth, 2004 ; Mainam, 2002), le compactage des sols (Oijen et Kemdo, 1985) auxquels on peut ajouter l'érosion des sols (Mainam, 2002).

Pour ce qui est du lien avec la variabilité du climat, on pourrait dire :

- La baisse accrue de la fertilité des sols peut être dû à l'augmentation de la température et de l'évaporation excessive suite à l'ensoleillement.

- Les sols légers sont la résultante d'une perte importante de matières organiques et d'éléments fertilisants, qui pourrait être imputée à la régression de la durée et de la profondeur des eaux d'inondations (Oijen et Kemdo, 1985) ; mais également et surtout à l'usage des matériels agricoles rudimentaires et à la méconnaissance des techniques agricoles protectrices des sols tels que le "mulching", la fabrication et l'usage du fumier ainsi que du compost, et des pratiques agroforestières.

- L'accroissement de l'érosion hydrique et éolienne pourrait s'expliquer par la dénudation et l'assèchement des sols et leurs expositions aux intempéries (Schubert, 2009 ; Pittock, 2007). Ceci suite à l'assèchement des herbacées et des ligneux après la baisse des

inondations et l'assèchement des sols. L'accroissement de l'érosion est aussi dû au déboisement pour l'extension des parcelles agricoles et la collecte du bois de chauffage. On pourrait également évoquer les mauvaises techniques agricoles et l'usage des matériels archaïques, mais aussi les pluies orageuses, la dégradation de la structure et l'ameublissement des sols suite aux piétinements excessifs des animaux dans une zone de pâture et de transhumance par excellence ;

- L'induration de la surface des sols pourrait être dû à la perte des matières organiques (CTA, 2008 ; NEPAD, 2007) par calcination solaire ou par assèchement des graminées et des légumineuses (Acacia) suite à la baisse des inondations. Elle peut être également dû à l'assèchement des sols suite aux fortes températures (Brétaudeau, 2010 ; Schubert, 2009) et suite à la perte de structure après des piétinements excessifs par des nombreux animaux transhumants, ou enfin par des effets des pluies orageuses sur des sols déboisés et dénudés.

Tous ces effets induits font partie de ce qu'on appelle « la dégradation des terres », qui est un fait selon Leary, Kulkarmi et Seipt (2007), un amplificateur de la vulnérabilité des paysans à la variabilité du climat, et qui est à l'origine de la baisse de la fertilité des sols dont souffrent les cultivateurs.

### 2.1.3. Perception des cultivateurs des impacts de la variabilité du climat sur les cours d'eau dans l'arrondissement de Kousséri

Les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri ont perçu des impacts de la perturbation climatique sur les eaux agricoles. Le tableau 30 met en évidence les principaux impacts de la variabilité du climat sur les cours d'eau.

**Tableau 30: Principaux impacts de la variabilité climatique sur les cours d'eau, perçu par les cultivateurs.**

Variable impactée	Impacts perçus par les agriculteurs	Pourcentage (%)	
		OUI	NON
Cours d'eau	Assèchement rapide des eaux de surface	88,66	11,34
	Assèchement des puits et forages	73,66	26,34
	Dégradation de la qualité de l'eau	73,66	26,34
	Recrudescence des conflits au tour de l'eau	68,33	31,67

Source : Enquête de terrain, 2019

L'assèchement des eaux de surface et des eaux souterraines (88,66%) mentionné par les cultivateurs de notre zone d'étude comme étant le principal impact de la perturbation du climat sur les eaux agricoles, traduit implicitement trois choses :

- La forte dépendance de ceux-ci aux eaux superficielles et souterraines pour leurs activités quotidiennes (l'agriculture, l'élevage et la pêche) ;

- La forte dépendance de ceux-ci pour leur agriculture de saison pluvieuse et de saison sèche ;

- Le fait que l'eau constitue, comme l'avait souligné Loth (2004), la seule ressource dont les cultivateurs sont conscient de sa dégradation. Cela traduit l'ardeur avec laquelle le bouleversement climatique a affecté leurs eaux superficielles.

Parlant des liens avec la variabilité du climat, on peut dire que l'assèchement rapide des eaux de surface et des eaux souterraines (puits et forages), serait essentiellement dû à la baisse et à la mauvaise répartition des précipitations, ainsi qu'aux fortes évaporations suite aux fortes températures (Brétaudeau, 2010 ; Opiyo, 2009 ; ECOWAS, 2008 ; Delclaux, 2008 ; Sighoumnou, 2002). Ceci étant, l'assèchement rapide des puits et des forages (73,66%) s'expliquerait aussi par la surexploitation des réserves hydriques souterraines par les agriculteurs pour produire des cultures de saison sèche suite à l'échec répétée des cultures de saison pluvieuse (Schubert, 2009).

De même, la dégradation de la qualité de l'eau (73,66%) et la recrudescence des conflits liés à l'eau (68,33%), sont probablement les résultantes de la pression exercée par les populations en général sur les eaux superficielles et souterraines. La dégradation de la qualité de l'eau serait essentiellement due aux intrants agricoles (engrais, pesticides, etc.) et de la pêche. Elle est également due en partie à la baisse des précipitations et la forte évaporation, qui ont entraîné une augmentation de la concentration des polluants dans les eaux et les sols, avec des conséquences néfastes pour l'agriculture.

Aussi, la recrudescence des conflits autour des points d'eau est une conséquence très logique de la raréfaction d'une ressource naturelle déficitaire et très sollicitée. Comme dans beaucoup des régions sèches, la forte sollicitation de l'eau a conduit à de conflits et aux déplacements de la population (Opiyo, 2009 ; Schubert, 2009).

## **2.2. Matrice des impacts des extrêmes météorologiques sur les variables affectées dans l'arrondissement de Kousséri**

Les extrêmes climatiques majeurs affectant les variables lors de la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri sont déjà définis. Il s'agit des températures extrêmes, le démarrage tardif de la saison des pluies, le raccourcissement de la saison des pluies, la sécheresse et l'inondation. En nous appuyant sur les indications du GIEC, les probabilités d'occurrence de ces extrêmes sont : "Extrêmement probable" pour tous les risques majeurs identifiés.

Pour déterminer les impacts des risques sur les variables, la perception des cultivateurs que nous avons relatée a été essentiellement mise à contribution. En effet, la majorité des cultivateurs a affirmé que le démarrage tardif des pluies et le raccourcissement des saisons sont, entre autres, des causes de la réduction de la disponibilité de l'eau, de la baisse des rendements et de la baisse de l'humidité du sol. La destruction des cultures par des oiseaux granivores, la baisse de la fertilité du sol, l'assèchement rapide des eaux de surface, le flétrissement et l'assèchement des cultures exprimés par un bon nombre d'entre eux traduisent les conséquences d'une augmentation de la température. Les séquences sèches de plus en plus longues (la sécheresse) qu'ils ont presque tous déploré contribuent également à la destruction des cultures par des criquets et des souris, l'induration de la surface des sols, l'assèchement des puits et forages et la recrudescence des conflits autour de l'eau. Tous ces impacts sont résumés dans le tableau 31.

**Tableau 31: Impacts des risques climatiques sur les variables**

<b>Extrêmes météorologiques probables</b>	<b>Culture du sorgho et du maïs</b>	<b>Sols agricoles</b>	<b>Cours d'eau</b>
Températures extrêmes	Destruction des cultures par des oiseaux granivores ; flétrissement et assèchement des cultures	Baisse de la fertilité du sol ; baisse accrue de l'humidité du sol	Assèchement rapide des eaux de surface ; dégradation de la qualité en eau
Démarrage tardif des pluies	Baisse des rendements ; destruction des cultures par des termites et des chenilles	Sols légers ; baisse accrue de l'humidité du sol	Dégradation de la qualité en eau ; recrudescence des conflits autour de l'eau
Raccourcissement des saisons des pluies	Baisse sévère des rendements, apparition des maladies de cultures	Sols légers ; baisse accrue de l'humidité du sol	Dégradation de la qualité en eau ; recrudescence des conflits autour de l'eau
Sécheresse	Destruction des cultures par des criquets et des souris ; destruction des cultures par des animaux	Induration de la surface des sols ; accroissement de l'érosion des sols	Assèchement des puits et forages, recrudescence des conflits autour de l'eau
Inondation	Jaunissement des cultures ; destructions des cultures par les eaux d'inondations	Erosion des sols ; perte de la fertilité des sols	Dégradation de la qualité de l'eau ; l'humidité excessive

Dans le tableau 32, nous allons, à partir des informations reçues des cultivateurs, de la documentation et des échanges que nous avons eu avec les cadres des Services techniques locales, indiquer les conséquences de ces extrêmes météorologiques qui peuvent être mineures, modérées, majeures ou sévères.

**Tableau 32: Détermination des conséquences ou niveaux de sévérité en cas d'apparition d'aléas**

<b>Extrêmes météorologiques probables</b>	<b>Cultures (le sorgho et le maïs)</b>	<b>Sols agricoles</b>	<b>Cours d'eau</b>
Températures extrêmes	Majeure	Modérée	Majeure
Démarrage tardif des pluies	Majeure	Mineure	Modérée
Raccourcissement des saisons de pluies	Majeure	Mineure	Modérée
Sécheresse	Sévère	Majeure	Sévère
Inondation	Sévère	Majeure	Majeure

D'après le tableau 32, le niveau de sévérité des extrêmes restent très élevé pour l'ensemble des variables. Nous remarquons que les extrêmes météorologiques ont plus d'effets sur les cultures et les cours d'eau que sur les sols agricoles.

A la suite de la détermination des conséquences des extrêmes météorologiques, nous allons déterminer les degrés d'impacts des extrêmes météorologiques dans le tableau 33 conformément au tableau 32.

**Tableau 33: Degrés d'impacts des risques sur les variables**

<b>Conséquences</b>	<b>Culture du sorgho et du maïs</b>	<b>Sols agricoles</b>	<b>Cours d'eau</b>
<b>Probabilités</b>			
Températures extrêmes	Elevé	Modéré	Elevé
Démarrage tardif des pluies	Elevé	Faible	Modéré
Raccourcissement des saisons des pluies	Elevé	Faible	Modéré
Sécheresse	Extrême	Elevé	Extrême
Inondation	Extrême	Elevé	Elevé

Le tableau 33 nous montre un degré d'impacts très élevé pour les cultures et les eaux agricoles mais moyen pour les sols agricoles. Dans l'ensemble, nous pouvons dire que le degré d'impacts est très élevé pour les différentes variables de la production du sorgho et du maïs.

Nous allons enfin réaliser la matrice d'impacts dans le tableau 34 dans lequel nous superposerons aux impacts, les fonds de couleurs correspondant aux degrés des impacts de chaque extrême météorologique sur chacune des variables. Ce tableau va donc permettre de lire les impacts de chaque extrême météorologique sur chaque variable ainsi que le degré de l'impact (la valeur du risque).

**Tableau 34: Matrice d'impacts des extrêmes météorologiques sur les variables**

<b>Extrêmes météorologiques</b>	<b>Cultures du sorgho et du maïs</b>	<b>Sols agricoles</b>	<b>Cours d'eau</b>
Températures extrêmes	Destruction des cultures par des oiseaux granivores ; flétrissement et assèchement des cultures	Baisse de la fertilité du sol ; baisse accrue de l'humidité du sol	Assèchement rapide des eaux de surface ; dégradation de la qualité en eau
Démarrage tardif des pluies	Baisse des rendements ; destruction des cultures par des termites et des chenilles	Sols légers Baisse accrue de l'humidité du sol	Dégradation de la qualité en eau ; recrudescence des conflits autour de l'eau
Raccourcissement des saisons des pluies	Baisse sévère des rendements ; apparition des maladies de cultures	Sols légers ; baisse accrue de l'humidité du sol	Dégradation de la qualité en eau ; recrudescence des conflits autour de l'eau
Sécheresse	Destruction des cultures par des criquets et des souris ; destruction des cultures par des animaux	Induration de la surface des sols ; Accroissement de l'érosion des sols	Assèchement des puits et forages ; Recrudescence des conflits autour de l'eau
Inondation	Jaunissement des cultures ; destructions des cultures par les eaux d'inondations	Erosion des sols ; perte de la fertilité des sols	Dégradation de la qualité de l'eau ; l'humidité excessive

**Légende :**

Extrêmement probable	Extrême	Elevé	Modéré	Faible

D'après le tableau 34, les sécheresses et les inondations ont un degré d'impact extrême sur les cultures et les cours d'eau, mais élevé sur les sols agricoles. Les températures extrêmes, le retard des pluies et le raccourcissement de la saison pluvieuse ont un degré d'impact élevé sur les cultures, modéré sur les cours d'eau mais faible sur les sols agricoles.

De manière générale, nous pouvons conclure que les aléas climatiques susmentionnés, impactent extrêmement la production du sorgho et du maïs, tandis que leur degré d'impact est élevé pour les cours d'eau et modéré pour les sols agricoles.

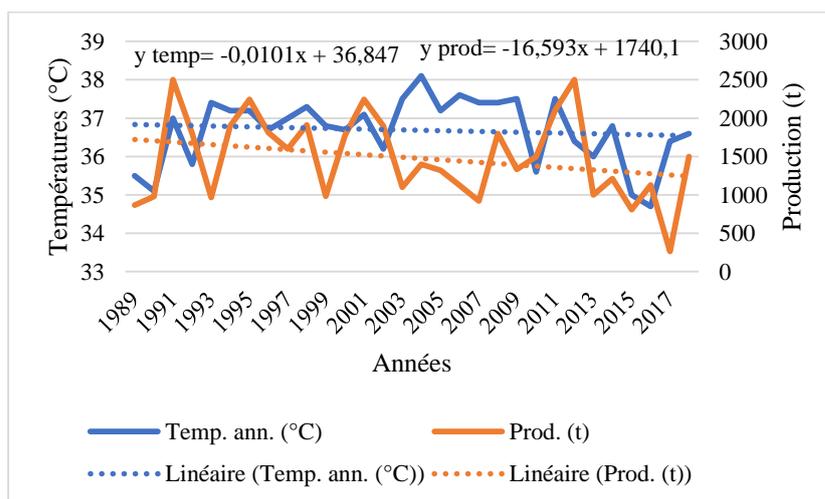
### 2.3. Influence des températures et des précipitations sur la production du sorgho et du maïs

Les précipitations et les températures sont deux paramètres climatiques importants dans la production agricole. Dans cette partie, nous allons montrer l'influence de ces paramètres climatiques sur la production du sorgho et du maïs.

#### 2.3.1. Influence des températures et des précipitations sur la production du sorgho

##### 2.3.1.1. Influence des températures sur la production du sorgho

La température joue un rôle essentiel dans le développement de la plante du fait que toute plante a ses extrêmes thermiques, seuil auquel celle-ci peut subir des modifications. La figure 25 présente l'influence de la température sur la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri.

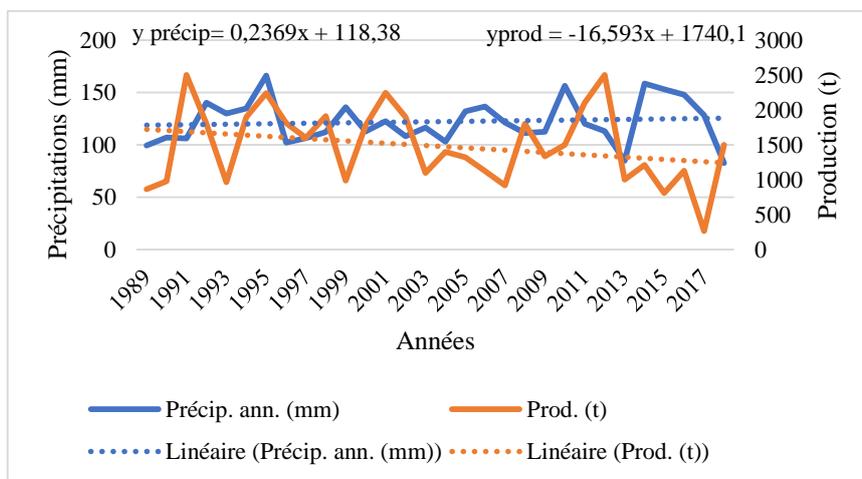


**Figure 25 : Évolution des températures et de la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri**

La figure 25 illustre le lien entre l'évolution des températures et celle de la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri entre 1989 et 2018. Nous remarquons une hausse des températures de 1989 à 1999 et de 2002 à 2006, pendant que la production du sorgho est en baisse. Contrairement, lorsque les températures diminuent entre 1999 et 2002, la production augmente. En fin, lorsque les températures diminuent fortement de 2012 à 2018, la production diminue également. Ainsi, nous pouvons déduire que la production du sorgho est liée à la variation des températures. Cette variation est attestée par les équations de la pente des courbes évolutives des températures et de la production du sorgho.

### 2.3.1.2. Influence des précipitations sur la production du sorgho

Le climat est un facteur explicatif important de la production agricole (Fomekong et Ngono, 2011). Cependant, une pluviométrie peu abondante (sécheresse) ou très abondante peut entraver le développement du sorgho limitant ainsi sa production. La figure 26 montre l'évolution des précipitations et de la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri de 1989 à 2018.



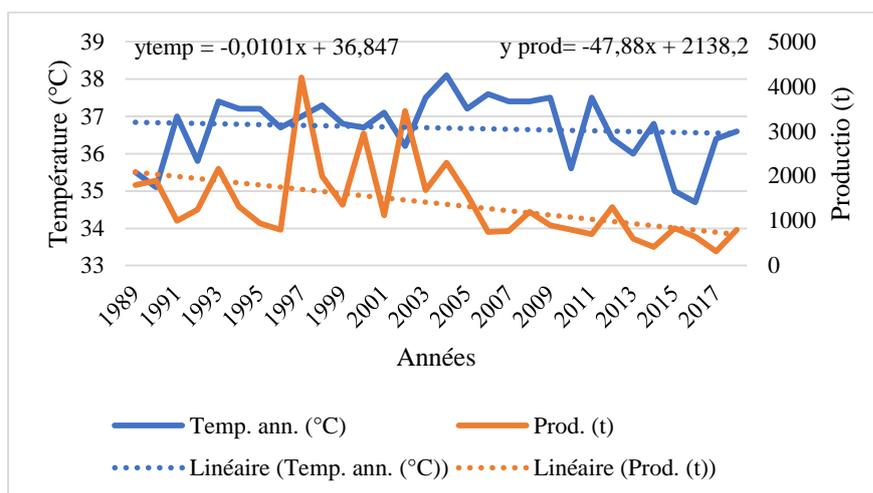
**Figure 26 : Évolution des précipitations et de la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri**

En observant la figure 26, on remarque une stabilité des précipitations au cours de la période qui va de 1995 à 2004, tandis que la production du sorgho augmente. Pendant que les précipitations augmentent de 1989 à 2018, on observe une baisse considérable de la production du sorgho. Ceci s'expliquerait par des excédents pluviométriques (inondations) qui occasionneraient une baisse des rendements agricoles. Ce qui témoigne à suffisance la dépendance du sorgho en eau donc des précipitations.

## 2.3.2. Influence des températures et des précipitations sur la production du maïs

### 2.3.2.1. Influence des températures sur la production du maïs

La hausse des températures entraînent l'assèchement et le flétrissement des cultures. La figure 27 montre l'influence des températures sur la production du maïs dans notre zone d'étude de 1959 à 2018.

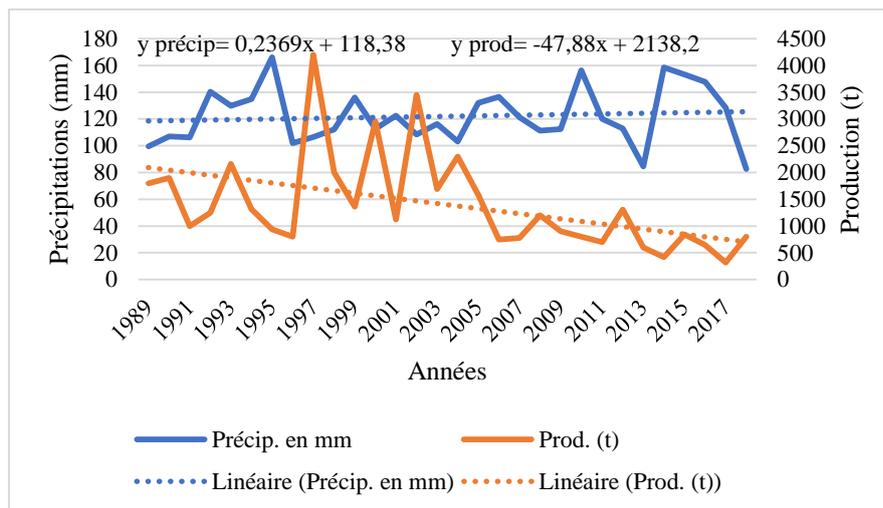


**Figure 27 : Évolution des températures et de la production du maïs dans l'arrondissement de Kousséri**

La figure 27 présente le lien entre l'évolution des températures et celle de la production du maïs. Cette évolution est attestée par les équations de la pente des courbes évolutives des températures et de la production du maïs. Toutefois, l'évolution observée n'est pas uniforme sur les 30 années. Pendant que les températures sont stables de 1991 à 2001, la production du maïs est en baisse. De même, on observe la baisse de la production lorsque les températures augmentent de 1990 à 2011.

### 2.3.2.2. Influence des précipitations sur la production du maïs

Les précipitations jouent un rôle capital dans la production agricole. Elles définissent le début et la fin de la saison pluvieuse. Ainsi, la variation des pluies impacte la production. La figure 28 illustre l'influence des précipitations sur la production du maïs dans l'arrondissement de Kousséri de 1989 à 2018.



**Figure 28: Évolution des précipitations et de la production du maïs dans l'arrondissement de Kousséri**

Sur la période allant de 1989 à 2018, l'arrondissement de Kousséri est marqué par une augmentation progressive des précipitations et diminution de la production du maïs. La variation de ces deux variables agroclimatiques est confirmée par la pente des courbes évolutives. L'évolution observée n'est cependant pas uniforme sur la période d'étude. Elle est marquée par une augmentation des précipitations au cours des campagnes agricoles de 1992 à 1995 et de 2014 à 2016. De même, on observe une baisse considérable de la production du maïs.

Sur les 30 années corrélées, 28 enregistrent une moyenne des précipitations supérieures à la moyenne de la période (91.05) et 2 enregistrent des totaux annuels inférieurs à cette moyenne alors que la production diminue au cours de la période considérée (1989-2018). La production maximale s'observe au cours des campagnes agricoles de 1991 et de 2012 (2500 tonnes). D'après ces analyses, la variation de la production du maïs est corrélée à la variation pluviométrique (retards et mauvaise répartition temporelle des pluies, départ précoce, etc.). C'est pourquoi la production de cette spéculacion a une tendance à la baisse.

### 2.3.3. Variabilité des précipitations et rendement des cultures

Les plus faibles rendements ont été enregistrés au cours des années 2006 et 2007, qui ont une pluviométrie annuelle inférieure à la moyenne générale (130 mm). Les rendements les plus élevés soit 3,04 t/ha pour le sorgho et 3,03 t/ha pour le maïs sont observés au cours de la campagne agricole de 1998, mais ayant une pluviométrie annuelle inférieure à la moyenne générale. En plus, l'augmentation des précipitations au cours des années 2014, 2015 et 2016 a

entraîné une baisse drastique des rendements agricoles. Cette baisse de rendements s'expliquerait par la présence d'un excès hydrique (inondations) qui aurait détruit les cultures.

En général, cette analyse nous permet de confirmer l'hypothèse selon laquelle les rendements agricoles sont liés aux éléments du climat (températures et précipitations). Le tableau 35 illustre à suffisance les différents rendements à l'hectare de 1989 à 2018.

**Tableau 35: Rendements extrêmes en kilogramme à l'hectare**

Plantes produites	Sorgho		Maïs	
	Rdt(ha)	Années	Rdt(ha)	Années
Rdt élevé	3,04	1998	3,03	1998
Rdt faible	0,5	2006 et 2007	0,4	2007

#### 2.3.4. Tests de corrélation entre les différentes variables agroclimatiques

Cette relation a été déterminée à l'aide du test statistique de Spearman. La matrice de corrélation de Spearman est effectuée pour quantifier les effets de la dynamique des paramètres climatiques sur la production agricole. En d'autres termes il permet aussi de déterminer les différentes corrélations possibles entre les variables climatiques et agronomiques.

Dans le cadre de notre travail de recherche, nous allons nous intéresser à la corrélation entre les températures, les précipitations et la production du sorgho et du maïs. Le test de corrélation de Spearman permet d'associer à l'hypothèse principale de notre étude, une hypothèse statistique ou une hypothèse nulle qui permet de déterminer le degré de significativité et, par là le seuil de confiance (95%) entre les différentes variables corrélées. Le degré de significativité ( $\alpha = 5\%$ ) située à 0,05 (bilatéral) est considéré comme le risque de conclure à une relation qui n'existe pas. On considère dans notre étude PV (P value) comme le niveau de signification des différentes variables corrélées. Lorsque  $P < \alpha$ , on prend le risque de conclure sur une éventuelle relation entre les variables et dans le cas contraire ( $P > \alpha$ ) on ne conclut pas. Les différentes corrélations effectuées entre les variables climatiques et la production des cultures étudiées nous ont permis de ressortir le tableau 36 suivant :

**Tableau 36: Matrice de corrélation de Spearman entre les éléments du climat (températures et précipitations) et la production (Prod) à l'hectare des types de cultures (le sorgho et le maïs)**

		Températures	Précipitations
Prod (t) sorgho	Coefficient de corrélation	0,076	-0,296
	Sig. (bilatérale)	0,689	0,113
	Nombre d'années	30	30
Prod (maïs)	Coefficient de corrélation	0,232	-0,118
	Sig. (bilatérale)	0,218	0,534
	Nombre d'années	30	30

D'après ces analyses, la variation de la production des cultures étudiées corrélées à la variation de la pluviométrie et des températures ; révèle que la production de ces cultures ont une tendance à la baisse. En outre, le tableau 36 montre que le coefficient de corrélation entre les précipitations et la production du sorgho est de -0,296 avec un niveau de signification PV= 0,113. Le coefficient de corrélation entre les températures et la production du sorgho est de 0,076, avec un niveau de signification PV =0,689. Le coefficient de corrélation entre les précipitations et la production du maïs est de -0,118 avec un niveau de signification PV= 0,534. Le coefficient de corrélation entre les températures et la production du maïs 0,232, avec un niveau de signification PV =0,218. On constate que les différentes valeurs de PV entre les éléments du climat et la production des cultures étudiées sont supérieures à  $\alpha$ . Les résultats obtenus après le test admettent d'une manière générale une marge d'erreur de 5%. Cela signifie que le seuil de confiance est de 95% ce qui veut dire que l'hypothèse générale est acceptée et l'hypothèse nulle n'est réfutée. Il existe donc un lien entre les paramètres climatiques (précipitations et températures) et la production des cultures (sorgho et maïs) à Kousséri.

À partir du tableau de matrice de corrélation de Spearman entre les éléments du climat et la production à l'hectare des types de cultures, nous avons sorti le tableau 37 montrant le degré d'implication des éléments du climat sur ces deux cultures (sorgho et maïs).

**Tableau 37 : Degré d'implication des éléments du climat sur la production à l'hectare du sorgho et du maïs (Coefficient de détermination entre la production et les variables climatiques) dans l'arrondissement de Kousséri.**

Variables corrélées	Degré d'implication des températures (%)	Degré d'implication des précipitations (%)
	R= Coefficient de détermination ( $r^2$ )	
Production (t) du sorgho	0,6%	9%
Production (t) du maïs	5%	1,4%

Le tableau 37 établit le degré de corrélation qui existe entre différentes variables agroclimatiques. Il ressort de ce tableau que les températures et les précipitations influent respectivement à hauteur de 0,6% et 9% sur les rendements du sorgho. Pendant que les températures influencent de l'ordre 5% sur les rendements du maïs, les précipitations quant à elles, s'impliquent de 1,4%. Ce qui signifie que la productivité du sorgho dépend fortement des précipitations, mais faiblement des températures et celle du maïs dépend beaucoup plus des températures, mais faiblement des précipitations. Ces pourcentages nous permettent de dire que le maïs est une culture qui peut mieux résister aux conditions difficiles du milieu notamment la sécheresse par rapport au sorgho, qui, quant à lui, peut résister aux températures extrêmes.

### **3. Analyse de la vulnérabilité des cultivateurs**

L'analyse de la vulnérabilité nous permet de mettre en évidence le degré d'exposition des cultivateurs aux effets néfastes des risques climatiques majeurs identifiés dans l'arrondissement de Kousséri. Ainsi, pour déterminer la matrice de la vulnérabilité, nous déterminerons les impacts socioéconomiques du bouleversement climatique sur les cultivateurs ainsi que leur capacité d'adaptation.

#### **3.1.Impacts socio-économiques de la variabilité climatique sur les cultivateurs**

Les cultivateurs enquêtés (100%) ont déclaré que les revenus des activités agricoles sont, de nos jours, loin de couvrir leurs besoins. Ils ne reçoivent quasiment pas d'aide de l'Etat ni des ONG et sont sans ressources additionnelles. En effet, quelques-uns ont déclaré faire parallèlement un petit commerce ne vendent que quelques litres d'essence devant leurs

maisons ou achètent et stockent moins d'une dizaine de sacs de produits vivriers pour revendre pendant la période de soudure. Ceux qui ont des enfants à l'extérieur n'attendent d'eux que de petits gestes en fin d'année pour les fêtes. Dans l'ensemble, ils font face à de nombreuses difficultés pour se soigner, assurer la scolarité des enfants et autres besoins de la famille. On peut attribuer cette situation à la pauvreté des cultivateurs, à la faible collaboration des ménages agricoles, à l'insécurité liée à la secte islamique Boko haram (Abossolo et al, 2021), etc.

Dans ces conditions, presque tous les enfants déscolarisés vont au Nigeria ou dans les grandes villes du pays pour apprendre un métier ou pour faire de petits boulots selon la totalité des agriculteurs enquêtés.

Pour ce qui concerne les terres cultivables, le problème se pose à deux niveaux. Les autochtones disposent de quelques terres cultivables mais il faut parcourir de très longues distances pour les atteindre. L'autre aspect concerne certains migrants à qui les populations ont concédé des terres sous forme d'emprunt, de location ou de don pour les activités agricoles.

### **3.2.Capacité d'adaptation des cultivateurs**

La moyenne des indicateurs calculée à partir des cotes des sous indicateurs puis ceux des indicateurs, est 0,64 (tableau 38). Cette moyenne étant inférieure à 1, nous pouvons par conséquent retenir que les paysans de l'arrondissement de Kousséri ont une faible capacité d'adaptation.

**Tableau 38: Sous indicateurs des différents indicateurs des modes d'existence**

Indicateurs	Sous indicateurs	Cotes des sous indicateurs	Moyennes des sous indicateurs	Moyennes des indicateurs
Capital humain	Main d'œuvre permanente	0,31	0,58	0,64
	Main d'œuvre occasionnelle	0,88		
	Scolarisation	0,32		
	Nombre des personnes qualifiées professionnellement	0,51		
	Accès aux soins de santé	0,17		
	Sécurité des personnes et des biens	1,34		
Capital social	Appartenance à une organisation paysanne	0,15	0,33	
	Entraide	0,85		
	Participation aux prises de décisions	0,00		
	Aides de l'Etat	0,42		
	Aides des ONG	0,23		
Capital physique	Habitations	1,02	0,59	
	Marché	1,36		
	Electrification	0,31		
	Route	0,24		
	Eau potable	0,86		
	Ecole	0,46		
	Hôpital	0,46		
	Accès aux intrants	0,85		
	Accès aux matériels agricoles	0,35		
	Banque céréalière	0,00		
Capital naturel	Disponibilité des terres agricoles	1,98	1,08	
	Végétation	0,61		
	Disponibilité de l'eau	1,12		
	Progrès vers la gestion durable des terres	0,64		
Capital financier	Revenus des travaux agricoles	1,35	0,66	
	Revenus d'autres activités	0,89		
	Apports des membres de la famille vivant à l'extérieur,	0,21		
	Accès aux crédits	0,21		

Source : enquête de terrain, 2019

### 3.3. Matrice de la vulnérabilité

La capacité d'adaptation ainsi que les degrés d'impacts étant connus, nous allons maintenant les combiner pour obtenir les niveaux de vulnérabilité dans le tableau 39.

**Tableau 39: Matrice de Vulnérabilité**

<b>Degré d'impacts</b>	<b>Capacité d'adaptation</b>
	<b>Faible</b>
<b>Faible</b>	Faible
<b>Modéré</b>	Modérée
<b>Elevé</b>	Elevée
<b>Extrême</b>	Elevée

D'après le tableau 39, ressort que le niveau de vulnérabilité des cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri reste élevé dans l'ensemble. Ceci s'expliquerait par une pauvreté galopante, un manque criard d'infrastructures sociales de toutes sortes ainsi qu'un manque d'encadrement agricole et une faible implication des agriculteurs dans les projets de développement.

La population de l'arrondissement de Kousséri est parmi les plus pauvres du Cameroun (CBLT, FEM et UICN, 2007). Cette situation est aggravée par des facteurs comme l'analphabétisme, le manque de divertissement et des activités génératrices de revenus, l'enclavement, le faible accès aux structures d'encadrement agricoles et aux informations agricoles, le faible accès à l'eau potable et à l'énergie et l'insécurité.

En plus, des postes agricoles ont été créés dans l'arrondissement. Mais ces postes existent que par de nom, car aucun chef de poste agricole n'est en place. Les agriculteurs n'ont ni accès aux intrants agricoles (semences améliorées, engrais, pesticides), ni aux informations sur les innovations. De plus, il n'existe pas un cadre clair de concertation entre agriculteurs et responsables des structures d'encadrement telles que les délégués d'agriculture ou les institutions de recherche agricole.

### Conclusion

Le chapitre 3 qui s'achève avait pour objectif d'évaluer l'impact de la fluctuation climatique sur la production du sorgho et du maïs ainsi que d'analyser la vulnérabilité des paysans de l'arrondissement de Kousséri. Les résultats obtenus confirment l'hypothèse selon

laquelle la variabilité des paramètres climatiques qui sont les précipitations et les températures impactent la production du sorgho et du maïs et les paysans sont très vulnérables aux aléas climatiques avec un niveau d'adaptation très faible.

Après avoir déterminé les niveaux sévérité des risques climatiques majeurs et leurs impacts sur les variables de la production des cultures étudiées (le sorgho et le maïs) dans l'arrondissement de Kousséri, nous avons dressé la matrice d'impacts de ces risques. Il ressort d'une manière générale que la production du sorgho et du maïs est fortement impactée par les aléas climatiques identifiés. Le rapport entre les paramètres climatiques (températures et précipitations) et la production des cultures (sorgho et maïs) nous a permis de confirmer l'influence des températures et des précipitations sur le développement du sorgho et du maïs. Ce qui rendrait les paysans très vulnérables.

De plus, après avoir déterminé les impacts socioéconomiques des extrêmes climatiques sur les cultivateurs et la capacité d'adaptation de ces derniers afin d'élaborer la matrice d'adaptation, il en résulte que les cultivateurs sont très vulnérables aux effets néfastes de la perturbation du climat.

Pour atténuer les impacts du climat et limiter la généralisation des contraintes climatiques, il serait capital de modifier les techniques d'exploitation pour les adapter à la situation actuelle du milieu. C'est pourquoi le prochain chapitre 4 portera sur les stratégies d'adaptation.

## **CHAPITRE IV: STRATEGIES D'ADAPTATION A LA VARIABILITE CLIMATIQUE DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSERI**

### **Introduction**

La péjoration pluviométrique accentue de mauvaise récolte et constitue une contrainte pour la communauté rurale. Elle bouleverse les calendriers agricoles, imposent des modes de vie différents et donnent une autre vision de la perception du climat dans ce milieu. La persistance de la crise climatique exige des efforts d'adaptation pour réduire le risque et surmonter les contraintes climatiques.

Ainsi, ce chapitre décrit les différentes stratégies d'adaptation développées par les cultivateurs de Kousséri en réaction au dérèglement climatique. Ces stratégies visent l'accroissement ou le maintien tout au moins du niveau de production et de productivité actuel. Il sera question de mettre en lumière la perception des cultivateurs de la variabilité climatique. Ensuite, nous présenterons d'une part les stratégies d'adaptation modernes et d'autre part les stratégies d'adaptation traditionnelles. En fin, nous allons identifier les stratégies d'adaptation mise en place par les agriculteurs afin d'élaborer la matrice d'adaptation. L'étude nous permet de comprendre comment la population de l'arrondissement de Kousséri réagit face à des évènements climatiques exceptionnels.

### **1. Perception des cultivateurs des impacts de la variabilité climatique sur la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri**

Les communautés des cultivateurs entretiennent des liens étroits avec leur milieu environnant (Ogouwalé, 2006). Cette situation est beaucoup plus remarquée lorsqu'ils sont relatifs à l'environnement de l'agriculture qui est la principale activité des ménages dans le milieu. Ceci est à l'origine de nombreuses mutations observées dans les pratiques agricoles au fil du temps.

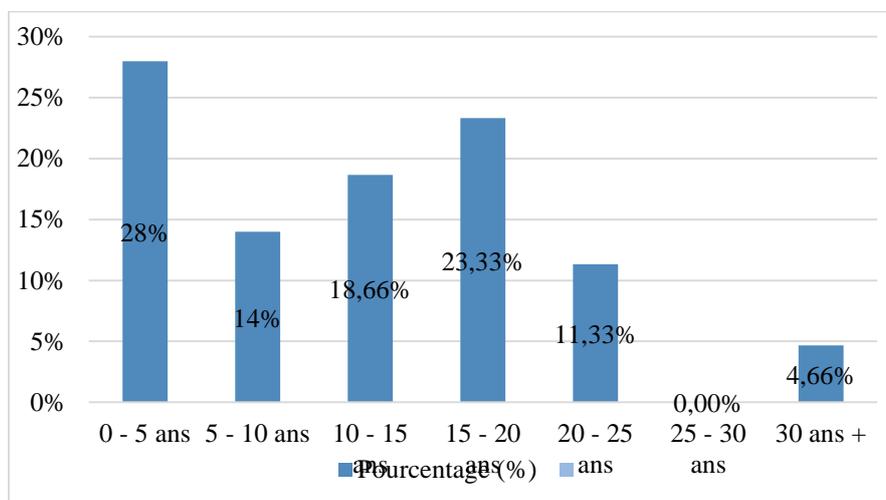
Le premier élément de cet environnement et le plus fondamental reste le climat. Ainsi, l'étude a permis de révéler la perception qu'ont les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri sur l'évolution du climat. Nous distinguons ainsi la perception des cultivateurs des tendances pluviométriques, celles des tendances thermométriques et des impacts de la fluctuation climatique sur les cultures (sorgho et maïs).

### 1.1. Perception des cultivateurs des tendances pluviométriques

Les travaux d'Ouédraogo et al. (2010) cité par Sanou K. et al, 2018, relatifs aux perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations conduites dans les zones sahéliennes, soudano-sahélienne et soudanienne du Burkina Faso ont relevé les indicateurs tels que la baisse des pluies, le dérèglement de la saison, l'irrégularité des pluies, le décalage du calendrier agricole, les poches de sécheresse, les fortes pluies et les inondations. Ces indicateurs ont été également perçus par les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri.

#### 1.1.1. La baisse de la pluviosité

La précipitation est l'élément du climat le plus perçu par les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri. L'installation des pluies marque le début de la saison pluvieuse. La précipitation définit ainsi le calendrier agricole. Les agriculteurs ont depuis longtemps constatés une instabilité des pluies. Selon ces derniers, les précipitations sont en baisse et est marquées par des interruptions durant la saison pluvieuse. En plus, les paysans ont perçu un démarrage tardif de la saison pluvieuse qui se solde par la perturbation de la date de semi. La figure 29 illustre la perception de la baisse des précipitations par les cultivateurs.



Source : Enquête de terrain, 2019

**Figure 29 : perception de la baisse des précipitations par les cultivateurs dans l'arrondissement de Kousséri**

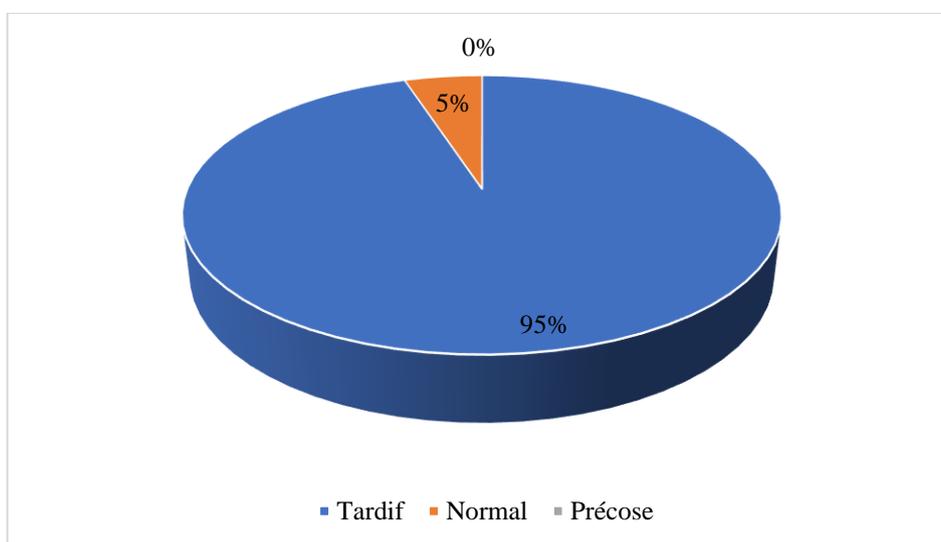
D'après la figure 29, les cultivateurs ont commencé à percevoir la réduction des précipitations depuis plus de 30 ans. Ainsi, 28% de la population a remarqué une baisse des pluies au cours de la période allant de moins de 5 ans ; 23,33% au cours de la période de 15 à

20 ans. Les cultivateurs ayant perçu la diminution des pluies entre 10 à 15 ans représentent 18,66% de la population totale alors que 14% des paysans l'ont perçu entre 5 et 10 ans. Entre 20 et 25 ans, 11,33% de la population ont également perçu une réduction des pluies tandis que 4,66% des agriculteurs l'ont perçu il y'a plus de 30 ans.

En résumé, la baisse des précipitations n'est pas un phénomène récent et elle est de plus en plus visible dans l'arrondissement de Kousséri au cours des 20 dernières années.

### 1.1.2. Démarrage tardif des pluies

Le démarrage des pluies conditionne la pratique de l'agriculture pluviale dans l'arrondissement de Kousséri. La figure 30 représente la perception du démarrage de la saison pluvieuse par les cultivateurs de notre zone d'étude.



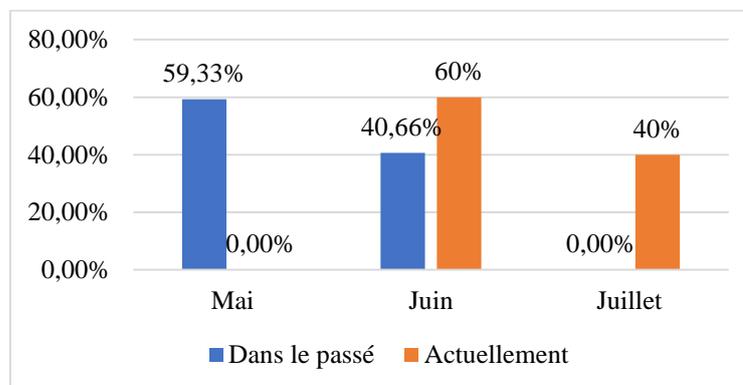
Source : Enquête de terrain, 2019

**Figure 30 : Perception des cultivateurs du démarrage de la saison pluvieuse dans l'arrondissement de Kousséri.**

Le démarrage tardif de la saison pluvieuse est l'un des indices de la variabilité du climat perçu par les agriculteurs dans l'arrondissement de Kousséri. La figure 30 caractérise le démarrage de la saison pluvieuse dans l'arrondissement de Kousséri. Dans l'ensemble de notre zone d'étude, 95% soit 285 répondants sur 300 affirment avoir perçu un déroulement tardif de la saison pluvieuse. Seulement une faible minorité (5%) des cultivateurs ont perçu un démarrage normal de la mousson. Le début précoce des pluies n'a pas été mentionné par les cultivateurs. Cette situation est à l'origine de la perturbation de la date de semi et donc du décalage du calendrier agricole influençant ainsi la production du sorgho et du maïs.

### 1.1.3. Le décalage de la date de semi (calendrier agricole)

Le décalage de la date de semi perturbe l'activité agricole. Il bouleverse le calendrier agricole et donc l'échec de la production agricole. La figure 31 illustre la perception des cultivateurs du décalage de la date de semi dans notre site d'étude.



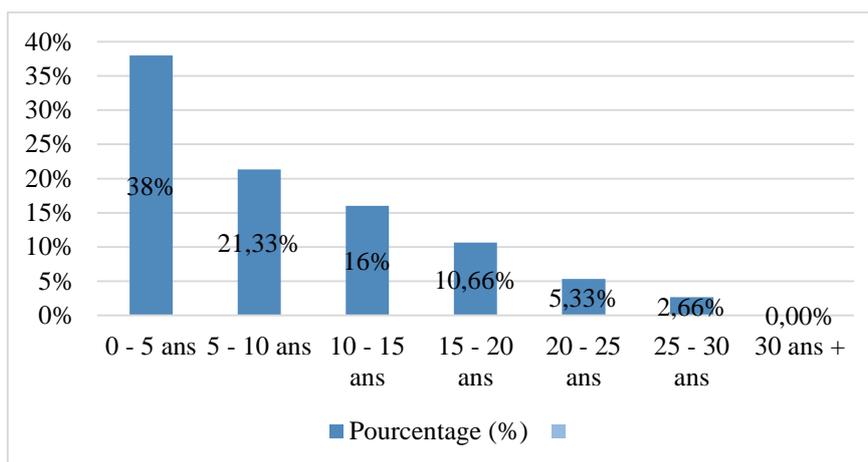
Source : Enquête de terrain, 2019

#### Figure 31 : Effectivité temporelle de semi dans l'arrondissement de Kousséri

La figure 31 nous présente la perception de la date de semi par les cultivateurs de notre zone d'étude. Ils ont constaté une différence au niveau de la date du démarrage de semi dans le passé et actuellement. Dans le passé, la plupart des cultivateurs (59,33%) commençaient le semi au mois de mai tandis que d'autres (40,66%) semaient au mois de Juin. Aujourd'hui, la tendance a changé. Cela se justifie par le simple fait qu'actuellement, 60% des agriculteurs commencent le semi au mois de Juin au lieu du mois de Mai dans le passé. Le semi se prolongent jusqu'au mois de juillet pour 40% des répondants de notre zone d'étude. Dès lors, nous pouvons dire qu'il y'a eu un réel décalage de la date de semi. Pour les cultivateurs, ce décalage s'expliquerait par l'arrivée tardive des pluies et par l'installation des séquences sèches au début de la saison pluvieuse.

### 1.2. Perception des cultivateurs des tendances des températures

La variation des températures est également perçue par les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri. La figure 32 met en évidence la perception des cultivateurs de l'évolution des températures.



Source : Enquête de terrain, 2019.

### Figure 32 : Perception des cultivateurs de l'évolution des températures

D'une manière générale, les cultivateurs affirment avoir assisté à une situation de hausse des températures au cours des trente dernières années. D'après la figure 33, 38% des cultivateurs ont perçu la hausse des températures au cours des cinq dernières années tandis que 21,33% affirment l'avoir ressenti au cours des dix dernières années. Les individus ayant perçu l'augmentation des températures au cours des quinze et vingt-cinq dernières années représentent respectivement 16% et 10,66%. Seulement 5,33% et 2,66% des agriculteurs l'ont ressenti respectivement au cours des 25 et 30 dernières années.

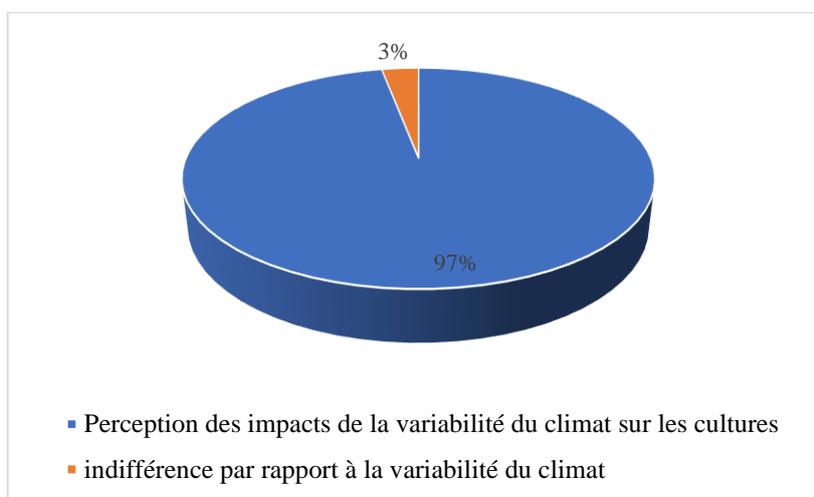
D'après les enquêtés (100%), la hausse de la température est due à un ensoleillement très aigu. Pour eux, la chaleur qui y règne devient de plus en plus insoutenable. Aussi, cette hausse a des conséquences négatives sur les cultures à savoir leur flétrissement et leur assèchement.

### 1.3. Perception des cultivateurs des impacts de la variabilité climatique sur les cultures

Il s'agit des perceptions des effets néfastes de la variabilité du climat perçues par les répondants sur les cultures. Bien que ces perceptions soient déjà développées dans le chapitre 3, nous les présenterons d'une manière concise. Il s'agit de :

- La pourriture des grains semés ;
- La multiplication des ennemis de culture tels que les insectes, les chenilles, les criquets, les mauvaises herbes, etc ;
- La fin précoce des précipitations qui entraîne la production des épis mal développés ;

- Des inondations;
- La disparition des certaines espèces végétales ;
- La lenteur de croissance des cultures ;
- Les brûlures, les jaunissements et le nanisme sur les cultures ;
- La réduction du nombre de tallage et la production des épis stériles ;
- La destruction des cultures par les oiseaux granivores ;
- Le flétrissement et assèchement des cultures ;
- La destruction des cultures par les chenilles, les termites, les criquets et les souris.



**Source :** Enquête de terrain, 2019

**Figure 33 : Perception des cultivateurs des impacts de la variabilité climatique sur les cultures dans l'arrondissement de Kousséri**

Cette perception de nos répondants apparaît clairement car il y a prise de conscience auprès de 97 %, soit 280 personnes sur 289 répondants. Globalement, l'ensemble de la population estime que, ces dernières décennies, tous les impacts énumérés entravent la bonne pratique de l'agriculture.

## **2. Identification des options d'adaptation**

La variabilité du climat influence les productions, les rendements et les systèmes de culture. Pour y faire face, les agriculteurs ont développé des stratégies d'adaptation car selon Clark (2006), les mesures d'adaptation les plus efficaces et durables sont souvent celles prises à l'échelle locale impliquant directement les personnes concernées. Nous distinguons ainsi les stratégies d'adaptation modernes et les stratégies d'adaptation traditionnelles.

## **2.1.Les stratégies d'adaptation modernes**

Il s'agit des nouvelles stratégies développées par les paysans en vue de réduire leur vulnérabilité aux effets pervers des fluctuations du climat. Ces stratégies se résument à l'usage des variétés précoces, le traitement des semences et usage des engrais chimiques.

### **2.1.1. Usage des variétés à cycle court**

Face à la récession pluviométrique, les cultivateurs expriment de plus en plus un intérêt pour les variétés précoces du sorgho (S-35, CS 54 et Zouaye) et du maïs (CMS 9015 et CMS 8806) adaptées au raccourcissement de la saison pluvieuse (IRAD Maroua, 2002). Ils estiment que ces variétés pourraient diminuer le risque de mauvaise récolte. Elles sont assez exigeantes en termes de fertilité du sol car elles doivent produire une certaine quantité en moins de temps. Et pour cela, la plante a beaucoup plus besoin de l'eau et aussi de nutriments. Ces variétés arrivent à maturité avant les variétés traditionnelles et sont aussi très vulnérables aux attaques aviaires.

Les variétés à cycle court s'adaptent au raccourcissement de la saison des pluies. Elles sont plus adoptées en zone soudano-sahélienne du fait de sa plus grande vulnérabilité aux facteurs climatiques (Ouedraogo et al, 2010 cité par K. Sanou et al, 2018).

Dans l'ensemble, les stratégies modernes mises en place par l'Etat et les ONG pour faire face aux effets néfastes de la variabilité climatique sont très réduites : usage des variétés à cycle court, traitement des semences, usage des engrais et des produits chimiques.

## **2.2.Stratégies traditionnelles d'adaptation à la variabilité climatique**

La gamme de stratégies traditionnelles d'adaptation adoptés par les paysans est réduite et le taux d'adoption très faible, mais élevé par rapport aux stratégies modernes.

### **2.2.1. Usage des engrais organiques**

Cette stratégie traditionnelle d'adaptation est utilisée pour faire face à tous les problèmes issus des répercussions de la fluctuation climatique sur le sol. Cela se justifie par l'abondance et l'accumulation des déjections animales pendant la période de transhumance, mais aussi par le manque de connaissance des techniques de transformation en fumier et compost, plus assimilables par les plantes. Encore faut-il que ces paysans puissent les utiliser en quantité suffisante et convenablement, surtout qu'ils ne connaissent pas les transformer en fumier ou en compost, plus assimilables et avantageux.

### **2.2.2. L'abandon des parcelles et la recherche d'autres parcelles**

C'est une technique traditionnelle est utilisée par les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri (localité de Kawadji 1 et 2) lorsqu'ils ont complètement perdu espoir face à la dégradation très poussée des parcelles par durcissement des sols. C'est un phénomène rencontré très fréquemment dans cette zone à cause soit de l'usage des matériels archaïques tels que la houe qui favorise la formation des semelles de labour, soit par salinisation des sols rizières, soit par perte excessive de matière organique, assèchement et durcissement, soit encore suite à la battance des sols dénudés par des pluies orageuses.

### **2.2.3. Dispersion des dates de semi**

La pratique à laquelle les cultivateurs font recours dans la gestion des risques pluviométriques est la dispersion des dates de semis des cultures. Celle-ci intervient le plus souvent quand il y'a des difficultés d'installation de la saison pluvieuse. Elle est développée par 14 % des paysans et est appelée « semis échelonnées ». Elle consiste à semer la même culture sur deux parcelles différentes ou même sur une seule parcelle à des dates différentes, ceci en espérant que le rythme pluviométrique correspondrait aux phases de croissance d'une au moins des cultures par rapport à leur date de semis. Cette technique répond aussi à un autre objectif : minimiser le risque de fluctuation des prix des produits sur le marché. Pour pallier au problème de sécheresse en début de saison agricole et s'adapter à la persistance des faux départs de saison de culture, les paysans pratiquent des ressemis dans la plupart des cas pendant la première et la deuxième décade du mois de juillet. Ainsi, le calendrier agricole classique est en pleine phase d'abandon du fait des fortes variabilités temporelles de la pluviométrie. Ce résultat d'abandon du calendrier agricole empirique confirme les travaux de Ogouwalé (2006) au Bénin. Par ailleurs, les semis répétés sont une autre stratégie mise en œuvre par les populations paysannes dans le cadre d'une adaptation des activités agricoles aux péjorations pluviométriques. Cette stratégie consiste à semer plusieurs fois la même variété culturale sur les mêmes parcelles au cours de la même saison culturale. En effet, lorsque les précipitations connaissent un début tardif ou un arrêt en phase de croissance, ces cultures jaunissent et sèchent surtout lorsque la rupture des pluies se prolonge. A la reprise normale des pluies, le paysan procède au "ressemis" qui consiste à un remplacement des plants fanés par d'autres semences. Il convient toutefois de souligner qu'avant les semis ultérieurs, le paysan arrache les plants non viables et conserve ceux qui connaissent une croissance normale.

#### **2.2.4. Développement du maraîchage**

Le maraîchage est développé par les cultivateurs de Kousséri-ville à la bordure du fleuve Logone. Il constitue un autre aspect de l'adaptation des agriculteurs à la variabilité climatique. La majeure partie de la main d'œuvre dans le maraîchage est féminine. Les contraintes telles que l'accès au foncier et l'accessibilité aux intrants constituent des limites au maraîchage. Ces contraintes doivent être levées pour leur permettre de participer activement au développement agricole. Les conditions d'octroi de crédit aux femmes doivent être simplifiées pour permettre aux femmes d'avoir des moyens d'acheter des intrants. La majorité des enquêtés affirment que le maraîchage occupe plus les femmes que les hommes.

#### **2.2.5. Diversification des activités et épargne de précaution**

La variabilité du climat rend incertaine la saison agricole. Pour éviter les risques de famine, les producteurs ont développé d'autres stratégies d'adaptation qui sont entre autres la diversification des activités qui génèrent les revenus et l'épargne de précaution. L'instabilité des revenus agricoles dans la localité de Kousséri est majeure du fait de la perturbation climatique. Pour obtenir un complément de revenu et stabiliser leur revenu, les ménages se tournent donc vers d'autres activités que l'agriculture. Ainsi, 70 % des répondants exercent au moins une activité en plus de l'agriculture. Ces activités complémentaires sont : le commerce, l'élevage, la pêche, le salariat agricole, le transport. Ces activités complémentaires constituent une source de revenu non négligeable.

L'épargne de précaution est une autre pratique répandue dans la zone d'étude. Elle ne date pas de l'avènement des changements climatiques, mais est de plus en plus réputée pour la gestion des périodes difficiles du fait des risques climatiques (75 % des producteurs l'ont affirmé). Elle constitue un mécanisme d'assurance informelle. Le capital social constitue un mécanisme d'assurance pour les plus démunis. L'entraide, le prêt gratuit (emprunt à taux d'intérêt nul), les transferts monétaires et non monétaires donnent une idée du capital social à la disposition de ces ménages. Ce capital social est beaucoup sollicité pour la gestion de dégâts pluviométriques, plus précisément à la suite de pluie violente : destruction d'habitats, de greniers, de cultures. Il faut toutefois le souligner, l'appartenance à un groupe de tontine est une pratique aussi très répandue. Cette pratique permet aux agriculteurs d'épargner un peu d'argent pour faire face non seulement aux effets néfastes de la fluctuation climatique mais aussi aux autres difficultés.

### 2.2.6. Lutte contre les parasites

Pour lutter contre les parasites, la plupart des cultivateurs emploient des moyens peu ou pas nuisible pour l'environnement. Ils utilisent des préparations à base des plantes : décoction, poudrage des minéraux broyés, insecticides végétaux (graines de *neem*, feuilles des papayers, gousses d'ail, les petits piments...).

Les cendres sont utilisées comme désinfectants ou insectifuges. L'efficacité du cendrage dépend beaucoup plus de sa qualité. C'est pourquoi, ils le font sécher et piler avant de les épandre. Les cendres sont utilisées aussi en poudrage sur les feuilles ou à même le sol. On veille à ce que le poudrage soit correctement réalisé.

Les cendres réparties en quantité démesurée sur le feuillage occasionnent les brûlures des feuilles ou des bourgeons. Voici quelques poudres et décoctions des espèces utilisées comme insecticide ou insectifuge.

**Tableau 40: Quelques plantes utilisées comme insecticides ou insectifuges**

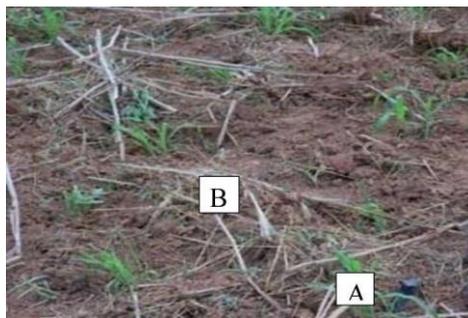
Noms d'espèces	Organes utilisés	Poudre ou décoction	Dose appliquée	Caractères	Mode d'emploi
Neem	Feuilles, fleurs, fruits	décoction	5 kg /ha	Insecticides ou insectifuges	pulvérisation
Eucalyptus	Feuilles	décoction	5 kg / ha	Insectifuge	Epandage
Tabac	Feuilles	poudre	5 kg / ha	Insecticide	Epandage
Ail	Feuilles et gousses	décoction	4Kg /ha	Insectifuge et insecticide	Pulvérisation

**Source :** Enquête de terrain, 2019

La pratique de ces différentes techniques biologiques concoure à réduire les risques encourus au cours d'une campagne agricole et même à améliorer le rendement agricole.

### 2.2.7. Paillage

Le paillage consiste à laisser sur le champ notamment sur les parties dégradées, des tiges coupées de mil ou de sorgho, des branchages, ou de l'herbe après les récoltes. Il est pratiqué partout dans l'arrondissement. La photo 6 montre la technique de paillage.



**Prise de vue :** Auteur, 2019

**Photo 6: Le paillage**

Nous pouvons observer sur cette photo les plants du sorgho (A) et les résidus de la culture précédente et les herbes (B). La technique de paillage permet de lutter contre l'érosion éolienne et hydrique et/ou de restaurer les propriétés physico-chimiques des terres de culture en favorisant l'infiltration des eaux de pluies, la conservation de l'humidité et l'activité biologique des termites. Le facteur le plus limitant à la mise en œuvre de cette technique est l'insuffisance de paille, qui est plus utilisée pour d'autres fonctions (fourrages, construction des cases).

**2.2.8. Réadaptation du calendrier culturel à la variabilité pluviométrique**

Comme semble indiquée la tendance à un retard dans le démarrage des pluies, les paysans affirment mettre du retard dans la mise en place des cultures. En effet, 60% des paysans enquêtés font les semis à partir de la dernière décade mois de juin, alors qu'ils le faisaient à la dernière décade du mois de mai, tandis que les 40% s'adonnent à des semis allant à la première décade du mois de juillet. Le calendrier agricole paysan a aussi subi une profonde mutation en réponse aux effets des variabilités pluviométriques. Les activités qui se déroulaient pendant un mois précis sont décalés dans un autre mois. L'exemple pris pour le calendrier agricole traditionnel montre ce décalage dans le déroulement des activités. Ce calendrier (tableau 41) est global et montre la modification subie par l'agriculteur. Les activités menées subissent une profonde mutation d'un mois à un autre. Les semis qui se faisaient au mois de juin sont décalés au mois de juillet. Avant les fortes modifications pluviométriques, le mois d'octobre correspondait à la consommation du nouveau mil alors que dans le décalage, il faut attendre le mois de novembre pour en consommer.

**Tableau 41: Calendrier agricole traditionnel**

Activités	Ancien calendrier agricole											
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Défrichage												
Labour												
Semis												
Sarclage												
Récolte												
Nouveau calendrier agricole												
Défrichage												
Labour												
Semis												
Sarclage												
Récolte												

**Source :** Enquête de terrain, 2019

Ce calendrier est global et montre la modification subie par les agriculteurs. Les activités menées subissent une profonde mutation d'un mois à un autre. Les semis qui se faisaient au mois de juin sont décalés au mois de juillet. Avant les fortes modifications pluviométriques, le mois d'octobre correspondait à la consommation du nouveau mil alors que dans le décalage, il faut attendre le mois de novembre pour en consommer.

### 2.2.9. Les diguettes et cordons pierreux

Utilisées dans la lutte contre l'érosion hydrique, les diguettes en terre ou en pierre (cordon pierreux) sont un dispositif anti-érosif construit en pierre suivant les courbes à niveaux. Cette méthode diminue l'érosion des sols, étale l'eau, conserve l'eau dans les champs suite aux précipitations, favorisant ainsi une plus grande absorption de l'eau dans le sol. L'intervalle entre les diguettes est fonction de la pente, leur longueur est fonction de la largeur de la superficie à réhabiliter. Les ouvrages anti-érosifs ne sont efficaces qu'à conditions que les techniques et les coûts de réalisation des ouvrages soient accessibles aux populations. Les cordons pierreux peuvent induire respectivement une augmentation des rendements de 60 % et 25 % par rapport à une parcelle sans aménagement selon INERA (2000), cité par K. Sanou

et al (2018). L'effet de ces aménagements est particulièrement intéressant quand la pluviométrie est déficitaire, GIZ (2012), cité par K. Sanou et al (2018).

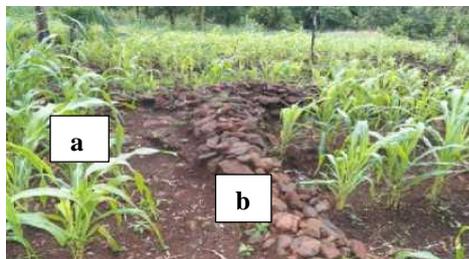


**Photo 7: Digue en billon**

**Source :** K. Sanou, 2018

**Photo 23a :** Champ de sorgho

**Photo 23b :** Cordon pierreux



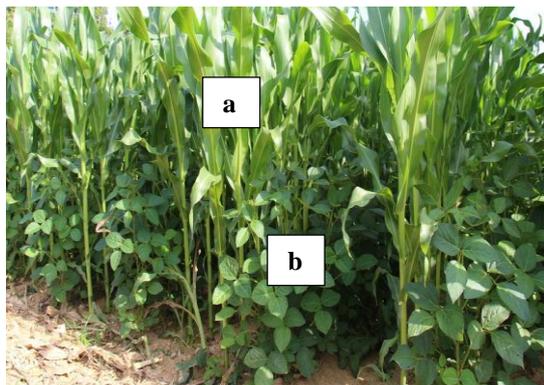
**Photo 8: Cordon de pierres**

### **2.2.10. Les demi-lunes**

Les demi-lunes consistent en une cuvette en forme de demi-cercle ouvert à la pioche et à la pelle. Le demi-cercle est tracé à l'aide d'un compas. Les terres de déblais sont disposées en un bourrelet semi-circulaire, au sommet aplati, à côté de la cuvette où l'on y introduit de la fumure organique. Cette technique a pour avantage de conserver le sol humide plus longtemps après la pluie.

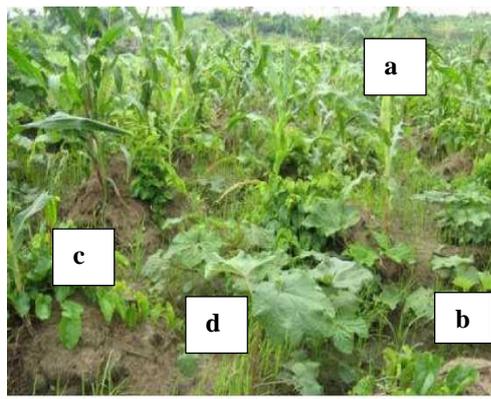
### **2.2.11. Association des cultures**

L'association de cultures consiste à mettre en valeur plusieurs types de cultures sur une même parcelle. Elle permet aux cultivateurs de maximiser la production. Elle constitue une pratique très répandue en Afrique subsaharienne comme sur les photos 9 et 10.



**Photo 9: Le haricot associé au champ du sorgho**

**Source :** Auteur, 2019



**Photo 10: Une association maïs-gombo-igname-riz.**

La photo 9 nous présente un champ de sorgho (photo 9a) et en dessous nous constatons le haricot (photo 9b) qui y est associé. La photo 10 nous montre l'association de plusieurs types de cultures notamment le maïs (photo 10a), le gombo (photo 10b), l'igname (photo 10c) et le riz (photo 10d).

### **2.2.12. Changements d'habitudes alimentaires**

A cause des effets néfastes liés à la variabilité climatique et à la dégradation des terres, certaines cultures qui, jadis entraient dans les habitudes alimentaires des populations, ne peuvent plus se pratiquer. C'est ainsi qu'elles sont contraintes à changer leurs habitudes alimentaires. Certains cultivateurs relatent qu'ils ne se nourrissent pas bien depuis 20 ans à cause des rendements faibles de leurs champs. Ils sont obligés de se tourner vers la consommation des racines et des feuilles en période de soudure.

### **2.2.13. Usage des fumures organiques**

Afin de fertiliser les sols, les paysans produisent de la fumure organique avec les excréments des animaux, les déchets de tables et la paille à l'intérieur de fosses fumières tout au long de l'année. Cette fumure est ensuite épandue sur les champs et donne de meilleurs résultats.

### **2.2.14. Usage d'engrais chimiques**

Les engrais chimiques, ou engrais minéraux, sont des fertilisants qui sont déversés sur les cultures le plus souvent par épandage. Ils sont destinés à améliorer la quantité et la qualité des rendements agricoles. Ils ont pour vocation d'apporter des éléments nutritifs aux végétaux, plantations ou cultures céréalières. Ils combler des carences, accélèrent ou

stimulent les croissances dans le but final d'accroître fortement les rendements quantitatifs ou qualitatifs de ces cultures. Les cultivateurs de notre zone d'étude affirment avoir utilisé l'engrais chimique en réponse aux sécheresses et aux déficits pluviométriques afin d'accroître la productivité. Les types d'engrais chimiques utilisés par les Exploitants Agricoles (EA) sont : le NPKS13 (Azote, Phosphore, Potassium et Souffre) et le NPK (Azote, Phosphore et Potassium). La pauvreté des terres agricoles a rendu l'utilisation des fertilisants des minéraux indispensable à la production. Sans ces fertilisants il est difficile aux producteurs d'atteindre un rendement convenable (K. Sanou et al, 2018).

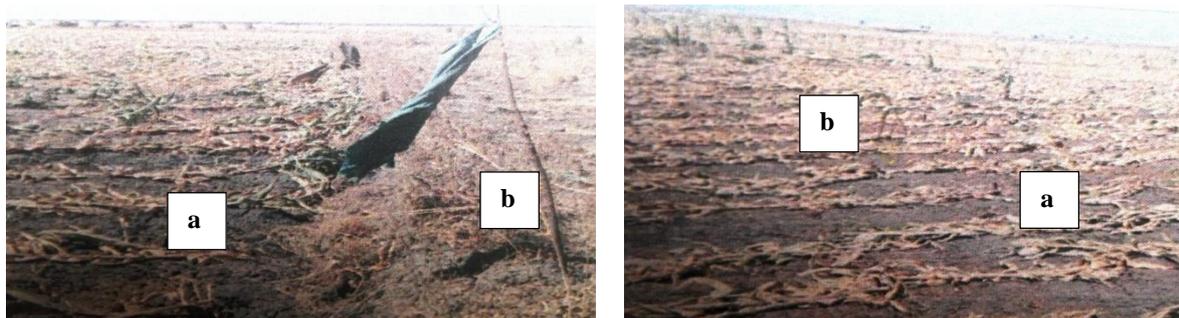
#### **2.2.15. Les manifestations spirituelles**

Les manifestations rituelles se pratiquent en cas de sécheresses en vue de faire tomber la pluie ou en cas d'inondation pour faire partir l'eau. La prière et le sacrifice sont parmi des stratégies d'adaptations mentionnées et sont pratiquées par 3,6 % de la population enquêtée. Ces actions sont de nature behavioriste et bien loin de la pensée scientifique, mais elles sont néanmoins des moyens dont s'est dotée la population pour réagir aux aléas climatiques.

Lorsque la pluie manque et que la température s'élève, les personnes pratiquent la prière et font des sacrifices afin d'améliorer les conditions climatiques. C'est une action spirituelle en réponse à des changements environnementaux.

#### **2.2.16. Usage des objets mouvants, surveillance des champs, cassure et étalage des tiges du sorgho**

L'usage des objets mouvants, la surveillance des champs, cassure et étalage des tiges du sorgho sont des stratégies d'adaptation utilisées par les agriculteurs pour faire face à la destruction des plantes ou des champs de sorgho ou du maïs par des oiseaux migratoires. Ces stratégies sont mises en œuvre par l'ensemble des paysans. Elles ont l'avantage d'être simple et de ne pas être coûteuses. Les photos 11 et 12 illustrent les techniques adoptées par cultivateurs.



Source : Auteur, 2019

**Photo 11 : Usage des objets mouvants**

**Photo 12 : Cassure et étalage des tiges du sorgho**

D'après la photo 11, nous constatons un bâton (photo 11b) fixé au bord d'un champ de sorgho (photo 11a) auquel est attaché un habit flottant selon la direction du vent. Il donne l'allure de la présence humaine et permet de dissuader des oiseaux granivores. Sur la photo 12 nous observons des tiges du sorgho qui sont cassées et étalées (photo 12b) sur le sol, dans un champ de sorgho (photo 12a) pour les protéger des oiseaux granivores.

**Tableau 42: Options d'adaptation**

<b>Extrêmes météorologiques probables</b>	<b>Culture du sorgho et du maïs</b>	<b>Sols agricoles</b>	<b>Eaux agricoles</b>
Températures extrêmes	Surveillance des parcelles ; usages des objets et masques ; cassure et étalage des tiges ; usage des variétés précoces ; irrigation des cultures ; diversification des activités génératrices des revenus	Usages des engrais organiques ; paillage ; technique de la conservation de l'humidité du sol (les demi-lunes) ; abandon de la parcelle	Usage de l'eau de puits ; usage de l'eau de marres et rivières ; construction des digues; création des nouveaux puits et forages
Démarrage tardif des pluies	Usages des variétés à haut rendement ; réadaptation du calendrier agricole ; diversification des activités génératrices des revenus ; usage des produits chimiques ; traitement des semences ; entreposages des épis sur les tiges	Usage de labour à la houe ; usage des engrais organiques ; usages de la traction animale ; technique de la conservation de l'humidité du sol(les demi-lunes) ; abandon de la parcelle	Usage de l'eau de puits ; usage de l'eau de marres et rivières ; construction des digues
Raccourcissement des saisons des pluies	Usages des variétés à haut rendement ; usages des engrais chimiques et organiques ; diversification des activités génératrices des revenus; traitement des semences ; usages des semences résistantes ; association des cultures	Usage de labour à la houe ; usage des engrais organiques ; usages de la traction animale ; technique de la conservation de l'humidité du sol(les demi-lunes) ; abandon de la parcelle	Construction des cordons pierreux ; usage de l'eau de marres et rivières ; construction des digues
Sécheresse	Usage des produits chimiques ; prières et rituels ; surveillance des parcelles ; usage des haies vives ; intervention des gardes-chasse ; changement d'habitude alimentaire	Confection des digues autour des parcelles ; usages des engrais chimiques et organiques ; abandon de la culture; usages des haies vives ;	Recreusage des puits ; usage de l'eau de marres et rivières ; création des nouveaux puits et forages ; résolution du problème devant les autorités traditionnelles
Inondation	Usage des engrais chimiques et organiques ; abandon de la culture ; Construction des digues ; abandon de la culture ; changement d'habitude alimentaire	Usage des engrais chimiques et organiques	Canalisé les eaux d'inondation ; Usage des engrais chimiques et organiques ; usages de la traction animale

Nous allons enfin superposer aux stratégies d'adaptation de chaque cellule du tableau 42 des fonds de couleurs du niveau de vulnérabilité correspondant pour avoir la matrice d'adaptation(tableau43).

**Tableau 43 : Matrice d'adaptation**

Extrêmes climatiques	Culture du sorgho et du maïs	Sols agricoles	Eaux agricoles
Températures extrêmes	Surveillance des parcelles ; usages des objets et masques ; cassure et étalage des tiges ; usage des variétés précoces ; irrigation des cultures ; diversification des activités génératrices des revenus	Usages des engrais organiques et chimiques ; paillage ; technique de la conservation de l'humidité du sol ; abandon de la parcelle	Usage de l'eau de puits ; usage de l'eau de marres et rivières ; construction des digues ; création des nouveaux puits et forages
Démarrage tardif des pluies	Usages des variétés à haut rendement ; réadaptation du calendrier agricole ; diversification des activités génératrices des revenus ; usage des produits chimiques ; traitement des semences ; entreposages des épis sur les tiges	Usage de labour à la houe ; usage des engrais organiques ; usages de la traction animale ; technique de la conservation de l'humidité du sol ; abandon de la parcelle	Usage de l'eau de puits ; usage de l'eau de marres et rivières ; construction des digues ;
Raccourcissement des saisons des pluies	Usages des variétés à haut rendement ; usages des engrais chimiques et organiques ; diversification des activités génératrices des revenus ; usage des produits chimiques ; traitement des semences ; usages des semences résistantes	Usage de labour à la houe ; usage des engrais organiques ; usages de la traction animale ; technique de la conservation de l'humidité du sol ; abandon de la parcelle	Construction des cordons pierreux ; usage de l'eau de marres et rivières ; construction des digues ;
Sécheresse	Usage des produits chimiques ; prières et rituels ; surveillance des parcelles ; usage des haies vives ; intervention des gardes-chasse	Confection des digues autour des parcelles ; usages des engrais organiques ; abandon de la culture ; usages des haies vives ;	Recreusage des puits ; usage de l'eau de marres et rivières ; création des nouveaux puits et forages ; recherches d'autres sources d'eau ; canalisé les eaux d'inondation ; usage des engrais chimiques et organiques ;
Inondation	Usage des engrais chimiques et organiques ; abandon de la culture ; construction des digues ; abandon de la culture	Usage des engrais chimiques et organiques	

**Légende :**

Extrêmement probable	Vulnérabilité élevée	Vulnérabilité modérée	Vulnérabilité faible
----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------

### **2.3.Liens entre les impacts, les stratégies d'adaptation (modernes et traditionnelles) et les caractéristiques socioéconomiques**

#### **2.3.1. Liens entre les impacts, les stratégies modernes d'adaptation et les caractéristiques socioéconomiques**

En général, les impacts observés ou subis par les cultivateurs de l'arrondissement de Kousséri sont identiques à quelques exceptions près, à ceux observés par les paysans des autres régions sèches. Néanmoins, par rapport aux stratégies modernes d'adaptation à la variabilité climatique, il ressort que la gamme adoptée est très limitée, et le taux d'adoption est très faible à cause de la pauvreté, de l'analphabétisme et d'un fort attachement des cultivateurs aux traditions. Ceci confirme le constat de Leary, Kulkarmi et Seipt (2007), et le GIEC (2007), selon lequel en Afrique sèche, il y a un déficit d'adaptation aux effets néfastes de la variabilité climatique.

De plus, la majorité de ces stratégies modernes d'adaptation est « réactive » et non « préventive », donc peu efficaces car selon Pittok (2007), les meilleures stratégies d'adaptation ne sont pas celles qui s'appuient sur la variabilité climatique passé mais plutôt celles guidées par les connaissances du lendemain, c'est-à-dire l'information sur les prévisions.

De même, selon Leary, Kulkarmi et Seipt (2007), Nhemachena et Hassan (2007), les réponses apportées par les cultivateurs aux effets néfastes du bouleversement climatique diffèrent en fonction des contextes socioéconomiques, techniques, institutionnels et environnementaux de chaque milieu, voire de chaque famille. Dans le contexte particulier de notre zone d'étude, on ne pourrait attribuer cette situation qu'au faible taux de scolarisation, au manque de structure d'encadrement agricole, au faible accès des populations aux médias et aux structures d'encadrement agricole existantes (manque d'informations), le non accès aux crédits agricoles, à l'enclavement et à la pauvreté des agriculteurs.

#### **2.3.2. Liens entre les impacts, les stratégies traditionnelles d'adaptation et les caractéristiques socioéconomiques**

Dans l'ensemble, face aux impacts très bien perçus, il ressort que la gamme des stratégies traditionnelles est très limitée, et le taux d'adoption est très faible, mais il est plus important que celui des stratégies modernes d'adaptation. Ce qui confirme le constat de

Leary, Kulkarmi et Seipt (2007), et le GIEC (2007), selon lequel en Afrique sèche, il y a un déficit d'adaptation aux effets néfastes de la variabilité climatique.

De plus, la majorité de ces stratégies modernes d'adaptation est « réactive » et non « préventive », donc peu efficaces, car, selon Pittok (2007), les meilleures stratégies d'adaptation ne sont pas celles qui s'appuient sur la variabilité climatique passé mais plutôt celles guidées par les connaissances du lendemain, c'est-à-dire l'information sur les prévisions.

Tout comme dans le cas des stratégies modernes d'adaptation, selon Leary, Kulkarmi et Seipt (2007), Nhemachena et Hassan (2007), les réponses apportées par les paysans aux effets néfastes du bouleversement climatique diffèrent en fonction des contextes socioéconomiques, techniques, institutionnels et environnementaux de chaque milieu, voire de chaque famille. Dans le contexte particulier de notre zone d'étude, on ne pourrait attribuer cette situation qu'au faible taux de scolarisation, au manque de structure d'encadrement agricole, au faible accès des populations aux médias et aux structures d'encadrement agricole existantes (manque d'informations), le non accès aux crédits agricoles, à l'enclavement et à la pauvreté des agriculteurs, à la faible collaboration des ménages agricoles entre eux, perceptible à travers le manque d'associations de ces ménages en GIC.

### **3. Suggestions**

- Les cultivateurs doivent tenir compte des informations climatiques produites par l'ONACC dans leurs activités, basées non seulement sur la variabilité du climat passé mais aussi celles des prévisions ;
- Utiliser des stratégies d'adaptation préventive et non réactive telles que la sélection des semences et l'usage des variétés précoces; la réadaptation du calendrier agricole; la diversification des activités génératrices de revenus, etc
- L'usage des variétés du sorgho à cycle courts telles que le S-35, le CS 54 et le Zouaye (85-90 jours) avec des besoins en eau très modérés (400mm) et des variétés améliorées du maïs telles que le CMS 9015 et le CMS 8806 ;
- Pratiquer l'irrigation et développer les cultures maraichères pour faire face à l'échec de la production agricole lié à la présence des extrêmes climatiques ;

- Développer la culture du riz et du mil pour une transition du régime alimentaire au détriment de la culture du sorgho et du maïs ;
- Reboiser pour limiter l'avancée du désert et lutter contre le réchauffement climatique ;
- Abandonner les techniques de culture, qui contribuent à la variabilité climatique, telles la culture sur brûlis au détriment des techniques telles que le semi-échelonné et le labour

### **Conclusion**

Le chapitre 4 traite les différentes stratégies modernes et traditionnelles élaborées par les cultivateurs pour faire face aux effets néfastes de la variabilité climatique. Les résultats obtenus confirment l'hypothèse selon laquelle, les cultivateurs développent des stratégies pour limiter les effets néfastes de la variabilité du climat sur la culture du maïs et du sorgho. Il en ressort que plusieurs stratégies ont été mises en œuvre pour faire face aux problèmes de la baisse des rendements agricoles, de la baisse de la fertilité des sols, du stress hydrique, etc. Mais, ces stratégies sont très limitées et la capacité d'adaptation des paysans est très faible. Ceci confirme le constat selon lequel, dans les régions sèches africaines, les agriculteurs s'adaptent mais il existe un grand déficit d'adaptation, puisqu'elle se fait de façon limitée (Leary, Kulkarni et Seipt, 2008 ; GIEC, 2007). Ce déficit d'adaptation s'expliquerait par le faible accès au médias et aux structures d'encadrement agricole, le faible taux de diversification des activités génératrices de revenu, le faible niveau d'éducation des cultivateurs, le faible accès au marché et à l'information, l'insécurité, etc.

## CONCLUSION GENERALE

Notre thème de recherche avait pour objectif d'évaluer les impacts de la variabilité climatique sur la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri de 1959 à 2018. Pour atteindre cet objectif, nous avons dans un premier temps déterminé les facteurs physiques et socioéconomiques de la production du sorgho et du maïs. Deuxièmement, nous avons analysé la vulnérabilité et la variabilité du climat dans notre zone d'étude en se focalisant sur l'analyse de l'évolution des moyennes mensuelles, annuelles et interannuelles des paramètres climatiques (température et précipitation). Troisièmement, nous avons évalué l'impact de la variabilité climatique sur les cultures (sorgho et maïs) et analysé la vulnérabilité des cultivateurs. Pour se faire, la détermination de la matrice d'impact et la matrice de vulnérabilité nous a permis de connaître le degré d'impact des conditions climatiques extrêmes sur les cultures (sorgho et maïs). De plus, nous avons établi le rapport entre les éléments du climat (température et précipitation) et la production des cultures étudiées (le sorgho et le maïs). Dans un quatrième temps, nous avons déterminé la matrice d'adaptation afin d'analyser les différentes stratégies modernes et traditionnelles mises en place par les paysans en réponse aux effets néfastes de la variabilité climatique.

De ce qui précède, il ressort de la première analyse que l'arrondissement de Kousséri a un milieu physique homogène. L'analyse des éléments physiques tels le relief, les ressources pédologiques et hydriques et les formations végétales de notre zone d'étude nous montre que ces éléments sont étroitement liés les uns des autres et dépendent des conditions climatiques. Il ressort par ailleurs que le milieu géographique est moyennement favorable au développement du sorgho et maïs. Cependant, la production de ces deux spéculations a une tendance à la baisse et varie d'une part en fonction de la superficie et d'autres parts en fonction des conditions climatiques extrêmes.

Il ressort de la deuxième analyse portant sur la vulnérabilité et les variations temporelles du climat dans l'arrondissement de Kousséri que, la température a une tendance à la hausse de 0,8°C alors que la précipitation a une tendance à la baisse de 1959 à 2018. Il ressort de l'analyse de l'évolution des moyennes mensuelles, annuelles et interannuelles des précipitations que les décennies 1979-1988, 1989-1998 et 2009-2018 sont frappées par une sécheresse causée par un déficit pluviométrique enregistré pendant ces périodes. Cette

dynamique constatée se traduit par la rareté des pluies, la baisse du niveau des fleuves et des cours d'eau comme le fleuve Logone, le raccourcissement de la saison pluvieuse, les vents violents, des températures extrêmes, la dégradation de l'environnement, etc. L'ensemble de ces problèmes associés à la variabilité climatique influence la production des cultures vivrières (le sorgho et le maïs).

L'analyse de l'impact de la variabilité climatique sur la production des cultures étudiées (sorgho et maïs) et de la vulnérabilité des cultivateurs nous montre que cinq extrêmes climatiques majeurs qui sont les températures extrêmes, le raccourcissement de la saison pluvieuse, le retard des pluies, la sécheresse et les inondations, ont un degré d'apparition extrêmement probable dans l'arrondissement de Kousséri. La matrice d'impact nous montre que ces extrêmes météorologiques liés au climat ont un degré d'impact extrême sur la production du sorgho et du maïs. Parmi les impacts de la variabilité du climat sur la production du sorgho et du maïs, nous avons : la baisse des rendements agricoles, la destruction des cultures par les souris, les criquets, les oiseaux granivores, les animaux sauvages, les chenilles et les termites, le flétrissement et assèchement des cultures, apparition des maladies de cultures, jaunissement des cultures, etc. La détermination de la matrice de vulnérabilité confirme que les paysans sont très vulnérables aux effets néfastes des perturbations du climat du fait de la pauvreté galopante, un manque criard d'infrastructures sociales, des techniques archaïques de production, l'insécurité, le manque d'éducation, la méconnaissance de l'information climatique, etc. Par ailleurs, le rapport entre les paramètres climatiques (températures et précipitations) et la production des cultures (sorgho et maïs) nous a permis de confirmer l'influence de ces paramètres sur le développement de ces cultures.

La variabilité climatique constitue un danger pour la sécurité alimentaire des régions dont l'agriculture est essentiellement dépendante des pluies. Celle-ci serait particulièrement touchée par une baisse de la disponibilité d'eau, rendant sa pratique difficile. Dans l'arrondissement de Kousséri, l'agriculture est essentiellement pluviale. Elle est étroitement liée aux caractéristiques de la saison de pluies : dates de démarrage et durée de la saison culturale. C'est pourquoi la réduction de la saison pluvieuse mettra en péril les variétés à cycle long. Dans ce contexte, l'adaptation à court, moyen et long terme est nécessaire.

Pour atténuer les effets de la variabilité climatique et limiter la généralisation des contraintes liées au milieu, il serait important de modifier les techniques d'exploitation pour les adapter davantage à la situation actuelle du milieu. C'est pourquoi les cultivateurs de

l'arrondissement de Kousséri ont développé des stratégies d'adaptation diverses. Parmi ces stratégies, nous avons : l'amélioration des techniques culturales, la diversification des activités génératrices de revenu, la diversification et l'association des cultures, le recourt aux fumiers organiques, le recourt aux variétés précoces ou des semences améliorées comme facteur d'adaptation à la baisse de la pluviométrie, usages des masques et objets, surveillance des parcelles, cassure et étalage des tiges, irrigation des cultures, usages d'engrais chimique, traitement des semences, etc. L'ajustement du calendrier cultural constitue une stratégie d'esquive que les paysans utilisent pour mieux réaliser leurs cultures. Cependant, il résulte de la matrice d'adaptation que ces différentes stratégies ont une vulnérabilité élevée ce qui rendrait donc la capacité d'adaptation des cultivateurs très faible.

Dans l'arrondissement de Kousséri, les cultivateurs utilisent des variétés traditionnelles du sorgho et du maïs. Elles ne sont pas améliorées et sont sélectionnées lors de la précédente récolte. Ces semences sont exigeantes en eau et ont du mal à résister aux conditions climatiques extrêmes. Cependant, l'IRAD de Maroua (2013) recommande aux cultivateurs des variétés à cycle court notamment les variétés du sorgho telles que le S-35, le CS 54 et le Zouaye ayant un cycle végétatif court (85-90 jours) et des besoins en eau très modérés (400mm). S'agissant des variétés du maïs, les cultivateurs utilisent le CMS 8501, CMS 8507 et CMS 8710 avec un cycle végétatif long (105 à 115 jours) et exigeantes en eau (800mm/an). Cependant, des variétés améliorées telles que le CMS 9015 et le CMS 8806 mises au point par l'IRAD de Maroua sont recommandées aux cultivateurs. Ces variétés ont un cycle végétatif court (90-95 jours) et sont moins exigeantes en eau (600mm/an).

## BIBLIOGRAPHIE

1. **Abossolo, S., Etoga, M., Mendoua, C. et Mamade A. (2021).** Tourisme et insécurité au Cameroun. Quelles stratégies pour le maintien de l'activité dans les régions du Nord, de l'Extrême-Nord, du Nord-Ouest, du Sud-Ouest et de l'Est du pays? *Revue Espace Géographique et Société Marocaine* n°47/48, 2021. 22p.
2. **Alberge, J., Carbonnel, J. et Vaugelade, J. (1985a)** Aléas climatiques et production agricoles : le coton au Burkina. p. 200-211.
3. **Albergel, J., Carbonnel, J. et Grouzis. (1985b).** Péjorations climatiques au Burkina-Faso : incidence sur les ressources en eau et sur la production végétale. *cah.ORSTOM.série .Hydrol.* 156p.
4. **Amadou, M. (2004).** *Impact de la variabilité climatique sur les systèmes de production au Niger : cas des zones de Gaya et d'Aguie.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées, Université Abdou Moumouni, Niamey, p.35.
5. **Amougou, J. A., Abossolo, S. A., et Batha R. S. (2013).** Dynamique du climat et impacts sur la production du maïs dans la région de l'ouest du Cameroun, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 21&22 (2013) 209 – 234 pp.
6. **Amougou, J., Batha, R., Kadjo, F., Tchana, C., Tankie, Q. et Wirsiy, D. (2021).** Impacts de la dynamique des paramètres climatiques sur la production des cultures saisonnières (Maïs, Haricot et Arachides) dans les Arrondissements de Nkongsamba (1983 A 2016), *Révue de l'Espace Géographique et l'Espace Marocaine*, n° 50, 19p.
7. **Anonyme. (2006).** *Memento de l'Agronome.* CIRAD-CRET, France : 1635 p.
8. **Batha, R. (2011).** *Analyse de l'impact des conditions climatiques sur la production du maïs dans deux agrosystèmes à pluviométrie monomodale : Etude comparative entre les départements de la Bénoué et du Wouri au Cameroun.* Mémoire de Master en géographie, Université de Yaoundé I, 150p.
9. **Bele, Y., Mulotwa, E., Bokoto de Semboli, B., Sonwa, D. et Tiani, A. (2010).** *Les effets du changement climatique dans le Bassin du Congo : la nécessité de soutenir les capacités adaptatives locales.* Aperçu sur l'adaptation-Afrique Centrale : 3, 1-4pp.
10. **BIED-Charreton, M. (2009).** *Sécheresse, désertification et développement en Afrique.* Cours de master2-UVSQ et CERDI. 53p.

11. **Bintou, D. (2010).** *Perceptions endogènes, analyses agroclimatiques et stratégies d'adaptation aux variabilités et changements climatiques des populations dans trois zones climatiques du Burkina Faso*, Rapport de stage, Centre Régional AGRHYMET, 75 p.
12. **Bohle, H., Downing, T. et Watts, M. (1994).** Climate change and social vulnerability: toward a sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change*. 4: 37–48pp.
13. **Boko. (1988).** *Climats et communautés rurales au Bénin : rythmes climatiques et rythmes du développement*. Thèse de Doctorat d'Etat. Tome 2, CRC, URA 909 CNRS, Université de Bourgogne, Dijon, 601 p.
14. **Bokoto de Semboli. (2008).** *Analyse de la vulnérabilité et identification de stratégies d'adaptation au changement climatique des communautés rurales dans les écosystèmes forestiers du sud-ouest de la république Centrafricaine*. Mémoire de fin d'Etudes de Master/DESS en Aménagement et gestion Participative des ressources Forestières, Université de Dschang, Paris, p.15.
15. **Boureima M., Abasse, A., Sotelo, Montes C., Weber, J., Katkoré, B., Mounkoro, B., Dakouo, J., Samaké, O., Sigué, H., Bationo, B. et Diallo. (2012).** *Analyse participative de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques : une guide méthodologique*. Occasional Paper 19. Nairobi:World Agroforestry Centre. 36p.
16. **Brétaudeau, A. (2010).** Agriculture et climat : les paysans au cœur de l'action, *Grain de sel*, numéro 49, 3p.
17. **Brétaudeau. (2010).** Quelle perception de la variabilité climatique par les agriculteurs et les éleveurs ? *Grain de sel*, numéro 49, 12p.
18. **Brooks, (2003).** *Vulnérabilité, risque et adaptation: un cadre conceptuel*, Centre Tyndall pour la recherche sur le Changement Climatique. University d'East Anglia, Norwich, 40p.
19. **Brou. (2005).** *Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire*. Mémoire de synthèse des activités pédagogiques, Abidjan, 226 p.
20. **Bruno, H. (2012).** *Changement climatique et conflits agropastoraux au sahel*. Note d'analyse de GRIP, 02 octobre 2012, Bruxelles.14p.
21. **Burton, Saleemul, H., Bolim, Olga, P. et Schipper. (2002).** *From impact assessment to adaptive priorities: the shaping of adaptive policy*. *Climate policy* 2 (2002) 145-159pp.

22. **CBLT, FEM et UICN. (2007).** *Plan de gestion de plaine d'inondation de wazalogue : inversion des tendances à la dégradation des terres et des eaux dans le bassin du Lac Tchad*, projet FEM/CBLT, Maroua. 58p.
23. **Chantereau, J. et Nicou. (1991).** *Le sorgho*. Editions Maisonneuve et Larose, Paris. 159 p.
24. **Chede, F. (2012).** *Vulnérabilité et stratégies d'adaptation au changement climatique des paysans du département des collines au Bénin : cas de la commune de Save*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de mastère en changement climatique et développement durable ; soutenu le 23 mai 2012. Centre Régional AGRHYMET.86 p.
25. **Dufour, C. et Larivière, V. (2012).** *Principales techniques d'échantillonnage probabilistes et non-probabilistes*, SCI6060 – Cours 4 (27 janvier 2012), 28p.
26. **Sérés, C. (2010).** Changement climatique et agriculture d'élevage en zone de montagne : premier élément de réflexion. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, n°58, mars 2010. P 21-34.
27. **Clark, D. (2006).** *Climate Change and Social/Cultural Values in the Southwest Yukon: A Resilience Building Perspective*, pour le Northern Climate Exchange, Waterloo, 41 p.
28. **Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable du Niger. (2006).** *Variabilité et changements climatiques observés et projetés*. Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques du Niger : Niamey. 1722p.
29. **CTA. (2008).** Le changement climatique nous frappe au cœur, *spore*, numéro hors-série, 24p.
30. **D'Ecole, R. (1996).** Représentation cartographique des facteurs de vulnérabilité des populations exposées à une menace volcanique. Application à la région du volcan Cotopaxi, modes d'analyse. *Revue de Géographie urbaine alpine* N°4, 87-96 pp.
31. **Delclaux. (2008).** *Rapport de la mission effectuée dans la plaine du Logone au Nord-Cameroun d'Octobre à Décembre*, rapport technique, UICN, Paris, 23p.
32. **Diop, M., Houdenou, C. et Richard. (1996).** *Variabilité des dates de début et de fin de l'hivernage au Sénégal*. Publication de l'AIC, 430-436 pp.

- 33. Djohy, G. L. (2017).** Nord Bénin : Variabilité climatique et stratégies d'adaptation des maraichers urbains et péri-urbains de la commune de Parakou. Edition Afrique francophone. *AGRIPADE*, volume 33- N°2. P 6-8.
- 34. Doukpolo. (2014).** *Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine*, mémoire de Doctorat en Géographie et Géosciences de l'Environnement (Agroclimatologie et Développement), Université d'Abomey-Calavi, 338p.
- 35. Dugué, M. J. (2012).** *Caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en agriculture paysanne*. 50 p.
- 36. ECOWAS et SWAC. (2008).** *Atlas on regional integration in West Africa: climate and climate change*, Editions ECOWAS, Abuja. 48p.
- 37. Faly, B. (2009).** Changements climatiques, Entre résilience et résistance, *AGRIDAPE*, Vol. 4, 4-5pp.
- 38. FAO. (1997).** *Changement du climat et production agricole*. Polytechnica, Rome, 375 p.
- 39. FAO. (2007).** *Situation mondiale de l'agriculture et de l'alimentation dans le monde, enseignements des 50 dernières années*, Rome, 312 p.
- 40. Fomekong, F. et Ngono. (2011).** *Changements climatiques, production agricole et effets sur la population au Cameroun*, Institut National de la Statistique, Cameroun, 4p.
- 41. APF. (2007).** *Le Changement climatique en Afrique*. Document présenté à la 8<sup>ème</sup> réunion du forum pour le partenariat avec l'Afrique à Berlin, Allemagne du 22 au 23 mai 2007, 18p.
- 42. Forum pour le Développement de l'Afrique. (2010).** *Agir face aux changements climatiques pour promouvoir un développement durable en Afrique*. Document présenté à la 7<sup>ème</sup> réunion du Forum pour le Développement de l'Afrique en 2010. 33 p.
- 43. GIEC. (2001).** *Bilan 2001 des changements climatiques : Les éléments scientifiques*. OMM, PNUE. Cambridge University Press., 90 p.
- 44. GIEC. (2007).** *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, 104p.

45. **GIEC. (2014).** *Changements climatiques, Incidences, adaptation et vulnérabilité.* Résumé à l'intention des décideurs, GIEC, Genève, p. 5.
46. **Gnassamo. (2002).** *La situation environnementale dans la plaine : l'urgence d'un diagnostic pluriel.* Rapport Séminaire Plan Directeur de Recherche pour la Plaine du Logone (Nord Cameroun) CEDC, Maroua.
47. **Gouataine, S. R. (2018).** *Effets des variabilités pluviométriques sur les systèmes de cultures et adaptations des agriculteurs dans la plaine du Mayo-kebbi (sud-ouest du Tchad).* Géographie. Université de Maroua, 2018. 80p.
48. **Gyampoh, B., Amisah, S., Idinoba, M. et Nkem. (2009).** *Using traditional knowledge to cope with climate change in rural Ghana,* Unasylva 231/232, Fao, Vol. 60: pp. 70 - 74.
49. **Handmer J, Dovers S et Downing T, 1999.** *Societal vulnerability to climate change and variability.* Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 4(3): 267-281pp.
50. **House, L. (1987).** *Manuel pour la sélection du sorgho (2e édition).* ICRISAT Patancheru, Andhra Pradesh 502324, Inde.
51. **IRAD. (2002).** *Rapport de synthèse du diagnostic discontinue de base de la province de l'Extrême-Nord.* Rapport d'étude, IRAD, Maroua. 80p.
52. **IRAD. (2013).** *Catalogue variétal des cultures annuelles du Nord Cameroun, campagne 2012-2013,* IRAD-Maroua. 86p.
53. **IPCC. (2007).** *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability.* 4 Report of IPCC Working Group II, IPCC, Geneva, [en ligne]: <http://www.ipcc.ch>.
54. **Bosco Vodounou, J. et Onibon Doubogan, Y. (2016).** Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin. *Cyber géo : European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 794, mis en ligne le 15 novembre 2016, consulté le 03 avril 2019. 80p.
55. **Sanou, K., Amadou, S., Adjegan, K. et Tsatsu, K. (2018).** Adaptation des producteurs agricole aux changements climatiques au nord Togo. *Agronomie Africaine* 30 (1), 87 – 97 pp.
56. **Le Petit Robert. (2012).** *dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française.*
57. **Leary, N., Kulkarmi, J. et Seipt. (2007).** *Assessments of impacts and adaptation to climate change: Summary of the final report of the AIACC project,* Sppecial report, START, Washington. 54p.

- 58. Lecaillon, J. et Morrisson. (1984).** *Politiques macroéconomiques et performances agricoles : le cas de la Haute-Volta*. Organisation de coopération et de développement économique.rap.mult. 145 p.
- 59. Lesourd, J. L. (2003).** Cultures vivrières et cultures commerciales en Afrique occidentale : la fin d'un dualisme ? In « *L'Afrique. Vulnérabilité et défis* », Lesourd M. (coord.) Collection Questions de géographie, Nante (France), Edition du Temps, 447p.
- 60. Lo, H. et Kaere. (2009).** L'Afrique et les changements climatiques : enjeux et défis multiples. *AGRIDAPE*, 24(4) : 6-7 pp.
- 61. Loth. (2004).** *The return of the water: Restoring the Waza Logone floodplain in northern Cameroon*, UICN, Cambridge.80p.
- 62. Demilly, M. S. (2002).** *Les négociations climatiques internationales : Enjeux et perspectives dans l'espace francophone* ; Projet de rapport de la commission de la coopération et du développement, 35p.
- 63. Grawitz, M. (1993).** *Méthodes des sciences sociales*, Paris, Dalloz, 9e édition, 870 p.
- 64. Magazda. (2002).** *Emerging issues in sustainable water resources management in Africa*, paper presented at United Nation University workshop on "Lakes and reservoirs as important elements of international water systems", Tokyo, 14-27pp.
- 65. Magnan, A. (2009).** *Proposition d'une trame de recherche pour appréhender la capacité d'adaptation au changement climatique*. *Vertigo*, 9 (3): 8-10pp.
- 66. Mainam. (2002).** *Inondation et propriété du sol de la plaine du Logone*, Rapport Séminaire Plan Directeur de Recherche pour la plaine du Logone (Nord Cameroun), CEDC, Maroua. 58p.
- 67. Manon, P. (2016).** *L'adaptation de l'agriculture au changement climatique : quelles échelles territoriales d'action et de planification ?* Mémoire pour le Master. Université d'Aix-Marseille, faculté de Droit et de Science Politique, spécialité Droit et Métier de l'Urbanisme, Mention en Droit patrimonial, immobilier et notarial. 71p.
- 68. Mapfumo. (2008).** Farmer's perception lead to experimentation and learning, *LEISA-Magazine on Low External Input and Sustainable Agriculture*, Vol. 24, No 4, 30-31pp.
- 69. Fluet, M. J. (2006).** *Impact des changements climatiques sur les agriculteurs de la province de Zondoma au Burkina-Faso : Adaptation, savoir et vulnérabilité*. Mémoire

en Science de l'Environnement et soutenu en Novembre 2006. Université du Québec à Montréal. 131p.

- 70. Tsalefac, M., Feumba, R. A., Kana, C., Ngapgue, J. N., Chetima, B., Kuhn, D., Tchindjang, M., Fantong, W. et Nguemadji Moussa, J. M. (2015).** *Plan National d'Adaptation au Changement Climatique du Cameroun (PNACC)*.154p.
- 71. McCarthy, J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D. et White, K. (2001).** *Climate change: impacts, adaptation and vulnerability*. The Press Syndicate of the University of Cambridge. 1005p.
- 72. Mémento de l'agronome. (2002).** *CIRAD*, Version numérique. 180p.
- 73. MINEPIA. (2013).** *Rapport final de l'étude de faisabilité d'un programme a la sécurité et la gestion intégrée des ressources agropastorales du Nord-Cameroun*. 18p.
- 74. Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières du Togo. (2007).** *Etudes de vulnérabilité, identification des principales, Mesures d'adaptation et des options prioritaires de riposte aux changements climatiques*. PANA : Lomé ; 56-57.
- 75. Ministère du Développement Rural Direction et de l'Environnement de la Mauritanie. (2004).** *Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques : Nouakchott* ; 13-54pp.
- 76. Mitchell. (2001).** *Cultural Geography - A Critical Introduction*, 2000, Oxford / Malden (Mass.), Blackwell, 325p.
- 77. Morel, M., Braud, R. et Quantin. (2008).** Fluctuation climatique et variabilité interannuelle des cultures dans un essai d'assolement à long terme en Centrafrique. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 51, 139-149p.
- 78. Moron. (1994).** *Variabilité des précipitations en Afrique au Nord de l'équateur (1933-990) et relation avec les températures de surface océanique et dynamique de l'atmosphère*. Thèse de Doctorat, Bourgogne, 219 p.
- 79. Ndjendole. (2001).** *Contraintes pluviométriques sur les cultures annuelles en Centrafrique : l'exemple de la culture cotonnière*. Thèse de doctorat en Climatologie, CRC Dijon, Université de Bourgogne, 227 p.
- 80. NEPAD. (2007).** *Les changements climatiques et l'Afrique, Rapport de la 8<sup>ème</sup> Réunion du Forum pour le Partenariat avec l'Afrique*, NEPAD, Berlin. 16 p.
- 81. Nhemachena, C. et Hassan. (2007).** Micro-level analysis of farmer's adaptation to climate change in Southern Africa, *IFPRI discussion paper* no 00714, IFPRI, Washington.

- 82. Niang. (2009).** Le changement climatique et ses impacts : les prévisions au niveau mondial. In : *IEPF (eds.)*. Adaptation au changement climatique, Liaison Energie-Francophonie, 85 : 13 – 19p.
- 83. Ogouwalé. (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.
- 84. Oijen et Kemdo. (1985).** *Les Yaéré relevés : une description phytoécologique de la végétation de la plaine d'inondation du Logone, Nord-Cameroun*, Centre des Etudes de l'Environnement au Cameroun (CEDC), CEDC, Leiden. 40p.
- 85. Olivry. (1983).** Le point en 1982 sur la sécheresse en Sénégambie et aux îles du Cap-Vert : Examen de quelques séries de longue durée (débit et précipitation). *cah.ORSTOM.série Hydrol.*, 20, 1, p.47-49.
- 86. OMM. (2012).** *Guide d'utilisation de l'indice de précipitation normalisé*, n°1090, Genève, 17 p.
- 87. ONACC. (2018).** *Pluviométrie et température dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun : analyse de l'évolution de 1950 à 2015 et projections jusqu'à l'horizon 2090*, 130 p.
- 88. Oxfam. (2010).** *La faim au sahel : une urgence permanente ? Tout faire pour que la prochaine sécheresse ne cause pas une nouvelle crise humaine*, 2-3pp
- 89. Pagny. (1973).** *La Climatologie*. QSJ ? PUF, Paris, 190 p.
- 90. Pittock, B. (2007).** *Climate change: Turning up the heat*, Cromwell Press Ltd, London.
- 91. PCD. (2013).** *Plan du Développement Communal de l'arrondissement de Kousséri*. 173 p.
- 92. PNUD. (2008).** *Rapport mondial sur le développement humain 2007-2008, la lutte contre le changement climatique : un impératif de solidarité humaine dans un monde divisé*, New York, PNUD.391 p.
- 93. Ristanovic. (2001).** Le Maïs : 44 -70 In : *Raemakers, R.H.* : Agriculture en Afrique tropicale. DGCI, Ministère des affaires Etrangère et de la coopération Extérieure, Bruxelles : 1634 p.
- 94. Roufai, M. et Chakirou. (2007).** *Réchauffement et agriculture durable en Afrique : Elément pour un débat*. Ecole Doctorale de Paris-Sorbonne, UFR de Géographie et Aménagement. 58p.

- 95. Salack, S., Traoré, B. et Sarr, B. (2006).** *Synthèse sur la collecte, la mise en forme et le stockage des données climatologiques des pays du CILSS, et Etude d'impacts des changements climatiques sur la production agricole au Sahel*, Rapport de stage, Centre Régional AGRHYMET, 95 p.
- 96. Sarr, B. et Lona. (2007).** *Les fortes pluies et les inondations enregistrées au Sahel au cours de l'hivernage 2007 : variabilité et / ou changement climatique*. 14ème Colloque International, SIFEE « Changement climatique et évaluation Environnementale » Outils et enjeux pour l'évaluation des impacts et l'élaboration des plans d'adaptation, Niamey 26-29 mai. 29 p.
- 97. Sarr, B. (2009).** Recrudescence des fortes pluies et des inondations dans un contexte de changement climatique. *Le Sahel face aux changements climatiques : Enjeux pour un développement durable*. Centre Régional Agrhymet, CILSS, Niamey, Spécial: p.9-10.
- 98. Schubert. (2009).** *Climate change as a risk security*, German Advisory Council on Global Change (WBGU), Berlin.
- 99. Sighomnou. (2002).** *Hydrodynamique et évolution récente des inondations de la plaine du Logone-Extrême (Nord-Cameroun)*, Rapport Séminaire Plan Directeur de Recherche pour la plaine du Logone, Nord Cameroun, CEDC, Maroua. 168p.
- 100. Simonet. (2009).** *Concept d'adaptation: polysémie interdisciplinaire et implication pour les changements climatiques*, Nature, Science, Société, 17, 392-401 (2009). 11p.
- 101. Smit et Wadel. (2006).** Adaptation, adaptative capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16 (3) p.282-292.
- 102. Sousouna, J. F. et Guyomard, H. (2012).** *L'agriculture faces aux aléas : de la variabilité du climat à la volatilité des prix*. s.l.. 24 p.
- 103. UICN. (2010).** *Rapport de mission de l'équipe du projet pastoralisme à Kousséri*. 12p.
- 104. UNFCCC. (1992).** *Les chapitres de l'agenda 21*, United Nations, Washington, 18p.
- 105. Vanden, P. R. (1981).** *Les principales cultures en Afrique centrale*. Bruxelles : 125p.
- 106. Vanden, P. R. (1991).** *Les principales cultures en Afrique Centrale*, Ed. L'Harmattan, Paris : 125 p.

107. **Vissin. (2001).** *Contribution à l'étude de la variabilité des précipitations et des écoulements dans le bassin béninois du fleuve Niger.* Mémoire de DEA en Climatologie, CRC Dijon, Université de Bourgogne, 52 p.
108. **Wade Cheikh, T., Oussouly, T. et Mamadou, D. (2015).** *Gestion des risques climatiques.* Rapport d'étude, PRISE, 96 p.
109. **Wneil, A. et Mick, K. (1999).** *Stratégies d'adaptation et d'atténuation au changement global* 4 (3), 1999, p.253-266.
110. **Yao, T. B. (2005).** La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles, *Cahiers Agricultures* vol. 14, n° 6, 8p.
111. **Zhao, Y., Wang, C. et Wang. (2005).** *Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the sub-humid and humid tropics.* *Climate Change*, 70, p.71-116.

**ANNEXES**

## ANNEXE I: Fiche d'enquête N°... (Producteurs)

*Le présent questionnaire est destiné aux Producteurs. Il a pour but de collecter les informations et d'appréhender les indicateurs, les perceptions et les stratégies d'adaptation des populations à l'évolution du climat, les mutations intervenues dans les systèmes cultureaux dans un contexte climatique marqué par une péjoration pluviométrique. Il vise également à dresser de façon détaillée l'ampleur des dites mutations dans l'arrondissement de Kousséri depuis les années 1959 à 2018. La présente recherche s'inscrit dans le cadre des travaux d'un mémoire de Master dans l'option « Dynamique de l'environnement et Risque », spécialité « Climatologie et Biogéographie », à l'université de Yaoundé I.*

### I. Identification

- Profession: .....
- Age : .....
- Village : .....
- Niveau d'instruction : a) primaire b) secondaire c) universitaire d) aucun (analphabète)
- Situation matrimoniale : .....

### II. Présentation de la dynamique du climat

1. *Quels sont les problèmes que faites-vous face à la pratique de*

*l'agriculture ?*.....  
 .....  
 .....

2. *Avez-vous constaté une réduction des pluies ? oui ou non ? si oui depuis quelle période ?*

0 à 5 ans	5 à 10 ans	10 à 15 ans	15 à 20 ans	20 à 25 ans	25 à 30 ans	30 ans et +

3. *Avez-vous constaté une augmentation des températures ? oui ou non ? si oui, depuis quelle période ?*

0 à 5 ans	5 à 10 ans	10 à 15 ans	15 à 20 ans	20 à 25 ans	25 à 30 ans	30 ans et +

4. *Quel est l'indice des variabilités climatiques qui menace plus l'agriculture dans votre village ? Répondez par ordre en utilisant les chiffres 1, 2, 3, 4 et 5.*

<i>Sécheresse</i>	<i>Inondation</i>	<i>Raccourcissement de la saison pluvieuse</i>	<i>Températures élevées</i>	<i>Autres à préciser</i>

5. Ces phénomènes climatiques ont augmenté dans votre localité au cours de quelle période ?

<i>0 à 5 ans</i>	<i>5 à 10 ans</i>	<i>10 à 15 ans</i>	<i>15 à 20 ans</i>	<i>20 à 25 ans</i>	<i>25 à 30 ans</i>	<i>30 ans et +</i>

### III. Effets des perturbations climatiques sur la production agricole

#### a. Etat des lieux de l'agriculture

1. Quels sont le type de culture que vous pratiquez plus ?

<i>Maïs</i>	<i>Manioc</i>	<i>Arachide</i>	<i>Sorgho</i>	<i>Sésame</i>	<i>Mil</i>	<i>Riz</i>

2. Quels sont les produits alimentaires consommés dans votre village ?

<i>Maïs</i>	<i>Manioc</i>	<i>Arachide</i>	<i>Sorgho</i>	<i>Sésame</i>	<i>Mil</i>	<i>Riz</i>

3. Quelle est la superficie des terres cultivées par habitant dans la localité ?

	<i>-1ha</i>	<i>1 à 2 ha</i>	<i>2 à 4 ha</i>	<i>4 à 6 ha</i>	<i>6 à 8ha</i>	<i>8 à 10 ha</i>	<i>10 ha et +</i>
<i>Maïs</i>							
<i>Manioc</i>							
<i>Arachide</i>							
<i>Sorgho</i>							
<i>Sésame</i>							
<i>Mil</i>							
<i>Riz</i>							

4. Les saisons agricoles se déroulent t-elles de la même façon qu'auparavant ? Oui  Non

<i>Tardives</i>	<i>Normales</i>	<i>Précoces</i>

Pourquoi ?.....  
.....

5. A quel mois vous commencent à semer dans le passé ?

<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juillet</i>

6. A quel mois vous commencez à semer aujourd'hui ?

<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juillet</i>

7. Vous commencez la récolte à quel mois de l'année dans votre localité ?

<i>Septembre</i>	<i>Octobre</i>	<i>Novembre</i>

8. Quels sont les instruments agricoles que vous utilisez ?

<i>Machette</i>	<i>Houe</i>	<i>Hache</i>	<i>Charrue</i>	<i>Motoculteur</i>	<i>Autres (citer)</i>

9. L'Etat vous vient-il en aide ? Oui  Non

Si oui, en quoi

faisant?.....  
.....

11. Quels sont les types de semences qu'utilisez-vous ? Traditionnelles  Améliorées

D'où viennent-elles? .....

12. Quelle est leur production par hectare ?

<i>0 à 1 tonne</i>	<i>1 à 2 tonnes</i>	<i>2 à 3 tonnes</i>

13. Quelles sont les techniques de cultures que vous utilisez ?

<i>Semi échelonné</i>	<i>Rotation</i>	<i>Culture sur brûlis</i>	<i>Jachère</i>

b. Effets des perturbations climatiques sur les cultures (répondre par OUI ou NON)

14. Quels sont les effets des variabilités climatiques sur les cultures ?

<i>Effets perçus</i>	<i>OUI ou NON</i>
<i>Flétrissement et assèchement des cultures</i>	
<i>Baisse des rendements</i>	
<i>Apparition des maladies de culture</i>	
<i>Destruction des cultures par les termites</i>	
<i>Destruction des cultures par les animaux sauvages ou domestiques</i>	
<i>Destruction des cultures par les chenilles défoliatrices</i>	
<i>Prolifération des oiseaux granivores</i>	
<i>Envahissement des champs par les mauvaises herbes</i>	
<i>Destruction des cultures par les souris</i>	
<i>Autres effets</i>	

15. Quelles sont les cultures les plus sensibles aux aléas climatiques ?

<i>Maïs</i>	<i>Manioc</i>	<i>Arachide</i>	<i>Sorgho</i>	<i>Sésame</i>	<i>Mil</i>	<i>Riz</i>	<i>Autres</i>

16. Quel est le facteur qui a le plus d'effet sur la production agricole ?

<i>Précipitation</i>	<i>Température</i>	<i>Sol</i>	<i>Autres</i>

17. Quelle est l'évolution de productions agricoles au cours des dix dernières années ?

<i>Baisse</i>	<i>Stable</i>	<i>Evolution</i>

18. Quelle est la principale cause des variations de la production agricole ?

<i>Climat</i>	<i>Choix des variétés</i>	<i>Variation des superficies cultivées</i>	<i>Changement de système de culture</i>	<i>Faiblesse des prix des produits agricoles</i>	<i>Autres</i>

#### IV. Mesures d'adaptation

##### 1. Quelles sont les mesures que vous prenez pour faire face aux variabilités climatiques ?

<i>Effets des changements climatiques sur les cultures</i>	<i>Stratégies d'adaptation adoptées par les agriculteurs</i>	<i>Oui ou Non</i>
<i>Flétrissement et assèchement des cultures</i>	<i>Usage de l'irrigation ;</i>	
	<i>Usages des variétés résistantes aux sécheresses ;</i>	
	<i>Diversification des cultures ;</i>	
	<i>Usage des variétés à cycle court ;</i>	
	<i>Resemis .</i>	
<i>Baisse des rendements</i>	<i>Usage de l'irrigation ;</i>	
	<i>Usage des engrais chimiques ou organiques ;</i>	
	<i>Diversification des activités génératrices de revenus ;</i>	
	<i>Réception de l'aide alimentaire ;</i>	
	<i>Diversification des cultures.</i>	
<i>Apparition des maladies de culture</i>	<i>Usages des produits chimiques ;</i>	
	<i>Traitement des semences ;</i>	
	<i>Utilisation des semences améliorées ;</i>	
	<i>Aucune idée (rien).</i>	
<i>Destruction des cultures par les termites</i>	<i>Usages des produits chimiques ;</i>	
	<i>Traitement des semences ;</i>	
	<i>Rien.</i>	
<i>Destruction des cultures par les animaux sauvages ou domestiques</i>	<i>Surveillance ;</i>	
	<i>Usage des haies vives ou mortes ;</i>	
	<i>Réception de l'aide alimentaire ;</i>	
	<i>Rien.</i>	
<i>Destruction des cultures par les chenilles défoliatrices</i>	<i>Usages des produits chimiques ;</i>	
	<i>Traitement des semences ;</i>	
	<i>Rien.</i>	
<i>Prolifération des oiseaux granivores</i>	<i>Usages des variétés non appréciées par les oiseaux ;</i>	
	<i>Pulvérisation des parcelles ;</i>	
	<i>Surveillance ;</i>	
	<i>Usage des objets et masques de dissuasion.</i>	
<i>Autres effets (citez-les)</i>	<i>-</i>	
	<i>-</i>	

4. Pensez-vous qu'il y'a d'autres mesures d'adaptation aux variabilités climatiques que vous êtes actuellement incapables de suivre par manque de moyens ?

<i>Mesures d'adaptation</i>	<i>Facteurs empêchant leur mise en œuvre</i>

*Je vous remercie d'avoir accepté de remplir ce questionnaire*

## ANNEXE II : Fiche d'enquête n° (Cadres de l'État, ONG, société civile)

*L'entretien est mené dans le cadre d'une étude académique portant sur : la vulnérabilité et adaptation de la production du sorgho et du maïs à la variabilité climatique dans l'arrondissement de Kousséri (Extrême-Nord) entre 1959 et 2018. En effet, les informations recueillies sont confidentielles et serviront à des fins statistiques pour la réalisation de notre mémoire, dans ce cas elles ne peuvent faire l'objet d'aucune répression juridique ou fiscale.*

### **I. Identification**

- Profession :
- Age :
- Village :

1. *Quelles sont selon vous les causes de la baisse de la production agricole à Kousséri ?*
2. *Cette baisse est-elle liée essentiellement aux perturbations climatiques ?*
3. *Connaissez-vous d'autres facteurs non climatiques de la baisse de la production agricole ?*
4. *Quelles sont les stratégies institutionnelles élaborées pour anticiper les incidences des déficits de rendements agricoles ?*
5. *Comment arrivez-vous à prévoir la mauvaise récolte et les déficits de rendements agricoles ?*
6. *Quels sont les projets exécutés, en cours d'exécution ou à exécuter et dont l'objectif est de réduire les impacts des variabilités climatiques sur l'agriculture à Kousséri ?*
7. *Quels sont les impacts potentiels des variabilités climatiques sur la production agricole dans l'arrondissement de Kousséri ?*
8. *Prenez-vous des décisions qui soient en rapport avec l'évolution du climat pour la préparation et le suivi de la campagne agricole ?*  
*Si oui, quelles sont ses décisions ?*
9. *Quelles sont les stratégies envisagées et que vous conseillez déjà aux populations pour parer aux effets négatifs potentiels des variabilités climatiques sur la production agricole ?*

10. Quelles sont les mesures que vous avez déjà prises pour faire face à la baisse de la production agricole lors des sécheresses et inondations connues ?

<i>Mesures prises</i>	<i>Contraintes liées à la mesure</i>

3. Quelles mesures peut-on prendre pour garantir la réussite d'une campagne agricole et réaliser une bonne production agricole si les sécheresses et les inondations venaient de se répéter et quelles en sont les contraintes ?

<i>Mesures envisageables</i>	<i>Contraintes liées à la mesure</i>

4. Pourriez-vous nous faire un commentaire sur les conséquences des variabilités climatiques sur la production agricole à Kousséri

*Je vous remercie d'avoir accepté de remplir ce questionnaire*

**ANNEXE III : Évolution des productions agricoles et des rendements de quelques cultures de l'arrondissement de Kousséri entre 1989 et 2018**

Années	Maïs			Années	Sorgho		
	Sup(ha)	Prod(t)	Rend(t/ha)		Sup(ha)	Prod(t)	rend(t/ha)
1989	1350	865	0,64	1989	855	1800	2,1
1990	1400	980	0,7	1990	790	1900	2,4
1991	1900	2500	1,31	1991	536	998	1,86
1992	1510	1800	1,19	1992	639	1248	1,95
1993	1300	965	0,74	1993	780	2164	2,77
1994	750	1900	2,53	1994	605	1316	2,17
1995	810	2243	2,76	1995	498	941	1,88
1996	900	1809	2,01	1996	350	800	2,28
1997	942	1600	1,69	1997	2261	4200	1,85
1998	630	1912	3,03	1998	657	2000	3,04
1999	432	985	2,28	1999	914	1360	1,48
2000	760	1777	2,33	2000	1230	2954	2,4
2001	899	2245	2,49	2001	860	1121	1,3
2002	912	1897	2,08	2002	1500	3450	2,3
2003	964	1098	1,13	2003	800	1688	2,11
2004	1978	1400	0,7	2004	2300	2300	1
2005	2000	1319	0,56	2005	1600	1585	0,99
2006	2250	1125	0,5	2006	1500	750	0,5
2007	2300	920	0,4	2007	1550	775	0,5
2008	1800	1800	1	2008	1000	1200	1,2
2009	1500	1333	0,8	2009	976	900	0,92
2010	1650	1500	0,9	2010	980	800	0,81
2011	1052	2104	2	2011	700	700	1
2012	1000	2500	2,5	2012	770	1309	2,37
2013	762	999	1,31	2013	820	600	0,73
2014	807	1210	1,49	2014	700	420	0,6
2015	900	810	0,9	2015	700	840	1,2
2016	940	1128	1,2	2016	715	643	0,89
2017	238	262	1,1	2017	400	320	0,8
2018	724	1200	0,75	2018	487	800	1,64

**Source :** Délégation d'arrondissement du MINADER de l'arrondissement de Kousséri, 2019

**ANNEXE V : Données thermiques de l'arrondissement de Kousséri de 1959 à 2018**

A/M	Jan.	Fév.	Ma.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Dec.
1959	26,8	30,7	37,4	41,2	40,2	37,9	35,7	31,1	35,1	36,1	33,4	33,1
1960	27,9	30,5	38,9	40,4	40,8	37,3	34,6	31,6	35,6	37,7	33,8	32,8
1961	26,6	32,6	36,9	40,3	40,4	38,9	34,8	31,9	34,8	37,8	35,2	33,3
1962	28,9	29,5	34,8	40,5	39,9	37,9	34,8	31,5	34,2	36,5	35,9	34,2
1963	29,2	28,6	39,9	41,6	39,7	37,2	35,7	32,6	34,8	36,7	34,8	34,8
1964	31,8	31,5	40,6	40,5	40,5	37,6	34,2	32,6	35,3	37,2	34,7	34,1
1965	30,6	29,9	35,8	40,2	41,8	36,8	34,6	32,5	34,6	37,8	34,4	33,7
1966	29,8	28,7	34,9	41,8	41,3	37,2	34,7	33,6	34,4	38,9	35,7	33,1
1967	30,5	29,6	39,8	40,6	40,4	36,8	35,6	31,4	35,1	38,5	35,6	31,6
1968	28,8	30,9	37,2	41,2	40,5	36,4	35,4	32,1	35,3	38,6	35,9	32,8
1969	26,9	ND	39,2	41,4	41,8	36,5	34,6	31,5	34,2	38,9	35,5	33,6
1970	29,4	30,6	ND	41,1	41,9	36,4	34,2	31,3	34,5	38,2	35,7	33,2
1971	31,3	30,8	37,6	ND	ND	36,8	34,1	31,2	36,4	39,6	36,7	33,1
1972	31,5	30,2	39,9	41,3	41,8	37,2	33,6	31,6	35,6	39,4	36,2	33,4
1973	32,9	33,6	41,3	42,8	40,4	37,7	32,8	ND	35,2	39,2	ND	32,6
1974	33,2	33,9	42,6	42,2	42,9	36,4	32,5	31,4	34,8	39,7	35,2	33,6
1975	29,9	32,4	41,8	40,1	40,3	38,1	32,9	31,5	34,2	39,5	34,2	33,9
1976	29,8	31,8	40,5	41,8	40,6	37,5	34,5	30,9	34,7	39,7	34,1	32,4
1977	30,8	30,6	ND	41,3	41,7	36,1	34,2	31,3	35,5	39,1	34,5	33,4
1978	30,4	29,5	40,4	41,9	41,2	36,9	32,3	32,2	35,2	39,2	36,5	34,2
1979	28,4	29,8	39,8	ND	41,8	37,7	32,6	32,4	36,5	39,5	36,4	33,1
1980	29,6	28,9	38,9	41,7	40,5	40,6	33,4	31,4	34,4	38,3	36,2	34,9
1981	30,1	29,9	38,5	41,6	41,1	40,3	33,5	32,5	34,8	38,1	36,8	34,1
1982	30,4	30,2	39,8	41,2	42,2	38,6	34,3	32,6	34,8	38,4	ND	33,5
1983	31,9	30,4	38,7	40,6	40,3	37,4	33,7	33,2	34,6	38,2	36,4	33,7
1984	32,4	33,2	40,8	41,5	40,6	36,2	35,4	32,8	35,6	ND	36,7	33,8
1985	30,1	31,4	41,6	ND	41,8	37,8	35,8	33,6	35,2	39,8	36,2	34,2
1986	29,2	30,5	42,5	40,8	40,4	37,2	34,5	ND	35,6	38,2	36,3	34,6
1987	29,4	30,2	39,5	40,4	40,1	41,2	35,8	33,2	34,4	38,5	36,9	33,8
1988	29,7	29,6	39,2	40,6	40,5	37,2	35,7	33,6	ND	39,6	36,8	33,6
1989	26,9	28,7	37,4	40,4	40,2	41,5	35,9	32,9	34,1	38,5	36,8	33,2
1990	27,7	29,2	36,8	ND	40,6	40,8	ND	32,8	35,3	38,2	36,1	33,9
1991	32,8	31,6	35,8	43,8	42,5	40,2	36,8	ND	36,7	38,4	36,3	33,1
1992	30,4	31,9	35,2	41,2	41,8	ND	35,7	33,4	36,5	38,5	36,2	33,4
1993	ND	32,9	38,5	41,1	41,9	42,1	35,7	34,6	36,4	38,7	36,2	34,3
1994	ND	33,4	39,5	41,8	42,9	37,2	37,5	33,6	35,5	38,3	36,3	34,1
1995	33,7	32,8	ND	40,4	42,7	41,8	37,2	33,9	35,4	39,6	37,4	34,9

<b>1996</b>	29,6	29,8	36,8	41,8	42,8	40,4	37,9	33,8	36,2	38,2	37,1	ND
<b>1997</b>	30,5	29,9	39,8	42,9	42,6	40,2	37,2	34,7	36,6	38,5	ND	34,2
<b>1998</b>	31,8	32,8	40,5	42,7	42,8	40,5	37,3	34,1	36,3	38,5	36,8	33,6
<b>1999</b>	32,8	30,9	36,7	43,7	42,5	38,2	37,4	34,2	35,8	39,6	36,9	33,8
<b>2000</b>	32,6	31,8	35,8	42,8	ND	39,9	37,3	34,7	35,9	39,5	37,2	ND
<b>2001</b>	31,7	31,3	38,8	42,6	42,3	39,8	37,5	33,7	36,7	39,1	37,4	34,8
<b>2002</b>	30,3	30,4	34,8	42,6	43,3	ND	37,3	33,4	36,3	39,4	36,5	34,8
<b>2003</b>	34,8	33,5	ND	43,4	42,6	40,5	36,7	33,2	36,8	39	36,8	35,9
<b>2004</b>	34,2	32,6	40,9	43,9	43,8	38,5	37,9	ND	36,9	38,4	36,1	36,3
<b>2005</b>	30,5	30,7	40,4	43,5	43,1	38,2	37,6	34,6	36,8	38,6	36,2	37,2
<b>2006</b>	31,8	32,6	39,6	43,8	43,7	39,2	37,3	34,8	37,4	39,1	36,1	36,1
<b>2007</b>	31,7	29,2	40,6	43,7	43,2	40,1	37,6	34,2	37,2	39,5	36,4	36,3
<b>2008</b>	32,4	28,5	40,4	43,6	43,1	40,3	37,2	34,6	37,3	38,5	36,8	36,8
<b>2009</b>	32,2	30,8	40,3	43,9	43,7	40,2	37,6	34,3	37,2	38,3	36,1	36,4
<b>2010</b>	ND	ND	ND	43,6	43	ND	33,3	30,3	29,5	ND	ND	34,3
<b>2011</b>	ND	38,9	ND	42,1	41,8	38,2	35,6	32,2	34,8	ND	37,1	ND
<b>2012</b>	33,1	38,4	38,4	43,2	40,1	34,7	32	33,3	33,6	ND	39,9	34,3
<b>2013</b>	ND	37,8	37,8	42,3	35,9	34,7	35,2	30,7	30,6	38,1	37,3	ND
<b>2014</b>	ND	35,5	39,5	41,5	40,2	39,9	35,9	30,8	33,7	36,7	37,8	33,4
<b>2015</b>	31,3	37,6	34,4	ND	ND	39,5	34,9	32,4	ND	ND	ND	ND
<b>2016</b>	31	ND	33,8	37,7	36,4	ND	33,1	31,4	34	37,5	37,6	34,8
<b>2017</b>	35,2	27,9	40,1	41,8	42,7	37,3	ND	29,3	34,3	38,5	36,9	ND
<b>2018</b>	31	39,3	40,5	42,8	41,5	36,9	32,8	31,3	33	36,6	36,6	37,2

**Source :** DMN, 2019 (ND : Non Disponible corrigé)

**ANNEXE VI: Précipitations moyennes mensuelles et interannuelles de l'arrondissement de Kousséri entre 1959 et 2018**

A/M	Janv	Fev	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	A.	Sept	Oct	Nov	Déc
1959	0	0	0	0	103,6	146,4	280,5	239,8	191,7	99,4	0	0
1960	0	0	0	0	88,4	165,6	243,6	208,5	201,2	98,6	0	0
1961	0	0	0	0	98,6	119,9	232,4	202,3	176,8	75,8	0	0
1962	0	0	0	0	112,3	120	165,9	ND	199,8	75,3	0	0
1963	0	0	0	0	105,8	132,7	209,5	267,8	188,7	45,8	0	0
1964	0	0	0	0	65,2	164,1	213,6	287,4	198,5	76,3	0	0
1965	0	0	0	0	89,2	210,9	139,9	231,9	177,3	43,1	0	0
1966	0	0	0	1,5	108,5	93	233,8	198,4	132,9	34,9	0	0
1967	0	0	0	0,3	60,4	70,7	ND	231,8	164,3	26,8	0	0
1968	0	0	0	0	ND	102,8	233,7	265,7	122,1	76,4	0	0
1969	0	0	0	0	54,4	155,4	301,2	308,5	130,1	43,8	0	0
1970	0	0	0	0	46,8	155,9	298,5	321,8	187,2	10,9	0	0
1971	0	0	0	0,9	43,8	83,2	155,9	344,3	121,8	ND	0	0
1972	0	0	0	0	80,9	110,8	199,7	231,1	111,9	55,8	0	0
1973	0	0	0	0	47,9	72,8	235,8	288,4	98,6	43,2	0	0
1974	0	0	0	0	98,5	115,8	187,6	266,6	131,9	21,9	0	0
1975	0	0	0	0	104,9	123	ND	232,4	132,7	54,8	15,8	0
1976	0	0	0	0	83,4	160,6	211,7	277,4	143,5	90,7	0	0
1977	0	0	0	9,4	101,5	167,3	290,7	271,8	ND	34,6	0	0
1978	0	0	0	0	98,8	123,7	218,5	283,7	86,3	43,6	0	0
1979	0	0	0	0	54,2	146,3	297,9	188,3	165,9	88,4	0	0
1980	0	0	0	2,7	55,9	122,5	208,8	194,1	93,8	46,8	0	0
1981	0	0	0	0	73,9	202,1	176,9	132,3	98,5	32,9	0	0
1982	0	0	0	0	35,9	175,9	154,9	119,6	89,8	43,5	0	0
1983	0	0	0	0	87,4	134,9	164,8	144,6	102,9	33,6	0	0
1984	0	0	0	0	ND	120,6	127,9	176,9	88,2	59,3	12,5	0
1985	0	0	0	0	39,7	164	133,8	214,6	76,9	44,2	0	0
1986	0	0	0	0	64,8	102,3	109,5	208,6	65,3	54,9	0	0
1987	0	0	0	0	43,3	187,3	138,8	198,5	47,8	23,5	0	0
1988	0	0	0	0	45,6	123,8	167,7	199,6	115,6	29,6	0	0
1989	0	0	0	0,8	45,8	142,7	155,6	122,5	86,8	43,6	0	0
1990	0	0	0	0	49,1	162,8	ND	122,8	143,5	56,3	0	0
1991	0	0	0	0	36,7	112,2	232,8	154,3	88,6	12,6	0	0
1992	0	0	0	0	94,9	148,9	143,8	222,8	187,2	44,8	0	0
1993	0	0	0	20,5	101,5	89,6	189,6	233,9	122,5	42,2	0	0
1994	0	0	0	0	62,5	190,9	204,3	136,3	129,9	85,8	0	0
1995	0	0	0	0	ND	159,6	204,9	233,8	132,7	99,9	8,3	0
1996	0	0	0	0	99,9	98,5	121,9	124,6	143,9	23,6	0	0
1997	0	0	0	0	50,3	112,3	199,7	151,9	102,8	21,4	0	0

1998	0	0	0	0	47,8	48,9	89,6	232,7	198,7	55,9	0	0
1999	0	0	0	0	48,4	156,9	232,8	ND	198,6	43,4	0	0
2000	0	0	0	0	59,8	90,8	249,7	196,8	40,4	39,1	0	0
2001	0	0	0	1,2	18,1	45,8	135,9	162,7	250,7	121,8	0	0
2002	0	0	0	0	0	111,2	231,9	147,4	128,8	30,8	0	0
2003	0	0	0	0,4	109,3	51,1	189,9	208,5	122,8	16,7	0	0
2004	0	0	0	38,7	160,8	52,8	201,1	123,8	51,6	28,6	0	0
2005	0	0	0	0	15,3	201,8	170,7	189,3	102,5	112,8	0	0
2006	0	0	0	1	31,7	87,4	199,7	295,2	167,8	37,6	0	0
2007	0	0	0	0	10,5	123,4	175,3	196,7	187,5	34,5	16,5	0
2008	0	0	0	0	44,7	77,8	215,8	193,3	81,6	55,2	0	0
2009	0	0	0	0	0	12,7	190,7	288,9	122,5	60,5	0	0
2010	0	0	0	0	ND	ND	21	292	156	ND	0	0
2011	0	0	0	0	ND	77	59	189	156	ND	0	0
2012	0	0	0	0	30	ND	ND	203	106	ND	0	0
2013	0	0	0	0	120	176	141	21	48	2	0	0
2014	ND	0	7	0	369	193	ND	136	92	3,4	0	0
2015	0	0	0	0	ND	566	244	ND	ND	ND	0	0
2016	0	0	ND	ND	138	ND	260	210	106	25	0	0
2017	0	0	0	112	169	730	ND	177	60	6	0	0
2018	0	0	31	0	50	59	ND	228	64	12	12	0

Source : DMN, 2019 (ND : Non Disponible corrigé)

<b>TABLE DES MATIERES</b>
---------------------------

DÉDICACE.....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT .....	iv
SOMMAIRE .....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	x
ABREVIATIONS, ACRONYMES ET SIGLES.....	xii
INTRODUCTION GENNERALE.....	1
1. Contexte général et justification du choix de sujet .....	1
1.1 Contexte général .....	1
1.2. Justification du choix de sujet .....	2
2. Délimitation de la zone de kousséri .....	2
2.1. Délimitation thématique.....	2
2.2. Délimitation spatiale.....	2
3. Intérêt de l'étude.....	3
3.1. Intérêt scientifique .....	3
3.2. Intérêt pratique .....	3
3.3. Intérêt environnemental .....	4
4. Problématique et question de recherche.....	4
4.1. Problématique.....	4
4.2 Questions de recherches .....	5
5. Contexte scientifique.....	6
6. Cadre théorique et conceptuel .....	11
6.1. Cadre théorique .....	11
6.2. Cadre conceptuel.....	13
6.2.1. Changements et variabilités climatiques .....	13
6.2.3. Vulnérabilité.....	13
6.2.3. Adaptation aux variabilités climatiques.....	16
6.2.4. Impact.....	18
6.3. Conceptualisation.....	20

7. Objectifs .....	20
7.1. Objectif principal .....	20
7.2. Objectifs spécifiques .....	20
8. Hypothèses .....	21
8.1. Hypothèse principale.....	21
8.2. Hypothèses spécifiques .....	21
9. Méthodologie .....	21
9.1. Matériels.....	21
9.2. Méthodes.....	22
11. Plan de travail .....	39
<b>PREMIERE PARTIE : VARIABILITE DU CLIMAT ET LES FACTEURS DE PRODUCTION DU SORGHO ET MAIS DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSERI..</b>	<b>40</b>
<b>CHAPITRE I : FACTEURS PHYSIQUES ET SOCIOECONOMIQUES DE LA PRODUCTION DU SORGHO ET DU MAIS DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSERI.....</b>	<b>41</b>
1. Milieu physique.....	41
1.1. Relief, géomorphologie et sols.....	41
1.2. La végétation .....	44
1.3. L'hydrographie.....	45
1.4. Population.....	47
1.5. Structure de la population.....	49
1.5.1. Structure de la population par âge .....	50
1.5.2. Niveau d'instruction des cultivateurs.....	50
1.4. Habitudes alimentaires .....	51
2. Culture du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.....	53
2.1. Techniques culturelles .....	56
2.2. Evolution des superficies de la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.....	58
2.2.1. Evolution de la superficie cultivée et de la production du sorgho dans l'arrondissement de Kousséri entre 1989 et 2018 .....	58
2.2.2. Evolution de la superficie cultivée et de la production du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.....	59
Conclusion .....	60
<b>CHAPITRE II : VULNERABILITE ET VARIABILITE CLIMATIQUE DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSÉRI ENTRE 1959 ET 2018.....</b>	<b>62</b>

1. Vulnérabilité de l'arrondissement de Kousséri à la variabilité climatique .....	62
1.1. Composantes de la vulnérabilité .....	62
1.2. Identification et caractérisation des extrêmes météorologiques majeurs dans l'arrondissement de Kousséri.....	64
2. Caractérisation et détermination du climat dans l'arrondissement de Kousséri .....	68
2.1. Caractérisation du climat dans l'arrondissement de Kousséri .....	68
2.2. Détermination du climat dans l'arrondissement de Kousséri selon l'indice de Martonne.....	70
3. Evolution des températures et des précipitations dans l'arrondissement de Kousséri..	71
3.1. Evolution des températures dans l'arrondissement de Kousséri .....	71
3.2. Evolution des précipitations dans l'arrondissement de Kousséri .....	77
Conclusion .....	88
<b>PARTIE II : IMPACTS DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE SUR LA PRODUCTION AGRICOLE ET LES STRATEGIES D'ADAPTATION.....</b>	
	89
<b>CHAPITRE III : IMPACTS DE LA VARIABILITE DU CLIMAT SUR LA PRODUCTION DU SORGHO ET DU MAIS DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSERI.....</b>	
	90
1. Description et écologie des cultures étudiées.....	90
1.1. Description et écologie du sorgho .....	90
1.2. Description et écologie du maïs .....	93
2. Etude des impacts de la variabilité climatique sur la production du sorgho et du maïs	95
2.1. Perception des cultivateurs des impacts de la variabilité du climat sur les variables de la production du sorgho et du maïs .....	96
2.2. Matrice des impacts des extrêmes météorologiques sur les variables affectées dans l'arrondissement de Kousséri.....	103
2.3. Influence des températures et des précipitations sur la production du sorgho et du maïs.....	108
3. Analyse de la vulnérabilité des cultivateurs .....	114
3.1. Impacts socio-économiques de la variabilité climatique sur les cultivateurs .....	114
3.2. Capacité d'adaptation des cultivateurs.....	115
3.3. Matrice de vulnérabilité .....	117
Conclusion .....	117
<b>CHAPITRE IV: STRATEGIES D'ADAPTATION A LA VARIABILITE CLIMATIQUE DANS L'ARRONDISSEMENT DE KOUSSERI.....</b>	
	119
1. Perception des cultivateurs des impacts de la variabilité climatique sur la production du sorgho et du maïs dans l'arrondissement de Kousséri.....	119

1.1.	Perception des cultivateurs des tendances pluviométriques.....	120
1.2.	Perception des cultivateurs des tendances des températures.....	122
1.3.	Perception des cultivateurs des impacts de la variabilité climatique sur les cultures.....	123
2.	Identification des options d'adaptations.....	124
2.1.	Stratégies modernes d'adaptation à la variabilité climatique.....	125
2.2.	Stratégies traditionnelles d'adaptation à la variabilité climatique.....	125
2.3.	Lien entre les impacts, les stratégies d'adaptation (modernes et traditionnelles) et les caractéristiques socioéconomiques.....	138
3.	Suggestions.....	139
	Conclusion.....	140
	CONCLUSION GENERALE.....	141
	BIBLIOGRAPHIE.....	144