



REPUBLIQUE DU NIGER

MES/RI

UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI DE NIAMEY
Faculté des Lettres et Science Humaines
Département de Géographie

THESE DE DOCTORAT

Présentée pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université ABDOU MOUMOUNI de Niamey

Spécialité : Géographie

Réalisée par :

M. Issaka LONA

***Risques climatiques et pratiques culturelles
du mil et du sorgho au Niger***

Sous la codirection de :

Pr. Ibrahim BOUZOU MOUSSA

et

Dr. Hassan Bismarck NACRO

Composition du Jury :

Mr. Boubacar YAMBA , Professeur Université Abdou Moumouni	Président
Mr. Ibrahim BOUZOU MOUSSA , Professeur, Université Abdou Moumouni	Directeur
Mr. Hassan Bismarck NACRO , Maître de Conférences, CILSS/Centre Régional AGRHYMET	Codirecteur
Mr. Euloge Kossi. AGBOSSOU , Professeur Université d'Abomey-calavi	Rapporteur
Mr. Evariste Constant DA DAPOLA , Professeur Université de Ouagadougou	Rapporteur

Table des matières

Table des matières	2
Table des figures	7
Table des photographies	10
Table des tableaux	11
SIGLES ET ABREVIATIONS	13
REMERCIEMENTS	15
RESUME	17
ABSTRACT	18
INTRODUCTION GENERALE	19
CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE	22
1.1 Revue de la littérature	22
1.1.1 Grands traits connus du climat du Niger	22
1.1.2 Réchauffement et observations climatiques.....	24
1.1.3 Impacts observés des changements climatiques.....	27
1.1.4 Projections climatiques et effets attendus	29
1.1.5 Récentes négociations internationales sur le climat	32
1.1.6 Stratégies d'adaptation	34
1.2 Problématique	37
1.2.1 Contexte	37
1.2.2 Justification	40
1.3 Hypothèses	43
1.4 Objectifs	43
Conclusion partielle	44
CHAPITRE 2 : MATERIELS, DONNEES ET METHODES D'ETUDES	45
2.1 Généralité sur les outils de traitement utilisés.....	45

2.2	Données climatologiques et méthodes de traitement	46
2.2.1	Données climatiques utilisées	46
2.2.2	Méthode de traitement des données climatologiques	49
2.2.2.1	Critique des données climatologiques.....	49
2.2.2.1.1	Origine des données	49
2.2.2.1.2	Complétude des données.....	49
2.2.2.1.3	Loi de distribution.....	50
2.2.2.1.4	Rupture des séries chronologiques	52
2.2.2.2	Zonage.....	56
2.2.2.3	Recherche de variabilité fine de la pluviosité à l'échelle du Niger	57
2.2.2.4	Régionalisation des précipitations	58
2.2.2.5	Détection de tendance et de variabilité des données climatologiques.....	59
2.2.2.5.1	Test de Man-Kendall	59
2.2.2.5.2	Indice d'anomalie standardisée de Lamb	60
2.2.2.5.3	Coefficient de variation	60
2.2.2.6	Distribution saisonnière du régime de précipitation.....	61
2.2.2.7	Traitement de la pluviosité annuelle et mensuelle	61
2.2.2.8	Détermination des paramètres clés de la saison agricole.....	62
2.2.2.8.1	Date de démarrage de la saison des pluies	62
2.2.2.8.2	Date de fin de saison des pluies.....	62
2.2.2.8.3	Longueur de la saison des pluies	62
2.2.2.8.4	Séquence sèche	63
2.2.2.9	Traitement des températures saisonnières	63
2.2.2.10	Traitement des températures extrêmes	64
2.3	Matériel et méthode des enquêtes	66
2.3.1	Fiches d'enquêtes.....	66
2.3.2	Approche Méthodologique utilisée	67
2.3.2.1	Echantillonnage	67
2.3.2.1.1	Type d'échantillonnage.....	67
2.3.2.1.2	Type d'entretien	68
2.3.2.1.3	Groupe cible	68

2.3.2.1.4	Nombre de fiche par localité	68
2.3.2.2	Administration des fiches d'enquêtes	69
2.3.2.2.1	Impératifs	69
2.3.2.2.2	Procédure d'administration	69
2.3.3	Pertinence de la zone de collecte des données d'enquête	70
2.3.4	Présentation des données d'enquête	71
CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE		74
3.1	Aire d'étude des données climatologique	74
3.1.1	Généralités sur le Niger	74
3.1.2	Caractéristiques biophysiques.....	76
3.1.2.1	Relief.....	76
3.1.2.2	Climat.....	76
3.1.2.3	Sols.....	77
3.1.2.4	Ressources en eau.....	78
3.1.2.5	Végétation.....	78
3.1.2.6	Faune.....	79
3.1.2.7	Energie	79
3.1.3	Caractéristiques socio-économiques.....	80
3.1.3.1	Population.....	80
3.1.3.2	Agriculture.....	81
3.1.3.2.1	Présentation de la culture du mil et du sorgho	83
3.1.3.3	Elevage.....	86
3.1.3.4	Pêche.....	87
3.1.3.5	Artisanat.....	87
3.1.3.6	Exode rural et l'immigration	88
3.2	Présentation de la zone de collecte des données d'enquêtes	88
Conclusion partielle		89

CHAPITRE 4 : IDENTIFICATION ET ANALYSE DES RISQUES CLIMATIQUES.....	91
4.1 Analyse de la pluviosité et des paramètres de la saison pluvieuse.....	91
4.1.1 Distribution et variabilité saisonnière zonale et méridienne du régime de précipitation au Niger	91
4.1.2 Régionalisation des données pluviométrique.....	105
4.1.3 Zonage pluviométrique du Niger.....	106
4.1.4 Comparaison des normales de pluviosité 1961_1990, 1971_2000 et 1981_2010.....	109
4.1.5 Analyse de la pluviosité annuelle suivant les zones climatiques.....	111
4.1.5.1 Zone Sahélo soudanienne.....	111
4.1.5.2 Zone Sahélienne.....	112
4.1.5.3 Zone Saharienne.....	118
4.1.6 Analyse du nombre de jour de pluie des 3 zones climatiques.....	120
4.1.7 Maximum cumulé en un jour.....	127
4.1.8 Analyse des paramètres de la saison des pluies des zones climatiques.....	129
4.1.8.1 Date de démarrage, de fin et longueur de la saison des pluies.....	129
4.1.8.2 Séquences sèches.....	136
4.2 Analyse des données de températures observées et vécues par les populations	142
4.2.1 Analyse de la normale saisonnière 1981-2010 des Tn et Tx.....	142
4.2.2 Tendence saisonnière des Tn et Tx entre 1961 et 2010.....	147
4.2.3 Moyenne annuelle du maximum et du minimum des Tn et Tx.....	153
4.2.4 Nombre de nuits et jours chauds.....	158
4.2.5 Nombre et longueur maximale des vagues de chaleur.....	162
4.2.6 Nombre de nuits et jours froids.....	166
4.2.7 Nombre et longueur maximale des vagues de froid.....	169
4.2.8 Analyse des données d'enquête sur le vent.....	174
Conclusion partielle.....	174

CHAPITRE 5 : IMPACTS DES RISQUES CLIMATIQUES SUR LES PRATIQUES CULTURALES ET ADAPTATIONS.....176

5.1 Hiérarchisation des risques climatiques suivant les impacts sur les pratiques culturelles du mil et du sorgho.....	176
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

5.2	Impacts des risques climatiques sur les pratiques agricoles du mil et du sorgho et adaptation	177
5.2.1	Pratiques culturelles du mil et du sorgho dans la région de Tillabéry	177
5.2.2	Adaptation aux impacts des risques climatiques sur les pratiques culturelles.....	178
5.2.2.1	Préparation et Gestion durables des terres.....	180
5.2.2.2	Pratiques de semis	181
5.2.2.3	Pratiques de sarclage	186
5.2.2.4	Pratiques de démariage	187
5.3	Discussion des adaptations.....	188
	Conclusion partielle	193
	CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	194
	REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	200
	ANNEXES.....	209

Table des figures

Figure 1 : Evolution des températures globales entre 1880 et 2011	25
Figure 2 : Localisation A) des stations pluviométriques ; B) stations météorologiques de mesure de température minimale et maximale (Tn et Tx)	48
Figure 3: Forme des courbes de distribution de la loi Gamma et la loi Normale (Stern <i>et al.</i> , 2006)	50
Figure 4 : Répartition spatiale des lois de distribution statistique des données de pluie.....	52
Figure 5 : Distribution spatiale des ruptures des séries de données de pluie de 1961 à 2010	55
Figure 6 : A) Niveau d'instruction des enquêtés ; B) Type de formation reçue	71
Figure 7 : A) Initiation à la production de mil et du sorgho ; B) Pratique d'activité non agricole.....	72
Figure 8 : Présentation de l'aire d'étude des données climatologiques.....	75
Figure 9 : Carte des localités enquêtées dans la région de Tillabéry	89
Figure 10 : A) Corrélation entre la normale 1981_2010 et les latitudes des stations ; B) Correlation entre la normale 1981_2010 et les longitudes des stations	92
Figure 11 : Représentation du coefficient de détermination (r^2) entre la normale mensuelle 1981_2010, la latitude (en rouge) et la longitude (en bleu)	94
Figure 12 : A) Distribution de la normale mensuelle (1981_2010) de pluviosité (mm/mois) de 49 stations suivant les latitudes (intervalle de la grille 0,5°) ; B) Superposition des isohyètes 20 et 240 mm des normales 1961_1990, 1971_2000 et 1981_2010.....	97
Figure 13 : A) Distribution de la normale (1981_2010) mensuelle de pluviosité (en mm/mois) de 49 stations suivant les longitudes (intervalle de la grille 0,5° ; B) Superposition des isohètes 20 et 200 mm des normales 1961_1990; 1971_2000 et 1981_2010.....	99
Figure 14 : Distribution de la normale mensuelle de pluviosité 1981_2010	100
Figure 15 : Position des stations se trouvant le long du transect choisi	101
Figure 16 : Distribution de la normale de pluviosité 1981_2010 suivant les longitudes des stations du transect.....	101
Figure 17 : Position moyenne du FIT en mai-juin et les zones susceptibles de recevoir des précipitations en fin avril et mai; B) Position moyenne du FIT en fin juin et les zones (en rayé vert) susceptibles de recevoir des précipitations en juin	104
Figure 18 : Position des stations des groupes.....	105
Figure 19 : Zones climatiques du Niger selon la normale pluviométrique 1981_2010.	108

Figure 20 : A) Superposition des trois dernières normales de pluviosité (61_90; 71_00; 81_10) sur la carte du Niger ; B) Superposition de l'isohyète 200 mm des trois dernières normales (61_90; 91_00; 81_10) sur la carte du Niger	110
Figure 21 : A) Anomalie standardisée de pluie de la zone sahélo soudanienne ; B) Evolution décennale de la pluviosité de la zone sahélo-soudanienne	111
Figure 22 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 2 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 2 de la zone sahélienne	113
Figure 23 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 3 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 3 de la zone sahélienne.	114
Figure 24 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 4 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 4.	115
Figure 25 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 5 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennales des pluies du groupe 5 de la zone sahélienne	116
Figure 26 : A) Anomalie standardisée de pluie de Groupe 6 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 6 de la zone sahélienne	117
Figure 27 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 7 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 7 de la zone sahélienne	118
Figure 28 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 8 de la zone saharienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 8 de la zone saharienne	119
Figure 29 : A) Spatialisation de la normale du nombre de jours de pluie 81_10 ; B) Superposition des trois dernières normales.....	122
Figure 30 : Tendence du nombre de jours de pluie \leq et $>$ 20 mm des stations leaders des groupes	125
Figure 31 : Evolution des dates de début et de fin des pluies utiles dans la zone sahélo soudanienne	130
Figure 32 : Evolution des dates de début et de fin des pluies utiles dans la zone sahélienne	131
Figure 33: A) Avis des producteurs (en %) sur le régime actuel de début des pluies (les 5 dernières années) ; B) Avis des producteurs (en %) sur le régime antérieur des pluies de début (les 25 dernières années) ..	132
Figure 34 : Anomalie standardisée des dates de début des pluies dans la zone saharienne.	134
Figure 35 : Ecart de la longueur de la saison des pluies de la normale 1981-2010 par rapport à 1961_1990	135
Figure 36 : Anomalie standardisée de séquences sèches 90 jours après semis dans la zone sahélo soudanienne	137
Figure 37 : A) Normale de séquences sèches 1981_2010 ; B) Ecart de la normale de séquences sèches de 1981_2010 par rapport à 1961_1990	140

Figure 38 : A) Amplitude thermique suivant les saisons ; B) Amplitude thermique suivant les altitudes croissantes des stations.	144
Figure 39 : Coefficients de variation des Tn et Tx : A) suivant les saisons ; B) suivant les stations	146
Figure 40 : Anomalie standardisée de Tn et Tx au Niger pendant : a) la saison chaude; b) saison des pluies; c) la petite saison chaude; d) la saison froide.	152
Figure 41 : A) Moyenne décennale du maximum des températures minimales (TNx) des 8 stations ; B) Moyenne décennale du maximum des températures maximales des 8 stations.	155
Figure 42 : A) Moyenne décennale du minimum des températures minimales (TNn) des 8 stations ; B) Moyenne décennale du minimum des températures maximales (TXn) des 8 stations.	157
Figure 43 : A) Moyenne décennale du nombre de nuits chaudes des 8 stations ; B) Moyenne décennale du nombre de jours chauds des 8 stations.	161
Figure 44 : A) Nombre de vagues de chaleur annuel ; B) Nombre de vagues de chaleur décennale	164
Figure 45 : A) Longueur maximale des vagues de chaleur annuelles ; B) Longueur maximale des vagues de chaleur décennales.	165
Figure 46 : Représentation Temporelle des jours chauds des 8 stations sur la période de 1961 à 2010 ...	166
Figure 47 : A) Moyenne décennale du nombre de nuits froides; B) Moyenne décennale du nombre de jours froids.....	168
Figure 48 : A) Nombre de vagues de froid annuel ; B) nombre de vagues de froid décennal.....	171
Figure 49 : A) Longueur maximale des vagues de froid annuelle ; B) Longueur maximale des vagues de froid décennale.	172
Figure 50 : Représentation temporelle des jours froids des 8 stations de 1961 à 2010.....	173

Table des photographies

Photo 1 : Illustration des enquêtes de terrain	73
Photo 2 : Image du mil en épiaison	84
Photo 3 : Image du sorgho en phase paniculaire	85

Table des tableaux

Tableau 1 : Signification du paramètre de forme de la distribution Khat (K)	51
Tableau 2 : Zones climatiques.....	57
Tableau 3 : Saisons au Niger (en mois et en jours juliens)	64
Tableau 4 : Indicateurs sociodémographiques du Niger	81
Tableau 5: Production du mil de 2003 à 2012 au Niger	82
Tableau 6 : Effectif du cheptel	86
Tableau 7 : Répartition des stations suivant les groupes	106
Tableau 8 : Caractéristiques des zones climatiques sur la période 1961_2010	107
Tableau 9 : Risques climatiques identifiés par l'étude des cumuls annuels suivant les zones	120
Tableau 10 : Contribution du nombre des petites et grandes pluies à la normale 1981_2010	123
Tableau 11 : Risques liés aux nombres de jours de pluie	127
Tableau 12 : Caractéristique des maximums de pluies cumulés en un jour dans les différentes zones climatiques.....	128
Tableau 13: Risques climatiques liés aux maximums de pluies cumulés en un jour	129
Tableau 14 : Caractéristiques des dates de début des pluies utiles des groupes qui composent la zone sahélienne sur la période 1961-2010	133
Tableau 15 : Caractéristiques des dates de fin des pluies utiles des groupes qui composent la zone sahélienne sur la période 1961-2010	133
Tableau 16 : Risques climatiques suivant les dates de début et de fin de saison.....	136
Tableau 17 : Caractéristiques des séquences sèches 90 jours après le démarrage de la saison agricole dans les différentes zones climatiques.....	138
Tableau 18 : Risques climatiques suivant les séquences sèches.....	139
Tableau 19 : Normales saisonnières (1981-2010) des Tn et Tx (°C)	143
Tableau 20 : Amplitude thermique moyenne saisonnière des huit stations	143
Tableau 21 : Caractéristiques des stations de Birni konni, Maradiet Tahoua	145
Tableau 22 : Tendances décennales des Tn et signification du test de Mann Kendall	147
Tableau 23 : Tendances décennales des Tx et signification du test de Mann Kendall.....	148

Tableau 24 : Stations dont le test de Mann Kendall est non significatif pour les Tx.....	148
Tableau 25 : Augmentation des Tn (en °C) entre 1961 et 2010.....	149
Tableau 26 : Augmentation des Tx (en °C) entre 1961 et 2010.....	149
Tableau 27 : Tendence, significativité et évolution du maximum des Tn et Tx (TNx et TXx).....	154
Tableau 28 : Tendence, significativité et évolution du minimum des Tn et Tx (TNn et TXn).....	156
Tableau 29 : Seuils de chaleur et de fraîcheur.....	158
Tableau 30 : Tendence et variation du nombre de jours et nuits chauds.....	159
Tableau 31 : Tendence et variation du nombre et la longueur maximale des vagues de chaleur.....	163
Tableau 32 : Nombre de jours et de nuits froids.....	167
Tableau 33 : Tendence et variation du nombre et de la longueur maximale des vagues de froid.....	169
Tableau 34 : Classement par les producteurs des risques climatiques par ordre d'impacts sur les pratiques culturales du mil et du sorgho.....	176
Tableau 35 : Facteurs influençant les pratiques culturelles dans la région de Tillabéry.....	177
Tableau 36 : Pratiques culturelles influencées par les risques climatiques.....	179
Tableau 37 : Evolution de la pratique d'abattage des ligneux et du dessouchage.....	180
Tableau 38 : Evolution de la pratique du boisement et du reboisement des champs de mil et de sorgho.....	181
Tableau 39 : Evolution de la mise en œuvre d'actions antiérosives des champs de mil et sorgho.....	181
Tableau 40 : Evolution de la pratique du semis à sec.....	182
Tableau 41 : Evolution de la pratique du semis en humide.....	182
Tableau 42 : Evolution du choix des variétés semées.....	183
Tableau 43 : Evolution de la densité des poquets.....	184
Tableau 44 : Evolution du nombre de graines par poquet.....	185
Tableau 45 : Evolution de la pratique du ressemis.....	185
Tableau 46: Evolution de la pratique du sarclage.....	187
Tableau 47 Evolution de la date de sarclage.....	187
Tableau 48 : Evolution de la pratique du démariage.....	188
Tableau 49 : Evolution des pratiques de sarclage et de démariage.....	188
Tableau 50 : Adaptations prenant en comptes les risques climatiques et les résultats de la recherche.....	192

SIGLES ET ABREVIATIONS

ABN : Autorité du Bassin du Niger

AGRHYMET : Centre d'application et de recherche en Agro-Hydro-Météorologie opérationnelle

AMMA : Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine

ANPIP II : Agence Nationale pour la Promotion de l'Irrigation Privée phase deux (2)

CILSS : Comité Inter états de Lutte contre la Sécheresse au Sahel

CNEDD : Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable

CRA : Centre Régional AGRHYMET

CSAO : Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest

DMN : Direction de la Météorologie Nationale

DSA : Direction des Statistiques Agricoles

DSRP : Document de la stratégie de Réduction de la Pauvreté

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

FEM : Fonds Mondial pour l'Environnement

GES : Gaz à effet de serre

GIEC : Groupe Intergouvernemental pour l'Evolution du Climat

Hbt : Habitant

HC3N : Haut-Commissariat à l'initiative 3N

ICRISAT: Institut International de Recherche sur les Cultures des Régions Semi-arides Tropicales

IDH : Indice du Développement Humain

INRAN : Institut National de Recherche Agronomique du Niger

INS : Institut National des Statistiques

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

OMM : Organisation Mondiale pour la Météorologie

ONGs : Organisation Non Gouvernementale

ONU : Organisation des nations Unies

PAFRIZ : Programme d'Appui à la Filière Riz

PANA: Programme d'Action National pour l'Adaptation aux changements climatiques

PIB : Produit Intérieur Brut

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

PRESAO : Prévision saisonnière en Afrique de l'Ouest

REDD+ : réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts dans les pays en développement

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

SAP/GC: Système d'Alerte Précoce et de Gestion des Catastrophes

SDR : Stratégie de Développement Rural

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pu aboutir sans l'aide, les conseils et le soutien constant de nombreuses personnes et structures, auxquelles je voudrais exprimer à travers ces quelques lignes ma profonde gratitude.

Monsieur Ibrahim BOUZOU MOUSSA, Professeur au Département de Géographie de l'Université Abdou MOUMOUNI est l'initiateur de ce projet de recherche ; il m'a guidé tout au long de ce travail et je tiens à lui exprimer toute ma profonde gratitude pour la confiance qu'il a placée en moi et pour le soutien.

Monsieur Hassan Bismarck NACRO, Maître de Conférences, chef de Département Formation Recherche au Centre Régional AGRHYMET est l'artisan de ce travail. Il n'a cessé de m'apporter son soutien, ses conseils, ses critiques avisées et surtout ses encouragements, gage d'une motivation à la recherche scientifique. Les mots me manquent pour lui témoigner ma reconnaissance.

Monsieur Pibgnina BAZIE, Maître Assistant expert formateur au Centre Régional AGRHYMET a guidé mes premiers pas dans la recherche, je tiens à lui exprimer ma reconnaissance pour la confiance qu'il a placée en moi et pour le soutien, les conseils, ses critiques pertinentes qui m'ont été d'une utilité inestimable, et pour sa constante disponibilité.

Monsieur Bernadin ZOUNGRANA, expert analyste au CRA, pour l'appui dans l'analyse des données d'enquêtes ;

A Monsieur Boubacar YAMBA, Professeur au Département de Géographie de l'Université Abdou MOUMOUNI, je présente l'expression de ma respectueuse gratitude pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma thèse.

Je remercie Messieurs Euloge Kossi AGBOSSOU et Evariste Constant DA DAPOLA, respectivement Professeur à l'Université d'Abomey-calavi et à l'Université de Ouagadougou, pour avoir accepté d'être rapporteurs de ma thèse.

Mes remerciements vont à l'ensemble des membres du jury. Nul doute que les remarques et suggestions des uns et des autres ne manqueront pas d'enrichir ce travail.

J'adresse des remerciements à la structure à laquelle j'appartiens, à savoir le Centre Régional AGRHYMET (CRA), pour m'avoir autorisé à effectuer cette thèse de doctorat ; pour la mise à disposition des données et pour avoir facilité la gestion de mon temps afin de concilier travail de recherche et charges professionnelles. J'adresse ma gratitude en particulier au Directeur Général du CRA le Pr Kouamé Guy Marcel BOUAFU, et à son prédécesseur, M. Mohamed Yahaya Ould MOHAMED MOHMOUD.

Je remercie également le Pr Sanoussi ATTA, M. Etienne SARR, et M. Benoit SARR respectivement Responsable de la Division formations de base du CRA, Chef de

département au moment du démarrage de cette thèse, et Chef de filière Agrométéorologie pour leur disponibilité et leurs conseils ;

Je témoigne ma reconnaissance au personnel du CRA et du DFR en particulier, pour leur soutien et leur franche collaboration.

Mes remerciements spéciaux vont également à la Direction Nationale de la Météorologie du Niger et à son personnel, au Département de Géographie et à son personnel pour la mise à disposition des données, leur soutien et leur franche collaboration.

Je remercie chaleureusement les populations de la région de Tillabéry pour leur accueil et leur disponibilité aux différentes phases de travaux de terrain.

C'est pour moi l'occasion de remercier chaleureusement ma famille et mes proches. Ils sont des piliers sur lesquels je me suis toujours appuyé, et ils ont été des compagnons à toute épreuve. Je ne les citerai pas ici, mais ils se reconnaîtront tous.

A mes amis, frères et sœurs d'adoption que j'ai eu le privilège de rencontrer durant ce parcours, j'adresse un remerciement spécial ! Seul Dieu sait le soutien que vous avez été pour moi.

Je remercie d'avance tous ceux qui me liront ! L'œuvre n'est pas parfaite, certes, mais sachez qu'elle a été accomplie avec une grande passion... Et je trouve ici l'occasion de citer Bertrand Russel qui a dit : "il vaut mieux viser la perfection et la manquer, que de viser l'imperfection et l'atteindre".

RESUME

L'un des défis majeurs auxquels le Niger est confronté, est l'inadéquation croissante entre la demande et la disponibilité en céréales, notamment en mil et sorgho. Une des solutions palliatives consiste à l'utilisation des informations agro météorologiques, climatologiques, des pratiques culturales adéquates et des investissements avisés dans l'agriculture céréalière pour améliorer la production. Au Niger, le développement de l'agriculture pluviale étant considérablement limité par la forte variabilité climatique, il est nécessaire d'identifier les risques climatiques liés à la pluviométrie et à la température, afin de développer des stratégies d'adaptation des pratiques culturales du mil et du sorgho. L'objectif global de l'étude est de proposer les stratégies nécessaires en vue d'améliorer la production agricole par une meilleure intégration des risques climatiques dans les activités agricole au Niger. L'identification des risques climatiques a été faite sur tout le Niger ; par contre, l'évaluation des changements de pratiques culturales et celle des adaptations a été conduite dans la région de Tillabéry qui dispose de toutes les caractéristiques climatiques, morpho pédologiques et agraires des zones de cultures pluviales du mil et du sorgho au Niger. L'approche méthodologique adoptée est basée sur le traitement statistique et sur l'analyse des données de 49 stations pluviométriques et de 9 stations météorologiques pour les données de températures sur la période de 1961 à 2010, mais aussi sur la collecte et l'analyse des données socio-économiques obtenues à partir des techniques d'enquêtes. Les résultats ont permis d'identifier des risques climatiques globalement négatifs pour la culture du mil et du sorgho. Il s'agit de la baisse de la qualité de distribution spatiale et temporelle des pluies ; de la diminution du nombre de jours de pluie ; de l'augmentation des pluies extrêmes, de l'augmentation des températures de toutes les saisons ; de l'augmentation de tous les extrêmes chauds et la diminution de tous les extrêmes froids de température. Quatre pratiques culturales (Préparation et gestion durable des terres, semis, sarclage, démariage) ont été impactées par ces risques. L'analyse croisée des résultats a permis d'amender les adaptations des producteurs qui sont majoritairement techniques. Pour améliorer durablement la résilience des populations, Il est indispensable de s'orienter vers des adaptations stratégiques afin d'opérer une reconversion vers une agriculture plus productive et plus durable.

Mots clés : risques climatiques, Impact, adaptation, mil et sorgho, Niger.

ABSTRACT

One of the major challenges Niger is facing is the lack of balance between cereal demand and availability, particularly millet and sorghum. Many studies have shown that one of the palliative solutions consists in three points: applying technical knowledge, including climatic considerations in planning and investments to improve the production of agriculture. In Niger, the development of rain agriculture being limited considerably by strong climatic variability, it is necessary to identify the climatic risks related on pluviometry and the temperature, in order to develop strategies of adaptation of the cultivation methods of the millet and the sorghum. It is within this framework that this study was conducted.

The identification of the climatic risks was made in all over Niger country, on the other hand, the evaluation of the changes of cultivation methods and the evaluation of the adaptations were led in the Tillabery region which has all the climatic characteristics, morpho pedological and agrarian zones of rain crops of millet and sorghum in Niger.

The main objective of this study is to improve agricultural production through in better integration of climatic risks in the agricultural risks in Niger.

The methodology adopted is based on statistical processing and the data analysis of 49 pluviometric stations and 9 weather stations for the data of temperatures over the period of 1961 to 2010, but also on the collection and the data analysis of some surveys.

The results made it possible to identify overall negative climatic risks for millet and sorghum crop's production. Thus is due to the decrease of the quality of space and the temporal distribution of rains; the reduction in the number of rainy days; the increase of the extreme rainfall events, the increase in temperature of every season, the increase of extreme hot temperatures and the reduction in all the extreme cold of temperature.

Four agricultural (practices) methods were impacted by these risks. The cross analysis of the results made it possible to amend adaptations that are mainly technical but practicable by farmers. In order to improve sustainably the population resilience, it is essential to privilege strategic adaptations to have a reconversion towards a more productive and sustainable agriculture.

Key words: climate risks, Impact, adaptation, millet and sorghum, Niger.

INTRODUCTION GENERALE

Depuis la décennie 70, les pays Sahéliens en général sont confrontés à une forte dégradation du potentiel de production de leurs systèmes agro-sylvo-pastoraux sous les effets conjugués d'une situation climatique globalement défavorable, et d'un taux élevé de croissance démographique. Cette situation est aggravée par des pratiques culturelles et des politiques de développement agricole souvent inadaptées (Ozer *et al.*, 2010 ; Banque Mondiale, 2013).

Sur le plan climatique, les précipitations sont en baisse au cours des dernières décennies au Sahel. La période 1961-1990 représente l'exemple de variabilité et de déclin les plus intenses en termes de précipitations (Adger *et al.*, 2003 ; Lepage *et al.*, 2007 ; Ozer *et al.*, 2010). La moyenne pluviométrique des décennies de cette période est de 25% plus sèche que celles des décennies précédentes, engendrant des conséquences dramatiques sur les ressources hydriques et sur la production agricole (CGIAR, 2009). Les températures moyennes maximales et minimales ont accusé une hausse respectivement de + 0,5°C et + 1°C depuis la décennie 70 (CSAO, 2008). Après 1993, un autre mode de variabilité semble s'instaurer au sein du régime pluviométrique sahélien en général, et nigérien en particulier. En effet, l'évolution interannuelle, considérée à l'échelle de la région entière, a montré une alternance forte entre des années très humides et des années très sèches. Ce nouveau mode de variabilité rend plus difficile les prévisions interannuelles et la planification agricole, et impose donc de nouvelles stratégies d'adaptation (Ali et Lebel, 2008). Les différents scénarios de changements climatiques dus à l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère au sahel, confirment l'augmentation continue des températures, mais donnent des résultats mitigés sur l'ampleur et la direction des changements pour les précipitations.

Toutefois, il ne fait plus de doute que la fréquence des événements extrêmes (sécheresse, inondation, canicule, vents forts etc.) sera plus élevée et par conséquent, la vulnérabilité des ressources hydriques et des systèmes de production agricole par rapport aux facteurs climatiques plus accrue (GIEC, 2014).

Le Niger est un pays sahélien totalement enclavé, dont les trois quarts de la superficie sont désertiques. Les sols, majoritairement dunaires, sont en général pauvres, peu productifs et très sensibles à l'érosion hydrique et éolienne.

Sur le plan démographique, la population du Niger qui était de 17 129 076 en 2012, continue d'augmenter avec un taux d'accroissement démographique de 3,9% (INS, 2013). Cette population est essentiellement rurale, pauvre, et vit de la pratique d'une agriculture pluviale de subsistance. Le régime alimentaire de cette population, est très largement basé sur les céréales (mil et sorgho notamment). Or le Niger n'est plus autosuffisant depuis 1975, et doit importer chaque année une part croissante de son alimentation (Bost *et al.*, 2009) et ce, dans un environnement de hausse constante des prix des denrées alimentaires (Glatier *et al.*, 2012). En plus, 91% du potentiel total des terres agricoles cultivables au Niger sont déjà exploités actuellement (Brown *et al.*, 2008), alors que les rendements peinent à s'améliorer. La résultante de tous ces facteurs fait que 50% des nigériens souffrent de l'insécurité alimentaire, dont 22% d'une forme extrême et chronique avec une sous-alimentation qui touche environ 29% de la population (HASA, 2011).

Sur le plan des pratiques culturales, la production du mil et du sorgho au Niger est essentiellement pluviale et manuelle, et se pratique sur des petites exploitations familiales majoritairement inférieures à 3 ha (HASA, 2011) avec une faible utilisation d'intrants agricoles. Ceci explique le faible rendement de 300 à 400kg/ha. Pourtant, les résultats de synthèse des travaux de recherches fait par Sultan (2011) ont montré que les rendements de sorgho et de mil pourraient être multipliés par dix, passant de 0,2 t/ha à 2 t/ha, si l'on combine à la fois la fertilisation organique (les résidus de culture), la fertilisation minérale (en particulier le phosphate) et une densité de semis accrue.

Sultan (2011), a aussi démontré que le bénéfice de l'utilisation des fertilisants sur les rendements est très faible en cas de mauvaise pluviosité, et l'incertitude sur la pluviosité et le risque d'une sécheresse pèsent beaucoup sur les choix d'investissement des agriculteurs. De même, il a démontré que les variétés plus productives à cycle court préconisées par les agronomes, n'ont pas été adoptées car elles sont sensibles aux périodes sèches au cœur de la saison humide, et que la densification des cultures concentre spatialement le risque d'une sécheresse et augmente les conséquences d'une période sèche intra saisonnière.

Il découle de ces travaux de recherche que, pour que les innovations techniques (sélection variétale, technique de cultures, gestion de la fertilité du sol, etc.) soient adoptées par les producteurs, elles doivent s'appuyer sur une bonne connaissance du climat actuel, mais aussi de son évolution attendue. L'utilisation des informations météorologiques, climatologiques, des pratiques culturelles adéquates et d'investissement avisé, est donc une piste possible pour accompagner l'augmentation des rendements et des revenus au sahel en général et au Niger en particulier.

C'est dans ce cadre que se situe notre thèse intitulée « Risques climatiques et pratiques culturelles du mil et du sorgho au Niger ». Nos travaux visent à identifier les risques climatiques pour la culture des céréales les plus consommées au Niger (le mil et le sorgho), en vue de proposer des alternatives de pratiques culturelles afin d'améliorer la sécurité alimentaire et de réduire la pauvreté en milieu rural dans un contexte de démographie galopante.

Le présent mémoire qui rend compte du travail de recherche effectué, est structuré en cinq (5) chapitres.

- **Les trois premiers chapitres sont** consacrés au cadre de l'étude. Le premier qui traite du cadre théorique rappelle succinctement les travaux de recherche, les récentes négociations internationales sur le climat et pose la problématique. Dans le second, il est question des matériels et données, ainsi que de la méthodologie mise en œuvre pour atteindre les objectifs. Le troisième présente la zone d'étude et la culture des deux céréales les plus consommées au Niger (le mil et le sorgho).
- **Les deux derniers chapitres sont** consacrés aux résultats et discussions. Dans le quatrième chapitre sont présentés et discutés les résultats relatifs aux risques climatiques. Dans le cinquième chapitre sont décrites les pratiques culturelles du mil et du sorgho dans la région de Tillabéry, puis sont présentés et discutés les impacts et les stratégies d'adaptation des pratiques culturelles adoptées pour améliorer la sécurité alimentaire.

Le mémoire se termine par une conclusion générale suivie des perspectives.

CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE

Pour mieux cerner le contexte et la pertinence de cette thèse, il est nécessaire de : (i) faire la synthèse des travaux récents relatifs au thème, (ii) poser la problématique, les hypothèses de travail et les objectifs visés. Les pages qui suivent abordent ces différents aspects.

1.1 Revue de la littérature

Les économies des pays du Sahel reposent en grande partie sur les secteurs de l'agriculture et de l'élevage, qui contribuent entre 30 et 40 % au PIB, et emploient en moyenne 80 % de la population active de ces pays (Banque Mondiale, 2013). Le mil et le sorgho sont les cultures vivrières les plus importantes. Elles représentent 50 à 70% des superficies cultivées au Sahel. Les cultures d'exportation comme l'arachide et le coton jouent également un rôle déterminant dans la région. Le coton, bien qu'il n'occupe qu'une petite partie des terres arables, représente 60 à 80% des rentrées de devises des pays producteurs (Burkina Faso, Mali et Tchad). Quant à l'élevage, il constitue une source de revenu considérable pour environ un quart de la population (FAO, 2007).

Cependant, l'agriculture est pluviale à plus de 95 % et l'élevage est extensif, tributaire des ressources naturelles. Ainsi, le développement de ces deux composantes de l'économie sahélienne, est fortement dépendant des ressources à forte sensibilité climatique.

Le changement climatique représente donc une grande menace pour la croissance et le développement durable au sahel, ainsi que pour l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), et particulièrement pour l'OMD1 : réduire de moitié la pauvreté et la faim des populations d'ici à 2015.

Pour mieux situer ce travail de recherche, cette revue commence par faire le point sur les grands traits du climat du Niger en relation avec nos objectifs.

1.1.1 Grands traits connus du climat du Niger

Des études antérieures (Charre, 1973 ; Sivakumar *et al.*, 1993;Gachon *et al.*, 2007 ; Lepage *et al.*, 2007 ; Ali et Lebel, 2008 ;Ozer *et al.*, 2010) ont montré que le

climat du Niger est de type tropical semi-aride, caractérisé par deux saisons. Une saison sèche allant d'octobre à mai et une saison pluvieuse allant de juin à septembre.

Pendant la saison sèche, la température moyenne fluctue entre 18,1 et 33,1 °C. Au cours de cette saison, l'harmattan (vent chaud, sec et poussiéreux) de vitesse modérée (5 à 10 m/s) soufflant du Nord-Est ou d'Est reste dominant sur tout le pays (CNEDD, 2006). Pendant la saison des pluies, la température moyenne varie entre 28,1 et 31,7 °C et la mousson (vent humide) soufflant du Sud-Ouest vers le Nord-Est reste dominant sur la majeure partie du pays. La vitesse du vent est généralement faible à modérée (2 à 8 m/s) au cours de cette période, mais des vents maximums instantanés (rafales) avec des vitesses supérieures à 40m/s (CNEDD, 2006) sont enregistrés lors du passage des lignes de grains se déplaçant d'Est en Ouest.

La synthèse des recherches sur les paramètres climatiques qui influencent la culture du mil est du sorgho fait ressortir que :

- la pluviosité se caractérise par une forte variabilité spatio-temporelle avec des gradients pluviométriques plus resserrés à l'Ouest qu'à l'Est du Niger (Charre, 1973 ;Sivakumar *et al.*, 1993; Ozer *et al.*, 2010);
- les coefficients de variation de la pluviosité augmentent, et les cumuls annuels diminuent en remontant les latitudes (Charre, 1973 ; Sivakumar *et al.*, 1993) ;
- le nombre de jours de pluie de même que les précipitations par jours de pluie, augmentent de mai à août puis diminuent. Le nombre de jours de pluies diminue en remontant les latitudes passant de 50 jours dans la zone de Gaya (54 jours à Gaya), à environ 2 jours de pluies à Bilma (Sivakumar *et al.*, 1993, 1993 ; CNEDD, 2006) ;
- les dates de début des pluies est très variable d'une station à une autre. Les études de Charre (1973) et Sivakumar *et al* (1993) donnent la période de fin mai pour la zone de Gaya, juin pour la plus part des stations et fin juillet pour les stations au Nord (Agadez, Arlit..) et l'extrême Est (N'guigmi). Les études Ozer *et al.* (2010), effectuées dans la partie orientale du Niger, confirment ces résultats en indiquant que les dates de début varient entre le 4 juillet et 21 juillet. Les dates de début des différentes stations se caractérisent aussi par une forte variabilité interannuelle. L'écart type de la date de début de saison des pluies est très élevé avec un maximum de 29 jours à Ouallam (Sivakumar *et al.*, 1993).

- alors que les dates déterminant le début des pluies varient fortement d'un en droit à un autre au Niger, les dates de fin des pluies sont beaucoup plus homogènes. A l'exception des stations au Sud (Gaya et Birni N'gaouré) et au Nord et Nord-est (Agadez, N'guigmi, Tanout, Magaize) où les dates de fin sont respectivement en début octobre et début septembre, la moyenne de la fin des pluies se situe entre le 10 et le 30 septembre. L'écart-type de la date de fin de saison des pluies est très faible avec un maximum de 16 jours à Tahoua (Sivakumar *et al.*, 1993).
- les séquences sèches diminuent de mai à août, puis augmentent jusqu'à la fin de la saison des pluies. Pour la plupart des stations, elles sont supérieures à 20 jours en mai et inférieures à 7 jours en août (Sivakumar *et al.*, 1993).

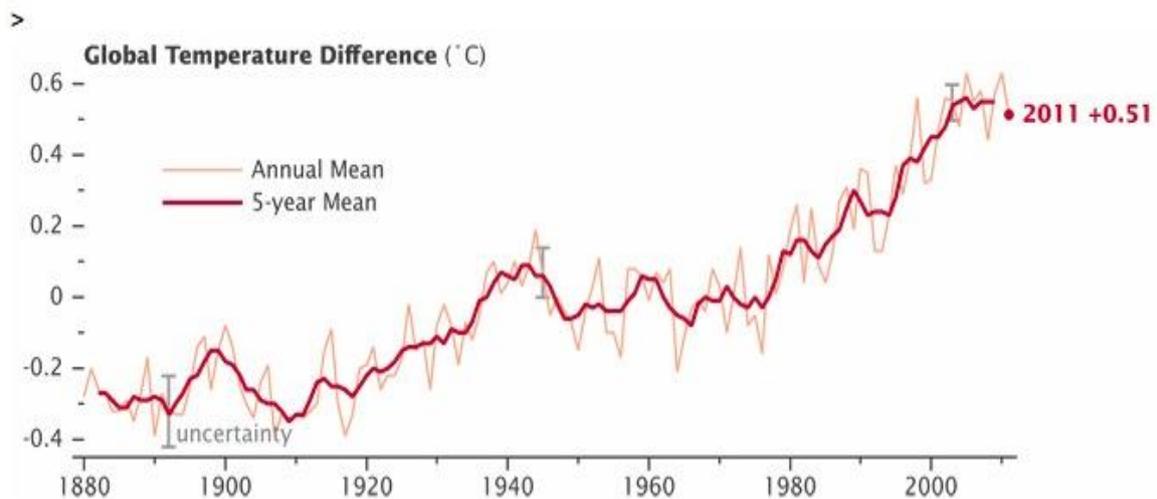
Les observations météorologiques montrent une tendance à la hausse des températures, un retour à partir de la décennie 90 à des années de bonne pluviosité avec toutefois une augmentation des séquences sèches durant la saison pluvieuse, et enfin une augmentation de la variabilité des dates de début.

Les différents rapports du GIEC (GIEC (2001), GIEC (2007), GIEC (2014)), lient ces tendances à l'augmentation dans l'atmosphère des gaz à effet de serre.

1.1.2 Réchauffement et observations climatiques

Bien que des recherches scientifiques aient montré que de tout temps, le climat du globe est animé par des cycles de durée variable, alternant entre périodes froides et périodes chaudes, les experts indiquent qu'il est très vraisemblable (probabilité > 90 %) que le réchauffement climatique observé depuis 1850 soit d'origine humaine (GIEC, 2007). En effet, des mesures terrestres réalisées à l'échelle du globe entre 1906 et 2005, montrent une élévation générale des températures de 0,74°C (GIEC, 2007). Ce réchauffement aurait été plus important ces cinquante dernières années, la hausse ayant atteint 0,13°C par décennie. La décennie 2000-2009 est la plus chaude jamais enregistrée depuis 1880 (NASA, 2010).

La Figure 1 présente l'évolution des températures entre 1880 et 2011 (NASA, 2011). Elle indique une hausse sans équivoque et continue de la moyenne quinquennale depuis 1970.



Source : NASA, 2011

Figure 1 : Evolution des températures globales entre 1880 et 2011

D'après l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM), les années 1998, 2005 et 2010 sont classées parmi les années les plus chaudes jamais atteintes. En 2010 la température globale moyenne était de 0,53°C plus chaude que la normale 1961-1990. Cette valeur est de 0,01°C plus que la température nominale de 2005, et de 0,02 plus que celle de 1998 (WMO, 2011). Les experts du GIEC, affirment que ce réchauffement est fortement corrélé à l'augmentation dans l'atmosphère des gaz à effet de serre en particulier le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O)(GIEC, 2007).

En Afrique de l'Ouest, et particulièrement au Sahel, les températures ont évolué plus rapidement que la tendance mondiale, avec des augmentations allant de 0,2°C à 0,8°C par décennie depuis la fin des années 1970 (CSAO, 2008). La hausse observée est toutefois plus importante pour les températures minimales (jusqu'à plus de +1°C) que pour les températures maximales (jusqu'à + 0,5°C).

Concernant la pluviosité au Sahel, elle se singularise par une très forte variabilité temporelle et spatiale. Elle est marquée entre 1930 et 1990 par une alternance entre période humide et sèche. Cette alternance est matérialisée par la période humide de 1930 à 1960, les sécheresses de 1970-1980 et l'amorce de la reprise de la pluviosité dans les années 1990 et 2000 (CSAO, 2008). Toutefois, après 1993, on observe un autre mode de variabilité au sein du régime pluviométrique sahélien. L'évolution interannuelle, considérée à l'échelle de la région entière, a montré une brusque alternance entre années humides et années sèches.

Ce nouveau mode de variabilité rend les prévisions interannuelles encore plus difficiles et impose de nouvelles stratégies d'adaptation (Ali et Lebel, 2008).

En outre, deux tendances pluviométriques différentes sont identifiées pour la période actuelle : la tendance à la sécheresse se poursuit dans la partie Ouest du Sahel, alors que la partie Est, semble connaître un retour progressif à des conditions plus humides (Ali et Lebel, 2008). Ces deux tendances font naître de nouveaux enjeux et risques, mais ouvrent également de nouvelles opportunités pour le Sahel. Au Niger, une forte variabilité spatio-temporelle des pluies et une décroissance des moyennes annuelles des précipitations suivant un axe Nord–Nord-Est avait été signalé dès 1973 (Charre, 1973). Selon cette étude, l'irrégularité du début des pluies est plus forte que celle de la fin des pluies. Aussi, les stations sont-elles différentes les unes des autres en termes du nombre de mois pluvieux et de quantité de pluies enregistrée pendant le mois le plus pluvieux (août). Ces deux variables diminuent en remontant vers le Nord, dans une moindre mesure vers l'Est, sans que l'altitude intervienne fondamentalement, sauf dans le massif de l'Aïr.

A ces caractéristiques climatologiques, des études récentes ont montré :

- une tendance à la hausse des températures moyennes maximales et minimales. La hausse a atteint 1,3°C pour les températures minimales et 0,76°C pour les températures maximales dans la région Ouest(Tillabéry) du Niger (Lona, 2010). Cette hausse est au-dessus de la moyenne sahélienne et des prévisions mondiales ;
- un déficit des précipitations de l'ordre de 20 à 30% par rapport à la période 1961-1990, et un glissement des isohyètes d'environ 200km du Nord vers le Sud (Ali et Lebel, 2008 ;Ozer *et al.*, 2010 ; HASA, 2011). Dans la région Ouest (Tillabéry), la baisse de la pluviosité a été aussi accompagnée par une baisse du nombre de jour de pluies en moyenne de 8 jours, avec un écart type de 5,1(Lona, 2010) ;
- une forte variabilité interannuelle des précipitations à partir des années 1990(Ali et Lebel, 2008 ;Ozer *et al.*, 2010 ; HASA, 2011).

L'appréciation globale de l'évolution du climat par les populations sahéliennes reste diverse et variée (Lepage *et al.*, 2007 ; Amoukou, 2009 ; CILSS/CRA, 2009). Les changements majeurs constatés par les populations locales concernant les facteurs du climat(pluies, orage, vents température ...) sont : le démarrage tardif et la fin précoce des pluies, le caractère de plus en plus faible et très localisé des pluies,

l'augmentation des séquences sèches de plus de 10 jours surtout pendant les périodes critiques (levée et épiaison), le caractère violent des orages, la perturbation de la durée des différentes saisons de l'année, des vents forts et poussiéreux et des températures de plus en plus élevées en toute saison.

Ces changements ont des conséquences sur les facteurs de production et font partie des causes de vulnérabilité des populations rurales.

1.1.3 Impacts observés des changements climatiques

Au sahel, les premiers impacts perceptibles par les populations sur les facteurs de production, sont la baisse des écoulements, le tarissement rapide et la disparition de certains points d'eau de surface. En effet, la baisse de la pluviosité à partir des années 1970, a entraîné la baisse des écoulements des principaux fleuves sahéliens. Le débit du fleuve Niger à Onitsha au Nigeria, a diminué de 30 % entre 1971 et 1989 ; celui des fleuves Sénégal et Gambie, de près 60 %. Cette diminution a été relativement plus importante que celle des précipitations (Andigué, 2007).

Pour ce qui est de l'environnement en général et des écosystèmes pâturés en particulier, la baisse constatée des précipitations au Sahel, a entraîné à la fois un déficit de production fourragère et un manque d'eau pour l'abreuvement du bétail. Le cas de la campagne agricole 2008/2009 est édifiant, car la variabilité spatio-temporelle des précipitations s'est traduite par une production fourragère déficitaire au sahel (surtout au Niger et au Tchad), détruisant ainsi une partie du cheptel (CILSS/CRA, 2010). Ces facteurs concourent à exacerber les conflits entre exploitants agricoles et éleveurs.

Concernant les impacts sur l'agriculture, l'augmentation des températures et la variabilité des pluies représentent une menace sérieuse pour le développement agricole des pays du Sahel, et risquent de compromettre les efforts déployés par les pays pour l'atteinte de la sécurité alimentaire. Les impacts majeurs constatés sont la dégradation des sols, la baisse de la productivité des cultures, le déplacement des zones de cultures vers le sud, l'augmentation de l'ampleur des attaques phytosanitaires, la modification dans les types d'exploitations et leur gestion, et enfin la paupérisation du monde rural et l'exode vers les gros centres urbains (CILSS/CRA, 2010 ; CNEDD, 2011).

Ces impacts négatifs se présentent avec beaucoup plus d'acuité au Niger. Par exemple, la baisse des écoulements du fleuve Niger à Niamey est bien plus importante que celle de la pluviosité ; elle est en effet de 40 à 60% depuis le début des années 1970, contre 20 à 30% pour la pluviosité (CNEDD, 2011).

Par rapport à l'environnement, les déficits pluviométriques de 1973/1974, de 1984/1985 et dernièrement de 2008/2009 ont gravement impacté l'environnement en général et les écosystèmes pâturés en particulier (GTZ, 2010). Globalement, il se dégage une baisse sensible de la quantité et de la qualité des ressources fourragères, des ressources végétales ligneuses et un élargissement des sols nus qui contribue au ruissellement. Les espèces fourragères et ligneuses bien appréciées par les animaux dont le peuplement a régressé sont : *Diheteropogon hagerupii* Hitchc, *Pennisetum pedicellatum* Trin, *Andropogon gayanus* Kunth, *Pterocarpus erinaceus* Poir ; *Stereospermum khuntianum* Chan, *Maerua crassifolia* Forssk (GTZ, 2010). Tous ces facteurs entraînent un déficit de production fourragère et un manque d'eau pour l'abreuvement du bétail, donc la dégradation de l'environnement en général et des zones de pâturage en particulier. Selon le CNEDD (2011), cette dégradation a entraîné une régression du nomadisme, une migration du cheptel en zone agricole et un transfert de propriété des animaux des éleveurs vers les agriculteurs. Il est important aussi de souligner que certaines races d'animaux sont menacées de disparition ; il s'agit précisément de la race bovine Kouri (en langue Kanouri) dont l'aire géographique est la zone du lac Tchad, et de la race ovine à laine (Koudoum en langue Sonrhäï) présente dans la zone du fleuve et dans les îles (CNEDD, 2011).

Par rapport à l'agriculture, les conséquences de la variabilité des paramètres climatiques sont particulièrement désastreuses. En effet, le bilan céréalier a été particulièrement négatif de 1989 à 1996 (PNUD/FEM, 2005), la production agricole excédentaire jusqu'au début des années 70, ne couvrait à la fin des années 80 que 86% des besoins alimentaires. Cette production est devenue structurellement déficitaire de nos jours à cause principalement des sécheresses (CNEDD, 2006) et de la croissance démographique. Le manque d'infrastructures, la faiblesse de l'encadrement rural et le manque d'investissement font que les années de bonne pluviométrie comme les années de sécheresse, se traduisent le plus souvent par une catastrophe pour le secteur agricole. Par exemple en 1998, ce sont 588ha de rizières, 8608ha de champs de mil et 203 vergers qui ont été endommagés au Niger

par des fortes pluies (PNUD/FEM, 2005).L'alternance rapprochée entre années humides et années sèches, rend difficile la planification agricole et anéantit les efforts du pays pour l'atteinte d'une sécurité alimentaire. En effet, la forte variabilité de la pluviométrie vécue par les agriculteurs, pèse dans leurs choix d'investissements, car une année sèche entraîne des pertes de récoltes et donc la perte des investissements. Il en résulte le choix d'une agriculture extensive (avec peu d'investissement financier et beaucoup d'impact négatif sur l'environnement) par rapport à une agriculture intensive mobilisant des investissements et concentrant spatialement les conséquences de sécheresse et d'inondation. Ce choix explique en partie la stagnation voire la baisse des rendements et la timide adoption des pratiques préconisées par la recherche (engrais, fumier organique, densification des cultures, pratique de Défense et Restauration des Sols/Conservation et Restauration des Sols (DRS /CRS), etc.).

Selon des enquêtes réalisées au sahel en général et au Niger en particulier, les impacts majeurs relevés par les populations sont : le décalage des dates de semis, la réduction de la longueur de la saison agricole de cinq (5) à moins de quatre (3,5) mois, l'augmentation de la fréquence des mauvaises récoltes, des crises alimentaires récurrentes, la baisse en quantité et en qualité de la végétation, l'augmentation des glacis, l'augmentation du ravinement et de l'ensablement, et le comblement voire la disparition des points d'eau (Amoukou, 2009 ; CILSS/CRA, 2009 ; Lona, 2010 ; Ibeida, 2012 ; Zika, 2012).

Il a été montré aussi que la fréquence des événements extrêmes sera plus élevée (GIEC, 2014) ; par conséquent, la vulnérabilité des systèmes de production agricole par rapport aux facteurs climatiques sera plus accrue.

1.1.4 Projections climatiques et effets attendus

Selon le Rapport spécial du GIEC (SRES, 2000), les émissions mondiales des gaz à effet de serre (GES) augmenteront de 25 à 90 % entre 2000 et 2030. En plus, même si les concentrations de l'ensemble des GES et des aérosols avaient été maintenues aux niveaux de 2000, l'élévation des températures se poursuivrait à raison de 0,1 °C environ par décennie.

Dans le 4^{ème} rapport du GIEC, 2007, les experts ont donné les changements futurs susceptibles de se manifester à l'échelle régionale. Il s'agit principalement :

- d'un réchauffement maximal sur les terres émergées et dans la plupart des régions des hautes latitudes de l'hémisphère Nord, et un réchauffement minimal au-dessus de l'océan Austral et d'une partie de l'Atlantique Nord ;
- d'une contraction de la couverture neigeuse, une augmentation d'épaisseur de la couche de dégel dans la plupart des régions à pergélisol, et une diminution de l'étendue des glaces de mer ;selon certaines projections obtenues avec les scénarios SRES, les eaux de l'Arctique seraient pratiquement libres de glace à la fin de l'été d'ici la deuxième moitié du XXIe siècle ;
- d'une hausse très probable de la fréquence des températures extrêmement élevées, des vagues de chaleur, et des épisodes de fortes précipitations ;
- d'une augmentation probable d'intensité des cyclones tropicaux et, avec un degré de confiance moindre, une baisse du nombre de cyclones tropicaux sur l'ensemble de la planète ;
- du déplacement vers les pôles de la trajectoire des tempêtes extratropicales, accompagné de changements dans la configuration des vents, des précipitations et des températures ;
- d'une augmentation très probable des précipitations aux latitudes élevées et, au contraire, une diminution probable sur la plupart des terres émergées subtropicales.

Au sahel, les modèles climatiques sont relativement satisfaisants pour prévoir les changements futurs des températures. Cependant, ils sont incertains pour les projections des précipitations. C'est pourquoi le GIEC, dans son 4^{ème} rapport, confirme qu'au cours du 21^{ème} siècle, le réchauffement climatique en Afrique sera plus important qu'au niveau mondial. La hausse de la température moyenne entre 1980/99 et 2080/99 s'échelonna entre 3 et 4°C sur l'ensemble du continent, soit 1,5 fois plus qu'au niveau mondial. Cette hausse sera plus élevée (+4°C) dans le Sahel continental (Niger, Burkina Faso, Mali).

En revanche, des incertitudes demeurent sur les résultats des projections concernant les précipitations. Dans la ceinture tropicale, les résultats des modèles montrent un accroissement de la pluviosité dans la corne de l'Afrique ; cependant aucune conclusion ne peut être tirée concernant le régime des précipitations au Sahel.

Concernant les effets attendus des projections du climat, les experts du GIEC (GIEC, 2007) prévoient qu'en Afrique :

- d'ici 2020, 75 à 250 millions de personnes devraient souffrir d'un stress hydrique accentué par les changements climatiques ;
- dans certains pays, le rendement de l'agriculture pluviale pourrait chuter de 50 % d'ici à 2020. On anticipe que la production agricole et l'accès à la nourriture seront durement touchés dans de nombreux pays, avec de lourdes conséquences en matière de sécurité alimentaire et de nutrition ;
- vers la fin du XXI^e siècle, l'élévation anticipée du niveau de la mer affectera les basses terres littorales fortement peuplées. Le coût de l'adaptation pourrait représenter 5 à 10 % du produit intérieur brut, voire plus ;
- selon plusieurs scénarios climatiques, la superficie des terres arides et semi-arides pourrait augmenter de 5 à 8 % d'ici à 2080 ;

Pour ce qui est des impacts attendus des prévisions climatiques au Sahel, le GIEC a prévu dès 2007 que les écoulements annuels des rivières et la disponibilité en eau baisseront de 10 à 30% dans certaines régions sèches des moyennes latitudes et dans les tropiques secs. Les projets d'aménagement hydro-agricoles et hydroélectriques des pays riverains de ces ressources en eau partagées, pourraient constituer des facteurs de tension et de risques de désaccord entre ces pays ; une meilleure exploitation et gestion régionale et intégrée de la ressource en eau renouvelable est donc indispensable (CSAO, 2008).

De même, des simulations réalisées à l'échelle du globe par la FAO, montrent une baisse relativement importante (de 20 à 50 %) des rendements des cultures céréalières dans toute la bande sahéenne du Niger au Sénégal à l'horizon 2050 (FAO, 2008). D'autres travaux (Sarr *et al.*, 2007 ; CILSS/CRA, 2009) ont montré que l'augmentation de la température va se traduire par une réduction de la durée des stades de développement et de la durée totale du cycle qui a son tour, se traduira par une réduction du nombre et de la taille des grains formés et une baisse du rendement. En zone tropicale, les rendements chutent immédiatement dès que la température augmente de 1°C (André et Cloppet, 2003). A + 2°C, on note en zone tropicale, une baisse de plus de 5 % du rendement en grains du maïs. Des études (CILSS/CRA, 2010) montrent que même dans un contexte de réchauffement modéré du climat, la zone tropicale accusera une baisse des rendements. Même dans le cas

d'une variation peu significative des précipitations à l'horizon 2050, les rendements des cultures du mil et du sorgho vont baisser de plus 10 % en cas d'augmentation des températures de + 2°C. Une hausse de + 3 °C engendrera une baisse des rendements agricoles de l'ordre de 15 à 25 %.(Sarr *et al.*, 2007 ; CILSS/CRA, 2009).

En revanche, pour le cas des plantes comme le riz, dont le système photosynthétique permet de valoriser quelque peu les teneurs élevées de CO₂ dans l'atmosphère, une certaine augmentation des rendements de l'ordre de 10 à plus de 35 % pourrait être observée au cours des prochaines décennies, si les ressources en eau sont suffisantes. Cependant, à long terme, l'effet dépressif des hautes températures ne compensera pas cet « effet fertilisant » de CO₂ et on assistera à la diminution des rendements de riz. (CILSS/CRA, 2010).

A ces effets physiologiques négatifs sur le potentiel de production agricole, s'ajoutent la pollution des eaux, l'augmentation de la pression phytosanitaire et la dégradation des sols consécutive à la déforestation, l'érosion et la remontée des sels. Les corollaires sont l'extension des zones arides et semi-arides, la réduction des surfaces propres à l'agriculture et du potentiel de production agricole rendant ainsi difficile l'accès à la nourriture dans la zone sahélienne, et entraînant *in fine*, le déplacement des populations. Déjà en 1990, les experts du GIEC indiquaient qu'un des impacts majeurs des changements climatiques pourrait être le déplacement de millions de personnes à travers le monde sous l'effet de l'érosion des zones côtières, de l'inondation des côtes et de la perturbation de l'agriculture. En effet au Sahel, la migration est l'une des stratégies d'adaptation aux manifestations adverses du climat adoptées par les populations. De même, les migrations intra régionales en Afrique de l'Ouest sont provoquées par plusieurs causes dont les sécheresses et leurs incidences sur l'environnement et les conditions de vie en milieu rural (Fall, 2008). Dans l'optique de minimiser les effets négatifs et de profiter au maximum des opportunités des changements climatiques, beaucoup d'initiatives Internationales, régionales, sous régionales, nationales, locales et individuelles sont entreprises.

1.1.5 Récentes négociations internationales sur le climat

Les menaces que le changement climatique fait peser sur l'environnement global posent un problème d'action collective. La nécessité d'une coopération internationale pour le maintien d'un climat acceptable pour les sociétés humaines

s'est traduite par la volonté des Etats lors de la 2ème conférence mondiale sur le climat à La Haye (Décembre 1989–janvier 1990), de mettre en place des négociations en vue d'une convention internationale sur les changements climatiques. Vingt-trois ans (23 ans) après cette conférence, ces négociations se sont concrétisées par plusieurs traités internationaux : la convention cadre des nations unies sur le changement climatique en 1992 à Rio de Janeiro (Brésil), le protocole de Kyoto en 1997 complété par les accords de Marrakech en 2001. Ces traités définissent un cadre de coopération inter Etatique de type régime international nommé par la suite « régime climatique Rio-Kyoto ». Ce régime est entré en vigueur depuis février 2005, malgré la défection des Etats Unis. Il engage les Etats à réduire de manière significative (sur la période 2008-2012) leurs émissions des gaz à effet de serre à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique.

Récemment encore, plusieurs rencontres internationales se sont tenues dans le but ultime de diminuer le réchauffement climatique. C'est ainsi qu'en décembre 2009, les négociations internationales sur le climat de Copenhague s'étaient données comme objectif de limiter la hausse de la température moyenne de la planète à 2°C. Malheureusement, cette conférence n'a pas abouti à un accord sur la réduction chiffrée des émissions des gaz à effet de serre identifié par le GIEC comme étant la principale cause du réchauffement.

La conférence de Durban de décembre 2011, n'a abouti qu'à un accord à minima. Cette conférence s'était limitée à tracer une feuille de route visant (i) un accord en 2015 englobant tous les pays pour lutter contre le réchauffement climatique ;(ii) la prolongation du protocole de Kyoto après 2012 ;(iii) la mise en place opérationnelle du Fonds vert et (iv) la mise en place opérationnelle d'un Mécanisme de technologie en 2012.

La conférence Rio+20 de juin 2012, a abouti à l'adoption d'un consensus décrié par la plupart des ONG. Dans ce consensus intitulé « L'avenir que nous voulons », les 188 États représentés se sont engagés sur le chemin d'une économie verte qui doit (i) contribuer à l'élimination de la pauvreté et à la croissance économique durable; (ii) améliorer l'intégration sociale et le bien-être de l'humanité, et ;(iii) créer des possibilités d'emploi et de travail décent pour tous, tout en préservant le bon fonctionnement des écosystèmes de la planète.

Le résultat de la conférence de l'ONU sur le climat tenue en novembre 2012 à Doha est à peine positif. En effet après Doha, la planète reste sur une trajectoire d'augmentation globale de la température de 4°C. Si le protocole de Kyoto, seul traité contraignant sur le climat, a été prolongé au-delà du 1er janvier 2013, il n'engage qu'un nombre limité de pays et porte sur des objectifs beaucoup trop bas. La Conférence 2013 de Varsovie sur le Changement Climatique s'est conclue par un succès. Les principales décisions adoptées lors de cette conférence, incluent, notamment, les décisions sur l'avancement sur la plate-forme de Durban, le Fonds vert pour le climat et des finances à long terme, le Cadre de Varsovie pour la REDD+, le mécanisme international de Varsovie pour la perte et les dommages. Cependant, bien qu'il est inquiétant de constater à quel point les ambitions pour parvenir à de véritables progrès sont faibles, le processus de négociations n'est pas interrompu.

En définitive, l'objectif des négociations internationales visant à limiter la hausse de la température moyenne de la planète à 2°C à travers la réduction chiffrée des émissions des gaz à effet de serre, reste toujours un vœu pieux. En attendant un accord des négociations sur le climat, plusieurs stratégies d'adaptation sont envisagées et adoptées au niveau international, régional, national, communautaire et individuel.

1.1.6 Stratégies d'adaptation

Dans le domaine de l'eau, pour atténuer les problèmes susceptibles de se manifester au regard des prévisions du GIEC, beaucoup de pays ont procédé à : l'extension de leur réseau de collecte des eaux de pluie ; une meilleure exploitation et une gestion régionale et intégrée des ressources en eau renouvelables ; l'application des techniques de stockage et de conservation des eaux ; l'adoption de techniques de réutilisation des eaux usées et de dessalement des eaux ; l'utilisation des techniques d'irrigation économe d'eau telle que le goutte à goutte.

Dans le domaine de l'agriculture, des techniques de gestion durable des terres et de l'environnement et l'utilisation des semences plus résistantes à la sécheresse et aux ennemis des cultures, sont adoptées.

Dans le domaine de protection des infrastructures et des établissements humains, il est préconisé entre autres: le changement de lieu d'implantation des

habitations et des infrastructures si le site présente un haut risque de danger ; la construction des digues et ouvrages de protection contre les ondes de tempête, la fixation des dunes et la protection des obstacles naturels pour faire face à l'élévation du niveau de la mer et les inondations.

Pour ce qui est de la santé, les mesures adoptées sont : l'établissement de plans de veille sanitaire pour les vagues de chaleur ; l'augmentation des services médicaux d'urgence ; la surveillance et le contrôle accrus des maladies sensibles au climat.

Concernant le transport, c'est surtout la prise en compte des normes de conception et d'implantation des routes, voies ferrées et autres infrastructures en fonction du réchauffement et des impératifs de drainage.

Enfin, dans le domaine énergétique, les stratégies d'adaptation adoptées sont : le renforcement des réseaux aériens de transport et de distribution ; l'enfouissement des câbles ; le recours aux sources d'énergie renouvelables.

De façon plus spécifique, le Niger a élaboré un Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) en 2006 dans le but d'atténuer les effets néfastes des impacts du changement climatique réels et prévus, et d'exploiter les opportunités bénéfiques. Des options d'amélioration de la résilience des secteurs vitaux de l'économie nationale ont été tracées.

Dans le secteur de l'agriculture, il s'agit principalement de :

- la redéfinition des calendriers agricoles en jouant sur les dates de semis et le cycle cultural des variétés dans le but de prendre en compte la variabilité pluviométrique ;
- la mise au point de variétés adaptées au stress hydrique et /ou à la chaleur ;
- la mise au point de méthodes de gestion de l'eau à des fins agricoles : conservation des eaux et des sols, protection des cultures face aux extrêmes climatiques, irrigation de complément et irrigation pure à partir des eaux de surfaces (fleuves, mares, bassins de rétention, eaux souterraines...) ;
- le développement, la diversification et l'intensification des cultures irriguées ;
- l'adoption de méthodes de gestion raisonnée de la fertilité des sols.

Ces options d'adaptation sont reprises dans la Stratégie de Développement Rural (SDR) de 2003. La mise en œuvre de ces options a démarré en 2007, dans le cadre de la Stratégie de Réduction de la Pauvreté (SRP) dont l'objectif global est de réduire la pauvreté rurale de 66% à 52% en 2015. Dans le cadre de la maîtrise de

l'eau et la promotion de l'irrigation, plusieurs périmètres irrigués ont été réhabilités, et des retenues d'eau (mini barrages, barrage) construits ou en cours de construction.

Pour ce qui est de la mise à disposition des variétés précoces et résistantes à la sécheresse et aux ennemies des cultures, l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRAN) en collaboration avec l'ICRISAT, a sélectionné des variétés de mil (HKP3, le H80-10GR, le CT3 ...), de sorgho (IRAT-204, Mota- Maradi, SSD-35, Sepon-82...), de Niébé (TN5-78, TN27-80, TN28-87, TN88-63...), d'arachide (T177-83, T169-83, T181- 83 ...), dont la vulgarisation est en cours (Siradji, 2008).

Les actions concernant la sensibilisation pour la diversification des cultures, la gestion de la fertilité des sols, et la promotion de la petite irrigation, sont en cours d'exécution par plusieurs projets de développement, la Coopération bilatérale et les ONG (ANPIP II, GTZ, PAFRIZ, ONG Karkara, ...).

En 2011, dans l'objectif d'atteindre la souveraineté alimentaire, le Niger a adopté un programme ambitieux visant à investir environ 1000 milliards de francs CFA en 3 ans (2012-2015) à travers le Programme 3N « les Nigériens Nourrissent les Nigériens », dont l'unique objectif spécifique est de Renforcer les capacités nationales de productions alimentaires, d'approvisionnement et de résilience face aux crises alimentaires et aux catastrophes.

Au niveau communautaire et/ou individuel, les enquêtes menées au Niger (Amoukou, 2009 ; CILSS/CRA, 2009 ; Lona, 2010 ; Ibeida, 2012 ; Mariama, 2012 ; Ramatou, 2012 ; Salissou, 2012 ; Zika, 2012) ont montré que les populations conscientes des impacts des aléas climatiques sur leurs environnements et surtout sur l'agriculture, réagissent pour préserver et maintenir leurs moyens d'existence en adoptant des stratégies d'adaptation endogènes et/ou introduites par les services techniques, les ONGs et les projets de développement. Parmi ces stratégies, on peut citer : la culture des variétés précoces et résistantes à la sécheresse (mil HKP, le sorgho Mota Maradi, etc.) ; la diversification des cultures ; l'exploitation des résidus de cultures (comme aliment bétail, marchandise), l'adoption du labour à la charrue (pour ameublir et améliorer les sols compacts), la récupération des terres (site du projet Keita, Site de Bougoum), et l'adoption du système de pompage individuel pour la petite irrigation (site de culture de contre saison).

1.2 Problématique

1.2.1 Contexte

Sous les effets conjugués d'une situation climatique globalement défavorable et d'un taux élevé de croissance démographique, les pays Sahéliens en général et le Niger en particulier se trouvent confrontés à une forte dégradation du potentiel de production de leurs systèmes agro-sylvo-pastoraux. Cette situation est aggravée par des pratiques culturales et des politiques de développement agricole souvent inadaptées (Banque Mondiale, 2013).

Au Sahel, les précipitations sont en moyenne baissées au cours des dernières décennies ; la période 1961-1990 représente l'exemple de variabilité et de déclin les plus intenses en termes de précipitations au Sahel (Adger *et al.*, 2003 ; Lepage *et al.*, 2007 ; Ozer *et al.*, 2010). La moyenne pluviométrique des décennies de cette période était de 25% plus sèche que les décennies précédentes, engendrant des conséquences dramatiques sur les ressources hydriques et sur la production agricole (CGIAR, 2009).

A ces tendances de long terme, s'ajoute un fort degré de variabilité interannuelle des précipitations. En effet, après 1993, un autre mode de variabilité semble s'instaurer au sein du régime pluviométrique sahélien. L'évolution interannuelle, considérée à l'échelle de la région entière, a montré une alternance rapprochée entre des années très humides et des années très sèches. Ce nouveau mode de variabilité rend les prévisions interannuelles encore plus difficiles. En outre, il rend difficile la planification agricole et impose de nouvelles stratégies d'adaptation (Ali et Lebel, 2008).

Les températures au Sahel, quant à elles, ont évolué plus rapidement que la tendance mondiale, avec des augmentations allant de 0,2°C à 0,8°C par décennie depuis la fin des années 1970 (CSAO, 2008). La hausse observée est toutefois plus importante pour les températures minimales (jusqu'à plus de +1°C), que pour les températures maximales (jusqu'à + 0,5°C).

Les différents scénarios de changements climatiques dus à l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, donnent des résultats mitigés sur l'ampleur et la direction des changements dans diverses parties du monde. Toutefois, il ne fait plus de doute que la fréquence des événements extrêmes (sécheresse, inondation, canicule, vents forts, etc.) sera plus élevée (GIEC, 2014) et

par conséquent, la vulnérabilité des ressources en eaux et des systèmes de production agricole par rapport aux facteurs climatiques, plus accrue. La résultante de tous ces facteurs fait que, dans l'hypothèse d'une évolution linéaire des tendances actuelles, l'objectif ambitieux de réduire de moitié la faim dans le monde ne sera pas atteint en 2015 mais en 2150 (Diouf, 2008). En effet, dix-huit ans après le sommet mondial sur l'alimentation de 1996, la situation reste encore préoccupante et les risques d'exacerbation demeurent avec plus d'acuité face aux risques climatiques et à la forte croissance démographique.

La pauvreté, le manque d'investissements et l'application des techniques et politiques souvent inadaptés se traduisent par une faible capacité d'adaptation de l'agriculture africaine. En deux décennies (de 1984 à 2004), la part de l'aide destinée à l'agriculture a été réduite de plus de la moitié, passant de 8 milliards de dollars à 3,4 milliards de dollars (Diouf, 2008). L'engagement des pays africains, au sommet de l'Union Africaine de Maputo en 2003, d'affecter 10% de leurs budgets nationaux à l'agriculture et au développement rural dans un délai de 5 ans, tarde toujours à se concrétiser (Kaere, 2009). Entre 1981 et 2000, les dépenses de recherche et de développement agricole dans les pays africains ont seulement progressé de 0,6% par an en moyenne, et ont même reculé pendant les années 90. A cela, il faut ajouter que plus de 95 % de l'agriculture africaine est une agriculture pluviale (FAO, 2007). Les trois quarts des pays Africains sont situés dans des zones où il suffirait d'une faible réduction des précipitations pour engendrer d'importantes diminutions de la disponibilité globale en eau.

Des études réalisées par le CILSS/CRA au Sahel (CILSS/CRA, 2009), et par la GTZ au Niger (Amoukou, 2009) ont montré que les paysans ont leurs propres perceptions des changements climatiques, et qu'ils sont bien conscients des impacts de ces derniers sur leurs environnements et activités. Face à ces aléas climatiques, les paysans réagissent pour préserver et maintenir leurs moyens d'existence en adoptant des stratégies d'adaptation. Dans le secteur agricole, compte-tenu des retombées potentiellement dramatiques de la diminution et de la mauvaise répartition des pluies (famines, migrations), la plupart des pratiques des agriculteurs sont entachées d'une très forte aversion au risque. Si ces pratiques sont le plus souvent très efficaces et permettent aux agriculteurs de produire de quoi survivre en cas de sécheresse prolongée, elles limitent sévèrement le développement de leurs activités, et les maintiennent dans la pauvreté. Pendant les

bonnes années ou mêmes pendant les années normales en termes de pluviosité, leurs productions restent basses car les agriculteurs ne prennent aucun risque malgré les recommandations des structures de recherche (apports d'intrants, densification de semis, utilisation de variétés améliorées). De plus, les changements socio-économiques (population qui augmente, compétition sur les ressources qui se raréfient) et la menace d'une variabilité climatique accrue en réponse au réchauffement global, peuvent remettre totalement ces stratégies en question (Sultan, 2011). Cette remise en question est une réalité au Sahel et le cas du Niger est plus explicite comme l'atteste les différentes sécheresses suivies de graves crises alimentaires de 1973-1974, 1984-1985, 1996-1997, 2004-2005, 2009-2010. En effet au Niger, l'objectif d'atteindre la sécurité alimentaire reste et demeure une préoccupation majeure pour les autorités politiques et la communauté scientifique. L'insécurité alimentaire est récurrente, et résulte de la combinaison de plusieurs facteurs.

D'un point de vue climatologique, le Niger se caractérise par un déficit des précipitations de l'ordre de 20 à 30% par rapport à la période 1961-1990 ; un glissement des isohyètes d'environ 200 km du Nord vers le Sud au cours des décennies 70 et 80 ; une réduction de la longueur de la saison des pluies ; une tendance à la hausse des températures moyennes maximales et minimales, mais aussi une très grande variabilité interannuelle des précipitations à partir des années 1990 (CNEDD, 2006 ; Ali et Lebel, 2008 ; HASA, 2011).

Sur le plan démographique, le Niger se caractérise par une forte croissance démographique (3,9%). Selon les statistiques nationales, à la date du 17 décembre 2012, la population du Niger est de 17 129 076 habitants (INS, 2013).

D'un point de vue socio-économique, le pays se caractérise par une incidence de la pauvreté qui touche près de 60% de la population, et un régime alimentaire largement basé sur les céréales, mil, riz et sorgho notamment. Ces céréales participent à hauteur de 58,5% du revenu total dans la consommation alimentaire des ménages (RGAC, 2008).

Le système de production agricole se caractérise par une agriculture essentiellement pluviale, qui se pratique sur de petites exploitations familiales (48% des exploitations sont inférieures à 3 ha) avec une faible utilisation d'intrants agricoles. Seules 4,8% des superficies mises en valeur en pluviale utilisent des semences sélectionnées, et l'application des engrais chimiques, ne concerne que

3%des superficies emblavées en pluviale (RGAC, 2008).La production agricole nationale est déficitaire une année sur trois, et cette situation est aggravée par une hausse constante des prix des denrées alimentaires.

La conjugaison de tous ces facteurs fait que 50% des nigériens souffrent d'insécurité alimentaire, dont 22% d'une forme extrême et chronique. Enfin, la sous-alimentation touche environ 29% de la population (HASA, 2011).

1.2.2 Justification

La recherche et le développement agricole sont handicapés par le manque de moyens matériels, financiers et humains. En effet, le Niger affiche l'une des plus faibles intensités d'investissement dans la recherche avec un investissement qui a chuté de 5,9 \$ par producteur entre 1981¹ à 1985, à 1,5 \$ en 2008, contre 33 \$ par producteur pour le Nigéria en 2008 et 150 \$ pour l'Afrique du Sud en 2000. Quant à l'effectif des chercheurs dans le développement agricole, il a chuté de 118 à 93 (une baisse de 21%) entre 1996 et 2008 (HASA, 2011).

Il a été établi une étroite relation entre le cumul saisonnier des pluies et le rendement du mil au Niger à l'échelle nationale (Sultan, 2011) ; les études de Sarr *et al.* (2007) et du CILSS/CRA (2009), ont montré que les rendements des cultures comme le mil et le sorgho, vont baisser de plus 10 % en cas d'augmentation des températures de + 2°C, et si les variations des précipitations sont peu significatives à l'horizon 2050. Selon les mêmes études, une hausse de + 3°C engendrera une baisse des rendements agricoles de l'ordre de 15 à 25 % (Sarr *et al.*, 2007 ; CILSS/CRA, 2009).

D'autre part, les études de McIntire *et al.* (1989) ; Powell et Fussell (1993) ; Shapiro *et al.* (1993) ; Bationo *et al.* (1993), Bationo *et al.* (2007), ont montré que les rendements de sorgho et de mil pourraient être multipliés par dix, passant de 0,2 t/ha à 2 t/ha, si l'on combine à la fois la fertilisation organique (résidus de culture, fumier, compost, etc.), la fertilisation minérale (en particulier le phosphate) et une densité de semis accrue.

¹ Le 1^{er}/01/1981, 1\$ = 272Fcf ; le 1^{er}/01/2008, 1\$ = 446fcfa

La comparaison de ces études montre que l'impact faiblement négatif et incertain du changement climatique sur les rendements (de -10% à -25%), pourrait être bien compensé par l'augmentation des rendements induite par le progrès techniques. L'analyse de ces études sur les rendements, le climat, les intrants et les pratiques agricoles suscitent plusieurs interrogations :

- est-ce que l'angle de la variabilité et du changement climatique est la bonne entrée pour aborder les changements à venir pour l'agriculture africaine ?
- ne doit-on pas plutôt se focaliser sur les aspects techniques (apports généralisé d'engrais et d'herbicides, sélection et adoption de variétés plus productives, augmentation de la densité cultivée pour passer d'une agriculture extensive à une agriculture intensive, etc.) pour atteindre la sécurité alimentaire au sahel en général et au Niger en particulier ?

Les réponses à ces questions doivent impérativement prendre en compte les réalités suivantes :

- le bénéfice de l'utilisation des fertilisants sur les rendements est très faible en cas de mauvaise pluviosité, et une année très sèche entrainera la perte des récoltes et donc la perte de l'argent investi sur la culture. L'incertitude sur la pluviosité et le risque d'une sécheresse pèsent donc sur les choix des agriculteurs qui hésitent à investir à perte (Sultan, 2011) ;
- d'après Rouw (2003), cité par Sultan (2011) les variétés plus productives à cycle court préconisées par les agronomes, n'ont pas été adoptées car elles sont sensibles aux périodes sèches au cœur de la saison humide. Il en a été de même pour la densification des cultures, qui concentre spatialement le risque d'une sécheresse et augmente les conséquences d'une période sèche intra saisonnière.

L'utilisation des informations météorologiques, climatologiques, de pratiques culturales adéquates et d'investissement avisé, est donc une piste possible pour accompagner l'augmentation des rendements et des revenus au sahel en général et au Niger en particulier. Cependant, pour que les innovations techniques (sélection variétale, technique de cultures, gestion de la fertilité du sol, etc.) soient adoptées par les producteurs, elles doivent s'appuyer sur une bonne connaissance du climat actuel, mais aussi de son évolution attendue. C'est dans cette optique que se situent

nos travaux qui visent à identifier les risques climatiques pour la culture du mil et du sorgho.

L'intérêt pour ces deux spéculations se justifie par plusieurs raisons :

- ❖ physiologiquement, l'intensification de la culture du mil et du sorgho est possible dans les conditions écologiques qu'offre le Niger. En effet, il est établi que le mil et le sorgho se développent bien dans les zones ayant une pluviosité comprise entre 200 et 800mm, avec une longueur de la saison des pluies de 90 à 150 jours (FAO, 2006 ; Winkel *et al.*, 1997 ; Bidinger *et al.*, 1987). Il est également démontré que ces cultures résistent à la sécheresse (surtout le mil) et qu'elles s'accommodent avec les sols pauvres (CIRAD *et al.*, 2002). Au Niger, sur les 30 dernières années, le rendement moyen le plus élevé du mil (605 kg/ha) a été obtenu en 2010 (DSA/MAG, 2012). Ce rendement est deux à trois fois en deçà du potentiel de productivité enregistré en station de recherche, ou même en plein champs lorsque des mesures de CRS/DRS combinées à la fourniture d'intrants et d'appuis/conseils sont appliquées (HCI3N., 2012) ;
- ❖ les habitudes alimentaires des Nigériens sont largement basées sur le mil et le sorgho. La structure des dépenses alimentaires fait ressortir que le principal mode d'acquisition des produits alimentaires des ménages est l'achat des aliments. Plus de 72,5% des revenus des ménages y sont consacrés, il est suivi par l'autoconsommation avec 27,5% des revenus. Parmi les produits les plus consommés, on note une prédominance du mil (35,5% des revenus) suivi du riz (9,6%) et du sorgho (7,5%) (RGAC, 2008) ;
- ❖ les autorités politiques actuelles du Niger, se sont appropriées la question de la sécurité alimentaire, affichent leur volonté manifeste d'atteindre la souveraineté alimentaire, et se sont engagées à investir environ 1000 milliards en 3 ans (2012-2015) à travers le Programme 3N « les Nigériens Nourrissent les Nigériens ». L'unique objectif spécifique est de renforcer les capacités nationales de productions alimentaires, d'approvisionnement et de résilience face aux crises alimentaires et aux catastrophes.

De la conjonction de la situation décrite ci-dessus et des données de la littérature, découle la question centrale de recherche suivante : comment la connaissance des risques climatiques permet-elle d'anticiper ses conséquences par

le développement des stratégies agricoles permettant de sécuriser la production du mil et du sorgho, et donc d'améliorer la sécurité alimentaire au Niger ?

Cette question centrale de recherche se décline en trois questions secondaires :

- Quels sont les risques climatiques liés à la pluviométrie et aux températures au Niger ?
- Quelles sont les stratégies adoptées par les producteurs pour y faire face, et en particulier pour assurer la durabilité de la production du mil et du sorgho ?
- Comment améliorer la résilience des producteurs afin de réduire la pauvreté et améliorer la sécurité alimentaire au Niger ?

1.3 Hypothèses

Pour apporter des réponses à ces questions de recherche, notre démarche méthodologique a été bâtie autour des trois hypothèses suivantes :

- Les principaux risques climatiques sont : la dégradation de la qualité de la saison des pluies, l'augmentation des extrêmes chauds et des températures de toutes les saisons, et la baisse de tous les extrêmes froids ;
- les stratégies adoptées par les producteurs de mil et de sorgho du Niger sont majoritairement techniques (et concernent les variables de pratiques de semis, sarclage et désherbage) auxquelles s'ajoutent des activités génératrices de revenus (embouche, artisanat, commerce) ;
- la combinaison de plusieurs pratiques culturales (gestion de la fertilité des sols, semis, sarclage et désherbage) permet d'améliorer la résilience des producteurs de mil et de sorgho.

1.4 Objectifs

L'objectif global est d'améliorer la production agricole par une meilleure intégration des risques climatiques dans les activités agricole au Niger

De façon spécifique il s'agit :

- d'identifier les risques climatiques liés à la pluviométrie et aux températures sur l'ensemble du territoire national ;

- d'analyser les stratégies de pratiques culturelles adoptées par les producteurs pour faire face aux risques climatiques, et ce, afin d'assurer la durabilité de la production du mil et du sorgho ;
- de proposer des alternatives de pratiques culturelles du mil et du sorgho pour améliorer la production agricole.

Conclusion partielle

L'inadéquation croissante entre la demande et la disponibilité des céréales mil et sorgho a pour cause, une forte croissance démographique (3,9%) ; un climat très fluctuant et globalement défavorable et des pratiques et politiques agricoles souvent inadaptées. Les recherches menées au sahel en général et au Niger en particulier font ressortir, une augmentation sans équivoque des températures, une forte variabilité de la pluviosité et des dates de démarrage des pluies, une augmentation des séquences sèches, une tendance à la baisse de la longueur de la saison. Cependant les décennies 1990 et 2000 sont marquées par un retour à une meilleure pluviosité (d'un point de vue quantitatif) et une alternance forte entre des années très humides et des années très sèches, qui rendent plus difficiles les prévisions interannuelles et la planification agricole. En plus, beaucoup d'incertitudes demeurent sur la tendance et la direction des pluies à venir au sahel. Les négociations internationales en vue de réduire les causes du changement climatique piétinent mais se poursuivent. Les recherches ont aussi montré que les producteurs réagissent et adoptent des stratégies d'adaptation pour maintenir leurs activités et assurer leur sécurité alimentaire. Dans le chapitre qui suit, sont exposés les outils utilisés et l'approche méthodologique adoptée pour identifier et analyser les risques climatiques et les stratégies d'adaptations des pratiques culturelles du mil et du sorgho.

CHAPITRE 2 : MATERIELS, DONNEES ET METHODES D'ETUDES

Pour prendre en compte le climat dans les pratiques culturelles du mil et du sorgho, il faut dans un premier temps, traiter les données climatiques observées et les confronter avec les résultats de la perception climatique des populations locales afin de définir les risques climatiques pour le mil et le sorgho. Dans un second temps, il faut partir des stratégies de pratiques culturelles du mil et du sorgho déjà adoptées par ces populations, pour les améliorer avec les résultats de la recherche. Les chapitres qui suivent, présenteront la méthodologie adoptée pour y parvenir. Mais avant il sera présenté les logiciels informatiques utilisés et qui sont communs aux deux chapitres.

2.1 Généralité sur les outils de traitement utilisés

Les traitements des données climatiques et d'enquêtes ont été faits à l'aide de dix (10) logiciels.

- **Climbase 2.0**, qui est un logiciel de gestion de base de données, développé 1992 par le Centre Régional AGRHYMET (CRA). Il a été conçu pour la gestion des données agro climatiques. Ce logiciel a servi pour l'importation des fichiers de pluviosité et de température sous format des logiciels de traitement des données.
- **Instat+ version 3.3**, qui a été développé dans les années 1980 par Roger STERN et son équipe (Stern *et al.*, 2006). Cette version se prête très bien à l'analyse statistique de données climatologiques. Ce logiciel a servi à faire la plupart des traitements statistiques et les calculs des paramètres de la campagne agricole comme : les dates du début, de fin et la longueur de la saison agricole, le cumul pluviométrique de la saison et l'analyse des séquences sèches.
- **Surfer 10**, qui est un logiciel de cartographie se prêtant très bien à la spatialisation des données. Dans cette étude, SURFER a été utilisé pour la spatialisation des données climatologiques.

- **Khronostat 1.01**, qui est un logiciel d'analyse statistique de séries chronologiques, développé par l'IRD. Le logiciel a été utilisé pour faire le test de Pettitt sur les séries chronologiques.
- **Word et Excel** qui sont des logiciels de Microsoft office, ont été utilisés pour les traitements de texte, tableaux, graphiques et les statistiques simples.
- **Logiciel R version 2.15.1 (2012)**, utilisé pour écrire un script, permettant de faire le test de tendance de Mann-Kendall.
- **Logiciel SPAD 4.5**, utilisé pour faire la régionalisation des données pluviométriques en utilisant les analyses en composante principale.
- **Logiciel CPro 5.0**, utilisé après paramétrage, pour saisir les données d'enquêtes. Il est aussi utilisé pour exporter les données vers le logiciel SPSS.
- **Logiciel SPSS version 20**, utilisé pour le traitement statistique des données d'enquête.

2.2 Données climatologiques et méthodes de traitement

2.2.1 Données climatiques utilisées

Pour conduire l'étude climatique sur le Niger pour la période de 1961 à 2010, les données d'observations quotidiennes issues de la base de données du centre Régional AGRHYMET, complétées par des données de la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) du Niger ont été exploitées. Elles proviennent de (Figure 2) :

- 49 stations pour les données de la pluviosité ;
- 09 stations météorologiques pour les températures maximales et minimales.

La période 1961 à 2010 a été choisie pour 4 raisons :

- la quantité, et surtout la qualité des données des stations sur cette période.
- l'opportunité qu'offre la période pour une analyse sur trois normales (61_90, 71_00 et 81_10).

- la recommandation faite par l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM), d'utiliser la période 1961 à 1990 afin de définir la normale de référence pour les analyses sur la variabilité et les changements climatiques.
- enfin en raison de l'inexistence dans la bibliographie de contrôle de qualité des données du Niger sur la période 1995 à 2010.

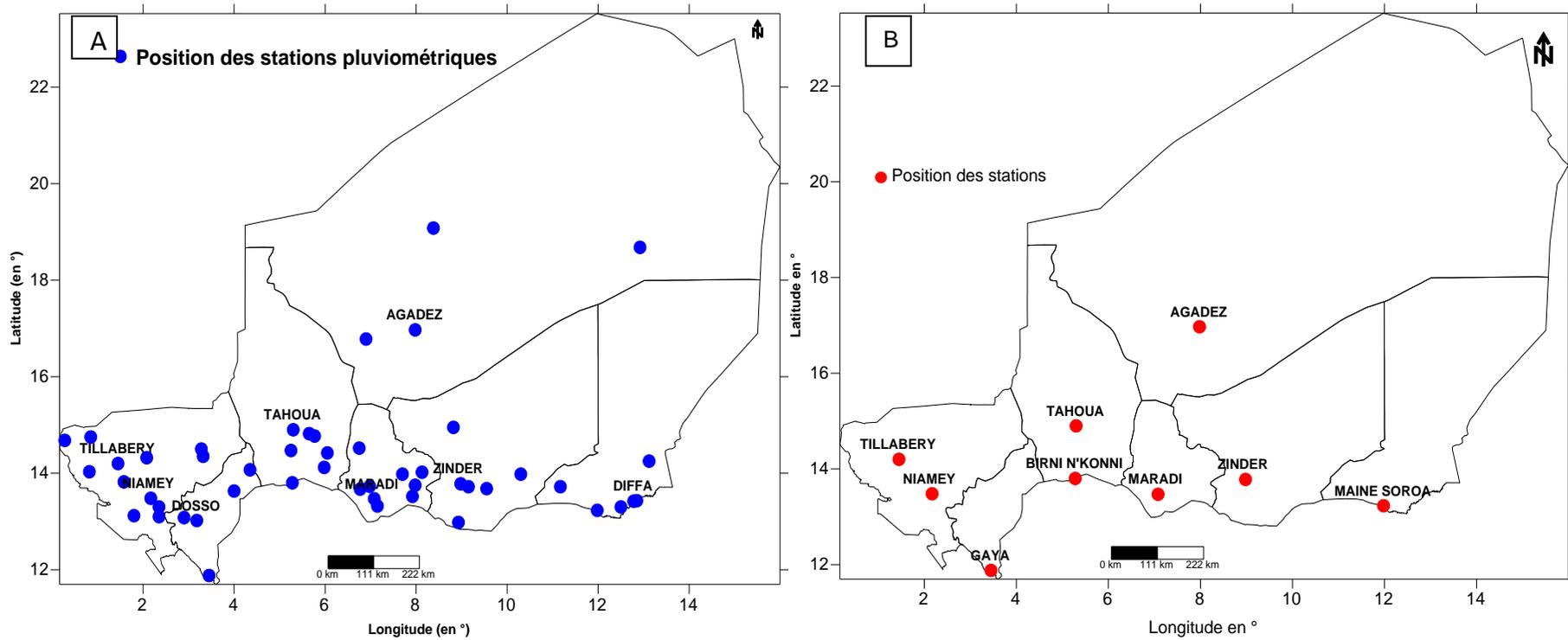


Figure 2 : Localisation A) des stations pluviométriques ; B) stations météorologiques de mesure de température minimale et maximale (Tn et Tx)

2.2.2 Méthode de traitement des données climatologiques

2.2.2.1 Critique des données climatologiques

La critique des données a consisté (i) à faire la recherche d'informations sur l'origine des données, (ii) à contrôler minutieusement les données dans le but de faire le point sur les données manquantes et celles aberrantes en vue de les corriger, (iii) à chercher la loi de distribution des données et à faire le test de rupture des séries chronologiques de Pettitt.

2.2.2.1.1 Origine des données

L'origine des données a consisté à la recherche d'informations, à la direction de la météorologie, de l'agriculture et dans la localité d'implantation de la station sur le type de station, la qualité des observateurs, et même sur l'historique en cas de changement brusque dans l'évolution temporelle des paramètres observés. Il ressort que les données utilisées proviennent des stations professionnelles, ayant des données de 1961 à 2010. Ces stations sont gérées par des météorologues, des agents d'agriculture et d'élevage, formés pour produire des données de qualité.

2.2.2.1.2 Complétude des données

Il s'agit de passer en revue toutes les données sur la période 1961-2010, et de ne retenir que les stations ayant peu de lacunes (moins de 10% de données manquantes sur le mois et l'année considérée) afin de ne pas compromettre le calcul de la moyenne mensuelle et des indices climatiques. Le contrôle de vraisemblance des données consiste à rechercher les données aberrantes, (ex. pluie < 0 ; $T_x < T_n$; T_x et/ou T_n inférieure ou supérieure au seuil climatologique de la station). Si le contrôle révèle des données aberrantes, on procède à une recherche dans la métadonnée en collaboration avec le service climatologique de la DMN, afin de retrouver la vraie donnée.

L'exercice a montré que seules les données de pluie de huit stations présentent des données manquantes en saison sèche (généralement les mois de Janvier, février, mars, octobre, novembre et décembre). Au total, 367 données journalières ont été corrigées avec l'aide des Tableaux Climatologiques Mensuels (TCM) de la direction nationale de la météorologie du Niger.

Concernant les données de température, le contrôle de vraisemblance a permis de déceler des données aberrantes. La métadonnée a permis de corriger 224 données journalières qui, pour la plus part, sont des erreurs de saisie (exemple dans la base de donnée en 1982 la Tn de Zinder du 9 janvier est de 110,3 au lieu de 10,3°C ; en 1981 la Tx Tahoua du 29 octobre est de 68,7 au lieu de 38,7°C).

2.2.2.1.3 Loi de distribution

Pour effectuer des analyses fréquentielles poussées et précises, il est nécessaire de connaître la loi à laquelle les données (pluviométries, températures, phénomènes climatiques extrêmes) s'ajustent..

Généralement, les variables météorologiques s'ajustent à des lois statistiques comme la loi Normale, la loi Gamma et la loi Gumbel (pour les phénomènes rares comme les pluies extrêmes).

Le choix de la loi se fait après comparaison des histogrammes des données observées avec les courbes de la distribution Normale ou Gamma (Figure 3).

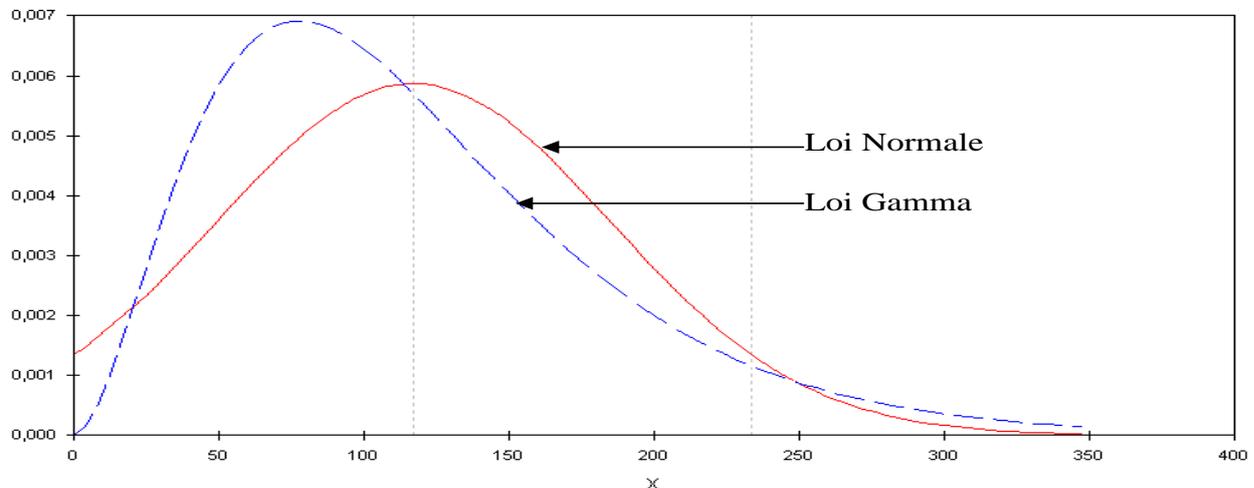


Figure 3: Forme des courbes de distribution de la loi Gamma et la loi Normale (Stern *et al.*, 2006)

La technique consiste à utiliser le logiciel Instat pour :

- faire des statistiques descriptives, et comparer la moyenne et la médiane. Si elles sont identiques, ou très proches, les populations sont distribuées selon une loi

normale, la distribution Gamma est retenue si la moyenne est supérieure à la médiane ;

- mieux préciser la loi, en calculant le Muhat (μ) qui est la moyenne de la série, et le khat (k) qui est un paramètre de la forme de la distribution (Tableau 1).

Tableau 1 : Signification du paramètre de forme de la distribution Khat (K)

Valeur de khat (k)	Loi de distribution
$0 \leq k < 1$	Exponentielle
$1 \leq k \leq 10$ et	Gamma
$K \geq 10$	Normale

Source : Stern 2006

Le test de détermination de la loi de distribution des données de pluviosité fait ressortir que les données de :

- 73% des stations suivent la loi Normale ;
- 24% des stations suivent la loi Gamma à dissymétrie positive (majoritairement) et négative.
- 3% des stations suivent la loi de Gumbel (Figure 4)

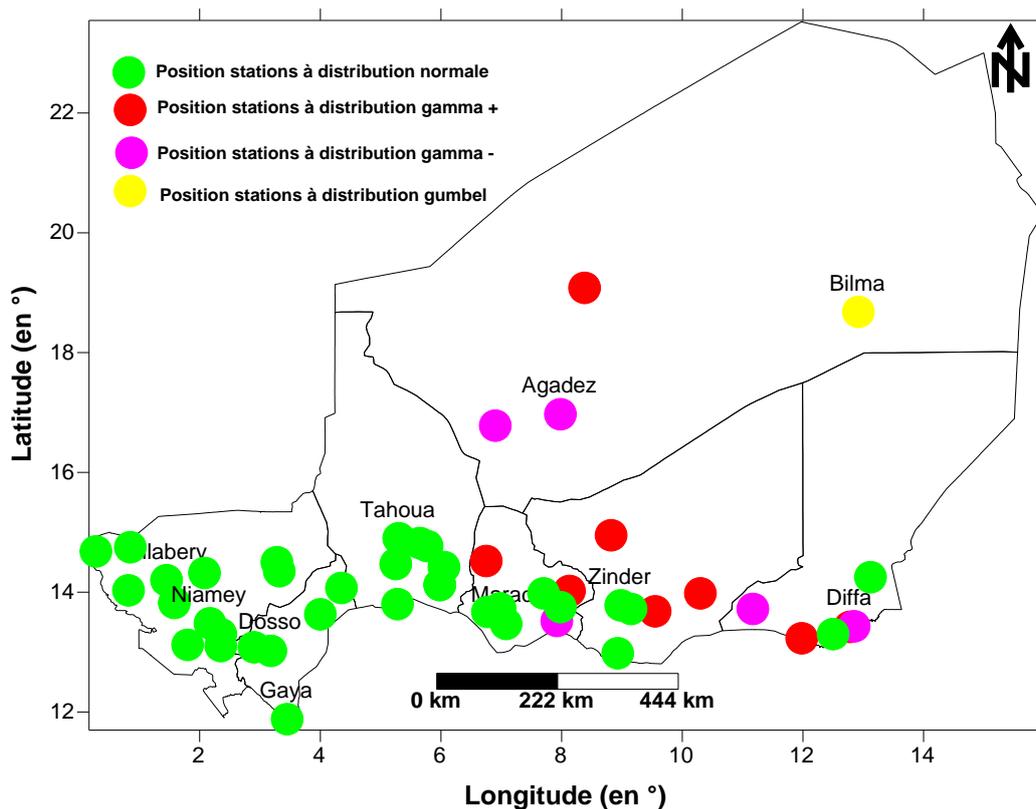


Figure 4 : Répartition spatiale des lois de distribution statistique des données de pluie

Le test de détermination de loi de distribution des données de températures minimales et maximales (T_n et T_x) montre que les moyennes annuelles des 9 stations suivent la loi normale.

2.2.2.1.4 Rupture des séries chronologiques

Les études sur le changement climatique nécessitent avant tout, d'avoir des séries de données sans hétérogénéité. Le premier travail consiste donc à détecter les changements dans les séries et, avec l'historique de la station, à déterminer les différentes hétérogénéités et leurs caractéristiques afin de pouvoir reconstituer des séries homogènes. Le logiciel Chronostat permet de faire l'étude de stabilité des séries chronologiques en appliquant le test statistique non paramétrique de Pettitt (1979). Lorsque le test de Pettitt donne une ou deux valeurs significatives (α inférieur à 0,05), la série globale est découpée en deux ou trois sous séries correspondant

aux valeurs significatives obtenues. Ces sous séries sont à nouveau soumises aux tests de Pettitt jusqu'à ce qu'ils ne donnent plus de valeurs significatives. Une investigation graphique permet de trouver les parties stables, les changements brusques ou les tendances.

L'instabilité d'une série est caractérisée par les changements brusques. Ceci peut être démontré à l'aide de l'hypothèse nulle du test de Pettitt (1979) qui consiste à l'égalité des moyennes de deux sous séries issues de la série initiale.

Si x_t , $t = 1, 2, \dots, n$, sont les éléments d'une série chronologique, pour chaque t , le test statistique de Pettitt est le suivant :

$$U_{tn} = 2Wt - t(n+1)$$

Avec $Wt = \sum_{j=1}^t R_j$; R_j étant le rang de l'élément x_j dans une série rangée par ordre croissant.

Sous l'hypothèse nulle du caractère aléatoire, la distribution de Wt suit une loi normale avec comme moyenne (E) et variance (W) :

$$E(Wt) = \frac{t(n+1)}{2}$$

$$VAR(Wt) = \frac{t(n-6)(n+1)}{12}$$

La probabilité associée à la valeur extrême UE de la statistique u_{t_n} est donnée par :

$$P(U < -|UE|) = P(U > |UE|) = \exp[-6*(UE)^2 / (n^3 + n^2)]$$

Quand on compare différents u_{t_n} pour $t = 1, 2, \dots, n$, pour les valeurs extrêmes u_{t_n} , la valeur critique au niveau de $\alpha = 0.05$ est donnée par

$$U_c = \sqrt{\frac{\sqrt{(n^3 + n^2) * \lg 0,05}}{-6}}$$

Quand $|UE| > U_c$, la valeur t correspondante est l'estimation d'un point de changement. Ce changement est dans le sens croissant ou décroissant selon que

UE<0 ou UE>0. L'application du test de Pettitt aux deux sous séries délimitées au point t permet de vérifier leur propre stabilité.

L'application du test de Pettitt au seuil $\alpha = 5\%$ sur le cumul annuel de pluviosité de 1961 à 2010 (Figure 5), fait ressortir que les données de :

- 37% des stations sont **homogènes**. Parmi ces stations, on compte plus de la moitié (57%) des stations de la région de Dosso; Zinder, et Tahoua. Cependant aucune station de la région d'Agadez n'est homogène.
- 43% des stations sont **hétérogènes avec une (1) rupture**. Toutes les régions sont concernées. A l'exception des stations de Madaoua, Dolbel, N'guigmi Ingall, Iférouane et Bilma où cette rupture se caractérise par une hausse moyenne de + 60,8 mm, pour le reste des stations, elle se caractérise par une baisse moyenne de la pluviosité de -147,4 mm. La région d'Agadez est en tête avec 75% des stations (3 stations), suivie de Tillabéry avec 67% des stations (8 stations).
- 18% des stations sont **hétérogènes avec deux (2) ruptures**. Toutes les régions du Niger sont concernées. Pour l'ensemble des stations concernées, la première rupture se caractérise par une baisse moyenne de -148,1 mm au cours de la décennie 70 ; la deuxième rupture pendant la décennie 90, se caractérise par une hausse moyenne de +123,3 mm.
- la série de données de Ouallam présente trois ruptures. Les deux premières (1967 et 1981) se caractérisent par une baisse successive -171.1 et -131 mm, et la dernière (1988) par une hausse de +162.3 mm.

L'analyse des ruptures pluviométriques, montre que 80% des premières ruptures se sont traduites par des baisses entre 1966 et 1980 pour 61% des postes. Les autres, 20% des premières ruptures, se caractérisent par des hausses dont la totalité s'est produite après 1990. Enfin la quasi-totalité (9/10) des deuxièmes ruptures sont des hausses intervenues entre 1988 et 1999. Ces résultats sont en accord avec des études antérieures (Lepage *et al.*, 2007 ; Ali et Lebel, 2008 ; CGIAR, 2009 ; CILSS/CRA, 2010) qui ont démontré que la fin des décennies 60, 70 et 80 sont les plus sèches des cinquante dernières années. Les mêmes études ont montré que la décennie 90 marque un retour quantitatif de la pluviosité sans pour autant atteindre le niveau de la décennie 60.

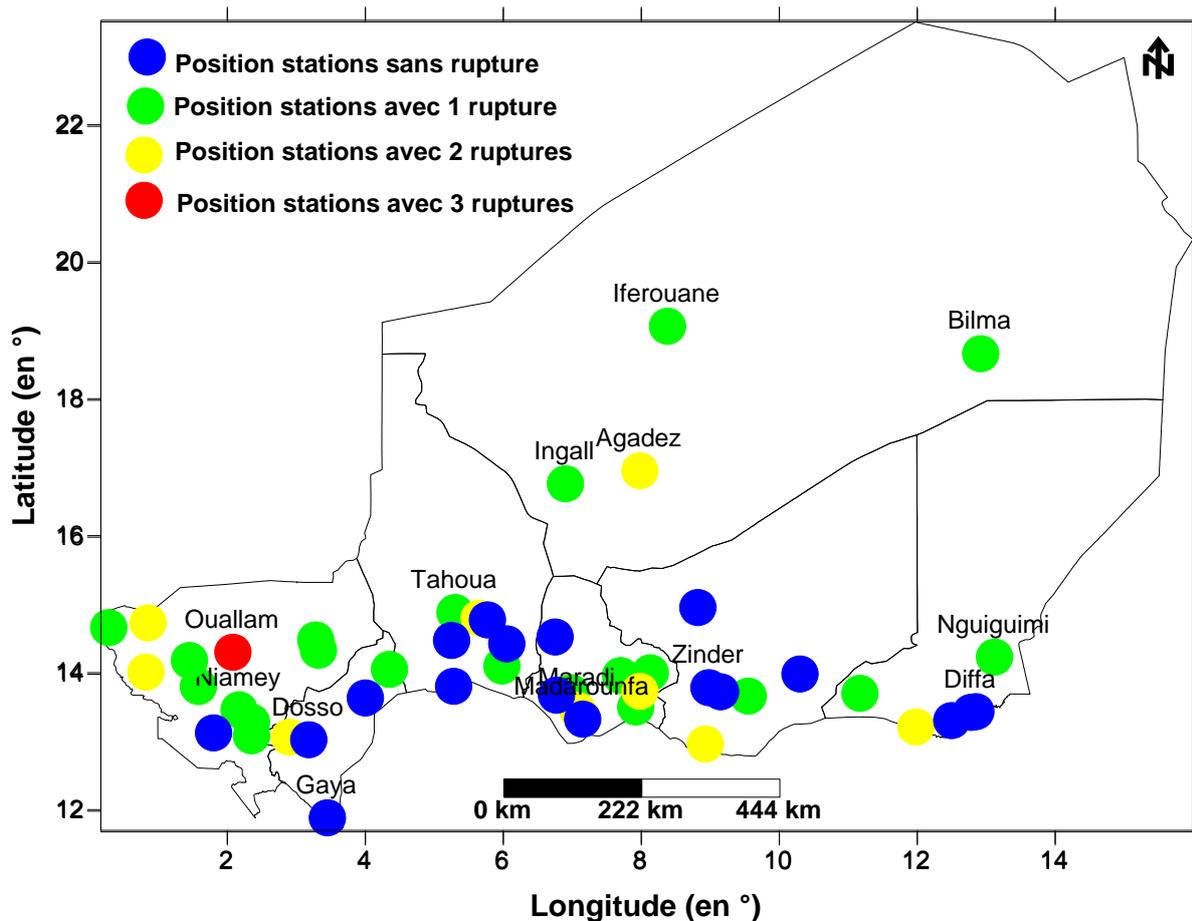


Figure 5 : Distribution spatiale des ruptures des séries de données de pluie de 1961 à 2010

Pour les températures minimales (T_n), l'application du test de Pettitt au seuil $\alpha = 5\%$ montre que seules les données de la station de Gaya (de 1970 à 2010) sont homogènes. Celles de la station d'Agadez présentent deux ruptures significatives (en 1983 et 2003), qui se caractérisent par une hausse d'environ $1,7^\circ\text{C}$; enfin, les sept autres stations sont hétérogènes avec une seule rupture significative (en 1983 pour la majorité des stations) à la hausse d'environ $1,3^\circ\text{C}$.

Pour les températures maximales (T_x), les données de Maradi et Tahoua sont homogènes, tandis que les sept autres stations sont hétérogènes avec une seule rupture significative d'environ $0,9^\circ\text{C}$ (en 1994 pour la majorité des stations). L'analyse des données montre que pour chaque paramètre, la rupture a pratiquement lieu la même année pour toutes les stations. La consultation de la métadonnée de la Direction Nationale de la Météorologie du Niger ne relève pas de changement de capteur ou de déplacement de station ; ces ruptures sont donc

probablement d'origine climatique. Des études antérieures effectuées en Afrique ont décrit les mêmes tendances (Sarr *et al.*, 2007 ; Durand, 2007 ; Molua, 2008 ; CILSS/CRA, 2009 ; CILSS/CRA, 2010 ; Kotir, 2010 ; Gnanglè *et al.*, 2011). Dans l'ensemble, il ressort que les températures, en termes de moyenne, connaissent une augmentation sans équivoque.

Globalement, cette critique de données permet de dire que ces données climatiques sont de bonne qualité et qu'elles peuvent être utilisées en tenant compte des lois de distribution et des ruptures qui les caractérisent.

2.2.2.2 Zonage

Le zonage consiste en un découpage du milieu en unités homogènes selon des critères d'homogénéité thématique prédéfinis (exemples : le climat, la morphologie, le type de sol, le système agraire, l'écologie). Dans la littérature spécialisée en climatologie et en météorologie, il y a une multitude de classifications (Grisollet *et al.*, 1962 ; l'UNESCO, 1977 ; Sivakumar *et al.*, 1991 ; Demangeot, 2001 ; Mainguet, 2003 ; FAO, 2012).

Dans l'éventail des écosystèmes secs (aride, semi-aride et subhumide sec), le critère le plus retenu est la pluviométrie annuelle. En prenant en compte ce critère, les limites varient largement d'un auteur à un autre. Une synthèse des différentes publications (Charre, 1973 ; Rodier, 1989 ; Monteith, 1991 ; L'Hôte *et al.* 1996 ; DMN, 2006 ; FAO, 2012) sur la question nous permet de fixer à quelques millimètres de pluie près : la zone² saharienne entre 0 à 150 mm ; la zone sahélienne entre 150 et 600mm et la zone sahélo-soudanienne entre 600 et 800 mm. Plusieurs publications scindent la zone sahélienne en sahélienne nord (150 à 300 mm) et sahélienne Sud (300 à 600 mm).

Du fait qu'au Sahel l'issue de la campagne agricole est intimement liée au cumul de la pluviosité et à sa distribution, nous avons choisi dans ce travail de thèse de faire une classification basée sur le cumul pluviosité. Nous caractériserons chaque zone par le nombre de jours de pluie, la moyenne du coefficient de variation

² Le terme de domaine est utilisé dans certaines littératures

de la pluviométrie, et la longueur de la saison. Pour les limites des différentes zones les valeurs consignées dans le Tableau 2 seront appliquées.

Tableau 2 : Zones climatiques

Zone	Appellation dans l'étude	Pluviométrie annuelle (mm)
Aride ou désertique	Saharienne	$P < 150$
Semi-aride	Sahélienne	$150 \leq P < 600$
	Sahélo soudanienne	$600 \leq P < 800$

2.2.2.3 Recherche de variabilité fine de la pluviosité à l'échelle du Niger

L'analyse du cumul/moyenne annuel et mensuel de pluie à l'échelle du Niger permet de :

- voir les grandes tendances mensuelles et annuelles ;
- voir la distribution spatiale de ces tendances ;
- faire des comparaisons entre les normales.

Cependant, travailler à l'échelle du Niger dans les délais d'une thèse ne permet pas d'appréhender certains détails et variations fines à l'échelle d'une station. Pour contourner cette difficulté et concilier la volonté de travailler à l'échelle du Niger avec les exigences de détails et de variabilité fine à l'échelle de temps qui a été la nôtre, nous avons opté pour une régionalisation des stations au moyen de l'application des statistiques multidimensionnelles (Analyse en Composante Principale (ACP)). Cette méthode de travail permet, en fonction des critères retenus pour la régionalisation, de regrouper les stations et de déterminer pour chaque groupe, un leader c'est-à-dire la station la plus représentative du groupe. En définitive, au lieu de rechercher les détails et variations fines station par station, cette méthode permet de faire ce travail sur :

- la composite du groupe (moyenne groupe) pour les variables dont elle ne lissera pas les détails et variations fines, ou ;
- les données de la station leader du groupe dans le cas contraire.

2.2.2.4 Régionalisation des précipitations

La régionalisation des précipitations a été faite via l'Analyse en Composante Principale (ACP), utilisée en climatologie pour regrouper par exemple des régions enregistrant le même type de variations sur une période donnée, ou mettre en évidence les interrelations entre les variables (Gachon *et al.*, 2007). L'objectif d'une ACP est de réduire un grand nombre de variables en un groupe de plus petite taille de composantes principales qui sont des combinaisons linéaires des variables originales. Les résultats se présentent sous forme de composantes orthogonales permettant de différencier les individus statistiques selon une association de variables. On dispose alors de trois types d'informations : les coordonnées des variables et des individus sur les axes factoriels, la qualité de la projection et la part de variance pris dans chacun des axes. Chaque axe factoriel correspondant à une région est associé à une chronique temporelle, correspondant à l'histoire commune de la région considérée. Lorsque les variables représentent l'espace et les observations le temps, l'ACP permet ainsi de mettre en évidence les ressemblances et les oppositions en termes de variabilité temporelle par unité géographique (Gachon *et al.*, 2007).

Dans cette recherche, l'ACP a été utilisée pour régionaliser 49 stations ayant des données complètes de pluie de 1961 à 2010 sur la base des variables suivantes :

- les cumuls annuels moyens des précipitations de 1961 à 2010 ;
- les écarts-types moyens des cumuls annuels des précipitations de 1961 à 2010 ;
- les longueurs moyennes des saisons de pluie de 1961 à 2010 ;
- les nombres moyens de jours de pluie de 1961 à 2010.

Le logiciel SPAD a été utilisé pour le calcul des valeurs propres et les intervalles Laplaciens d'Anderson au seuil de 95%. Ensuite, une classification hiérarchique directe (voisin réciproque) sur les quatre premiers axes factoriels a été réalisée afin de distinguer les régions sur la base des ACP en partant des cumuls annuels, des écarts types des cumuls, des longueurs de saison, et enfin des nombres de jours de pluies sur la période 1961_ 2010.

2.2.2.5 Détection de tendance et de variabilité des données climatologiques

2.2.2.5.1 Test de Man-Kendall

Pour déterminer les tendances des données climatologiques, le test de Mann-Kendall a été utilisé à l'aide d'un script écrit sous le logiciel R.

Le test de Mann-Kendall est un test non paramétrique sur les rangs, permettant de détecter la significativité d'une tendance. Les valeurs des données sont évaluées en tant que série ordonnée temporelle.

Chaque donnée de la série est comparée à celle qui lui succède. La valeur initiale de la statistique S est initialisée à 0 (aucune tendance n'est encore décelée). Elle est ensuite incrémentée de 1 ou décrétementée de 1 comme suit :

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{Sig}(X_j - X_k)$$

Avec

$$\text{Sig}(x_j - x_k) = 1 \text{ si } x_j - x_k > 0$$

$$\text{Sig}(x_j - x_k) = 0 \text{ si } x_j - x_k = 0$$

$$\text{Sig}(x_j - x_k) = -1 \text{ si } x_j - x_k < 0$$

Le résultat de toutes les augmentations et diminutions, est la valeur finale de S. Une forte valeur non nulle de S indique l'existence d'une tendance.

Cependant pour trancher vis-à-vis de la significativité de la tendance, on calcule la probabilité associée à S et n (taille de l'échantillon), à l'aide de la statistique Z comme suit :

$$Z = S - 1/[\text{VAR}(S)]^{1/2} \text{ si } S > 0$$

$$Z = 0 \text{ si } S = 0$$

$$Z = S + 1/[\text{VAR}(S)]^{1/2} \text{ si } S < 0$$

Z suit une loi normale de moyenne 0 et d'écart-type 1. L'hypothèse nulle est rejetée si la probabilité est supérieure au seuil $\alpha\%$ (p-value). Cela signifie que la tendance a moins de $\alpha\%$ de chance d'être obtenue par un simple hasard. Elle est donc statistiquement significative à « 100- $\alpha\%$ ».

Dans notre cas la nullité de la tendance des données a été testée au seuil 5%.

2.2.2.5.2 Indice d'anomalie standardisée de Lamb

La tendance de certaines variables (cumul pluviométrique annuel, nombre de jour de pluie, date de début, date de fin, longueur saison, température minimale et maximales, etc.) est caractérisée par l'indice d'anomalie selon la méthode de Lamb et Pepler (1992). Cet indice (I) est calculé de la manière suivante :

$$I = \frac{X_i - X_{moy}}{\delta}$$

Où pour notre étude :

X_i = observation pour l'année i

X_{moy} : moyenne de la série 1961-1990

δ = écart type de la série 1961-1990.

La détermination des périodes déficitaires permet de caractériser la sécheresse par la durée des périodes sèches, le déficit cumulé et l'intensité de la sécheresse. L'intensité du caractère « sec » ou « humide » des années a été déterminée selon la méthode de Lamb et Pepler (1992) de façon suivante :

- années anormalement humides = pluviosité > moyenne + δ ;
- années exceptionnellement pluvieuses = pluviosité > moyenne + 2 δ ;
- année anormalement déficitaire = pluviosité < moyenne - δ ;
- année excessivement sèche = pluviosité < moyenne - 2 δ .

2.2.2.5.3 Coefficient de variation

La variabilité d'un paramètre est exprimée à travers le coefficient de variation calculé selon la formule suivante :

$$CV(\text{en \%}) = \left(\frac{\sigma}{\bar{x}} \right) * 100$$

\bar{x} = moyenne de la série 1961-2010

σ : Écart type de la série 1961-2010

2.2.2.6 Distribution saisonnière du régime de précipitation

Pour faire la distribution zonale et méridionale saisonnière du régime de précipitation, nous avons :

- calculé à l'aide de INSTAT le cumul mensuel des 49 stations de 1961 à 2010 ;
- importé les données dans Excel et calculé les normales mensuelles 1961_1990, 1971_2000 et 1981_2010 ;
- géo référencé toutes les stations et aligné les normales mensuelles de toutes les stations ;
- représenté à l'aide de SURFER, les isohyètes de 20 à 240mm des pluies mensuelles à un pas de 20mm ;
- fait une superposition des trois (3) normales afin d'établir une comparaison inter normale.

2.2.2.7 Traitement de la pluviosité annuelle et mensuelle

Pour analyser la pluviosité annuelle et mensuelle nous avons :

- calculé à l'aide de INSTAT le cumul annuel et mensuel, des 49 stations de 1961 à 2010 ;
- calculé à l'aide de INSTAT, la normale 1961_1990, 1971_2000 et 1981_2010 des pluies annuelles, des pluies mensuelles maximum cumulées en un jour et le nombre de jours de pluie ;
- importé les données dans Excel, géo référencé toutes les stations;
- représenté à l'aide de SURFER les différentes normales et la superposition des trois (3) normales afin de faire une comparaison inter normale.

2.2.2.8 Détermination des paramètres clés de la saison agricole

Les paramètres de la saison agricole qui ont été étudiés sont les suivants : la date de démarrage, de fin, la longueur de la saison des pluies, et les séquences sèches.

2.2.2.8.1 Date de démarrage de la saison des pluies

Il existe plusieurs critères de date de démarrage de saison des pluies. D'après les études menées par Kadidiatou (2004), la plus proche des pratiques paysannes est celle qui considère comme date de démarrage, la date à partir du 1er mai, lorsque 20 mm de pluies cumulées en un ou deux jours sont enregistrées . C'est cette méthode qui est utilisée dans ce travail de thèse. Mais Sivakumar *et al.* (1993)retient comme critère de début de saison (X) une quantité de 20mm de pluies recueillies en 3 jours consécutifs après le premier mai, sans période sèche supérieur à 7 jours dans les 30 jours qui suivent.

2.2.2.8.2 Date de fin de saison des pluies

La fin de la saison des pluies est déterminée par un critère fondé sur le bilan hydrique : c'est le premier jour après le premier septembre quand le bilan hydrique est inférieur ou égale à 0,5mm, donc quand la consommation en eau de la plante et la demande climatique épuisent la réserve hydrique du sol (Stern *et al.*, 2006). L'évapotranspiration journalière des cultures en fin de saison a été estimée en moyenne à 5 mm par jour dans la zone (Morel, 1992).

2.2.2.8.3 Longueur de la saison des pluies

C'est la différence entre les dates de fin et de début de la saison des pluies. (Sivakumar et Guèye, 1992b).

2.2.2.8.4 Séquence sèche

On définit la séquence sèche pour une période donnée, comme étant le nombre maximal de jours consécutifs sans pluies. Pour cela la définition d'un seuil de hauteur de précipitation à partir duquel on peut considérer que le jour est sec, est nécessaire. Le seuil choisi est 1 mm.

L'analyse des tendances et variabilité des dates de début et fin de la saison agricole ; des occurrences des séquences sèches 90 jours après le semis permettent d'apprécier la réussite/échec de la saison des pluies. La Prévision Saisonnière en Afrique de l'Ouest de 2011 a défini les séquences sèches 90 jours après le semis comme paramètre ayant un impact majeur sur les rendements de mil et de sorgho.

2.2.2.9 Traitement des températures saisonnières

La méthodologie a consisté à calculer à l'aide du logiciel INSTAT et sur la base des données quotidiennes de température minimale et maximale (Tn et Tx), les moyennes saisonnières suivant les quatre saisons (CNEDD, 2006) du Niger de 1961 à 2010.

- **la saison de pluie** qui va de juin à septembre, est caractérisée par des pluies orageuses et une humidité d'environ 60%, avec une température moyenne de 33°C ;
- **la saison chaude sans pluie** qu'on appellera dans cette étude **la petite saison chaude**, qui va d'octobre à mi-novembre. Elle est relativement humide (50%), avec une température moyenne de 35°C ;
- **la saison sèche froide** qui va de fin novembre à fin février, avec des nuits très fraîches au cours desquelles la température descend parfois en-dessous de 10°C. Pendant cette saison l'humidité est faible (30%) ;
- **la saison chaude** qui va de mars à fin mai, se caractérise par des vents chauds et secs (humidité en dessous de 30%) : le thermomètre atteint un maximum de 46°C à l'ombre, et ne descend pratiquement pas en dessous de 25°C la nuit.

Le Tableau 3 donne en jour julien le début et la fin de chaque saison. Puisque la saison sèche froide est à cheval entre deux années (année n et année n+1), le calcul de cette moyenne saisonnière se fait en deux temps. Par exemple pour l'année

2000, la saison sèche froide va de mi-novembre (année n du jour julien 321 au jour julien 366) à fin février 2001 (année n+1 du jour julien 1 au jour julien 60).

Tableau 3 : Saisons au Niger (en mois et en jours juliens)

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	décembre	
Saison et limite en jour julien												
saison froide		saison chaude			saison des pluies				petite saison chaude		saison sèche froide	
1 à 60		61 à 152			153 à 274				275 à 320		321 à 366	

Sur la base des moyennes saisonnières on calcule :

- les normales saisonnières 1961-1990 et 1981-2010 ;
- les amplitudes thermiques sur la période 1981-2010;
- les coefficients de variation des Tn et Tx, par saison et par station ;
- les indices d'anomalie standardisée de Lamb des moyennes saisonnières des Tn et Tx des neuf stations.

Pour tous les paramètres calculés le test de significativité de Mann Kendall (Mann, 1945 ; Kendall, 1975) est appliqué pour apprécier la tendance.

2.2.2.10 Traitement des températures extrêmes

Sur la base des données quotidiennes des Tn et Tx, le logiciel INSTAT a été utilisé pour calculer les moyennes annuelles de 1961 à 2010 pour toutes les stations. Une étude de variabilité (anomalie standardisée, test de tendance de Mann Kendall) a été effectuée sur ces moyennes.

Le logiciel Excel a été utilisé pour les représentations graphiques, et pour le calcul (i) des normales 1961_1990,1981_2010 des 8 stations synoptiques ; (ii) des anomalies standardisées de Tn et Tx 1961_2010 (iii) et des moyennes décennales. La normale de référence et l'écart type utilisés sont calculés sur la période 1961_1990.

Le logiciel INSTAT V3.36 a également été utilisé pour le calcul des indices :

- **TXx (°C)** : maximum des températures maximales journalières de l'année ;
- **TNx (°C)** : maximum des températures minimales journalières de l'année ;
- **TXn (°C)** : minimum des températures maximales journalières de l'année ;

- **TNn (°C)** : minimum des températures minimales journalières de l'année ;
- **TN10p (jour)** : nombre de jours où la température minimale est inférieure au dixième percentile des températures minimales ($T_n < 10^{\text{ème}}$ percentile). Il est une indication du nombre de nuits froides ;
- **TX10p (en jour)** : nombre de jours où la température maximale est inférieure au dixième percentile des températures maximales ($T_x < 10^{\text{ème}}$ percentile). Il est une indication du nombre de jours froids ;
- **TN90p (jour)** : nombre de jours où la température minimale est supérieure au quatre-vingt dixième percentile des températures minimales ($T_n > 90^{\text{ème}}$ percentile). Il est une indication du nombre de nuits chaudes ;
- **TX90p (jour)** : nombre de jours où la température maximale est supérieure au quatre-vingt dixième percentile des températures maximales ($T_x > 90^{\text{ème}}$ percentile). Il est une indication du nombre de jours chauds ;
- **WSDI (jour)** : indicateur de vague de chaleur, définit comme étant une succession consécutive d'au moins 6 jours où la température maximale est supérieure au quatre-vingt dixième percentile ($T_x > 90^{\text{ème}}$ percentile) ;
- **CSDI (jour)** : indicateur de vague de fraîcheur, définit comme étant une succession consécutive d'au moins 6 jours où la température minimale est inférieure au dixième percentile ($T_n < 10^{\text{ème}}$ percentile).

Les critères utilisés pour l'identification de ces extrêmes sont ceux définis par le groupe d'experts de détection et de suivi des indices du changement climatique de l'organisation mondiale de la météorologie (Karl *et al.*, 1999 ; Peterson et Coauthors, 2001).

Pour la détermination des $10^{\text{ème}}$ et $90^{\text{ème}}$ percentiles du minimum et du maximum des T_n et T_x de chaque station, un ajustement à la loi de Gumbel a été effectué afin de déterminer le mode et le scale, qui serviront par la suite à la détermination du $10^{\text{ème}}$ et $90^{\text{ème}}$ percentile des T_n et T_x à l'aide de l'option statistique du logiciel INSTAT. Pour chaque station, le $10^{\text{ème}}$ et $90^{\text{ème}}$ percentile des T_n et T_x constituent les seuils de chaleur/froid suivant les critères ci-dessus définis ; la comptabilité du nombre de jours et de nuits froids/chauds est fonction de ces seuils.

Pour calculer le nombre et la longueur maximale de vague de chaleur (froid), le logiciel INSTAT a servi à repérer toutes les dates et les températures des $T_x > 90^{\text{ème}}$ percentile ($T_n < 10^{\text{ème}}$ percentile) dans un premier temps et dans un deuxième temps,

à relever manuellement toutes les vagues de chaleur (froid) d'au moins 6 jours consécutifs et leurs longueurs afin de les analyser.

Le test de Mann Kendall au seuil $\alpha=5\%$ (Mann, 1945 ; Kendall, 1975) a été utilisé pour les tests de tendance.

En définitive, les données climatologiques observées, utilisées dans ce travail, sont des données quotidiennes de pluviosité et de températures minimales et maximales de 1961 à 2010. La critique de données a permis de conclure que ces données climatiques sont de bonne qualité et qu'elles peuvent être utilisées en tenant compte des lois de distribution et des ruptures qui les caractérisent. Le nombre important des méthodes et techniques détaillées dans ces pages sont inspirés des travaux de recherches antérieures. La pluviosité et les paramètres calculés à partir de celle-ci seront analysés suivant les zones climatiques. Pour faciliter ce travail, les ACP sont utilisées pour regrouper les stations semblables. Cette méthode permet de faire des analyses fines sur la composite ou sur la station leader du groupe. Pour les données de température le nombre des stations ne permet pas de faire une analyse suivant les zones climatiques.

2.3 Matériel et méthode des enquêtes

Pour recueillir la perception climatique des populations de la région de Tillabéry, les impacts et les adaptations des pratiques culturelles du mil et du sorgho, une méthodologie basée sur des enquêtes de terrains a été mise en œuvre. Ce chapitre présente le matériel utilisé, la méthode d'échantillonnage, la méthode de conception et d'administration des fiches d'enquêtes et enfin, la pertinence du choix de l'échelle du terrain d'enquête.

2.3.1 Fiches d'enquêtes

Pour recueillir la perception des changements climatiques des populations locales, les impacts, sur la culture du mil et du sorgho et les stratégies de pratiques culturelles adoptées, des fiches d'enquêtes (annexe 1) ont été utilisées. Ces fiches comprennent :

- une partie climat, pour collecter des informations sur le climat «maintenant et avant», donc son évolution ;
- une partie impact et adaptation technique et stratégique, pour collecter des informations sur l'impact des changements climatiques sur les pratiques culturelles et les adaptations adoptées par les producteurs de mil et de sorgho ;
- enfin, une partie adaptation institutionnelle pour connaître la cause de ces adaptations.

2.3.2 Approche Méthodologique utilisée

2.3.2.1 Echantillonnage

Les enquêtes avaient pour objectifs (i) de recenser les impacts des risques climatiques majeurs sur les pratiques culturelles des céréales mil et sorgho, et (ii) Identifier les pratiques culturelles du mil et du sorgho adoptées par les populations rurales en vue de protéger leurs activités de productions céréalières des changements climatiques.

2.3.2.1.1 Type d'échantillonnage

Pour la prise en compte de tous les facteurs pouvant influencer les pratiques culturelles du mil et du sorgho, un échantillonnage à choix raisonné a été utilisé. Pour y parvenir deux questions ont permis de baliser les choix.

Question 1 : Quels sont les facteurs qui peuvent influencer les pratiques culturelles du mil et du sorgho ?

Réponse : ce sont le climat, le type de sol, les communautés et couches sociales

Question 2 : Comment prendre en compte ces facteurs dans l'échantillonnage ?

Réponse :

- Pour le climat, toutes les zones climatiques identifiées par l'étude des données climatologiques de la région de Tillabéry seront concernées par les enquêtes ;
- Pour le type de sol, la carte sol du Niger (source : les atlas jeune Afrique, atlas du Niger, 1980) cité par JAICAF (2009) a été utilisée ;

- Pour les différentes couches sociales et les communautés, toutes les communautés et couches sociales composant la région de Tillabéry (songhaï, Zarma, Haoussa, Peulh, Gourmantché et Touareg) seront concernées par les enquêtes.

2.3.2.1.2 Type d'entretien

La démarche méthodologique adoptée est basée sur des entretiens en focus group (de 6 à 12 personnes) dans les villages retenus, complétés par des enquêtes individuelles.

2.3.2.1.3 Groupe cible

L'acteur ou le groupe d'acteurs social compétent à enquêter eu égard à l'objet de l'étude est tout producteur ou groupe de producteurs de céréale mil et sorgho. Dans le but de récolter le maximum d'informations en limitant les influences d'âge et de sexe, l'enquête a ciblé trois classes sur la base de choix raisonné.

- **La classe des jeunes (20 à 45 ans)**, constituée de bras valides qui appliquent les adaptations adoptées. L'inconvénient de cette classe est le manque de recul des plus jeunes (moins de 40 ans) pour répondre aux questions « **avant** » ;
- **La classe des anciens (46 à 70ans)**, constituée de personnes âgées qui participent aux prises de décision d'adaptation. L'inconvénient de cette classe, c'est qu'au-delà de 65 ans, les anciens sont plus ou moins retraités des travaux champêtres.
- **La classe des femmes**, permet la prise en compte de l'aspect genre, mais aussi de répondre à la réalité sociologique qui fait que beaucoup de femmes ne s'expriment pas librement dans une assemblée mixte (homme/femme).

Ces focus group ont été complétés par des entretiens individuels avec des hommes et des femmes ayant au moins 40ans (et supposés avoir assez de recul pour répondre aux questions « avant »).

2.3.2.1.4 Nombre de fiche par localité

Pour déterminer le nombre de fiches à administrer par localité, une enquête préliminaire a été effectuée dans à Youri et Torodi. Les résultats ont montré qu'au

bout de 3^{ème} fiche, les informations sur les pratiques culturelles seaturent (ce sont les mêmes informations qui reviennent).

Ces résultats ont permis de limiter le nombre de focus group par département à cinq (5), plus une (1) enquête individuelle d'un leader de producteurs (Sarkin – noma en langue Haussa). Cette stratégie permet de prendre le temps nécessaire pour récolter le maximum d'informations. Des enquêtes complémentaires ont été menées pour compléter ou recueillir des informations manquantes.

2.3.2.2 Administration des fiches d'enquêtes

2.3.2.2.1 Impératifs

Age de l'enquêté : la personne enquêtée doit avoir autant que possible au minimum 40 ans, et au maximum 65ans.40ansc'est l'âge minimum pour répondre aux questions « avant ».Le maximum est fixé à 65ans parce que les adaptations sur les pratiques culturelles sont pratiquées par les actifs. Or à 65ans les anciens sont plus ou moins retraités des activités champêtres.

L'enquêteur : l'enquêteur ne doit fournir à l'enquêté aucune information susceptible de l'influencer.

2.3.2.2.2 Procédure d'administration

Dans la partie climat, l'entretien est conduit de sorte qu'en aucun moment, l'enquêteur n'influence l'enquêté. Il lui est par exemple demandé d'évoquer ses constats par rapport à l'évolution du climat au cours des 5 dernières années (c'est-à-dire "maintenant" de 2006 à 2011), puis en fonction de l'âge de l'enquêté, pour la période de 1981 à 2005 (avant). C'est seulement lorsque certains indicateurs n'ont pas été évoqués par l'enquêté, que des questions du genre "*qu'est-ce que vous pensez de la durée des épisodes secs avant ou maintenant?*" lui sont posées:

Dans la partie impact et adaptation, il est demandé à l'enquêté d'évoquer comment se fait la pratique agricole maintenant (2006 à 2011), et avant (1981 à

2005). Lorsqu'il y'a changement de pratique entre les deux périodes la question du genre "*Quelles sont les raisons du changement de pratique?*" est posée.

Dans la partie adaptation institutionnelle, l'enquêteur pose la question de savoir si l'enquêté collabore, avec des organisations dans le cadre des activités agricoles pour la période "maintenant" et "avant". Si oui, quelles sont les raisons de cette collaboration ?

L'application de la méthodologie ci-dessus a abouti à des résultats qu'il convient de critiquer afin d'éviter au maximum une interprétation biaisée.

2.3.3 Pertinence de la zone de collecte des données d'enquête

Le choix de l'échelle de collecte des données d'enquête dans la région de Tillabéry se justifie par le fait qu'elle est représentative de la zone de culture du mil du sorgho du Niger sur la base des critères suivants :

- Climatologiquement, la région de Tillabéry se situe dans la zone sahélienne où la pluviométrie comprise entre 250 mm (dans les départements de Filingué et Ouallam) et 600 mm (dans le département de Say). Cette pluviométrie se caractérise par une forte variabilité spatio-temporelle.
- Morpho-pédologiquement, 80 à 90% des terres cultivables de la région sont des sols dunaires propices à la culture du mil. La région referme également des terres de bas-fonds, (ex. les cuvettes du fleuve et ses affluents) riches en matière organique et éléments minéraux qui se prêtent à la culture du sorgho. Enfin on y rencontre aussi des plateaux latéritiques et des glacis marginaux qui font l'objet de récupération et d'exploitation agricole et pastorale.
- Démographiquement la région de Tillabéry comme toutes les régions du Niger, se caractérise par une forte croissance démographique de 3,2% (INS, 2013). Cette croissance atteint 3,9% à Say, Téra et Torodi et se traduit par une forte pression sur les terres, l'abandon de la jachère, l'occupation des terres pastorales. Les corollaires sont la dégradation des terres et l'augmentation des conflits terriens.
- Sur le plan des pratiques culturelles, la production du mil et du sorgho dans la région de Tillabéry comme dans toutes les régions du Niger, est essentiellement

pluviale et manuelle, et se pratique sur des petites exploitations familiales avec une faible utilisation d'intrants agricoles.

2.3.4 Présentation des données d'enquête

La critique a consisté à : (i) situer la zone climatique des localités enquêtées ; (ii) donner la taille de l'échantillon ; (iii) préciser le niveau d'instruction, l'âge et le type de producteur constituant notre échantillon.

Il ressort que les enquêtes se sont déroulées dans la région de Tillabéry. Sept (7) départements étaient concernés : Tillabéry, Téra, Torodi, Kollo, say, Ouallam et Filingue. Tous ces départements font partie de la zone sahélienne.

Au total, 270 personnes dont 37 femmes ont été enquêtées à travers 35 focus groups (dont 4 focus groups de femmes), et 5 enquêtes individuelles (dont deux femmes). L'âge moyen des enquêtés est de 48 ans (avec un minimum 32 ans et un maximum de 65 ans).

Les personnes enquêtées sont majoritairement analphabètes, et n'ont reçu aucune formation formelle (Figure 6)

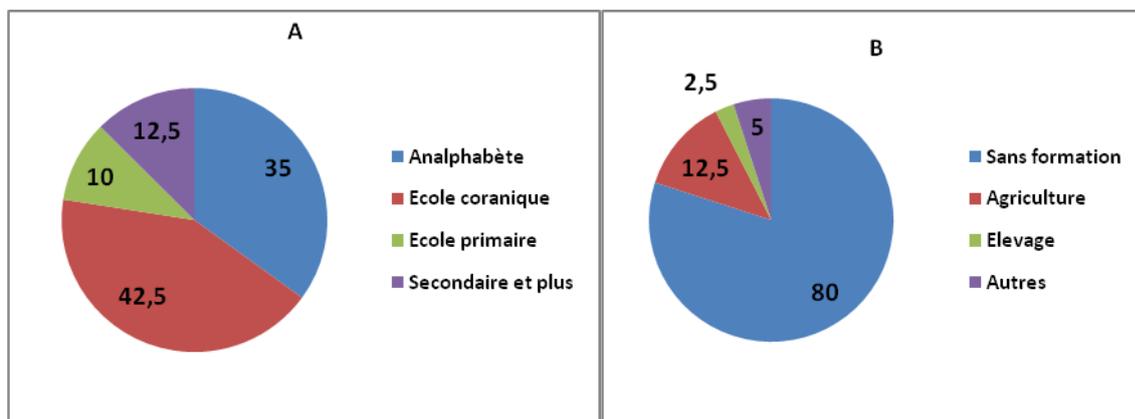


Figure 6 : A) Niveau d'instruction des enquêtés ; B) Type de formation reçue

Les enquêtés sont majoritairement (92,5%) des producteurs purs de mil et de sorgho depuis le jeune âge (Figure 7). Cependant un tiers d'entre eux (33%) font en plus de l'embouche.

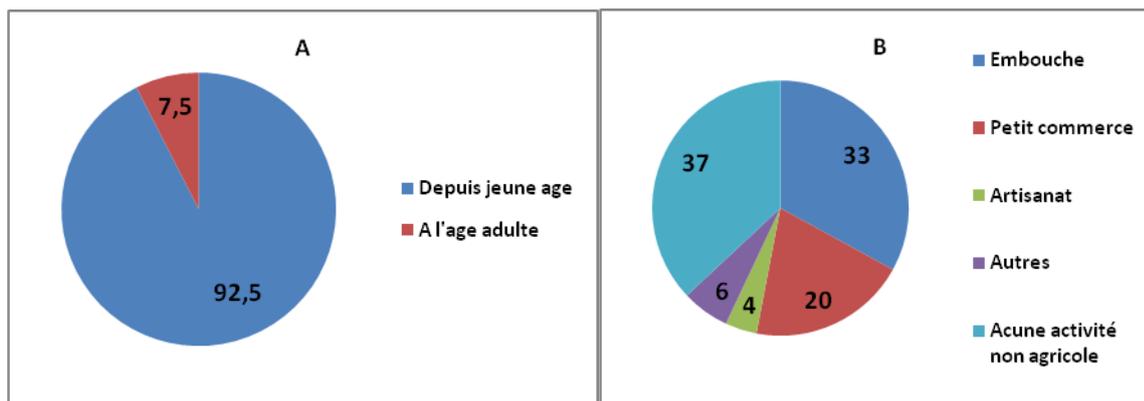


Figure 7 : A) Initiation à la production de mil et du sorgho ; B) Pratique d'activité non agricole

En définitive, les enquêtes ont été réalisées dans la région de Tillabéry à l'aide des fiches d'enquêtes. La pertinence du choix de l'échelle de collecte des données d'enquête dans la région de Tillabéry se justifie par le fait qu'elle est représentative de la zone de culture du mil et du sorgho du Niger, sur le plan climatologique, morpho pédologique, démographique et des systèmes agraires. La méthode d'échantillonnage à choix raisonné a été utilisée. Le type d'enquête utilisé est le focus groupe complété par des enquêtes individuelles. L'enquête préliminaire effectuée à Youri et Torodi a permis de comprendre que les enquêtes sur les pratiques culturelles se saturent au bout de trois enquêtes. Les enquêtes ont concerné tous les 7 départements de Tillabéry, en raison de 5 focus groupes par département complété au besoin par des enquêtes individuelles. Les groupes cibles sont les jeunes, les vieux et les femmes producteurs de mil et de sorgho. La photo 1 illustre les enquêtes de terrain. Au total, 270 personnes dont 37 femmes ont été enquêtées à travers 35 focus groupes et 5 enquêtes individuelles.



Photo 1 : Illustration des enquêtes de terrain

CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le présent travail de recherche traite de la problématique des risques climatiques et des stratégies d'adaptation des pratiques culturelles du mil et du sorgho au Niger. Dans cette optique, l'identification des risques climatiques sera faite sur tout le Niger et l'évaluation des changements de pratiques culturelles et des adaptations se dérouleront dans la région de Tillabéry qui dispose de toutes les caractéristiques climatiques, morpho pédologiques et agraires des zones de cultures pluviales du mil et du sorgho au Niger. Les deux cultures sur lesquelles ont porté nos travaux seront présentées dans ce chapitre.

3.1 Aire d'étude des données climatologique

3.1.1 Généralités sur le Niger

Pays sahélien enclavé dont le point le plus proche de la mer se trouve à environ 600 km, le Niger couvre une superficie de 1.267.000 km². Les 3/4 de la superficie du pays sont désertiques (Figure 8).

L'économie du pays repose en grande partie sur l'agriculture et l'élevage. La superficie potentiellement cultivable est estimée à 15 millions d'hectares, soit moins de 12% de la superficie totale du pays. Les sols sont majoritairement dunaires, pauvres, peu productifs et très sensibles à l'érosion hydrique et éolienne. Le potentiel en terre irrigable est estimé à 270 000 hectares, dont 140 000 hectares sont situés dans la vallée du fleuve Niger (MH/E, 2005).

La population du Niger est estimée à 17 129 076 habitants en 2012 (INS, 2013). Essentiellement rurale (83,8%), elle tire la grande partie de son revenu de l'exploitation des ressources naturelles. Le taux d'accroissement de la population est de 3,9% en 2012. Cet accroissement démographique combiné aux conditions climatiques contraignantes (sécheresse, inondation, forte chaleur, vent violent) et aux systèmes d'exploitation inadaptés, ont conduit à des déséquilibres écologiques qui se traduisent par la précarité des moyens d'existence. Selon le scénario tendanciel des statistiques nationales, la population atteindra 24,1 millions en 2025.

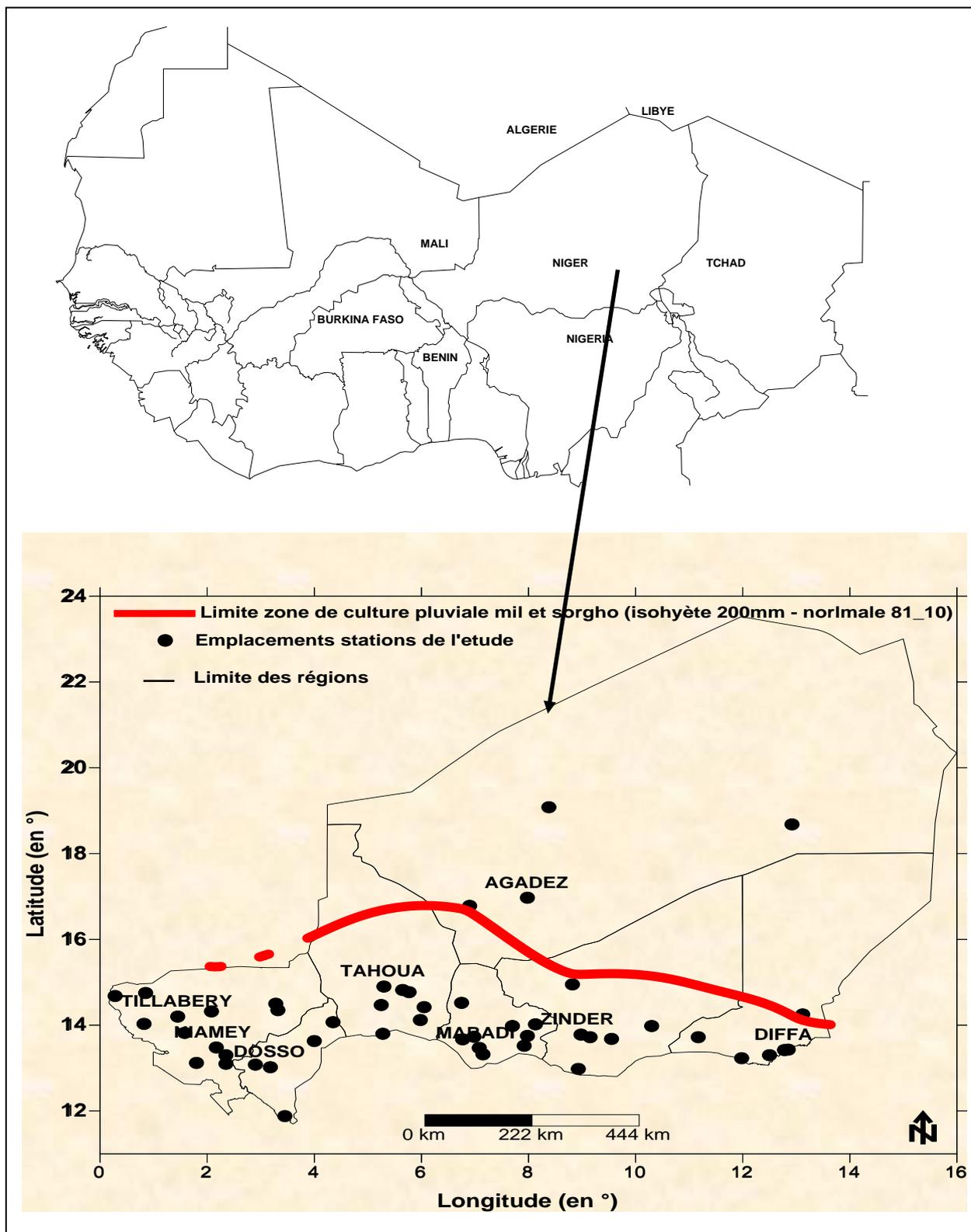


Figure 8 : Présentation de l'aire d'étude des données climatiques

3.1.2 Caractéristiques biophysiques

3.1.2.1 Relief

Le relief, caractérisé par des basses altitudes (200 à 500 m), est marqué par des massifs montagneux très anciens au nord-ouest (massif de l'Air), des plaines et des plateaux au sud. La partie Nord du Niger est occupée par de grandes zones géomorphologiques dont les principales sont (CNEDD, 2006):

- le massif cristallin de l'Air dont le point culminant (Mont N'doukal N'taghès) s'élève à plus de 2020m d'altitude;
- le massif gréseux du Termit ; les grandes zones d'épandage des écoulements venant de l'Air ;
- les plateaux désertiques ;
- les vastes étendues sableuses désertiques (Ténéré et Tal).

La partie Sud du Niger est caractérisée par une alternance de plaines et de plateaux entrecoupés par des :

- affleurements de roches précambriennes à l'Ouest ;
- chaînes de collines du Crétacé et du Tertiaire au centre et à l'Est ;
- vallées et cuvettes d'Ouest en Est.

3.1.2.2 Climat

Le climat est de type tropical semi-aride caractérisé par deux saisons (suivant l'hygrométrie): une saison sèche allant d'octobre à mai et une saison pluvieuse(CNEDD, 2006). Les caractéristiques de ces deux saisons ont été présentées dans la revue la littérature du chapitre1.

Suivant une autre classification basée strictement sur les températures, la Direction Nationale de la Météorologie (DNM) a subdivisée le climat du Niger en quatre saisons bien tranchées (PNUD, 2012) :

- **de juin à septembre** : saison de pluie caractérisée par des pluies orageuses et une assez forte humidité, avec une température moyenne de 33°C;

- **d'octobre à mi-novembre** : une saison chaude sans pluie, mais relativement humide avec une température moyenne de 35 °C;
- **de fin novembre à fin février** : une saison relativement froide avec des nuits très fraîches au cours desquelles la température descend parfois en-dessous de 10 °C;
- **de mars à fin mai** : une saison très chaude caractérisée par des vents brûlants et durant laquelle le thermomètre atteint un maximum de 46 °C à l'ombre et ne descend pratiquement pas en dessous de 25 °C la nuit.

Il faut noter que la saison relativement froide est à cheval entre deux années (l'année en cours et la suivante).

La pluviosité est caractérisée par une forte variabilité dans l'espace et dans le temps, une baisse de 20 à 30% par rapport à la période 1961_1990 et une migration des isohyètes vers le Sud (Charre, 1973 ; Lona, 2010 ; HASA, 2011). Cependant, une tendance à la hausse de la pluviométrie (sans pour autant atteindre le niveau des années 60) est perceptible au niveau de plusieurs stations à partir des années 90. En 2006, la DMN distingue sur la base de la pluviométrie quatre zones climatiques :

- la zone sahélo soudanienne qui représente environ 1% de la superficie totale du pays, et reçoit 600 à 800 mm de pluie en moyenne par an ; elle est propice à la production agricole et animale ;
- la zone sahélienne qui couvre 10% du pays et reçoit 300 à 600 mm de pluie moyenne par an ; elle est propice à l'agro pastoralisme ;
- la zone sahélo saharienne qui représente 12% de la superficie du pays, et reçoit 150mm à 300 mm de pluie en moyenne par an. Elle est propice à l'élevage transhumant ;
- la zone saharienne, désertique qui couvre 77% du pays et reçoit moins de 150 mm de pluie en moyenne par an. On y pratique des cultures irriguées autour des oasis.

3.1.2.3 Sols

Au plan pédologique, les sols cultivés au Niger ont une carence généralisée en matière organique et en phosphore. Ils sont affectés par une baisse continue de

leur fertilité, une tendance à l'acidification, une sensibilité à l'érosion hydrique et éolienne, une faible capacité de rétention en eau et des phénomènes d'alcalinisation et de salinisation. Il faut souligner que 80 à 85% des sols cultivables sont dunaires et seulement 15 à 20% sont des sols hydromorphes moyennement argileux (SEDES, 1987). Les zones montagneuses et de grands plateaux (Aïr, Ader Doutchi) sont dominés par des lithosols. Les vallées fossiles (Dallols, Goulbi, Korama), les vallées du fleuve, la Komadougou, le Lac Tchad et les cuvettes du Manga sont dominées essentiellement par des sols hydromorphes et les vertisols.

3.1.2.4 Ressources en eau

Le Niger, bien que pays à climat sec dispose d'abondantes ressources en :

- eaux souterraines constituées des aquifères, des socles cristallins, sédimentaires, du Continental Intercalaire/Hamadien , du Continental terminal, Paliocène du Manga, alluviaux des Goulbi de Maradi et de N'kaba ; des Dallols Bosso, Maouri, Foga et de la vallée de l'Ader-Doutchi-Magia ; des nappes phréatiques peu profondes des Koramas et du Manga (CNEDD, 2011) ;
- eaux de surface constituées par le fleuve Niger (seul cours d'eau permanent), 1000 mares et près de 200 retenues d'eau artificielles (CNEDD, 2011).

La contrainte majeure réside dans l'accessibilité, ce qui rend difficile la satisfaction des besoins en eau des populations, du cheptel et des autres activités économiques (conditions d'exploitation souvent difficiles).

Le taux de renouvellement des eaux souterraines est estimé à 2,5 milliards de m³/an. Les ressources en eaux souterraines non renouvelables sont estimées à plus de 2000 milliards de m³. Les ressources en eau de surface, quant à elles, sont évaluées à environ 30 milliards de m³/an (CNEDD, 2011).

3.1.2.5 Végétation

Le Niger abrite des espèces et des formations végétales représentées par plusieurs étages biogéographiques. La flore nigérienne renferme environ 1600 espèces. La superficie des terres à vocation forestière est estimée à 14 000 000 ha (CNEDD, 2006). La frange méridionale sahélo soudanienne se particularise par une végétation de savane caractérisée par une strate herbacée plus continue. La

végétation est dominée par des combrétacées et certaines espèces ligneuses de valeur économique comme le Karité (*Vittelaria paradoxa*), le Néré (*Parkia biglobosa*), le baobab (*Adansonia digitata*). La zone sahélienne se caractérise par une savane herbacée discontinue et une strate arbustive de faible densité plus boisée au niveau des bas-fonds humides dans lesquelles sont presque omniprésentes les espèces comme *Acacia tortilis* et *Aristida mutabilis*. La zone sahélo-saharienne est caractérisée par une végétation passant des formations contractées ou arbustives claires à des types plus diffus et arborés au sud. Enfin, dans la zone saharienne, la végétation, quand elle existe, est une steppe arbustive discontinue (CNEDD, 2006).

3.1.2.6 Faune

L'étagement bioclimatique du Niger lui permet de disposer d'une faune riche et variée composée de 3200 espèces animales dont 168 espèces de mammifères, 512 espèces d'oiseaux, 150 espèces de reptiles et amphibiens, 112 espèces de poissons, beaucoup d'invertébrés (mollusques, insectes) (CNEDD, 2006). La faune mammalienne nigérienne est en régression pour deux causes :

- anthropiques (braconnage et destruction des habitats);
- naturelles (sécheresse, inondation feu de brousse).

Par ailleurs, le Niger dispose de réserves de faune et des parcs nationaux (ex. parc du W).

3.1.2.7 Energie

Le secteur énergétique est dominé par la consommation prépondérante du sous-secteur énergie domestique, essentiellement basée sur les ressources ligneuses (bois et résidus biomasse). En effet, ces ressources ligneuses représentent 90% du bilan énergétique, contre 8% pour les hydrocarbures et 2% pour l'électricité (MH/E, 2005). Cette situation contribue fortement à la dégradation du couvert forestier. Les potentialités en énergies renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique) sont très importantes, mais peu exploitées jusqu'à présent. Quant aux potentialités énergétiques offertes par l'uranium, elles ne sont pas encore exploitées.

3.1.3 Caractéristiques socio-économiques

L'économie du Niger dépend pour l'essentiel de l'uranium des produits agricoles et de l'élevage. L'uranium est le premier produit d'exportation avec 55% des exportations totales suivi des produits de l'élevage 22% (bovin, ovin, caprins et camelins), et des produits agricole 16% (oignon, niébé et souchet) (RGAC, 2008). En plus de ces activités, la population pratique aussi la pêche, l'artisanat, le commerce et l'exode. Le secteur rural emploie 83,7% de la population totale. L'économie est lourdement pénalisée par l'enclavement interne et externe, la forte croissance démographique, l'environnement écologique des plus austères et la pauvreté. Le Niger a été classé en 2011, 186^{ème} sur 187 pays, avec un indice de développement humain (IDH) de 0,295. L'Indice de Pauvreté Humaine (IPH) est de 64,4% (Rapport du développement humain, PNUD, 2005).

3.1.3.1 Population

A la date du 17 décembre 2012, la population du Niger est de 17 129 076 habitants, dont 8 461 444 hommes (49,4%) et 8 667 632 femmes (50,6%) avec un taux d'accroissement démographique de 3,9 % (INS 2013). La population est composée de 8 ethnies (classé par ordre d'importance numérique) : les Haoussa, les Zarma-Sonrhäï, les Touaregs, les Peuls, les Kanouri (Beribéri et Manga), les Toubou, les Gourmantchés et les Arabes. Les ethnies des communautés étrangères représentent 1,8 % de la population. La majorité de la population vit dans la bande sud du pays favorable aux activités agricoles et pastorales. La population est rurale à 79,6%. Le Tableau 4 présente les principaux indicateurs sociodémographiques.

Tableau 4 : Indicateurs sociodémographiques du Niger

Indicateurs	Valeur	Année d'observation
Age médian	14,2 ans	2010
Population de moins de 15 ans	51,9 %	2010
Population de 65 ans et plus	2,5 %	2010
Densité (habitants/km ²)	11,9	2010
Taux d'urbanisation	20,4 %	2010
Taux d'accroissement de la population	3,3 %	2001
Indice synthétique de fécondité (enfants/femme)	7,1	2006
Espérance de vie	58 ans	2009
Espérance de vie (Homme)	57,5 ans	2009
Espérance de vie (Femme)	58,9 ans	2009
Taux Brut de Scolarisation au Primaire (TBSP)	67,8%	2008/2009
TBSP pour les filles	58,6%	2008/2009
TBSP pour les garçons	77%	2008/2009
Taux Brut de Scolarisation au Secondaire (TBSS)/1er cycle	16,6%	2008/2009
TBSS/1er cycle pour les filles	12,9%	2008/2009
TBSS/1er cycle pour les garçons	20,1%	2008/2009
Taux Brut de Scolarisation au Secondaire(TBSS)/ 2nd cycle	3,4%	2008/2009
TBSS/2nd cycle pour les filles	2,2%	2008/2009
TBSS/2nd cycle pour les garçons	4,7%	2008/2009
Taux d'alphabétisation pour les adultes	29%	2007/2008
Taux de mortalité infantile	81 ‰	2006
Taux de mortalité infanto juvénile	198 ‰	2006
Taux de mortalité maternelle	6,48 ‰	2006
Prévalence de la sous nutrition aiguë globale chez les enfants de 6 à 59 mois	12,3%	2006
Taux de prévalence du VIH/Sida	0,7 %	2006

Source : INS, 2010

3.1.3.2 Agriculture

Le secteur agricole représente environ 40% du PIB et emploie 87% de la population active (FAO, 2009). Seul 13% du territoire est cultivable. L'agriculture est essentiellement pluviale et extensive, donc tributaire des aléas climatiques. Les

pratiques agricoles sont caractérisées par une faible utilisation des intrants agricoles et un faible encadrement des services techniques.

Les principales cultures vivrières destinées à la consommation locale sont le mil et le sorgho ainsi que les légumes, le manioc, le riz et la canne à sucre (FAO, 2005). Les principales cultures de rente sont le niébé, les arachides, le coton, l'oignon, le sésame et le voandzou. Le mil et le sorgho sont largement prédominants dans la production céréalière. La production de maïs et de blé est encore marginale. Les grandes régions productrices sont Maradi et Zinder.

Pour l'ensemble des principales cultures, la production a augmenté. La production de mil et de sorgho a doublé entre 1980 à 2011 et celle du niébé a quasiment quintuplé. Cette augmentation est largement due à l'accroissement des aires cultivées mais aussi à un retour à des années de bonne pluviométrie à partir de la décennie 2000. Pour la principale céréale qu'est le mil, Le Niger est 3^{ème} producteur mondial après l'Inde et le Nigéria (FAO, 2012). Le Tableau 5 donne la production nationale entre 2003 et 2012 (DSA/MAG, 2012). Ce tableau indique une variabilité inter annuelle de la production avec un record en 2010.

Tableau 5 : Production du mil de 2003 à 2012 au Niger

Mil			
Campagne	Superficie/ha	Production/T	Rendement kg/ha
2003	5 771 293	2 744 908	476
2004	5 604 355	2 037 714	364
2005	5 893 929	2 652 391	450
2006	6 229 948	3 008 584	483
2007	6 170 179	2 781 928	451
2008	6 828	3 388 988	496
2009	6 513 144	2 677 855	411
2010	1 254 570	759 232	605
2011	1 192 713	552 796	463
2012	7 095 105	3 862 155	544

(Source : DSA/MAG/2012)

Parmi les produits les plus consommés au Niger, on note une prédominance du mil et du sorgho (RGAC, 2008). Comme notre thème traite des stratégies d'adaptations des pratique culturelles du mil et du sorgho et que toute stratégie d'amélioration de la sécurité alimentaire au Niger doit intégrer les conditions d'augmentation de la production de ces céréales ; il est nécessaire de faire le point sur la culture du mil et du sorgho.

3.1.3.2.1 Présentation de la culture du mil et du sorgho

Dans les pays sahéliens de l'Afrique de l'Ouest, le mil et le sorgho sont, depuis des siècles, les denrées alimentaires de base, notamment dans les zones où les revenus sont faibles et à conditions édapho-climatiques difficiles. Dans ces régions, le mil et le sorgho se développent favorablement et sont plus performants que les autres cultures. Ils constituent les principales sources d'énergie, de protéines, de vitamines et de sels minéraux pour des millions d'habitants, parmi les plus pauvres. Recommandés pour les enfants, les personnes âgées et les personnes en convalescence, ces céréales ont une teneur en protéines (12 à 14%) comparable à celle du blé, de l'orge et du maïs avec une valeur énergétique de 780 cal/kg (JAICAF, 2009). Ils servent aussi dans l'industrie agro-alimentaire (fabrication de boissons alcoolisées, panification, biscuiterie, etc.). Les graines du mil et surtout du sorgho sont aussi utilisées dans l'alimentation animale (volailles, bovins, ovins). Les feuilles et une partie des tiges (surtout du sorgho) sont utilisées comme fourrage. Les tiges sont utilisées dans la construction des cases, des clôtures et des greniers.

Au Niger, ces deux cultures sont très souvent en association avec le niébé et/ou l'arachide, mais il y a aussi des associations mil-sorgho.

Les problèmes de stagnation voire de la baisse des rendements ont pour cause :

- la variabilité et la mauvaise répartition des pluies ;
- la pauvreté des sols ;
- la faible utilisation d'engrais minéral ;
- le caractère photosensible des variétés locales cultivées. La majorité des variétés locales sont dites « de jours courts » c'est-à-dire, qu'elles épient lorsque la durée du jour raccourcit et devient inférieure à une valeur limite. Dans le cas où la variété est semée tardivement, une baisse en rendement graine et biomasse est enregistrée.

Les phases phénologiques du sorgho sont pratiquement identiques à celles du mil, à la différence qu'on parlera d'apparition d'épi chez le mil alors que chez le sorgho on parlera d'apparition de la panicule. On distingue sept phases phénologiques majeures du mil et du sorgho.

- **La levée** ou phase d'apparition de la plantule.

- **Le tallage** se manifestant par l'apparition des talles à la base de la plantule initiale du mil ou du sorgho. Cependant il ya de variétés de sorgho qui ne tallent pas.
- **La montaison** qui débute avec l'apparition du premier nœud à la base de la plantule initiale et les talles du mil et du sorgho.
- **L'épiaison** pour le mil et **l'apparition de la panicule** pour le sorgho se manifeste par l'apparition de l'épi (mil) et de la panicule (sorgho).
- **La floraison** qui est la phase d'apparition des fleurs sur l'épi et la panicule.
- **La grenaison** qui se manifeste par l'apparition des graines sur l'épi et la panicule.
- Et enfin **la maturité** qui boucle la phénologie du mil et du sorgho. Cette maturité se caractérise par des graines dures et cassantes.

La culture du mil

Le mil (Photo 2) appartient à la famille des Graminées (Poacées), et les espèces les plus couramment cultivées sont *Pennisetum glaucum*, *P. typhoides*, *P. typhideum*, et *P. americanum*. Il a pour origine l'Afrique tropicale ; selon la durée du cycle, le mil cultivé au Niger est classé en :

- mil hâtif ou précoce (*guero en langue Haussa* au Niger et Nigeria et *souna en langue Wolof* au Sénégal et Mali) qui est cultivé dans les zones à faible pluviosité. Il a un cycle de 75 à 100 jours;
- le mil tardif (*maiwa en langue Haussa* ou *somno en langue Zarma* au Niger et Nigeria et *sanio en langue Wolof* au Sénégal et Mali) qui est cultivé dans les régions les plus humides. le cycle de ce mil est de 110 à 150 jours.



Photo 2 : Image du mil en épiaison

Le rendement est très variable suivant la variété, la pluviosité et la fumure. En culture traditionnelle réussie, il est de 600 à 800kg/ha mais peut descendre jusqu'à 300kg (CIRAD *et al.*, 2002).

Le mil est une graminée des zones chaudes ; pendant son cycle végétatif, la température moyenne optimum est de l'ordre de 28°C. La culture a besoin d'un minimum de 200mm de pluie, et l'optimum ne dépasse pas 400 à 700 mm. Au-delà de cette quantité, la culture risque des attaques de charbon. Le mil est moins exigeant pour la qualité du sol que le sorgho. Le mil préfère des sols sablo-argileux bien drainés, et d'autant plus riches que le cycle de la variété est plus court. Le mil répond bien à la fumure minérale ; il a besoin d'un apport en azote de 30 à 50kg/ha, et de 15 à 30 kg/ha de phosphore (CIRAD *et al.*, 2002). Lorsque dans la rotation il succède à une culture ayant reçu un engrais phosphaté, on se contente de lui apporter de l'azote.

La culture du sorgho

Le sorgho (Photo 3) appartient à la famille des Graminées ; l'espèce la plus cultivée est le *Sorghum vulgare* ou *Sorghum bicolor*. Le sorgho est originaire de l'Afrique tropicale.

Les variétés de sorgho cultivées en Afrique en général et au Niger en particulier sont classées en variétés:

- hâtives ou précoces dont le cycle est d'environ 50 à 100 jours;
- tardives, cultivées dans les régions les plus humides, et dont le cycle est de 110 à 150 jours.



Photo 3 : Image du sorgho en phase paniculaire

En culture traditionnelle le rendement varie entre 600 et 800kg/ha ; en culture améliorée en ligne avec labour, il varie entre 1000 et 1200kg/ha. En culture pluviale avec labour et apport d'azote, le rendement peut atteindre 3000kg/ha (CIRAD *et al.*, 2002).

Le sorgho est sensible aux températures basses ; il nécessite 1400 °C entre le semis et la floraison pour les variétés précoces ; 1900°C pour les variétés tardives (CIRAD *et al.*, 2002).

Les besoins en eau du sorgho sont très inférieurs à ceux du maïs. Le sorgho a une meilleure aptitude à supporter les périodes de sécheresses que le maïs, surtout aux premiers stades de son développement végétatif. Au Niger, la consommation totale d'une culture pluviale du sorgho a été mesurée à 550 mm (CIRAD *et al.*, 2002). De nombreuses variétés africaines sont photosensibles et dites de « de jours courts ».

Le sorgho convient à la plupart des sols (les sols profonds donnent les meilleurs résultats) ; il est peu exigeant en eau, robuste et résiste bien aux sols salins. Dans les régions sèches comme le Niger, le sorgho se comporte bien dans certains sols argileux de bas-fonds ayant une bonne capacité de rétention : c'est le cas des Goulbis et les sols alluviaux de la vallée du fleuve Niger. L'azote est le pivot de la fumure de sorgho, il est conseillé un apport de 25 à 50 kg/ha (CIRAD *et al.*, 2002).

3.1.3.3 Elevage

Deuxième activité économique du pays, l'élevage est pratiqué par 87% de la population. D'une manière générale, en dehors de certaines activités comme la production de la volaille et l'embouche pour la vente, le cheptel est surtout considéré comme une forme d'épargne et d'assurance en cas de déficit alimentaire. Le dernier recensement estime l'effectif du cheptel à plus de 31million de têtes (Tableau 6).

Tableau 6 : Effectif du cheptel

Bovins	Ovins	Caprins	Camelin	Equins	Asins	total
7 336 089	9 192 018	11 238 268	1 565 420	230 175	1477 073	31 039 041

Source : RGAC, 2008

Suivant le système d'élevage, le cheptel sédentaire représente 66% du cheptel total, le cheptel nomade 18%, et le cheptel transhumant 16% (RGAC, 2008).

Au total, on dénombre 12 196 410 volailles composée principalement de poulets, poulets de race, pintades, canards, oies, pigeons et dindons. La majeure partie du cheptel est essentiellement concentrée dans l'espace pastoral situé dans la partie Nord. Comme l'agriculture, ce secteur souffre aussi des aléas climatiques.

3.1.3.4 Pêche

La pêche est une activité socio-économique et culturelle très importante au Niger. Elle se pratique essentiellement au niveau des ressources halieutiques suivantes :

- le fleuve Niger et ses affluents et la Komadougou Yobé (pêcheries fluviales);
- le Lac Tchad (pêcheries lacustres);
- les mares naturelles (au nombre de 1084) et les 69 retenues d'eau artificielles (HCI3N., 2012).

La production annuelle moyenne de poisson est estimée à 25.000 tonnes. La consommation nationale de poisson est de l'ordre de 2,1 Kg /hbt/an dans les grands centres urbains. Les problèmes majeurs que rencontre l'activité sont les aléas climatiques, l'ensablement des retenues d'eau et la pêche avec des nasses non conventionnelles.

3.1.3.5 Artisanat

Au Niger, l'artisanat est pratiqué par tous les groupes ethniques et sur tout le territoire national. La gamme des produits est vaste et variée. Les artisans sont composés de : bijoutiers, forgerons, bucherons, potiers, tailleurs, tisserands... l'artisanat constitue une source de revenu non négligeable pour les populations surtout en période de déficit alimentaire. En dépit de la diversité des productions et malgré la vigueur de la créativité des artisans, cette activités est aussi confrontée aux aléas climatiques (approvisionnement des produits de base : le bois, le coton, l'argile...), aux problèmes d'écoulement de la production et de passage d'un artisanat traditionnel à un autre moderne.

3.1.3.6 Exode rural et l'immigration

L'exode rural est devenu une activité à part entière. Après chaque campagne agricole, pour combler le déficit céréalier, des familles entières se déplacent en direction des centres urbains où les membres travaillent comme manœuvres ou domestiques. Ainsi, ils peuvent conserver leur production pour les travaux champêtres de l'hivernage prochain. On distingue les mouvements migratoires internes qui ne représentaient que 10,86% de la population en 2001 et des mouvements internationaux qui ont multiplié par 30 le stock d'émigrants nigériens à l'extérieur entre 1960 et 2000 (World Bank, 2008 ; PNUD, 2009).

Pour les flux internes, la Communauté Urbaine de Niamey constitue la principale destination des migrants avec 49,0% ; Elle est suivie de la région d'Agadez qui attire 10,6% des migrants internes.

Concernant les flux externes une bonne partie des migrants, selon les études du PNUD (2009) vont en direction des pays étrangers comme le Burkina Faso (27,8%), la Côte-d'Ivoire (26,2%), le Nigeria (11,9%), la Guinée Conakry (10,8%), le Ghana (5,2%), le Togo (3,4%), le Bénin (3%), la République Démocratique du Congo (1,4%), l'Allemagne (1,1%) et le Pakistan (1,1%).

Les principales conséquences sont la déscolarisation des enfants, le départ des bras valides, la dislocation des familles et la délinquance.

3.2 Présentation de la zone de collecte des données d'enquêtes

Les enquêtes de terrain se sont déroulées dans la région de Tillabéry. Cette région est située à l'extrême ouest du pays sur 91119km². Elle est limitée au nord par le Mali, au nord-ouest par la région de Tahoua, à l'est par celui de Dosso, à l'ouest par le Burkina-Faso et au sud par le Bénin. La population est estimée à 2715186 habitants (INS, 2013) dont 50,3% ont moins de 20 ans. Cette population croît annuellement au taux de 3,2%. Elle occupe l'ensemble du territoire de la région à la densité moyenne de 20,1 habitants au km². Cette densité atteint dans les vallées fossiles et celles du fleuve respectivement 50 et 140 habitants au km². La région est composée de 7 départements représentés

dans la Figure 9. Les principales activités de cette population est l'agriculture l'élevage et la pêche.

La région de Tillabéry se situe dans la zone sahélienne où la pluviométrie est comprise entre 250 mm et 600 mm. Cette pluviométrie se caractérise par une forte variabilité spatio-temporelle (Lona, 2010).

80 à 90% des terres cultivables de la région sont : des sols dunaires propices à la culture du mil, des terres de bas-fonds, (ex. les cuvettes du fleuve et ses affluents) riches en matière organique et éléments minéraux très propices à la culture du sorgho, enfin on y rencontre aussi des plateaux latéritiques et des glacis qui font l'objet de récupération et d'exploitation agricole et pastorale (Soumana, 2001).

La culture du mil et du sorgho est essentiellement pluviale et manuelle, et se pratique sur des petites exploitations familiales avec une faible utilisation d'intrants agricoles

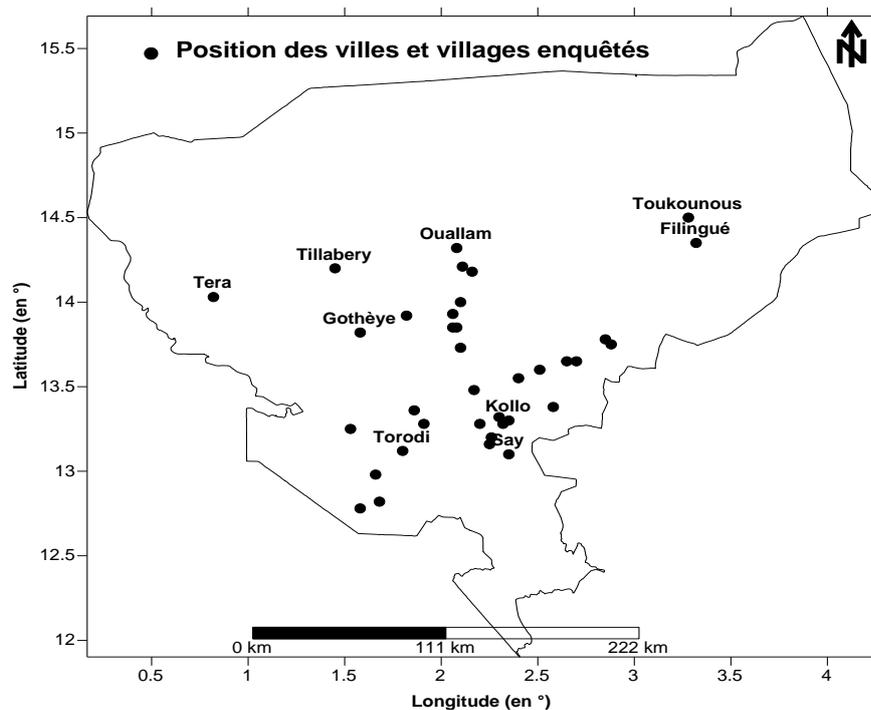


Figure 9 : Carte des localités enquêtées dans la région de Tillabéry

Conclusion partielle

Le Niger est un pays sahélien, dont l'économie repose en grande partie sur l'agriculture et l'élevage. La population estimée à 17 129 076 habitants en 2012, croit avec un taux de 3,9%. L'alimentation de cette population est majoritairement basée sur les céréales mil et sorgho. La superficie potentiellement cultivable est estimée à

15 millions d'hectares, soit moins de 12% de la superficie totale du pays. Le climat se caractérise par une forte variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie et par des fortes températures. Les sols sont majoritairement dunaires, pauvres, peu productifs et très sensibles à l'érosion hydrique et éolienne. L'agriculture est essentiellement pluviale, manuelle et avec une faible utilisation d'intrants agricoles. Les rendements des cultures sont faibles (entre 300 et 400kg/ha pour le mil). La région de Tillabéry est sur le plan climatique, morpho pédologique, démographique et des systèmes agraires représentatifs des zones de cultures du mil et du sorgho du Niger. L'accroissement démographique combiné aux conditions climatiques contraignantes (sécheresse, inondation, forte chaleur, vent violent) et aux systèmes d'exploitation inadaptés et peu rationnels des ressources naturelles conduisent à des déséquilibres écologiques qui se traduisent par la précarité des moyens d'existence. Partant du contexte de l'étude et des caractéristique de la zone étude, l'application la méthodologie a permis d'aboutir aux résultats présentés dans les chapitres qui suivent.

CHAPITRE 4 : IDENTIFICATION ET ANALYSE DES RISQUES CLIMATIQUES

Pour identifier les risques climatiques pour la culture du mil et du sorgho, une analyse croisée des données climatologiques et d'enquêtes a été effectuée. Ce chapitre vise à présenter les résultats des analyses des données de pluviosités, de températures et d'enquêtes sur la perception climatique des producteurs.

4.1 Analyse de la pluviosité et des paramètres de la saison pluvieuse

4.1.1 Distribution et variabilité saisonnière zonale et méridienne du régime de précipitation au Niger

L'agriculture pluviale est extrêmement dépendante de la saison des pluies, d'où l'importance d'avoir une bonne compréhension du cycle saisonnier et de sa variabilité. Cette partie aborde la variabilité latitudinale et longitudinale de la pluviosité en la caractérisant par son régime (le démarrage et la fin de la saison, les cumuls annuel et mensuel).

Mathématiquement, la corrélation entre la normale 1981_2010 de précipitation des 49 stations pluviométriques et les latitudes montre une relation linéaire négative (la normale de précipitation diminue quand la latitude augmente) avec un coefficient de détermination r^2 de 0,628, c'est-à-dire que près de 63% de la variance de la normale est liée aux latitudes des stations (Figure 10A).

La corrélation avec la longitude indique une faible liaison linéaire négative avec un r^2 de 0,265 ; en d'autres termes seuls 26% de la variance de la normale de précipitation est lié à la variation des longitudes des stations (Figure 10B).

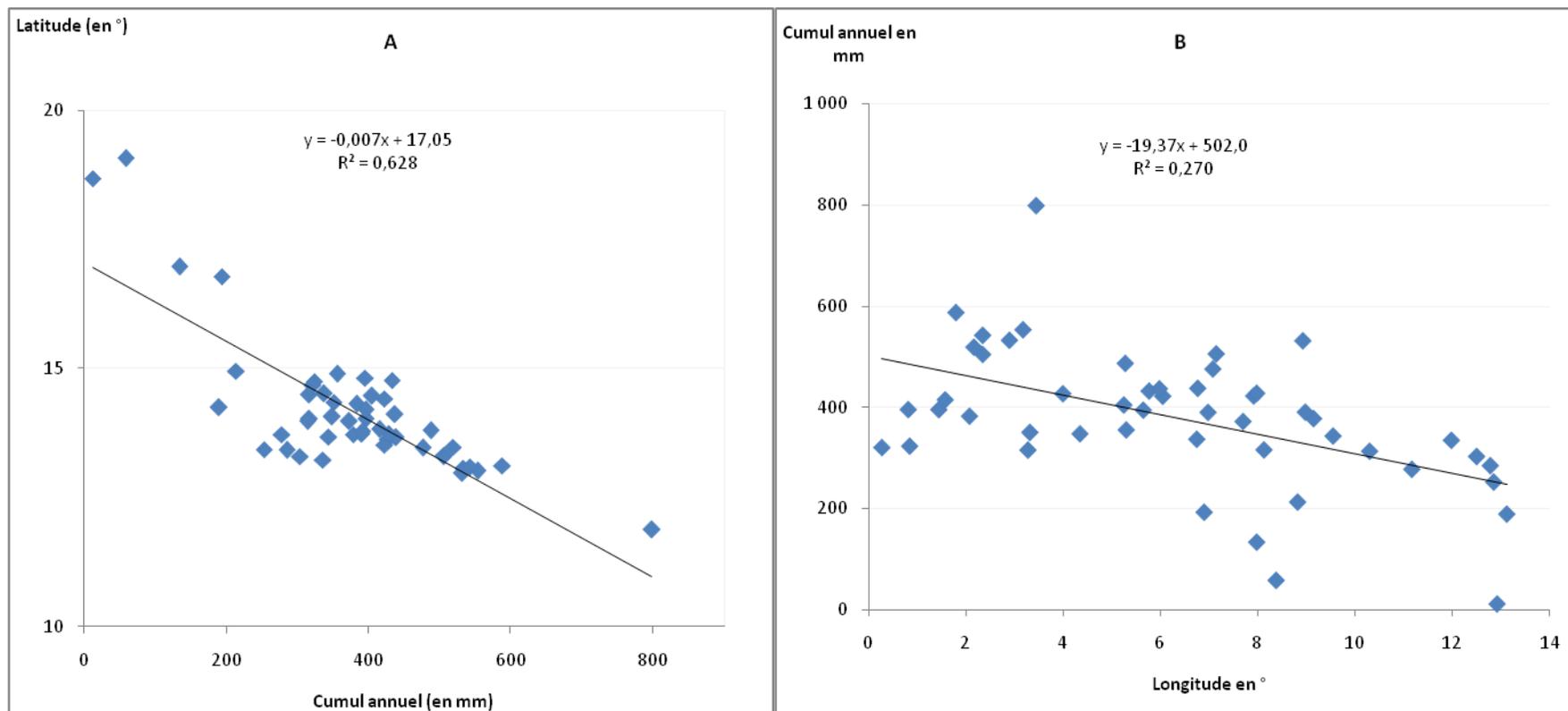


Figure 10 : A) Corrélation entre la normale 1981_2010 et les latitudes des stations ; B) Correlation entre la normale 1981_2010 et les longitudes des stations

Physiquement, ces relations s'expliquent par le mouvement méridien de la ZCIT/FIT (Zone de Convergence Inter Tropical/Front Inter Tropical), mais aussi par le fait que plus on approche le FIT, moins il pleut (Adefolalu, 1983 ; Fontaine et Janicot, 1993 ; Lélé et Lamb, 2010 ; Sultan, 2011). La ZCIT est la zone de concentration en altitude de la vapeur d'eau advectée par les alizés et les flux de mousson dans les basses couches (Adefolalu, 1983 ; Fontaine et Janicot, 1993 ; Sultan, 2011). Elle présente une structure inclinée qui définit deux zones d'ascendance distinctes : la convection sèche et la convection profonde. Le Front Intertropical (FIT) est la trace au sol de la ZCIT qui est la zone de contact en surface entre les vents chauds et secs du Nord-Est, et les vents plus frais et humides du Sud-Ouest (Adefolalu, 1983 ; Lélé et Lamb, 2010). Il marque la position de la convection sèche moins développée en altitude et plus au Nord que la zone de convection profonde dont l'extension verticale atteint le niveau 200hPa.

Les travaux de Lélé et Lamb (2010) ont montré que l'avancée vers le nord du FIT à travers la zone soudano-sahélienne entre avril et début août est relativement lente avec une moyenne de $0,8^\circ$ de latitude par décade (soit 8,8 km/jour). Le retrait du FIT vers le sud entre la mi-août et la mi-novembre est presque deux fois plus rapide avec une moyenne de $1,4^\circ$ de latitude par décade (soit 15,5 km/jour). Les mêmes travaux ont montré qu'il pleut en moyenne mensuelle 1mm/jour à 100 et 250 km au sud du FIT alors que les pluies les plus utiles ($>3\text{mm/jour}$ en moyenne mensuelle)) sont enregistrées à 400km au sud du FIT.

La Figure 11 montre une bonne relation linéaire ($>50\%$) pour les mois de juillet, août et septembre entre les normales mensuelles 1981_2010, et les latitudes des stations. En effet, pendant ces mois, la ZCIT/FIT est à sa position la plus au Nord et le dispositif dynamique (la mousson, les courants jet, les ondes d'est...) des différentes échelles (Adefolalu, 1983 ; Fontaine and Janicot, 1993 ; Sultan, 2011) est bien en place créant ainsi les conditions d'épaisseur de mousson, de convergence (en surface) et de divergence (en altitude) nécessaires à une convection profonde. Cette convection favorise la naissance de nuages à fort développement vertical (cumulo-nimbus, et ligne de grain) responsables des pluies intenses au sahel. Ceci explique le fait qu'environ 80% des précipitations au sahel en général, et au Niger en particulier, tombent durant ces mois.

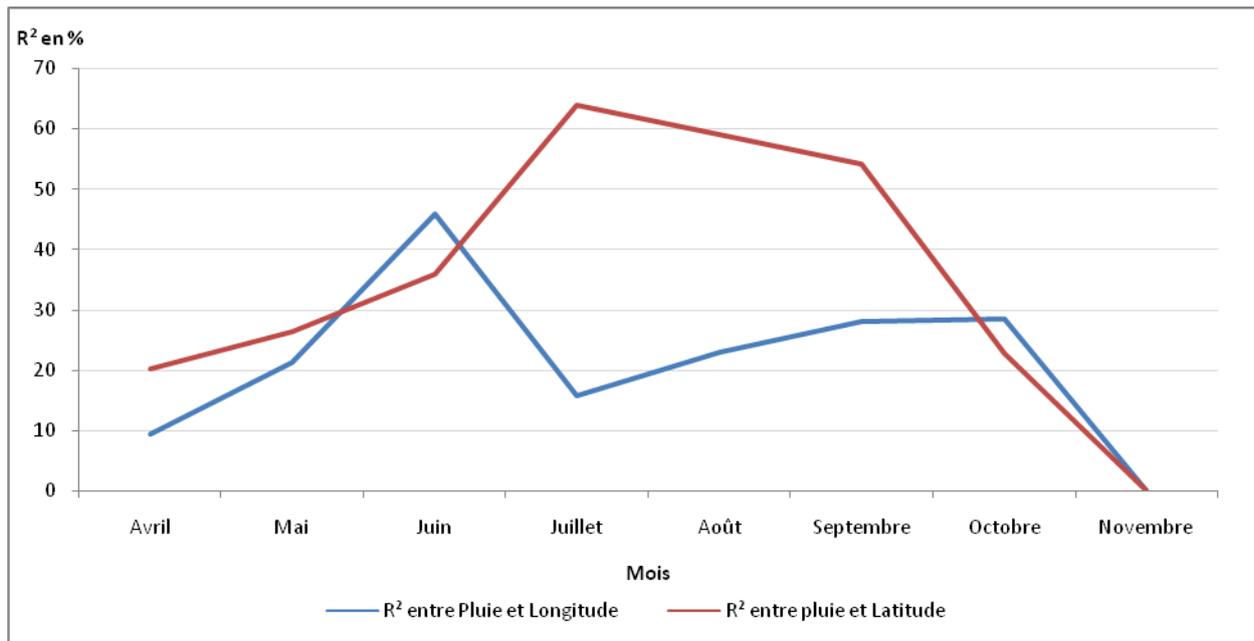


Figure 11 : Représentation du coefficient de détermination (r^2) entre la normale mensuelle 1981_2010, la latitude (en rouge) et la longitude (en bleu)

Ces résultats complètent ceux de Lélé et Lamb (2010) qui ont montré qu'au cours de l'avancée et du retrait du FIT, les précipitations sur la région soudano-sahélienne sont positivement corrélées à la latitude du FIT. D'après cette étude, la relation entre pluviométrie et latitude du FIT est plus forte au cours des mois de début (avril-juin) et de fin (octobre) de saison des pluies (corrélation linéaire, $r = +0.74$ à $+0.81$), lorsque le FIT est situé au sud et les précipitations sont faibles. Cette relation est plus faible au cœur de la saison des pluies de juillet-septembre lorsque le FIT est plus éloigné au nord ($r = +0.50$ à $+0.58$).

En effet, en début et en fin de saison des pluies, la latitude du FIT est très basse, l'épaisseur de la mousson est très faible et le dispositif dynamique (la mousson, les courants jets, les ondes d'est..., Diedhiou *et al.*, 1999) est entrain de se mettre en place. En définitif, la convection est très limitée et les pluies sont rares. Ces facteurs expliquent les raisons pour lesquelles le cumul mensuel d'une station durant ces mois est lié à sa position par rapport à la latitude du FIT. En effet, plus le FIT est au nord de la station plus la possibilité de précipitation est élevée (Lélé et Lamb, 2010). Durant ces mois la position (la latitude) du FIT est une condition limitante pour les précipitations pour toutes les stations. En plus, au cœur de la saison, le FIT est à sa position la plus au nord, la mousson est plus épaisse et les processus dynamiques

de méso-échelle producteurs de pluie sont entièrement développés. Pendant cette période plus la latitude d'une station est basse plus le cumul mensuel est important.

Par rapport au mouvement méridien de la ZCIT/FIT, Adefolalu (1983) et Sultan et Janicot (2004) ont montré qu'au printemps, le FIT montre une position centrée sur la latitude 12,5°N de l'hémisphère Nord pour se déplacer vers 17,5°N en été et reculer à nouveau autour de 10°N en automne. Ce déplacement de la zone de convection sèche qui s'étend jusqu'à 600 hpa s'accompagne d'une translation méridienne de la ZCIT où la zone de convection profonde dont la position varie entre la latitude 5°N au printemps et en automne, à la latitude 10°N en été boréal. Sultan (2011) a mis en évidence à l'aide d'un diagramme latitude/temps, la première position d'équilibre de la ZCIT/FIT en mai et juin et la deuxième en Juillet. Le «saut» de la ZCIT entre ces deux positions d'équilibre marque l'installation du régime de mousson aux latitudes soudano-sahéliennes. Pour la période 1969_1990, la date moyenne de ce « saut » est le 24 juin avec un écart-type de 8 jours (Sultan et Janicot, 2004).

D'autres études utilisant d'autres méthodes (Hagos et Cook, 2007 ; Fontaine et Louvet, 2006 ; Fontaine *et al.*, 2008 ; Gazeaux *et al.*, 2011) cité par Sultan (2011) ont toutes abouti à une date moyenne de mise en place de la mousson proche de celle définie par Sultan et Janicot : 28 Juin (Fontaine et Louvet 2006), 30 Juin (Fontaine et al. 2008) et 1er Juillet (Gazeaux et al. 2011).

Répartition zonale et méridienne des précipitations mensuelles

La répartition zonale et méridienne des normales mensuelles de précipitation sur la fenêtre agropastorale du Niger (c'est-à-dire 11-18°N pour les latitudes et 0 - 13°E pour les longitudes) des données de 49 stations montre que :

En aperçu zonal

L'installation de la saison des pluies (critère : après le mois d'avril, cumul mensuel ≥ 20 mm) pour toutes les normales (61_90, 71_00, 81_10) s'effectue durant le mois d'avril pour les stations situées aux alentours de la latitude de Gaya (11°99N), et pas avant le mois de juin et juillet pour les stations au Nord de la latitude 15°N (Figure 12 B, les flèches vertes indiquent les mois d'installation des pluies pour les latitudes correspondantes).

La fin de la saison des pluies (critère : après le mois de septembre, cumul mensuel < 20 mm) présente moins de variabilité spatiale que le début. En effet, pour la majeure partie des latitudes (du 12^{ème} au 16^{ème} degré nord) la fin de la saison des pluies est enregistrée entre fin septembre début octobre (environ 15 jours). Pour les stations au sud de la latitude de Gaya, les pluies (pluies mensuelles ≥ 20 mm) continuent jusqu'en fin octobre (Figure 12 B, les flèches (violetttes) se trouvant sur le 9^{ème} et 10^{ème} mois indiquent les mois de fin pour les latitudes correspondantes).

Pour toutes les latitudes et normales, le maximum de pluie est cumulé au mois d'août. Suivant la normale 81_10, le cumul d'août atteint plus de 200mm pour les stations situées entre 11°25 et 12°75N (Figure 12 A les deux flèches rouges). Ce cumul diminue progressivement avec la latitude pour atteindre 20mm pour les stations au nord 17°N soit environ 45mm/latitude (Figure 12 A).

Le nombre de mois pluvieux diminue quand la latitude augmente (Figure 12 A : les deux flèches noires). Cette diminution est d'environ 1mois/latitude (0.83 mois/latitude).

Ces résultats confortent ceux de Charre (1973) qui indiquaient que les pluies les plus importantes sont provoquées par l'arrivée de mousson qui survient en moyenne en avril dans la région de Gaya et atteint l'Air et l'Erg du Ténére en juillet-août. Sa rétraction vers le Sud est achevée en novembre. Dans la même étude, il précise que le nombre de mois pluvieux et le cumul du mois le plus pluvieux (Août) diminuent surtout vers le nord et dans une moindre mesure vers l'Est. Gachon et *al.* (2007) ont trouvé la même configuration au sahel dans la représentation latitudinale du cumul de précipitations moyenne mensuelles des stations se trouvant entre la latitude 12N et 15 N et la longitude 12W et 12E.

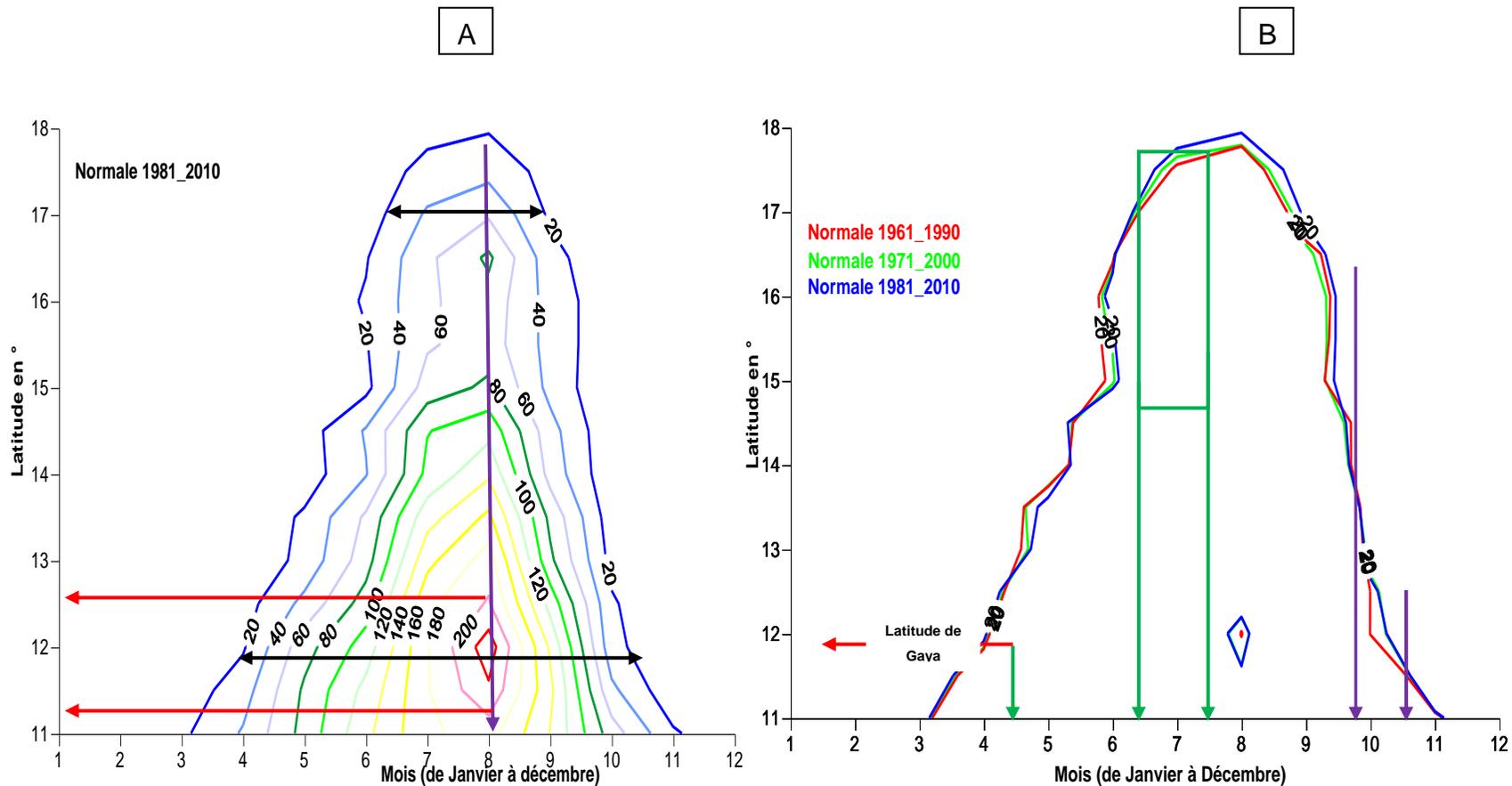


Figure 12 : A) Distribution de la normale mensuelle (1981_2010) de pluviosité (mm/mois) de 49 stations suivant les latitudes (intervalle de la grille 0,5°) ; B) Superposition des isohyètes 20 et 240 mm des normales 1961_1990, 1971_2000 et 1981_2010

- Pour la Figure 12 A) : la flèche (rouge) orientée vers l'axe de latitude indique les latitudes concernées par l'isohyète 200 mm en Août ; la flèche (violette) orientée vers l'axe des mois indique le mois d'août ; et les flèches noires indiquent l'extension de la saison des pluies suivant les latitudes. La flèche rouge indique la latitude de Gava.
- Pour la Figure 12 B) : les flèches vertes et violettes orientées vers l'axe des mois indiquent respectivement le mois de démarrage et de fin de la saison des pluies suivant les latitudes.

En aperçu méridien

L'installation de la saison des pluies pour toutes les normales (61_90, 71_00, 81_10) s'effectue en avril pour les stations (de basses latitudes comme Gaya (11°99N)) situées entre la longitude 3° et 4°E ; entre mai et juin pour la majeure partie des stations et enfin en juillet pour les longitudes des stations de l'Aïr , du Ténéré et du Manga (Figure 13B), les flèches en traits pleins(violet) indiquent les mois de début pour les longitudes respectives).

La fin de la saison des pluies est moins variable que le début. Pratiquement pour la majeure partie des longitudes la campagne finit en fin septembre (Figure 13B), les flèches en pointillé (rouge) bordeaux indiquent les mois de fin pour les longitudes respectives). Cependant il faut remarquer les exceptions suivantes :

- pour les longitudes des environs de Gaya, la fin de la saison est enregistrée en octobre ;
- pour les longitudes des stations de l'Aïr et du Ténéré, elle intervient en fin Aout ;
- enfin pour la longitude de la station de Bilma, le seuil de 20mm mensuel n'est jamais atteint.

Globalement, l'installation de la saison des pluies au Niger se fait sur un peu plus de 2,5 mois tandis que la fin de la saison des pluies est plus regroupée, environ 15 jours pour la quasi-totalité des stations.

Le nombre de mois pluvieux varie entre 6 et moins de 2 mois. Cette variabilité est plus nette en remontant les latitudes (Figures 12A, entre 11° et 18°N) qu'en remontant les longitudes (Figure 13A, entre 0 et 13°E).

En remontant de la latitude de Gaya (11,88°N) à la latitude d'Agadez (16,97°N), le nombre de mois pluvieux passe de 6 à un peu moins de 2 mois (Figure 12A, la projection des flèches noires sur l'axe des abscisses donne le nombre de mois)

En partant de la longitude 0° à la longitude 13°E, le nombre de mois pluvieux est pratiquement de 5 mois à l'exception de la longitude de Gaya (3,45°E) où il est de 6 mois et les longitudes d'Inférouane (8,38°E) et Bilma (12,92°E) où il est inférieur à 2 mois (Figure13A, la projection des flèches noirs sur l'axe des ordonnées donne le nombre de mois).

Pour toutes les longitudes, le maximum de pluie est cumulé au mois d'août. Suivant la normale 1981_2010, ce cumul est de 240mm à Gaya (Figure 13A, la flèche (violette) indique le mois d'août).

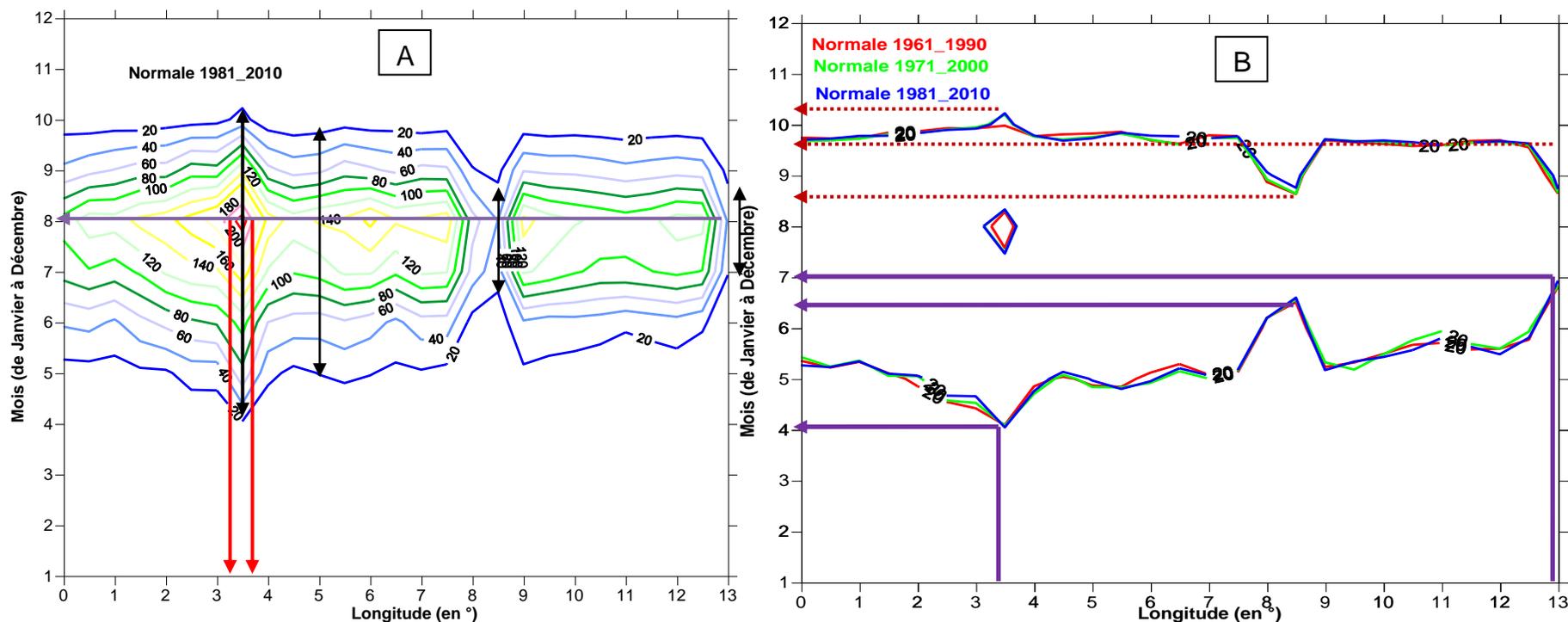


Figure 13 : A) Distribution de la normale (1981_2010) mensuelle de pluviosité (en mm/mois) de 49 stations suivant les longitudes (intervalle de la grille 0,5° ; B) Superposition des isohètes 20 et 200 mm des normales 1961_1990; 1971_2000 et 1981_2010.

- Pour la
- Figure 13A : les flèches (rouges) orientées vers l'axe des longitudes indique les longitudes concernées par l'isohyète 200 mm ; la flèche (violette) orientée vers l'axe des mois indique le mois d'août.
- Figure 13B : les flèches en traits pleins (violet) indiquent les mois de début pour les longitudes respectives ; les flèches en pointillés (rouge bordeaux) indiquent les mois de fin pour les longitudes respectives.

La Figure 14 est déduite de la Figure 13A. Dans cette figure, seules les isohyètes 20 ; 100 ; 140 mm sont représentées. La lecture de cette figure indique deux maxima bien distincts de plus de 140 mm dont le 1er est situé entre 0° et 8°E, et le 2ème entre 9° et 13°E. Cette figure fait apparaître aussi un minimum d'environ 20mm au tour de la longitude d'Iférouane (8,38°E). Ainsi, la longitude d'Iférouane semble séparer deux régimes de pluie au Niger (Figure 14) :

- un régime Ouest avec une longueur moyenne 5 mois (mai - octobre) et un maximum en août atteignant 240 mm à Gaya ; un nombre de jours de pluies (seuil pluie ≥ 1 mm) qui varie de 54 jours à Gaya à 17 jours à Agadez ;
- un régime Est avec une longueur moyenne de 4 mois (mi-mai - mi-septembre) et un maximum de 183,3 mm en août à Magaria (8,93°E) ; un nombre de jours de pluies qui varie de 39 jours à Magaria à 2 jours à Bilma.

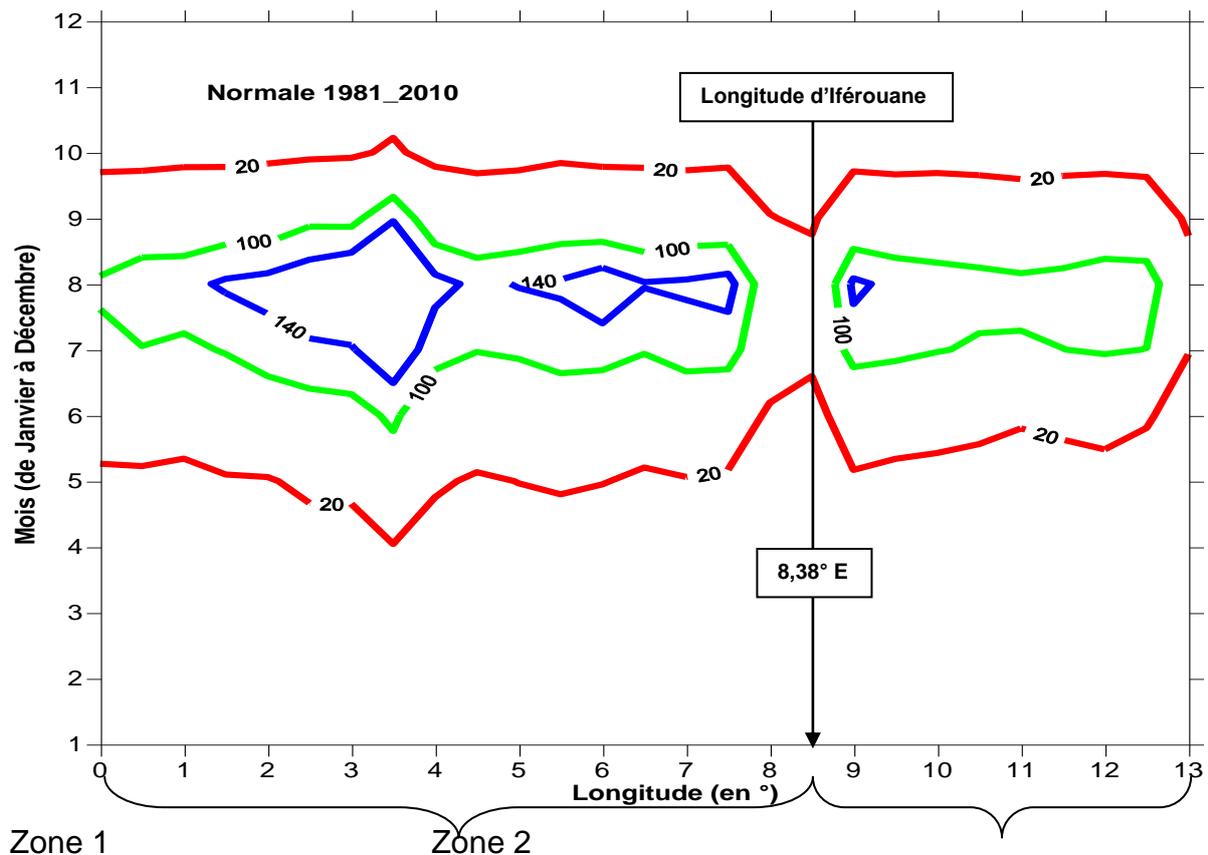


Figure 14 : Distribution de la normale mensuelle de pluviosité 1981_2010

Cette configuration peut être due à la faiblesse du réseau d'observation au tour de la longitude d'Iférouane. Pour lever l'équivoque, nous avons pris un transect de 1° (entre 12,98° et 13,98°) refermant 25/49 stations (Figure 15).

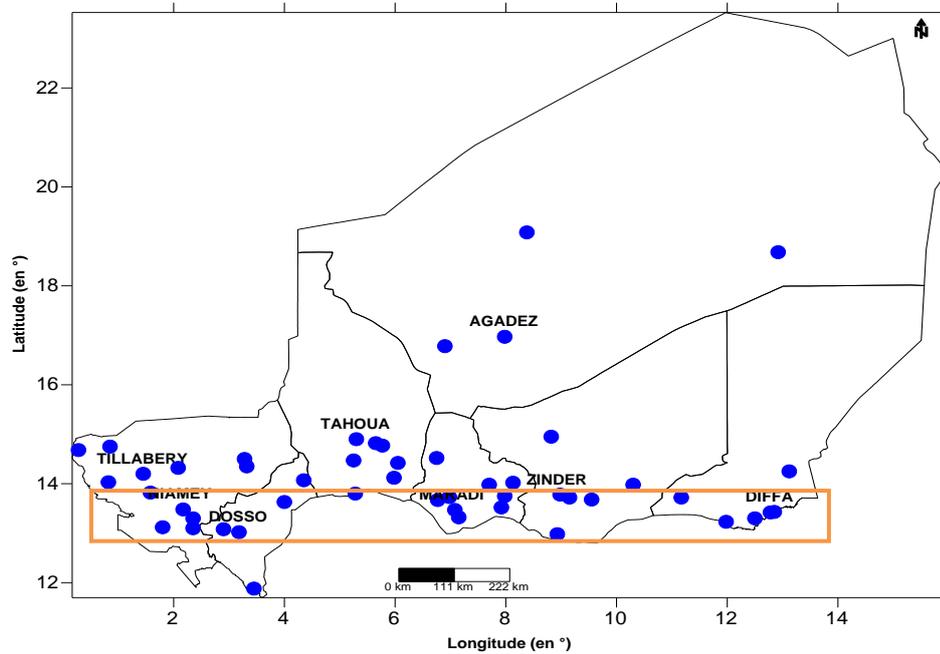


Figure 15 : Position des stations se trouvant le long du transect choisi

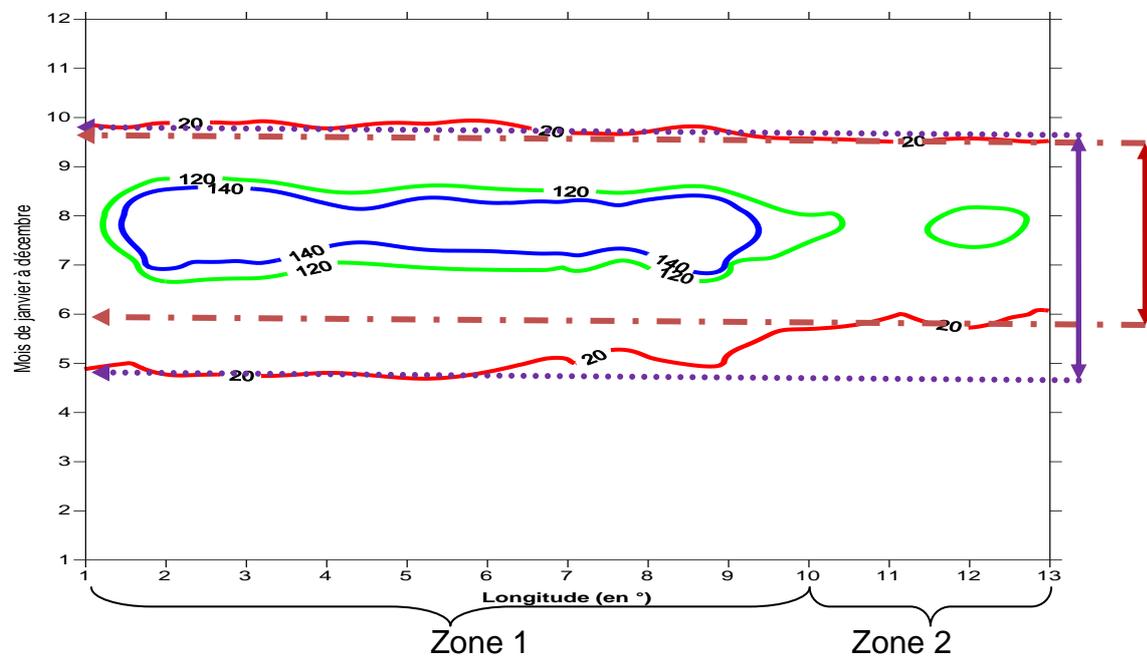


Figure 16 : Distribution de la normale de pluviosité 1981_2010 suivant les longitudes des stations du transect

La Figure 16 montre pratiquement les deux régimes pluviométriques :

- un régime Ouest avec une longueur moyenne 5 mois (mai - octobre) et un maximum en août atteignant 198,3 mm à Dosso ;
- un régime Est avec une longueur moyenne 4 mois (mi-mai - mi-septembre) et un maximum de 130,4 mm en août à Goudoumaria.

Ce travail apporte plus de détail aux résultats des études effectuées à l'échelle du Sahel par Gachon *et al.* (2007), dont les conclusions ont abouti à deux maxima : le 1^{er} est centré sur la longitude 12°W, et le 2^{ème} sur la longitude 12°E.

Ces résultats sont en accord avec l'étude de variabilité du régime pluviométrique du Niger de Charre (1973) qui soulignait que le nombre de mois pluvieux diminue surtout vers le nord dans une moindre mesure vers l'Est, sans que l'altitude intervienne fondamentalement, sauf dans le massif de l'Aïr.

Ces résultats cadrent aussi avec plusieurs publications ayant abordé la dynamique atmosphérique qui se met en place avant l'installation des pluies en Afrique de l'ouest : le contraste thermique océan/continent, la mousson, le jet est africain(AEJ), le jet d'est tropical (TEJ), les ondes d'Est (Diedhiou *et al.*, 1999 ; Sultan, 2002); les interactions avec d'autres régions tropicales et/ou méditerranéennes (Janicot *et al.*, 2009 ; Chauvin *et al.*, 2010 ; Flaounas, 2010). Les résultats de ces travaux de recherche complétés par ceux de Léle et Lamb (2010) sur les positions moyennées du FIT de 1974 à 2003 en Afrique de l'Ouest permettent de comprendre que :

- au Niger, en Mai-Juin, le FIT se situe entre la latitude 14° et 15°N (Figure 17A) ce qui veut dire que les conditions de précipitation ne sont réunies qu'aux environs de la latitude 13°N (Léle and Lamb 2010) donc à l'extrême sud du Niger (la zone de Gaya). C'est pourquoi la saison des pluies démarre en avril-mai dans la zone 1 pendant que les conditions de sécheresses prévalent dans la zone 2 ;
- le saut de la ZCIT en juin propulse le FIT au-delà de 17,5°N (Figure 17B) permettant ainsi l'installation des pluies jusqu'au 15°N, donc la poursuite de l'installation dans la zone 1 et le démarrage dans la zone 2 ;
- le retrait du FIT (15,5 km/jour) en fin août se fait suivant pratiquement les mêmes traits mais à une vitesse deux fois supérieure à la remontée du FIT (8,8 km/jour)

(Lélé and Lamb, 2010). Ce qui explique la fin des pluies (≥ 20 mm) en fin Aout pour les stations au-delà de 17°N.

Par rapport à la longueur de la saison et en relation avec la vitesse d'installation et de retrait du FIT, le début de la saison dans la zone 2 est retardé d'environ deux décades par rapport à la zone 1 et le retrait de la ceinture pluvieuse de la zone 2 est en avance d'environ 1 décade par rapport à la zone 1. Ce qui fait au total une différence environ trois décades entre la longueur de la saison dans les deux zones.

Physiquement, ce phénomène s'explique par le fait qu'en début de saison des pluies, l'épaisseur de la mousson est mince, le processus dynamique (les courants jets, les ondes d'est) n'est pas complètement mis en place pour permettre une convection profonde pouvant évoluer à des formations nuageuses localisées (de grandes ampleur) ou organisées en systèmes pluvieux orageux (ligne de grain). Mais l'instabilité de certaines masses d'air près du sol rend possible la naissance de nuages convectifs pouvant évoluer en des orages (à caractère faible surtout au flanc des montagnes) malgré la faiblesse de la mousson.

Après la mise en place de la mousson :

- entre 100km et 150 km au sud du FIT, la mousson est peu profonde avec la possibilité de naissance de nuages cumuliformes d'extension moyenne pouvant précipiter par endroit (généralement sur les flancs des montagnes) ;
- entre 200 à 400km au sud du FIT, en pleine zone de convergence intertropicale (ZCIT), la mousson est profonde et tout le processus dynamique est en place (la mousson, le jet est africain, le jet est tropical, les ondes d'est) ce qui aboutit à une forte convergence des vents en surface et une divergence des vents en altitude, donc à une bonne convection donnant naissance à de puissants nuages convectifs : des cumulonimbus isolés ou organisés en lignes de grains responsables d'importantes quantités de précipitation dans la région. En arrière de ces systèmes, il y a des nuages stratiformes responsables des précipitations moyennes mais qui durent dans le temps.

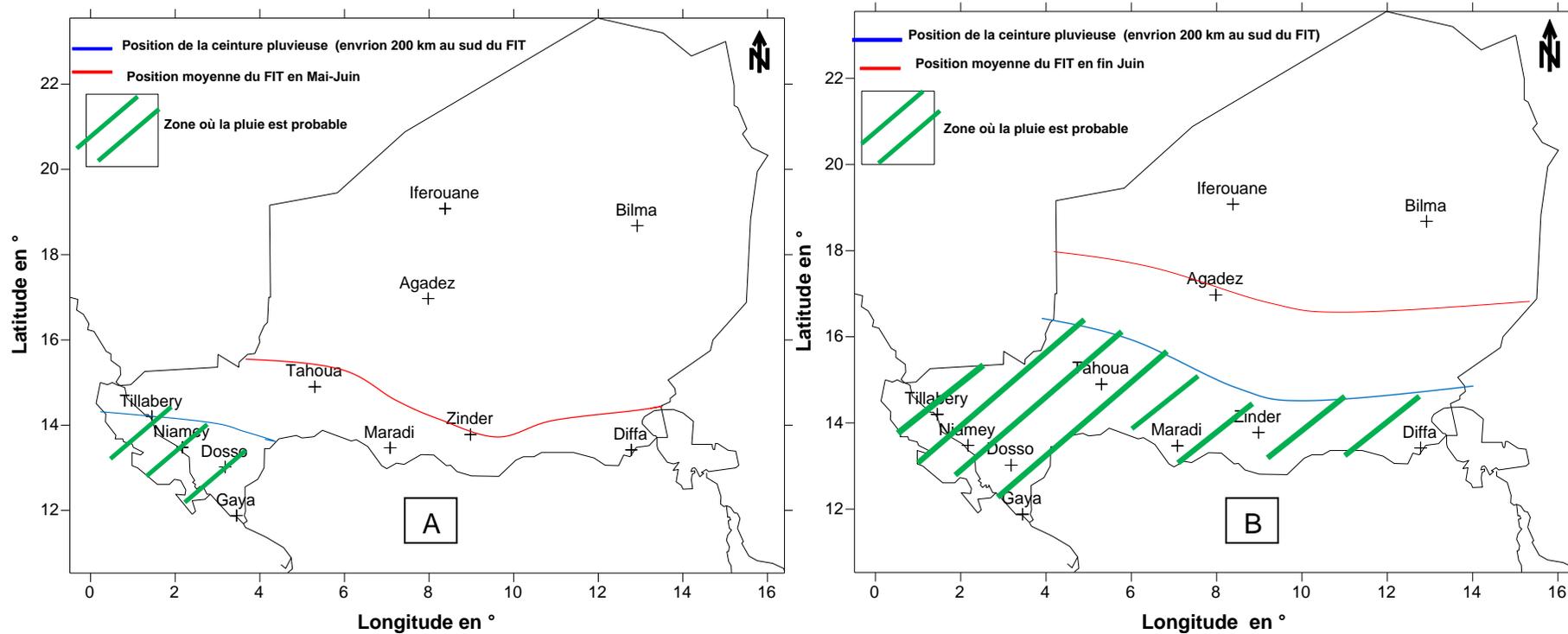


Figure 17 : Position moyenne du FIT en mai-juin et les zones susceptibles de recevoir des précipitations en fin avril et mai; B) Position moyenne du FIT en fin juin et les zones (en rayé vert) susceptibles de recevoir des précipitations en juin

4.1.2 Régionalisation des données pluviométrique

L'application des ACP sur les moyennes annuelles de pluie et ses variables dérivées (écart-type, longueur de saison et nombre de jours de pluie) des 49 stations sur la période 1961 à 2010, a permis de regrouper les stations en 8 régions distinctes. Trois (3) d'entre elles (régions 1, 7 et 8) se caractérisent par une continuité spatiale, et 5 (régions 2 à 6) par une discontinuité spatiale (Figure 18). Cette discontinuité spatiale justifie pourquoi nous avons préféré le terme de groupe au terme de région dans la suite de nos analyses.

La première station de chaque groupe représente la station leader (Tableau 7)

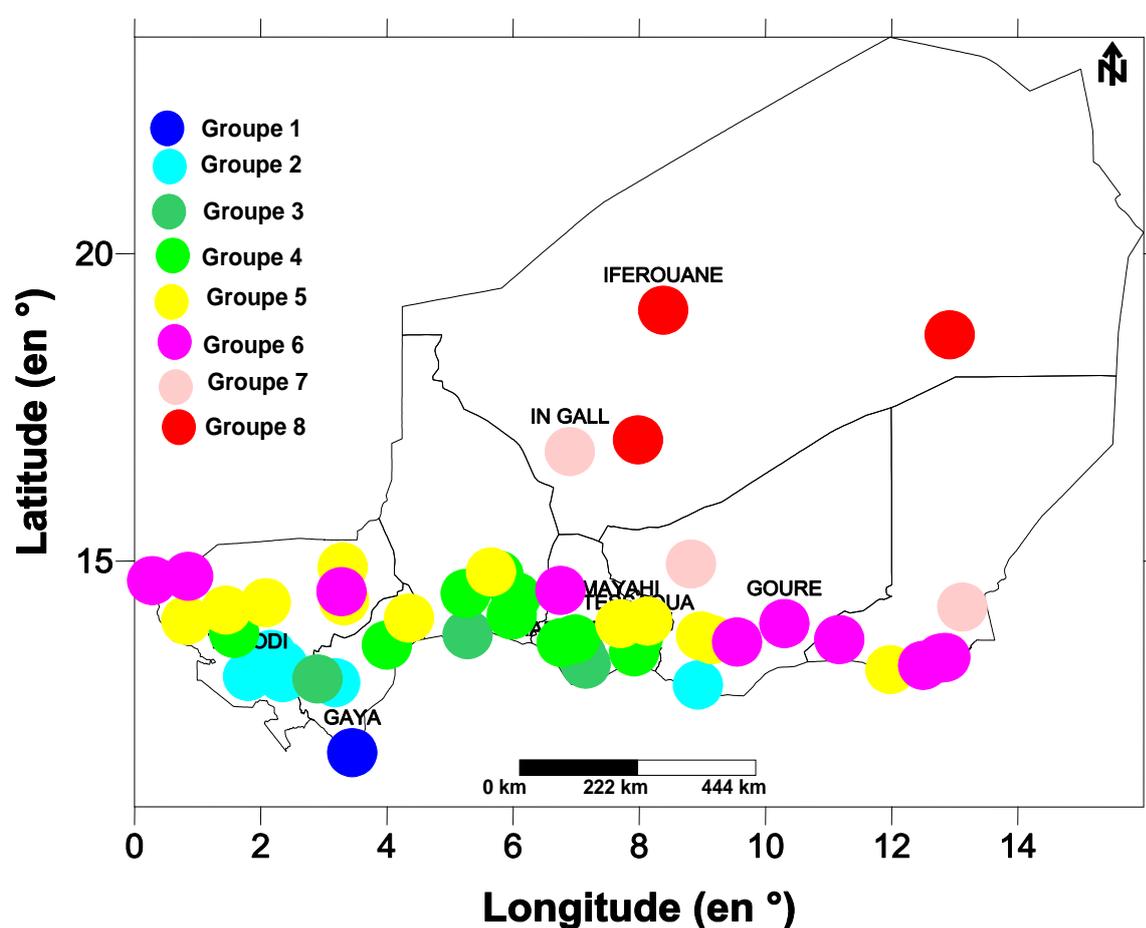


Figure 18 : Position des stations des groupes

Tableau 7 : Répartition des stations suivant les groupes

Groupe 1	Gaya
Groupe 2	Torodi , Kollo, Say, Dosso, Niamey, Magaria
Groupe 3	Madarounfa , Birni N'konni, Maradi, Birni Gaouré
Groupe 4	Tessaoua , Illéla, Madaoua, Guidan Roumji, Chadakori, Gothèye, Bouza, Dogondoutchi, Gazaoua, Keita
Groupe 5	Mayahi , Dogonkiriya, Tillabéry, Maine Soroa, Zinder, Tera, Ouallam, Ourafane, Myrriah, Filingué, Tamaské, Tahoua
Groupe 6	Gouré , Diffa, Toukounous, Dolbel, Dakoro, Ayorou, Chétimarie, Guidimouni, Goudoumaria, Geuskérou
Groupe 7	Ingall , Nguigmi, Tanout
Groupe 8	Iférouane , Agadez, Bilma

4.1.3 Zonage pluviométrique du Niger

L'application des critères de zonage définis dans la méthodologie sur la normale 1981_2010 permet d'identifier trois zones climatiques avec des caractéristiques bien distinctes (Figure 19). Ce zonage reprend dans les grandes lignes celui de la DMN (CNEDD, 2006), en ce qu'il présente la zone sahélo soudanienne comme celle qui reçoit entre 600 et 800mm et qui représente environ 1% de la superficie totale du Niger. La zone sahélienne qui reçoit entre 150 et 600mm par an, représente environ 22% de la superficie. Dans le zonage de la DMN, cette zone est scindée en sahélo saharienne (150 à 300mm) et en sahélienne (300 à 600mm). La zone Saharienne et désertique couvre la majeure partie du pays (77%). Le cumul pluviométrique de cette zone est en dessous de 150mm par an.

Ce zonage classe 92% des stations utilisées dans la zone sahélienne. Ces résultats sont conformes à ceux de Charre (1973) en ce sens qu'on retrouve les mêmes zones avec pratiquement les mêmes stations (nous avons utilisés plus de station (49 stations) que Charre (22 stations)).

Ainsi, la Figure 19 intègre les 8 groupes de la régionalisation: le groupe 1 se trouve dans la zone sahélo soudanienne ; le groupe 8 dans la zone saharienne et enfin la zone sahélienne se décompose en 6 groupes (du groupe 2 au groupe 7) ayant des caractéristiques bien distinctes (Tableau 8).

Tableau 8 : Caractéristiques des zones climatiques sur la période 1961_2010

Zone	Groupe	Cumul 61_10 (mm)	Ecart type	Nombre de jour de pluie	Longueur de la saison (j)
Sahélo soudanienne	1	808,0	131,0	54	130
Sahélienne	2	561,0	136,1	38	103
	3	518,4	110,2	37	99
	4	438,2	122,7	33	88
	5	404,1	107,0	31	82
	6	314,4	102,2	24	70
	7	204,1	77,6	21	48
saharienne	8	65,3	33,0	9	17

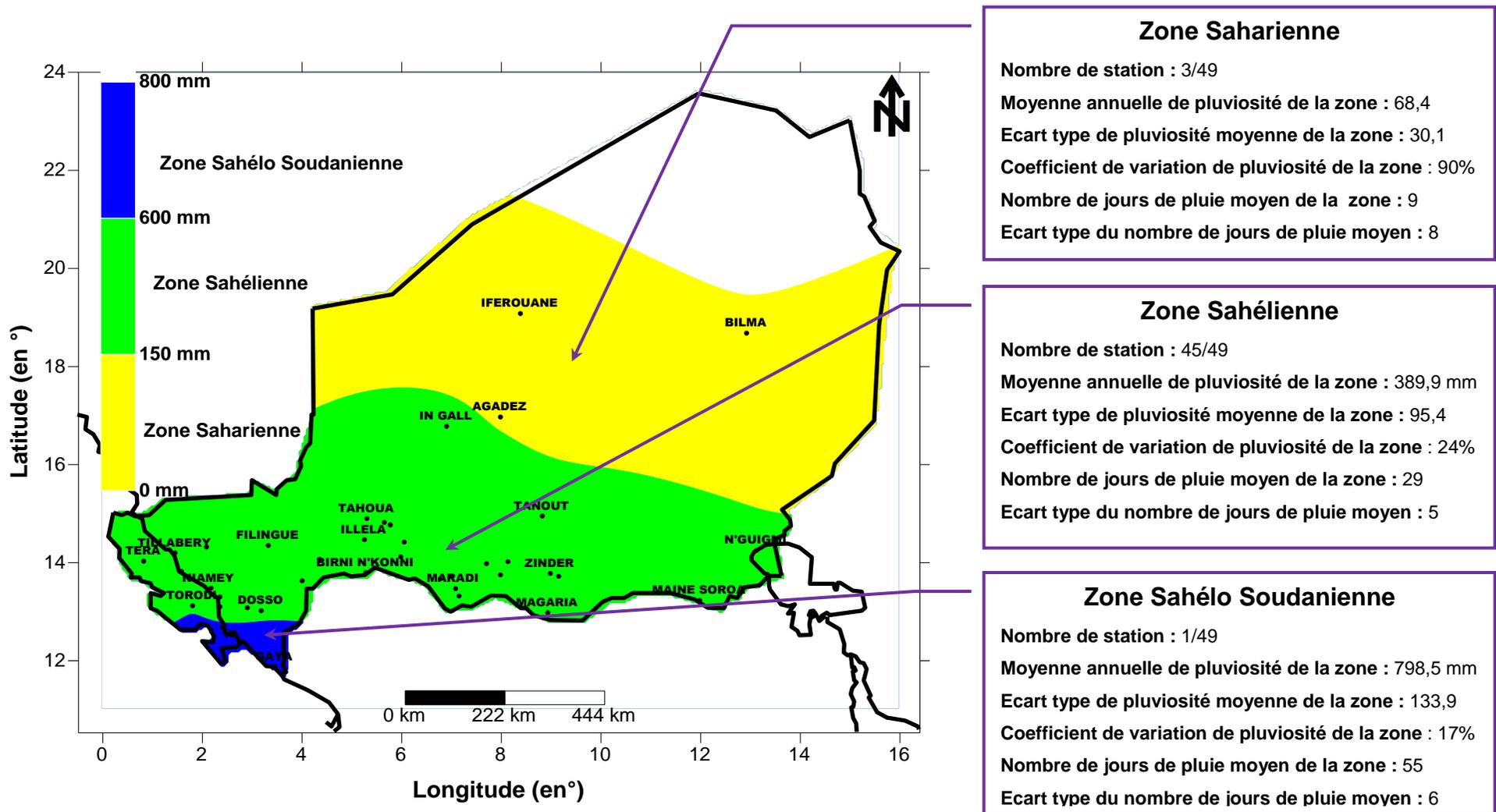


Figure 19 : Zones climatiques du Niger selon la normale pluviométrique 1981_2010.

4.1.4 Comparaison des normales de pluviosité 1961_1990, 1971_2000 et 1981_2010

La comparaison (Figure 20A) des isohyètes 600, 300 et 150mm (les limites des 3 zones climatiques) des normales 71_00 et 81_10 par rapport à la normale de référence 61_90 montre que :

- les isohyètes de la normale 71_00 ont reculé vers le sud. Par endroit (Nord Ouallam, Tahoua, Dakoro, Mainé Soroa), l'isohyète 300mm a reculé de plus 100 km ;
- les isohyètes de la normale 81_10 ont entamé une remontée vers le nord dépassant même par endroit la normale 61_90. Les zones de forte remontée (plus de 100km) sont : la zone Nord de Mainé Soroa pour l'isohyète 300mm, et la zone Sud-Ouest d'Agadez pour l'isohyète 150mm.

La comparaison (Figure 20B) de l'isohyète 200mm (considérée dans ce travail comme la limite minimale pour produire le mil) des normales 61_90, 71_00 et 81_10 montre :

- une remontée de l'isohyète 200 mm par rapport à 71_00 ;
- une remontée d'environ 50 km aux alentours d'Ingall par rapport à la normale 61_90 ; ailleurs les deux normales (61_90 et 81_10) sont équivalentes.

Plusieurs études ont décrit ces tendances de déclin et de retour à des années de meilleures pluviométries au Sahel (Adger et *al.*, 2004 ; Lepage et *al.*, 2007 ; CGIAR, 2009 ; Ali et Lebel, 2008 Ali et Lebel, 2008). Ces résultats actualisent et confirment ces recherches à l'échelle du Niger.

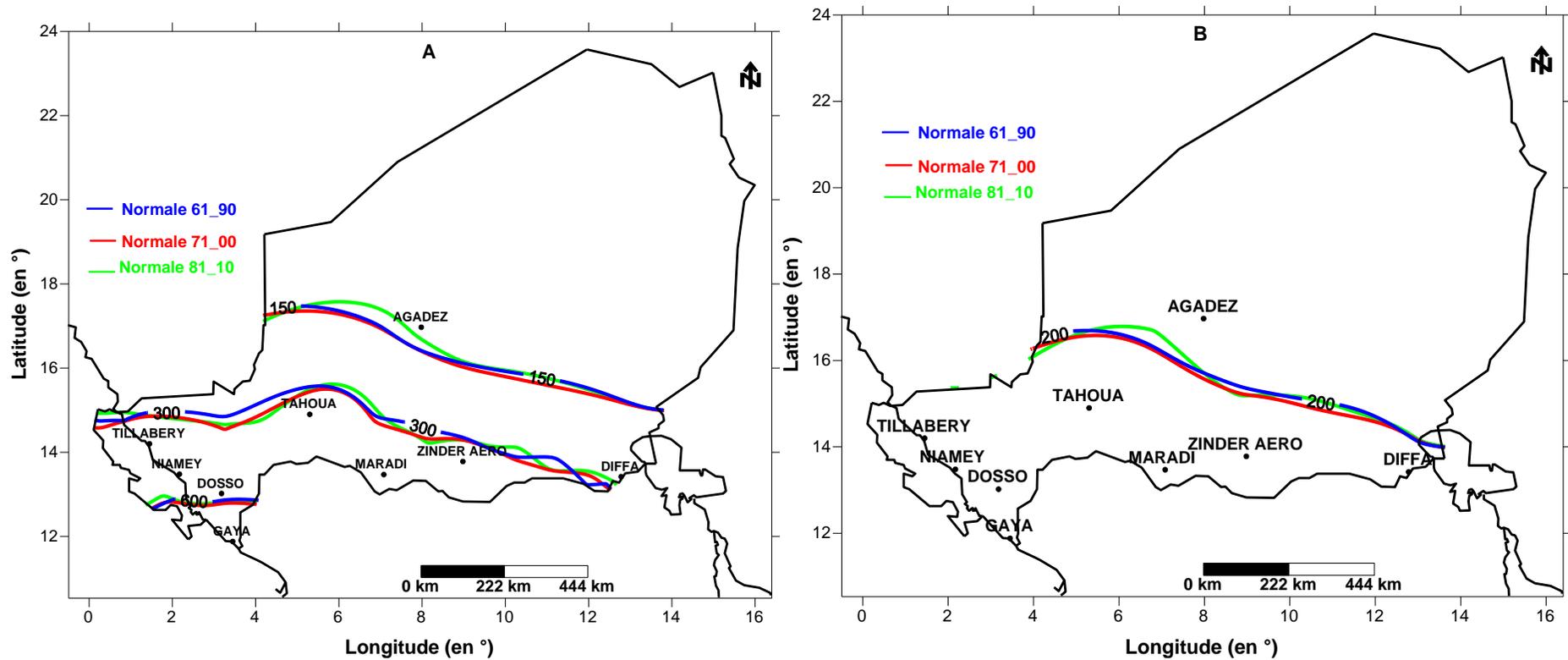


Figure 20 : A) Superposition des trois dernières normales de pluviosité (61_90; 71_00; 81_10) sur la carte du Niger ; B) Superposition de l'isohyète 200 mm des trois dernières normales (61_90; 91_00; 81_10) sur la carte du Niger

4.1.5 Analyse de la pluviosité annuelle suivant les zones climatiques

4.1.5.1 Zone Sahélo soudanienne

Cette zone est composée uniquement du groupe 1. Sur la période 1961-2010, le coefficient de variation de la zone est de 16%, avec une moyenne de 808 mm et un écart-type de 130,6 mm. La tendance linéaire de la zone est légèrement en hausse bien que non significative (p -value = 0,7646). Depuis 2005, cette zone se caractérise par un retour quantitatif de la pluviosité sans pour autant atteindre celle des années 60 (Figure 21A). La moyenne décennale est peu variable. La décennie 80 est la moins pluvieuse de la série (Figure 21B).

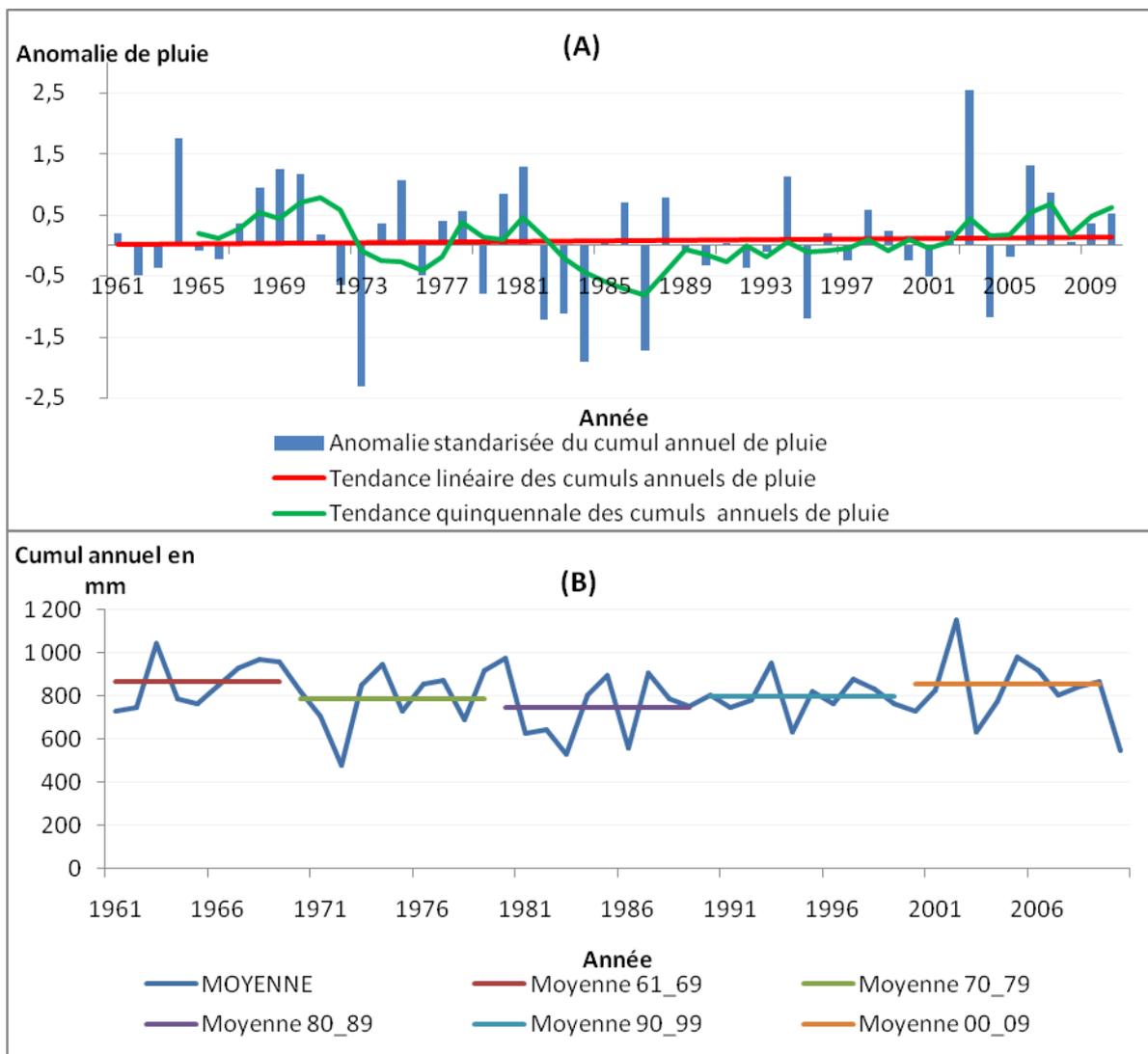


Figure 21 : A) Anomalie standardisée de pluie de la zone sahélo soudanienne ; B) Evolution décennale de la pluviosité de la zone sahélo-soudanienne.

4.1.5.2 Zone Sahélienne

Cette zone, regroupe 45 stations subdivisées en 6 groupes. Sur la période 1961-2010, le coefficient de variation moyen de la zone est de 19% avec une variabilité croissante en allant du sud vers le nord. La moyenne est de 401,3 mm avec un écart-type de 74,2 mm. La décennie 80 est la plus sèche de toutes les décennies et de tous les groupes. La tendance globale de la zone est à la baisse avec un p-value (0,5653) non significatif.

L'analyse des données d'enquête (la totalité des sites d'enquêtes étant dans la zone sahélienne) confirme ces tendances. En effet, les enquêtés sont unanimes (100%) sur la baisse de la pluviosité annuelle et le caractère localisé des évènements pluvieux, alors qu'auparavant les pluies étaient généralisées (touchent la quasi-totalité de la région).

L'analyse des tendances linéaires des cumuls annuels des différents groupes permet de les classer en deux catégories : la catégorie des groupes à tendance linéaire à la baisse c'est-à-dire les groupes 2, 3, 4, 5, et la catégorie à tendance nulle à légèrement en hausse à savoir les groupes 6 et 7.

Pour la première catégorie, des meilleures conditions pluviométriques se sont réinstallées au cours de la décennie 2000. Cependant, il y a des disparités entre les groupes.

Ainsi, pour le groupe 2, au cours de la décennie 2000, il apparaît une faible variabilité au tour de la normale 61_90 et une alternance rapprochée entre année sèche et année humide (Figure 22 A). Il faut également noter une forte variabilité inter décennale dans ce groupe (Figure 22 B).

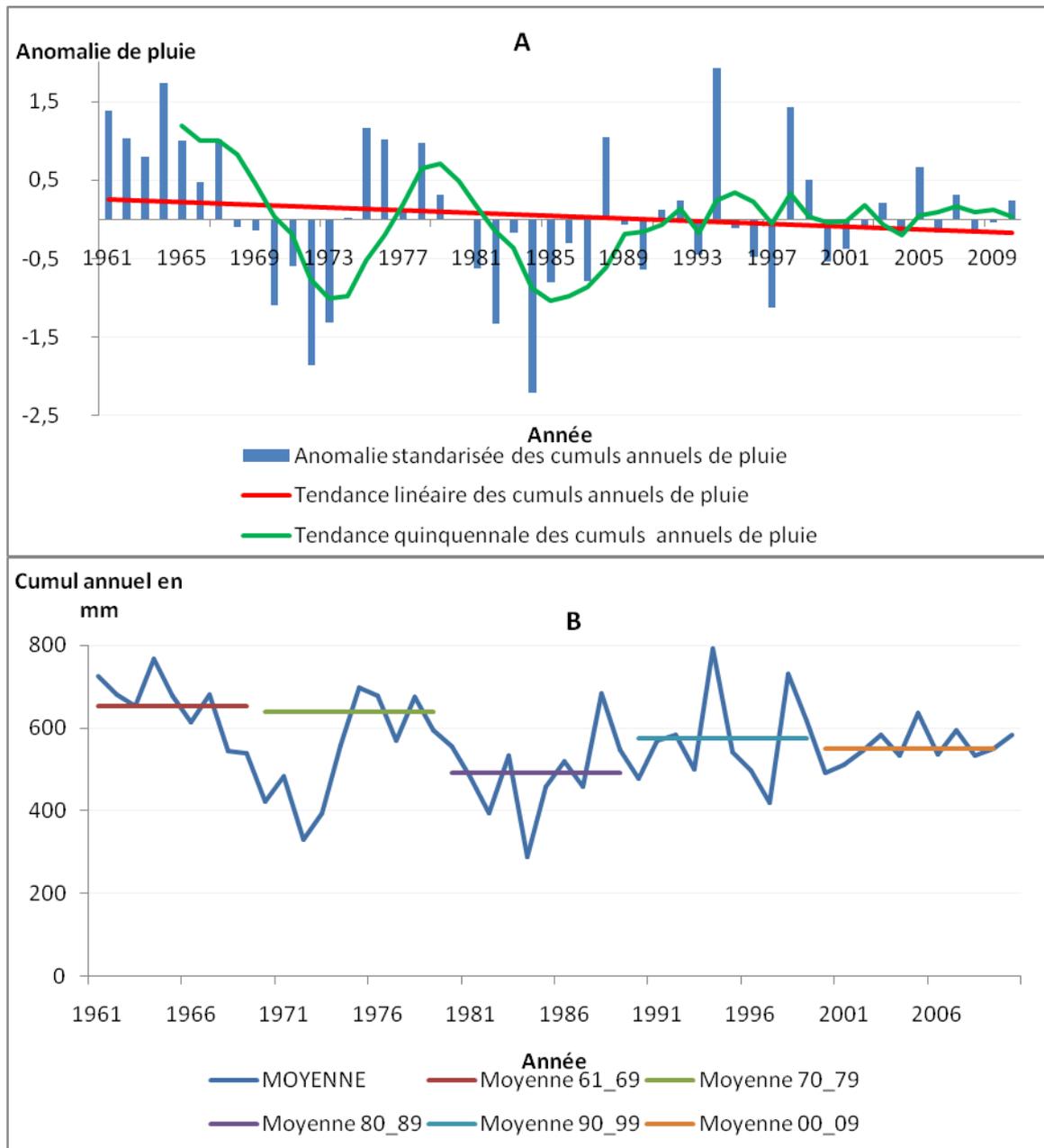


Figure 22 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 2 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 2 de la zone sahélienne

Les groupes 3 et 4 se caractérisent par une augmentation d'années consécutivement humides au cours de la décennie 2000 (Figure 23A ; Figure 24A). La variabilité inter décennale est moins forte que celle du groupe 2 de la même zone (Figure 23B ; Figure 24B)

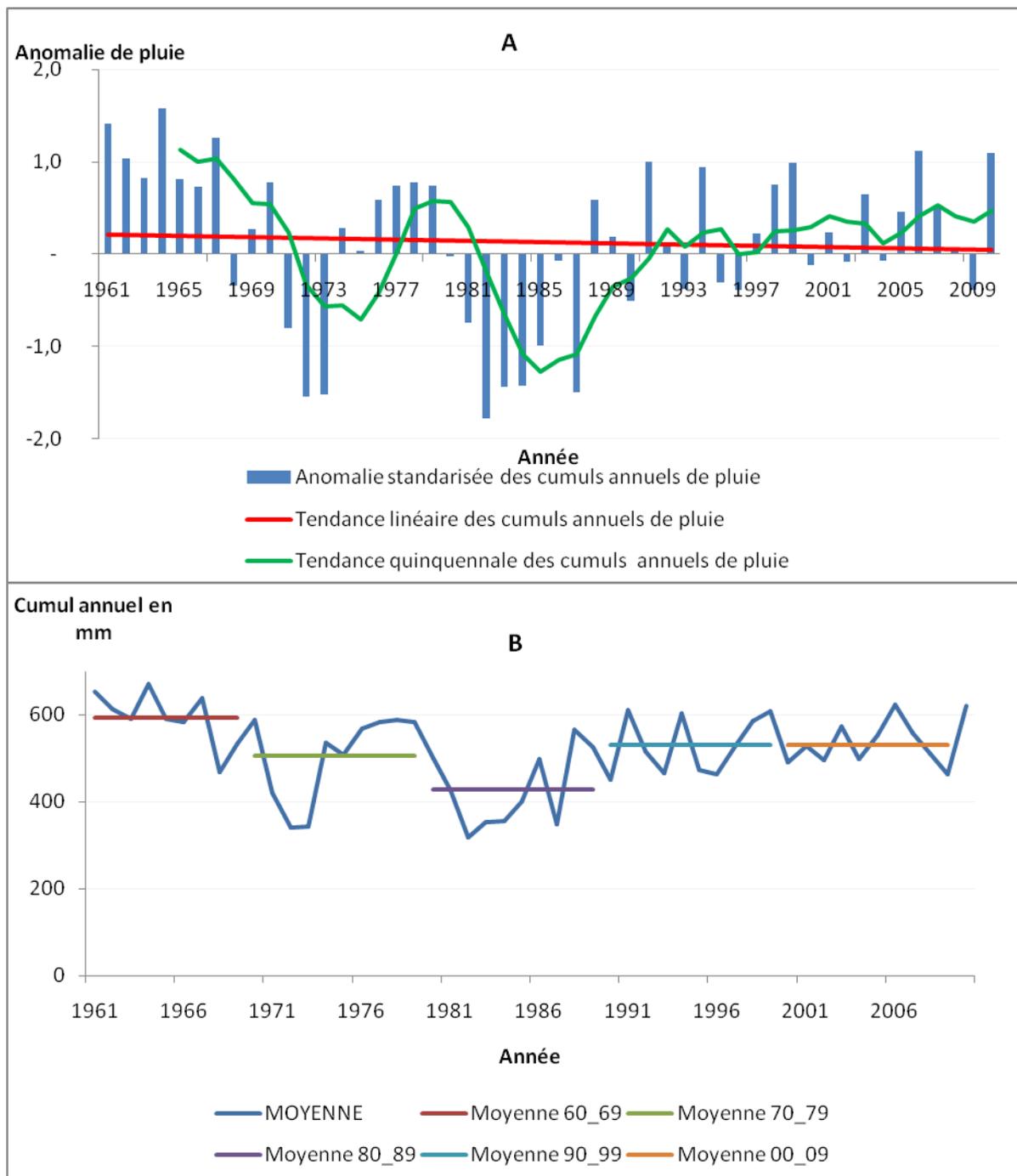


Figure 23 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 3 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 3 de la zone sahélienne.

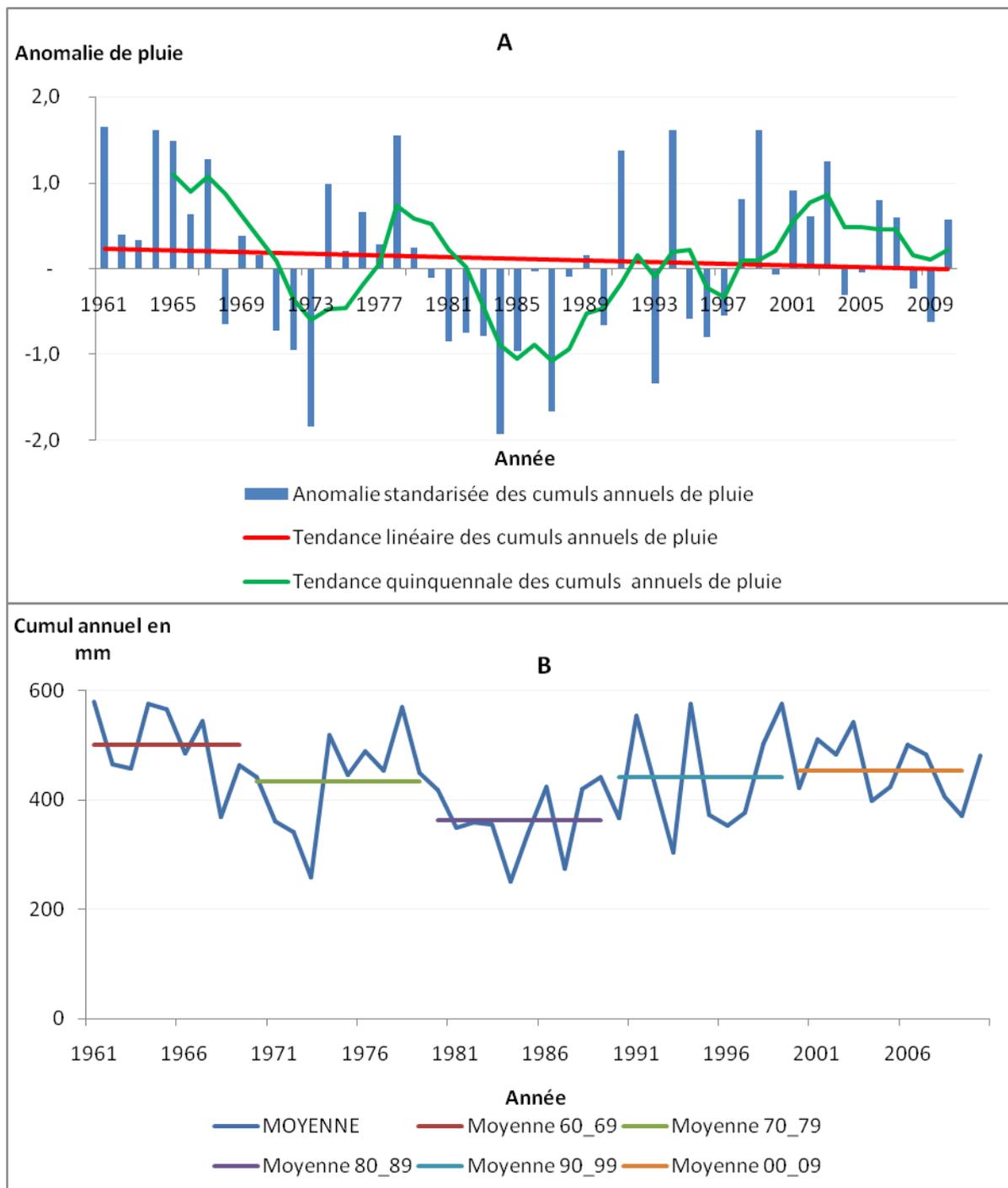


Figure 24 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 4 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 4.

Enfin, le dernier groupe de cette catégorie, le groupe 5 se caractérise au cours de la décennie 2000, par une alternance rapprochée entre année sèche et année humide (Figure 25A). Une baisse de la tendance quinquennale est visible à la fin de la décennie 2000. Une variabilité inter décennale est aussi remarquable (Figure 25B).

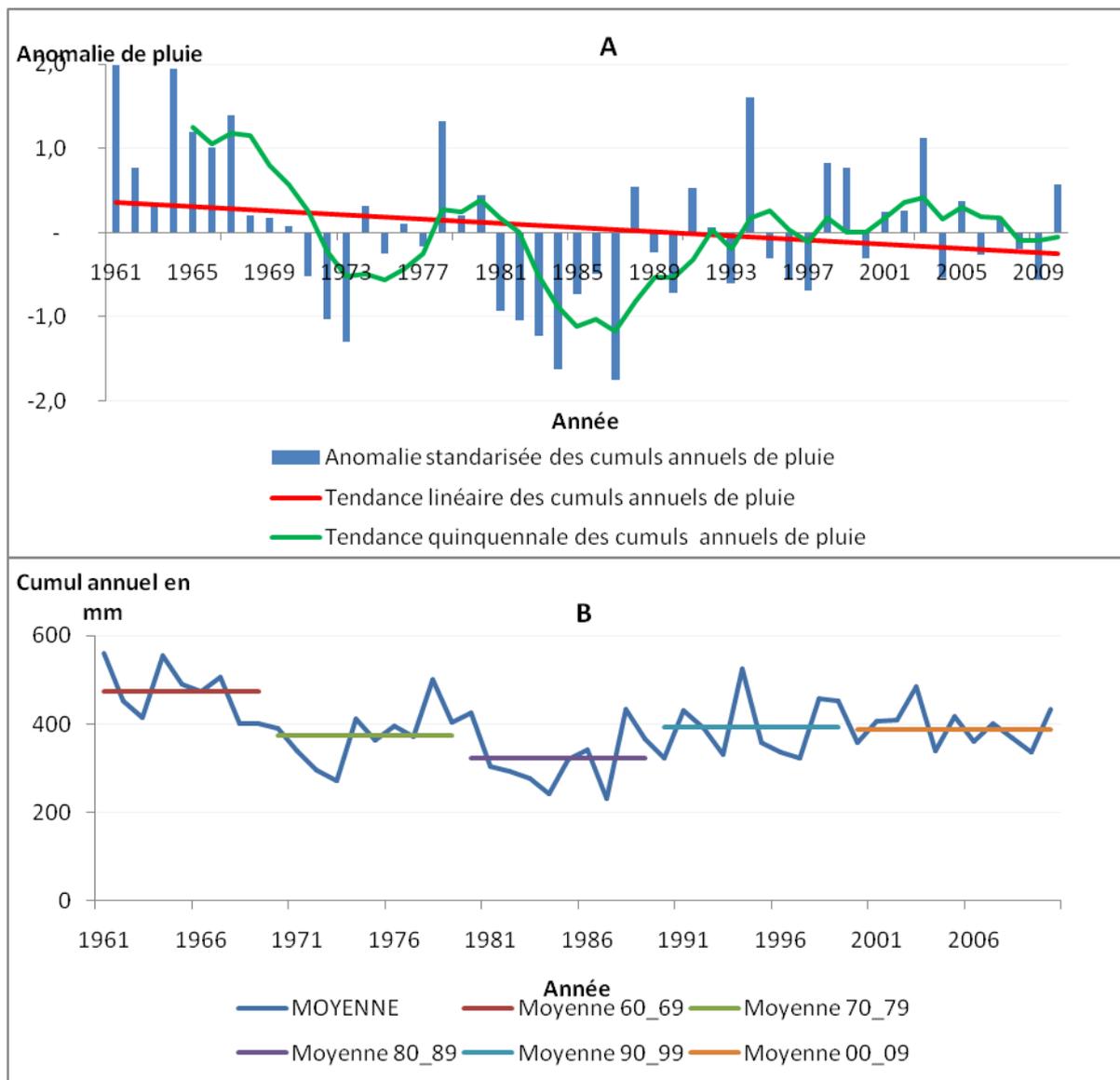


Figure 25 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 5 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennales des pluies du groupe 5 de la zone sahélienne

La deuxième catégorie constituée des groupes 6 et 7 se caractérise par une succession d'années très humides au cours de la décennie 2000 (Figure 26A ; Figure 27A). La pluviosité de ces groupes au cours de la décennie 2000 est quantitativement meilleure à celle de la décennie 60. Depuis la décennie 90, la moyenne décennale croît (Figure 26B ; Figure 27B).

Ces deux catégories montrent la pertinence du zonage de la DMN (CNEDD, 2006) qui a divisé la zone sahélienne en deux sous zones : la zone Sahélienne et la zone Sahélo saharienne.

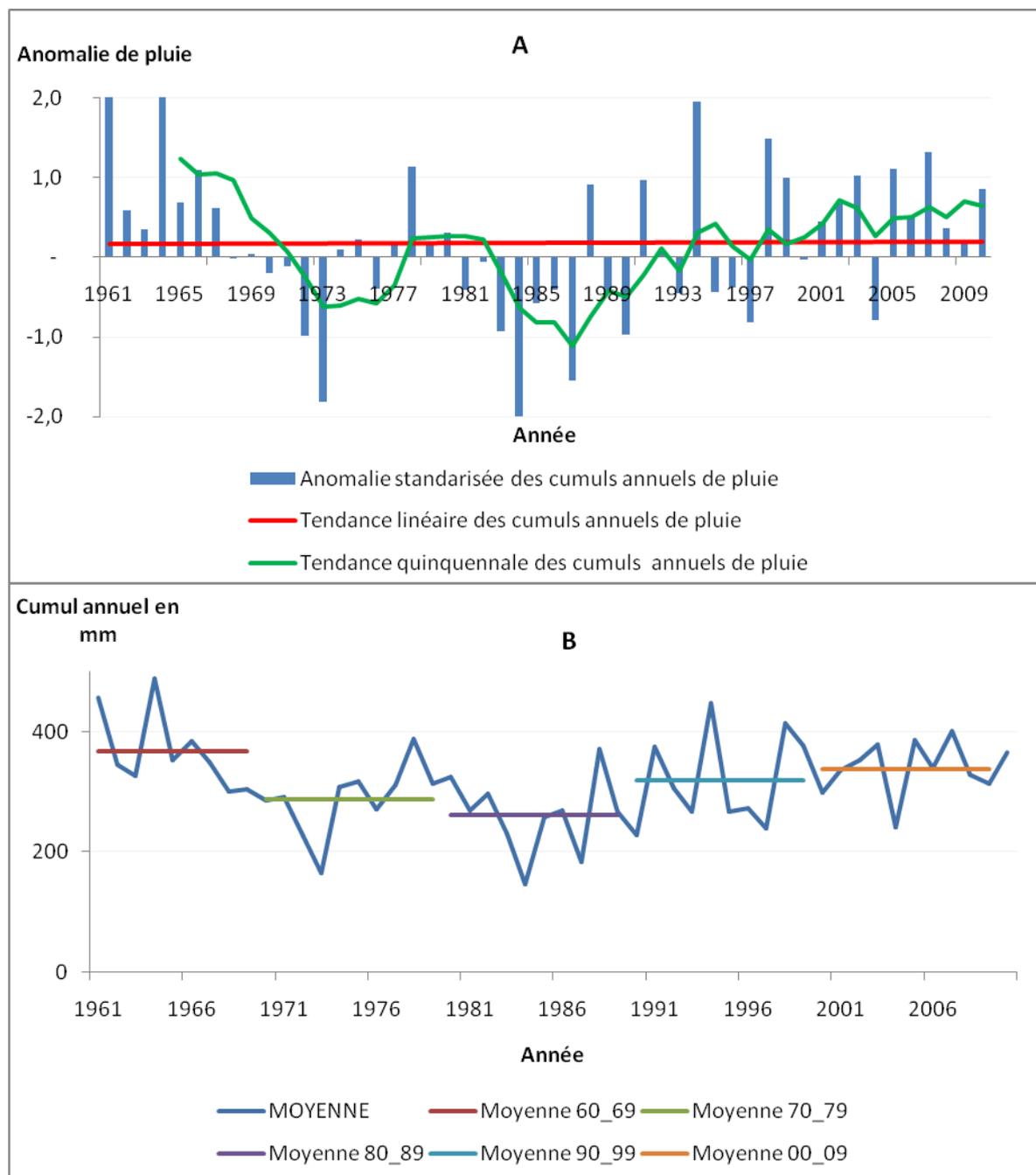


Figure 26 : A) Anomalie standardisée de pluie de Groupe 6 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 6 de la zone sahélienne

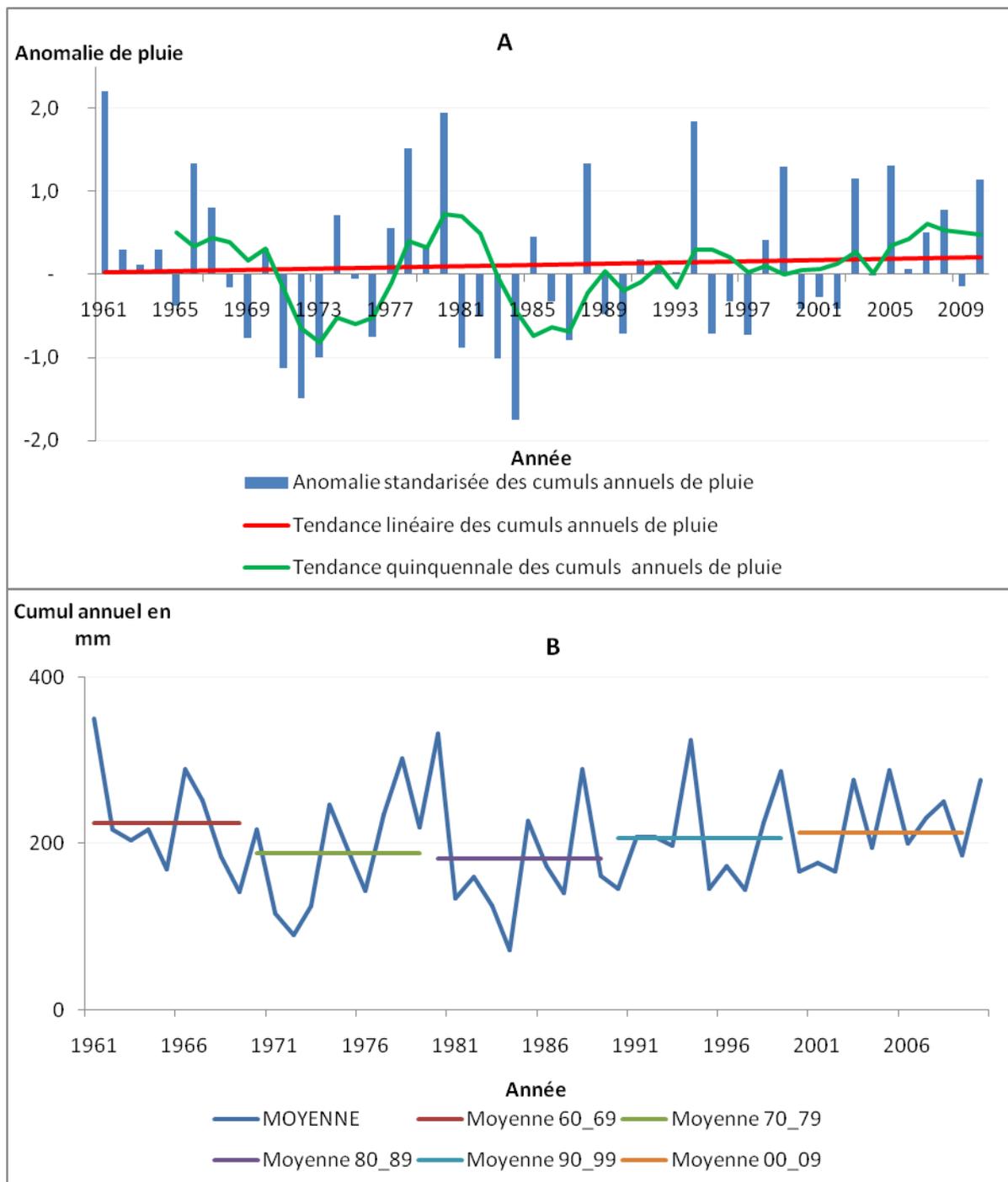


Figure 27 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 7 de la zone sahélienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 7 de la zone sahélienne

4.1.5.3 Zone Saharienne

Cette zone est aussi composée de l'unique groupe 8. Sur la période 1961-2010, la pluviosité de cette zone a un coefficient de variation de 42% avec une

moyenne de 65,4 mm, et un écart-type de 27,3 mm. La tendance linéaire de la pluviosité de la zone est en hausse mais cette hausse n'est pas significative (p -value = 0,0591). Quant à la tendance quinquennale, elle est en hausse depuis 1990 (Figure 28A). Globalement, depuis 1997, des conditions de pluviosité bien meilleures se sont réinstallées pour l'ensemble des stations de cette zone avec une tendance à la hausse du cumul annuel. La pluviosité de cette période est bien meilleure que celle des années 1960. Depuis la décennie 80, la moyenne décennale est en hausse (Figure 28B)

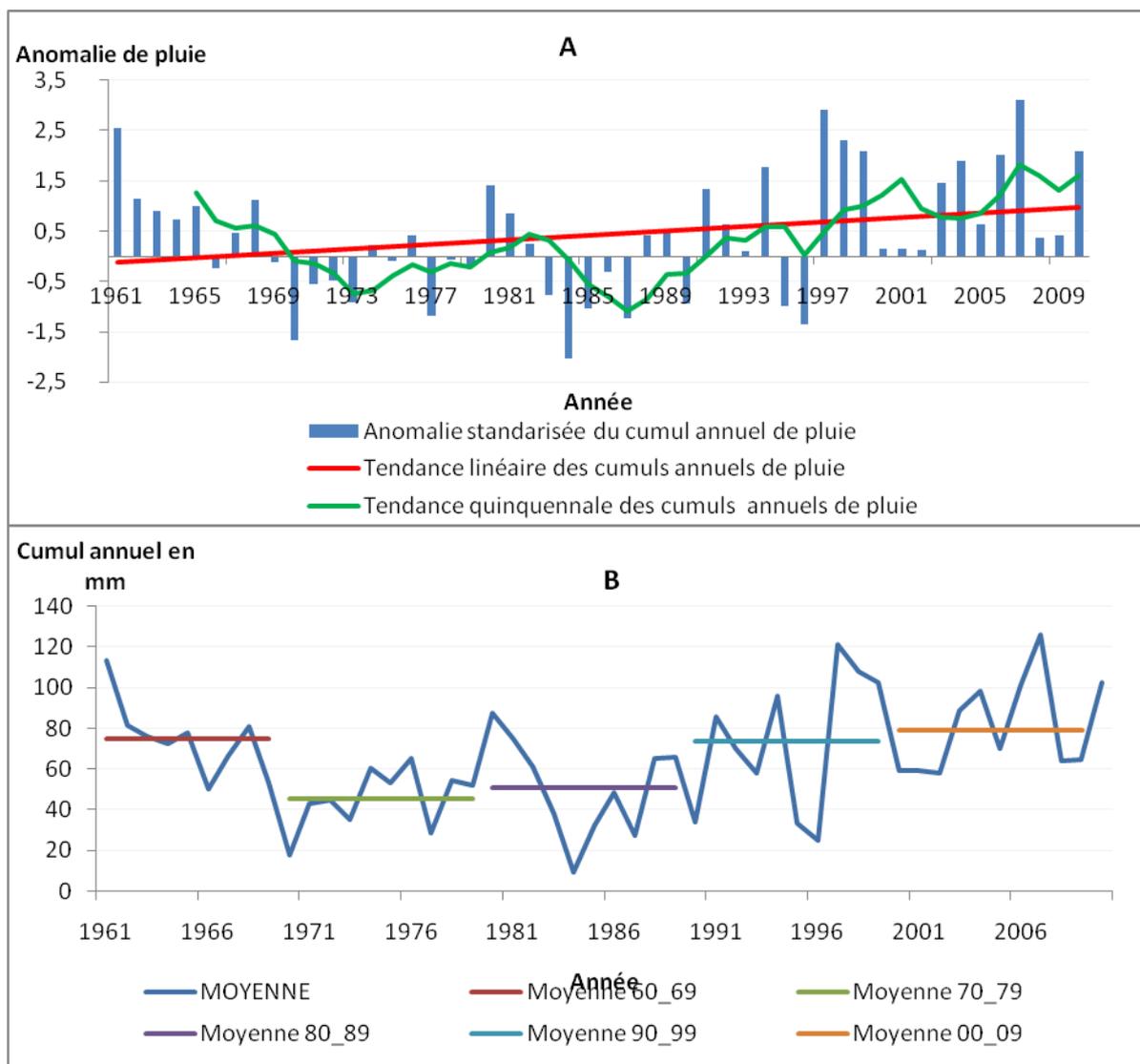


Figure 28 : A) Anomalie standardisée de pluie du groupe 8 de la zone saharienne ; B) Evolution décennale des pluies du groupe 8 de la zone saharienne

Ces résultats sont conformes aux conclusions de Lepage et *al.* (2007) qui indiquent qu'au Sahel, la période 1961_1990 représente l'exemple de variabilité et de déclin les plus intenses en termes de précipitations ; la moyenne des précipitations a été de 25% plus sèche que les décennies précédentes.

Le Tableau 9 résume les risques climatiques identifiés. Pour la zone sahélienne, dans tous les tableaux de risque climatique qui vont suivre, les risques seront présentés suivant l'étude des données climatiques et suivant la perception des personnes enquêtées. En rappel, les enquêtes se sont déroulées dans la région de Tillabéry qui est située dans la zone sahélienne.

Tableau 9 : Risques climatiques identifiés par l'étude des cumuls annuels suivant les zones

Zone		Risque climatique	Conséquences sur le mil et le sorgho
Sahélo soudanienne		<ul style="list-style-type: none"> • Retour quantitatif de la pluviosité (statistiquement non significatif) 	<ul style="list-style-type: none"> • inondation
Sahélienne	Etude des données	<ul style="list-style-type: none"> • Tendance globale à la baisse de la pluviosité (non significative statistiquement) • Variabilité inter décennale • Alternance rapprochée années humides et années sèches (groupe 3 et 4) • Retour quantitatif de la pluviosité (groupes 6 et 7) risque d'inondation 	<ul style="list-style-type: none"> • Stress hydrique <p>pas de planification agricole</p> <p>inondation</p>
	Perception paysanne	<ul style="list-style-type: none"> • Tendance à la baisse de la pluviosité • Caractère très localisé de la pluviosité 	<ul style="list-style-type: none"> • stress hydrique
Saharienne		<ul style="list-style-type: none"> • Retour quantitatif de la pluviosité (statistiquement non significatif) • Forte variabilité inter annuelle et inter décennale 	<ul style="list-style-type: none"> • inondation

4.1.6 Analyse du nombre de jour de pluie des 3 zones climatiques

La normale 81_10 du nombre de jours de pluie varie entre 2 jours à Bilma, et 54 jours à Gaya (Figure 29A). Sur la bande agricole du Niger (isohyète 200 mm et

plus), pour la moyenne 1981 _ 2010, le nombre de jours de pluie varie entre 21 à Nguiguimi et 54 jours à Gaya.

Par rapport à la normale de référence 61_90, la normale 81_10 se caractérise dans la zone soudanienne (station de Gaya), par une augmentation de + 2 jours de pluie ; dans la zone sahélienne, seule les stations à l'Est (Magaria, Myrriah, Diffa et Nguiguimi) connaissent une légère augmentation comprise entre 1 et 4 jours de pluie, ailleurs, toutes les stations accusent une baisse comprise entre -1 et -15 jours. Les stations qui ont connu les plus fortes baisses sont : Dogonkiria (-15jrs), Chadakori (-11jrs), Dogondoutchi, Gazaoua et Guidimouni (-6jrs) ; la zone saharienne, se caractérise par une augmentation du nombre de jour de pluie de +1 à Agadez, +2 à Iférouane.

La superposition de l'iso-nombre de jours de pluies 20 et 30 des trois dernières normales (Figure 29B) indique que, par rapport à la normale 61_90 :

- les normales 71_00 et 81_10 ont glissé vers le Sud ;
- la zone qui a connu le plus de recul (-100 km vers le Sud) est constituée de Filingué-Dogondoutchi-Birni N'konni-Tahoua.

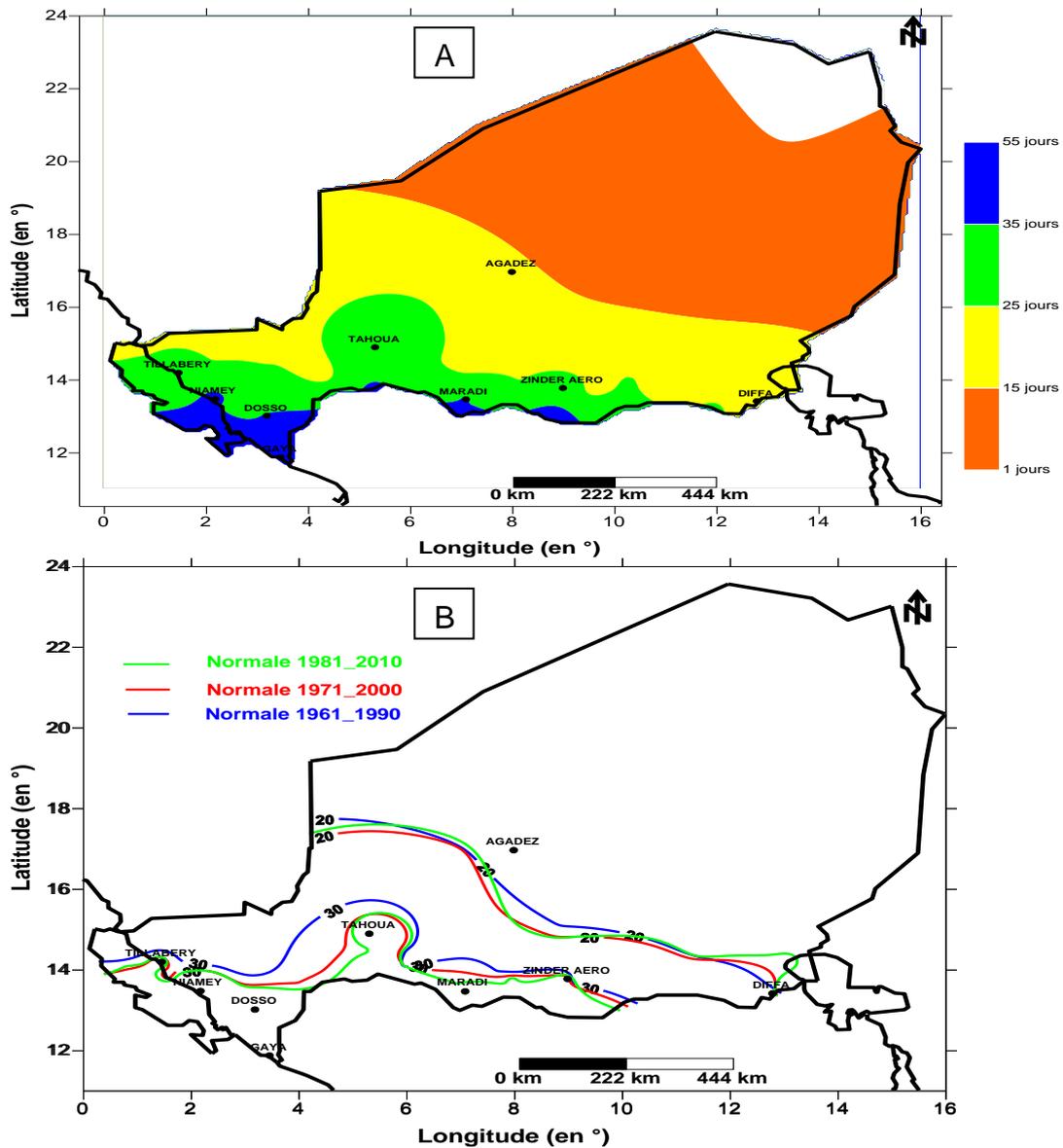


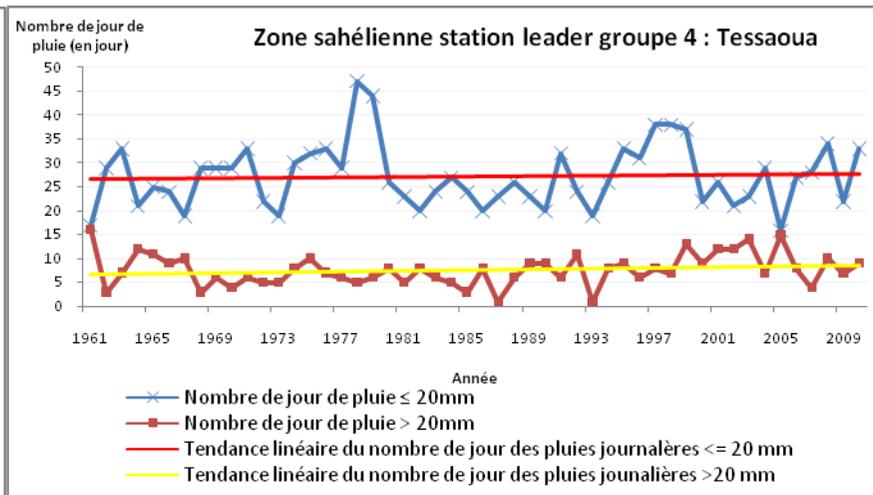
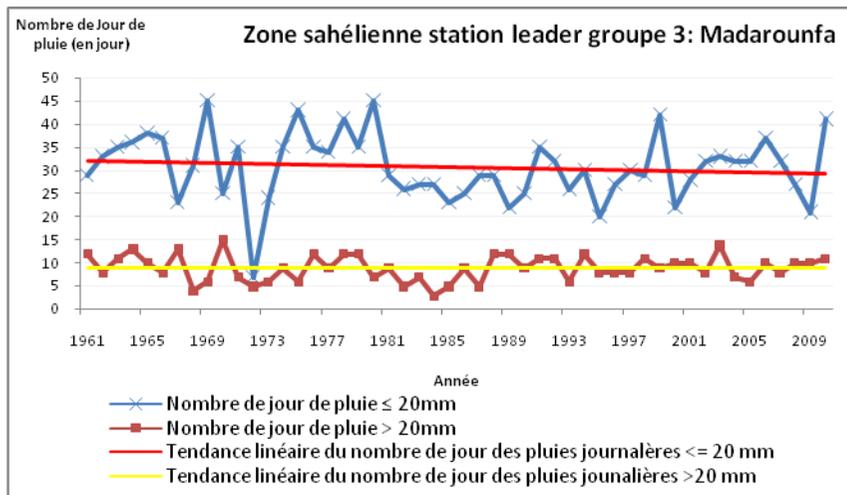
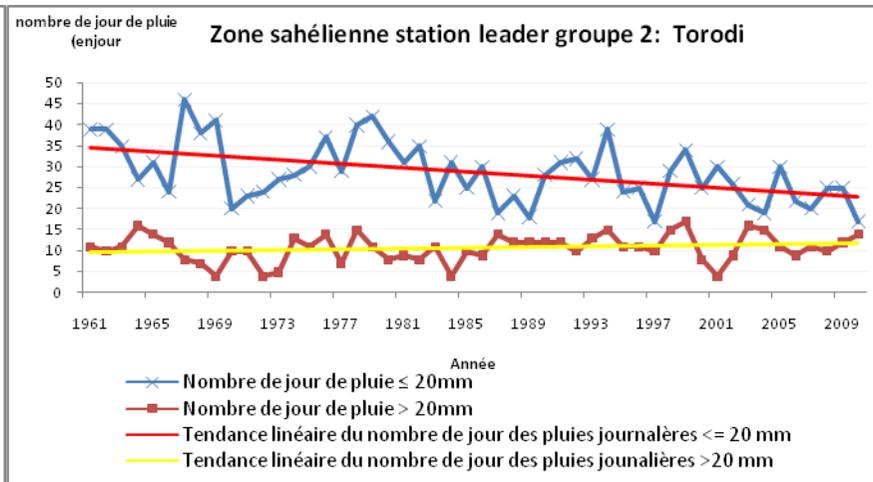
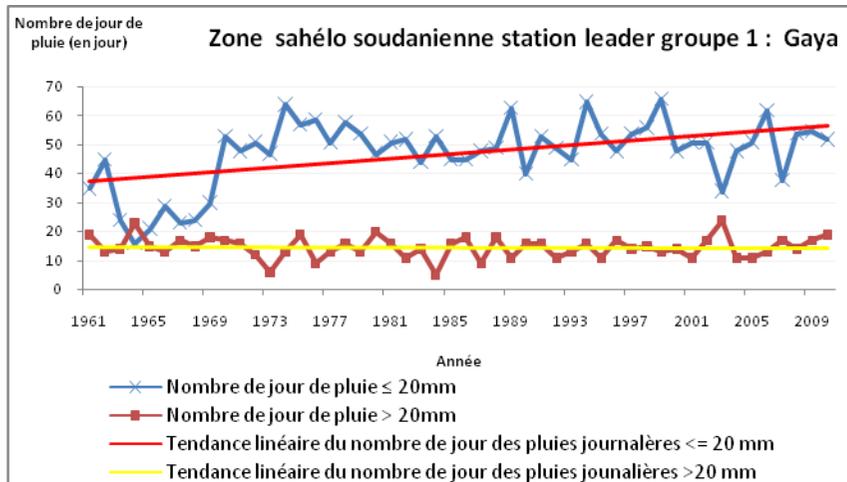
Figure 29 : A) Spatialisation de la normale du nombre de jours de pluie 81_10 ;
 B) Superposition des trois dernières normales.

La normale 81_10 du nombre de jours de pluie décomposée en nombre de jours des «Petites» ($\leq 20\text{mm}$) et «grandes» pluies ($>20\text{mm}$), et l'analyse de la contribution de ces pluies au cumul annuel suivant les zones climatiques, font ressortir que pour les zones Sahélo soudanienne et sahélienne, à l'exception du groupe 7 (en bordure de la zone saharienne), les pluies $> 20\text{mm}$ bien que peu nombreuses (entre 1 et 14), représentent plus de 55% du cumul annuel. Pour la zone saharienne (groupe 8) elles ne représentent que 23%. La contribution des pluies $\leq 20\text{mm}$ augmente en remontant les latitudes (Tableau 10).

Tableau 10 : Contribution du nombre des petites et grandes pluies à la normale 1981_2010

N° Groupe	Station leader	Normale 81_10					
		Cumul total		« Petite » pluie $\leq 20\text{mm}$		« Grande » pluie $>20\text{mm}$	
		Pluie (mm)	Nombre de jours total	% de contribution au cumul total	Nombre de jours	% de contribution au cumul total	Nombre de jours
1	Gaya	777,3	65	38	51	62	14
2	Torodi	577,0	37	35	26	65	11
3	Madarounfa	501,2	38	41	29	59	9
4	Tessaoua	424,5	34	38	26	62	8
5	Mayahi	371,1	30	42	24	58	6
6	Gouré	310,8	33	45	28	55	5
7	Ingall	192,0	26	63	24	37	2
8	Iférouane	58,2	12	77	11,6	23	0,4

La Figure 30 est une représentation graphique des petites et grandes pluies des stations leaders des 8 groupes identifiés par la régionalisation. L'analyse du test de significativité de Mann Kendall de tendance au seuil de 0,05, fait ressortir des disparités entre les zones climatiques.



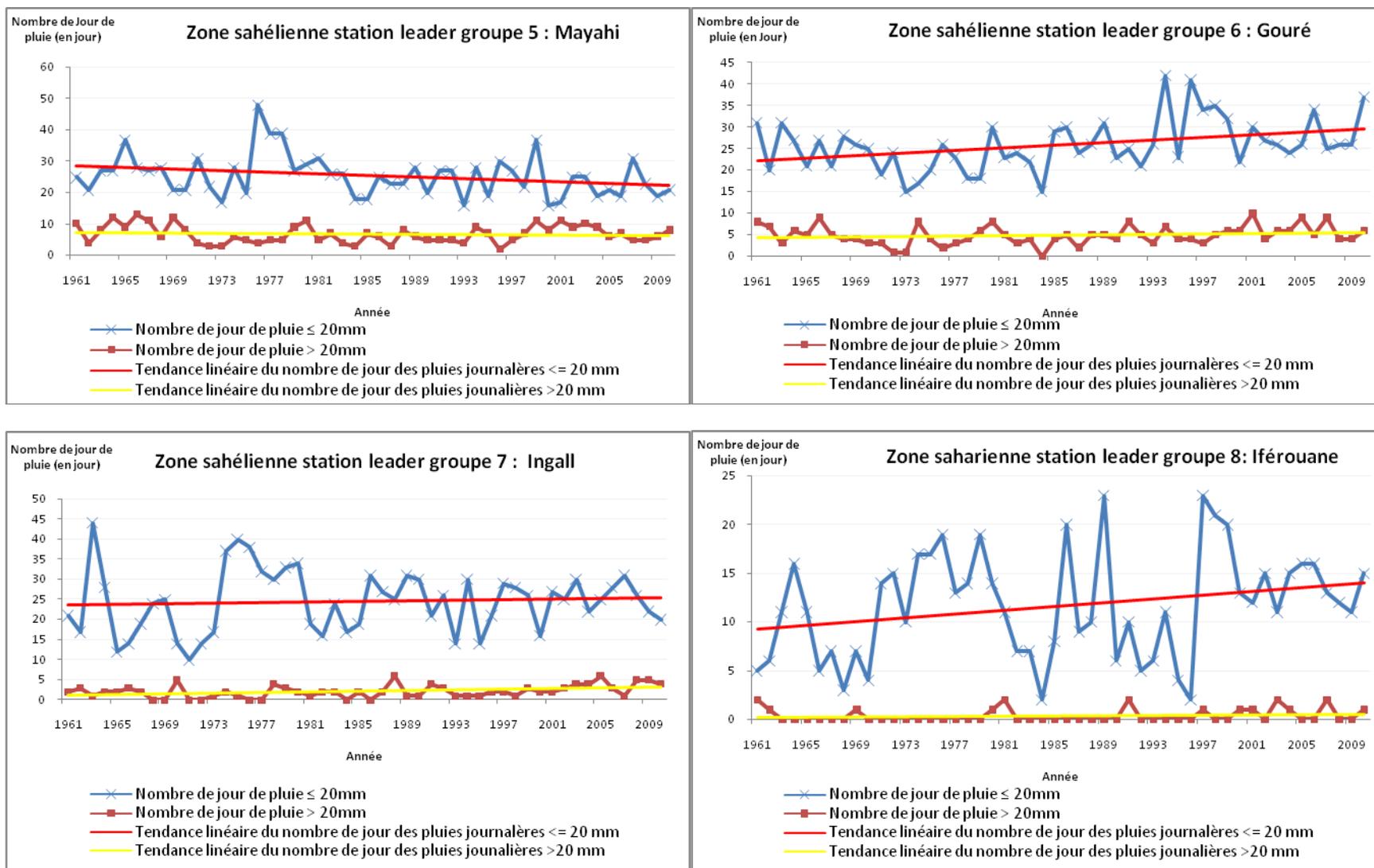


Figure 30 : Tendance du nombre de jours de pluie \leq et $>$ 20 mm des stations leaders des groupes

- **Dans la zone sahélo soudanienne**, les pluies $\leq 20\text{mm}$ ont une tendance à la hausse très significative ($p\text{-value} = 0$), tandis que les pluies $> 20\text{mm}$ ne présentent aucune tendance. Donc, le retour (quantitatif) de la pluviosité bien que non significatif pourrait être lié à la tendance à la hausse des petites pluies ($\leq 20\text{mm}$).
- **Dans la zone sahélienne**, les pluies $\leq 20\text{mm}$ ont une tendance à la baisse non significative ($p\text{-value} = 0,3646$) et les pluies $> 20\text{mm}$ ont une tendance à la hausse non significative ($p\text{-value} = 0,2112$). Donc, la tendance à la baisse (quantitative) de la pluviosité (non significative) pourrait être liée à la tendance à la baisse des petites pluies ($\leq 20\text{mm}$) car bien que le nombre de pluies $> 20\text{mm}$ est en hausse le cumul annuel de la zone est en baisse.

Les enquêtes effectuées dans la zone sahélienne ouest (région de Tillabéry) confirment d'une part, une unanimité sur la baisse du nombre de jours de pluie annuel et d'autre part, 98% des enquêtés affirment que le nombre des fortes pluies ($> 20\text{mm}$) est en baisse et le nombre des pluies faibles ($\leq 20\text{mm}$) est en hausse. Cette divergence de vue (comparativement aux données climatiques) sur le nombre de grosses et petites pluies pourrait s'expliquer par la nature des données analysées. Les données météorologiques sont des données quantitatives alors que les données d'enquête sont qualitatives.

Cependant, cette tendance globale noie des disparités entre les groupes. Ainsi, les pluies $\leq 20\text{mm}$ ont une tendance à la hausse très significative ($p\text{-value} = 0$) pour le groupe 6 et non significative pour le groupe 7 ($p\text{-value}=0,61$). Les groupes 2 et 5 ont une tendance à la baisse très significative ($p\text{-value} = 0$) et non significative pour le groupe 3 ($p\text{-value} = 0,43$). Les pluies $\leq 20\text{mm}$ ne présentent aucune tendance pour le groupe 4.

Les pluies $> 20\text{mm}$ présentent une tendance à la hausse significative pour le groupe 7 ($p\text{-value}=0,005$) et non significative pour les groupes 2 et 4 ($p\text{-value}=0,16$ et $0,22$), tandis les groupes 3, 5, 6 ne présentent aucune tendance.

- **Dans la zone saharienne**, les pluies $\leq 20\text{mm}$ ont une tendance à la hausse très significative pour le groupe 8 ($p\text{-value} = 0$), tandis que les pluies $> 20\text{mm}$ ne

présentent aucune tendance. Donc le retour (quantitatif) de la pluviométrie est lié à la tendance à la hausse significative des petites pluies (≤ 20 mm).

Ces tendances sont conformes aux prévisions du GIEC(2007) qui annonçaient une augmentation de la fréquence des phénomènes extrêmes (augmentation, diminution des pluies fortes et/ou faibles) de par le monde.

En définitif, le Tableau 11 récapitule les risques climatiques des tendances du nombre de jours de pluie. Dans la zone sahélo soudanienne et saharienne ce tableau fait ressortir une tendance à l'augmentation du nombre de jours de pluie annuel. Par contre dans la zone sahélienne la tendance est à la baisse.

Tableau 11 : Risques liés aux nombres de jours de pluie

Zone		Risques climatiques	Conséquences sur le mil et le sorgho
Sahélo soudanienne		<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du nombre de jours de pluie avec une : <ul style="list-style-type: none"> ○ augmentation du nombre de jours de pluie ≤ 20 mm (statistiquement non significatif) ○ tendance neutre pour le nombre de jours de pluie > 20 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • augmentation de la qualité de la saison
Sahélienne	Etude des données	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse du nombre de jours de pluie avec une : <ul style="list-style-type: none"> ○ baisse du nombre de jours de pluie ≤ 20 mm (statistiquement non significatif) ○ augmentation du nombre de jours de pluie > 20 mm (statistiquement non significatif) 	<ul style="list-style-type: none"> • baisse de la qualité de la saison
	Perception paysanne	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse du nombre de jours de pluie avec une : <ul style="list-style-type: none"> ○ augmentation du nombre de jours de pluie d'environ 20 mm ○ baisse du nombre de jours de pluie > 20 mm (estimée) 	<ul style="list-style-type: none"> • baisse de la qualité de la saison
Saharienne		<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du nombre de jours de pluie avec une : <ul style="list-style-type: none"> ○ augmentation du nombre de jours de pluie ≤ 20 mm (statistiquement non significatif) ○ tendance neutre pour le nombre de jours de pluie > 20 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • augmentation des inondations

4.1.7 Maximum cumulé en un jour

Le maximum de pluie cumulé en un jour varie suivant les zones climatiques.

Dans la zone sahélo soudanienne, la tendance de ce maximum est à la hausse. Cependant, cette hausse est statistiquement non significative (Tableau 12). Sur la période 1961-2010 la pluviosité maximale varie entre 33,8 et 98,8 mm.

Dans la zone sahélienne, la tendance globale du maximum de la zone est statistiquement légèrement en hausse mais non significative. Sur la période 1961-2010 la pluviosité maximale de cette zone varie entre 6 et 114,6 mm (Tableau 12). 98% des personnes enquêtées dans l'ouest de cette zone affirment que la fréquence des pluies maximales, a diminué mais les quantités maximales ont augmenté. Régulièrement, les enquêtés ont répété «les grosses pluies sont rares de nos jours, mais quand elles tombent, la quantité est énorme et cause beaucoup de dégâts».

La zone saharienne présente une forte variabilité du maximum de pluie cumulée en un jour (Tableau 12). La tendance du maximum dans cette zone est à la hausse. Cependant, cette hausse est statistiquement non significative (Tableau 12). Sur la période 1961-2010 la pluviosité maximale varie entre 1,6 et 45,0 mm

Tableau 12 : Caractéristique des maximums de pluies cumulés en un jour dans les différentes zones climatiques

Zone	Groupe	Maxi (mm)	Mini (mm)	Ecart type	Coeff de variation	Tendance	p-value
Sahélo soudanienne	1	98,8	33,8	15,0	24	Hausse	0,3374
Sahélienne	2	110,8	32,0	17,0	28	Légère hausse	0,5606
	3	106,6	26,5	18,0	31	Légère Baisse	0,5410
	4	114,6	22,3	19,0	37	Neutre	0,9952
	5	77,0	29,4	14,0	27	Neutre	0,9286
	6	108,2	19,1	18,0	37	Neutre	0,9376
	7	57,0	6,0	11,0	36	Hausse	0,0713
Saharienne	8	45,0	1,6	11,4	67	Hausse	0,2244

Ces tendances sont conformes aux prévisions du GIEC(2007) qui annonçait une augmentation de la fréquence des phénomènes extrêmes de par le monde.

Le Tableau 13 présente les risques climatiques déduits de l'analyse des maximums de pluies cumulées en un jour. Pour toutes les zones la quantité maximale précipitée en un jour est en hausse.

Tableau 13: Risques climatiques liés aux maximums de pluies cumulés en un jour

Zone		Risque climatique	Conséquences sur le mil et le sorgho
Sahélo soudanienne		<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du maximum cumulé en un jour (statistiquement non significatif) 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des risques d'inondations
Sahélienne	Etude des données	<ul style="list-style-type: none"> • Légère augmentation du maximum cumulé en un jour (statistiquement non significatif) 	
	Perception paysanne	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse du nombre de grandes pluies mais augmentation de la quantité de pluies des rares grandes pluies causant des inondations 	
Saharienne		<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du maximum cumulé en un jour (statistiquement non significatif) et forte variabilité 	

4.1.8 Analyse des paramètres de la saison des pluies des zones climatiques

4.1.8.1 Date de démarrage, de fin et longueur de la saison des pluies

Les dates de démarrage, de fin et de la longueur de la saison des pluies utiles varient suivant les zones climatiques.

La zone sahélo soudanienne se caractérise par une faible variabilité inter annuelle des dates de début et de fin des pluies utiles ; les coefficients de variation sont respectivement de 9 et 4%. La tendance linéaire des dates de début est à la baisse, ce qui se traduit par un démarrage précoce des pluies utiles dans la zone. Cependant, le test de tendance de Mann Kendall au seuil de 5% indique que cette tendance n'est pas significative (p -value= 0,2304). Quant à la tendance des dates de fin des pluies, elle se caractérise par une tendance linéaire non significative (p -value = 0,3207) à la baisse et donc par une fin des pluies précoce.

La moyenne 1961-2010 (50 ans) est respectivement pour les dates de début et de fin de 143 et 273 (soit le 22 mai et le 29 septembre) ce qui donne une longueur moyenne de la saison des pluies utiles de 130 jours (Figure 31) avec une légère tendance à la hausse non significative au seuil de 0,05.

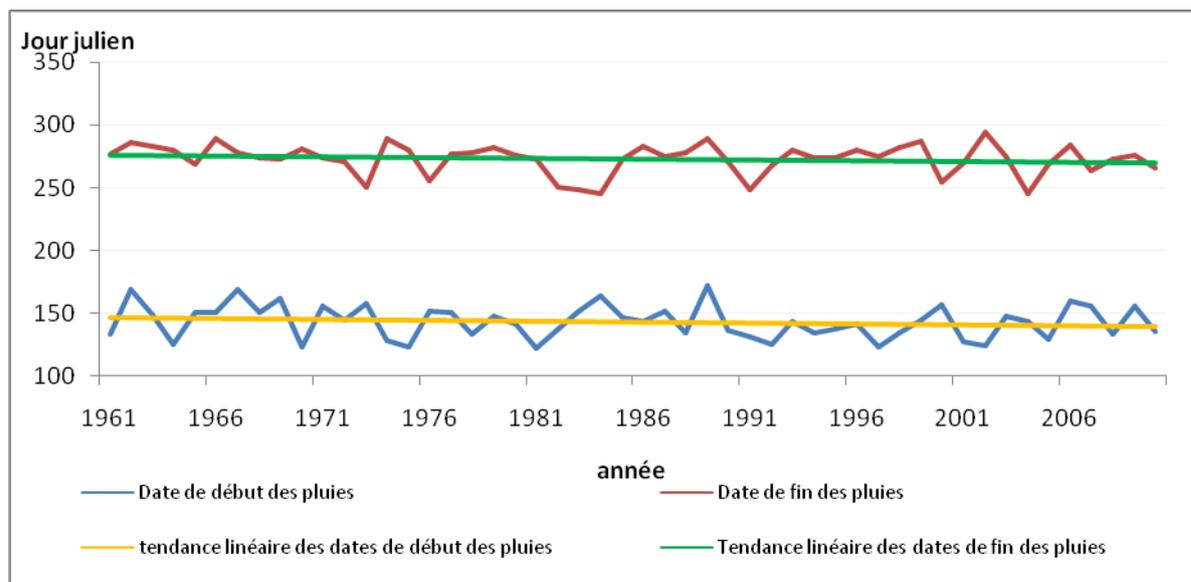


Figure 31 : Evolution des dates de début et de fin des pluies utiles dans la zone sahélo soudanienne

Dans la zone sahélienne, une faible variabilité inter annuelle des dates de début et de fin moyennes des pluies est observée (Figure 32). Les coefficients de variation moyens sont respectivement de 5 et 2%. Sur la période de 1961 à 2010, la date de début moyenne est de 172 (soit le 20 juin). La tendance linéaire des dates de début est à la baisse, ce qui se traduit par un démarrage précoce des pluies dans la zone. Le test de tendance de Mann Kendall au seuil de 5% montre que cette tendance n'est pas significative (p-value: 0,1945).

Sur la même période, la date de fin moyenne est de 254 (soit le 10 septembre). Ces dates se caractérisent aussi par une baisse non significative p-value= 0,6347 (Figure 32). La longueur moyenne de la saison des pluies utiles est de 82 jours avec une légère tendance à la hausse non significative statistiquement au seuil de 5%.

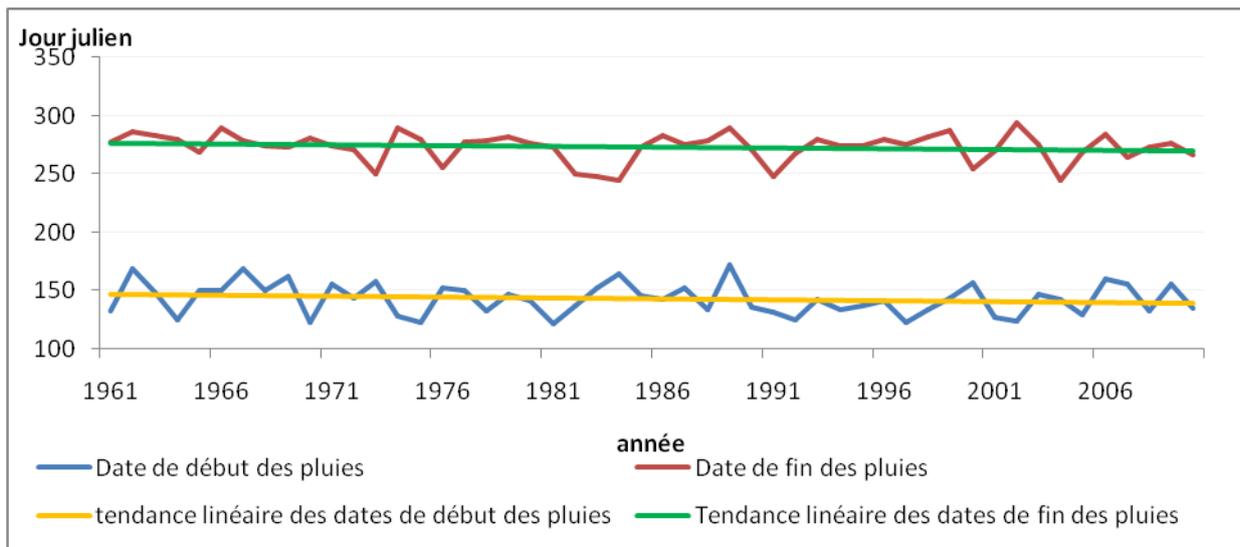


Figure 32 : Evolution des dates de début et de fin des pluies utiles dans la zone sahélienne

Les enquêtes effectuées dans la partie ouest de cette zone, a révélé une unanimité sur le fait que les pluies « qui permettent de semer », commencent maintenant dans cette zone en Juin alors que 62% disent qu'auparavant, elles commencent en Mai, et 38% en avril. L'analyse des données fait ressortir une contradiction entre les données mesurées et les données d'enquête. Les enquêtes complémentaires ont permis de reposer la question aux producteurs. Il est clairement ressorti qu'ils confondaient date de début des pluies et dates de semis. Lors des entretiens, plusieurs fois les producteurs ont répété « la vraie date de début des pluies est celle qui nous permet de semer ».

Dans leurs travaux de recherches Salack *et al.* (2012) ont montré la fréquence et la saisonnalité des pauses pluviométriques qu'il ont qualifié de faux départ de saison des pluies dans la zone sahélienne du Niger. Or pour les producteurs, quand il y a faux départ c'est que la saison des pluies n'a pas encore démarré même si les critères de début de la saison des pluies fixés dans la méthodologie sont présents.

Les enquêtes ont aussi montré que pour plus de 72% des producteurs, les pluies de départ sont des traces de pluies localisées alors qu'avant pour plus de 77% des producteurs, les pluies de départ sont généralisées dans l'espace et sont supérieures à 20mm (Figure 33A et B).

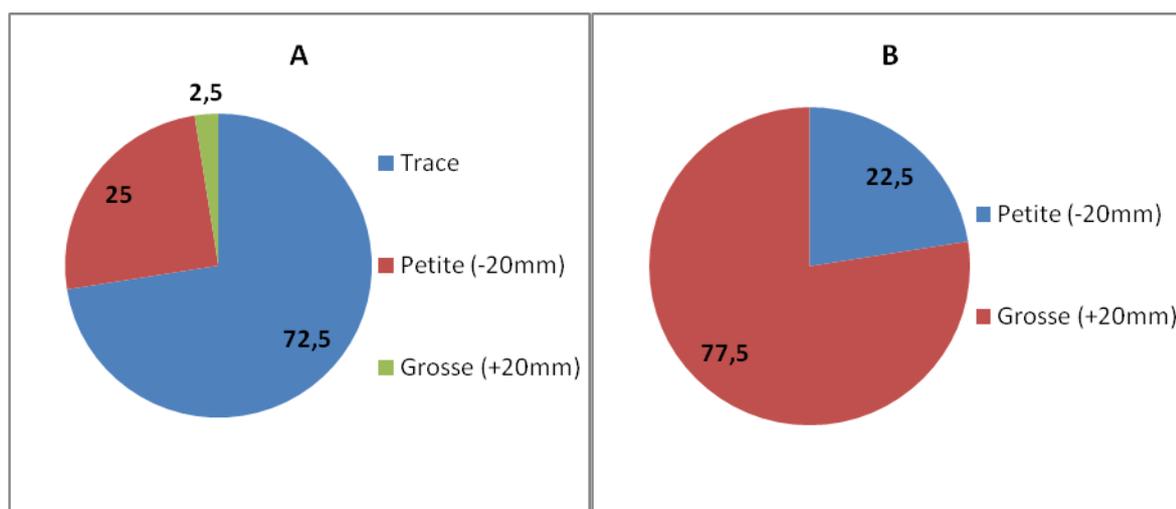


Figure 33: A) Avis des producteurs (en %) sur le régime actuel de début des pluies (les 5 dernières années) ; B) Avis des producteurs (en %) sur le régime antérieur des pluies de début (les 25 dernières années)

Par rapport aux dates de fin des pluies, les données d'enquêtes concordent parfaitement avec les résultats de l'étude climatique. En effet, les personnes enquêtées sont unanimes sur la fin des pluies en septembre alors que 95% des enquêtés disent qu'auparavant, elle atteignait le mois d'octobre. Ils sont 5% (les vieux dans la zone de Say) à estimer que la fin des pluies se situait au mois de décembre. Ces tendances concordent avec des recherches récentes menées dans la zone sahélienne du Sahel en général et du Niger en particulier (CILSS/CRA, 2009 ; Amoukou, 2009 ; Lona, 2010 ; Zika, 2012 ; Mariama, 2012 ; Ibeida, 2012; Salissou, 2012; Ramatou, 2012).

Cependant, ces tendances globales révélées par les données climatiques et vécues par les populations de la zone, cachent des disparités entre les groupes qui les composent. Le Tableau 14 et le Tableau 15 indiquent les caractéristiques des groupes. Le Tableau 14 indique que seul le groupe 7 de la zone sahélienne présente une tendance significative à la précocité des dates de début des pluies. Concernant les dates de fin des pluies (le Tableau 15) la tendance à la baisse est significative pour le groupe 5.

Tableau 14 : Caractéristiques des dates de début des pluies utiles des groupes qui composent la zone sahélienne sur la période 1961-2010

Groupe	Coefficient de variation (%)	Moyenne 1961-2010	Ecart Type 1961-2010	Tendance	p-value
2	7	158	12	Hausse	0,2048
3	8	162	12	Baisse	0,7734
4	6	168	11	Baisse	0,3887
5	6	173	10	Baisse	0,4033
6	6	181	10	Neutre	0,9993
7	10	190	19	Baisse	0,0027

Tableau 15 : Caractéristiques des dates de fin des pluies utiles des groupes qui composent la zone sahélienne sur la période 1961-2010

Groupe	Coefficient de variation (%)	Moyenne	Ecart Type	Tendance	p-value
2	3	263	9	Baisse	0,7196
3	3	271	9	Hausse	0,6600
4	3	256	7	Baisse	0,2044
5	2	253	6	Baisse	0,0218
6	2	250	4	Neutre	0,9898
7	2	244	6	Hausse	0,6247

Il est à noter que les tendances à la baisse des dates de début (précoce) du groupe 7 et des dates de fin (précoce) du groupe 5, sont statistiquement significatives au seuil de 5%.

Dans zone saharienne, les critères de détermination des dates de début et de fin des pluies utiles sont difficilement applicables parce que la plupart des stations reçoivent rarement un total de 20mm en 1 ou 2 jours consécutifs, et certaines stations ne reçoivent qu'une pluie par an.

C'est pourquoi il est difficile d'évoquer la notion de longueur de la saison des pluies dans cette zone. Cependant, l'analyse de la moyenne des dates de début de la zone montre une faible variabilité inter annuelle avec un coefficient de variation de 12%, et une légère tendance non significative (p-value = 0,8367) à la précocité des dates de démarrage des pluies (Figure 34).

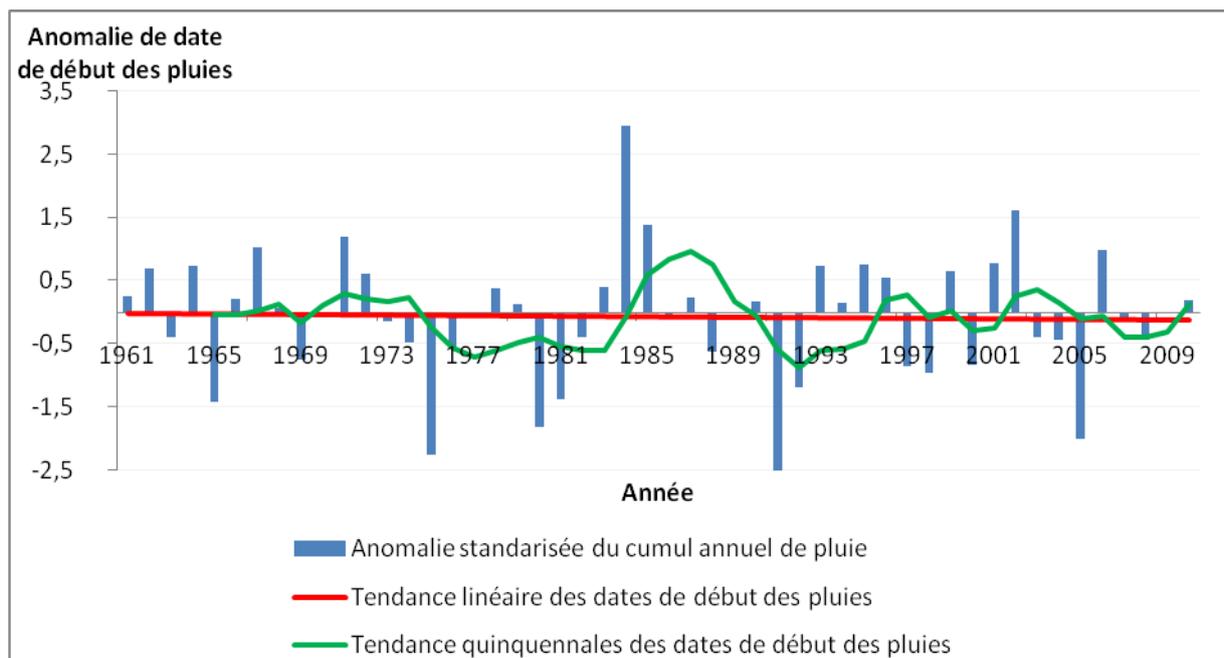


Figure 34 : Anomalie standardisée des dates de début des pluies dans la zone saharienne.

L'analyse de l'écart de la longueur de saison de la normale 81_10 par rapport à la normale 61_90 de la bande agricole, (Figure 35) fait ressortir que :

- la longueur de la saison pluvieuse varie entre 130 jours à Gaya et 38 jours à Nguiguimi ;
- un allongement de la longueur de la saison pluvieuse de 1 à 10 jours dans les régions centre c'est-à-dire Tahoua (excepté Konni), Maradi et Zinder. Le maximum des augmentations est enregistré à Tessaoua, Tamaské, Guidimouni (+9 jrs) et Tanout, Madaroufa (+10jrs) ;
- un raccourcissement de la longueur de la saison pluvieuse de 1 à 11 jours dans les régions de Tillabery (Dolbel, Ouallam), Dosso (Dosso, Dogon doutchi), Diffa (Diffa, Nguigmi) et les alentours de la station de Birnin N'konni. La diminution a atteint 11 jrs à Nguiguimi, 9jrs à Dosso, 8jrs Dolbel, Ouallam et Kollo.

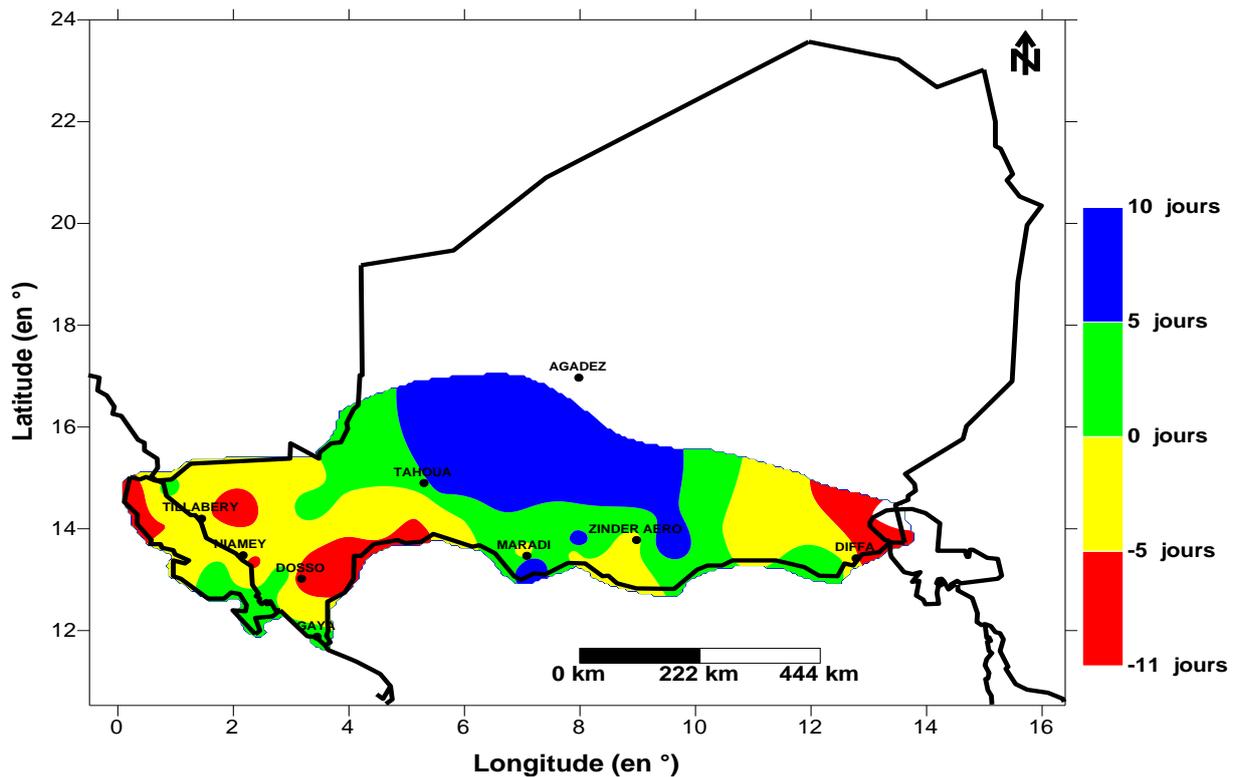


Figure 35 : Ecart de la longueur de la saison des pluies de la normale 1981-2010 par rapport à 1961_1990

En définitif, le Tableau 16 présente les risques climatiques déduits de l'analyse des dates de début et de fin de saison. Il y a concordance entre l'étude climatique et les enquêtes sur la fin précoce des pluies dans la bande agricole. Cependant il ya divergence sur le début des pluies car pour les producteurs de début des pluies est celle qui nous permet « le départ » des semis alors que pour l'étude climatique quand le seuil fixé est atteint on considère que les pluies ont commencé.

Tableau 16 : Risques climatiques suivant les dates de début et de fin de saison

Zone		Risque climatique	Conséquences sur le mil et le sorgho
Sahélo soudanienne		<ul style="list-style-type: none"> démarrage précoce de la campagne agricole (statistiquement non significatif) fin précoce de la campagne agricole (statistiquement non significatif) légère tendance à la hausse de la longueur de la saison (statistiquement non significatif) 	<ul style="list-style-type: none"> ressemis amélioration de la qualité de la saison
Sahélienne	Etude des données	<ul style="list-style-type: none"> démarrage précoce de la campagne agricole (statistiquement non significatif) fin précoce de la campagne agricole (statistiquement non significatif) légère tendance à la hausse de la longueur de la saison (statistiquement non significatif) 	<ul style="list-style-type: none"> ressemis amélioration de la qualité de la saison
	Perception paysanne	<ul style="list-style-type: none"> démarrage tardif de la campagne agricole (beaucoup de ressemis) fin précoce de la campagne agricole (les cultures bouclent difficilement leurs cycles) réduction de la longueur de la saison humide 	<ul style="list-style-type: none"> baisse de la qualité de la saison
Saharienne		<ul style="list-style-type: none"> les critères de début et de fin de saison des pluies sont difficilement applicables à la zone car la pluie est un événement rare pour certaine station (Bilma, Iférouane) de la zone 	

4.1.8.2 Séquences sèches

Les participants à la prévision saisonnière en Afrique de l'Ouest (PRESAO) de la session de 2011 ont retenu les pauses pluviométriques les plus longues 90 jours après le semis parmi les paramètres ayant un impact majeur sur les rendements des cultures pluviales, d'où le choix fait pour l'analyse des séquences sèches (PRESAO, 2011).

Sur la période de 1961 à 2010 les séquences sèches 90 jours après semis varient suivant les zones climatiques.

Dans la zone sahélo soudanienne, les séquences sèches 90 jours après le semis se caractérisent par une absence de tendance (p-value = 0,8895) comme l'indique la Figure 36. Elles sont en moyenne de 10 jours pour cette zone (Tableau 17).

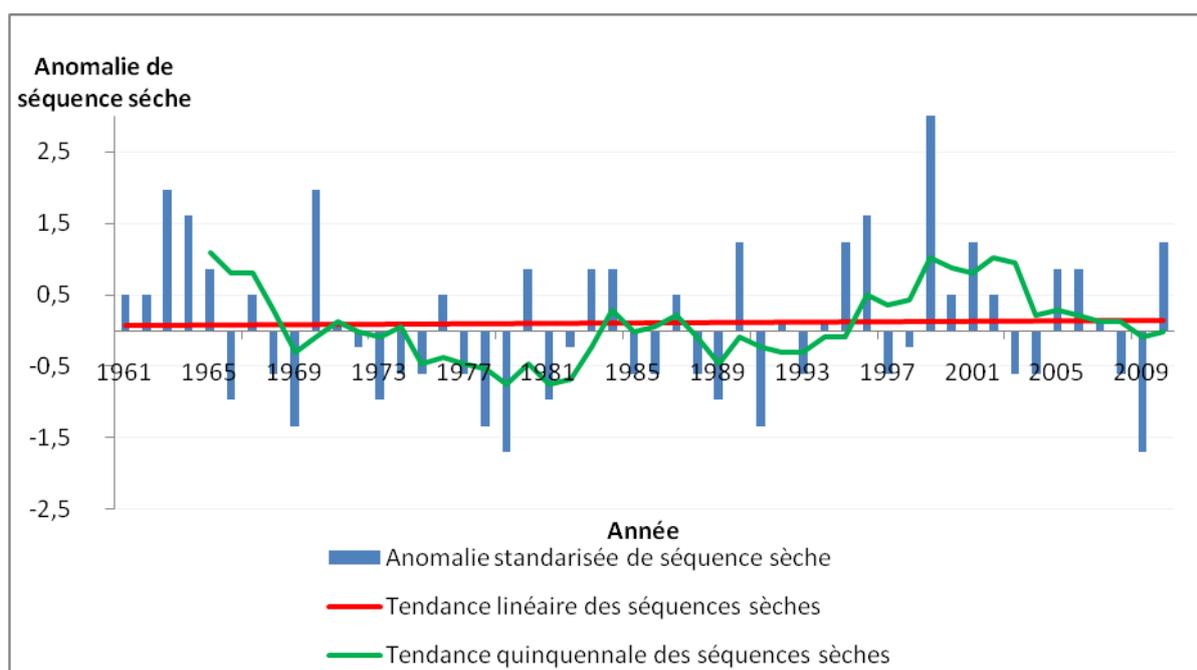


Figure 36 : Anomalie standardisée de séquences sèches 90 jours après semis dans la zone sahélo soudanienne

En zone sahélienne, elles se caractérisent par une moyenne de 18 jours, un écart type de 4 jours, un coefficient de variation de 21% et une tendance non significative (p -value = 0,1175) à la baisse.

Ces tendances zonales globales noient les disparités entre les groupes qui composent la zone. Le Tableau 17 donne les caractéristiques de chaque groupe.

Les enquêtes de terrain concordent avec les données climatiques. Elles ont fait ressortir que plus de 77% des personnes enquêtées estiment que de nos jours, les séquences sèches dépassent 15 jours alors que 97% estiment qu'auparavant elles étaient inférieures à 7 jours. En plus, la totalité des personnes enquêtées estiment que toutes les phases phénologiques sont de nos jours concernées par ces séquences sèches, alors qu'avant il n'y avait que la levée et la fin de maturation des graines qui étaient concernées.

Dans la zone saharienne, il est plus facile de comptabiliser les jours de pluies que les jours secs parce que les pluies sont rares.

Tableau 17 : Caractéristiques des séquences sèches 90 jours après le démarrage de la saison agricole dans les différentes zones climatiques

Zone	Groupe	maxi	mini	Moyenne 1961_2010	Ecart type	Coef de variation	Tendance	P-value	
Soudanienne	1	18	5	10	2.85	29	Neutre	0,8895	
	2	19	7	12	2.70	23	Légère hausse	0,6354	
Sahélienne	3	22	7	13	3.21	26	Légère baisse	0,8442	
	4	25	8	14	3.64	26	Hausse	0,5519	
	5	26	8	15	3.98	27	Légère hausse	0,7978	
	6	39	12	21	6.11	29	Baisse	0,1338	
	7	62	17	34	11.37	34	Forte baisse	0,0031	
Saharienne	8	Les pluies sont rares							

Dans la bande agricole, la normale de séquence sèche 81_10 varie de 9 jours à Gaya, à 32 jours à Ingall (Figure 37A). Pour la majeure partie de la bande agricole, la séquence sèche la plus longue n'excède guère 20 jours.

L'écart normal 81_10 par rapport à 61_90 (Figure 37B) fait ressortir :

- une diminution des séquences sèches pouvant atteindre 10 jours dans les régions centre et les régions Est du pays à l'exception des alentours des stations de Maradi, Zinder, Tahoua, Goudoumaria ;
- une augmentation des séquences sèches pouvant atteindre 3 Jours à l'Ouest du pays à l'exception du département de Dosso et Birni N'gaouré.

Plusieurs auteurs ont décrit les séquences sèches au niveau sous régional (Sivakumar, 1992a ; Martin-Vide et Garcia, 1993 ; Segele et Lamb, 2005 ; Sane *et al.*, 2008 ; Frappart *et al.*, 2009 ; Deni *et al.*, 2010 ; Salack *et al.*, 2012 ; Alhassane *et al.*, 2013) et ont conclu à l'augmentation de la fréquence du phénomène et les conséquences potentiellement désastreuses pour l'agriculture.

Le Tableau 18 présente les risques climatiques déduits de l'analyse des séquences sèches. Ce tableau montre que dans la bande agricole du Niger les séquences sèche 90 jours après le semis dépasse généralement 10 jours. Les enquêtes ont fait ressortir que ces séquences sèches peuvent survenir durant tout le cycle du mil et du sorgho pluvial.

Tableau 18 : Risques climatiques suivant les séquences sèches

Zone		Risque climatique	Conséquences sur le mil et le sorgho
Sahélo soudanienne		10 jours de séquences sèches	<ul style="list-style-type: none"> • Stress hydrique • Baisse de la production
Sahélienne	Etude des données	15 jours de séquences sèches	
	Perception paysanne	Plus de 15 jours de séquences sèches Tendance à la hausse des séquences sèches Toutes les phases phénologiques subissent des séquences sèches	
Saharienne		Les pluies sont rares	

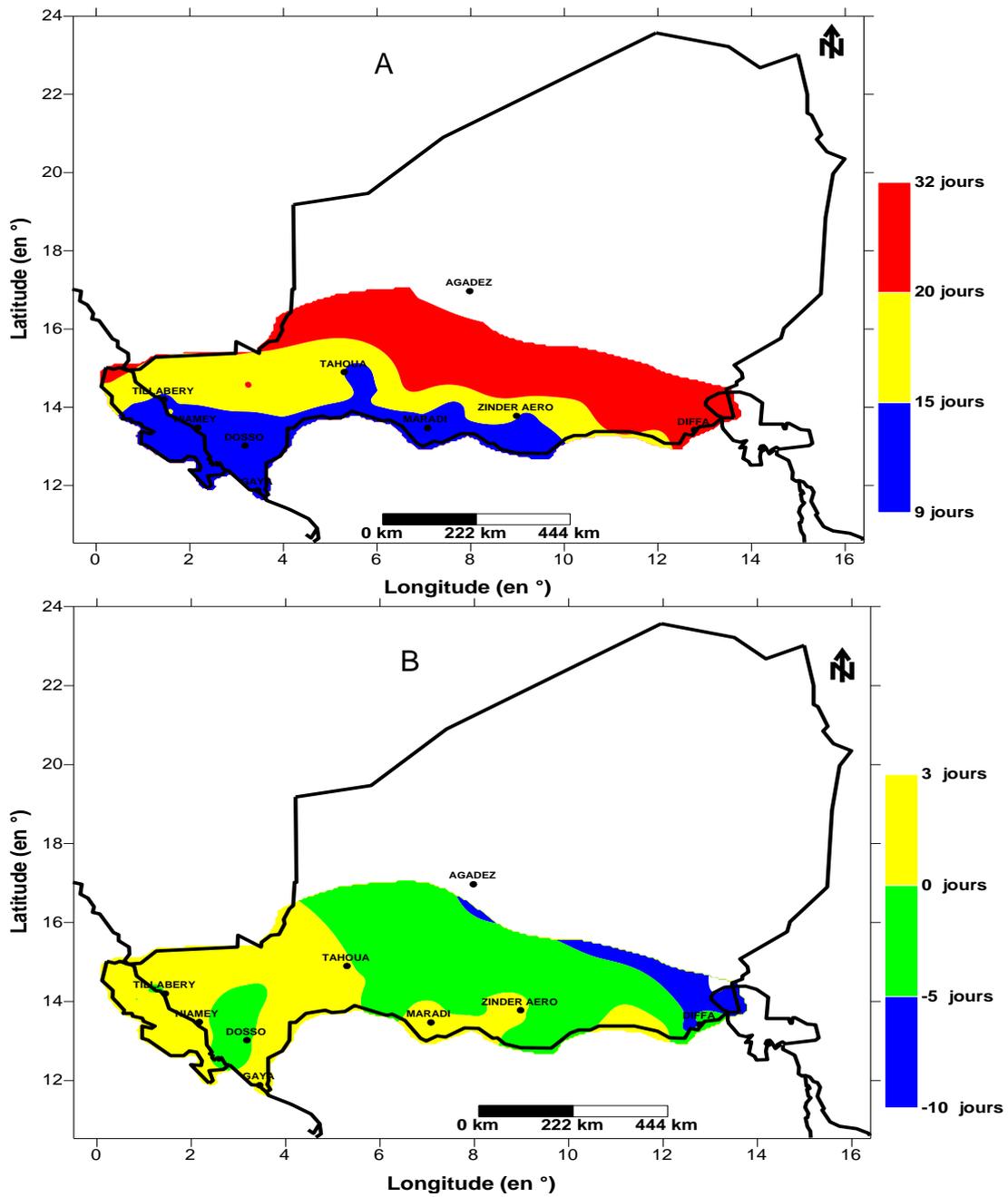


Figure 37 : A) Normale de séquences sèches 1981_2010 ; B) Ecart de la normale de séquences sèches de 1981_2010 par rapport à 1961_1990

En définitif, l'analyse de la pluviosité a permis d'identifier des risques pour la culture pluviale du mil et du sorgho.

Risque d'installation de la saison des pluies : La dynamique atmosphérique qui se met en place avant l'installation de la saison de pluies s'effectue durant le mois d'avril (fin avril) pour les stations situées aux alentours de la latitude de Gaya (11°99N) et pas avant le mois de juin et juillet pour les stations au Nord de la latitude 15°N. Cette dynamique se retire pour la majeure partie des latitudes (du 12^{ème} au 16^{ème} degré nord) en fin septembre-début octobre (environ 15 jours). En moyenne, les dates de démarrage et fin de saison pluvieuse pour la zone agricole sont :

- zone sahélo soudanienne : 22 mai et le 29 septembre ;
- zone sahélienne : 20 juin et le 10 septembre.

Pour ces deux zones, les démarrages précoces des pluies exposent les cultures aux récurrences de pauses pluviométriques décrites par Salack *et al.* (2012) et Alhassane *et al.* (2013).

Les producteurs du mil et du sorgho pluvial doivent tirer les conséquences pour éviter les ressemis, et pour semer des spéculations dont les cycles correspondent à la longueur de la saison pluvieuse.

Risques liés à la pluviosité annuelle : le retour quantitatif de la pluviosité dans la zone sahélo soudanienne expose le mil et le sorgho à des maladies comme le charbon (Cirad, 2002). Dans les groupes 6 et 7 de la zone sahélienne et dans la zone saharienne ce retour peut tenter les agropasteurs de ces zones à produire le mil et le sorgho. Or pour produire ces deux spéculations, la quantité de pluie annuelle est certes importante mais la qualité de la saison liée à la répartition de cette pluviosité dans le temps est indispensable.

Risques liés aux pluies extrêmes : la tendance à la hausse du maximum de pluie cumulée en un jour expose toute la bande agricole aux inondations dans les bas-fonds et au lessivage des sols des plateaux.

Risques liés aux séquences sèches 90 jours après les semis : l'augmentation des séquences sèches de plus de 10 jours pouvant se produire à tous les stades phénologiques dans la zone agricole traduit une baisse qualitative de la saison qui impacte gravement les rendements du mil et du sorgho.

4.2 Analyse des données de températures observées et vécues par les populations

La plupart des études sur l'évolution des températures au Sahel se sont focalisées sur les moyennes annuelles (Sarr *et al.*, 2007 ; CILSS/CRA, 2009 ; CILSS/CRA, 2010). Très peu d'entre elles se sont focalisées sur les moyennes saisonnières, les événements extrêmes de température (tels que le maximum et le minimum des températures minimales (Tn) et maximales (Tx), les nuits et jours chauds et froids, les vagues de chaleur et de fraîcheur) et leurs tendances. Pourtant, c'est la variation de la fréquence et/ou de l'intensité de ces températures et extrêmes qui ont des impacts majeurs sur le cycle de l'eau, les êtres vivants, les cultures et des organismes nuisibles à la santé de l'homme et des animaux (Sarr *et al.*, 2007 ; Durand, 2007 ; Molua, 2008 ; CILSS/CRA, 2009 ; CILSS/CRA, 2010 ; Gnanglè *et al.*, 2011) et qui permettrait de mieux faire ressortir l'impact des températures sur ces cycles et les activités socioéconomiques. Des études antérieures (Sarr *et al.*, 2007 ; Durand, 2007 ; Molua, 2008 ; CILSS/CRA, 2009 ; Lelièvre *et al.*, 2009 ; CILSS/CRA, 2010 ; Kotir, 2010 ; Lelièvre *et al.*, 2011 ; ; Gnanglè *et al.*, 2011) ont mis en évidence les conséquences socio-économiques et environnementales de ces extrêmes de températures en terme de dégâts sur la santé humaine, les écosystèmes, les feux de forêts, l'échaudage, l'augmentation des besoins en eau des plantes, l'assèchement des fleuves, et la dégradation des infrastructures.

4.2.1 Analyse de la normale saisonnière 1981-2010 des Tn et Tx

Les Tableau 19 et 20 présentent les normales saisonnières des neuf (9) stations et les écarts saisonniers entre la moyenne des normales des Tn et Tx. La moyenne des normales Tn et Tx (1981-2010) est respectivement de 22,5 et 36,4°C soit une amplitude moyenne de 13,9°C.

Tableau 19 : Normales saisonnières (1981-2010) des Tn et Tx (°C)

Stations	Saison chaude		Saison des pluies		Petite saison chaude		Saison froide	
	Tn	Tx	Tn	Tx	Tn	Tx	Tn	Tx
Agadez	24,1	39,0	24,4	39,6	21,5	36,4	15,0	29,9
Birni N'konni	25,7	40,4	24,6	35,1	22,2	37,7	17,8	33,5
Gaya	26,6	39,6	23,4	33,0	22,8	36,4	20,1	35,0
Mainé Soroa	24,2	40,1	24,4	36,3	21,5	37,5	15,1	31,8
Maradi	24,3	39,0	24,0	34,2	21,0	36,2	15,4	31,7
Niamey	26,6	40,4	24,7	35,1	23,6	37,9	18,1	34,0
Tahoua	25,6	39,4	24,9	35,8	23,4	37,2	17,8	32,3
Tillabéry	26,5	41,1	25,8	36,5	24,2	38,7	19,1	34,2
Zinder	25,5	39,6	25,0	35,9	23,2	36,9	17,4	31,8
MOYENNE	25,5	39,8	24,6	35,7	22,6	37,2	17,3	32,7

Tableau 20 : Amplitude thermique moyenne saisonnière des huit stations

		Normale Tn(1981-2010)			
		Saison froide	Saison des pluies	Petite saison chaude	Saison chaude
Normale Tx1981_2010)		17,3	24,6	22,6	25,5
Saison froide	32,7	15,4			
Saison des pluies	35,7				
Petite saison chaude	37,2	11,1		14,6	
Saison chaude	39,8	14,3			

L'amplitude thermique varie en fonction des saisons de l'altitude et du relief environnant. En effet la représentation de l'amplitude thermique moyenne des neuf (9) stations suivant les saisons (Figure 38A) indique qu'elle est plus basse pendant la saison pluvieuse parce que la Tn est généralement plus élevée lorsque le temps est couvert (effet de serre). Par contre, la Tx est plus élevée par temps clair (le rayonnement est direct). Le coefficient de variation des Tn et Tx des différentes saisons (Figure 39A) indique que la variabilité des Tn est plus forte que celui Tx pour toutes les saisons, à l'exception de la saison des pluies où celle des Tx est la plus

forte. Cette variabilité des Tx pendant cette saison s'explique par la couverture nuageuse qui est très variable. La Figure 39A fait aussi ressortir que le plus fort coefficient de variation des Tn est enregistré pendant la saison sèche froide à cause de la brume sèche (effet de serre) qui la caractérise. La représentation graphique de l'amplitude thermique suivant les stations montre une très forte variation (Figure 38B).

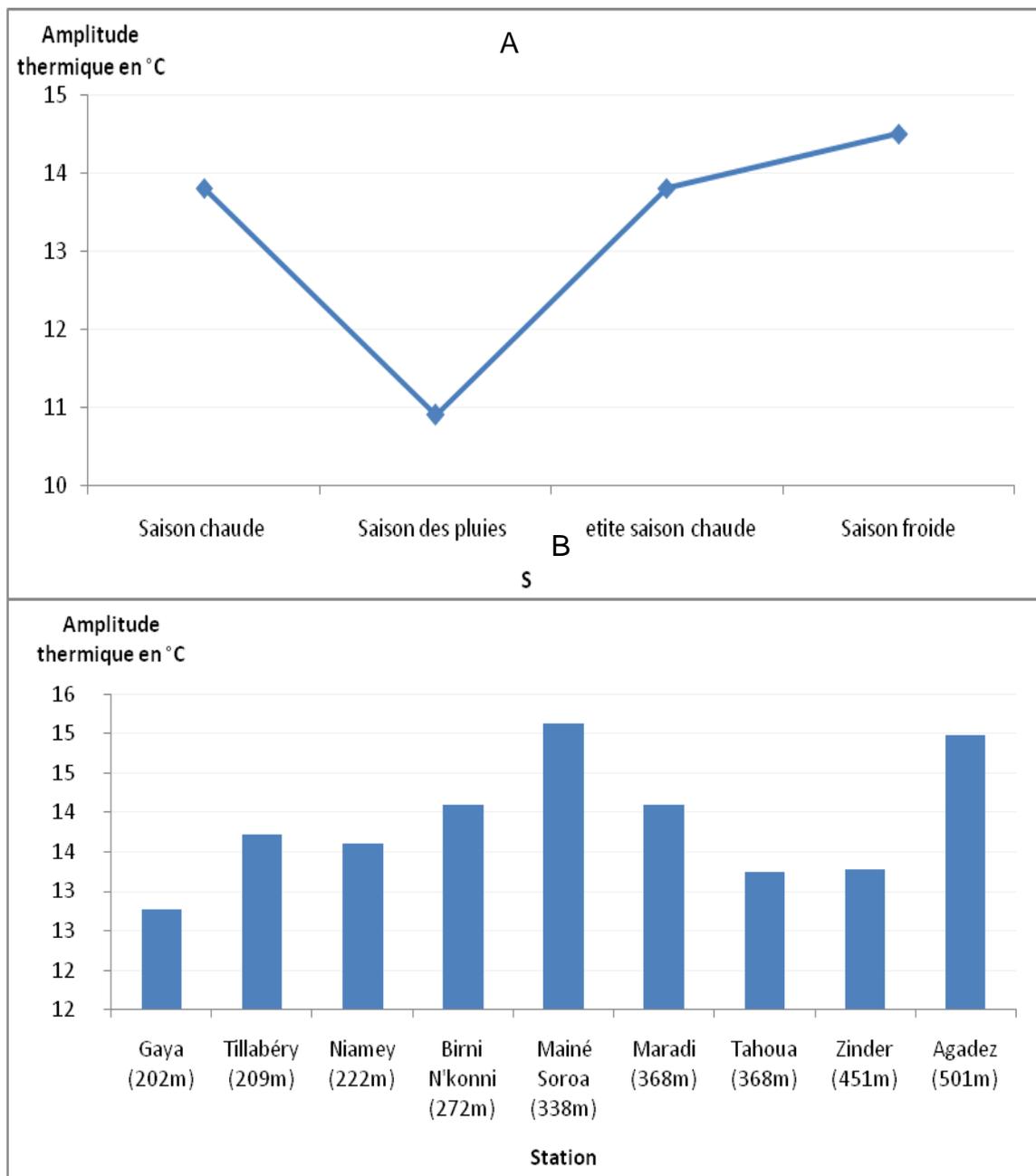


Figure 38 : A) Amplitude thermique suivant les saisons ; B) Amplitude thermique suivant les altitudes croissantes des stations.

Cependant, le cas de Maradi et Tahoua où pour la même altitude, les amplitudes diffèrent, et celui de Maradi et Birni N'konni où pour des altitudes différentes de 96 m les amplitudes thermiques sont identiques, ont poussé à chercher d'autres paramètres explicatifs. Les investigations sur le relief environnant, le type de sol et les activités agricoles périurbaines sont présentés dans le Tableau 21.

Tableau 21 : Caractéristiques des stations de Birni konni, Maradi et Tahoua

Station	Type de sol	Relief environnant	Activité agricole périurbaine
Maradi	Sableux	Vallée du Goulbi	Culture irriguée
Birni N'konni	Sablo argileux	Vallée de la Maggia	Culture irriguée
Tahoua	Latéritique	plateau	Néant

Le cas de Maradi et Konni s'explique par le fait que les deux stations sont à proximité d'une vallée où sont pratiquées de façon permanente des cultures irriguées. Cette irrigation diminue le déficit de saturation (augmentation de l'humidité relative), baisse la température ambiante de l'air et les types de sol facilitent le rayonnement du sol. Ceci explique pourquoi le coefficient de variation (Figure 39B) des Tx est moins variable que celui des Tn. Les mêmes raisons permettent d'expliquer pourquoi à altitude égale (cas de Maradi et Tahoua), le relief et les activités périurbaines environnants ainsi que le type de sol sont déterminants pour expliquer l'amplitude et la variabilité des Tn et Tx.

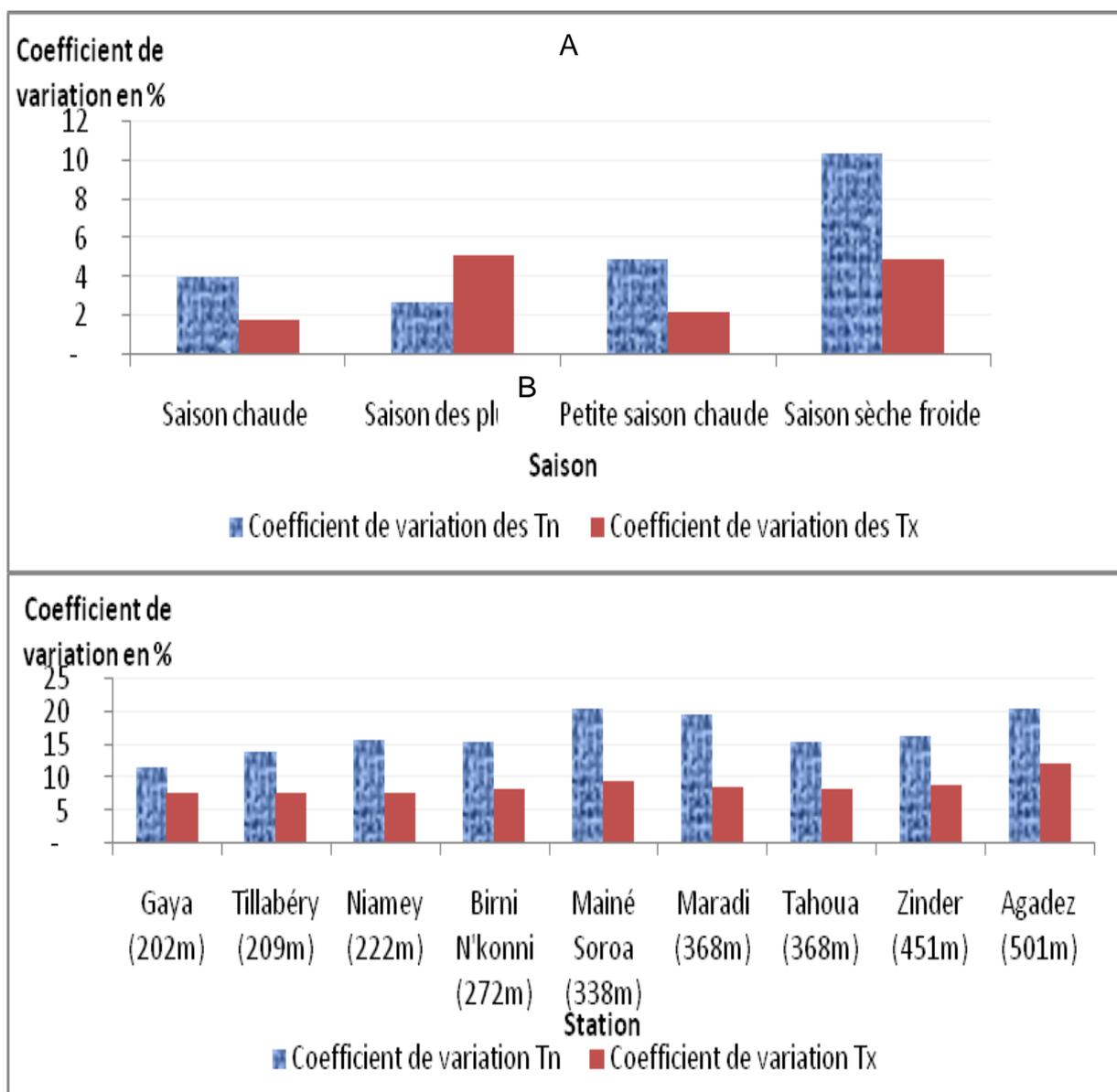


Figure 39 : Coefficients de variation des Tn et Tx : A) suivant les saisons ; B) suivant les stations

Les enquêtes effectuées dans la région de Tillabéry confirment cette forte variabilité des températures. En effet, à l'unanimité (100%) les enquêtés affirment que les températures sont très variables surtout en saison froide. Plusieurs personnes ont répété « avant les saisons étaient bien distinctes, de nos jours il fait régulièrement chaud en pleine saison froide ». Ces résultats sont conformes aux résultats obtenus par Amoukou (2009) dans le bassin du Niger et par la GTZ (2010) dans la commune de Diagourou.

4.2.2 Tendance saisonnière des Tn et Tx entre 1961 et 2010

Les tendances saisonnières entre 1961 et 2010 (50 ans) des Tn et Tx réalisées avec le test de Mann Kendall (au seuil $\alpha = 5\%$), indique que la hausse des Tn est très significative pour toutes les stations. Pour la saison des pluies, la saison chaude et la petite saison chaude les p-value sont comprises entre 0 et 0,009. Pour la saison froide, seule la tendance de la station de Maradi (p-value = 0,8218) n'est pas significative. Les fortes tendances significatives sont enregistrées pendant la petite saison chaude à Maradi (+0,8°C/décennie), Tillabéri et Zinder (+0,7°C/décennie), et pendant la saison sèche froide (+0,7°C/décennie) encore à Zinder (Tableau 22)

Tableau 22 : Tendance décennale des Tn et signification du test de Mann Kendall

Station	Saison chaude		Saison des pluies		Petite saison chaude		Saison sèche froide	
	P value	Tendance décennale	P value	Tendance décennale	P value	Tendance décennale	P value	Tendance décennale
Agadez	0	+0,50	0	+0,50	0	+0,60	0	+0,40
Konni	0	+0,50	0	+0,40	0	+0,60	0	+0,50
Mainé soroa	0	+0,50	0	+0,40	0	+0,60	0	+0,50
Maradi	0	+0,50	0	+0,40	0	+0,80	0,8218	+0,03
Niamey	0	+0,40	0	+0,30	0	+0,40	0	+0,40
Tahoua	0,009	+0,20	0	+0,30	0	+0,50	0	+0,06
Tillabéry	0	+0,50	0	+0,40	0	+0,70	0	+0,50
Zinder	0	+0,60	0	+0,60	0	+0,70	0	+0,70

Pour les Tx, la significativité des tendances est plus contrastée (Tableau 23). En effet, la tendance à la hausse est statistiquement significative au seuil de 5% pour les Tx de toutes les saisons à Zinder. Par contre, aucune tendance n'est significative à Tahoua.

Tableau 23 : Tendance décennale des Tx et signification du test de Mann Kendall

Station	Saison chaude		Saison des pluies		Petite saison chaude		Saison sèche froide	
	P-value	Tendance décennale	P-value	Tendance décennale	P-value	Tendance décennale	P-value	Tendance décennale
Agadez	0	+0,30	0,0013	+0,20	0,0075	+0,30	0,3380	+0,10
Konni	0,0014	+0,30	0,0117	+0,20	0,1764	+0,20	0,1764	+0,10
Mainé soroa	0,0012	+0,20	0,0059	+0,20	0	+0,30	0,4002	+0,10
Maradi	0,7817	+0,02	0,0184	+0,20	0,1185	+0,10	0	+0,60
Niamey	0,0053	+0,20	0	+0,30	0,0330	+0,20	0,8441	+0,02
Tahoua	0,0732	-0,02	0,6626	+0,04	0,2457	+0,10	0,7861	-0,04
Tillabéry	0	+0,30	0	+0,30	0	+0,30	0,1114	+0,10
Zinder	0	+0,50	0	+0,40	0	+0,40	0,0067	+0,40

Le Tableau 24 résume la significativité des tendances très contrastée des sept (7) stations restantes. Contrairement à la tendance générale, les Tx de la station de Tahoua présentent une tendance à la baisse (statistiquement non significative) pendant la saison chaude (p-value= 0,0732) et pendant la saison sèche froide (p-value=0,7861).

Tableau 24 : Stations dont le test de Mann Kendall est non significatif pour les Tx

Station	Test non significatif
Agadez	Saison sèche froide
Konni	Petite saison chaude ; Saison sèche froide
Mainé soroa	Saison sèche froide ;
Maradi	Saison chaude ; Petite saison chaude
Niamey	Saison sèche froide
Tillabéry	Saison sèche froide

Entre 1961 et 2010 les Tn de toutes les saisons ont augmenté. Une hausse maximale statistiquement significative (au seuil de 5%) de 4°C est enregistrée pendant la petite saison chaude à Maradi (Tableau25).

Tableau 25 : Augmentation des Tn (en °C) entre 1961 et 2010

Station	Saison chaude	Saison des pluies	Petite saison chaude	Saison froide
Agadez	2,5	2,5	3,0	2,0
Konni	2,5	2,0	3,0	2,5
Mainé soroa	2,5	2,0	3,0	2,5
Maradi	2,5	2,0	4,0	0,2
Niamey	2,0	1,5	2,0	2,0
Tahoua	1,0	1,5	2,5	0,3
Tillabéry	2,5	2,0	3,5	2,5
Zinder	3,0	3,0	3,5	3,5

L'évolution des Tx au cours des cinquante dernières années est plus contrastée (Tableau 26). Néanmoins, une hausse maximale de 3°C est enregistrée à Maradi pendant la saison froide. Ces résultats montrent que les températures augmentent plus rapidement que les prévisions du PANA-Niger qui prévoyait à l'horizon 2025, une hausse comprise entre 0,5 à 1,5°C (CNEDD, 2006).

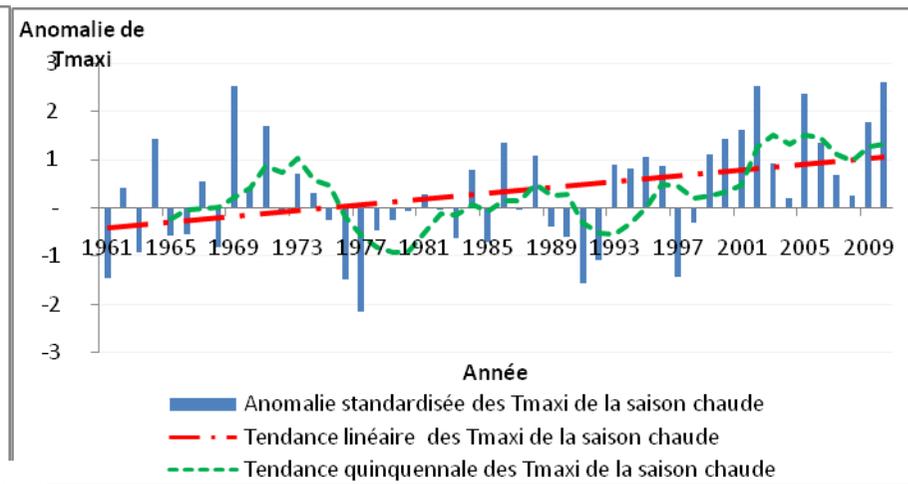
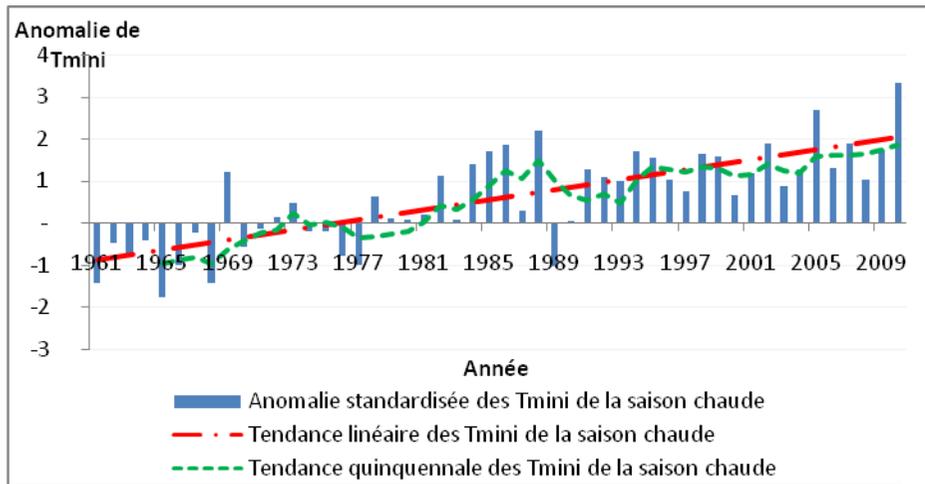
Tableau 26 : Augmentation des Tx (en °C) entre 1961 et 2010

Station	Saison chaude	Saison des pluies	Petite saison chaude	Saison froide
Agadez	1,5	1,0	1,5	0,5
Konni	1,5	1,0	1,0	0,5
Mainé soroa	1,0	1,0	1,5	0,5
Maradi	0,1	1,0	0,5	3,0
Niamey	1,0	1,5	1,0	0,1
Tahoua	-0,1	0,2	0,5	-0,2
Tillabéry	1,5	1,5	1,5	0,5
Zinder	2,5	2,0	2,0	2,0

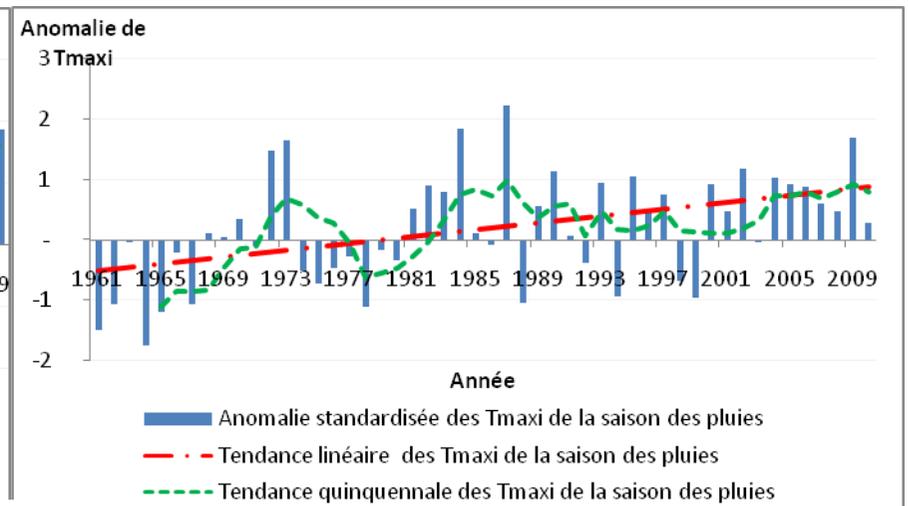
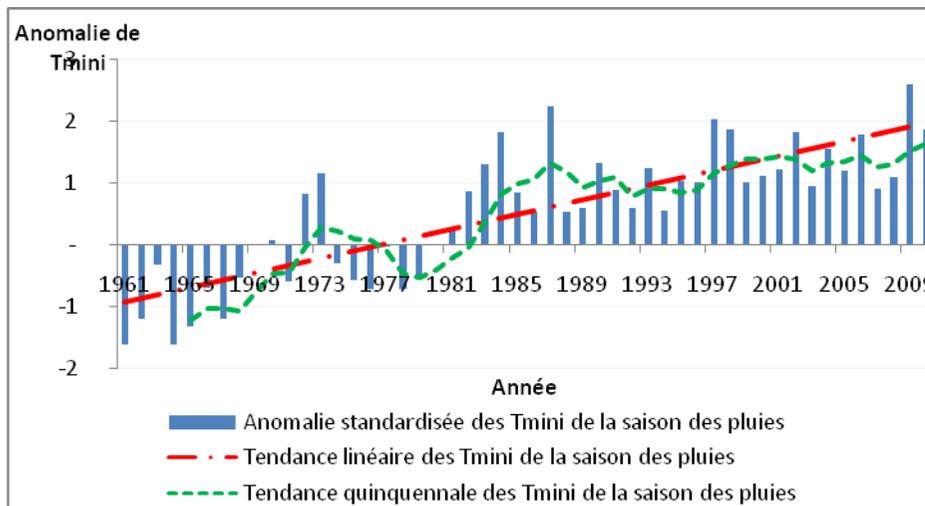
Une enquête menée à la station synoptique de l'aéroport de Tahoua a permis de savoir que l'altitude et la position de la station la soumettent à des grands courants de vent. Les observateurs météo de la station affirment que tous les jours la station est bien éventée. Donc l'exposition de la station aux courants de vent pourrait expliquer la baisse des Tx à Tahoua en saison chaude et en saison froide

L'analyse saisonnière des tendances sur 50 ans de la moyenne des Tn et Tx des neuf stations fait ressortir que les Tn sont les températures qui ont significativement augmenté (au seuil de 5%), avec une hausse maximale de

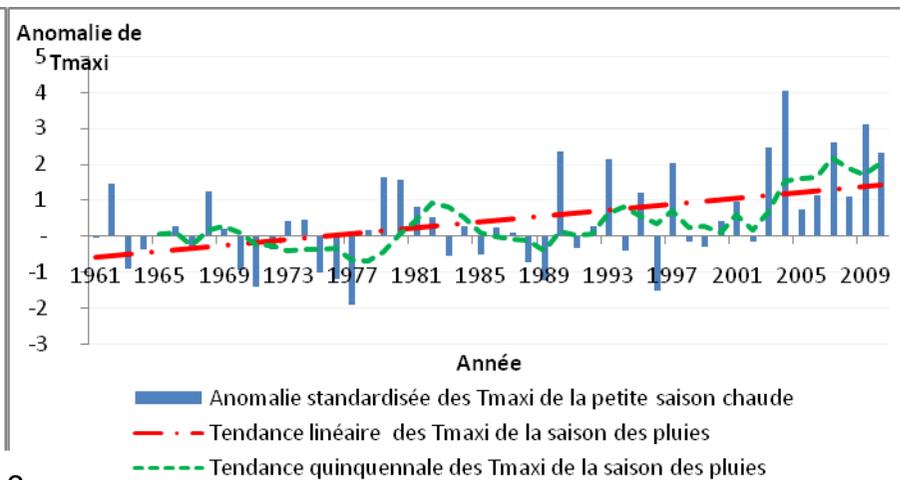
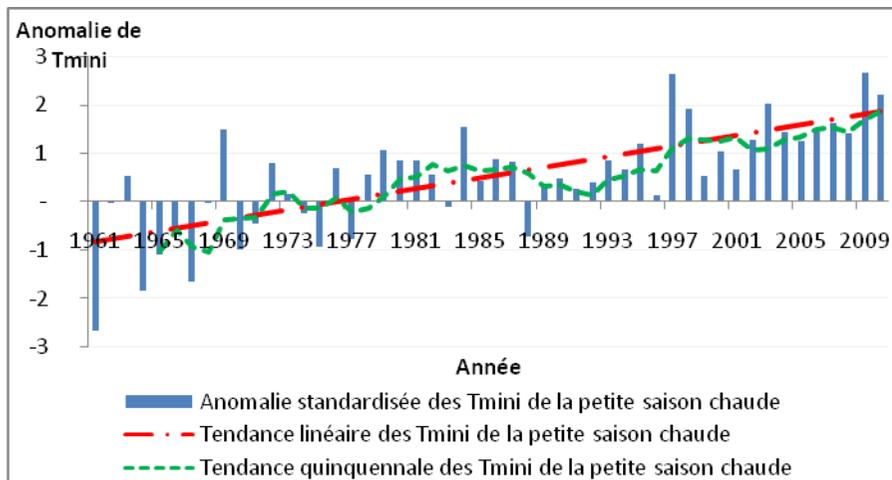
+0,6°C/décennie pendant la petite saison chaude et une hausse minimale de +0,4°C/décennie pendant la saison des pluies. Concernant les Tx, la hausse est d'environ +0,20°C/décennie pour toutes les saisons à l'exception de la saison froide où les Tx enregistrent une hausse non significative (p-value =0.24) de 0,17°C/décennie. La représentation (**Figure 40**) de l'anomalie standardisée moyennes des 9 stations de Tn et Tx confirme ces tendances. Ces résultats sont conformes aux études effectuées en Afrique, qui indiquent que la hausse des températures des saisons comprises entre juin et novembre est supérieure à celle des saisons comprises entre décembre et mai (Hulme *et al.*, 2001 ; Van De Steeg *et al.*, 2009). En Europe, la même tendance positive saisonnière a été observée au Sud de la France avec une augmentation plus marquée de mai à août (saison chaude sèche) que de novembre à février correspondant à la saison froide humide (Lelievre *et al.*, 2011). Ces résultats sont en accord avec la synthèse des travaux de recherche faite en 2009 à Copenhague qui soulignait une augmentation de par le globe, de la fréquence et de l'intensité des extrêmes de chaleur (The Copenhagen Diagnosis, 2009).



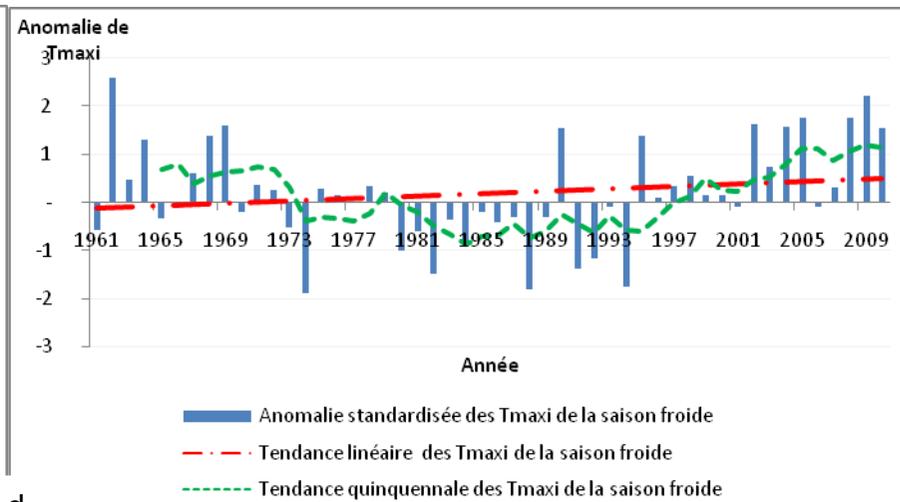
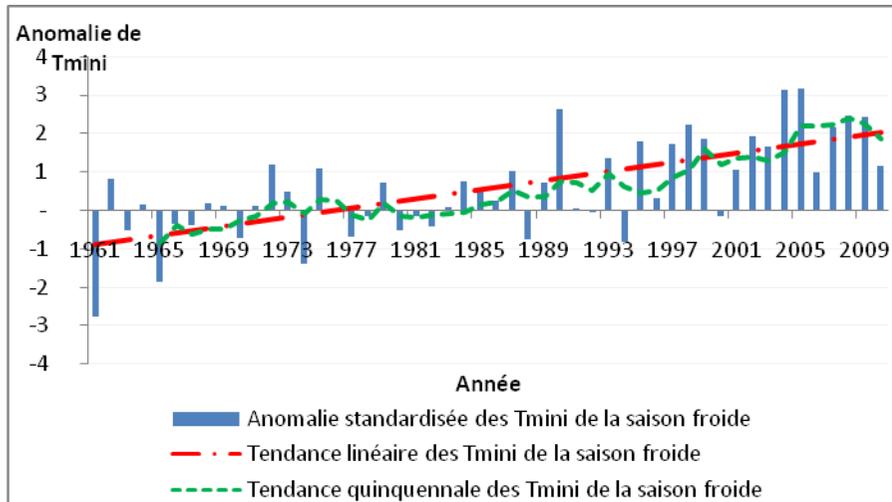
a



b



C



d

Figure 40 : Anomalie standardisée de Tn et Tx au Niger pendant : a) la saison chaude; b) saison des pluies; c) la petite saison chaude; d) la saison froide.

Les enquêtes de terrain concordent avec l'analyse des données sur l'augmentation des températures. En effet, 100% des personnes enquêtées confirment l'augmentation de la température de toutes les saisons. Elles affirment que de nos jours, plus personne ne fait de flambée pour se réchauffer en saison froide ; que les limites entre les saisons ne sont plus respectées et que même après la pluie il fait très chaud ». Il est important de rappeler que dans l'opinion populaire, il n'y a que trois saisons contrairement au découpage utilisé dans l'étude des données : saison des pluies, saison froide et saison chaude. Le vécu des enquêtés de la région de Tillabéry concorde avec ceux relevés par des études récentes au Niger (CRA, 2009 ; Amoukou, 2009 ; Lona, 2010 ; Zika, 2012 ; Mariama, 2012 ; Ibeida, 2012 ; Salissou, 2012 ; Ramatou, 2012).

4.2.3 Moyenne annuelle du maximum et du minimum des Tn et Tx

Le test de tendance de Mann Kendall au seuil $\alpha=0,05$ du maximum des Tn et Tx (TNx et TXx) indique une forte variabilité spatiale des tendances des TNx et TXx. Les TNx de toutes les stations ont des tendances à la hausse statistiquement très significative ($p\text{-value}=0$). La hausse varie entre $0,91^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$ à Zinder et $0,37^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$ à Niamey ; la hausse moyenne est de $0,63^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$ soit $3,16^{\circ}\text{C}/50$ ans.

Pour les TXx, le test de Mann Kendall fait ressortir une tendance statistiquement très significative pour six des huit stations. La tendance n'est pas significative pour les stations de Maradi et Tahoua (Tableau 27). La station de Tahoua ne présente pas de tendance pour les TXx. Les hausses significatives des TXx varient entre $0,36^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$ à Tillabéry et $0,24^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$ à Niamey ; la hausse moyenne pour les six stations est de $0,28^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$, soit $1,4^{\circ}\text{C}/50$ ans.

Les conséquences socioéconomiques de ces extrêmes de températures en termes de dégâts sur la santé humaine, les écosystèmes, les feux de forêts, l'échaudage, l'augmentation des besoins en eau des plantes, l'assèchement des fleuves, et la dégradation des infrastructures, sont connues (Sarr *et al.*, 2007 ; Durand, 2007 ; Molua, 2008 ; CILSS/CRA, 2009 ; Lelièvre *et al.*, 2009 ; CILSS/CRA, 2010 ; Kotir, 2010 ; Lelièvre *et al.*, 2011 ; Gnanglè *et al.*, 2011).

Tableau 27 : Tendance, significativité et évolution du maximum des Tn et Tx (TNx et TXx)

Station	Maximum Tn (TNx)			Maximum Tx (TXx)		
	p-value	Tendance décennale	Evolution (en °C) 1961 - 2010	p-value	Tendance décennale	Evolution (en °C) 1961 - 2010
Agadez	0	+0,69	3,45	0	+0,27	1,4
Bini N’Konni	0	+0,66	3,30	0	+0,33	1,7
Mainé soroa	0	+0,84	4,20	0	+0,24	1,2
Maradi	0	+0,48	2,40	0,399	+0,07	0,4
Niamey	0	+0,37	1,85	0,001	+0,28	1,4
Tahoua	0	+0,59	2,95	0,98	0,00	0,0
Tillabéry	0	+0,52	2,60	0	+0,36	1,8
Zinder	0	+0,91	4,55	0	+0,20	1,0
moyenne		+0,63	3,16		+0,22	1,1

La représentation graphique de la moyenne décennale (des huit stations) des TNx et TXx (Figure 41) indique une hausse régulière et continue des deux températures. L'écart entre TNx et TXx est +2,5°C pour chacune des décennies 2001_2010 et 1961_1970.

Le même test de Mann Kendall réalisé sur le minimum des Tn et Tx (TNn et TXn) montre aussi une forte variabilité spatiale des tendances à la hausse. Les tendances des TNn sont statistiquement significative (p-value entre 0 et 0,029) pour toutes les stations à l'exception de la station de Tahoua (p-value=0,275). Les tendances significatives varient entre +0,15°C/décennie à Zinder et +0,55°C/décennie à Maradi ; la hausse moyenne pour les sept stations est de 0,3°C/décennie soit 1,48°C/50 ans. Par contre, le minimum des températures maximales (TXn) a une tendance à la baisse, à l'exception des stations de Niamey et Zinder, mais aucune tendance statistiquement significative n'a été observée pour les huit stations (Tableau 28).

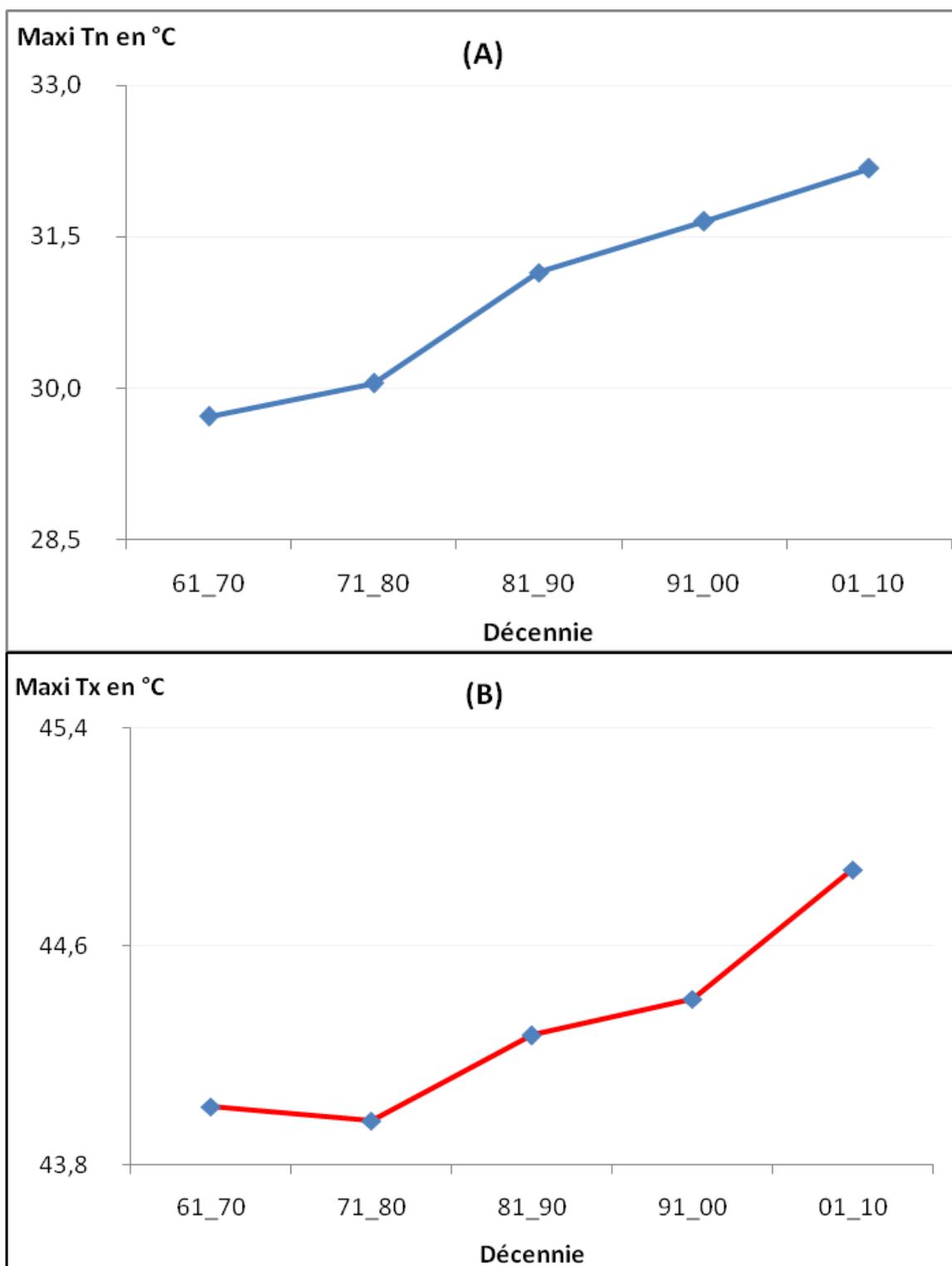


Figure 41 : A) Moyenne décennale du maximum des températures minimales (TNx) des 8 stations ; B) Moyenne décennale du maximum des températures maximales des 8 stations.

Tableau 28 : Tendance, significativité et évolution du minimum des Tn et Tx (TNn et TXn)

Station	Minimum Tn			Minimum Tx		
	p-value	Tendance décennale	Evolution entre 1961 et 2010	p-value	Tendance décennale	Evolution (en °C) 1961 - 2010
Agadez	0,029	+0,18	0,9	0,507	-0,05	-0,3
Konni	0,002	+0,34	1,7	0,306	-0,14	-0,7
Mainé soroa	0	+0,29	1,5	0,919	-0,02	-0,1
Maradi	0	+0,55	2,8	0,127	-0,22	-1,1
Niamey	0,026	+0,23	1,2	0,438	+0,09	0,5
Tahoua	0,275	+0,13	0,7	0,107	-0,24	-1,2
Tillabéry	0,004	+0,33	1,7	0,831	-0,02	-0,1
Zinder	0,003	+0,15	0,8	0,977	0	0,0
Moyenne		+0,28	1,4		-0,08	-0,4

La moyenne décennale 2001_2010 des TNn des huit stations est plus chaude de +1,1°C que celle de la décennie 1961_1970 (Figure 42). Celle des TXn accuse dans un premier temps, une baisse de -0,7°C entre les décennies 60 et 80 avant d'amorcer une hausse de +0,3°C de la décennie 80 à la décennie 2000.

Les enquêtes menées dans la région de Tillabéry confirment ces tendances car à l'unanimité, les personnes enquêtées affirment que « chaque année on a l'impression que la chaleur ne fait qu'augmenter et le froid ne fait que diminuer ».

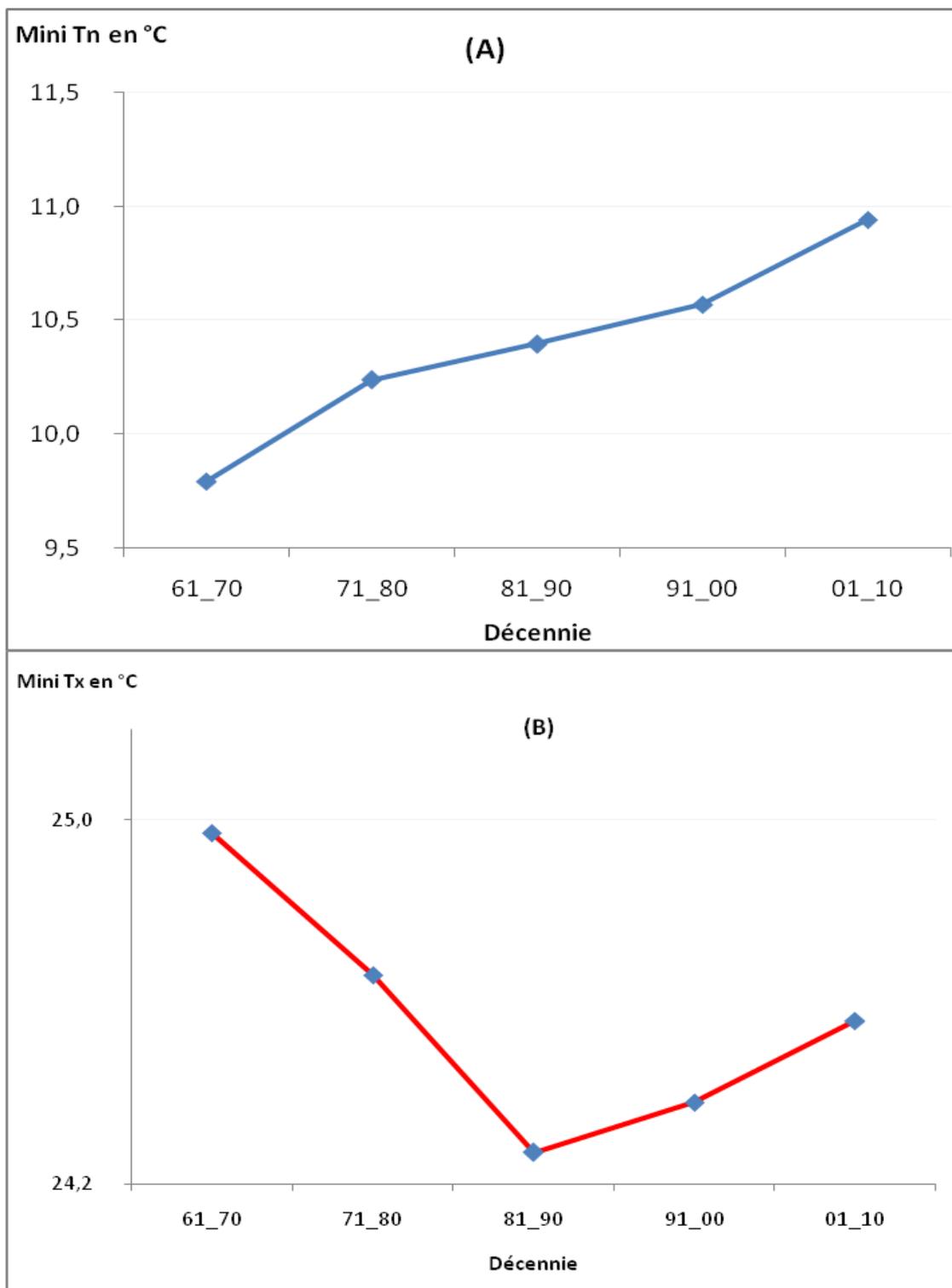


Figure 42 : A) Moyenne décennale du minimum des températures minimales (TNn) des 8 stations ; B) Moyenne décennale du minimum des températures maximales (TXn) des 8 stations.

4.2.4 Nombre de nuits et jours chauds

La température de l'air ambiant est couramment utilisée comme référence pour évoquer soit la chaleur, soit le froid. Par définition, cette température est une grandeur physique qui caractérise de façon objective la chaleur ou le froid. Mais leur sensation et leur perception par l'homme restent elles-mêmes entachées de subjectivité. De là, vient une première difficulté pour identifier la chaleur et le froid (Ben Boubaker, 2010). C'est encore plus compliqué lorsqu'il s'agit de définir les extrêmes de chaleurs et de froids (INVS, 2004). Doit-on se référer à des indicateurs et des seuils statistiques ou plutôt à des indicateurs physiologiques liés à la « perception humaine » de la chaleur et du froid, elle-même variable d'une ambiance climatique à l'autre, d'un instant à l'autre et d'un individu à l'autre?

Dans cette partie, nous nous sommes focalisés sur les critères thermiques en nous référant d'une part, aux températures extrêmes maximales diurnes et d'autre part, aux températures extrêmes minimales nocturnes observées sur plus d'un demi-siècle. L'application des critères de l'OMM à travers le calcul du 10^{ème} et 90^{ème} percentile des Tn et Tx a permis de fixer les seuils de chaleur et de froid (Tableau 29).

Tableau 29 : Seuils de chaleur et de fraîcheur

Station	10 ^{ème} PERCENTILE		90 ^{ème} PERCENTILE	
	Tn	Tx	Tn	Tx
Agadez	15,9	31,1	26,5	42,0
Konni	18,2	32,7	26,7	40,1
Mainé soroa	16,0	32,0	26,5	40,7
Maradi	15,9	31,4	26,2	39,0
Niamey	18,7	33,1	27,6	40,1
Tahoua	18,3	32,6	27,3	40,1
Tillabéry	19,5	33,7	27,8	41,0
Zinder	17,8	31,7	27,1	39,9
MOYENNE	17,5	32,3	27,0	40,4

Sur cette base, sont considérés comme Jour chaud, le nombre de jours où Tx > 40,4°C (Tx > 90^{ème} percentile) et comme Nuit chaude, le nombre de nuits où Tn > 27°C (Tn > 90^{ème} percentile).

Entre 1961 et 2010 les nuits chaudes des différentes stations se caractérisent par une forte variabilité interannuelle et une tendance évolutive à la hausse très

significative (p-value=0). Ces tendances (Tableau 30) varient entre 15 nuits/décennie à Zinder ($T_n > 27,1^\circ\text{C}$) et 6 nuits/décennie à Niamey ($T_n > 27,6^\circ\text{C}$) soit une moyenne de 10 nuits/décennie pour les 8 stations.

Tableau 30 : Tendances et variation du nombre de jours et nuits chauds

Station	Nombre de nuits chaudes			Nombre de jours chauds		
	p-value	Tendance décennale	Evolution entre 1961 et 2010 (en jours)	p-value	Tendance décennale	Evolution entre 1961 et 2010 (en jours)
Agadez	0	11,71	59	0	6,20	31
Konni	0	9,78	49	0,001	4,64	23
Mainé soroa	0	10,55	53	0	5,03	25
Maradi	0	10	50	0,42	1,14	6
Niamey	0	6,24	31	0,019	3,39	17
Tahoua	0	8,24	41	0,132	-2,51	-13
Tillabéry	0	10,93	55	0	5,87	29
Zinder	0	15,37	77	0	10,9	55
Moyenne		10,35	52		4,07	22

A l'exception de Maradi et Tahoua, les jours chauds des autres stations se caractérisent par une tendance évolutive significative avec des p-values comprises entre 0 et 0,0019 (Tableau 30). Pour Maradi et Tahoua, la non significativité des tendances s'explique par la proximité à des vallées et les activités agricoles continues qui sont menées toute l'année autour de ces villes. Les tendances significatives des jours chauds varient entre 11 jours/décennie à Zinder ($T_x > 39,9^\circ\text{C}$) et 3 jours/décennie à Niamey ($T_x > 40,1^\circ\text{C}$), soit une moyenne pour les 6 stations de 6 jours/décennie.

La comparaison des moyennes décennales 1961_1970 et 2001_2010 (Figure 43) montre que le nombre de nuits chaudes a augmenté de 40 (de 24 à 64 nuits) soit une augmentation de 169% par rapport à la décennie 60. Le nombre de jours chauds a augmenté de 20 (de 54 à 74 jours) soit une augmentation de 38% par rapport à la décennie 60. En définitive, le nombre de nuits et jours chauds présente une forte variabilité interannuelle, et spatiale et l'augmentation du nombre de nuits chaudes est deux (2) fois supérieure à celle des jours chauds. En effet, par temps clair (sans

nuage), le rayonnement nocturne permet à la terre de libérer de la chaleur. Par contre, par temps couvert, ce rayonnement est emprisonné au tour de la terre : c'est l'effet de serre. L'effet de serre dû à l'augmentation du CO₂ anthropique serait responsable de l'augmentation des extrêmes chauds selon le 5^{ème} rapport du GIEC. Ces résultats sont en accord avec la synthèse des travaux de recherches faite en 2009 à Copenhague qui soulignait une augmentation de par le globe, de la fréquence et de l'intensité des extrêmes de chaleur (The Copenhagen Diagnosis, 2009).

Les données d'enquête concordent avec les analyses des données climatiques sur les tendances à l'augmentation des nuits et jours chauds. A toutes les étapes de l'enquête, les paysans ont répété que « de nos jours, on peut difficilement dormir la nuit sans éventail ; la chaleur dans la journée est telle qu'on ne peut rien faire sans avoir une gourde d'eau à proximité ».

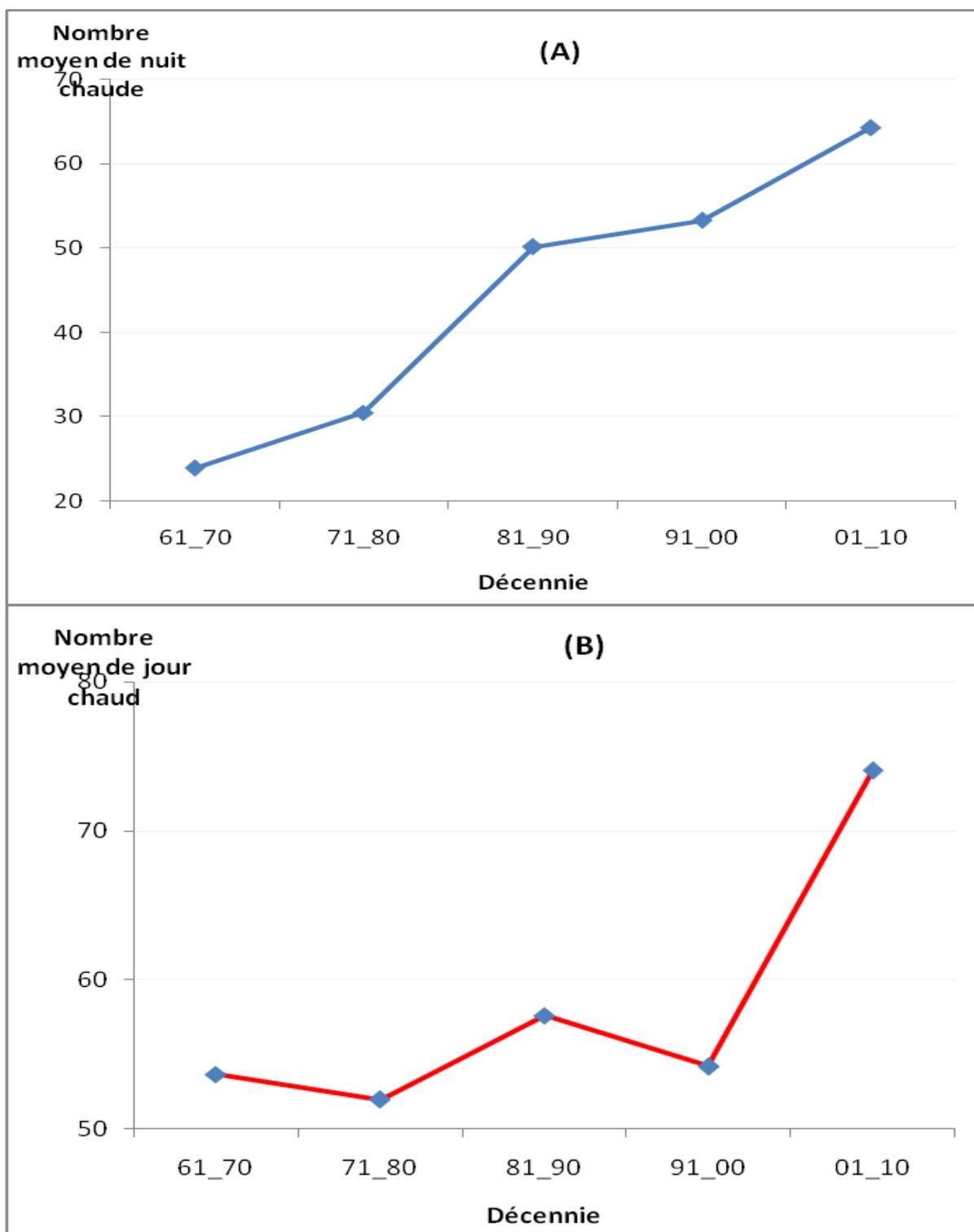


Figure 43 : A) Moyenne décennale du nombre de nuits chaudes des 8 stations ; B) Moyenne décennale du nombre de jours chauds des 8 stations.

4.2.5 Nombre et longueur maximale des vagues de chaleur

Une vague de chaleur est une succession consécutive d'au moins 6 jours où la T_x est supérieure à 40,4°C en moyenne ($T_x > 90^{\text{ème}}$ percentile) (Karl et *al.*, 1999 ; Peterson et *al.*, 2001). Le nombre et la longueur maximale de vagues de chaleur sont reportés dans le Tableau 31. L'analyse annuelle et décennale du nombre et de la longueur maximale des vagues de chaleur entre 1961 et 2010 et le test de significativité de tendance de Man Kendall au seuil de $\alpha=0,05$ font ressortir :

- une tendance statistiquement significative du nombre de vagues de chaleur pour quatre (4) des huit (8) stations. Parmi ces stations, la station de Tahoua affiche une tendance à la baisse (-0,39°C) très significative ; les trois autres stations (Agadez, Mainé Soroa, Zinder) ont une tendance à la hausse (Tableau 31). Pour ces trois stations le nombre de vague a augmenté d'environ 2 entre la décennie 60 et la décennie 2000 alors que la station de Tahoua affiche une baisse de 2 vagues ;
- une tendance statistiquement significative de la longueur maximale des vagues de chaleur pour six (6) des huit (8) stations ; parmi ces stations, 5 (Agadez, Konni Mainé Soroa, Tillabéry et Zinder) ont une tendance à la hausse tandis que la station de Tahoua affiche une baisse significative avec un p-value de 0,0372 (Tableau 31). Pour ces 5 stations, la longueur maximale des vagues a augmenté de 10 jours, tandis qu'elle est en baisse de 11 jours à Tahoua.

Tableau 31 : Tendance et variation du nombre et la longueur maximale des vagues de chaleur

Station	Nombre de vagues de chaleur			Longueur maximale de vague de chaleur		
	p-value	Tendance décennale	Evolution entre 1961 et 2010 (en jour)	p- value	Tendance décennale	Evolution entre 1961 et 2010 (en jour)
Agadez	0	0,39	2	0,006	1,64	8
Konni	0,905	-0,10	0	0,049	1,93	10
Mainé soroa	0,018	0,28	1	0,014	1,65	8
Maradi	0,186	-0,17	-1	0,167	1,61	8
Niamey	0,121	0,22	1	0,279	0,80	4
Tahoua	0,006	-0,39	-2	0,037	-2,10	-11
Tillabéry	0,065	0,22	1	0,042	1,83	9
Zinder	0,021	0,36	2	0,006	3,02	15
Moyenne		0,11	0,6		1,30	6,5

Le nombre de vagues de chaleur est resté pratiquement identique, même si une légère tendance à l'augmentation est observée au cours de la décennie 2000 (Figure 44). Par contre, la longueur maximale des vagues a significativement changé pour 6 des 8 stations. Elle est variable et plus marquée à l'échelle décennale qu'à l'échelle annuelle (Figure 45). Selon les observations de la NASA (2010), huit des neuf années les plus chaudes sur le globe depuis le début des relevés de température en 1880 ont été enregistrées après l'an 2000. Une exacerbation de ces vagues de chaleurs est attendue de par le monde (Kharin et *al.*, 2007 ; Meehl et *al.*, 2007 ; Jones et *al.*, 2008 ; CCSP, 2008 ; Alexander et Arblaster, 2009 ; The Copenhagen Diagnosis, 2009). Déjà, les observations indiquent des vagues de chaleurs de plus en plus fréquentes et intenses en Afrique (2008, 2010, 2013), Europe (2003, 2010 2013) Etats unis (2012, 2013). On observe donc, non seulement une augmentation des températures mais aussi de celle du nombre de jours consécutifs où les températures restent élevées.

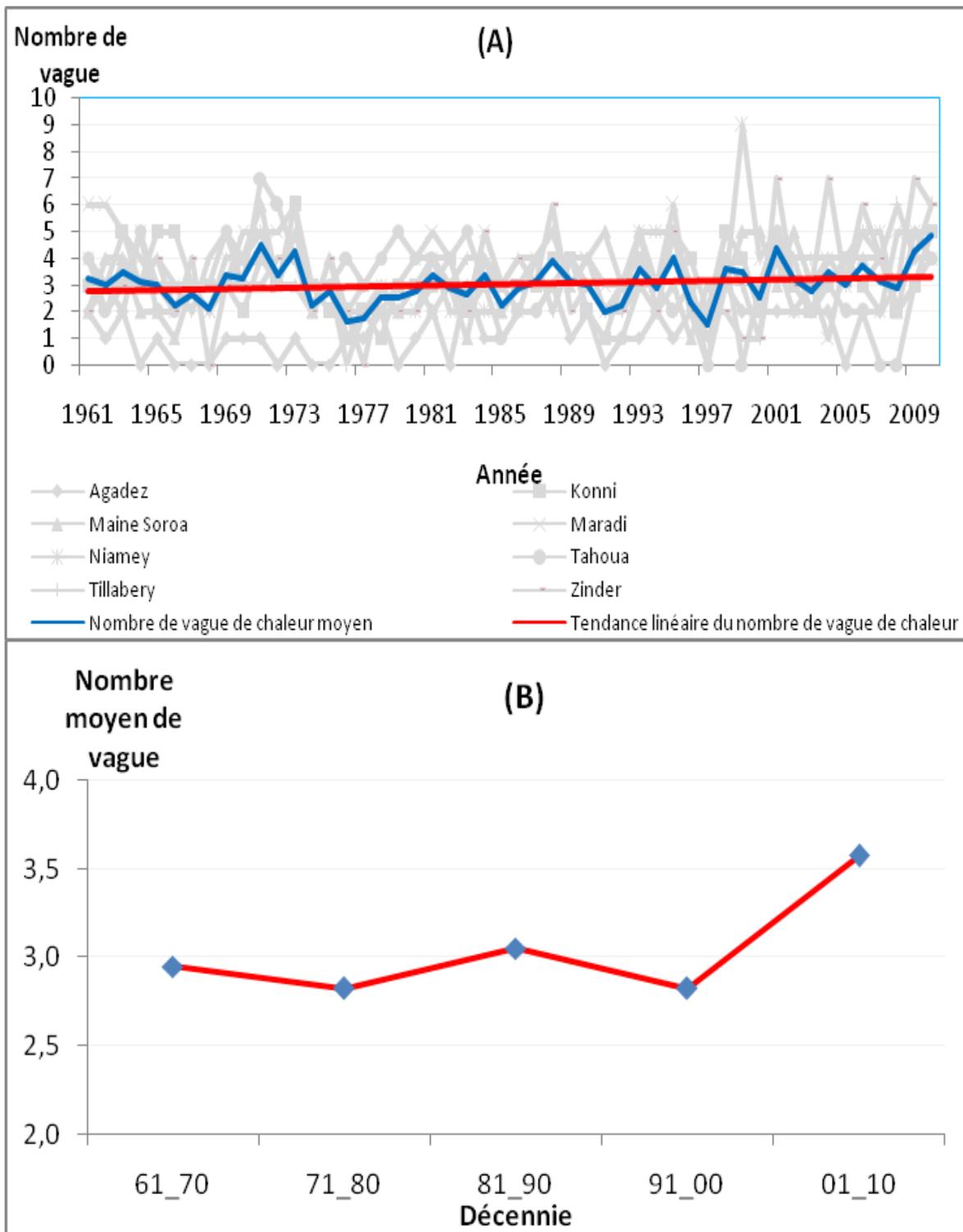


Figure 44 : A) Nombre de vagues de chaleur annuel ; B) Nombre de vagues de chaleur décennale

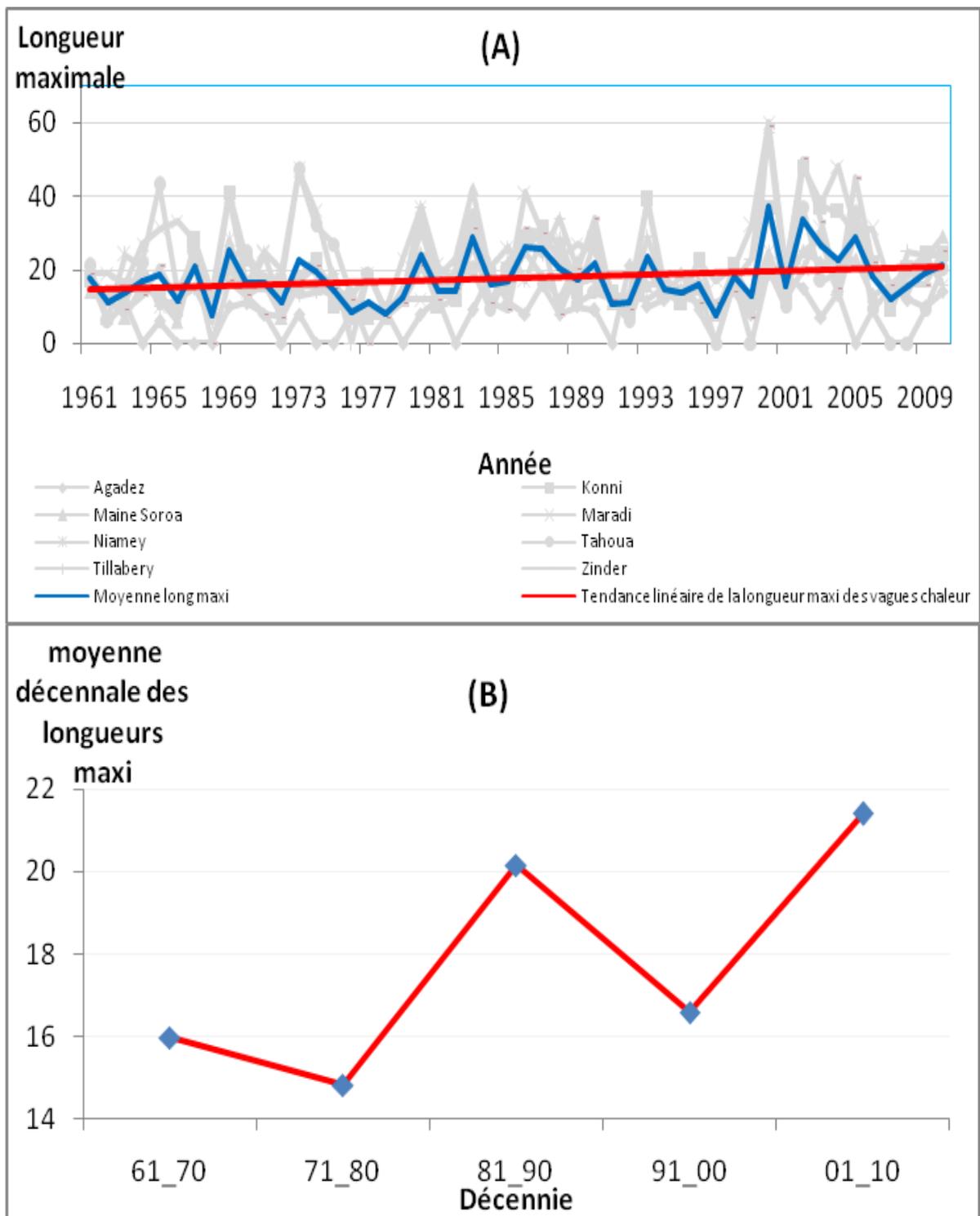


Figure 45 : A) Longueur maximale des vagues de chaleur annuelles ; B) Longueur maximale des vagues de chaleur décennales.

La Figure 46 donne une représentation des jours chauds du 1^{er} jour de l'année au 365^{ème} ou 366^{ème} jour. Cette représentation montre que (i) tous les mois connaissent des jours chauds; le maximum de jours chauds est enregistré entre le 40^{ème} et 130^{ème} jour Julien correspondant à la période comprise entre le 9 février et le 9 mai, où ils apparaissent de façon isolée dans un premier temps avant de s'intensifier ; (ii) le maximum de vague de chaleur est enregistré pendant cette période. En outre, entre le 153^{ème} (1^{er} juin) et 193^{ème} (11 juillet) jour Julien, et entre le 257^{ème} (13 septembre) et le 340^{ème} (5 décembre) jour julien, on y rencontre une concentration de jours chauds mais rarement de vague de chaleur. Ces périodes d'exacerbation des extrêmes chauds coïncident avec les périodes de pratique des cultures de contre saison, et d'initiation végétative pour les cultures pluviales.

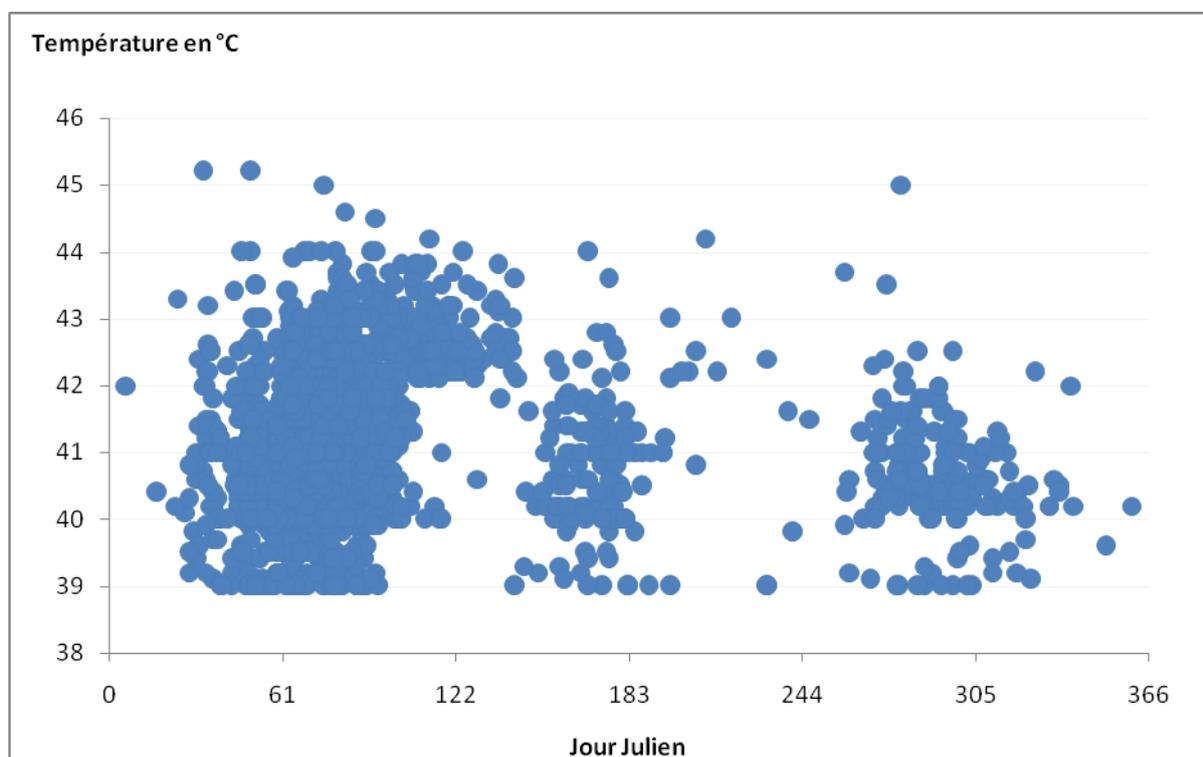


Figure 46 : Représentation Temporelle des jours chauds des 8 stations sur la période de 1961 à 2010

4.2.6 Nombre de nuits et jours froids

Sont considérés comme jours froids, le nombre de jours où T_x est inférieur à 32,3°C ($T_x < 10^{\text{ème}}$ percentile) et comme nuits froides, le nombre de nuits où T_n est inférieur à 17,5°C ($T_n < 10^{\text{ème}}$ percentile) (Karl *et al.*, 1999 ; Peterson et Coauthors,

2001). Entre 1961 et 2010 les nuits froides des différentes stations se caractérisent par une variabilité interannuelle, spatiale et une tendance évolutive à la baisse très significative (p-value=0). Ces tendances (Tableau 32) varient entre -11 nuits/décennie à Zinder (TN<17,8°C) et -7 nuits/décennie à Agadez (TN<15,9°C), soit une moyenne pour les 8 stations de -9 nuits/décennie (TN<17,5°C).

Tableau 32 : Nombre de jours et de nuits froids

Station	Nuit froide			Jour froid		
	p-value	Tendance décennale	Evolution entre 1961 et 2010 (en jour)	p-value	Tendance décennale	Evolution entre 1961 et 2010 (en jour)
Agadez	0	-6,7	-33	0.076	-2,6	-13
Konni	0	-9,9	-49	0.027	-4,27	-21
Mainé soroa	0	-7,7	-39	0.039	-3,25	-16
Maradi	0	-10,8	-54	0.404	-1,63	-8
Niamey	0	-7,0	-35	0.038	-3,68	-18
Tahoua	0	-6,8	-34	0,367	-1,77	-9
Tillabéry	0	-9,1	-46	0	-7,82	-39
Zinder	0	-11,4	-57	0	-8,11	-41
Moyenne		-8,7	-43,3		-4,14	-20,7

La tendance des jours froids se caractérise aussi par la même variabilité avec une tendance à la baisse évolutive et significative (p-value comprise entre 0 et 0,039) pour cinq (5) des huit stations (Tableau 32). Les tendances significatives des jours froids varient entre -8 jours/décennie à Zinder (Tx<31,7°C) et -3 jours/décennie à Mainé Soroa (Tx<32,0°C) soit une moyenne pour les 5 stations de -5 jours/décennie (Tx<32,6°C). Pour les trois autres stations (Agadez, Maradi et Tahoua), la tendance est également à la baisse même si elle n'est statistiquement significative.

Comparée à la décennie 60, la moyenne (des 8 stations) du nombre des nuits froides de la décennie 2000, se caractérise par une baisse de 36 nuits froides (de 95 à 59 nuits froides). Cette baisse est régulière et continue sur toute la période (Figure 47A). Le nombre de jours froids varie très peu (Figure 47B) au cours des décennies 60, 70, 80, 90. La décennie 2000 se caractérise par une chute brusque de -18 jours froids (de 77 à 59 jours froids). Ces résultats sont en phase avec les conclusions et

prévisions de travaux précédents faisant état de l'augmentation des extrêmes de chaleur, et de diminution des extrêmes de froid pour la plupart des régions du globe (Kharin et al., 2007 ; Meehl et al., 2007 ; Jones et al, 2008 ; CCSP, 2008 ; Alexander et Arblaster, 2009 ; The Copenhagen Diagnosis, 2009).

Les enquêtes menées dans la région de Tillabéry confirment ces tendances car à l'unanimité les personnes enquêtées affirment que « durant toute l'année, on peut dormir sans se couvrir, ce qui n'était possible auparavant qu'en saison chaude».

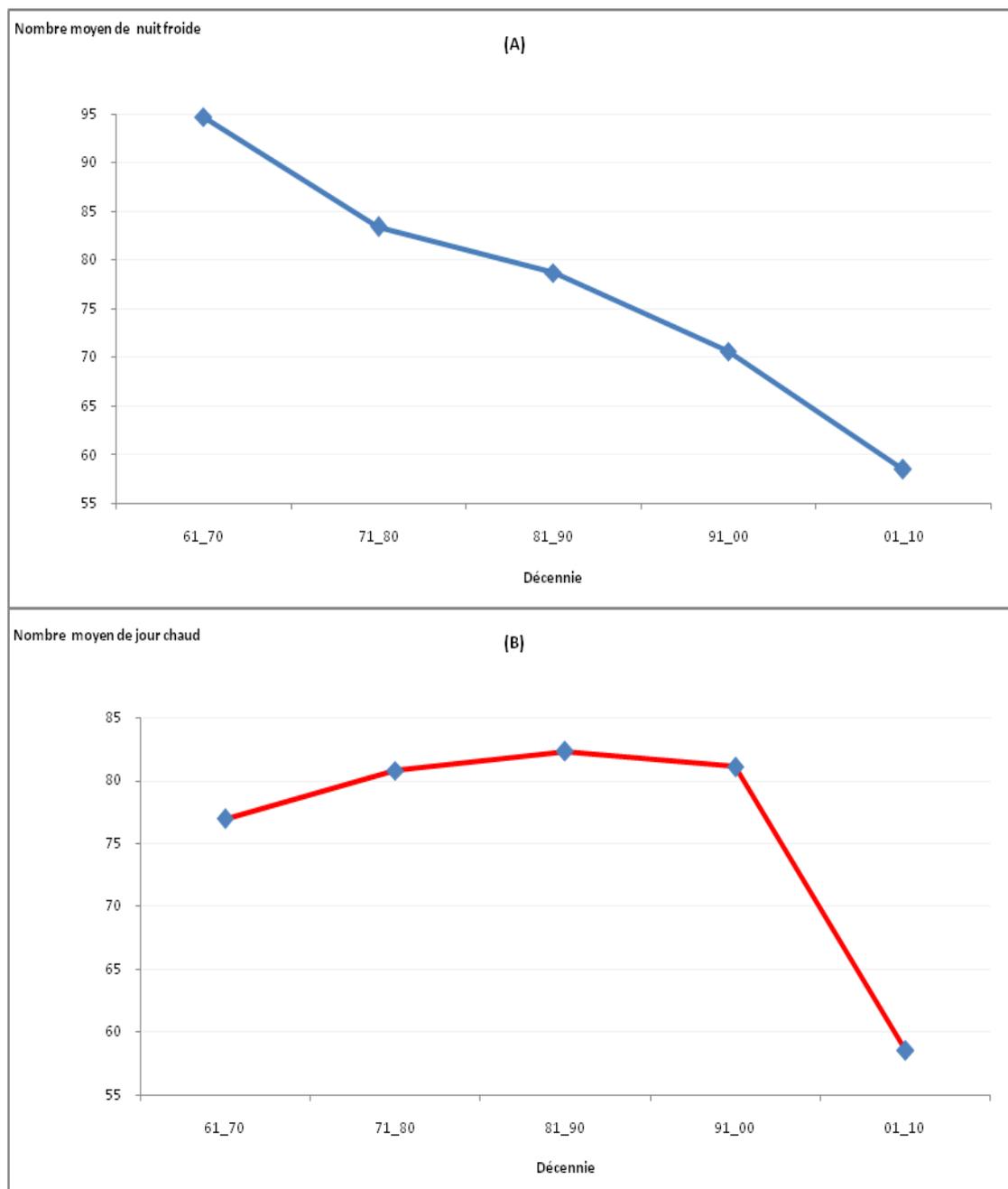


Figure 47 : A) Moyenne décennale du nombre de nuits froides; B) Moyenne décennale du nombre de jours froids

4.2.7 Nombre et longueur maximale des vagues de froid

Une vague de froid est une succession consécutive d'au moins 6 jours où la $T_n < 17,5^\circ\text{C}$ en moyenne ($(T_n < 10^{\text{ème}} \text{ percentile})$). (Karl et al., 1999 ; Peterson et al., 2001). L'analyse du nombre et de la longueur maximale des vagues de froid entre 1961 et 2010 fait ressortir une variabilité interannuelle, spatiale et une baisse statistiquement très significative au seuil de $\alpha=5\%$ de la longueur maximale des vagues de froid (Tableau 33)). Concernant le nombre de vagues de fraîcheur, bien que la tendance soit à la baisse, elle n'est statistiquement significative que pour 4 des 8 stations (Tableau 33). Au cours des 50 dernières années (1961-2010), le nombre de vagues de froid a baissé en moyenne de 1,3 vague, et la longueur moyenne de 20,6 jours (Tableau 33).

Tableau 33 : Tendance et variation du nombre et de la longueur maximale des vagues de froid

Station	Nombre de vagues de froid			Longueur maximale de vague de froid		
	p-value	Tendance décennale	Evolution entre 1961 et 2010 (en jour)	p-value	Tendance décennale	Evolution entre 1961 et 2010 (en jour)
Agadez	0,134	-0,2	-1	0.006	-2,7	-13
Konni	0,004	-0,4	-2	0	-3,0	-15
Mainé soroa	0,612	-0,1	0	0	-4,6	-23
Maradi	0,141	-0,2	-1	0	-4,8	-24
Niamey	0,324	-0,1	-1	0	-4,2	-21
Tahoua	-0,031	-0,4	-2	0	-4,5	-22
Tillabéry	0,003	-0,3	-2	0	-3,9	-20
Zinder	0	-0,5	-3	0	-5,3	-26
Moyenne		-0,3	-1,3		-4,2	-20,6

Le nombre de vagues de froid annuel et l'agrégation décennale de ces données (Figure 48A et Figure 48B) montre qu'entre la décennie 60 et la décennie 2000, le nombre de vagues a baissé de 26%, passant de 4,3 à 3,2 vagues. La longueur des vagues a baissé de 53% passant de 32,3 à 15,2 jours au cours de la décennie 2000.

Le nombre de vagues de fraîcheur est donc en baisse pour toutes les stations bien qu'il ne soit significatif que pour 50% des stations. Quant à la longueur maximale de vagues de froid (Figure 49A et Figure 49B), elle baisse de façon significative pour toutes les stations.

Des recherches antérieures (Kharin et *al.*, 2007 ; Meehl et *al.*, 2007 ; Jones et *al.*, 2008 ; CCSP, 2008 ; Alexander et Arblaster, 2009 ; The Copenhagen Diagnosis, 2009) ont également fait état de la diminution des extrêmes de froid dans la plupart des régions du globe.

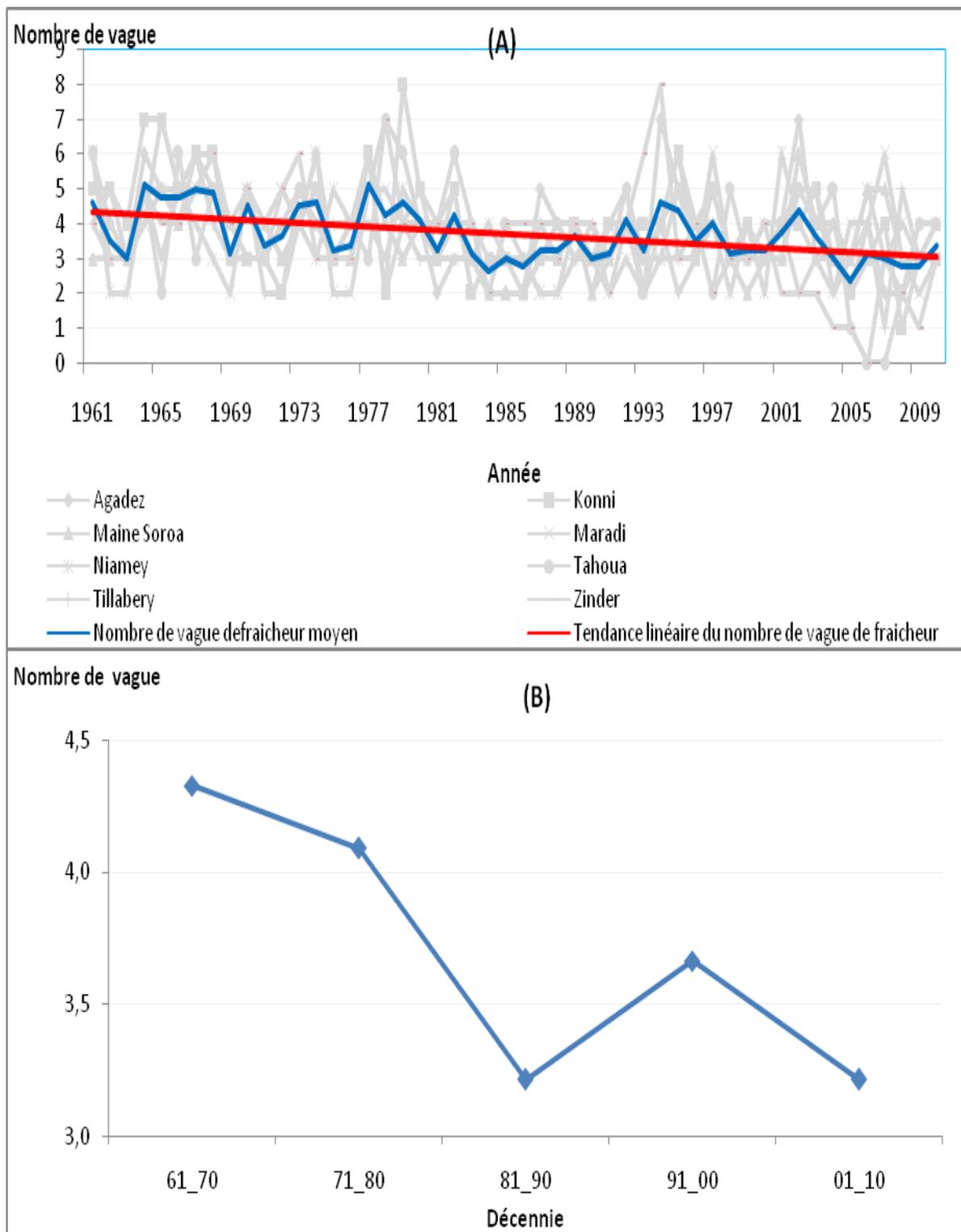


Figure 48 : A) Nombre de vagues de froid annuel ; B) nombre de vagues de froid décennal

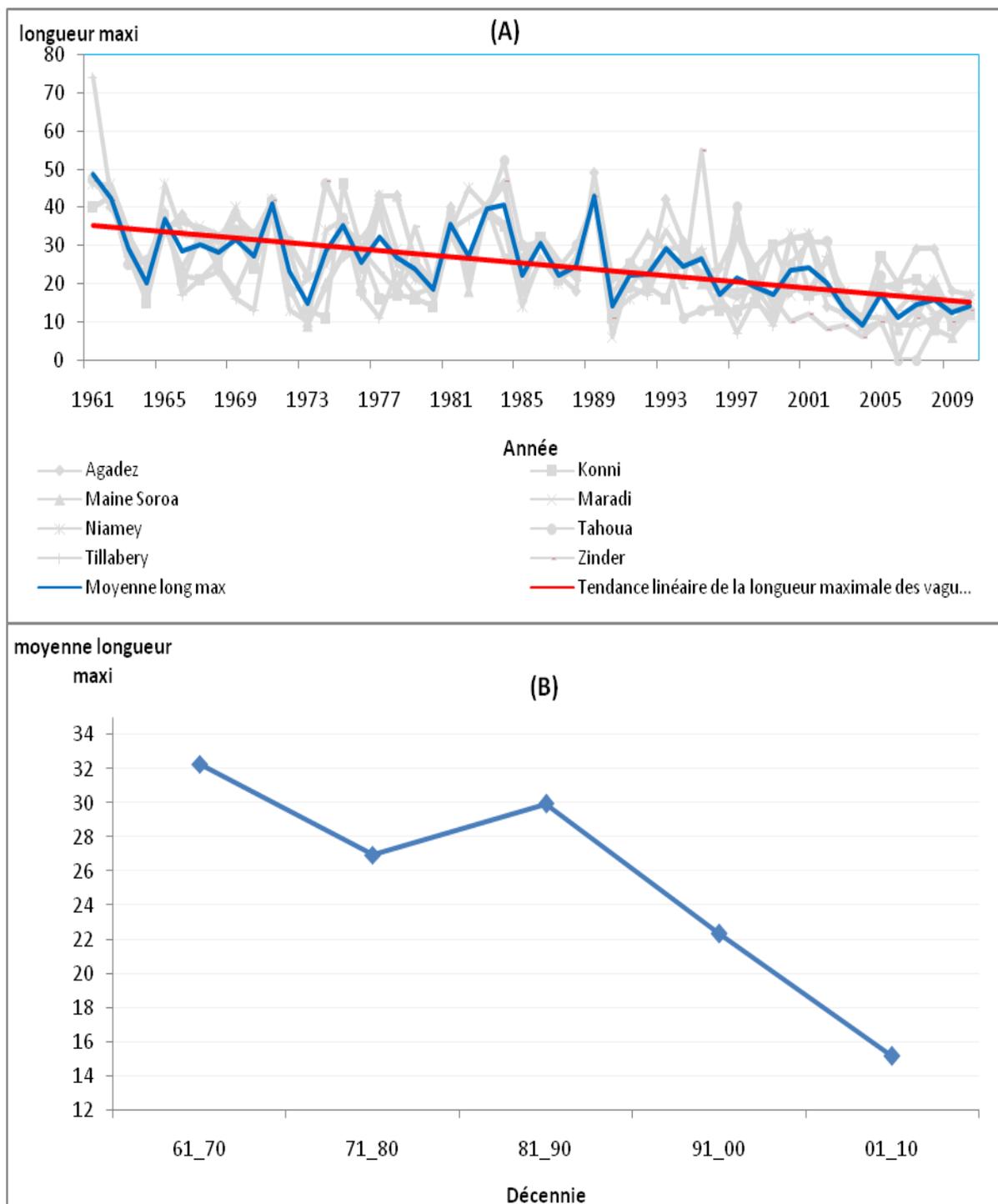


Figure 49 : A) Longueur maximale des vagues de froid annuelle ; B) Longueur maximale des vagues de froid décennale.

La Figure 50 donne une représentation des jours froids du 1^{er} jour de l'année au 365^{ème} ou 366^{ème} jour. Cette représentation indique que pour les 8 stations, il ne fait froid qu'entre le 290^{ème} (année n) et le 75^{ème} (année n+1) jour julien, correspondant

à la période comprise entre le 16 octobre et le 15 mars. Le maximum de jours froids et de vagues de froid est enregistré entre le 320^{ème} (année n) et le 60^{ème} (année n+1) jour julien soit entre mi-novembre et fin février.

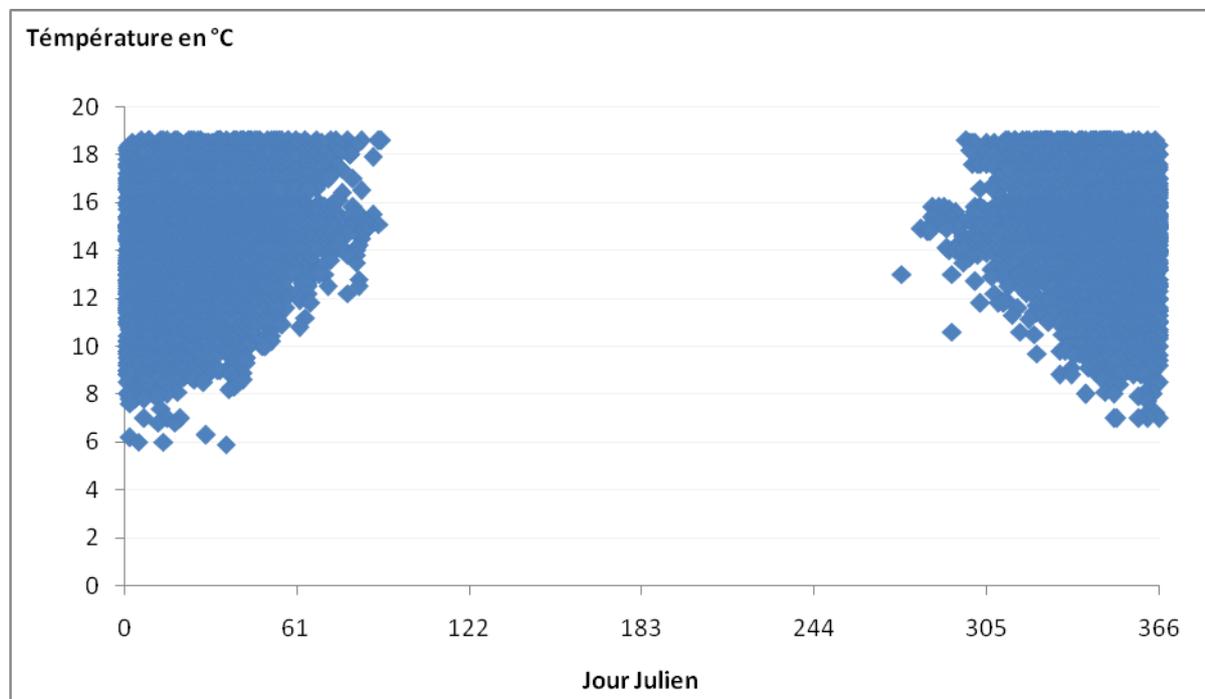


Figure 50 : Représentation temporelle des jours froids des 8 stations de 1961 à 2010

L'analyse des données de température permet d'identifier des risques pour la culture en pluviale du mil et du sorgho.

Risques liés aux moyennes annuelles de températures : la hausse des moyennes de températures minimales et maximales de toutes les saisons. Cette hausse augmente l'assèchement des sols, les besoins en eaux et les risques d'échaudage de toutes cultures en général et en particulier celles du mil et du sorgho (Maiga, 2005 ; Sarr *et al.*, 2007 ; Durand, 2007 ; Molua, 2008 ; CILSS/CRA, 2009 ; Lelièvre *et al.*, 2009 ; CILSS/CRA, 2010 ; Kotir, 2010 ; Lelièvre *et al.*, 2011 ; Gnanglè *et al.*, 2011);

Risques liés aux extrêmes de température :

- La hausse de tous les extrêmes chauds (le maximum et minimum des Tn et Tx ;le nombre de jours et nuits chauds ;le nombre et la longueur des vagues de chaleur)

- La baisse de tous les extrêmes froids (le nombre de jours et nuits froids ;le nombre et la longueur des vagues de froid).

La tendance de ces extrêmes amplifie les conséquences décrites plus haut.

4.2.8 Analyse des données d'enquête sur le vent

Lors des enquêtes sur l'impact des risques climatiques sur les pratiques agricoles du mil et du sorgho, les paysans ont relevé avec insistance les impacts négatifs du vent sur les cultures du mil et du sorgho et leurs stratégies pour préserver la production. C'est pourquoi, bien que ce travail n'ait pas abordé le paramètre climatique vent, il est important de rapporter les risques climatiques lié aux vents qui sont vécu par les personnes enquêtés. Ainsi, comme risque climatique lié au vent, 92% des enquêtés citent :

- les vents de sable en début de campagne qui ensevelissent les semis et assèchent les sols ;
- et les vents forts en phase épiaison qui assent les tiges de mil et de sorgho en phase de reproduction.

Pendant la saison des pluies ces deux phénomènes sont généralement liés aux grains qui accompagnent les évènements pluvieux convectives communément appelés les lignes de grains.

Conclusion partielle

L'analyse des données de pluviosité a permis d'identifier deux régimes pluviométriques au Niger : un régime Ouest et un régime Est qui se différencient par les dates de début et de fin des pluies et la quantité de pluie du mois le plus pluvieux.

En outre, cette analyse a permis d'identifier des risques globalement négatifs pour la culture du mil et du sorgho. Mais la tendance de ces risques est statistiquement non significative. Cependant, les effets cumulés de ces risques ont abouti à une dégradation de la qualité de la saison des pluies en terme de (i) baisse de la qualité de la distribution spatiales des pluies (les pluies sont très localisées), (ii) baisse de la distribution temporelle des pluies (fréquence et longueur des séquences sèches, (iii) diminution du nombre de jours de pluie et (iv) baisse de la qualité des pluies (beaucoup d'inondations et de sècheresses).

L'analyse des données de températures a permis d'identifier que les températures de toutes les saisons et particulièrement celles de la saison des pluies ont augmenté. Tous les extrêmes chauds (le maximum des Tn et Tx, le nombre de jours et de nuits chauds, le nombre de vagues de chaleur) ont augmenté, et tous les extrêmes froids (le nombre de jours et de nuits froids, le nombre de vagues de froid) ont baissé.

La tendance à la hausse des températures et des extrêmes chauds de température, et la baisse des extrêmes froids de température est statistiquement significative ce qui permet de conclure à un changement des températures observées sur la période de 1961 à 2010. Cependant, les données de pluviosités ne dégagent aucune tendance statistiquement significative sur la période de 1961 à 2010 pour les trois zones climatiques du Niger.

Les résultats issues du traitement des données de pluviométrie et de températures a permis d'identifier des risques climatiques pour la culture du mil et du sorgho au Niger, vérifiant ainsi notre première hypothèse à savoir : « Les principaux risques climatiques sont : la dégradation de la qualité de la saison des pluies, l'augmentation des extrêmes chauds et des températures de toutes les saisons, et la baisse de tous les extrêmes froids ».

Comme la baisse de la qualité de la saison des pluies impacte négativement la culture du mil et du sorgho, les producteurs réagissent et adoptent des pratiques culturales afin de protéger leurs productions céréalières.

CHAPITRE 5 : IMPACTS DES RISQUES CLIMATIQUES SUR LES PRATIQUES CULTURALES ET ADAPTATIONS

Pour savoir comment les producteurs adaptent leurs pratiques culturelles, il est indispensable d'énumérer les pratiques culturelles du mil et du sorgho dans la région de Tillabéry, afin de voir en fonction des risques climatiques, quelles sont les pratiques qui sont impactées. Ce chapitre aborde donc cette problématique en présentant au préalable le classement fait par les producteurs, des risques climatiques par ordre d'impacts majeurs sur les pratiques culturelles du mil et du sorgho

5.1 Hiérarchisation des risques climatiques suivant les impacts sur les pratiques culturelles du mil et du sorgho

Les enquêtes effectuées dans la région de Tillabéry ont permis d'identifier et de classer sept (7) risques climatiques qui ont des impacts majeurs sur les pratiques culturelles du mil et du sorgho. Les personnes enquêtées sont unanime (100%) pour dire que les séquences sèches, le démarrage tardif des pluies, les vents de sable en début de saison des pluies et la fin précoces des pluies sont les facteurs qui impactent le plus les pratiques culturelles (Tableau 34).

Tableau 34 : Classement par les producteurs des risques climatiques par ordre d'impacts sur les pratiques culturelles du mil et du sorgho

classement	Risques climatiques	% des enquêtés
1	Séquences sèches	100
2	Démarrage tardif des pluies	100
3	Vent de sable en début de saison	100
4	Fin précoce des pluies	100
5	Fortes températures	87,5
6	Inondation	82,5
7	Pluies hors saison	35

5.2 Impacts des risques climatiques sur les pratiques agricoles du mil et du sorgho et adaptation

5.2.1 Pratiques culturelles du mil et du sorgho dans la région de Tillabéry

Les enquêtes menées dans la région de Tillabéry ont permis de dénombrer des pratiques culturelles diverses et variées. Le Tableau 35 résume les pratiques culturelles de la région et les facteurs qui les influencent.

Tableau 35 : Facteurs influençant les pratiques culturelles dans la région de Tillabéry

Pratiques	Facteurs influençant
Acquisition de champ	Démographie, moyens financiers
Préparation et gestion de la fertilité du sol	Vulgarisation agricole, facteur climatique, taille du champ, état du sol, moyens financiers, démographie
Semis	Facteur climatique, vulgarisation agricole, moyens financiers, démographie, taille et nombre des champs, disponibilité de semence
Sarclage	Vulgarisation agricole, facteur climatique, taille du champ, état du sol, moyen matériel, humain et financier, démographie
Démariage	Facteur climatique, vulgarisation agricole, type de labour, moyens financiers, démographie
Lutte contre les ennemis des cultures	Moyens matériels, humains et financiers, vulgarisation agricole, moyens mis par l'Etat, type d'attaque
Récolte	Maturité des graines, attaques phytosanitaires ; facteurs sociaux, situation alimentaire
Séchage récolte	Maturité des graines ; facteurs sociaux
Transport et stockage récolte	Moyens de transport et financiers, facteurs sociaux
Gestion récolte	Quantités produites, facteurs sociaux, taille de la famille

Les détails des variables de pratiques et les facteurs qui les influencent sont consignés dans les tableaux en Annexe 2. Comme les pratiques culturelles

influencées par les risques climatiques constituent notre centre d'intérêt, ces pratiques sont extraites et analysées.

5.2.2 Adaptation aux impacts des risques climatiques sur les pratiques culturelles

Le Tableau 36 indique les variables des pratiques culturelles impactées par les risques climatiques. Les populations ont adapté quatre pratiques culturelles aux risques climatiques. Parmi ces adaptations une seule, la préparation et gestion de la fertilité des champs est une adaptation stratégique. Les trois autres sont des adaptations techniques. Pour rappel les adaptations (Lona, 2010):

- **techniques**, sont des mesures pratiques que l'agriculteur prend au jour le jour pour adapter ses activités champêtres aux contraintes et opportunités qui se posent ;
- **stratégiques**, sont des mesures pratiques que l'agriculteur prend pour orienter son système de production à moyen terme en fonction des contraintes et des opportunités ;
- **institutionnelles**, sont des mesures que le producteur prend pour intégrer une institution, une organisation (les ONGs, les coopératives, les groupes de travail communautaire...) afin d'accéder à un crédit, un service, une information, aux biens de consommation pouvant l'aider à développer ses activités de production céréalière du mil et du sorgho.

Les enquêtes ont fait ressortir que les populations enquêtées ne font pas de projection de leurs exploitations à moyen et long terme. Pratiquement, tous lient l'avenir de leur champ à Dieu. Leur réticence à faire des choix stratégiques peut aussi s'expliquer par le manque de moyens matériels et financiers.

Tableau 36 : Pratiques culturales influencées par les risques climatiques

Pratique culturale	Variables impactées	Type de risque climatique
Préparation et gestion de la fertilité des sols	Abattage des ligneux et dessouchage	Chaleur Vents de sable
	Boisement /reboisement	Chaleur Vents de sable
	Dispositifs antiérosifs	La pluviométrie, les vents de sable
Semis	Semis à sec	L'alternance rapprochée entre années sèches et années humides ; l'augmentation des séquences sèches, la hausse des températures
	Semis en humide (date ou indicateur)	La hausse des séquences sèches ; la hausse des températures ; l'alternance d'années sèches et d'années humides
	Cycle des variétés semées	Le début tardif ; la fin précoce des pluies, la longueur de la saison ; la hausse des séquences sèches ; la hausse des températures ; l'alternance d'années sèches et humides.
	Densité des poquets	la hausse des séquences sèche, la baissent de la pluviométrie ; la hausse des températures
	Nombre de graines par poquet	La hausse des séquences sèches ; la baisse de la pluviométrie, la hausse des températures, le vent de sable à la levée
	Ressemis	La hausse des séquences sèches ; la hausse des températures ; l'alternance d'années sèche et humide ; la baisse de la pluviométrie ; les vents de sable
	Nombre de sarclages	La hausse des séquences sèches ; la variabilité de la pluviométrie ; la hausse des températures,
Sarclage	indicateur du démarrage des sarclages	La pluviométrie
	Nombre de plants restant par poquet	La hausse des séquences sèches, l'alternance années sèches années humides ; les vents de sable, la hausse des températures
Démariage	Couplage sarclage et démariage	La régularité de la pluviométrie

5.2.2.1 Préparation et Gestion durables des terres

Abattage des ligneux et le dessouchage.

Avant dans les travaux de préparation du champ, la quasi-totalité des producteurs abattent, dessouchent et brûlent les ligneux et les tiges et les souches de mil et sorgho. Cette pratique est de plus en plus délaissée. 40% des enquêtés lient le changement de la pratique à la hausse des températures ; 25% aux vents de sable de début de saison qui ensevelissent les semis et enfin, 35% aux actions de vulgarisation agricole. La pratique qui est courante de nos jours, est l'abattage, le dessouchage et le dépôt des ligneux et tiges sur les glacis et dans les ravines. Rares sont ceux qui pratiquent le brûlis (Tableau 37). Par rapport au dessouchage des pieds de mil et du sorgho, les producteurs des localités de Say, Torodi, Téra, abandonnent la pratique, laissent en place les pieds pour protéger la levée du mil et du sorgho par rapport au vent de sable. Au voisinage des villages, les tiges de mil et de sorgho sont coupées à 30 cm au-dessus du sol pour protéger les poussins des éperviers et des aigles.

Tableau 37 : Evolution de la pratique d'abattage des ligneux et du dessouchage

Pratiques	Avant (%)	Maintenant (%)	Impact	Adaptation
Abattage dessouchage et brulis	100	0	Dégradation des sols	Abattage + dessouchage et dépôt sur sol nu
Abattage et dépôt sur sol nu	0	55		
Non abattage plus dessouchage	0	30		
Non abattage et non dessouchage	0	15		

Boisement / reboisement

Auparavant, les terres étaient tellement boisées que pratiquement personne ne plantait d'arbre. De nos jours, la dégradation de l'environnement est telle que les actions de plantations individuelles et collectives se multiplient surtout avec l'appui des projets de développement et de lutte pour la sécurité alimentaire (Tableau 38). 52,5% des enquêtés lient la pratique à la hausse des températures, 12,5% aux vents forts (qui ensevelissent les semis et cassent les tiges de mil et de sorgho à l'épiaison) et 35% aux actions de vulgarisation agricole.

Tableau 38 : Evolution de la pratique du boisement et du reboisement des champs de mil et de sorgho

Pratiques	Avant(%)	Maintenant(%)	Impact	Adaptation
Boisement et reboisement	0	97,5	Désertification (chaleur, vent de sable)	Boisement et reboisement
Pas de plantation d'arbre	100	2,5	<ul style="list-style-type: none"> • Semis ensevelis • Tiges de céréale cassées 	

Dispositifs antiérosifs

Auparavant, le couvert végétal empêchait l'érosion des terres par le vent et le ruissellement. De nos jours la dégradation du couvert a permis au vent et à la pluie d'avoir une emprise sur les terres. Pour contrer cette dégradation, des actions CRS/DRS (Conservation et Restauration des Sols / Défense et Restauration des Sol) individuelles et collectives se multiplient surtout avec l'appui des projets de développement et de lutte pour la sécurité alimentaire. 60% des enquêtés lient la pratique à la dégradation des terres à l'érosion hydrique et éolienne, aux pluies extrêmes et aux vents forts et 40% aux actions de vulgarisation agricole et aux actions de food for work de l'Etat, des projets et ONGs.

Tableau 39 : Evolution de la mise en œuvre d'actions antiérosives des champs de mil et sorgho

Pratiques	Avant(%)	Maintenant (%)	Impact	Adaptation
CRS/DRS	0	100	Dégradation des terres	Mise en œuvre des actions de CRS/DRS
Pas de CRS/DRS	100			

5.2.2.2 Pratiques de semis

Semis à sec

Auparavant, la pratique consistait à semer le mil à partir du 7^{ème} mois. C'est-à-dire qu'exactement 7 mois après la dernière pluie de la saison précédente, les paysans sèment avec ou sans pluies (c'est généralement sans pluie). Cette pratique permettait aux producteurs de gagner du temps en début de campagne parce qu'ils avaient plusieurs champs. De nos jours, les incertitudes de début de campagne, l'alternance rapprochée entre année sèche et année humide, l'augmentation des séquences sèches, la hausse des températures, le manque de semences, la taille et

le nombre des champs et la vulgarisation agricole font que la pratique est délaissée (Tableau 40). 89% des enquêtés lient le changement de la pratique aux risques climatiques : hausse des séquences sèches, alternance d'années sèches et humides et hausse des températures ; 8% au manque de semence et enfin, seuls 3% lient le changement à la vulgarisation agricole à la taille et au nombre des champs.

Tableau 40 : Evolution de la pratique du semis à sec

Pratiques	Avant (%)	Maintenant (%)	Impact	Adaptation
Semis à sec délaissé	0	83	Abandon du semis à sec	Semis en humide
Semis à sec rare	0	14		
Semis à sec	100	3		

Semis en humide

Cette pratique consistait auparavant, à semer le mil à la première pluie après le 7^{ème} mois. De nos jours, le nombre de ressemis occasionnés par les débuts "hésitants" de la saison agricole ont amené les producteurs à s'assurer de l'installation effective des pluies avant de semer (Tableau 41). Généralement, ils sèment après une bonne humectation du sol. Cependant, beaucoup de producteurs (76%) affirment que quand la saison est en retard (fin juillet), ils sèment même avec des petites quantités de pluie (<10 mm). 88% des enquêtés lient le changement de la pratique aux risques climatiques : hausse des séquences sèches, hausse des températures, alternance d'années sèches et humides. Seuls 12% lient le changement à la vulgarisation agricole, à la taille et au nombre des champs.

Tableau 41 : Evolution de la pratique du semis en humide

Pratiques	Avant(%)	Maintenant(%)	Impact	Adaptation
Semis en fonction de l'appréciation personnelle du producteur	0	95	Abandon du semis la 1 ^{ère} pluie après le 7 ^{ème} mois et à la 1 ^{ère} grande pluie	Semis en fonction de l'appréciation personnelle du producteur de la pluie tombée
1 ^{ère} pluie après le 7 ^{ème} mois	62,5	2,5		
1 ^{ère} grande pluie	37,5	2,5		

Variétés semées

Auparavant les producteurs sélectionnaient leurs semences de mil et sorgho à la fin de chaque campagne agricole. Ils choisissaient les meilleurs épis de mil et panicule de sorgho qu'ils séchaient à l'ombre d'un arbre. A la veille du 7^{ème} mois (1 à 2 semaine avant), ils sélectionnent les meilleures graines pour les opérations de semis à sec et en humide. Donc les producteurs ne semaient que leurs variétés traditionnelles bien adaptées aux conditions écologiques de leurs localités. De nos jours, les enquêtés répondent à l'unanimité que beaucoup ont abandonné les variétés à cycle long ; ceux qui sont plus nantis payent des variétés hâtives améliorées car du fait des mauvaises saisons agricoles, beaucoup ont perdu leurs variétés traditionnelles locales (Tableau 42). Beaucoup de producteurs se procurent des semences au marché sans connaître la provenance. Dans les localités de Ouallam et Filingué, beaucoup de producteurs ont adopté les variétés précoces dans le but de réduire la période de soudure (généralement de mai à septembre). Dans le département de Téra, en cas de démarrage tardif de la saison, les producteurs sèment un sorgho rouge hâtif qu'ils appellent « Magadjé » en langue Peuhl. 90% des enquêtés lient ce changement de pratique aux risques climatiques : début tardif, fin précoce, hausse des séquences sèches, hausse des températures, alternance d'années sèches et humides. Seul 10% lient le changement à la vulgarisation agricole et à la disparition des variétés traditionnelles.

Tableau 42 : Evolution du choix des variétés semées

Pratiques	Avant (%)	Maintenant (%)	Impact	Adaptation
Semis des Variétés précoces et tardives (locales)	100	23	Abandon des variétés tardives	Utilisation des Variétés précoces locales ; et des variétés hâtives améliorées
Semis des Variétés précoces (améliorées)	0	67		

Densité des poquets au semis

Avant, les producteurs pratiquaient des poquets peu denses du fait des conditions d'humidité et de fertilité des sols qui favorisaient le tallage du mil et du sorgho (82% des enquêtés le disent). De nos jours, il y a moins de tallage et pour compenser, ils ont augmenté le nombre de poquets en resserrant les lignes et les espace inter poquets (augmentation des densités de semis). Il faut aussi souligner

que cette nouvelle pratique est contraire à la vulgarisation agricole qui préconise un écartement d'environ 1mx1m. D'autres expliquent le changement de pratique par la démographie. En effet la démographie a fait que le nombre et la taille des champs ont diminué et pour compenser beaucoup ont augmenté la densité de semis : « on maximise sur la portion de parcelle qu'on a ». Les enquêtes ont montré que seul 15% des enquêtés lient le changement de la densité de semis à la hausse des séquences sèche, à la baisse de la pluviométrie et à la hausse des températures (qui jouent un grand rôle dans l'échec des semis). Les 85% restants lient le changement à la vulgarisation agricole et aux facteurs démographiques.

Tableau 43 : Evolution de la densité des poquets

Pratiques	Avant(%)	Maintenant (%)	Impact	Adaptation
Augmentation des densités	0	82,5	Abandon des densités traditionnelles (qui sont un peu lâches)	pratique des densités de plus en plus serrées
Densités traditionnelles	100	5		
Diminution des densités	0	2,5		

Nombre de graine par poquet

Pour semer, le producteur fait les poquets avec une houe et sa famille le suit en semant en tenant une calebasse contenant les graines de mil ou de sorgho. Dans chaque trou de poquet, une quantité de graine équivalente à une pincée est semée et le poquet est refermé avec le pied. Avant, pour éviter le gaspillage de semences, les producteurs mélangent les semences avec des gros grains de sable de façon à ce que la pincée ne contienne qu'un nombre limité de semences. De nos jours, cette pratique est abandonnée (Tableau 44). 75% des enquêtés lient le changement de la pratique aux échecs de semis et au manque de tallage occasionné par les risques climatiques (hausse des séquences sèches, baisse de la pluviométrie, hausse des températures, vent de sable à la levée) et à la pauvreté des sols ; 25% lient le changement à la mauvaise qualité des semences, aux attaques des ennemis de cultures à la levée, aux enfants et ouvriers utilisés dans les opérations de semis et enfin, à l'abandon de la pratique qui consiste à mélanger les graines de mil et sorgho avec des grain de sable.

Tableau 44 : Evolution du nombre de graines par poquet

Pratiques	Avant(%)	Maintenant(%)	Impact	Adaptation
Semis d'une pincée de graines	33	100	abandon de la pratique de semis avec une pincée de semence+ grains de sable	Semis avec une pincée de semence
Semis d'une pincée de graines+ graine de sable	67	0		

Ressemis

Cette pratique consiste à remplacer les poquets manquants ou à reprendre totalement le semis. Avant, cette pratique n'était appliquée que pour les champs au voisinage du village. Les champs éloignés n'étaient pas concernés. De nos jours, cette pratique se fait sur tous les champs. Le nombre de ressemis dépend des pauses pluviométriques et des vents de sable pendant la levée. Ces dernières années plusieurs cas de ressemis sont observés (Tableau 45). A l'unanimité les producteurs indexent les risques climatiques comme la cause majeure des échecs des semis mais reconnaissent que le nombre et la taille des champs pèsent dans la décision de reprise des poquets manquants ou de ressemis total. 73% des enquêtés lient le changement de la pratique aux risques climatiques : hausse des séquences sèches, baisse de la pluviométrie, hausse des températures, alternance d'années sèche et humide les vents de sable. Seul 27% lient le changement à la vulgarisation agricole, à la taille réduite et au nombre limité des champs.

Tableau 45 : Evolution de la pratique du ressemis

Pratiques	Avant (%)	Maintenant (%)	Impact	Adaptation
1 ressemis	100	0	Beaucoup de ressemis	Semer après installation définitive de la saison des pluies
2 ressemis		1		
3 ressemis		42		
Plus de 3 ressemis		57		

5.2.2.3 Pratiques de sarclage

Nombre de sarclage

Avant, dans la totalité des localités enquêtées les producteurs pratiquent deux sarclages dans les champs au voisinage du village et un sarclage dans les champs éloignés. Cependant, en fonction des moyens matériel et humain, certains producteurs font deux sarclages même dans les champs éloignés. Le premier se fait après la levée, et le deuxième en fonction de l'enherbement du champ. Comme le sarclage des champs éloignés se fait après celui qui est proche du village, il arrive que le 1^{er} sarclage se fasse au tallage, à la montaison et même à la nouaison. Dans ce cas, ils ne font pas de deuxième sarclage. De nos jours, plusieurs cas de 3^{ème} sarclage sont signalés. Les raisons du troisième sarclage sont multiples :

- **cas des ressemis** : la reprise des semis fait que dans le même champ le paysan se retrouve avec plusieurs générations de plant de mil ou de sorgho. Très souvent pour la dernière génération il est obligé de faire un troisième sarclage pour augmenter sa production ;
- **cas de démarrage de la saison avec des traces de pluies** : dans ce cas, le paysan sème dans un champ déjà colonisé par les mauvaises herbes, ce qui conduit à un sarclage précoce qui peut déboucher sur un troisième sarclage ;
- **cas d'une année très pluvieuse** : le producteur maximise ses chances de récolte en faisant un sarclage supplémentaire ;
- **cas de labours avec charrue à traction animale ou tracteur** : le plus souvent le labour se fait avant le semis. En plus de ce labour, ils font deux autres labours manuels. Cependant il y a des producteurs qui labourent avec les charrues animales après la levée ; dans ce cas, ils labourent manuellement la ligne sur laquelle se trouvent les poquets, et après enherbement, ils font encore un autre sarclage qui est généralement manuel.

55% des enquêtés lient le changement de pratique aux risques climatiques : hausse des séquences sèches, variabilité de la pluviosité, hausse des températures. 45% lient le changement à la vulgarisation agricole, à la taille et au nombre des champs.

Tableau 46: Evolution de la pratique du sarclage

Pratiques	Avant (%)	Maintenant (%)	Impact	Adaptation
1 sarclage	5	0	Tendance à l'augmentation du nombre des sarclages	3 sarclages
2sarclages	93	83		
3sarclages	2	17		

Indicateur du moment de sarclage

Avant, l'indicateur du 1^{er} sarclage était la 3^{ème} pluie après le semis. Les producteurs estiment le temps à environ 2 semaines car les pluies étaient régulières. De nos jours, l'irrégularité des pluies et la faiblesse du taux de réussite du 1^{er} semis font que cet indicateur est abandonné. De nos jours, le sarclage ne se fait qu'en fonction de l'enherbement du champ (

Tableau 47). 27% des enquêtés lient le changement de la pratique aux risques climatiques (hausse des séquences sèches et variabilité de la pluviométrie occasionnant des reprises de semis) alors que majoritairement (73%) ils lient le changement à la vulgarisation agricole. Pour les champs éloignés, le démarrage du 1^{er} sarclage est fonction de la fin des opérations dans le premier champ.

Tableau 47 Evolution de la date de sarclage

Pratiques	Avant (%)	Maintenant (%)	Impact	Adaptation
Fonction des mauvaises herbes	0	70	Abandon du sarclage la 3 ^{ème} pluie après semi	Sarclage en fonction de la densité des mauvaises herbes
3 ^{ème} pluies après semis	100	30		

5.2.2.4 Pratiques de démariage**Nombre de plant restant après démariage**

Avant, la pratique consistait à laisser 3 à 4 plants par poquet après démariage. Mais les ressemis liés aux séquences sèches, aux fortes températures et aux vents de sable font que les producteurs ont tendance à laisser plus de plants (5 à 10 plants) dans le but de réduire les ressemis. Les agropasteurs de la zone de Tera, Torodi et Say disent laisser plus de plants dans l'espoir de récolter au moins la biomasse pour les animaux en cas d'échec de la campagne agricole. Dans la zone de Ouallam les producteurs placent le manque de tallage des plants de mil et de sorgho en tête des

causes du changement (Tableau 48). Les enquêtes ont fait ressortir que 95% des enquêtés lient le changement de la pratique aux risques climatiques (hausse des séquences sèches, alternance années sèches années humides, vents de sable, hausse des températures). Seuls 5% lient le changement à d'autres facteurs tels que le manque de tallage, l'utilisation des ouvriers agricoles et des enfants dans les opérations de sarclage et de démariage.

Tableau 48 : Evolution de la pratique du démariage

Pratiques	Avant (%)	Maintenant (%)	Impact	Adaptation
3 à 4 plants	95	2	Abandon du démariage à 3 et 4 plants	Démariage à plus de 6 plants
5 à 6 plants	5	10		
Plus de 6 plants	0	88		

Couplage sarclage et démariage

Dans la région de Tillabéry, les enquêtes ont révélé qu'avant, les deux opérations étaient manuelles et se faisaient simultanément. De nos jours, les multiples ressemis, les débuts hésitants (les traces de pluies qui profitent aux mauvaises herbes), les cultures attelées font que la pratique a changé (Tableau 49). En effet, 60% des enquêtés lient le changement de la pratique aux risques climatiques (hausse des séquences sèches, début de la saison des pluies hésitant, vents de sable, hausse des températures). Seuls 40% lient le changement aux cultures attelées.

Tableau 49 : Evolution des pratiques de sarclage et de démariage

Pratiques	Avant (%)	Maintenant (%)	Impact	Adaptation
Sarclage séparé du démariage	5	58	De moins en moins le sarclage est couplé au démariage	Sarclage séparé du démariage
Sarclage couplé au démariage	95	42		

5.3 Discussion des adaptations

Une synthèse des recherches d'impact des itinéraires techniques sur les rendements fait par Sultan (2011) a établi que des rendements moyens de 2000 kg/ha peuvent être obtenus sous une pluviométrie inférieure à 400 mm en appliquant les résultats de la recherche agronomique et en prenant en compte le

climat dans toutes les opérations agricoles. Il s'agit de discuter les adaptations adoptées par rapport aux risques climatiques en relation avec les résultats de la recherche agronomiques.

- **Pratiques de préparation et gestion durable des terres**

Les résultats des enquêtes sur les pratiques de préparation et de gestion durable des terres relevées par les enquêtes sont en accord avec les résultats de Soumana (2001) et Zeinabou (2014) qui indiquaient qu' au plus tard au mois d'avril, les producteurs de mil et sorgho abattent, dessouchent et brûlent les ligneux et les tiges de mil et sorgho. Il est reconnu que cette méthode de préparation et de gestion des terres est inefficace ou non durable (Woodfine, 2010).

Des études menées au Niger dans la région de Maradi et Zinder, et au Sahel (Botoni et Reij, 2009 ; GIZ, 2012 ; Bagnian *et al.*, 2013), montrent que le non abattage des ligneux, l'émondage contrôlé, la pratique de la Régénération Naturelle Assistée (RNA), le boisement des espaces dénudés, le reboisement des espaces jadis boisés, la récupération des terres agricoles dégradées par la pratique des Demi-lunes, Zaï, cordons pierreux permettent la résilience des écosystèmes agricoles. De plus, les résultats d'une série de 22 essais réalisés dans l'ouest africain montrent que le labour ou pseudo labour (scarifiage croisé) a un effet d'augmentation des rendements de 21% (CIRAD *et al.*, 2002)

- **Pratiques de semis**

Dans tous les systèmes agraires sahéliens, on retrouve les mêmes opérations de semis décrites par nos enquêtes de terrains (Soumana, 2001 ; MAE/DA et FIDA, 2001 ; CIRAD *et al.*, 2002 ; Zeinabou, 2014).

La synthèse de travaux de recherche sur les opérations culturales (Soumana, 2001 ; MAE/DA et FIDA, 2001 ; CIRAD *et al.*, 2002 ; Zeinabou, 2014) préconise le semis à sec du mil en prenant la précaution de s'assurer que les paramètres d'installation de la saison des pluies sont réunis. Cette pratique permet de ne pas rater le démarrage de la saison surtout pour les producteurs qui utilisent les variétés à cycle long non photopériodique. Cependant, des recherches conduites au Sahel (Sivakumar, 1992a ; Martin-Vide et Garcia, 1993 ; Frappart *et al.*, 2009 ; Segele et

Lamb, 2005 ; Sane *et al.*, 2008 ; Deni *et al.*, 2010 ; Salack *et al.*, 2012) ont montré l'augmentation de la fréquence des séquences sèches et les conséquences potentiellement désastreuses pour l'agriculture. Ce risque est à prendre en compte car l'échec des semis entraîne pour les populations à faible capacité de résilience des pertes en de temps de travail et en semences. C'est pourquoi, ces recherches encouragent les semis en humide et l'utilisation des informations agrométéorologiques.

Par rapport aux variétés semées, les travaux de recherche conduits par Dancette (1978) ont montré que les besoins en eau du mil sont croissants avec le cycle (345 mm pour 75 jours ; 420 mm pour 90 jours ; 600 mm pour 120 jours). Les résultats de notre étude climatique ont montré que la réduction de la longueur de la saison n'est pas significative pour toutes les zones climatiques du Niger. Aussi, nos enquêtes de terrains ont fait ressortir que les variétés de mil et de sorgho les plus cultivées sont les variétés précoces locales et améliorées. De plus, les recherches conduites au Sahel (Sivakumar, 1992a ; Martin-Vide et Garcia, 1993 ; Frappart *et al.*, 2009 ; Segele et Lamb, 2005 ; Sane *et al.*, 2008 ; Deni *et al.*, 2010 ; Salack *et al.*, 2012) ont montré une augmentation de la fréquence des séquences sèches. La combinaison de tous ces résultats renseignent que, la meilleure adaptation est utilisation des variétés résistantes à la sécheresse au lieu des variétés précoces.

Concernant les densités des poquets au semis, la synthèse des bonnes pratiques des semis de MAE/DA et FIDA (2001) suggère de rayonner d'abord le champ, puis:

- pour le mil, un écartement de est 1m x 1m ou 0,9m x 0,9m (pour le mil nain il est permis de faire un semis plus serré (60 cm x 60 cm) ;
- pour le sorgho, un écartement de 0,9m x 0,9m.

Pour ce qui est du nombre de graines par poquet, Il est conseillé par la recherche (CIRAD *et al.*, 2002) avant le semis du mil et du sorgho de désinfecter les semences avec un produit renfermant 50% de Thirame et 25% d'insecticide à raison de 300g de mélange pour 100kg de semence. Il est aussi conseillé (CIRAD *et al.*, 2002) d'utiliser :

- pour le mil 5 à 12kg/ha de semence ;
- pour le sorgho 4 à 8kg/ha.

Pour ce qui est des opérations de ressemis, la recherche conseille de remplacer les poquets manquants contrairement à certains producteurs qui reprennent complètement le semis créant ainsi des surcharges et des pertes de semences. LeCIRAD *et al.* (2002) préconise le remplacement des poquets manquants par le repiquage au moment du démariage. Cependant la réussite de cette pratique est limitée quand le repiquage est suivi d'une pause pluviométrique.

- **Pratiques de sarclage et du démariage**

Les producteurs sahéliens de mil et sorgho font 2 à 3 sarclages par campagne agricole (Soumana, 2001 ; MAE/DA et FIDA, 2001 ; CIRAD *et al.*, 2002). Généralement le sarclage manuel est associé au démariage. Honnies (1976) a prouvé que le démariage et le sarclage très précoces ont un effet considérable sur l'installation du couvert et le rendement. Il est conseillé de faire les deux opérations le plutôt possible car ça permettra d'augmenter la disponibilité de l'eau dans le sol en diminuant la concurrence des plants, donc les effets négatifs de la hausse des séquences sèches, de la variabilité des pluies et de la hausse des températures.

Pour le sorgho comme pour le mil, la recherche (CIRAD *et al.*, 2002) préconise 2 à 3 sarclages dont le premier, 10 jours environ après la levée ;le second, 3 semaines après le premier sarclage et le troisième est souhaitable pour les variétés tardives.

Concernant le nombre de plants après démariage, l'irrégularité des pluies, l'augmentation de séquences sèches, la hausse des températures font que les producteurs démarient à plus de 6 plants. Certains ne couplent plus les opérations de sarclage et de démariage. Cette nouvelle pratique (le démariage à plus de 6 plants) augmente la compétition entre les plants pour une disponibilité aléatoire de l'eau dans le sol. Les recherche effectuées par le par MAE/DA etFIDA (2001) et CIRAD *et al.* (2002) préconisent le démariage à 3 plants.

Le Tableau 50 résume les adaptations adoptées par les producteurs qui prennent en compte tous les risques climatiques et les résultats de la recherche. L'analyse de ces pratiques, montre qu'en dehors des pratiques de préparation et de gestion de la fertilité des champs qui sont des adaptations stratégiques (à moyen terme), toutes les solutions apportées sont majoritairement des adaptations techniques, c'est-à-dire à court terme.

Tableau 50 : Adaptations prenant en compte les risques climatiques et les résultats de la recherche

Risques climatiques	Adaptations des pratiques			
	Préparation et gestion durable des terres	Semis	Sarclage	Démariage
Début des pluies avant installation du processus dynamique des pluies au Niger.		Déclenchement des opérations de semis après installation de la dynamique atmosphérique des pluies au Niger, et prise en compte de cette dynamique dans le choix du cycle du mil et du sorgho.		
Retour quantitatif de la pluviosité.	Pratique du Zaï, de demi-lune, de cordon pierreux, de labour profond des glacis, de RNA, du boisement et reboisement, de contrôle de l'émondage et d'application du fumier et de l'engrais	Choix des variétés de mil et de sorgho tolérantes au charbon, semis du mil et sorgho seulement dans les zones où la culture est possible	Pratique de 2 à 3 sarclages dont le 1 ^{er} environ 10 jours après la levée.	Pratique du démariage à trois plants.
Augmentation des pluies extrêmes.		Pratique de semis du mil dans les champs de plateau et le sorgho dans les bas-fonds.	Pratique du sarclage et du labour (charrues et/ou tracteur) perpendiculairement au sens de l'écoulement des eaux de ruissèlement.	
Augmentation de séquence sèche de plus de 10 jours.		Application du fumier organique.	Choix des variétés résistantes à la sécheresse et reprise du semis des poquets manquants.		Pratique du sarclage en tenant compte de l'enherbement.
Augmentation des moyennes annuelles de température.	Pratique du Zaï, de demi-lune, de cordon pierreux, de labour profond des glacis, de RNA, du boisement et reboisement, et application du fumier et de l'engrais.	Pratique de semis en humide et reprise du semis des poquets manquants.	Pratique de 2 à 3 sarclages dont le 1 ^{er} environ 10 jours après la levée.	
Augmentation extrêmes chauds.				
Diminution des extrêmes froids.				
Augmentation des vents forts.	Pratique de demi-lune, de cordon pierreux, de labour profond des glacis, de RNA, du boisement et reboisement.	Réalisation des semis dans champs avec application de la RNA et reprise du semis des poquets manquants.		

Conclusion partielle

Les enquêtes sur les pratiques culturelles du mil et du sorgho ont permis de savoir que les risques climatiques qui impactent les pratiques culturelles du mil et du sorgho sont les séquences sèches, le démarrage tardif des pluies, les vents de sable, la fin précoces des pluies, les fortes températures, les inondations et les pluies hors saison. Quatre (4) pratiques et 13 variables de pratiques sont impactées par des risques climatiques. Conscients des impacts, les producteurs adoptent des pratiques diverses et variées auxquels ils ajoutent des activités d'embouche, d'artisanat et de commerce (identifiées par les enquêtes) pour gérer au mieux leurs productions. Cependant, la modicité de leurs moyens fait que les mesures d'adaptation sont plus techniques (à court terme) que stratégiques (à moyen terme) vérifiant ainsi notre deuxième hypothèse à savoir « les stratégies adoptées par les producteurs de mil et de sorgho du Niger sont majoritairement techniques (et concernent les variables de pratiques de semis, sarclage et démariage) auxquels s'ajoutent des activités génératrices de revenus (embouche, artisanat, commerce) ».

On peut donc dire que les producteurs de mil et de sorgho du Niger perçoivent les risques climatiques identifiées par l'étude des données climatiques, connaissent leurs impacts sur ces cultures et en tiennent compte dans leurs pratiques culturelles.

L'analyse des mesures de pratiques culturelles adoptées par les producteurs, la synthèse des risques climatiques et les résultats de la recherche agronomique sur le mil et le sorgho permettent de savoir que pour optimiser l'impact des stratégies d'adaptation des pratiques culturelles il est indispensable de les combiner afin d'améliorer la résilience des producteurs face aux risques climatiques ; vérifiant notre troisième hypothèse « la combinaison de plusieurs pratiques culturelles (gestion de la fertilité des sols, semis, sarclage et démariage) permet d'améliorer la résilience des producteurs de mil et de sorgho » .

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

L'inadéquation croissante entre la demande en céréales (mil et sorgho notamment) et la disponibilité engendrée par le triple phénomène de l'augmentation de la population, la situation climatique très fluctuante et globalement défavorable, et les politiques de développement agricole souvent inadaptées, est l'un des défis majeurs auxquels sont confrontés les pays du Sahel en général et le Niger en particulier.

Une des solutions palliatives consiste à l'utilisation des informations agro météorologiques, climatologiques, des pratiques culturelles adéquates et des investissements avisés dans l'agriculture céréalière pour améliorer la production.

Au sahel, le développement de l'agriculture pluviale est considérablement limité par la forte variabilité climatique. Il est donc nécessaire d'identifier les risques climatiques liés à la pluviométrie et à la température, afin de développer des stratégies d'adaptation des pratiques culturelles du mil et du sorgho.

Une analyse des travaux de recherche sur le climat du Niger, le changement climatique (le réchauffement climatique, les tendances, les prévisions, les impacts, les adaptations, les récentes négociations internationales sur le climat) ; et la culture des deux céréales les plus consommé au Niger (le mil et le sorgho) a été faite.

D'un point de vue climatique, les analyses concordent et confirment l'augmentation et la tendance à la hausse sans équivoque des températures. Concernant la pluviométrie, les décennies 70, 80 et 90 sont sèches par rapport à la décennie 60. La décennie 2000 est marquée par un retour à des années de meilleure pluviosité (d'un point de vue quantitatif), et une alternance forte entre des années très humides et des années très sèches, qui rendent plus difficiles les prévisions interannuelles et la planification agricole. Des incertitudes demeurent sur la tendance et la direction future des pluies au sahel. Les impacts sur les modes de vie et les activités sont négatifs, et la capacité d'adaptation des populations rurales est très faible à cause de l'extrême pauvreté.

Par rapport aux négociations internationales dans l'optique de diminuer les Gaz à effet de serre, les intérêts des grands pollueurs (les pays développés) font que ces négociations piétinent mais continuent.

D'un point de vue des pratiques culturales du mil et du sorgho, les analyses ont montré que le mil et le sorgho se développent bien dans les conditions écologiques du sahel, et l'augmentation des rendements est potentiellement possible à travers l'application des itinéraires techniques. Seulement, l'analyse a aussi montré que les risques climatiques pèsent dans l'application de ces itinéraires et dans les décisions des investissements des producteurs. Le diagnostic révèle que, la non, ou l'insuffisance de la prise en compte du climat dans les pratiques culturales serait liée à un déficit de compréhension des risques climatiques et des résultats de la recherche.

Les objectifs de cette étude étaient d'identifier pour la culture du mil et du sorgho, les risques climatiques liés à la pluviométrie et aux températures sur l'ensemble du territoire national ; d'inventorier et d'analyser les stratégies de pratiques culturales adoptées par les producteurs pour faire face aux risques climatiques et enfin, de proposer des alternatives de pratiques culturales à même d'augmenter la production agricole et donc, d'améliorer la sécurité alimentaire.

Pour se faire, une approche basée sur l'analyse des données climatologiques de pluies, de températures et des données d'enquête a été adoptée. Elle s'est faite en deux étapes :

- une première étape qui a consisté aux traitements statistiques et à l'analyse des données de 49 stations pluviométriques et de 9 stations météorologiques pour les données de températures sur la période de 1961 à 2010. Concernant les données pluviométriques, pour concilier la volonté de travailler sur les 49 stations avec les exigences de détail et de variabilité fine, les ACP ont été utilisées pour regrouper les stations qui ont les mêmes caractéristiques afin de faire les statistiques sur la composite du groupe ou la station leader du groupe suivant la variable à étudier ;
- une deuxième étape qui a consisté à l'administration des fiches d'enquêtes dans la région de Tillabéry ; à la collecte des données, aux traitements statistiques et à l'interprétation des résultats des enquêtes.

Cette étude a permis d'aboutir à plusieurs résultats :

- par rapport à la pluviosité, les résultats ont permis d'identifier des risques climatiques globalement négatifs pour la culture du mil et du sorgho. Mais la tendance de ces risques est statistiquement non significative. Cependant, les

effets cumulés de ces risques montrent une dégradation de la qualité de la saison des pluies en terme de : baisse de la qualité de la distribution spatiales des pluies (les pluies sont très localisées) ; baisse de la distribution temporelle des pluies (fréquence et longueur des séquences sèches ; diminution du nombre de jours de pluie) ; baisse de la qualité des pluies (beaucoup d'inondation, beaucoup de sécheresse).

- par rapport aux risques liés aux températures, il s'agit de : l'augmentation des températures de toutes les saisons et des extrêmes chauds (le maximum des Tn et Tx, le nombre de jours et de nuits chauds, le nombre et la longueur des vagues de chaleur). Par contre tous les extrêmes froids (le nombre de jours et de nuit froids, le nombre et la longueur des vagues de froid) ont diminué.

A ces résultats issus de l'étude des données climatiques s'ajoute la perception climatique des producteurs de mil et sorgho sur l'augmentation du nombre et la force et des vents de sable qui ensevelissent les semis et cassent les tiges de mil et de sorgho

Les tendances des températures et extrêmes de températures sont statistiquement significatives, ce qui permet de conclure à un changement en hausse des températures. Concernant la pluviosité, l'étude des tendances est statistiquement non significative ; aucune tendance claire ne se dégage donc pour la pluviosité des 3 zones climatiques du Niger.

L'analyse croisée des résultats des études de données climatiques, des adaptations de pratiques culturales des producteurs, et des résultats de la recherche agronomique du mil et du sorgho, permettront d'améliorer les stratégies d'adaptations :

- Pour les actions de préparation et de gestion de la fertilité des sols, ce sont des actions de défense et restauration des sols et de conservation et restauration des sols à travers la confection du zaï, de demi-lune, de cordon pierreux, et de labour profond des glacis ; des actions de plantation et protection des arbres par la pratique de la RNA, du boisement et reboisement des terres du contrôle de l'émondage et de l'intensification de l'application du fumier organique et des engrais minéraux.

La combinaison de ces actions permet de diminuer l'érosion hydrique et éolienne, de favoriser l'infiltration de l'eau, de minimiser les impacts des fortes chaleurs et des vents sur sols et d'améliorer la structure et la fertilité des sols.

- Concernant la pratique du semis du mil et du sorgho dans la bande de culture, les actions consistent à éviter le semis précoce en humide et le semis à sec avant l'installation du processus de dynamique atmosphérique des pluies au Niger. Les dates moyennes d'installation et de désinstallation de ce processus sont le 22 mai et le 29 septembre pour la zone sahélo soudanienne, et le 20 juin et le 10 septembre pour la zone sahélienne. Pour le choix de cycle du mil et du sorgho il est indispensable de tenir compte de cette dynamique mais aussi de choisir des variétés résistantes à la sécheresse. Le choix variétal doit aussi tenir compte de la maladie du charbon (favorisée par une pluviosité annuelle > 600mm) dans la zone sahélo soudanienne. Pour la prise en compte de la variabilité de la pluviosité, il faut privilégier le semis des champs de plateaux les années humides et les bas-fonds les années sèches. Ces pratiques permettent d'éviter les inondations des champs en années humides et de profiter des bonnes conditions hydriques et de températures des bas-fonds en années sèches. De plus, comme le sorgho tolère mieux l'inondation que le mil, il est préférable de semer le sorgho dans les bas-fonds. Enfin, pour lutter contre les conséquences de l'augmentation des séquences sèches, des vents de sable et des fortes températures sur les semis, la bonne action consiste à la reprise du semis des poquets manquants dans les champs.

Globalement, ces pratiques permettent d'éviter les nombreux ressemis, de semer des variétés adaptées aux conditions écologiques, et d'optimiser les chances de récolte en préservant une bonne densité des plants dans les champs. Les tendances à un retour quantitatif de la pluviosité dans la zone saharienne et dans la zone sahélienne (en bordure de la zone saharienne), permettent d'attirer l'attention des agropasteurs de ces zones sur les risques d'échecs des cultures du mil et du sorgho car la distribution de la pluviosité annuelle est très importante pour la réussite de la culture du mil et du sorgho.

- Pour les actions de sarclage et démaillage, la pratique de 2 à 3 sarclages dont le 1^{er} environ 10 jours après la levée, est conseillée. Cette pratique permet : de diminuer la compétition sur les ressources en eau entre les plants et les mauvaises herbes, d'améliorer la perméabilité du sol, de réduire les pertes d'eau

par remontée capillaire. Globalement, elle permet aux plants de mieux supporter les séquences sèches dans un environnement de hausse des températures et des extrêmes chauds. Dans le cas du labour avec charrue et/ou tracteur, il est indispensable de le faire perpendiculairement au sens d'écoulement des eaux de ruissèlement. Cette pratique permet de réduire le ruissèlement et l'érosion hydrique en favorisant l'infiltration, donc la mise à disposition de l'eau pour les plants. Pour diminuer la compétition entre les plants par rapport à l'eau et aux nutriments, la pratique du démariage à 3 plants après la levée est conseillée. En fin, l'augmentation du nombre de sarclage en cas d'enherbement du champ, permet de diminuer la compétition par rapport à l'eau, mais aussi de réduire les pertes par remontées capillaires.

Pour optimiser l'impact des stratégies d'adaptation des pratiques culturales il est indispensable de les combiner afin d'améliorer la résilience des producteurs face aux risques climatiques.

Les stratégies d'adaptation visant à conseiller les producteurs à utiliser les variétés à cycles courts (moins productives par rapport aux variétés à cycle long), ne sont pas justifiées statistiquement car la longueur de la saison ne présente aucune tendance significative pour les trois zones climatiques du Niger.

En outre, l'analyse des mesures de pratiques adoptées par les producteurs, montre que les solutions apportées sont majoritairement techniques c'est-à-dire à court terme. La modicité des moyens des producteurs pourrait expliquer ces adaptations. Ces adaptations pourraient aussi s'expliquer par la tradition de pratique d'agriculture de subsistance des producteurs céréaliers du Niger. Pour une reconversion vers une agriculture plus productive et plus diversifiée, il est indispensable d'opérer des choix stratégiques d'adaptation pour le moyen et long terme. Cette option implique des efforts de sensibilisation, d'encadrement et d'investissement qu'il faut étudier dans un environnement de climat en perpétuelle changement.

Les enquêtes ont en outre relevé des impacts négatifs du vent sur la culture du mil et du sorgho. Pour approfondir ce travail, une étude suivant les trois zones climatiques, des paramètres vent, humidité et évapotranspiration de référence (ET_o), s'impose.

L'étude des températures a mis en exergue la hausse des extrêmes chauds et des températures de toutes les saisons. Or les stratégies d'adaptation au changement climatique préconisée dans les pays sahéliens comme le Niger, sont le développement des cultures irriguées et l'optimisation de la gestion intégrée des ressources en eau. Pour la durabilité des actions, il convient donc d'étudier l'impact de cette hausse sur les ressources en eaux, et sur les cultures de contre-saison. Pour terminer nous dirons que, dans le cadre de l'amélioration de la résilience des populations aux effets du changement climatique, une méthodologie proposant des alternatives de pratiques culturelles en vue d'améliorer la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté en milieu rural vient d'être bâtie. Il s'agira de l'élargir à d'autres paramètres climatiques, à d'autres échelles et contexte pour bâtir des stratégies d'adaptation permettant de sécuriser les productions agropastorales.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Adefolalu, D. (1983). "Monsoon onset in West Africa application of satellite imagery." *Arch For Meteorol. Geophys and Bioclim B*(23): 219-230.

Adger, W. N., S. Huq, K. Brown, D. Conway and M. Hulme (2003). "Adaptation to climate change in developing." *Progress in development studies* 3(3): 179-195.

Alexander, L. V. and J. Arblaster (2009). "Assessing trends in observed and modelled climate extremes over Australia in relation to future projections." *International Journal of Climatology* 29: 417-435.

Alhassane, A., S. Salack, M. Ly, I. Lona, S. B. Traore and B. Sarr (2013). "Evolution des risques agroclimatiques associés aux tendances recentes du regime pluviometrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahelienne." *Secheresse* 24(282): 93.

Ali, A. and T. Lebel (2008). "The sahelian standardized rainfall index revisited." *International Journal of climatology* 10(1002/joc.1832 Published online in Wiley InterScience. www.interscience.wiley.com.

Amoukou, I. A. (2009). Un village Nigérien face au changement climatique. Stratégies locales adaptation au changement climatique dans une zone rurale du bassin du Niger. Niamey, Niger 95.

Andigué, J. (2007). "Impacts des changements climatiques sur le lac Tchad." *Centre Régional Agrhymet, CILSS*. 27

André, J. C. and E. Cloppet (2003). "Quel climat fera t -il demain." *Agrobiosciences, Universités Climate and Climate Change. The Atlas on Regional Integration in West Africa. Environment Series. Available at: « www.atlas-westafrica.org»: 18.*

Bagnian, I., M. Adamou Mahaman, T. Adam and A. Mahamane (2013). "Impact des modes de gestion de la Régénération Naturelle Assistée des ligneux (RNA) sur la résilience des écosystèmes dans le Centre-Sud du Niger." *Journal of Applied Biosciences* 71: 5742– 5752.

Banque Mondiale (2013). *Evaluation des risques du secteur agricole au Niger : de la réaction aux crises à la gestion des risques à long terme. Rapport numéro : 74322-NE*. Niamey Niger Banque mondiale 74.

Bationo, A., C. Christianson and M. Klaij (1993). The effect of crop residue and fertilizer use on pearl millet yields in Niger. , . *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 34 (3): 251-258.

Bationo, A., J. Kihara, B. Vanlauwe, B. Waswa and J. Kimetu (2007). "Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. ." *Agricultural Systems*, 94 (1): 13-25.

Ben Boubaker, H. (2010). "Les paroxysmes de chaleur et de froid dans la ville de Tunis : étude de cas extrêmes." *Revue Tunisienne de Géographie*: 41.

Bidinger, F. R., V. Mah Alakshmi and G. D. P. Rao (1987). "Assessment of drought resistance in pearl millet. 2. Estimation of genotypes response to stress." *Australian Journal of Agricultural Research* 38: 49-59.

Bost, F., L. Carroué, S. Colin, C. Girault, R. Le Goix, J. Radvanyi and O. Sanmartin (2009). "Images économiques du monde. Géoeconomie – Géopolitique 2010." *Armand Colin, Paris*.

Botoni, E. and C. Reij (2009). *La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au sahel : impacts des investissements publics et privés dans la gestion des ressources naturelles.* , . Amsterdam.

Brown, M. E., C. C. Funk, J. Verdin and G. Eilerts (2008). *Response to "Ensuring food security"* 611-612.

CCSP (2008). *Weather and Climate Extremes in a Changing Climate. Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U.S. Pacific Islands. A Report by the U.S. Climate Change Science Program* Washington, D.C., USA.

CGIAR (2009). "Climate, agriculture and food security: A strategy for change." *Alliance of the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) Centers*.

Charre, J. (1973). "La variabilité du rythme annuel des pluies au Niger." *revue de géographie alpine* IN(Tome 61 N°3): 411- 426.

Chauvin, F., R. Roehrig and J.-P. Lafore (2010). "Intraseasonal variability of the Saharan heat low and its link with mid-latitudes." *J. Climate* 23: 2544–2561.

CILSS/CRA (2009). *Actes de l'atelier de restitution des résultats du projet «Appui aux Capacités d'Adaptation du Sahel aux Changements Climatiques* Ouagadougou (Burkina Faso) 37.

CILSS/CRA (2010). *Le Sahel face au Changement Climatique. Enjeux pour un développement durable.* Niamey (Niger) 42.

CIRAD, GRET and Ministère des affaires étrangères (2002). *Memento de l'agronome France* Editon quae 1699.

CNEDD (2006). *Programme d'action national pour l'adapatation aux changements climatiques* Niamey Niger 90.

CNEDD (2011). *Revue trimestrielle sur les changements climatiques et le developpement durable. Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD).* Niamey (Niger) 43.

CSAO (2008). *Le climat et les changements climatiques. Atlas de l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest. Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest (CSAO)* 24.

Dancette, C. (1978). "Besoins en eau et adaptation du mil à la saison des pluies au Sénégal. Agroclimatological Res. Needs of the semi-arid tropics." *ICRISAT*: 211-226.

Deni, M. S., A. A. Jemain and K. Ibrahim (2010). "The best probability models for dry and wet spells in peninsular Malaysia during monsoon seasons." *International Journal of Climatology* 30(1194): 205.

Diedhiou, A., S. Janicot, A. Viltard, P. De Felice and H. Laurent (1999). "Easterly wave regimes and associated convection over West Africa and the tropical Atlantic : Results from NCEP/NCAR and ECMWF reanalyses." *Clim Dyn* 15: 795-822.

Diouf, J. (2008). Conférence de haut niveau sur la sécurité alimentaire mondiale : les défis du changement climatique et des Bioénergies. FAO-Rome, 103406/rga.1973: 1333.

DSA/MAG (2012). *annuaire des statistiques. Direction des Statistiques Agricole/ Ministère de l'Agriculture (DSA/MAG) Niamey Niger* 717.

Durand, F. (2007). *Le réchauffement climatique en débats*. Paris, France, Ed. Ellipses: 188.

Fall, P. D. (2008). *Migrations ouest africaines et facteurs environnementaux* », communication présentée à l'Atelier sur Migration et développements économiques en Afrique. Dakar Sénégal.

FAO (2005). *Principaux produits agricoles et alimentaires. Division de la Statistique*. Rome, Italie Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FAO (2006). *Annuaire production*. Rome, Italie, 235.

FAO (2007). *Les changements climatiques et l'Afrique*. 8ème réunion du Forum pour le partenariat avec l'Afrique à Berlin, Allemagne , les 22 et 23 mai 2007. Publié en ligne sur : www.Forumpartenariatafrique.org.

FAO (2008). *Food Climate E-newsletter*. Rome, Italie 14.

FAO (2009). *Profil Nutritionnel du Niger - Division de la nutrition et de la protection des consommateurs*. Rome, Italie 11-19.

Flaounas, E. (2010). *Analyse du mécanisme de la mise en place de la mousson africaine: dynamique régionale ou forçage de grande échelle*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie. 168

Fontaine, B. and S. Janicot (1993). "L'évolution des idées sur la variabilité interannuelle récente des précipitations en Afrique de l'Ouest." *La Météorologie* 8 28-53.

Fontaine, B. and S. Louvet (2006). "Sudan-Sahel rainfall onset: Definition of an objective index, types of years, and experimental hindcast." *J. Geophys.*

Fontaine, B., S. Louvet and P. Roucou (2008). "Definition and predictability of an OLR-based West African monsoon onset " *International Journal of Climatology* 13: 1787-1798.

Frappart, F., P. Hiernaux, F. Guichard, E. Mougin, L. Kergoat, M. Arjounin and al. (2009). "Rainfall regime across the Sahel band in the Gourma region, Mali." *Journal of Hydrology*.

Gachon, L., N. Gautier, A. I. Bokoye, D. Parishkura, A. Contonoir, Y. Trambly and G. Vigeant (2007). *Groupe de travail II- Variabilité, extrêmes et changement climatique au Sahel : de l'observation à la modélisation, Rapport des contributions canadiennes au projet ACDI-CILSS (#A030978-002) ; appui aux capacités d'adaptation aux changements climatiques*. E. Canada. Montréal Canada. Tom II: 209.

Gazeaux, J. E., E. Flaounas, P. Naveau and A. Hannart (2011). "Inferring change points and nonlinear trends in multivariate time series : Application to West African monsoon onset timings estimation." *J. Geophys.*

GIEC (2001). "Climate Change 2001: Synthesis Report. Question 3. http://www.grida.no/publications/other/ipcc%5Ftar/?src=/climate/ipcc_tar/vol4/french/index.htm." GTI TRE Section 11.5.1.

GIEC (2007). "Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse" www.ipcc.ch.

GIEC (2007). *Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK 976

GIEC (2014). *Changements climatiques 2014 : Impacts, vulnérabilité et adaptation. Résumé à l'intention des décideurs*. www.developpement-durable.gouv.fr/giec Genève 42

GIZ (2012). Bonnes pratiques de CES/DRS. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs. Les expériences de quelques projets au Sahel. Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5 65760 Eschborn, Allemagne 60.

Glatier, F., B. Vindel and P. Timmer (2012). "Gérer l'instabilité des prix alimentaires dans les pays en développement. une analyse critique des stratégies et des instruments." *A savoir/afd* 17: 307.

Gnanglè, C. P., R. Glèlè Kakaï, A. E. Assogbadjo, S. Vodounnon, J. A. Yabi and N. Sokpon (2011). "Tendances climatiques passées, modélisation, perceptions et adaptations locales au Bénin." *Climatologie* 8: 27-40.

GTZ (2010). *Rapport d'études sur l'adaptation aux changements climatiques des systèmes d'élevage dans la commune rurale de Diagorou*. Niamey, Niger 56.

Hagos, S. M. and K. H. Cook (2007). *Dynamics of the West African monsoon jump*. J. Climate, 20 5264-5284.

HASA (2011). *Recueil des communications et de la déclaration de Niamey. Haute Autorité à la Sécurité Alimentaire (HASA)*, Niamey, Niger 291.

HCI3N. (2012). *Cadre stratégique et coût estimatif des programmes de l'initiative pour la période 2012-2015. Haut Commissariat à l'Initiative 3N (HCI3N)* Niamey, Niger 59.

Hulme, M., R. M. Doherty, T. Ngara, M. G. New and D. Lister (2001). "African climate change: 1900–2100." *Climate Research* 17(2): 145–168.

Ibeida, T. (2012). *Évaluation des impacts du Changement Climatique et des Stratégies paysannes d'Adaptation : Cas de Quatre Communautés (Azagor, Dan Sarko, Aman Badar et Baâdaré) du Département de Dakoro (Niger)*. Mastère changement climatique et développement durable, Centre Régional AGRHYMET 58.

INS (2013). *Présentation des résultats préliminaires du quatrième (4ème) Recensement Général de la Population et de l'habitat (RGP/H) 2012*. Niamey, Niger 10.

INVS (2004). *Éléments de synthèse bibliographique et perspectives. Rapport d'investigation* 48.

JAICAF (2009). *Les céréales au Niger, accent sur le mil et le sorgho* Minato-ku, Tokyo 107-0052, JAPAN 117.

- Janicot, S., F. Mounier, N. Hall, S. Leroux, B. Sultan and G. Kiladis (2009). "The West African monsoon dynamics. Part IV: Analysis of 25-90-day variability of convection and the role of the Indian monsoon." *Journal of Climate* 22: 1541–1565.
- Jones, G. S. and al (2008). "Human contribution to rapidly increasing frequency of very warm Northern Hemisphere summers." *Journal of Geophysical Research*, 113 D0 2109.
- Kadidiatou, O. (2004). *Etude comparative des différents critères de détermination des dates de démarrage des saisons*. . Memoire de Tchenicien Supérieur, Centre Régional AGRHYMET 60.
- Kaere, A. (2009). "Sécurité alimentaire et changements climatiques en Afrique." *Tiempo Afrique*(2): 3-7.
- Karl, T., R. H. Nicholls and A. Ghazi (1999). "CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary." *Climatic Change* (42): 3-7.
- Kendall, M. G. (1975). "Rank correlation measures." *Charles griffin, London*: 202.
- Kharin, V. V. and al. (2007). "Changes in temperature and precipitation extremes in the IPCC ensemble of global coupled model simulations." *Journal of Climate*(20): 1419-1444.
- Kotir, J. H. (2010). "Climate change and variability in Sub-Saharan Africa : a review of current and future trends and impacts on agriculture and food security." *Springer Science+Business Media B.V.*: 588-605.
- L'Hôte, Y. and G. Mahé (1996). *Afrique de l'ouest et centrale; précipitation s moyennes annuelles (période 1951-1989) carte à echelle 1/6 000 000*. Paris, France
- Lamb, P. J. and R. A. Pepler (1992). "Further case studies of tropical Atlantic surface atmospheric and oceanic patterns associated with sub-Saharan drought." *Journal of Climate* 5: 476-488.
- Lélé, I. and P. J. Lamb (2010). "Variability of the Intertropical Front (ITF) and Rainfall over the West African Sudan–Sahel Zone." *J. Climate*.
- Lelievre, F., S. Sala, F. Ruget and F. Volaire (2011). "Evolution climatique du Sud de la France 1950-2009. Projet CLIMFOURELPSDR-3, Régions L-R, M-P, R-A. ." *Série Les Focus PSDR3*: 13.
- Lelièvre, F., S. Satger, S. Sala and F. Volaire (2009). "Analyse du changement climatique récent sur l'arc péri-méditerranéen en et conséquences sur la production fourragère, in Changement climatique : conséquence et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore." 145.
- Lepage, L. P., M. Berestovoy, J. Fluet and A. Rochette (2007). *Groupe de travail III-Vulnérabilité des populations et adaptation aux variabilités climatiques au Sahel : Les effets des changements climatiques au Sahel 4p. dans Rapport des contributions canadiennes au projet ACIDI-CILSS (#A030978-002) ; appui aux capacités d'adaptation aux changements climatiques*. Montréal, Canada Environnement Canada, Tom III 165.
- Lona, I. (2010). *Changement climatique et développement agricole dans la commune rurale de Diagourou (Région de Tillabéry) de l'observation à l'analyse des données*. Mémoire de DEA, Université Abdou moumouni 86.

MAE/DA and FIDA (2001). *La culture et la production du mil et du sorgho au Sénégal : bilan-diagnostic et perspectives* 130.

Maiga, I. H. (2005). Rôle du climat sur la dynamique des populations acridiennes au Sahel: Influence de la mousson sur l'écologie du criquet Sénégalais (The role of climate for grasshopper population dynamics in the Sahel: Monsoon influence on Senegalese grasshopper ecology) Proc. AMMA-CIRAD Workshop. AMMA-CIRAD. CERAAS, Thiès, Senegal.

Mann, H. B. (1945). "Non-parametric tests against trend. ." *Econometrica*(13): 245_259.

Mariama, N. K. (2012). *L'agriculture face au changement climatique dans la région de Tillabéri : quelles stratégies d'adaptation ? Cas des villages de Farié Haoussa, Damana et N'Dounga*. Mémoire fin d'étude Mastère changement climatique et développement durable, Centre Régional AGRHYMET72.

Martin-Vide, J. and C. C. L. Garcia (1993). "Analyse par la chaine de Markov de la s echeresse dans le Sud-Est de l'Espagne. Note methodologique." *Secheresse* 4 (123): 9.

McIntire, J., J. Hopkins, J. Lamers and L. K. Fussell (1989). "The Millet System of Western Niger." *I. Crop Production. International Livestock Center for Africa (ILCA), Addis Ababa, Ethiopia*.

Meehl, G. A. and al. (2007). "Global Climate Projections. In Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change S. Solomon et al." eds *Cambridge University Press*.

MH/E (2005). *Rapport sur l'état de l'environnement du Niger*. Niamey, Niger Ministère de l'Hydrolique et de l'Environement (MH/E) 52.

Molua, E. L. (2008). "Turning up the heat on African agriculture: The impact of climate change on Cameroon's agriculture." *AfJARE*(2): 48-64.

Morel, R. (1992). *Atlas agroclimatique des pays de la zone du CILSS. Volume1 : notice et commentaire* Niamey, Niger 162.

Ozer, P., Y. C. Hountondji, A. J. Niang, S. Karimoune, O. Laminou Manzo and M. Salmon (2010). "Désertification au sahel : historique et perspectives." *BSSLg* 54: 69-84.

Peterson, T. C. and Coauthors (2001). *Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001*. WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071. Geneve, Switzerland 143.

Pettitt, A. N. (1979). "A non-parametric approach to the change point problem." *Appl. Statist* 28(2): 126-135.

PNUD (2009). *Rapport mondial sur le développement humain 2009, Lever les barrières : Mobilité et développement humains*.

PNUD/FEM (2005). *Inventaire des informations et documents existants sur les effets néfastes des changements et Variabilité climatiques : informations pertinentes complémentaires*. Niamey, Niger 86.

Powell, J. M. and L. K. Fussell (1993). Nutrient and structural carbohydrate partitioning in pearl millet. *A. Journal.* 85: 862–866.

Ramatou, H. (2012). *Evaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation du système de l'élevage petits ruminants face au changement climatique cas du département de Say.* Mastère changement climatique et développement durable Centre Régional AGRHYMET 75.

RGAC (2008). *Rapport de synthèse. Recensement Général de la l'Agriculture et du Cheptel (RGCA)* Niamey.

Salack, S., B. Bertrand Muller, A. T. Gaye, F. Hourdin and Cisse (2012). "Analyses multi-échelles des pauses pluviométriques au Niger et au Senegal. : ." *Secheresse* 23 3-13.

Salissou, A. (2012). *Contribution à la capitalisation des bonnes pratiques agroforestières pour l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre au Niger.* Mémoire fin d'étude Mastère changement climatique et développement durable, Centre Régional AGRHYMET 78.

Sane, T., M. Diop and P. Sagna (2008). "Etude de la variabilité de la saison pluvieuse au Sud en Haute-Casamance (Sud-Sénégal)." *Secheresse* 19(23): 8.

Sarr, B., S. Traoré and S. Salack (2007). *Évaluation de l'incidence des changements climatiques sur les rendements des cultures céréalières en Afrique soudano-sahélienne.* Niamey , Niger AGRHYMET 100.

SEDES (1987). *Etude du secteur agricole du Niger. Bilan-diagnostique-Phase I* Niamey, Niger 333.

Segele, Z. T. and P. J. Lamb (2005). "Characterization and variability of Kiremt rainy season over Ethiopia." *Meteorology and Atmospheric Physics* 89 (153): 80.

Shapiro, B. I., J. H. Sanders, K. C. Reddy and T. G. Baker (1993). Evaluating and adapting new technologies in a high-risk agricultural system. *Agricultural Systems.* Niger. 42: 153-171.

Siradji, S. (2008). *Des variétés plus performantes pour améliorer la production.* Niamey, Niger Sahel Quotidien.

Sivakumar, M. V. K. (1992a). "Empirical analysis of dry-spells for agricultural applications in West Africa." *Journal of Climate* 5 (532): 9.

Sivakumar, M. V. K. and M. Guèye (1992b). *Analyse de la longueur de la saison culturale en fonction de la date de début des pluies au Sénégal. Compte rendu des travaux N°2* Dakar, Sénégal 41.

Sivakumar, M. V. K., A. Maidoukia and R. Stern (1993). "Agroclimatologie de l'Afrique de l'ouest : Niger." *International Crops research institute for the Semi Arid tropics (ICRISAT)* 5(2): 108.

Soumana, I. (2001). Bilan diagnostique sur laproduction du mil et du sorgho au Niger. Initiative pour le développement des mils et sorghos en Afrique de l'Ouest et du Centre. Niamey, Niger: 170.

SRES (2000). *Emissions senarios. Spacial Report Emissions Senarios (SRES).* Genève, Suisse 20.

Stern, R., J. Knock, D. Rijks and L. Dal (2006). *Instat + for windows. Version 3.30 An interactive statistics package*. Reading: University of UK 40.

Sultan, B. (2002). *Étude de la mise en place de la mousson en Afrique de l'Ouest et de la variabilité intra-saisonnière de la convection. Applications à la sensibilité des rendements agricoles*. . Thèse de doctorat, Université de Paris VII 283.

Sultan, B. (2011). *Etude des variations et du changement climatique en Afrique l'Ouest et ses retombées sociétales*. Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre Marie Curie, France 137.

Sultan, B. and S. Janicot (2004). "La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles intra-saisonnières. 1ère partie : Analyse diagnostique de la mise en place de la mousson et de la variabilité intra-saisonnière de la convection." *Sécheresse* 15(4): 321-330.

The Copenhagen Diagnosis (2009). *Updating the World on the Latest Climate Science* Sydney, Australia 60.

Van De Steeg, J. A., M. Herrero, J. Kinyangi, P. K. Thornton, K. P. C. Rao, R. Stern and P. Cooper (2009). *The influence of climate variability and climate change on the agricultural sector in East and Central Africa—Sensitizing the ASARECA strategic plan to climate change. Research report 22*. . Nairobi, Kenya, and ASARECA, Entebbe, Uganda ILRI, ICRISAT 89.

Winkel, T., J. F. Renno and W. Payne (1997). "Effect of the timing of water deficit on growth, phenology and yield of pearl millet, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., grown in 5 Sahelian conditions." *Journal of Experimental Botany* 48: 1001-1009.

WMO (2011). "2010 equals record for world's warmest year-Press Release No. 906. <http://www.wmo.int/>. Wold Meteorological Organization (WMO)."

Woodfine, A. (2010). *L'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets en Afrique subsaharienne au moyen des pratiques de gestion durable des terres. Guide d'orientation VERSION 1.0*. 90.

World Bank (2008). *Migration and Remittances, Fact book 2008, Washington*.

Zeinabou, C. (2014). *Détermination de l'efficacité Agronomique du phospho-compost sur la production du mil au Niger*. Mastere, UFR de Bobo 54.

Zika, M. (2012). *Evaluation et gestion des risques climatiques sur le système agropastoral : cas des communes de Say et de Tamou*. Mémoire fin d'étude Mastère changement climatique et développement durable, Centre Régional AGRHYMET 76.

Webographie

<http://www.wmo.int/> (dernière date de consultation : 15/09/2013).

<http://www.giss.nasa.gov/research/news/>(dernière date de consultation : 23/12/2012).

<http://www.notre-planete.info/>(dernière date de consultation : 8/11/2013).

www.agrhymet.ne(dernière date de consultation : 06/05/2014).

www.cilss.bf (dernière date de consultation : 21/12/2013).

www.fao.org/home/fr/(dernière date de consultation : 03/05/2014).

ANNEXES

Annexe 1

FICHE D'ENQUETE

Date :	Enquêteur :	Localité :	
Enquêté: Age : Niveau d'instruction formations reçues Producteur mil et/ou sorgho depuis Autres activités non agro depuis			
Variables du climatiques	Indicateur	Maintenant (il y 5ans)	Avant (il y 30 ans)
Début des pluies	Date de la première pluie utile : Régime du début des pluies :	Avril Mai Juin Juillet Trace, Petite (-20mm), Grosse (+20mm)	Mars Avril Mai Juin Juillet Trace, Petite (-20mm), Grosse (+20mm)
Fin des pluies	Date de la dernière pluie : Régime des dernières pluies	Septbre octbre Novbre Décbre Trace, Petite (-20mm), Grosse (+20mm)	Septbre octbre Novbre décbre Trace, Petite (-20mm), Grosse (+20mm)
Pluies hors saison des pluies (mars, avril et octobre novembre)	Fréquence (combien de fois ?) Régime du début des pluies	.....fois Trace, Petite (-20mm), Grosse (+20mm)	.....fois Trace, Petite (-20mm), Grosse (+20mm)
nombre de jour de pluies par an	Tendance	Hausse+20j, Hausse+30j Hausse+40j Hausse+50j Baisse-20J Baisse-30J Baisse-40j Baisse-50J	Hausse+20j, Hausse+30j Hausse+40j Hausse+50j Baisse-20J Baisse-30J Baisse-40j Baisse-50J
Intensité des pluies	Fréquences des fortes pluies Fréquences des pluies faibles	.....pluies.....pluies, Toutes les pluies	.....pluies.....pluies, Toutes les pluies
Episodes ou séquences sèche (Séquences sèche= nombre de jour sans pluie)	Nombre Moment	5j, 7j, 10j 15j 20J 30J, +30J Levée; Montaison ;Nouaison Epiaison	5j, 7j, 10j 15j 20J 30J, +30J Levée ; Montaison ; Nouaison Epiaison
Vents	Force des vents poussière :	Moins fort ; moyen ; très fort Moins ; moyen ; trop	Moins fort ; Moyen ; Très fort Moins ; Moyen ; Trop
Tendance Températures moyennes de l'air	Saison chaude Saison froide Saison des pluies	Fraiche chaude trèschaude Fraiche chaude trèschaude Fraiche chaude trèschaude	Fraiche chaude trèschaude Fraiche chaude trèschaude Fraiche chaude trèschaude
Indicateurs du régime des pluies à venir	Préciser les indicateurs		
Indicateurs qualité de la saison des pluies à venir	Préciser les indicateurs		

		Comment se fait la pratique ?		Impact					Adaptation Techniques et stratégiques			
				Pourquoi le changement ? <i>(Les raisons du changement dans la pratique)</i>					Origine ?			
Variable		Maintenant <i>(il y a 5 ans)</i>	Avant <i>(il y a 30 ans)</i>	Alternance année humide et sèche	Hausse séquence sèche de + 7jrs	Hausse des températures	Saisons pluies de + en + courtes	Autre (S)	Endogène	Exogène	Depuis quand ?	
Champ	Mode d'acquisition	héritage, achat, prêt, gage	héritage, achat, prêt, gage					Croissance de la population (Pb champ) Présence Riche producteur,			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Superficie moyenne (estimer en ha)	..... ha	..... ha					Croissance de la population (Pb espace)			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Nombre de champs (en chiffre)	..... champs	..... champs					Croissance de la population (Pb espace)			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Distance par rapport au domicile (estimer en km)	..... km	..... km					Croissance de la population (Pb espace)			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
champ et Gestion de la	Période de l'année (Le mois de préparation des champs)	Jan ; Fev ; Mars Avril ; Mai ; Juin	Jan ; Fev ; Mars Avril ; Mai ; Juin					Pas beaucoup de Champ ; Existence de moyen financier			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Rabattage des ligneux et dessouchage	Abttage+bruilis Abttage dépôt sursol nu Non abattage+desschage Non abattage et non dessouchage	Abttage+bruilis Abttage dépôt sursol nu Non abattage+desschage Non abattage et non dessouchage					Vulgarisation agricole ; il n'y a plus de ligneux			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile

Labour superficiel	Oui avec charrue OUI en manuel Non	Oui avec charrue OUI en manuel Non					Vulgarisation agricole ;		Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Boisement /reboisement	Oui Gao Oui eucalyptus Oui Non	Oui Gao Oui eucalyptus Oui Non					Vulgarisation agricole ; vente de bois		Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Dispositifs antiérosifs	cordon pierreux demi-lune, zaïs	cordon pierreux demi-lune, zaïs					Vulgarisation agricole ; Pour avoir l'appui des projets et ONG		Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Epandage d'engrais minéral	Oui Urée, Oui NPK OUI Non	Oui Urée, Oui NPK OUI Non					Vulgarisation agricole ; Bon rendement ; Info prévision saisonnière		Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Transport fumier org	OUI Non	OUI Non					Vulgarisation agricole ; Bon rendement ;		Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Parcage animaux	OUI Non	OUI Non					Vulgarisation agricole ; Bon rendement ;		Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Association avec autre culture (niébé, gao ...)	Oui avec Niébé Oui avec Gao Non	Oui avec Niébé Oui avec Gao Non					Vulgarisation agricole ; Bon rendement ;		Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Jachère	OUI Non	OUI Non					Croissance de la population (Pb espace)		Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Dispersion géographique du parcellaire	OUI Non	OUI Non					Croissance de la population (Pb espace) Lutte contre les ennemis de culture		Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Main d'œuvre (famille et/ou ouvrier)	Famille+ouvrier Famille ; Ouvrier	Famille+ouvrier Famille ; Ouvrier					Moyen financier		Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Femme (comme main d'œuvre)	OUI Non	OUI Non					Manque main d'œuvre familiale; Femme productrice ; Femme cherche l'argent ;		Moins de 5ans ans	Moins de 30 ans

	d'arbre (nombre de poquet)										Plus de 30 ans	Difficile
	Ressemis (en nombre de fois)	.....fois	.....fois					Vulgarisation (remplacement poquets manquants) Nombre champs réduit ;			Moins de 5ans Plus de 30 ans	Moins de 30 Difficile
Sarclage	Outils	Hilaire ; daba Charrue animale Tracteur	Hilaire ; daba Charrue animale Tracteur					Vulgarisation, Existence de moyen financier			Moins de 5ans Plus de 30 ans	Moins de 30 Difficile
	Main d'œuvre (famille et/ou ouvrier)	Famille+ouvrier Famille ; Ouvrier	Famille+ouvrier Famille ; Ouvrier					Existence de moyen financier Pas assez de main d'œuvre familiale			Moins de 5ans Plus de 30 ans	Moins de 30 Difficile
	Femme (comme main d'œuvre)	OUI Non	OUI Non					Manque main d'œuvre familiale; Femme productrice ; Femme cherche l'argent ;			Moins de 5ans Plus de 30 ans	Moins de 30 Difficile
	Nombre de sarclage (en nombre de fois)	.....fois	.....fois					Vulgarisation agricole Beaucoup de mauvaises herbes Existence de moyen financier			Moins de 5ans Plus de 30 ans	Moins de 30 Difficile
	Moment (date ou indicateur de démarrage)	15 à 20J après semis Mauvaise herbes A volonté	15 à 20J après semis Mauvaise herbes A volonté					Vulgarisation agricole ;			Moins de 5ans Plus de 30 ans	Moins de 30 Difficile
Démariage	Nombre de plant restant par poquet	.....Plants	.....Plants					Vulgarisation agricole ; mortalité des plants ; Paille pour embouche ;			Moins de 5ans Plus de 30 ans	Moins de 30 Difficile
	Couplage sarclage et démariage	Séparé du sarclage Couplé au sarclage	Séparé du sarclage Couplé au sarclage					Vulgarisation agricole ; Accélérer le sarclage, manque de main d'œuvre ;			Moins de 5ans Plus de 30 ans	Moins de 30 Difficile
Lutte/enneemis culture	Méthode	chimique, biologique, incantation, gardiennage	chimique, biologique, incantation, gardiennage					Vulgarisation agricole Manque de moyen			Moins de 5ans Plus de 30 ans	Moins de 30 Difficile
	Outils et appareils	Appareil phyto Bruit avec boîte En fumage	Appareil phyto Bruit avec boîte En fumage					Vulgarisation agricole Manque de moyen			Moins de 5ans Plus de 30 ans	Moins de 30 Difficile

	Fréquence (de la lutte) en nombre de fois	.....fois	.....fois					Vulgarisation agricole Manque de moyen Pas assez d'ennemis de culture ;			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Main d'œuvre (famille et/ou ouvrier)	Famille+ouvrier Famille ; Ouvrier	Famille+ouvrier Famille ; Ouvrier					Existence de moyen financier Pas assez de main d'œuvre familiale			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Récolte	Moment (date ou indicateur de démarrage)	. A volonté . Début graines sèche . Graine complétement sèche sur tige	. A volonté . Début graines sèche .Graine complétement sèche sur tige					Vulgarisation agricole ; Ennemis de culture ; Voleur ;			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Outils	Couteau, sécateur, coupe-coupe, Faucille ; Magass	Couteau, sécateur, coupe-coupe, Faucille ; Magass					Vulgarisation agricole ;			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Main d'œuvre (famille et/ou ouvrier)	Famille+ouvrier Famille ; Ouvrier	Famille+ouvrier Famille ; Ouvrier					Existence de moyen financier Pas assez de main d'œuvre familiale			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Femme (comme main d'œuvre)	OUI Non	OUI Non					Manque main d'œuvre familiale; Femme productrice ; Femme cherche l'argent ;			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Récolte	Epi ; Chaume épi+chaume	Epi ; Chaume épi+chaume					Vulgarisation agricole ; Voleur de chaume ; ...			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Taille Botte (Taille de la corde pour attacher la botte)	Corde 1.5m Corde 2m Corde 3m	Corde 1.5m Corde 2m Corde 3m					Vulgarisation Agricole, épi mal remplies ;			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Séchage récolte	Méthode	Epi étalé Botte attaché Epi sur pied (tige)	Epi étalé Botte attaché Epi sur pied (tige)					Vulgarisation agricole ; Ennemis des cultures ...			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Lieu	Au champ Au champ sur pied A la maison	Au champ Au champ sur pied A la maison					Voleur ; Ennemis des cultures ...			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile

Transport et stockage récolte	Temps de séchage	Sans délais 15Jours ; 1 mois	Sans délais 15Jours ; 1 mois					Voleur ; Ennemis des cultures ; Vulgarisation agricole			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Moyen de transport	Humain ; Chameau âne, charrette, tracteur, voiture	Humain ; Chameau âne, charrette, tracteur, voiture					Existence de moyen financier Pas de bon piste			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Lieu de stockage	Au Champ ; A la Maison ; Voisinage village	Au Champ ; A la Maison ; Voisinage village					Voleur de récolte			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Type de grenier	En paille ; En banco ; Magasin	En paille ; En banco ; Magasin					Existence de moyen financier Protection contre les vols			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Main d'œuvre (famille et/ou ouvrier)	Famille+ouvrier Famille ; Ouvrier	Famille+ouvrier Famille ; Ouvrier					Existence de moyen financier Pas assez de main d'œuvre familiale			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Femme (comme main d'œuvre)	OUI Non	OUI Non					Manque main d'œuvre familiale; Femme productrice ; Femme cherche l'argent ;			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
Gestion récolte	Méthode (qui gère et comment se fait la gestion ?)	Rationnement Sans rationnement ...	rationnement Sans rationnement ...					Problème alimentaire ; Manque de ressources ...			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile
	Déstockage (date)	Jan Fev Mrs Mai Jun Jul aout Sep	Jan Fev Mrs Mai Jun Jul aout Sep					Bcp de bouche à nourrir ; Mauvais récolte ;			Moins de 5ans ans Plus de 30 ans	Moins de 30 ans Difficile

		ADAPTATION INSTITUTIONNELLE											
		Le nombre institutions auxquelles le producteur collabore		Pourquoi il collabore ? <i>(Les raisons de l'adaptation)</i>									
Institution		Nombre maintenant <i>(il ya 5ans)</i>	Nombre avant <i>(il ya 30ans)</i>	Accès à la banque céréalière	Accès aux semence	Accès Engrais chimiques	Accès aux pesticides	ACCES aux crédits	aux marché	Acces aux infos	la formatio	Autres	
Etat		X											
Projet													
ONG													
Organisation paysanne	Coopérative des producteurs												
	Groupe de travail <i>(Chantier de CRS/DRS)</i>												
	Groupe de tontine												

Annexe 2

Pratique d'acquisition de champ

Variable	Pratique de la variable	Facteur influençant le changement de la pratique
Mode d'acquisition	Héritage ; achat ; prêt, gage	Facteur démographique, économique et social
Nombre de champs	1 à 3 champs	Facteur démographique

Pratiques de préparation et de Gestion de la fertilité du sol

Variable	Pratique de la variable	Facteur influençant le changement de la pratique
Période de la préparation	Janvier ; Février ; Mars ; Avril ; Mai ; Juin	Dimension du champ, facteur financier
Abattage des ligneux et dessouchage	Abattage+Dessouchage+ brulis, Abattage+Dessouchage+dépôt sur sol nu et ravines ; Non abattage+ non dessouchage	Facteur climatique, agronomique et environnementale
Labour superficiel	Labour attelée et/ou manuel	Facteur agronomique et financier
Boisement /reboisement	Plantation et non plantation dans les champs	Facteur climatique, agronomique et financier
Dispositifs antiérosifs	cordons pierreux ; demi-lune ; zaï	Facteur climatique et agronomique
Epannage d'engrais	Application d'urée et/ou NPK	Facteur agronomique et financier
Application de fumure organique	Transport fumier organique au champ ; parcage d'animaux dans le champ	Facteur agronomique et financier l'existence de troupeau d'animaux ;
Jachère	Repos du champ pendant 3,5, 10 ans	Facteur démographique et agronomique
Dispersion géographique du parcellaire	Acquisition de champ dans : les bas-fonds ; les plateaux ; ou dans autres localités	Facteur démographique et agronomique

Pratique de semis

Variable	Pratique de la variable	Facteur influençant le changement de la pratique
Semis à sec	Semer le 7 ^{ème} mois après la dernière pluie de l'année précédente	Facteur climatique, agronomique, dimension et nombre des champs et existence de semence
Semis en humide	Semer la 1 ^{ère} grande pluie après le 7 ^{ème} mois ; après une quantité de pluie suffisante	Facteur climatique, agronomique, dimension et nombre des champs et existence de semence
Variétés semées	variété traditionnelle locale ; précoce ; tardive	Facteur climatique, phytosanitaires, agronomique, et existence de semence
Culture en Association	Mil-niébé ; Mil-sorgho, Mil-sorgho-niébé, mil-arachide, Mil-niébé-oseille ; sorgho-niébé-oseille	Taille et le nombre des champs ; Facteur démographique et agronomique
Profondeur poquet	Même profondeur, augmentation profondeur diminution profondeur	force physique de celui qui fait les poquets
Densité poquets	Densité traditionnelle; Augmentation densité, Diminution densité	Facteur climatique, agronomique, taille et nombre des champs
Graines par poquet	Pincée (graine +grosse graine de sable) ; Pincée (graine)	Facteur climatique, phytosanitaires, agronomique, existence de semence, enfants dans opérations de semis ; contenu de la pincée
poquet autour des souches d'arbre	4, 6, 8 Poquets autour des souches/pied d'arbre	Facteur agronomique, la taille du champ ; coutume locale
Ressemis	Remplacement des poquets manquants ; Reprise totale du semis	Facteur climatique, agronomique, taille et nombre des champs
Outils pour semis	Houe, charrue	Type de sol et facteur financier

Pratique du sarclage

Variable	Pratique de la variable	Facteur influençant le changement de la pratique
Outils pour sarclage	Hilaire ; daba ; Charrue animale ; Tracteur	Type de sol et facteur agronomique et financier
Nombre de sarclages	Nombre de labours par an	Facteur climatique, agronomique, matériel, humain et financier, taille et nombre des champs
indicateur du sarclage	15 à 20J après semis ; Mauvaises herbes ; à volonté	Facteur climatique, agronomique, matériel, humain et financier, taille et nombre des champs

Pratique du désherbage

Variable	Pratique de la variable	Facteur influençant le changement de la pratique
Nombre de plant restant	3 à 4Plants ; 5 à 6 plants ; Plus de 6 plants	Facteur climatique, agronomique et type de producteur
Couplage sarclage désherbage	Désherbage séparé du sarclage ; désherbage Couplé au sarclage	Facteur climatique, agronomique et type de labour (manuel ou attelé)

Pratique de lutte contre les ennemis des cultures

Variable	Pratique de la variable	Facteur influençant le changement de la pratique
Méthode	chimique, biologique, incantation, gardiennage	Facteur agronomique, matériel, humain et financier
Outils et appareils de traitement	Appareil phytosanitaire ; le Bruit de boîte, fumage ; épouvantail	Facteur agronomique, matériel, humain et financier
Fréquence de la lutte	Nombre de traitement	Attaque phytosanitaire, moyens matériel, humain et financier

Pratique de la récolte

Variable	Pratique de la variable	Facteur influençant le changement de la pratique
indicateur récolte	A volonté ; Début graine sèche ; Graine complément sèche sur tige	Facteur agronomique, phytosanitaires et social
Outils	Couteau, sécateur, coupe-coupe, Faucille ; Magass	Tailles des tiges, et facteur social
Récolte	Epi ; épi puis Chaume ; Epi et chaume en même temps	Facteur social,
Taille Botte	Corde 1.5m ; Corde 2m ; Tige de mil	Facteur social,

Pratique de séchage des récoltes

Variable	Pratique de la variable	Facteur influençant le changement de la pratique
Méthode séchage	Epi étalé ; Botte attachée ; Epi sur pied (tige)	Facteur agronomique et social
Lieu	Au champ ; Au champ sur pied ; à la maison	Facteur social
Temps de séchage	Sans délais ; 15Jours ; 1 mois	Facteur agronomique et social

Pratique de transport des récoltes

Variable	Pratique de la variable	Facteur influençant le changement de la pratique
Moyen de transport	Humain ; animale, moteur	Facteur matériel, financier et social
Lieu de stockage	Au Champ ; à la Maison ; au Voisinage village	Facteur matériel, financier et social
Type de grenier	En paille ; En banco ; Magasin	Facteur matériel, financier et social

Pratique de gestion des récoltes

Variable	Pratique de la variable	Facteur influençant le changement de la pratique
Méthode gestion	Rationnement ; Sans rationnement	La production ; taille de la famille
Responsable gestion des récoltes	Chef de famille ; la femme ; les enfants	Facteur social

Annexe 3

Articles Publiés

Evolution des risques agroclimatiques associant aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne.

(Article publié dans la revue sécheresse 2013 ; 24 : 282–93)

**Agali Alhassane, Seyni Salack, Mohamed Ly, Issaka Lona, Seydou B Traoré,
Benoît Sarr**

Centre régional Agrhymet BP 11011, Boulevard de l'Université Niamey Niger
a.alhassane@agrhyment.ne, s.salack@agrhyment.ne, abutawakalt@gmail.com,
m.ly@agrhyment.ne, lona@agrhyment.ne, s.traore@agrhyment.ne, b.sarr@agrhyment.ne

Résumé

Dans le contexte actuel de changement climatique, la veille agro-hydro-météorologique des régions semi-arides doit être améliorée et renforcée. L'objectif de ce travail est d'utiliser des données observées en station pour identifier l'évolution spatio-temporelle des risques agroclimatiques associés aux grandes tendances du régime pluviométrique dans la bande soudano-sahélienne élargie aux parties nord de certains pays côtiers de l'Afrique de l'Ouest (Benin, Togo, Nigeria). Les résultats montrent que sur la période 1950-2010, l'évolution du régime pluviométrique est en trois phases quasi identiques sur les cumuls (Cum), l'intensité du cumul sur trois jours consécutifs (Px3), et les longueurs de saison culturale (LSC) par rapport à la normale 1961-1990. A savoir : i) une période d'excédents de Cum et Px3 avec des LSC plus importantes (1950-1969) ; ii) une période de déficits de Cum et Px3 avec des LSC plus courtes (1970-1990) ; et iii) la période récente dont les Cum, Px3 et LSC sont très variables (1991-2010). Cependant, les dates de démarrage des saisons montrent une tendance quasi stationnaire, de 1970 à 2010. Les risques agroclimatiques de resemis, de stress post-floraison et d'occurrence de faux départs et de fins précoces des saisons des pluies sont liés aux périodes de sécheresse historique, en particulier pendant les deux dernières décennies. L'occurrence des faux départs et des fins précoces de la saison des pluies rend la distribution des événements pluvieux peu profitable à la croissance des cultures. En effet, cette distribution est bien corrélée aux déficits pluviométriques observés dans la région. Ces résultats statistiquement significatifs permettent de poser deux hypothèses

majeures dans le contexte du changement du régime des pluies : i) les risques agroclimatiques de la période 1991-2010 sont restés similaires à ceux de la période de sécheresse historique 1970-1990 ; ii) les années humides sont associées à des vagues d'événements de faux départs observés de manière précoce dans la première décennie de juin ou avant. A chaque fois que des faux départs (fins précoces) sont observés au-delà de la première décennie de juin (avant fin septembre), le cumul de cette saison sera très probablement inférieur aux normales 1961-1990 et 1981-2010. Ces hypothèses peuvent servir d'éléments de renforcement des techniques utilisées dans la prévision saisonnière de la pluie et la veille agroclimatique dans la région.

Mots clés : Afrique de l'Ouest, climat soudano-sahélien, évolution spatio-temporelle, régime pluviométrique, risques agroclimatiques.

La dynamique érosive dans la vallée de Keita (Région de Tahoua, Niger)

(Article publié dans Harmattan)

Ibrahim Bouzou Moussa, Oumarou Faran Maiga,

Mahamadou Bahari Ibrahim, Issaka Lona

Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)

Résumé

Situé au Centre du Niger et dans la région de l'Adar-Doutchi-Majiya, le bassin versant du kori Keita a subi de fortes perturbations hydrogéomorphologiques liées à une forte pression démographique et des effets du climat. Les conséquences de ces perturbations ont conduit à un aménagement de type récupération et mise en valeur des terres dégradées. L'objectif de cet article est de mettre en évidence les changements opérés dans la dynamique érosive. La méthode a consisté en une analyse diachronique sur la base de la cartographie des risques érosifs avec comme repères les années 1986 et 2007. On observe une nette transformation des paysages, même si de grandes surfaces sont encore nues ou ravinées. L'aménagement de ce bassin versant dans un contexte d'augmentation de la pluviométrie et d'une régénération naturelle assistée en est la condition.

Mots clés : Aménagement, érosion, bassin versant, Keita, Adar-Doutchi-Majiya, Niger

Annexe 4

Communication réalisée

Variabilité inter et intra saisonnière des températures au Niger (Communication réalisée sous forme de poster à la première réunion africaine sur le climat à Arusha en Tanzanie)

I. LONA^{1*}, H. B. NACRO¹, P. YAKA², I. BOUZOU MOUSSA³

¹ Centre Régional AGRHYMET, BP 11011, Niamey, Niger Tél.: +227 20 31 53 16 Fax: +227 20 31 54 35, (Issaka LONA : i.lona@agrhytmet.ne; Hassan Bismarck NACRO : h.nacro@agrhytmet.ne).

² Direction de la Météorologie du Burkina Faso, 01 BP 576, Ouagadougou 01, Burkina Faso, Tél. : 50 35 60 32 Fax : +226 78452402 (pacal_yaka@yahoo.fr).

³ Université Abdou Moumouni de Niamey, BP 418, Niamey, Niger (Ibrahim BOUZOU MOUSSA : ibrahimbouzoumoussa@gmail.com).

Résumé

Les mesures terrestres réalisées à l'échelle du globe entre 1906 et 2005, montrent une élévation générale des températures de 0,74°C. Ce réchauffement est plus important au cours des cinquante dernières années, avec une hausse 0,13°C par décennie. Les années 1998, 2005 et 2010 sont classées parmi les années les plus chaudes jamais atteintes. Au Sahel, les températures ont évolué plus rapidement que la tendance mondiale, avec des augmentations allant de 0,2°C à 0,8°C par décennie depuis la fin des années 1970. Au Niger, les projections des modèles climatiques du GIEC reflètent une augmentation préoccupante des températures moyennes de 0,5 à 1,5°C à l'horizon 2025 et de 2 à 4,5°C à l'horizon 2095 avec toutefois une variation peu significative de la pluviométrie. La sécurité alimentaire et le potentiel de production agricole sont fortement dégradés sous les effets conjugués de conditions climatiques globalement défavorables et un taux de croissance démographique élevé (3,9% par an). L'extension des centres urbains et la diversification des habitudes alimentaires suscitent une demande de plus en plus croissante en produits agricoles, et constituent des opportunités pour développer des activités agricoles comme le maraîchage. Or les principaux facteurs climatiques qui influenceront les cultures maraîchères dans le futur sont essentiellement : le changement de température et du régime des précipitations ainsi que la fertilisation. Des recherches antérieures ont prouvé que La hausse des températures provoque

des stress hydriques et l'échaudage des plantes, accroît l'évapotranspiration (ET_o) et réduit l'humidité du sol.

Cependant, la plupart des études sur l'évolution des températures sont basées sur des moyennes annuelles ; très peu se sont en effet intéressées à l'évolution des moyennes saisonnières. Pourtant c'est la variabilité intra et inter saisonnière des températures et leurs tendances qui influencent les cultures en général et les cultures maraichères en particulier.

Cette étude se propose de faire un diagnostic des tendances des températures au Niger suivant les quatre saisons (saison froide, saison chaude, saison des pluies et la petite saison chaude).

Les résultats montrent une hausse très significative des T_n et T_x de toutes les saisons. Par endroit la hausse des T_n et T_x atteignent respectivement 4 et 3,5°C ; la variabilité et la tendance à la hausse des T_n sont supérieures à celles des T_x ; suivant les saisons les augmentations les plus remarquables sont enregistrées pour les T_n (+3,1°C en moyenne) pendant la petite saison chaude, et pour les T_x (+1,2°C en moyenne) pendant la saison des pluies et petite saison chaude

L'analyse des extrêmes montre qu'entre 1961 et 2010, la moyenne des T_n a significativement augmenté de 2,4°C et celle des T_x de 1,1°C. Entre la décennie 1961_1970 et la décennie 2001_2010, le maximum des T_n a augmenté de +2,5°C celui des T_x de +0,9°C ; le nombre de nuits chaudes a augmenté de 40 nuits et celui des jours chauds de 20 jours. Par rapport à la décennie 60, les vagues de chaleur ont en moyenne augmenté de 21% et leurs longueurs de 34% tandis que les vagues de froid ont baissé de -26% et leurs longueurs de -53%. Ces tendances impactent tous les secteurs socioéconomiques d'où l'urgence de leur prise en compte dans les stratégies d'adaptation

Mots clés :Températures saisonnières,Températures extrêmes,variabilité,Niger, Sahel

Annexe 5

Articles soumis

VARIABILITE INTER ET INTRA SAISONNIERE DES TEMPERATURES : UN INDICATEUR PERTINENT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU NIGER (Article soumis à la revue CAMES)

I. LONA^{1*}, H. B. NACRO¹, P. YAKA², I. BOUZOU MOUSSA³

¹ Centre Régional AGRHYMET, BP 11011, Niamey, Niger Tél.: +227 20 31 53 16 Fax: +227 20 31 54 35, (Issaka
LONA : i.lona@agrhyet.ne; Hassan Bismarck NACRO : h.nacro@agrhyet.ne).

² Direction de la Météorologie du Burkina Faso, 01 BP 576, Ouagadougou 01, Burkina Faso, Tél. : 50 35 60 32
Fax : +226 78452402 (pacal_yaka@yahoo.fr).

³ Université Abdou Moumouni de Niamey, BP 418, Niamey, Niger (Ibrahim BOUZOU MOUSSA :
ibrahimbouzoumoussa@gmail.com).

* Auteur pour correspondance.

Résumé

Les températures saisonnières occupent une place très importante dans le cycle de l'eau, des êtres vivants, des cultures et des organismes nuisibles à la santé de l'homme et des animaux.

De nombreuses recherches sur les températures au Sahel, ont conclu sur une augmentation sans équivoque des moyennes annuelles. Très peu d'entre elles se sont focalisées sur les moyennes saisonnières et leurs tendances.

Cet article traite de l'analyse des tendances et de la variabilité inter et intra saisonnière des températures minimales et maximales (Tn et Tx) de neuf (9) stations synoptiques du Niger de 1961 à 2010. Les résultats montrent une hausse très significative des Tn et Tx de toutes les saisons. Par endroit la hausse des Tn et Tx atteignent respectivement 4 et 3,5°C ; la variabilité et la tendance à la hausse des Tn sont supérieures à celles des Tx ; suivant les saisons les augmentations les plus remarquables sont enregistrées pour les Tn (+3,1°C en moyenne) pendant la petite saison chaude, et pour les Tx (+1,2°C en moyenne) pendant la saison des pluies et petite saison chaude. Ces cinquante dernières années, les températures de ces stations se caractérisent par une tendance supérieure aux prévisions du PANA-Niger et du GIEC.

Mots clés : Températures saisonnières, variabilité, normale, Niger, Sahel

ANALYSE DE LA VARIABILITE DES EXTREMES DE TEMPERATURE AU NIGER.

(Article soumis à International Journal of Biological and Chemical Sciences)

I. LONA^{1*}, H. B. NACRO¹, P. YAKA², I. BOUZOU MOUSSA³

¹ Centre Régional AGRHYMET, BP 11011, Niamey, Niger Tél.: +227 20 31 53 16 Fax: +227 20 31 54 35, (Issaka LONA : i.lona@agrhytmet.ne; Hassan Bismarck NACRO : h.nacro@agrhytmet.ne).

² Direction de la Météorologie du Burkina Faso, 01 BP 576, Ouagadougou 01, Burkina Faso, Tél. : 50 35 60 32 Fax : +226 78452402 (pacal_yaka@yahoo.fr).

³ Université Abdou Moumouni de Niamey, BP 418, Niamey, Niger (Ibrahim BOUZOU MOUSSA : ibrahimbouzoumoussa@gmail.com).

* Auteur pour correspondance.

Résumé

De nombreuses études ont montré une hausse des températures annuelles au sahel. Mais, bien que très informatives, elles ne répondent pas aux questions relatives à l'augmentation ou à la diminution des événements extrêmes de température qui, pourtant ont les impacts les plus importants sur les sociétés. La présente étude se propose d'analyser la variabilité interannuelle, décennale, et les tendances des extrêmes de température à partir d'une chronique de données de température minimale et maximale (Tn et Tx) de 1961 à 2010 de huit stations du Niger. Les résultats montrent qu'entre 1961 et 2010, la moyenne des Tn a significativement augmenté de 2,4°C et celle des Tx de 1,1°C. Entre la décennie 1961_1970 et la décennie 2001_2010, le maximum des Tn a augmenté de +2,5°C celui des Tx de +0,9°C ; le nombre de nuits chaudes a augmenté de 40 nuits et celui des jours chauds de 20 jours. Par rapport à la décennie 60, les vagues de chaleur ont en moyenne augmenté de 21% et leurs longueurs de 34% tandis que les vagues de froid ont baissé de -26% et leurs longueurs de -53%. Ces tendances impactent tous les secteurs socioéconomiques d'où l'urgence de leur prise en compte dans les stratégies d'adaptation.

Mots clés :Températures extrêmes, variabilité annuelle, variabilité décennale, Niger, Sahel.

Annexe 6

Articles non soumis

Distribution et variabilité saisonnière zonale et méridienne du régime de précipitation au Niger

I. LONA ^{1*}, H. B. NACRO¹, P. YAKA², I. BOUZOU MOUSSA³

¹ Centre Régional AGRHYMET, BP 11011, Niamey, Niger Tél.: +227 20 31 53 16 Fax: +227 20 31 54 35, (Issaka LONA : i.lona@agrhytmet.ne; Hassan Bismarck NACRO : h.nacro@agrhytmet.ne).

² Direction de la Météorologie du Burkina Faso, 01 BP 576, Ouagadougou 01, Burkina Faso, Tél. : 50 35 60 32 Fax : +226 78452402 (pacal_yaka@yahoo.fr).

³ Université Abdou Moumouni de Niamey, BP 418, Niamey, Niger (Ibrahim BOUZOU MOUSSA : ibrahimbouzoumoussa@gmail.com).

* Auteur pour correspondance.

Résumé :

L'économie du Niger repose en grande partie sur le secteur agropastoral. Il contribue à plus de 40% au produit intérieur brut et constitue la principale source de revenus pour plus de 80 % de la population. Ce secteur est extrêmement dépendante de la saison des pluies, d'où la, nécessite d'avoir une bonne compréhension du cycle saisonnier et de sa variabilité. Cette étude aborde la variabilité latitudinale et longitudinale de la pluviométrie en la caractérisant par son régime (le démarrage et la fin de la saison, le cumul annuel et mensuel).

L'étude est basée sur les données complètes d'observations quotidiennes de 49 stations du Niger de 1961 à 2010 issues de la base données du Centre Régional AGRHYMET (Figure 1). Comme marqueur de début et de fin, le cumul de 20mm/mois est retenu.

Les résultats confirment l'importance de la latitude du FIT dans l'installation et le régime de la pluviométrie au Niger et met en relief deux régimes de pluie séparés par de la longitude d'Iférouane avec des dates de démarrage, de fin, des longueurs et des cumuls bien distincts.

Mot clé : Régime des pluies, variabilité, distribution latitudinale, distribution longitudinale, Niger