



**CARACTERISATION  
CLIMATIQUE DE LA REGION  
DE TILLABERI**

**2014**

**Rapport N° 1**



**KATIELLOU GAPTIA LAWAN  
MAURIZIO BACCI  
MOUSSA MOUHAIMINI**

# ANADIA Niger

## Projet Adaptation Au changement climatique, prévention des catastrophes et Développement agricole pour la sécurité Alimentaire

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Projet ANADIA Niger par une équipe de travail pluridisciplinaire composée par :

*KATIELLOU Gaptia Lawan (DMN)*

*MAURIZIO BACCI (IBIMET/CNR)*

*MOUSA Mouhaimini (DMN)*

L'étude a été cofinancée par la Direction Générale pour la Coopération au Développement du Ministère des Affaires Etrangères, le Istituto di Biometeorologia du Conseil National des Recherches d'Italie, le Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio et la Direction de la Météorologie Nationale du Niger à travers le projet ANADIA Niger.

Les auteurs expriment leur gratitude à VIERI Tarchiani (IBIMET/CNR); Edoardo Fiorillo (IBIMET/CNR), LABO Moussa Directeur (DMN) et TRAORE Abdoukarim ancien Directeur (DMN) qui ont contribué à la réussite de cette étude.

## Sommaire

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Introduction.....   | 6  |
| 1.1   | Contexte général.....   | 6  |
| 1.2   | Vision de l'étude .....   | 7  |
| 2     | Matériels et Méthodes .....   | 7  |
| 2.1   | Méthodologie.....   | 7  |
| 2.1.1 | Adoption du réseau optimal et contrôle de qualité des données .....   | 8  |
| 2.1.2 | Description des principaux indicateurs calculés.....  | 8  |
| 2.2   | Matériels.....  | 10 |
| 3     | Résultats et Discussions.....   | 10 |
| 3.1   | Etude de la variabilité des paramètres climatiques précipitations et température .....  | 10 |
| 3.1.1 | Précipitations.....   | 10 |
| 3.2   | Les indicateurs de la sécheresse.....   | 17 |
| 3.2.1 | Indice des précipitations Standardisé.....  | 17 |
| 3.2.2 | Nombre de Jours secs.....   | 17 |
| 3.2.3 | Evolution des caractéristiques de la saison de pluie dans la région de Tillabéri.....   | 20 |
| 3.2.4 | Variation spatiale des paramètres moyens de la saison (Début, fin, longueur de la saison) dans la Région de Tillabéri. ....   | 20 |
| 3.3   | Indicateurs des inondations .....   | 22 |
| 3.3.1 | Evolution temporelle des indicateurs.....   | 22 |
| 3.3.2 | Variation spatiales des pluies extrêmes.....  | 24 |
| 3.3.3 | Evolution Temporelle des pluies intenses moyennes sur la région de Tillabéri 1981 à 2010 et pour les années 2011 et 2012 .....  | 25 |
| 3.3.4 | Variation spatiale des écarts des culmus moyens mensuels et des pluies maximales moyennes mensuelles sur la région de Tillabéri.....  | 26 |
| 4     | Détermination des tendances statistiques significatives et variabilité temporelle de la distribution des indicateurs calculés de la Région.....   | 28 |
| 4.1   | Projections futures du climat de la région de Tillabéri avec scénarii GIEC 2015 à 2025. ....  | 29 |
| 4.2   | Projection des températures et des précipitations moyennes à l'horizon 2020-2049 avec MCG et HadCm3 utilisés pendant la Seconde communication Nationale du Niger sur les changements climatiques (CNEDD), Dr Ibrah Sanda, Dpt de Physique UAM, 2007 (scenarii du GIEC A, B1 et B2 du GIEC)..... | 30 |
| 5     | Conclusion .....  | 33 |
| 6     | Bibliographie.....  | 34 |

## Liste des Figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Courbe d'évolution de la pluviométrie 1960-2012 au Niger.....   | 7  |
| Figure 2 : Carte de la Zone de Tillabéri étendue aux régions avoisinantes.....   | 8  |
| Figure 3: Répartition spatiale de la pluviométrie dans la région de Tillabéri (moyenne 81-2010).....   | 11 |
| Figure 4: Evolution de la pluviométrie annuelle moyenne de 1980 à 2012.....  | 11 |
| Figure 5: Evolution des températures maximales moyennes annuelles à Tillabéri.....   | 12 |
| Figure 6 : Evolution des températures minimales moyenne annuelle à Tillabéri .....   | 13 |
| Figure 7 : Tendances d'évolution des nombre de jours avec températures maxi de plus de 35, 40 et 45°C et minimales de plus de 30°C de 1980 à 2012 sur la Région de Tillabéri (station de Tillabéri)..... | 14 |
| Figure 8 : : Evolution des nombres de jour avec températures maximales supérieures à 40°C pour les décennies de 1981 à 2010 et des années 2011 et 2012 à Tillabéri.....                                  | 15 |
| Figure 9 : Evolution des nombres de jour avec températures maximales supérieures à 35°C pour les décennies de 1981 à 2010 et des années 2011 et 2012 à Tillabéri.....                                    | 15 |
| Figure 10 : Evolution des nombres de jour avec températures maximales supérieures à 35°C pour les décennies de 1981 à 2010 et des années 2011 et 2012 à Niamey .....                                     | 16 |
| Figure 11 : Evolution des nombres de jour avec températures minimales supérieures à 30°C pour les décennies de 1981 à 2010 et des années 2011 et 2012.....   | 16 |
| Figure 12 : Indices de la pluviométrie standardisée.....   | 17 |
| Figure 13 : Evolution des nombres des jours secs de la région .....  | 18 |
| Figure 14: Evolution Maximum des jours secs consécutifs - séquences sèches.....  | 19 |
| Figure 15 : Evolution des dates moyennes de début, fin et longueur de la saison.....   | 20 |
| Figure 16 : : Ecart de début moyen et fin moyen 1981-2010 par rapport à la moyenne 2008-2012....   | 21 |
| Figure 17 : Ecart de la Longueur moyenne de la saison 81-2010 par rapport à la moyenne 2008-12.  | 21 |
| Figure 18: Nombre de jours avec pluie supérieure à 1, 10 mm sur la Région de Tillabéri.....  | 22 |
| Figure 19 : Nombre de jours avec pluie supérieure à 20 mm sur la Région de Tillabéri .....   | 23 |
| Figure 20 : Nombre de jours moyen mensuel avec pluie supérieures à la 95ème percentile.....  | 23 |
| Figure 21 : Nombre de jours moyen mensuel avec pluie supérieures à la 99ème percentile.....  | 24 |
| Figure 22 : Variation spatiale des pluies extrêmes moyennes sur la Région de Tillabéri (écarts des 5 dernières années avec la moyenne 81-2010).....  | 25 |
| Figure 23 : Cumul et taux pluviométriques moyens mensuels de la Région de Tillabéri .....  | 25 |
| Figure 24 : Pluie maximale moyenne mensuelle et records des pluies mensuelles des décennies 80 à 2000 et des années 2011 et 2012.....  | 26 |
| Figure 25 : Ecart des pluies (maxi et cumul mensuelles moyennes) des cinq dernières années comparées à la moyenne 81-2010.....   | 27 |
| Figure 26 : Variabilité temporelle des indicateurs inondations calculés pour les décennies 81-90, 91-2000 et 2001-2010.....  | 28 |
| Figure 27: Les projections des températures moyennes à l'horizon 2015 et 2025 obtenues par approche Ensemble des plusieurs modèles GIEC.....   | 29 |
| Figure 28 : Les projections des températures moyennes à l'horizon 2015 et 2025 obtenues par approche Ensemble des plusieurs modèles utilisés par le GIEC .....   | 30 |
| Figure 29 : Projection Température maximale moyenne mensuelle à l'horizon 2020-2049.....   | 31 |
| Figure 30 : Projection Température minimale moyenne mensuelle à l'horizon 2020-2049 .....  | 31 |
| Figure 31 : Projection pluviométrie moyenne mensuelle à l'horizon 2020-2049 sur le pays .....  | 32 |
| Figure 32 : Projection variation du cumul moyen en pourcentage des précipitations à l'horizon 2020-2049.....   | 32 |

## **ANADIA Niger**

### **Liste des Tables**

|  |    |
|--|----|
| Table 1 : Valeurs de SPI pour la catégorie de sécheresse .....       | 9  |
| Table 2 : Tendances statistiques significatives des indicateurs..... | 28 |

# 1 Introduction

---

## 1.1 Contexte général

Le Niger est un Pays sahélien et enclavé, dont le point le plus proche de la mer se trouve à environ 600 km. Il couvre une superficie de 1.267.000 km<sup>2</sup> et se situe entre les longitudes 0° 16' et 16° Est, et les latitudes 11°1' et 23°17' Nord. Les 3/4 du pays sont occupés par des déserts dont celui du Ténéré qui compte parmi les déserts les plus célèbres du monde.

Le climat du pays est de type tropical aride et semi aride. Le Niger se situe en effet dans l'une des zones les plus chaudes du globe. Il est caractérisé par quatre types de saisons :

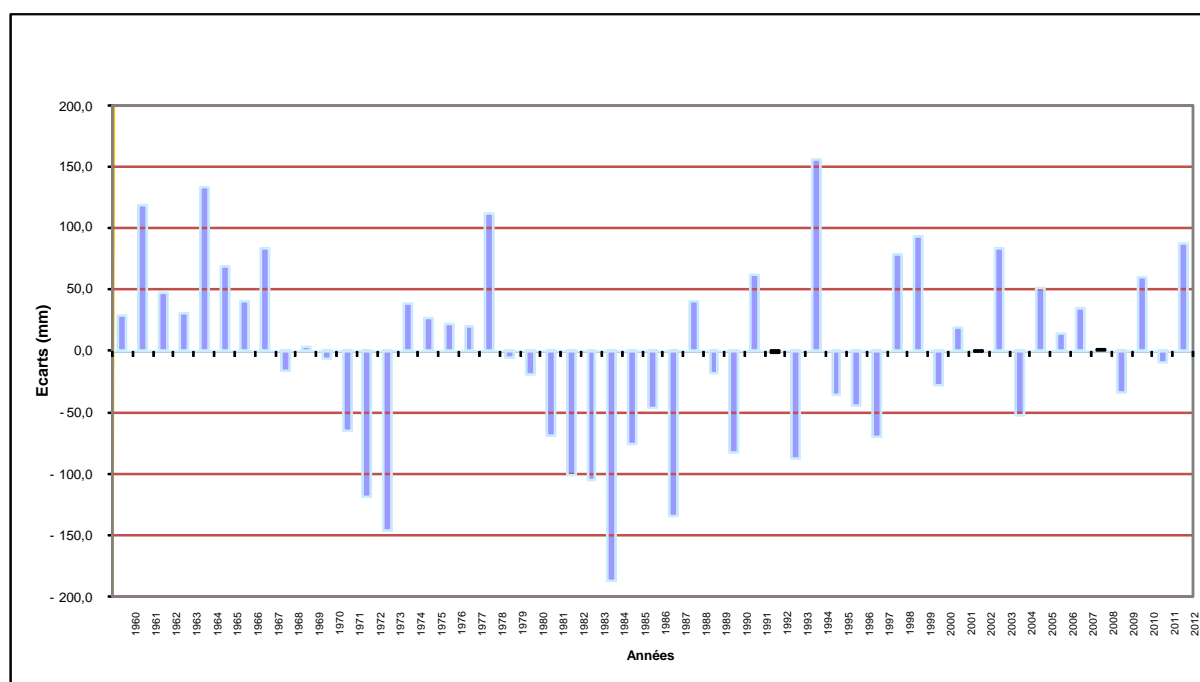
- Une saison dite froide (mi-décembre à mi-février)
- Une saison sèche et chaude (mars-mai).
- Une saison de pluie (juin-septembre)
- Une saison chaude sans pluie (octobre à mi-décembre)

Les derniers records de températures enregistrées sont de -2,5°C (20 janvier 2005) à Bilma au Nord Est du pays pour les températures minimales et de 48.3°C observé le 7 mai 2010 à Tillabéri chef lieu de la région d'étude. Mais il faut noter que Bilma a aussi enregistré 48,2°C (quasiment la même chose que le record) le 23 juin 2010 témoignant de la vague de chaleur qui a fait plusieurs victimes sur le pays notamment à Niamey la capitale en 2010. Ces records étaient de -2,4°C (observé le 13 janvier 1995 à Bilma) pour les températures minimales et de 47.2°C observé à N'Guigmi à l'extrême sud-est du pays pour les températures maximales.

Aussi, du fait des changements climatiques au Niger, les températures à l'instar de la configuration de l'évolution annuelle au niveau mondial qui montre des températures moyennes en augmentation soutenue à partir des années 80 (Rapport du GIEC, 2007), les températures minimales comme maximales au Niger sont en augmentation soutenue depuis le début des années 90 précédée d'une variabilité interannuelle en dents de scie depuis les années 80.

En ce qui concerne la pluviométrie, dans le contexte de ce climat qui change on assiste à une forte variabilité interannuelle illustrée par la courbe d'évolution des anomalies de la pluviométrie de 1960 à 2012 ci-dessous montrant une alternance avec de séquences moyennes de 5 à 7 ans bien distinctes d'années humides (1960 à 1968) et sèches (1969 à 1974) puis humides (1975 à 1981) et très sèches (de 1982 à 1987) avec la plus importante sécheresse de 1984). Mais avec les manifestations des changements climatiques perçus sur nos latitudes en fin des années 1980, on assiste comme on peut le voir sur la courbe à partir de 1988 à des variabilités interannuelles très marquées qui vont en dents de scie donnant l'impression d'un affolement de notre climat. L'alternance de 7 ans en moyenne est passée à 1 à 2 années pour les années déficitaires et excédentaires. Ceci est valable pour l'ensemble du Sahel. Cet état de fait rend encore plus aléatoire la pluviométrie d'une saison à une autre sur nos latitudes et nécessite une veille climatique accrue et un grand besoin de disposer des informations mises à jour sur le climat et son évolution marquée aussi par des incidences récurrentes des inondations plus ou moins sévères.

Figure 1 : Courbe d'évolution de la pluviométrie 1960-2012 au Niger



**Source : DMN**

C'est dans ce cadre que cette étude préliminaire a été conduite dans la région de Tillabéri pour effectuer une caractérisation climatique au niveau régional en vue d'appréhender les variabilités.

### 1.2 Vision de l'étude

C'est dans ce cadre que cette étude préliminaire a été conduite dans la région de Tillabéri pour effectuer une caractérisation climatique au niveau régional en vue d'appréhender les variabilités actuelles et futures des paramètres clés du climat dans cette zone de l'ouest du pays s'appuyant sur la période climatique la plus récente de trente ans allant de 1981 à 2010.

Le but étant de comprendre ce climat sujet au changement pour mieux prévenir et gérer ces risques en vue de permettre une planification de résilience aux niveaux régional et local.

## 2 Matériels et Méthodes

### 2.1. Méthodologie

La méthodologie dans cette étude a consisté à calculer des indices des paramètres climatiques relatifs aux risques climatiques susceptibles d'engendrer des catastrophes d'ordre hydrométéorologique telles que la sécheresse et l'inondation.

Pour ce faire il a été procédé comme suit :

- Définition d'un réseau optimal ayant une série de données d'au moins 30 ans et contrôle de qualité
- Etude des variabilités des principaux paramètres climatiques, précipitation et température de la zone
- Calcul des indicateurs de sécheresses et des inondations

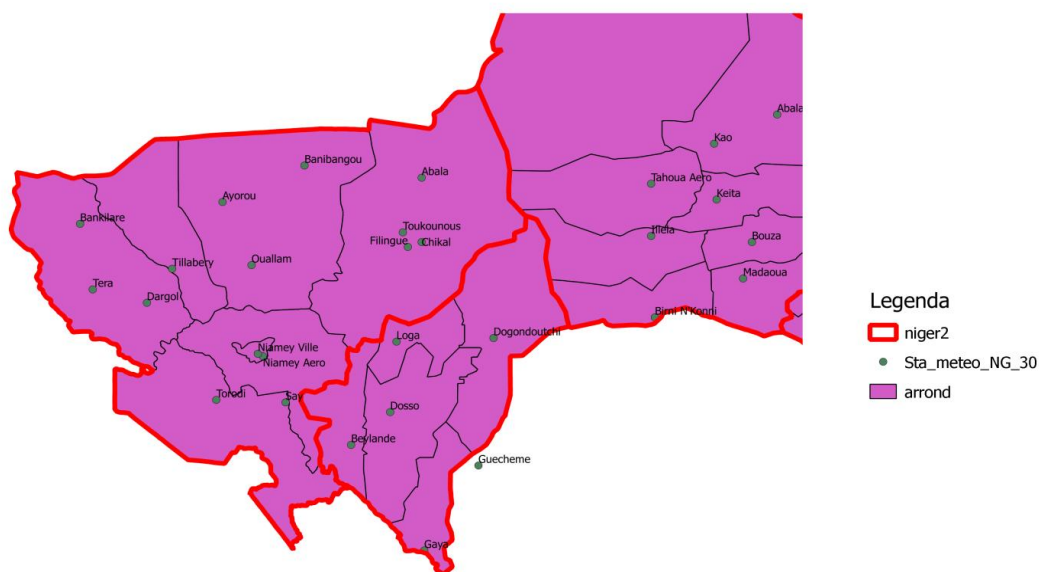
## ANADIA Niger

- Analyse statistiques des différents indicateurs
- Scenarii des changements climatiques pour l'horizon 2015-2025

### 2.1.1. Adoption du réseau optimal et contrôle de qualité des données

L'étude préalable a consisté à choisir les stations pluviométriques du réseau officiel de la DMN sur lesquelles le travail devait se faire. Le critère étant que la station ait au moins une série de données de 30 ans à partir de 1980. Une dizaine de stations seulement a été retrouvée et pour un souci de, certaines stations des régions de Tahoua, Dosso, Communauté Urbaine de Niamey ont été souvent utilisées (voir Fig. 1).

Figure 2 : Carte de la Zone de Tillabéri étendue aux régions avoisinantes



Avec l'usage du tableau croisé nous avons décelé les stations qui ont des données manquantes (jours, mois) ou des données aberrantes en les comparant avec la base des données ou au besoin aux données brutes des carnets d'observations.

### 2.1.2. Description des principaux indicateurs calculés

#### *Les températures extrêmes*

Pour appréhender l'évolution des températures extrêmes, un certain nombre de seuils ont été fixés et calculés. (Les journées où la température dépasse les 35°C, un seuil identifié comme dommageable à la fois pour les populations humaines et pour les écosystèmes, Constat : Evènements extrêmes, Fabrice Chauvin, CNRM-GAME Avril 2011).

Pour les températures maximales les seuils choisis sont 35°C, 40°C, 45°C et pour les températures minimales le seuil est de 30°C.



## ANADIA Niger

### Indice des précipitations Standardisé

Pour l'appréciation de la sécheresse et de son ampleur dans la zone d'étude, on a utilisé entre autres l'indice de précipitation standardisé (ou de l'anglais Standardized Precipitation Index (SPI)) fortement recommandé aux Services Météorologiques et Hydrologiques Nationaux (SMHNs) par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). C'est un indice normalisé qui permet de calculer des déficits pluviométriques permettant d'étudier les sécheresses mais aussi les périodes humides selon que la précipitation d'une période donnée (au moins 1 mois au plus 24 mois) se situe en deçà ou au-delà de la moyenne de la période considérée et l'ampleur de la sécheresse est donnée selon le tableau 1 ci-après dans le cadre d'une distribution Normale.

Table 1 : Valeurs de SPI pour la catégorie de sécheresse

|   |                      |
|---|----------------------|
| <b>Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.</b> | extrêmement humide   |
| 1.5 to 1.99   | très humide          |
| 1.0 to 1.49   | modérément humide    |
| -.99 to .99   | proche de la normale |
| -1.0 to -1.49   | modérément sec       |
| -1.5 to -1.99   | sévèrement sec       |
| -2 et moins   | extrêmement sec      |

Source : McKee et al (1993)

### *Nombre de Jours secs, maximum des jours secs consécutifs*

Le nombre de jours correspondant aux jours sans pluie ou des jours avec moins de 1 mm de pluie enregistrée et maximum de jours secs quant à lui correspond au nombre maximum des jours secs consécutifs. Ce sont des indices qui permettent d'évaluer la sécheresse.

### *Les indicateurs relatifs aux débuts, fins et longueur de la saison de pluie*

Ils expriment les dates moyennes de démarrage de la saison en jours juliens, la fin de la saison en jours juliens et la longueur moyenne de la saison de pluie (période moyenne entre les débuts et les fins des saisons) respectivement.

### *Indicateurs relatifs à l'inondation : pluies intenses et pluies extrêmes*

Les indicateurs qui expriment le nombre des jours humides (avec pluie égale ou plus de 1 mm), supérieure aux seuils de 1, 10 et 20 ou égale à 10 et 20 mm.

Les autres indicateurs sont :

Le taux de pluie mensuel est le rapport de la pluie moyenne mensuelle sur le nombre de jours avec pluie (> à 1 mm)

## **ANADIA Niger**

La pluie maximale moyenne mensuelle et le record des pluies mensuelles qui se définissent comme la moyenne des pluies maximales enregistrées au cours des mois des années de la série 81 à 2010, des années 2011 et 2012, et, les records de pluie jamais enregistrés durant les mois des différentes décennies et des années 2011 et 2012 respectivement.

Le nombre de jours avec pluie (NBJP) supérieure au 95eme et 99eme percentile (NBJP>95C,NBJP>99c) pour l'appréciation de pluies extrêmes.

Calcul statistiques des tendances des variabilités temporelles et le calcul du coefficient de Kendal Tau des indicateurs extrêmes et de différents seuils en relation avec le potentiel d'inondation :

L'analyse statistique des tendance du nombre de jours avec pluie supérieurs à 1, 1à et 20 mm mais aussi extrêmes supérieurs au 95, 99 et le pluie intense dans le temps a été conduite

Il s'agit du calcul des corrélations tant linéaires corrélations que non linéaires avec le coefficient de Kendall Tau dans le temps de l'évolution des différents indicateurs.

Des illustrations Graphiques (Courbes et cartes) pour appréhender les variabilités temporelles et spatiales sont dans le corps du document mais aussi en annexe

### ***Projections futures***

Les scenarios de changements des paramètres clés température et précipitations à l'horizon 2015-2025 avec l'approche Ensemble à partir du site du GIEC et à l'horizon 2020-2049 avec le modèle de circulation générale le HARDCM3 et le SDSM pour le downscaling niveau station ont été utilisé dans cette étude

## **2.2. Matériels**

Pour ces travaux les matériels utilisés sont entre autres les logiciels Excell, les logiciel SIG Q-GIS, ARC-GIS l'approche Ensemble de plusieurs modèles utilisés par le GIEC, et le modèle HADCM3 et SDSM.

# **3 Résultats et Discussions**

---

## **3.1 Etude de la variabilité des paramètres climatiques précipitations et température**

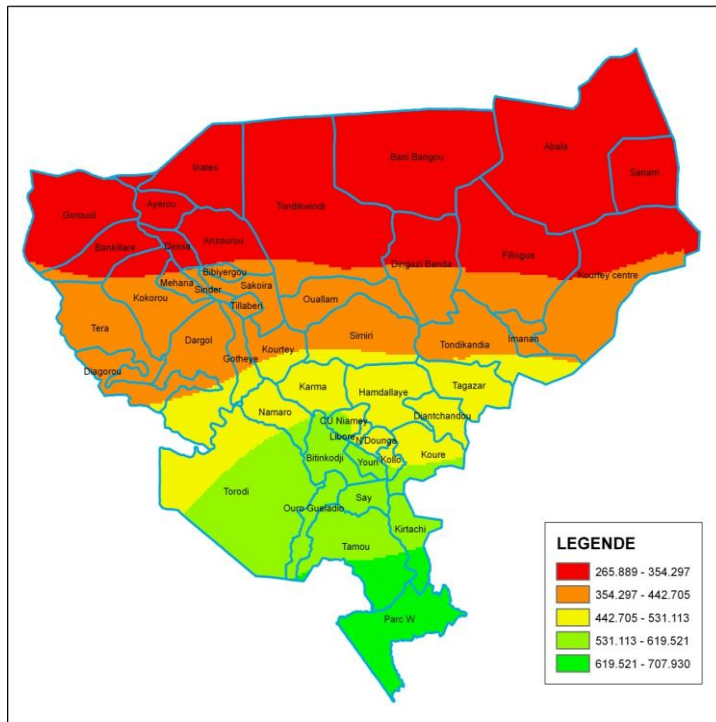
### **3.1.1 Précipitations**

#### ***Répartition spatiale de la pluviométrie dans la région de Tillabéri***

La répartition spatiale de la pluviométrie dans la région de Tillabéry (Figure 2) montre un gradient Sud-Nord bien marqué où les cumuls pluviométriques les plus importants sont enregistrés dans l'extrême Sud (Parc du W et alentour) variant entre 600 et 700 mm et sur le Nord de la région où les cumuls les moins importants (entre 260 et 350 mm) sont enregistrés. Cela a un impact certain sur les variétés de culture avec les cycles longs qui sont possibles au Sud et les cycles courts au Nord et par conséquent c'est une donnée à prendre en compte dans la planification des différentes cultures dans la région.

# ANADIA Niger

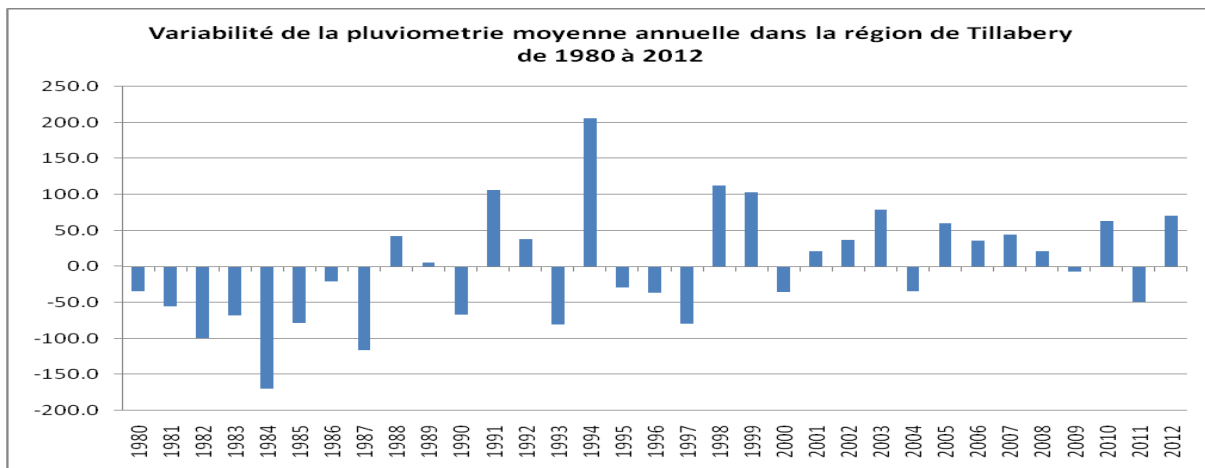
Figure 3: Répartition spatiale de la pluviométrie dans la région de Tillabéri (moyenne 81-2010)



## Evolution temporelle de la pluviométrie dans la région de la Tillabéri

A l'instar du pays, on retrouve dans la région de Tillabéri après la baisse pluviométrique qui a marqué les années 1980, cette forte variabilité interannuelle de la pluviométrie qui, par moment va en dents de scie. Mais la tendance observée est à une reprise des précipitations (quantité) ces deux dernières décennies (Fig. 3).

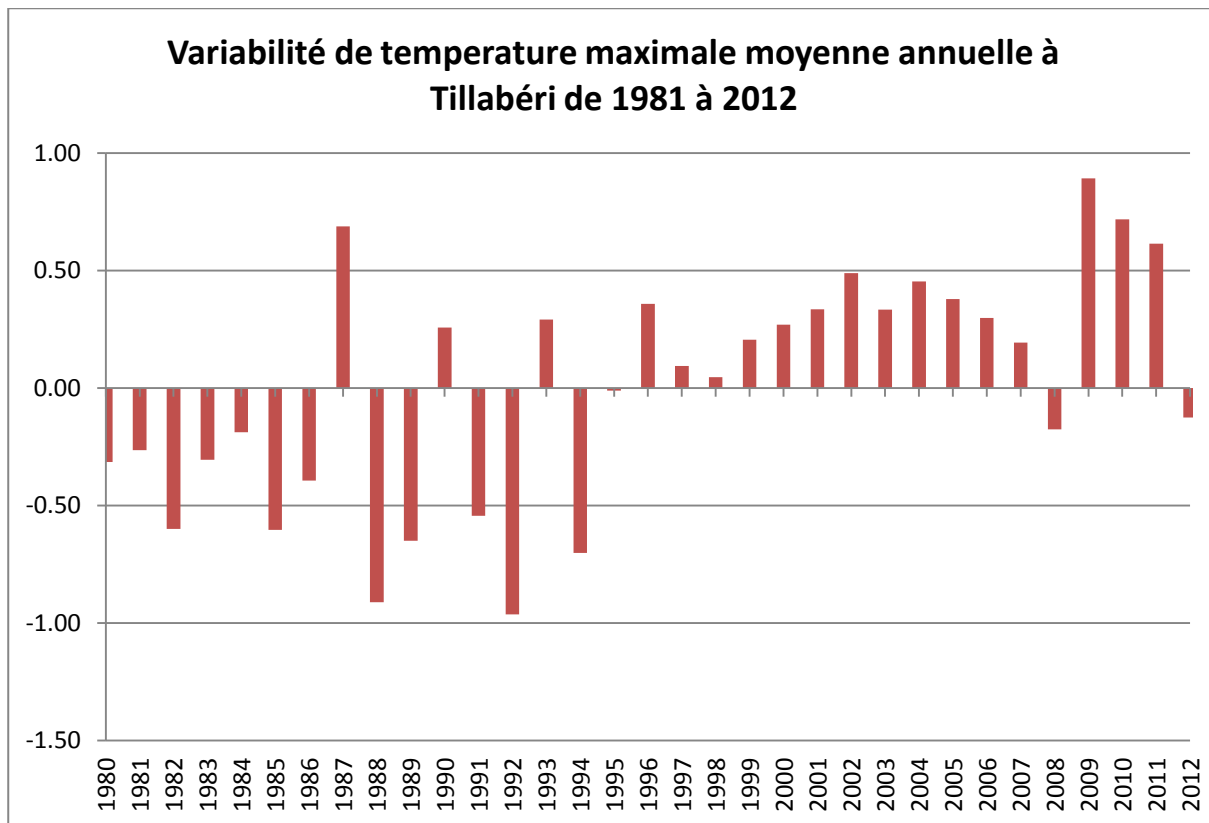
Figure 4: Evolution de la pluviométrie annuelle moyenne de 1980 à 2012



## Température

Pendant les années 80 jusqu'au milieu des années 90 le climat était globalement doux avec des températures en deçà de la moyenne. Mais après 1994, les températures maximales de la région ont connu une hausse (au-dessus de la moyenne) continue et soutenue (Fig. 4) et se poursuivant jusque-là n'eut été une légère atténuation des années très humides de 2008 et 2012. Les excédents moyens de température vers la fin des années 2000 ont atteint plus de 0,5 °C (jusqu'à 0,8 en 2009) et ont persisté trois années de suite de 2009 à 2011 traduisant un réchauffement important et persistant propre à un climat en perpétuel changement.

Figure 5: Evolution des températures maximales moyennes annuelles à Tillabéri

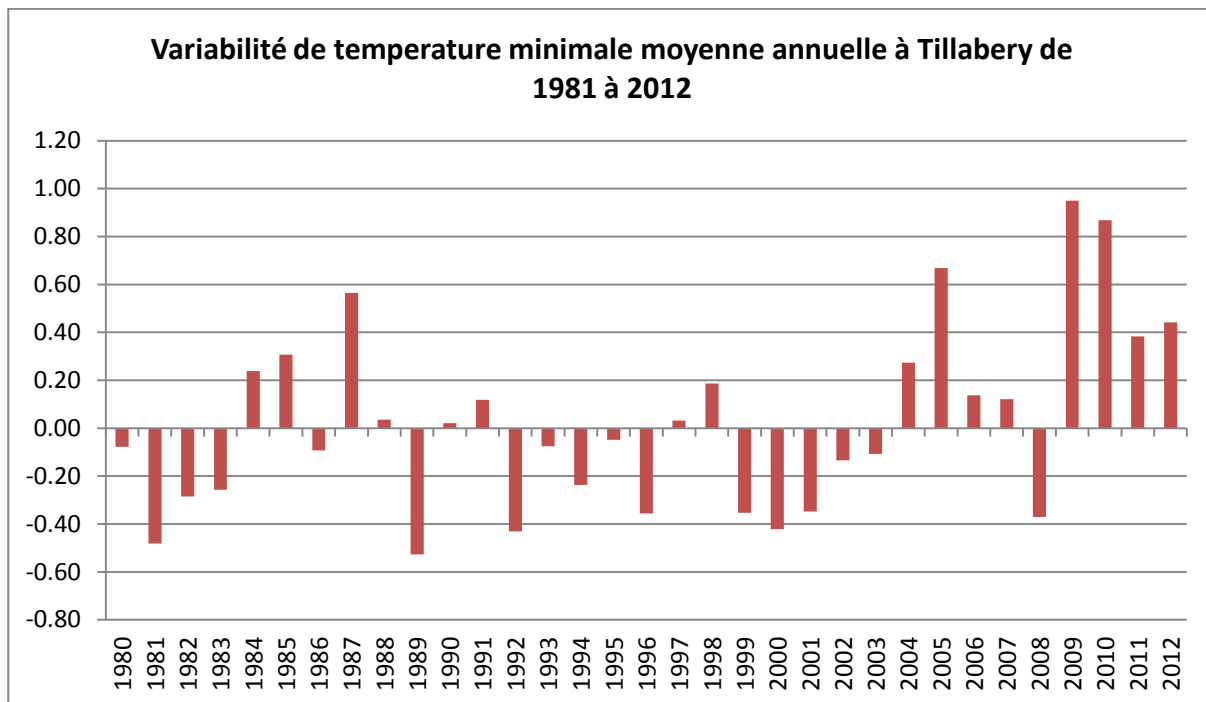


La même configuration est observée au niveau des températures minimales, mais avec un retard plus au moins important avec une hausse assez importante et soutenue des températures minimales moyennes intervenant plus tard au milieu des années 2000. En effet, en dehors de l'année 2008 humide qui a vu la baisse par rapport à la moyenne 81-2010, une augmentation continue depuis 2004 est observée.

Il faut noter que depuis 1996 pour les températures maximales et 2004 pour les températures minimales correspondant au début de la hausse soutenue dans la région de Tillabéri les températures ont connu une hausse annuelle maximale d'environ 0,8°C.

## ANADIA Niger

Figure 6 : Evolution des températures minimales moyenne annuelle à Tillabéri

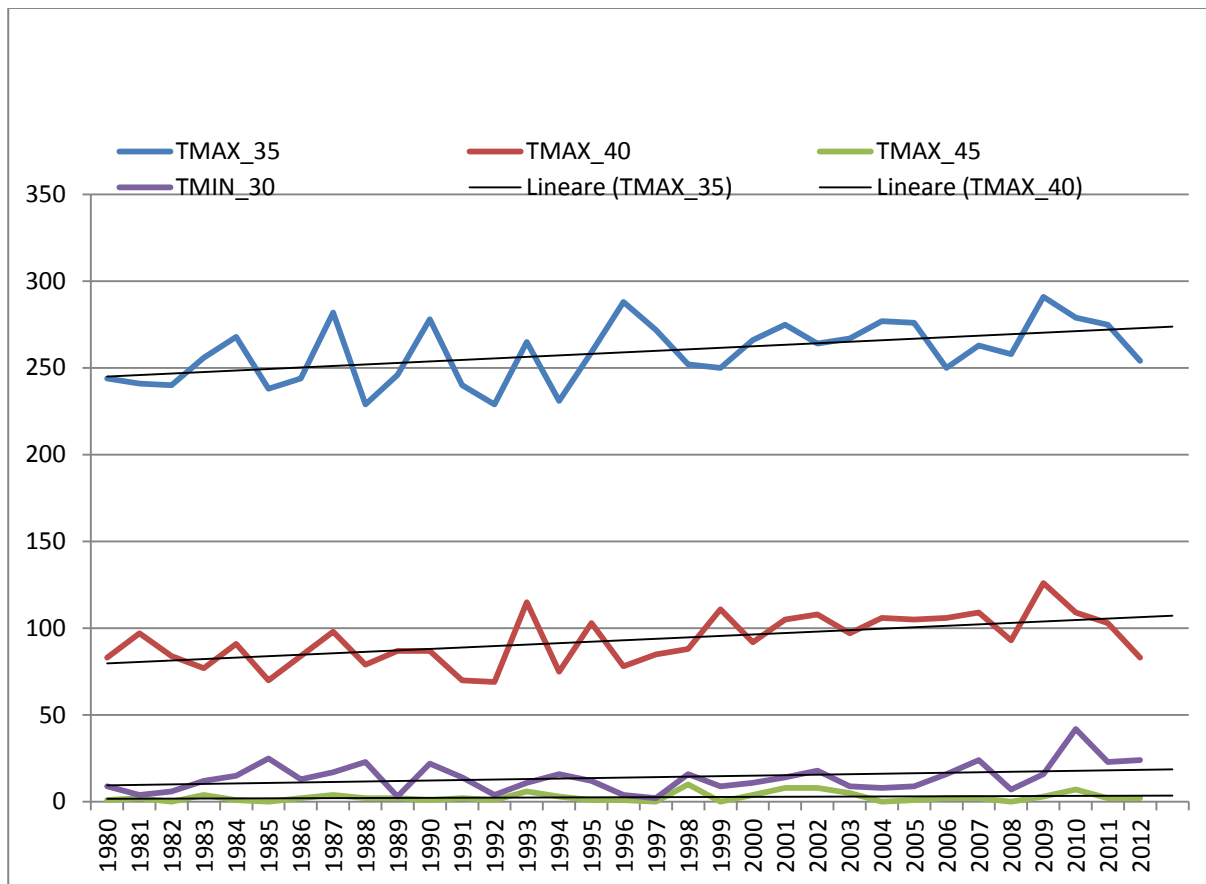


### Les Températures extrêmes

L'analyse de la courbe de la figure 5 qui montre l'évolution des différents seuils choisis de 35°C, 40°C, 45°C pour les températures maximales et 30°C pour les températures minimales, il ressort une tendance bien marquée à la hausse des nombres de jours avec des températures maximales et minimales supérieures aux seuils indiqués. Cela dénote des vagues de chaleur qui se font de plus en plus récurrentes ces dernières années sur le pays et sur la région de Tillabéri en particulier (record de température maximale du Niger mai 2010) mais aussi des nuits de plus en plus chaudes.

## ANADIA Niger

Figure 7 : Tendances d'évolution des nombre de jours avec températures maxi de plus de 35, 40 et 45°C et minimales de plus de 30°C de 1980 à 2012 sur la Région de Tillabéri (station de Tillabéri).

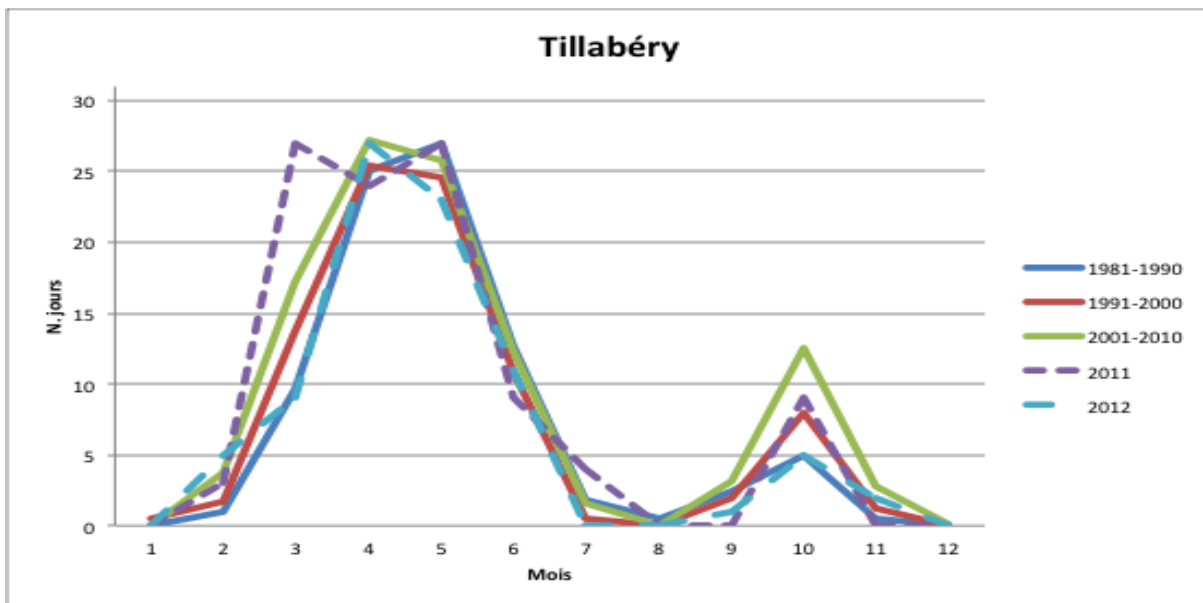


De façon générale nous assistons sur cette région et sur un nombre important des stations de la zone (voir annexe) à une augmentation croissante des moyennes des températures décennales de 1981-1990 à la dernière décennie de la période en l'occurrence 2001 à 2010. Aussi les différentes saisons caractéristiques du climat du pays exposées plus haut sont très bien mises en exergue à travers le profil moyen des nombres de jours avec températures décennales mais aussi annuelles de la figure 6. En effet, la période sèche et chaude Avril-mai, celle pluvieuse allant de juin à septembre, et la petite saison chaude d'octobre à novembre voire mi-décembre et la période de froid décembre à février se distinguent assez remarquablement. En ce qui concerne les températures extrêmes comme montré par la courbe de tendances des extrêmes précédente, on remarque une hausse des nombres des jours avec des températures élevées voire extrêmes qui croissent de la décennie 81-90 à la décennie 2001-2010, même si la décennie 91-2000 se distingue faiblement de la décennie 80. Cela est dû essentiellement à la forte pluviosité de cette décennie (Figure 2) ayant permis une importante absorption de chaleur latente contribuant à une forte évapotranspiration durant cette période qui, à son tour a adouci les températures de l'air bien illustré sur les figures 3 et 4 montrant des moyennes annuelles en deçà de la moyenne sur pratiquement toute la première moitié de la décennie 91-2000 pour les températures maximales et sur toute la décennie pour les températures minimales.

On observe deux pics de température avec une allure de plateau pour l'essentiel allant d'avril à mai voire juin pour les températures maximales montrant ainsi des épisodes de nombre de jours successifs avec des températures élevées et un seul pic pour toutes les décennies au mois d'octobre durant la deuxième période de chaleur où la hausse croissante des températures maximales moyennes décennales est nette et sans ambiguïté.

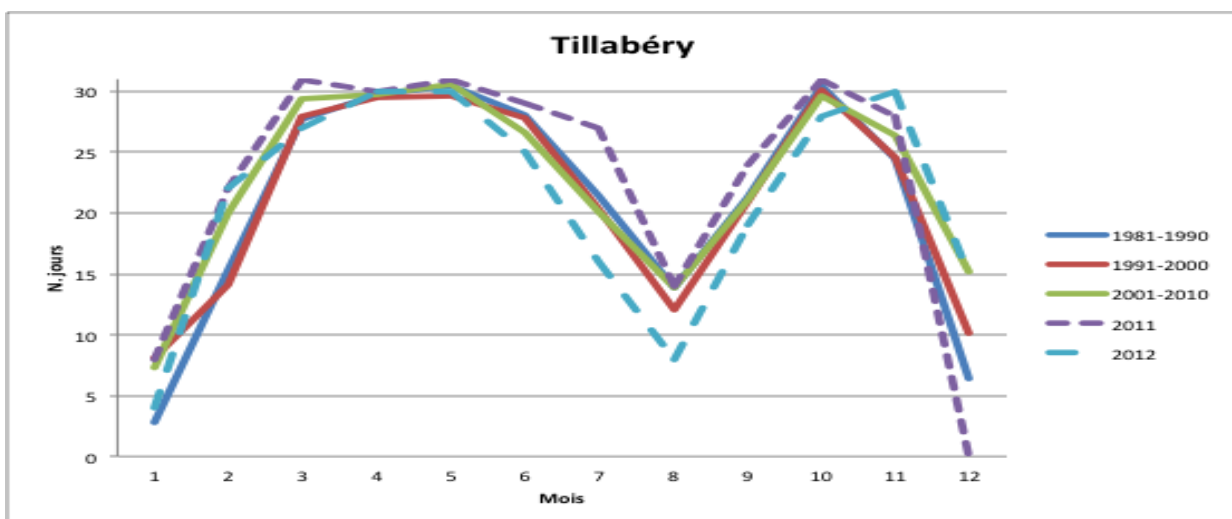
## ANADIA Niger

Figure 8 : Evolution des nombres de jour avec températures maximales supérieures à 40°C pour les décennies de 1981 à 2010 et des années 2011 et 2012 à Tillabéri



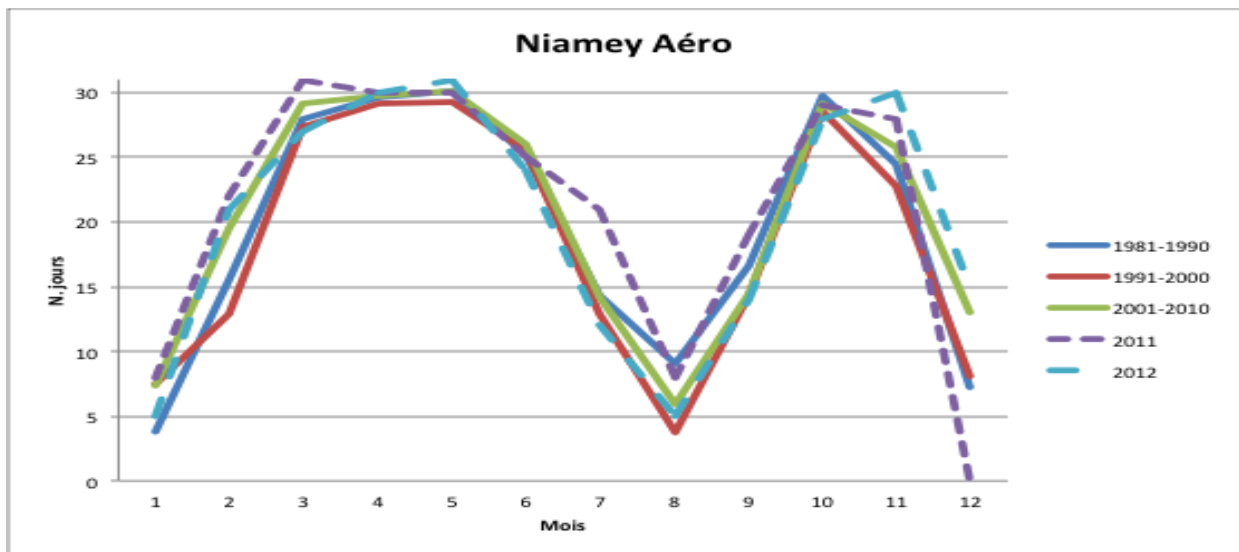
Aussi, contrairement au seuil de 40°C, le nombre de jours avec températures supérieures à 35°C ne semble pas présenter pour le Niger et la région de Tillabéri en particulier un seuil assez critique mais il permet néanmoins de distinguer la période humide ou saison dite de pluie durant 3 à 4 mois avec moins de 15 jours par mois avec température de plus de 35°C et une longue saison sèche 8 à 9 mois avec plus de la moitié du mois avec plus de 35°C (Figure 7) montrant un profil à l'allure de « M ». Partout le mois d'août enregistre les moins de jours avec température supérieure à ce seuil.

Figure 9 : Evolution des nombres de jour avec températures maximales supérieures à 35°C pour les décennies de 1981 à 2010 et des années 2011 et 2012 à Tillabéri



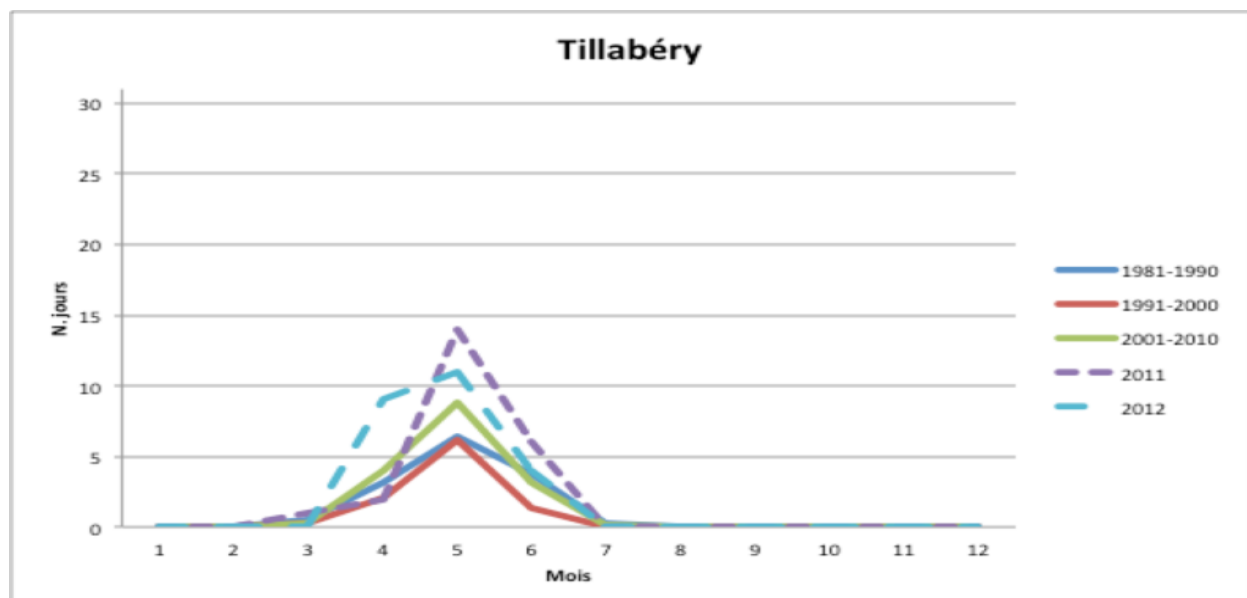
## ANADIA Niger

Figure 10 : Evolution des nombres de jour avec températures maximales supérieures à 35°C pour les décennies de 1981 à 2010 et des années 2011 et 2012 à Niamey



En ce qui concerne les températures minimales, les pics des températures moyennes décennales et des années indépendantes sont enregistrés durant le mois de mai (Fig. 8) et n'eut été la décennie 90 qui semble avoir moins de nuits chaudes (même si le pic est identique à celui de la décennie 80) pour les mêmes raisons évoquées plus haut, on assiste globalement à une augmentation des températures moyennes décennales des années 80 aux années 2000. Ce qui traduit ce réchauffement progressif du climat de ces dernières années à Tillabéry tout comme sur le pays.

Figure 11 : Evolution des nombres de jour avec températures minimales supérieures à 30°C pour les décennies de 1981 à 2010 et des années 2011 et 2012





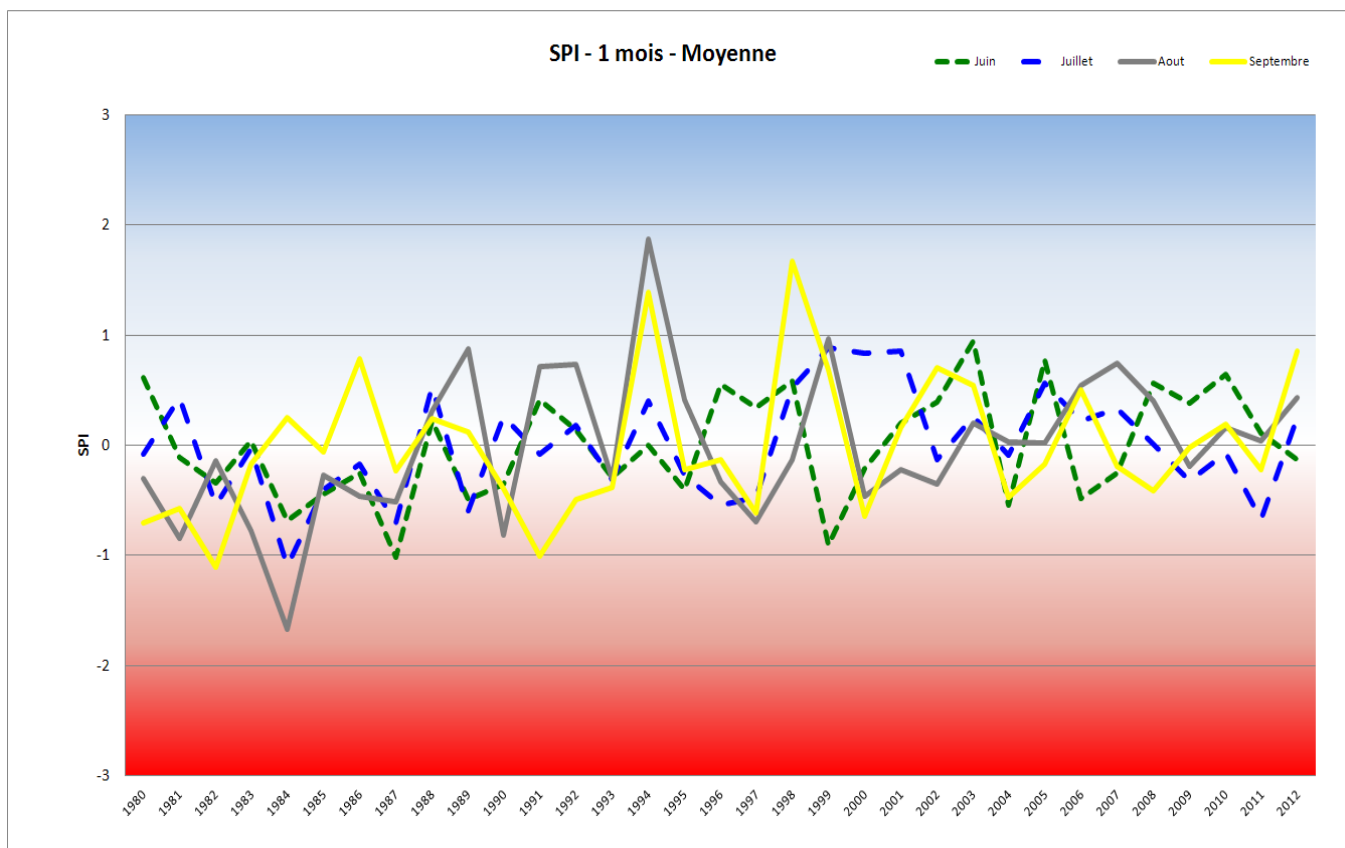
### 3.2 Les indicateurs de la sécheresse

#### 3.2.1 Indice des précipitations Standardisé

L'examen de la courbe de la figure 9 montrant le SPI moyen mensuel fait observer que le mois de juillet semble connaître des fluctuations importantes et surtout vers la fin des années 2000 où un déficit notable et continu des cumuls est observé. Ainsi que le mois de juin dans une moindre mesure montrant le caractère variable et glissant du début de la saison. Cela semble crucial dans les régions Ouest du pays depuis ces dernières années vis à vis de l'agriculture.

Le mois de septembre traduisant la fin de la saison montre une stabilité et peu de déficit pluviométrique même si vers la fin des années 2000 il présente quelques cas de variabilité alternant déficit et excédent pluviométrique. Elle met en relief aussi, la sécheresse sévère de 1984 dans cette région (entre -1.55 et -1.99).

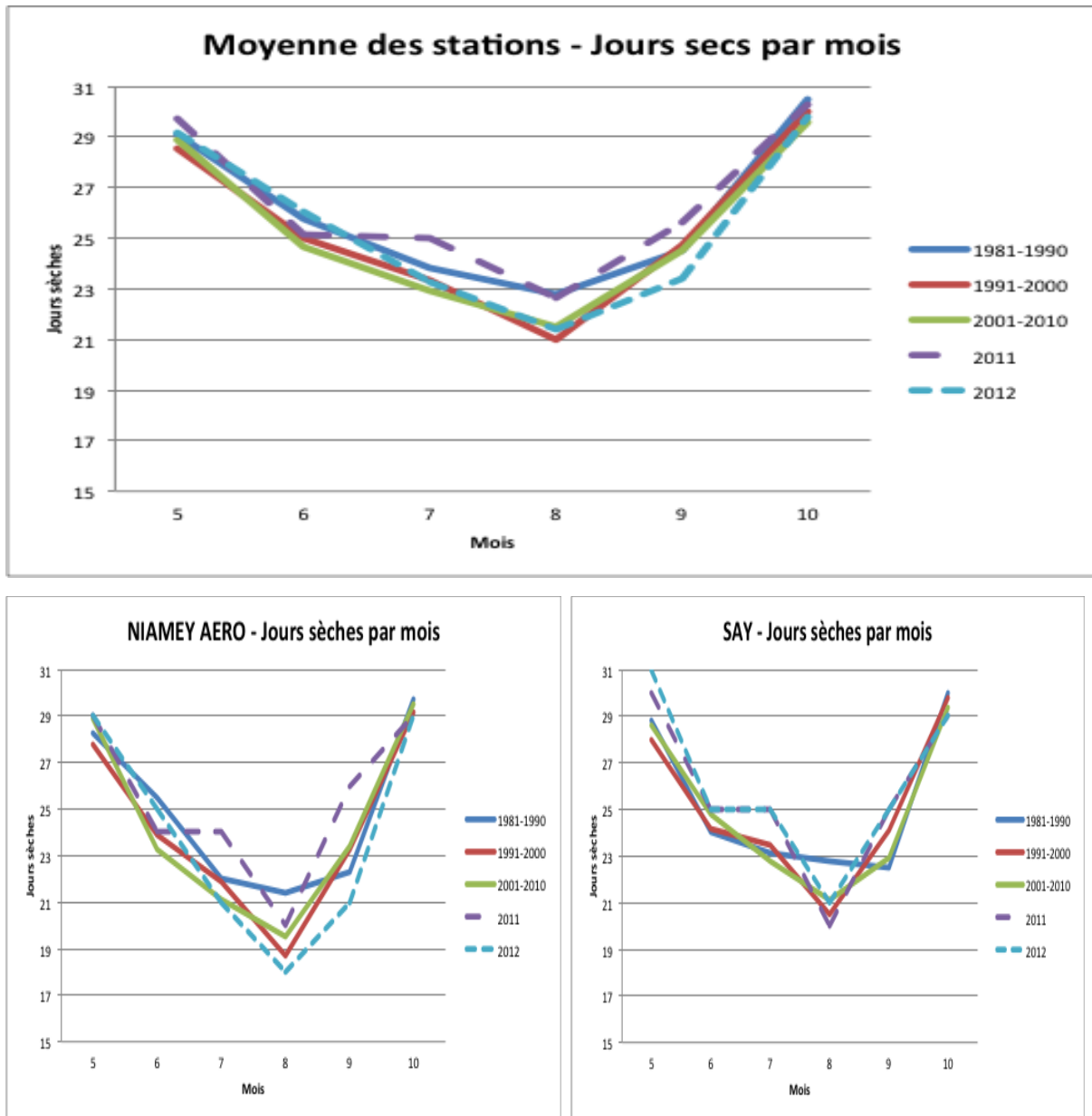
Figure 12 : Indices de la pluviométrie standardisée



#### 3.2.2 Nombre de Jours secs

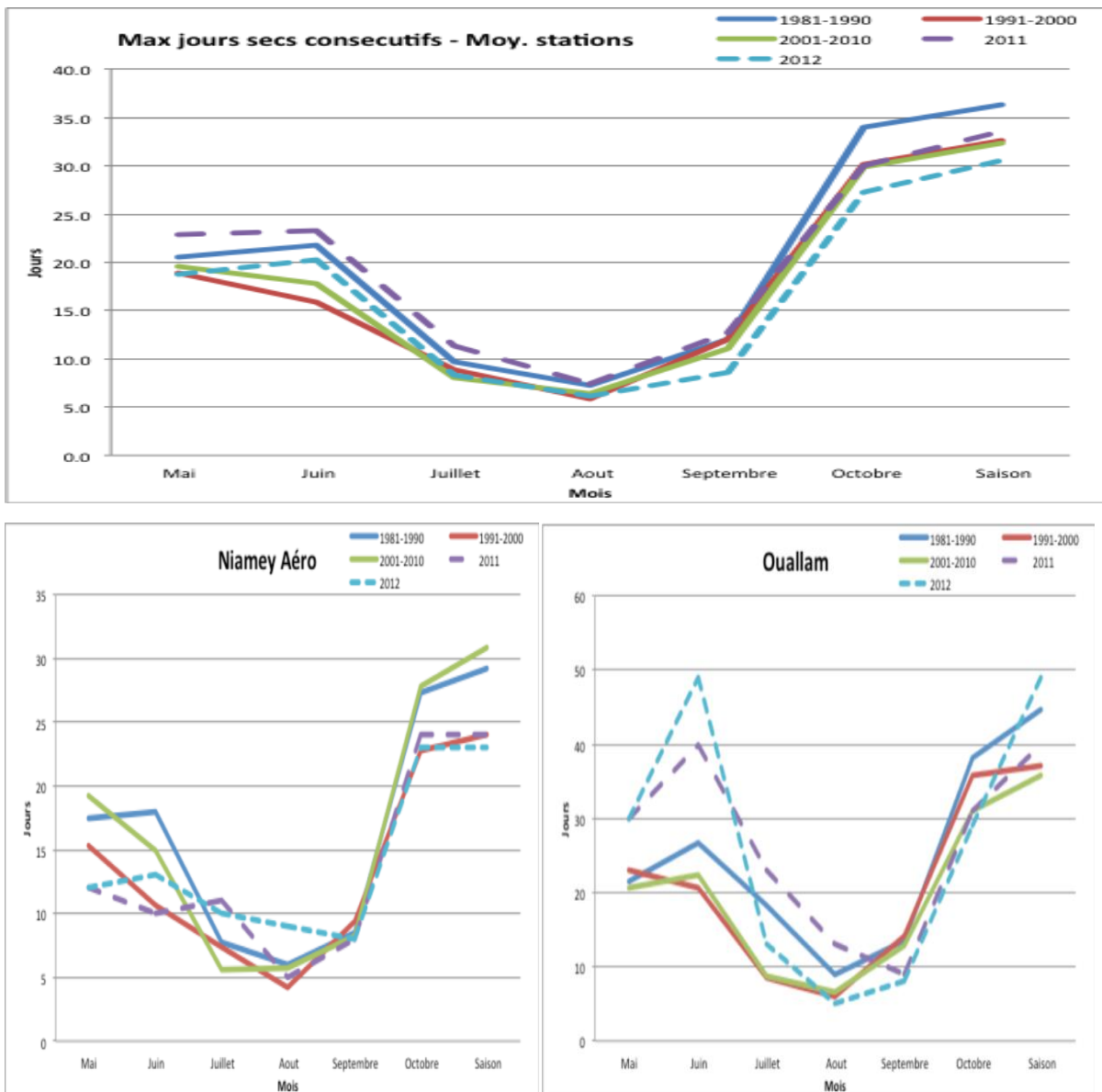
On note en moyenne pour la région et pour les stations prises individuellement une diminution de nombre de jours secs (jour avec pluie inférieure ou égale à 1 mm) allant de la décennie 80 période de sécheresse aux deux dernières décennies où l'on note une reprise des précipitations comme le montre la figure 10 en particulier la décennie 90 qui présente moins de jours secs. Ce qui confirme les fortes précipitations tombées (en termes de quantité) durant cette décennie dans cette région comme indiqué plus haut. Mais si la pluie semble reprendre dans cette région sa répartition durant la saison de pluie reste problématique en ce que le début semble être instable voire retardé pendant que ces dernières années la fin de saison reste quasiment stable.

Figure 13 : Evolution des nombres des jours secs de la région



Les séquences sèches diminuent de la décennie 80 aux deux dernières décennies avec une diminution progressive de 80 à la décennie 91-2010 durant les périodes sèches et les débuts et fins des saisons et au milieu de la saison de pluie la décennie 90 a enregistré moins des séquences sèches avant la décennie 2000 en moyenne sur la région de Tillabéri.

Figure 14: Evolution Maximum des jours secs consécutifs - séquences sèches



Le profil des séquences sèches montre une allure similaire sur les deux stations de la zone en l'occurrence Niamey et Ouallam et la situation moyenne de la région de Tillabéri (figure 12) en forme de U ou disons en V étant donné que le mois d'aout compte pour toutes les stations représentées et la moyenne de la région, le moins des séquences sèches. Il est aussi observé que la décennie 90 présente moins de séquences sèches en début de saison que la décennie 2001-2010 et beaucoup moins de séquences sèches que la décennie 80. Les deux dernières décennies présentent moins de séquences sèches que la décennie 80 illustrant bien le retour de pluie de ces dernières années dans la région. Aussi, en milieu de saison, la situation moyenne et à la station de Niamey on observe pas une grande disparité de séquences sèches sauf à Ouallam où la décennie 80 montre très distinctement plus de séquences sèches que les autres décennies mettant en exergue l'ampleur des déficits pluviométriques assez importants enregistrés durant cette décennie dus notamment à la grande sécheresse de années 83/84.

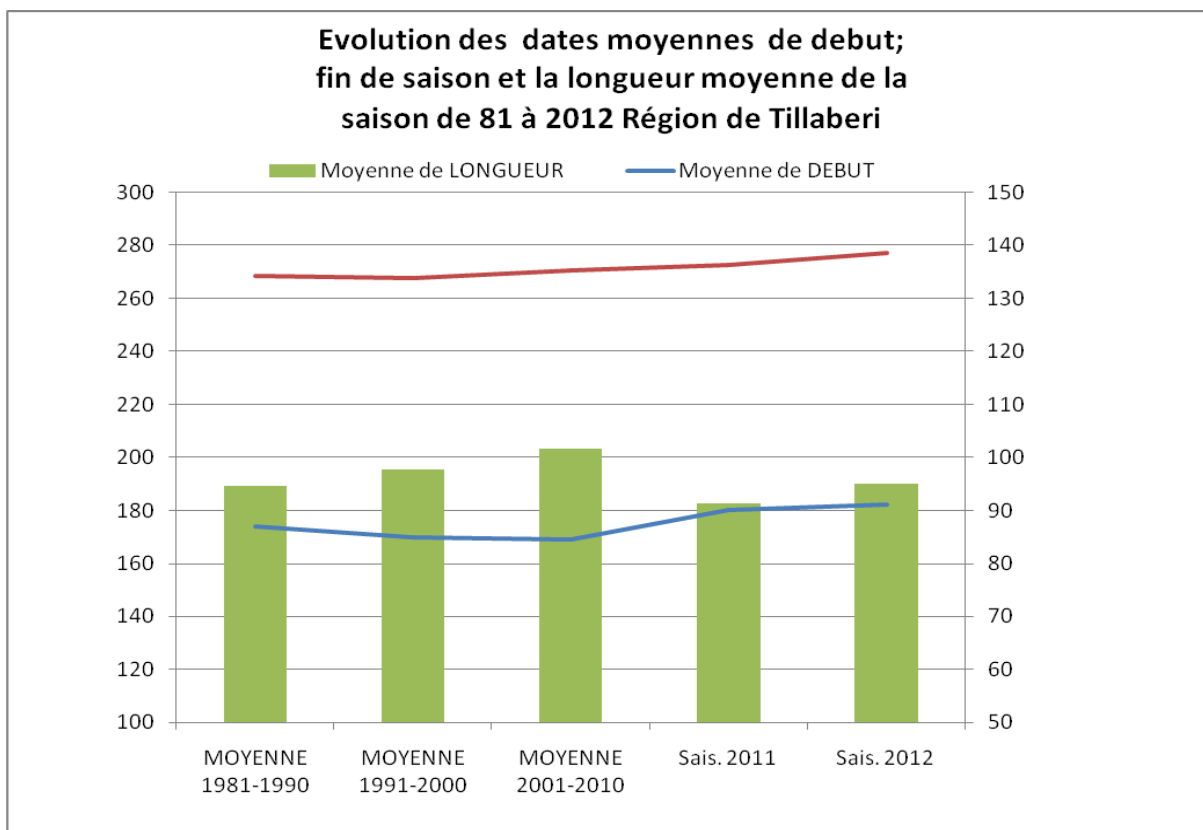
### 3.2.3 Evolution des caractéristiques de la saison de pluie dans la région de Tillabéri

La longueur moyenne de la saison de pluie pour la région de Tillabéri augmente des années 80 aux années 2000 comme on voit l'évolution pour les décades 81-90 ; 91-2000 ; 2001-2010.

Dans le même temps l'évolution décennale fait ressortir en général une légère tendance à la précocité des dates de début de saison et des dates de fin tardives (courbe rouge Fig. 13).

Mais pour les années de fin 2000 début des années 2010 comme c'est le cas pour les années 2011 et 2012, on assiste plutôt au contraire à un raccourcissement de la longueur de la saison avec une tendance vers des débuts tardifs de la saison. La fin de la saison pour ces deux dernières années montre aussi une tendance légèrement en retard.

Figure 15 : Evolution des dates moyennes de début, fin et longueur de la saison



### 3.2.4 Variation spatiale des paramètres moyens de la saison (Début, fin, longueur de la saison) dans la Région de Tillabéri.

Même si de façon générale le début de saison montre un retard sur la région de Tillabéri, on note une petite partie de la région notamment les communes de l'extrême Nord-est du pays et quelques unes de l'extrême Sud-est avec des débuts légèrement précoces. Des débuts plus que de retards, qui sont assimilables à la moyenne. Mais les fins de saison semblent être tardives pour toutes les communes même si c'est une situation moyenne qui pourrait cacher que variabilités interannuelles. Elles le sont plus pour la majeure partie du pays et dans une moindre mesure sur l'extrême Nord Est de la région et le l'extrême Nord-Ouest.

## ANADIA Niger

En ce qui concerne la longueur moyenne de la saison de pluie on assiste presque à une parité entre l'Est et l'Ouest de la région. Pour cette dernière, un raccourcissement relatif des saisons de pluie est observé, ce qui est somme toute normal étant donné que dans cette partie de la région les fins de saisons sont plutôt stable (fins normales ou légèrement tardives) mais les débuts sont tardifs. Ce qui explique le raccourcissement de la longueur de saison avec des débuts qui interviennent tardivement et des fins qui ne changent pas beaucoup.

Cependant, c'est au contraire sur la moitié Est de la région on assiste plutôt à des saisons plus longues du fait de la précocité relative et des fins aussi stable.

Figure 16 : : Ecarts de début moyen et fin moyen 1981-2010 par rapport à la moyenne 2008-2012

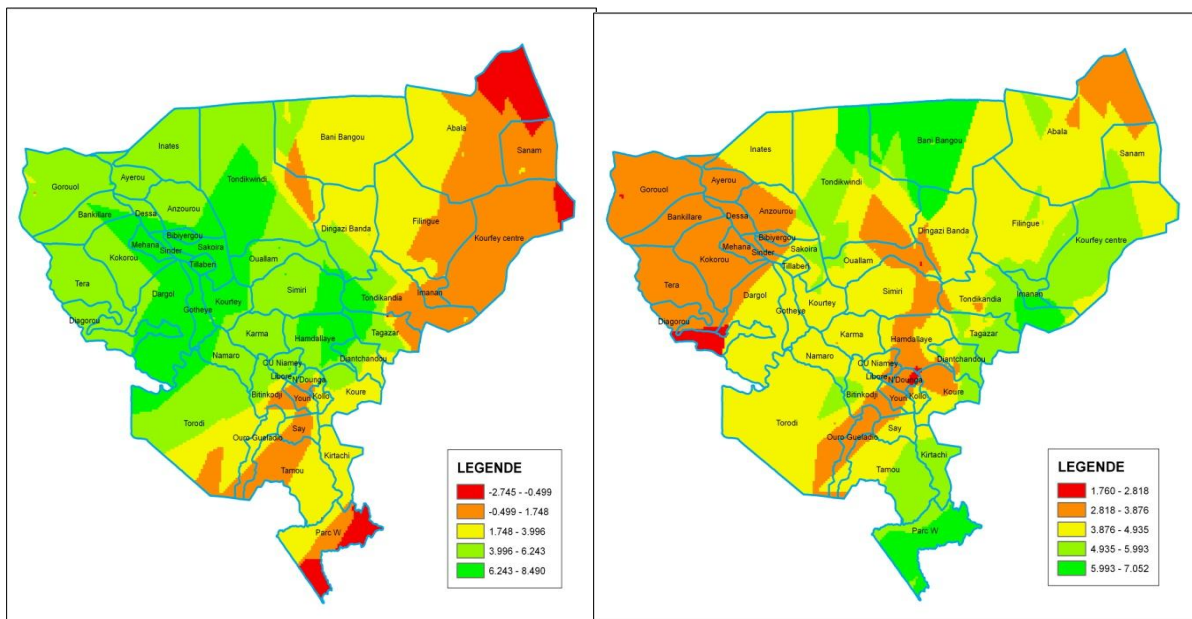
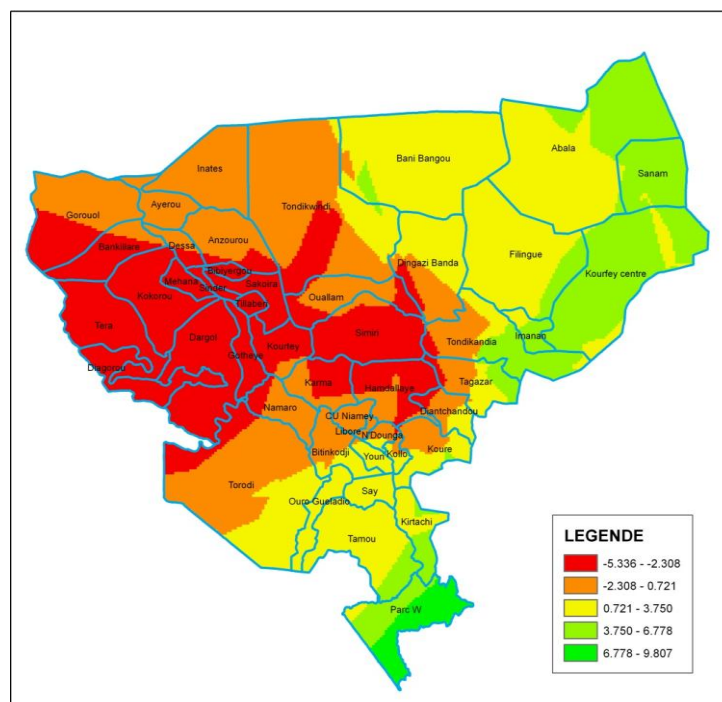


Figure 17 : Ecarts de la Longueur moyenne de la saison 81-2010 par rapport à la moyenne 2008-12



On remarque qu'à partir des écarts observés que de façon générale, les débuts de saison deviennent plus tardifs sur la majeure partie de la région de Tillabéry et les fins plus ou moins tardives ou moyennes. Les longueurs des saisons deviennent courtes pour beaucoup des communes situées dans la partie Ouest de la région de Tillabéry.

Mais pour la compréhension ou l'analyse de l'intra-saison il faut tenir compte du SPI qui montre que les débuts de saison sont très instables et que les mois de juin et juillet pendant lesquels les démarrages moyens ont lieu connaissent une forte variabilité interannuelle. Cela a une incidence sur les dates de semis et des semis avortés nécessitant des resémiss souvent mal maîtrisés (choix du moment et de la variété appropriée) par les paysans mal encadrés

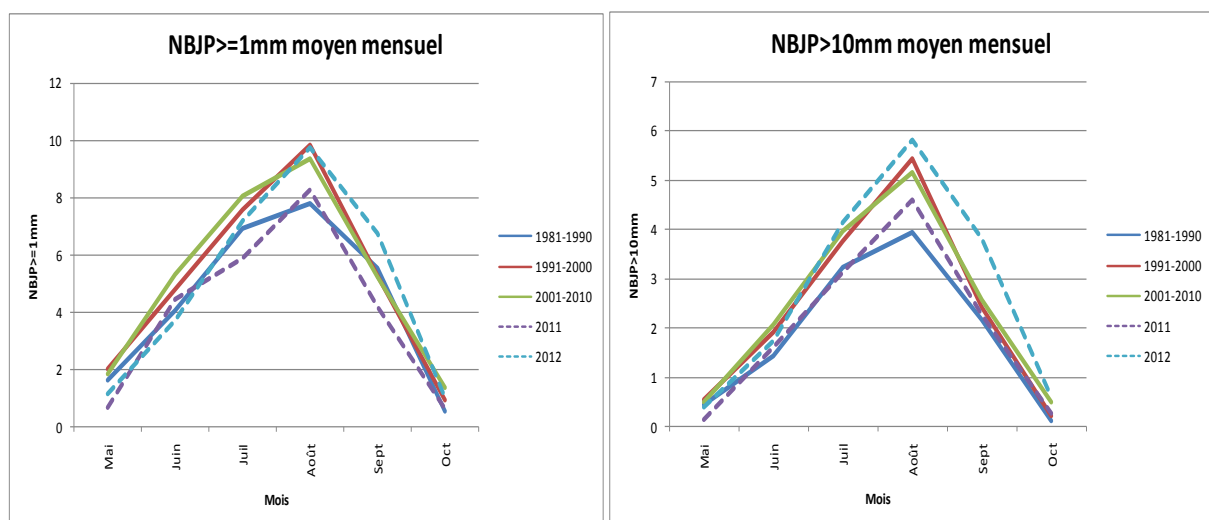
### 3.3. Indicateurs des inondations

#### 3.3.1. Evolution temporelle des indicateurs

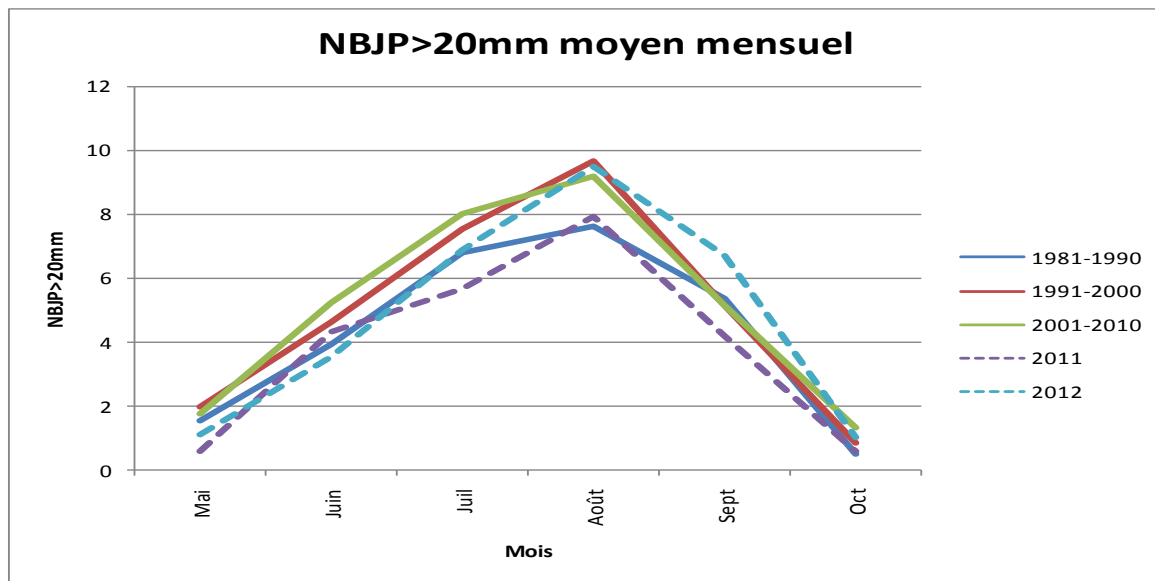
Pour comprendre les risques climatiques relatifs aux inondations notamment les pluies intenses et extrêmes dans la région de Tillabéri certains indicateurs jugés pertinents ont fait l'objet d'étude plus ou moins approfondie, au nombre desquels : le nombre des jours avec pluie (NBJP) supérieure à 1 ; 10 ; 20 mm, le NBJP supérieure au 95eme et 99eme percentile (NBJP>95c, NBJP>99c) et le taux de pluie mensuel, le cumul pluviométrique mensuel, le record de pluie mensuel, les pluies maximales mensuelles, le cumul annuel.

En ce qui concerne le nombre de jours avec pluie supérieure à 1, 10 et 20 mm on assiste à une augmentation croissante des jours avec pluie au dessus des différents seuils énumérés traduisant une augmentation des jours humides de la décennie 80 à la dernière décennie de la période 81-2010 dans cette région de Tillabéri. Mais il faut noter que pour le mois le plus pluvieux de la saison (août) c'est la décennie 90 qui compte plus des jours humides comme le montre la figure 16 ci-après. L'année 2012 bien qu'ayant été une année très pluvieuse compte moins de jours pluvieux en début de saison mettant en exergue si besoin est, le retard dans le démarrage de la saison durant cette année.

Figure 18: Nombre de jours avec pluie supérieure à 1, 10 mm sur la Région de Tillabéri



**Figure 19 : Nombre de jours avec pluie supérieure à 20 mm sur la Région de Tillabéri**



Par ailleurs, en ce qui concerne les pluies extrêmes là également on note une nette augmentation des jours avec pluie extrême aussi bien pour le 95ème percentile que pour le 99ème percentile avec un écart assez important entre la décennie 80 et les deux dernières décennies. Le pic de nombre de jour est observé au mois d'août pour toutes les périodes. Cela rend compte aussi de l'augmentation des séquences d'inondations de ces dernières années dans la région. Aussi, même si les deux dernières décennies les plus humides présentent leurs pics enregistrés en août, la décennie 90 compte plus de nombre de jours avec NBJP>99 bien réparties sur toute la saison et l'inverse est observé pour le 95ème percentile.

**Figure 20 : Nombre de jours moyen mensuel avec pluie supérieures à la 95ème percentile**

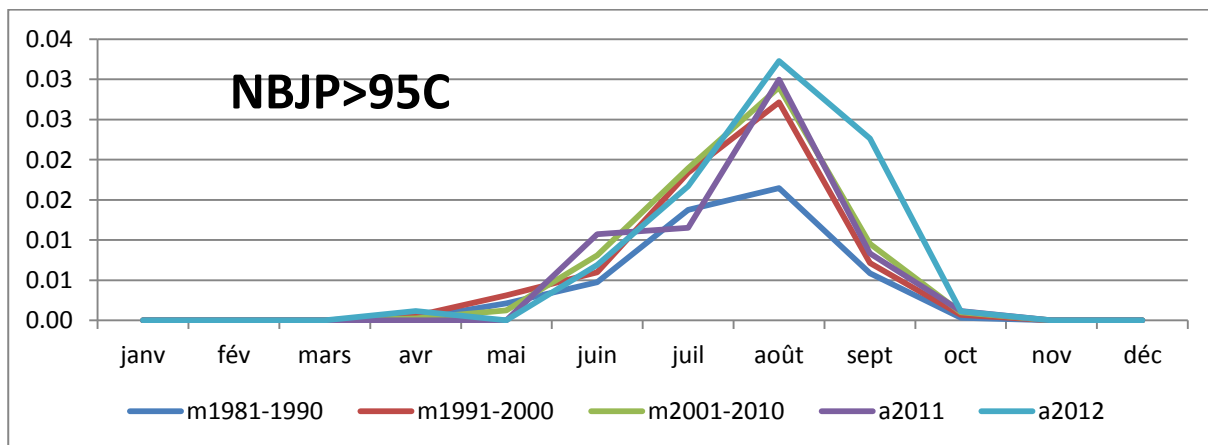
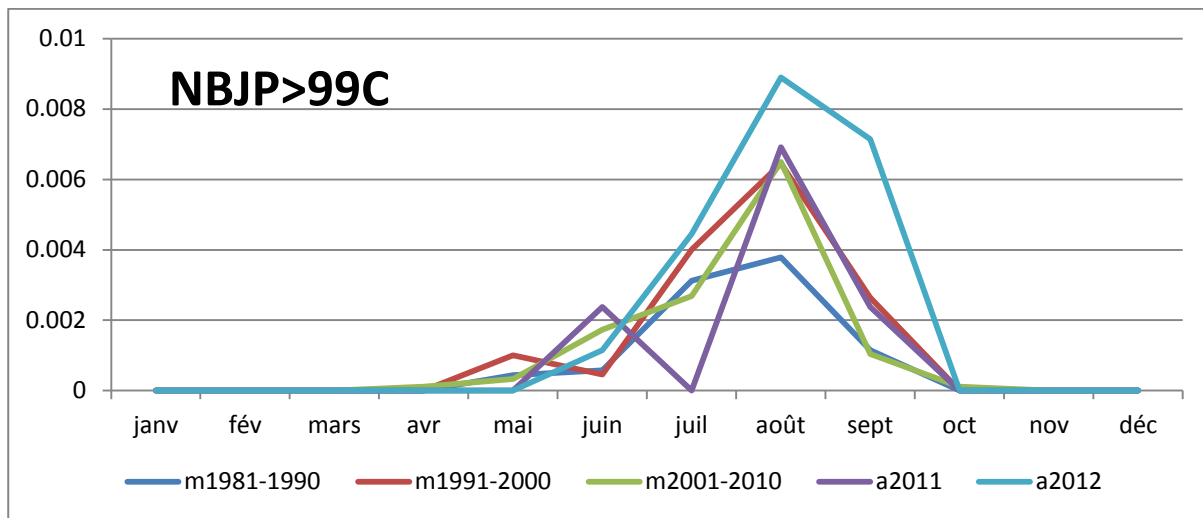


Figure 21 : Nombre de jours moyen mensuel avec pluie supérieures à la 99ème percentile



Pour ce qui est du cumul moyen mensuel et du taux pluviométrique moyen mensuel qui est le rapport entre le cumul moyen et les nombre de jours pluvieux (jour avec pluie  $\geq$  à 1 mm) d'un mois donné, pour les différentes périodes considérées, il ressort une augmentation des cumuls pluviométriques mais aussi de l'intensité mensuelle de la pluviométrie de la décennie 80 aux deux dernières décennies (figure 18) qui présentent pratiquement une allure similaire, même si la décennie 90 présente le pic le plus important aux mois de juillet et d'août confirmant qu'elle est la décennie la plus humide pour cette région.

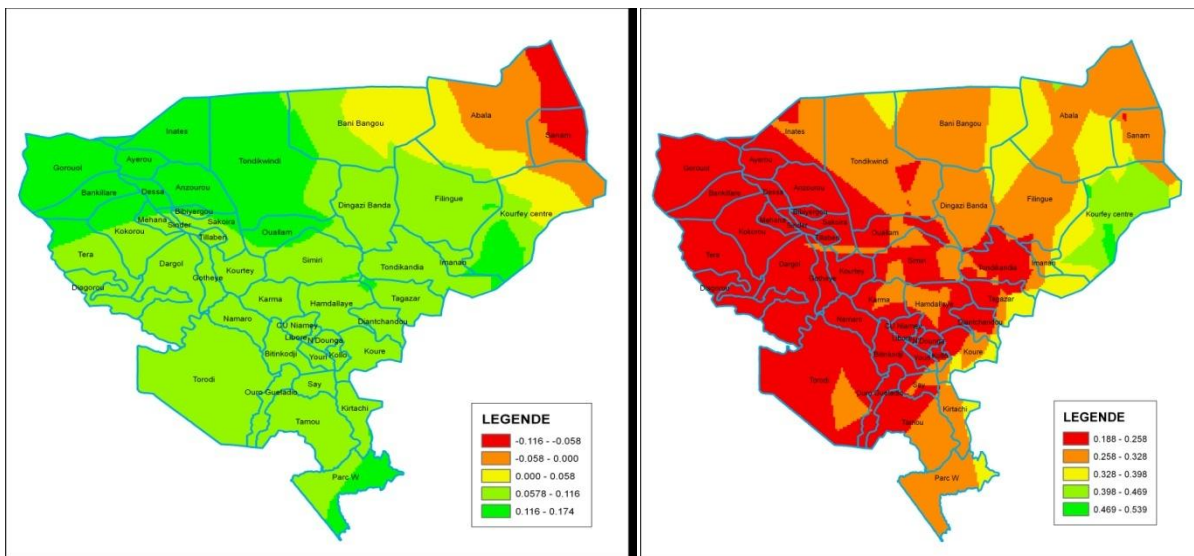
### 3.3.2. Variation spatiales des pluies extrêmes

L'évolution temporelle des pluies extrêmes met en relief l'augmentation des pluies extrêmes 95ème percentile et plus extrêmes 99ème percentile en moyenne sur la région de Tillabéry. La répartition des Les écarts des pluies de cinq dernières décennies comparées à la moyenne (Figure 17) confirment cette tendance à la hausse dans le temps mais les cartes ci-dessous illustrant la répartition des écarts des 95ème percentiles (Carte de gauche) et des 99èmes percentiles (droite) montrent non seulement la tendance à la hausse mais aussi que cette hausse est observée sur toutes les communes de la région pour les 95ème percentile et presque autant pour les 99ème percentile n'eut été cette petite portion du Nord-est du pays notamment les parties Est des communes d'Abala, de Sanam et de Kourfey Centre où des diminutions très faibles des pluies des 99ème percentile sont observées.



# ANADIA Niger

Figure 22 : Variation spatiale des pluies extrêmes moyennes sur la Région de Tillabéri (écarts des 5 dernières années avec la moyenne 81-2010).

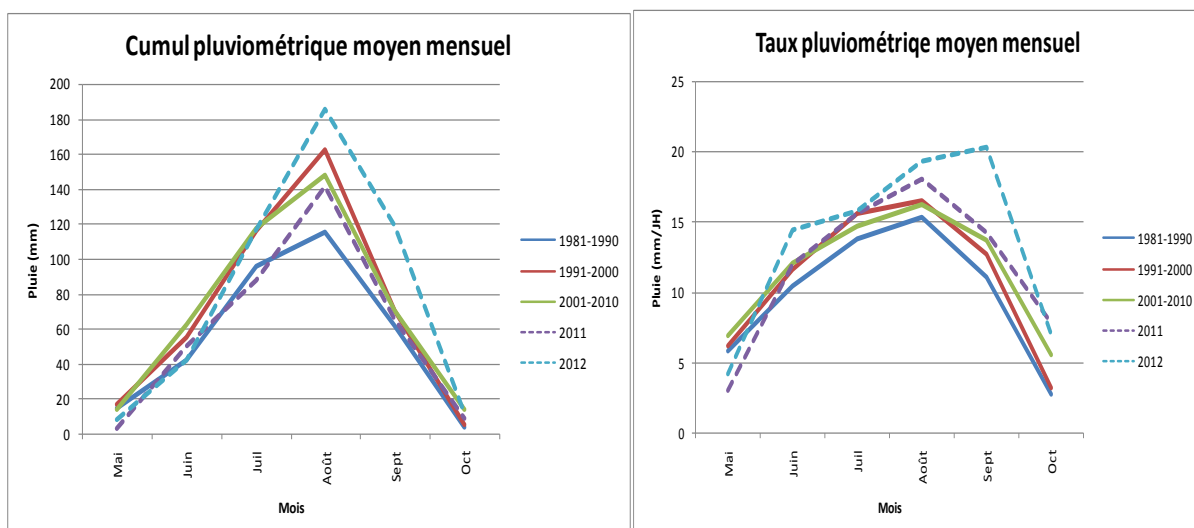


### 3.3.3. Evolution Temporelle des pluies intenses moyennes sur la région de Tillabéri 1981 à 2010 et pour les années 2011 et 2012

Dans cette étude il a aussi été calculé la pluie maximale moyenne mensuelle et le record des pluies mensuelles qui se définissent comme la moyenne des pluies maximales enregistrées au cours des mois des années de la série 81 à 2010, des années 2011 et 2012, et les records de pluie jamais enregistrés durant les mois des différentes décennies et des années 2011 et 2012 respectivement.

C'est ainsi que les cumuls mensuels moyens et les taux de pluie moyen mensuel (Figure 18) augmentent des décennies 80 aux décennies 2000 avec des pics qui sont observés au mois d'août que ça soit pour les cumuls mensuels moyens ou les taux mensuels moyens avec les pics plus importants pour la décennie 90 durant ce mois d'août. Mais il faut noter que pendant l'année 2011 le pic du taux de pluies mensuelles moyennes est plutôt situé au mois de septembre comme pour les records de pluie ci-dessous.

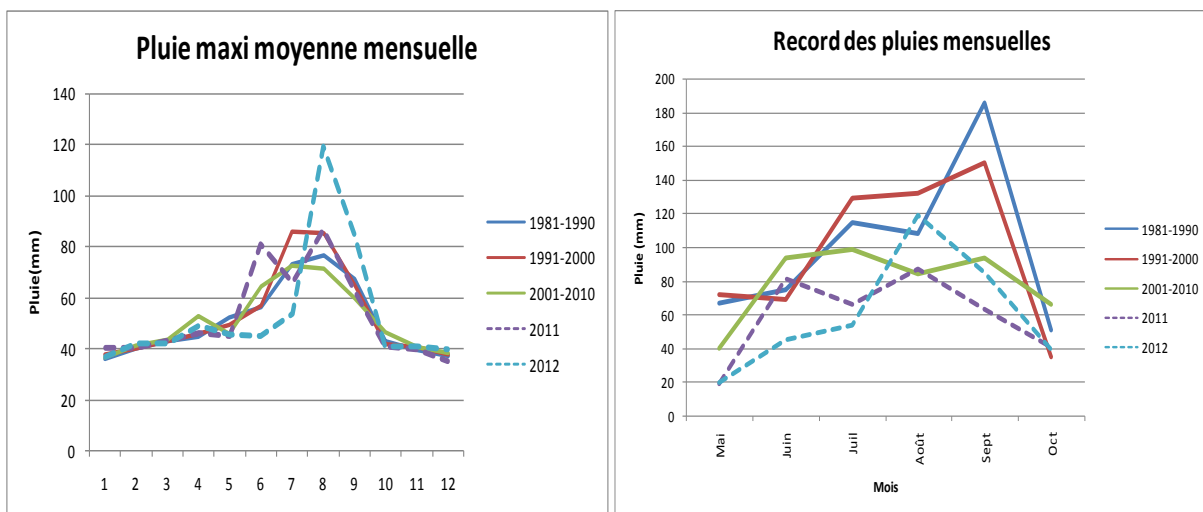
Figure 23 : Cumul et taux pluviométriques moyens mensuels de la Région de Tillabéri



## ANADIA Niger

Par ailleurs, pour les pluies maximales mensuelles moyennes et les records mensuels moyens, l'examen des courbes de la figure fait ressortir que les pluies maximales mensuelles les plus importantes sont enregistrées au mois d'août pour toutes les périodes considérées. Cependant, les records des événements pluvieux de toutes les décennies 81-90, 91-2000 et 2001-2010 sont observés au mois de septembre. Par contre, pour les années 2011 et 2012 les pics des records sont enregistrés au mois d'août. C'est donc au mois de septembre que les événements pluvieux les plus abondants sont enregistrés et que le plus grand record a été enregistré durant la décennie la plus sèche de la période. Pour les autres mois de la saison les records des événements pluvieux sont enregistrés durant la décennie 90 (la plus humide de la région) et que la dernière décennie comporte des records plus importants que les deux autres décennies que durant les mois de mai et de juin.

Figure 24 : Pluie maximale moyenne mensuelle et records des pluies mensuelles des décennies 80 à 2000 et des années 2011 et 2012

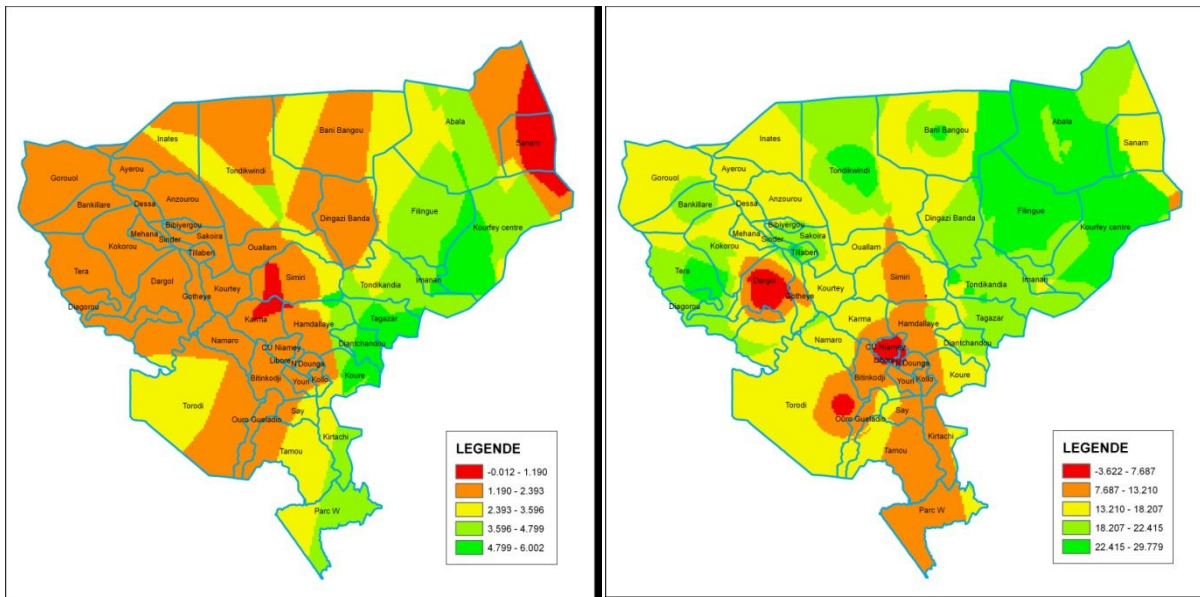


### 3.3.4. Variation spatiale des écarts des cumuls moyens mensuels et des pluies maximales moyennes mensuelles sur la région de Tillabéri

En dehors de l'évolution des pluies intenses notamment le taux de pluies mensuelles moyennes et les pluies maximales mensuelles moyennes qui montre une augmentation des pluies intenses, la répartition spatiale (figure 20) confirme aussi que de façon générale toutes les communes présentent une augmentation des cumuls et des maximums des pluies mensuelles moyennes traduite par les écarts positifs obtenus de la soustraction de la moyenne des 5 dernières années de la série (2008 à 2012) et de la moyenne 81-2010 sauf pour des zones très localisées situées autour de la communauté urbaine de Niamey (pour les deux indices) et des communes de Ouro Gueladjo et de Dargol pour les cumuls moyens mensuels il est observé une légère baisse.

# ANADIA Niger

Figure 25 : Ecart des pluies (maxi et cumul mensuelles moyennes) des cinq dernières années comparées à la moyenne 81-2010.



## 4 Détermination des tendances statistiques significatives et variabilité temporelle de la distribution des indicateurs calculés de la Région

La variabilité temporelle des indicateurs calculés montre pour l'essentiel une hausse plus ou moins importante des différents indicateurs par rapport à la moyenne en dehors des indicateurs calculés sur la décennie 81-90 qui sont tous en baisse par rapport à la moyenne. C'est le cas de l'indicateur nombre de jours avec pluie supérieure à la 99<sup>ème</sup> percentile qui est en légère baisse ainsi que la majorité des indicateurs calculés pour l'année 2011 qui, il faut le souligner a été une année plutôt déficitaire sur le pays avec une mauvaise répartition temporelle. Tout le contraire de l'année 2012 qui montre une hausse assez importante pour les différents indicateurs.

Figure 26 : Variabilité temporelle des indicateurs inondations calculés pour les décennies 81-90, 91-2000 et 2001-2010.

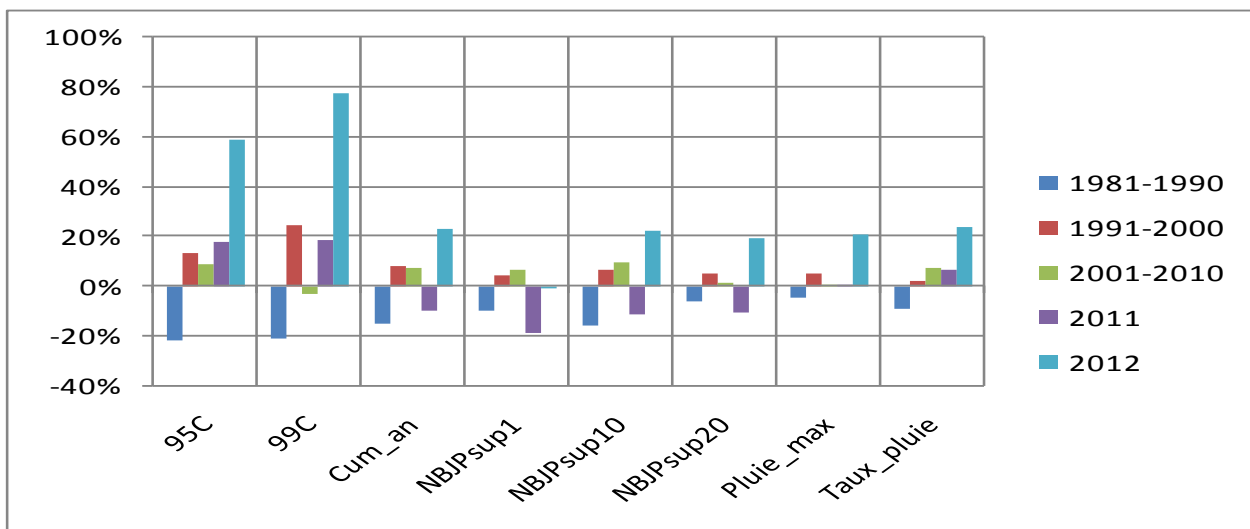


Table 2 : Tendances statistiques significatives des indicateurs

|              | Cum_an | Taux_pluie | NBJPsup1 | NBJPsup10 | NBJPsup20 | 95C   | 99C   | Pluie_max |
|--------------|--------|------------|----------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|
| Moyenne      | 400,3  | 67,0       | 29,1     | 13,6      | 6,9       | 1,6   | 0,3   | 55,4      |
| Ecartype     | 77,2   | 8,0        | 3,9      | 2,4       | 1,5       | 0,6   | 0,2   | 7,5       |
| Max          | 574,3  | 80,1       | 37,2     | 18,1      | 9,9       | 3,1   | 1,1   | 76,6      |
| Min          | 238,9  | 53,1       | 21,9     | 7,5       | 2,7       | 0,6   | 0,1   | 39,9      |
| Pente        | 4,2    | 0,4        | 0,2      | 0,2       | 0,1       | 0,0   | 0,0   | 0,2       |
| Coefficient  | 0,48   | 0,47       | 0,51     | 0,57      | 0,48      | 0,32  | 0,13  | 0,20      |
| Tau          | 0,322  | 0,375      | 0,241    | 0,339     | 0,313     | 0,258 | 0,117 | 0,144     |
| 2side_pvalue | 0,01   | 0,00       | 0,05     | 0,01      | 0,01      | 0,03  | 0,31  | 0,24      |
| Probabilité  | 99%    | 100%       | 95%      | 99%       | 99%       | 97%   | 69%   | 76%       |

## ANADIA Niger

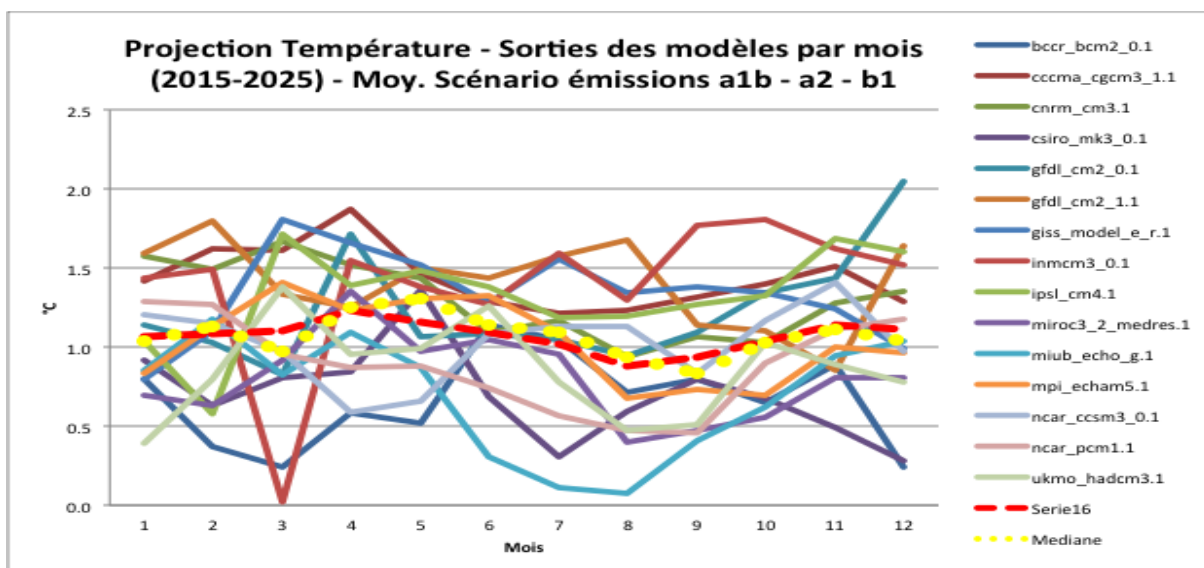
Les coefficients de régression linéaire calculés dans cette étude de tendance statistiques sont assez élevés pour tous les indicateurs excepté les indicateurs NBJP>99C et la pluie maximale qui sont faibles. Les probabilités liées à l'indice de Tau Kendall sont aussi très élevées pour tous les indicateurs.

### 4.1 Projections futures du climat de la région de Tillabéri avec scénarii GIEC 2015 à 2025.

De l'analyse des différents indicateurs calculés il ressort que le climat actuel de la région de Tillabéri est caractérisé dans son évolution pour la période de référence 81 à 2010 voire 2012 une tendance à la hausse des paramètres relatifs à la température moyenne mais aussi à une tendance à l'augmentation des précipitations et des jours humides.

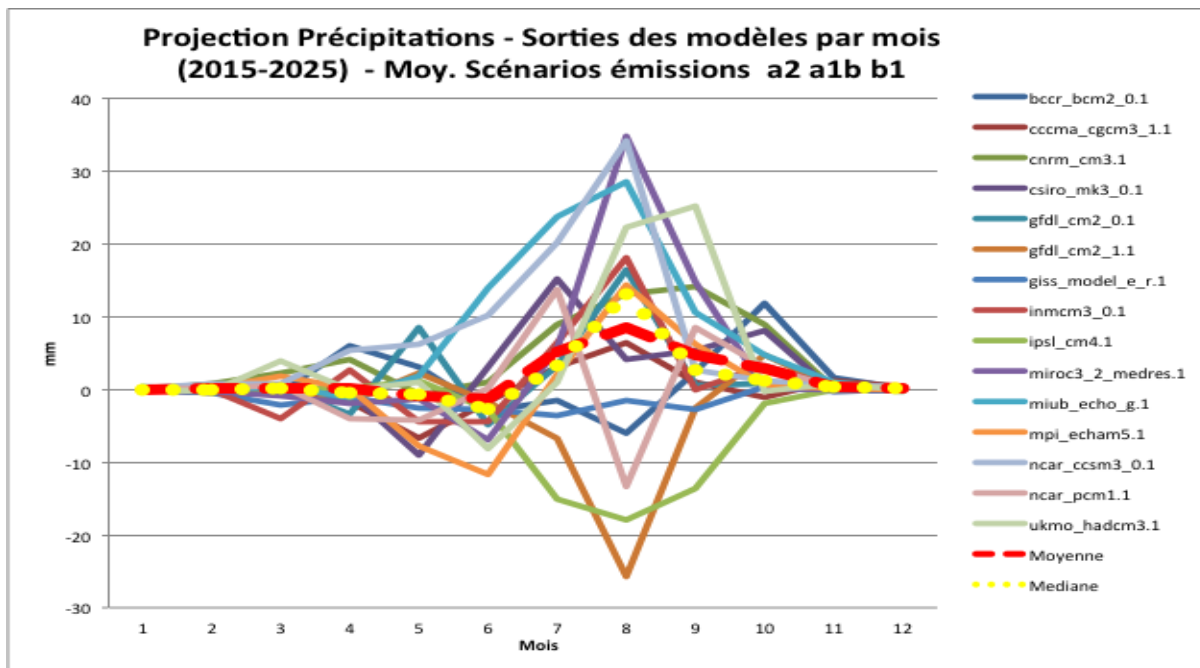
Cette étude s'est aussi intéressée à voir les tendances futures de ce climat de Tillabéri. Ainsi, les tendances des températures moyennes mensuelles à l'horizon 2015-2025 (figure 21) montrent une augmentation tous les 12 mois de l'année avec plus de 1°C pendant la période sèche (un pic moyen au mois d'avril de 1,25°C) et un pic moyen d'environ 0.8°C pour la saison de pluie. Ce qui laisse présager un environnement encore plus chaud avec probablement plus de vagues de chaleur.

Figure 27: Les projections des températures moyennes à l'horizon 2015 et 2025 obtenues par approche Ensemble des plusieurs modèles GIEC.



Les précipitations moyennes à l'horizon 2015-2025 connaîtront une augmentation relativement importante sur la région de Tillabéri comme le montre la figure 20 (un pic moyen de 9 mm au mois le plus pluvieux d'août). En plus, la saison de pluie va vraisemblablement s'étendre jusqu'à fin octobre début novembre. Ce qui laisse présager une amélioration de la pluviosité dans cette région dû au changement climatique. Cela, constitue à priori un impact positif même s'il est à craindre l'occurrence accentuée des épisodes de pluies intenses et extrêmes donc des séquences des inondations probablement plus sévères.

Figure 28 : Les projections des températures moyennes à l'horizon 2015 et 2025 obtenues par approche Ensemble des plusieurs modèles utilisés par le GIEC



Source: GIEC- climatwizard

## 4.2 Projection des températures et des précipitations moyennes à l'horizon 2020-2049 avec MCG et HadCm3 utilisés pendant la Seconde communication Nationale du Niger sur les changements climatiques (CNEDD), Dr Ibrah Sanda, Dpt de Physique UAM, 2007 (scenarii du GIEC A, B1 et B2 du GIEC)

Dans le souci de convergence des preuves, nous avons aussi utilisé les sorties des modèles de circulation générale (MCG) notamment celles des modèles HadCM3 et CGCM3 (résolution 300 à 500 KM) désagrégées ou ramenées aux échelles locales (niveau station) avec SDSM (modèle utilisé pour générer le climat local appelé « le Statistical Downscaling Model », développé par Wilby, Dawson, et Barrow (Lines *et al.*, 2003).) et le modèle LARS-WG respectivement. La période de référence utilisée est 1961-1990 pour prévoir les paramètres moyens pour la période allant de 2020 à 2049.

Le modèle a été calibré sur la période de référence 1961-1990 avec les prédictors NCEP (National Center of Environmental Prediction – USA) et les données d'observations météorologiques sur l'évapotranspiration potentielle (ETP) sur la station de Niamey. Il est ensuite validé en comparant les sorties du modèle et des données d'ETP observées sur la période 1991-2005. Comme on peut le voir sur cette figure, les données prévues s'approchent assez bien les données observées.

Ainsi, il a été supposé que les relations statistiques établies restent valables pour les périodes futures et on utilise SDSM avec de prédictors issus des MCG.

De l'examen des résultats des sorties des modèles des paramètres températures et précipitations, il ressort qu'ils sont similaires avec ceux obtenus par l'approche ensemble du GIEC ci-dessus développé. En effet, nous assistons à une augmentation des températures maximales et minimales pour tous les

## ANADIA Niger

mois sur la région d'étude mais aussi sur tout le pays (Figures 23 et 24) de l'ordre de 1.5 à 2°C. Il faut noter que ce sont les saisons dites de froid qui connaîtront le plus de hausse de température en moyenne sur le pays. Ce qui concorde avec l'accroissement de température obtenus plus haut même si par ailleurs il est à noter que les périodes de référence ne sont pas les mêmes et les horizons de projection aussi. Cela est à notre sens satisfaisant en ce sens que des modèles avec des approches et de périodes de référence différentes arrivent à des résultats très similaires.

En ce qui concerne les précipitations, des résultats très satisfaisants sont obtenus en ce sens que l'augmentation des précipitations déjà observée au niveau du climat actuel et prévue pour l'horizon 2015-2025 est bien restituée par cette deuxième approche avec Hadcm3 et le SDSM. En effet, non seulement les précipitations moyennes vont augmenter à Tillabéri d'environ 50% mais la saison va aussi s'étaler sur plus de mois comme il ressort des résultats obtenus précédemment (figures 25 et 26). Cependant, il est observé que selon les projections les stations adjacentes (Niamey et Gaya) aucune tendance à l'augmentation des précipitations ne se dessine.

Figure 29 : Projection Température maximale moyenne mensuelle à l'horizon 2020-2049

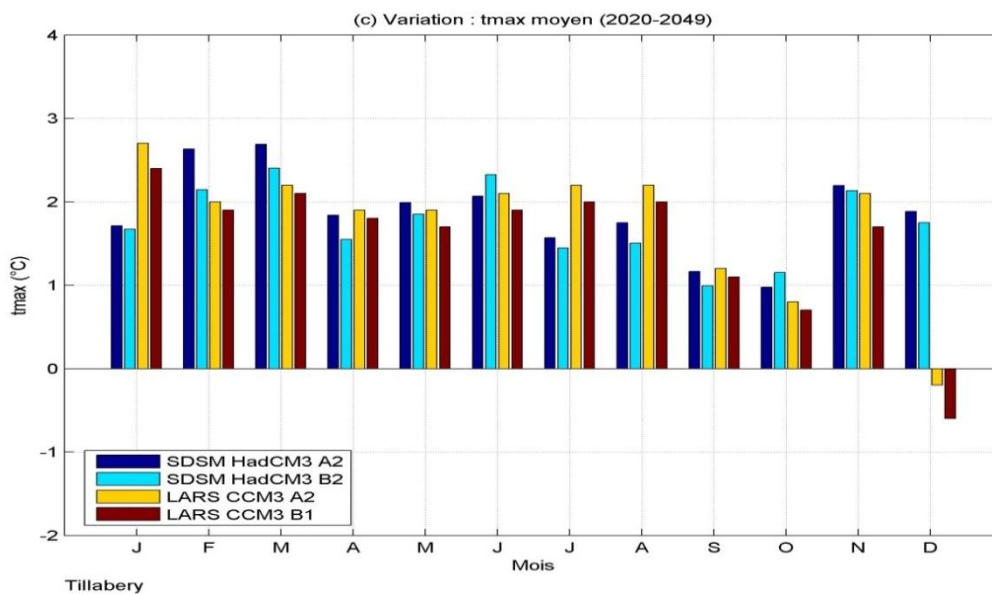


Figure 30 : Projection Température minimale moyenne mensuelle à l'horizon 2020-2049

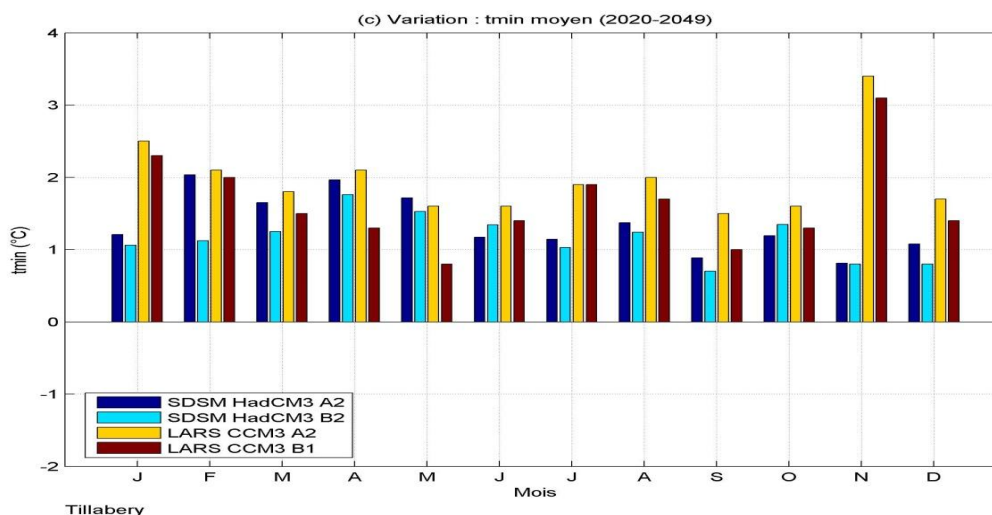


Figure 31 : Projection pluviométrique moyenne mensuelle à l'horizon 2020-2049 sur le pays

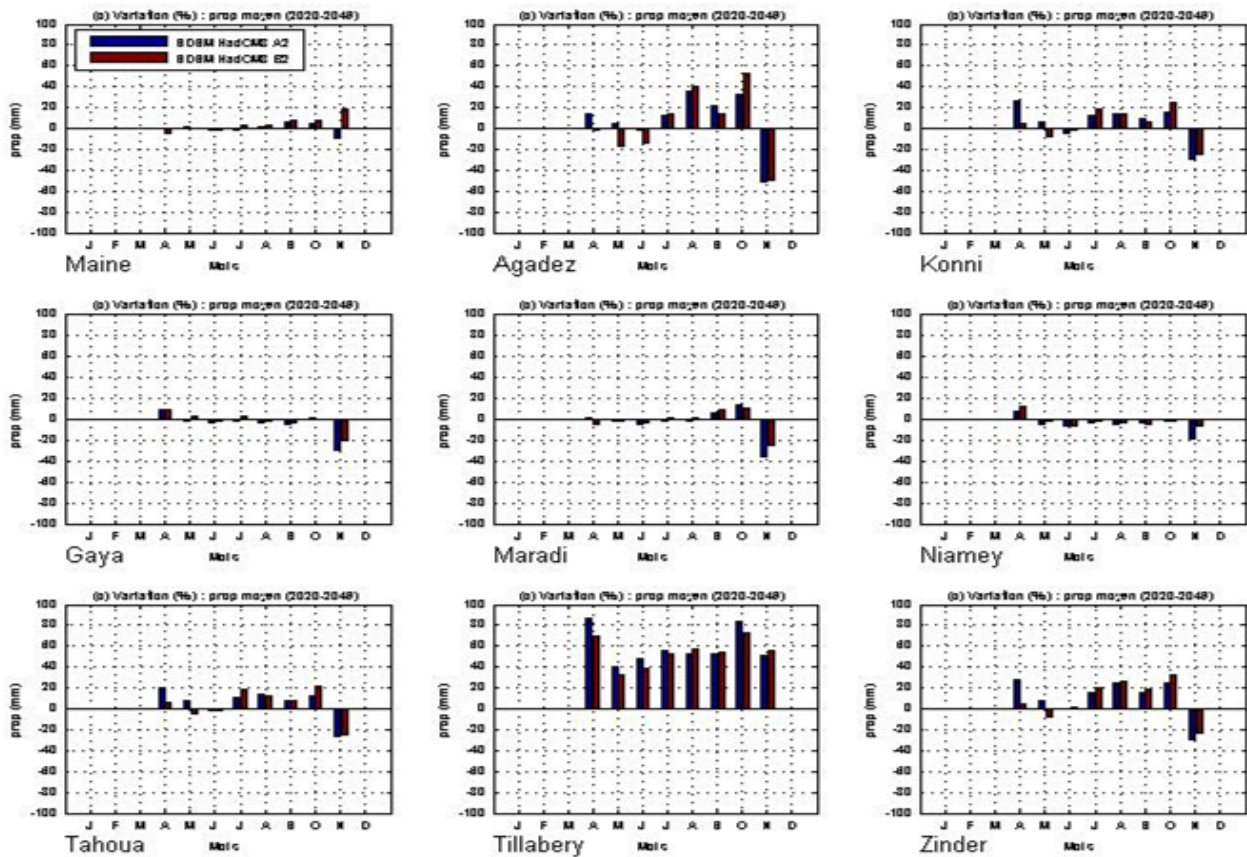
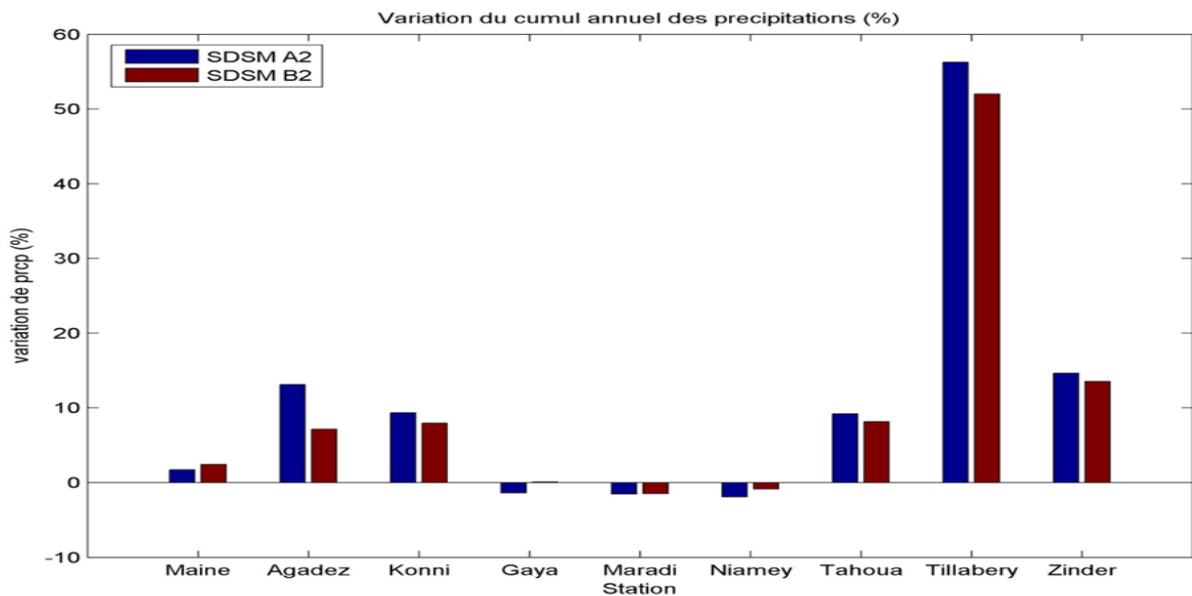


Figure 32 : Projection variation du cumul moyen en pourcentage des précipitations à l'horizon 2020-2049





## 5 Conclusion

---

A la lumière des études et analyses effectuées en vue de caractériser le climat actuel et futur de la région de Tillabéri, on peut retenir les conclusions ci-après :

- Une augmentation quasi constante des températures minimales et maximales est déjà constatée et cette augmentation continuera à l'horizon 2015-2025 avec une augmentation moyenne annuelle maximale déjà constatée ces dernières années d'environ 0,8°C, et qui se poursuivra à l'horizon 2015-2025 à environ 1°C et à l'horizon 2020-2049 une augmentation moyenne de l'ordre de 1,5 à 2°C dépassant déjà l'augmentation souhaitée par le GIEC à ne pas excéder 2°C d'ici à 2100.
- Une hausse des températures extrêmes avec le temps est aussi observée pour les différents seuils calculés à Tillabéri.
- Pour la pluie, après les années de déficit de 80 on assiste à une forte variabilité inter annuelle de la pluie dans la zone d'étude ensemble avec une tendance globale vers la hausse de ces précipitations ces dernières décennies avec une augmentation moyenne d'environ 10 mm à l'horizon 2015-2025 et une augmentation par rapport à la moyenne de 50 % à Tillabéri à l'horizon 2020-2049.
- Les débuts de saison deviennent, pour la majeure partie, tardifs dans la région de Tillabéri avec une fin qui intervient souvent en septembre et qui est assez stable.
- Les nombres de jours de pluies supérieurs aux seuils de 1; 10 et 20 mm ont augmenté les décennies 90 et 2000 par rapport à la décennie 81-90 et une baisse des jours secs confortant le constat fait de la tendance à la hausse des précipitations de façon générale.
- L'analyse statistique ressort de bonne corrélation de la distribution temporelle des indicateurs mais aussi de bons indices de Tau Kendall
- Les paramètres climatiques températures et précipitations moyennes connaîtront une hausse dans la région pour tous les mois à l'horizon 2015-2025 et 2020-2049.
- On note en plus de la variabilité temporelle des variabilités spatiales assez marquées pour certains indicateurs dans la région de Tillabéri.

## 6 Bibliographie

---



