

**INCIDENCE DE LA VARIABILITÉ PLUVIOMÉTRIQUE SUR LA RÉCURRENCE
DES DÉFICITS CÉRÉALIERS DANS LA RÉGION DU PLATEAU CENTRAL AU
BURKINA FASO**

**IMPACT OF RAINFALL VARIABILITY ON THE RECURRENCE OF CEREAL
DEFICITS IN THE PLATEAU CENTRAL REGION OF BURKINA FASO**

Gisèle TAPSOBA-MARE

Centre d'Analyse des Politiques Economiques et Sociales (CAPES), Burkina Faso
gmaretapsoba@gmail.com

&

Bonaventure Eustache BOKONON-GANTA

Université de Parakou, Benin
bbkganta@yahoo.com

&

Idriss SERME

Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), Burkina Faso
sermeidriss@yahoo.fr

&

Léopold SOME

Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), Burkina Faso
bsomel@yahoo.fr

&

Adaman YODA

Agence Nationale de la Météorologie (ANAM), Burkina Faso
adamouyod@gmail.com

Résumé : La récurrence des déficits céréaliers reste constante dans la région du Plateau Central. Parmi les céréales qui permettent l'appréciation de ces déficits, le sorgho blanc représente 36% des superficies emblavées avec un poids de 33% pour sa contribution à la couverture des besoins céréaliers (TCBC) des populations de la zone d'étude. Cette dissonance entre l'occupation de l'espace par le sorgho blanc et le poids de sa contribution à nourrir les populations constitue le point de défaillance. La production pluviale du sorgho blanc subit l'effet de la variabilité pluviométrique et de l'application inappropriée de son itinéraire technique. Au Burkina Faso, la situation alimentaire est basée sur les céréales. La couverture des besoins céréaliers de la population est une préoccupation récurrente. L'échantillonnage aléatoire simple a été utilisé pour cibler 118 producteurs de sorgho au cours de la campagne agricole 2021-2022. Les enquêtes ont été numériques avec l'application Kobocollect pour obtenir des données primaires. Des données de la pluviométrie et des statistiques agricoles ont aussi été utilisées. Les résultats obtenus ont mis en évidence une variabilité de la pluviométrie à travers une instabilité des débuts et des fins des saisons, une récurrence des anomalies pluviométriques et des ruptures de stationnarité. Les rendements de sorgho blanc ont eu une tendance haussière sur la période de 1991 à 2020. Cependant il n'y a pas eu d'influence particulière sur le TCBC. L'évolution du climat actuel, présente un renforcement des cumuls pluviométriques annuels de 22,04% après la rupture de stationnarité de 2008. Les anomalies pluviométriques et les pauses pluviométriques sont demeurées récurrentes.

Mots clés : Burkina Faso, Plateau Central, variabilité pluviométrique, rendement sorgho, TCBC.

Abstract : The recurrence of cereal deficits remains a constant in the Plateau Central region. Among the cereals that make it possible to assess these deficits, white sorghum accounts for 36% of the area sown, with a contribution of 33% to the cereal needs coverage (TCBC) of the populations in the study area. This dissonance between the occupation of space by white sorghum and the weight of its contribution to feeding the population constitutes the point of failure. Rainfed white sorghum production is affected by rainfall variability and the inappropriate application of its technical itinerary. In Burkina Faso, the food situation is based on cereals. Covering the cereal needs of the population is a recurrent concern. Simple random sampling was used to target 118 sorghum producers during the 2021-2022 agricultural season. The surveys were digital with the Kobocollect application to obtain primary data. Rainfall data and agricultural statistics were also used. The results showed rainfall variability through instability of the beginning and end of the seasons, recurrence of rainfall anomalies and stationarity breaks. White sorghum yields have shown an upward trend over the period 1991-2020. However, there was no particular influence on the TCBC. The current climate evolution shows an increase in annual rainfall totals of 22.04% after the stationarity break in 2008. Rainfall anomalies and rainfall breaks have remained recurrent.

Key words: Burkina Faso, Plateau Central, rainfall variability, sorghum yield, TCBC.

Introduction

La variabilité climatique actuelle exacerbe les déficits dans la production agricole. La variabilité climatique est considérée comme l'ensemble des fluctuations normales, des valeurs réelles interannuelles, des éléments du climat autour de leur valeur moyenne (Boko, 1988). La littérature scientifique est unanime que la quasi-totalité des réductions de production est liée en partie à l'inconstance climatique. En Afrique subsaharienne, les variables climatiques concernées sont la pluviométrie, la température et les vents violents. Selon Hawey et *al.*, (2020), les risques pluviométriques sont à l'origine des pertes de production agricole céréalière. Elles sont liées à 71,1% aux faibles pluviométries et aux inondations avec respectivement 46,3% pour les faibles pluviométries et 24,8% pour les inondations. Les attaques et/ou maladies représentent (24,3%) et le manque d'intrants et de matériels agricoles (3,93%). Dans la région du Plateau Central, les déficits sont constants. Le taux moyen de couverture des besoins céréaliers (TCBC) de la période 2001-2020 est de 89,52% (INSD, 2020). Il est inférieur à la moyenne qui est de 90%. Pourtant un taux juste moyen, ne permet pas de satisfaire les besoins céréaliers. Ce TCBC déficitaire constitue une entrave à l'atteinte de la couverture des besoins céréaliers. Le TCBC indique la proportion entre les besoins de consommation céréalière de la population d'une province et la production céréalière disponible de la saison pluviale.

Le choix du sorgho blanc est liée au fait que c'est la principale céréale en terme de superficie emblavée et de production obtenue dans cette région. Il occupe la première place parmi les céréales retenues pour le calcul du TCBC. L'objectif de cette étude est de caractériser l'incidence de la variabilité pluviométrique sur les rendements du sorgho et leur répercussion sur le TCBC. De façon spécifique il s'est agi de montrer :

- la variabilité pluviométrique sur la période retenue (1991-2020) par une caractérisation de la variation des isohyètes, une évolution interannuelle des pluies, de rupture de stationnarité et des anomalies pluviométriques ;
- l'incidence des variables pluviométriques sur les rendements du sorgho.

1. Matériel, méthodes et données

Cette partie va présenter la zone d'étude, le matériel et les données utilisés.

1.1. Présentation de la zone d'étude

Cela concerne la situation géographique et l'appartenance climatique.

1.1.1. Situation géographique de la zone d'étude

La région du Plateau Central est l'une des treize régions que compte le Burkina Faso. Elle est subdivisée en vingt (20) départements administratifs. Elle est située à 2°15' et 0°20' de longitude Ouest et à 11°45' et 13°00' de latitude Nord de la capitale (Ouagadougou), figure 1. Elle couvre une superficie de 8 605 km².

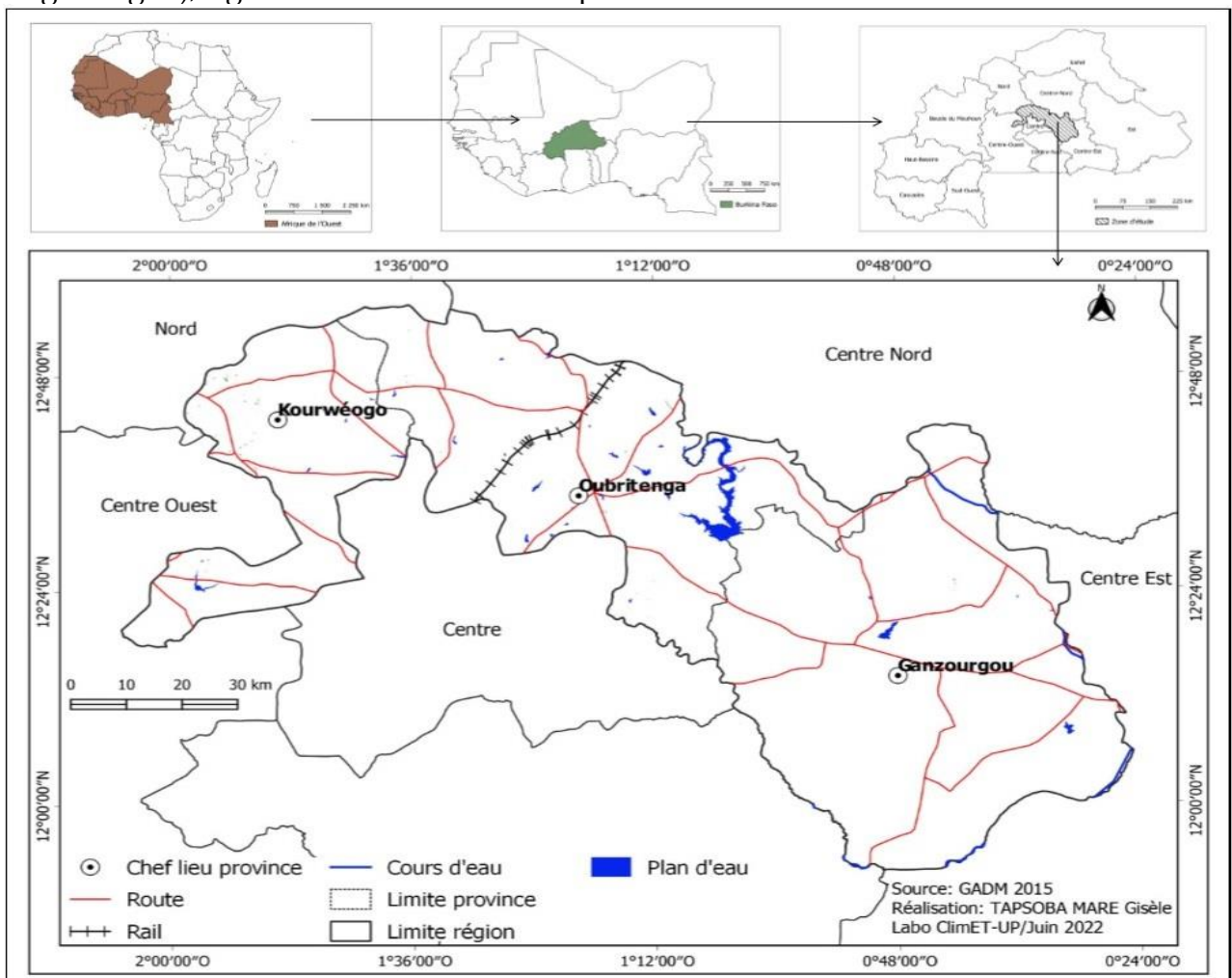


Figure 1 : Situation géographique de la région du Plateau Central

1.1.2. Appartenance climatique de la zone d'étude

La région du Plateau Central relève de la zone agro-climatique soudano-sahélienne où les cumuls pluviométriques moyens annuels varient entre 700 – 900 mm. C'est la zone climatique la plus étendue du Burkina Faso (Kabore *et al.*, 2017). C'est une zone intermédiaire pour les températures et les précipitations.

1.2. Matériel

Des fiches d'enquête numérisées ont été administrées auprès de l'échantillon de 118 producteurs de sorgho. A l'aide des GPS, des piquets, des rubans métriques.

1.3. Méthodes et Données

Trois blocs de données ont permis de conduire la présente étude. Il s'agit des données de la météorologie provenant de l'Agence Nationale de la Météorologie (ANAM) du Burkina Faso, des statistiques agricoles de l'Institut National des Statistiques et de la Démographie (INSD) et du Ministère en charge de l'Agriculture (MAAHM) et des données primaires collectées avec la participation des Chefs de ménages, dans la zone d'étude au cours de la saison humide 2021-2022.

1.3.1. Méthode de collecte des données agricoles

Des carrés de rendement de 5 m X 5 m ont été posés dans les exploitations de sorgho des 118 producteurs échantillonnés. Le paramètre retenu dans cet article est le rendement des grains. Une pesée des grains récoltés dans ces carrés a été effectuée et extrapolée à l'unité de superficie pour déterminer le rendement.

1.3.2. Méthodes de traitement des données pluviométriques

Les méthodes ont été utilisées en fonction des résultats attendus. Après une synthèse des données issues du dépouillement manuel, les informations qualitatives et quantitatives ont fait l'objet d'un traitement informatique pour dégager les tendances à l'aide des tests statistiques. Les logiciels Excel, Xlstat et Khronostat ont été utilisés pour les différents calculs statistiques et la construction des graphes. La carte de situation géographique de la zone d'étude, la carte du réseau d'observation, les cartes de variation des isohyètes ont été réalisées avec les logiciels QGIS et Arc GIS.

1.3.3. Méthode de comblement des données

Les séries de données qui présentent moins de 5% de lacunes ont été comblées. Généralement, les erreurs détectées lors des traitements statistiques ne concernent que des périodes relativement courtes. Les données manquantes ont été soit remplacées par la moyenne de la série ou par la moyenne des valeurs encadrant la lacune, pour un nombre de manques inférieur à 5 et non consécutif.

1.3.4. Méthode de caractérisation de la variabilité pluviométrique

La caractérisation de la variabilité pluviométrique a été essentiellement statistique. Un diagnostic de l'évolution des variables pluviométriques a été effectué.

- La moyenne arithmétique

Elle a été calculée sur une série de 30 ans au niveau de la station synoptique de Ouagadougou. Elle a été utilisée dans l'étude des rythmes moyens mensuels et de la variabilité de la pluviométrie. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

- L'écart type

Il a permis d'évaluer la dispersion des valeurs autour de la moyenne «normale». Il a été d'une importance capitale dans l'étude de la dispersion des paramètres climatiques.

$$\sigma = \sqrt{V} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2}$$

- L'évolution des isohyètes

La variation spatiale des précipitations moyennes dans l'ensemble de la région du Plateau Central a été appréhendée par une interpolation des variables en tenant compte de la répartition du réseau de pluviomètres. La méthode d'interpolation linéaire multiple construit sur le logiciel Arc GIS a été utilisée. La valeur en un point quelconque de l'espace V_{xy} , est interpolée par une combinaison linéaire des S observations M_i , aux différentes périodes de mesures :

$$V_{xy} = \sum_{i=1}^S (\lambda_i M_i) \text{ avec } 0 \leq \lambda \leq 1$$

Cette méthode d'interpolation nous a permis d'estimer la pluviométrie mensuelle et annuelle. Les données de la station synoptique de Ouagadougou a permis la réalisation de cette interpolation linéaire multiple.

- Dates de début, dates de fin des saisons

Pour les pays sahéliens à régime monomodal, les dates de début et de fin de saison des pluies se définissent comme suit (Somé et Sivakumar, 1994) :

La date de début de saison est définie comme une date après le 15 mars, à partir de laquelle un cumul pluviométrique d'au moins 20 mm est enregistré pendant 01 à 03 jours consécutifs et sans épisode sec excédant 20 jours pendant les 30 jours qui suivent. La date de fin de saison est définie comme la date après le 1^{er} septembre quand un sol capable de contenir 70 mm d'eau disponible est complètement épuisé par une perte quotidienne d'évapotranspiration de 5 mm.

Les débuts et les fins de saisons ont été calculés par utilisation des données de la station synoptique de Ouagadougou.

- L'indice standardisé des précipitations (ISP ou SPI)

Il se définit comme une variable centrée réduite. Il a permis de déterminer les années à hauteurs pluviométriques extrêmes. Sa formule est :

$$SPI(i) = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

Le SPI a été calculé par les données des six stations utilisées dans la présente étude.

- Détermination des ruptures de stationnarité

La rupture selon (Lubès et al., 1994), est un changement dans la loi de probabilité d'une série chronologique à un moment donné le plus souvent inconnu. Une telle rupture marque une modification du régime pluviométrique. Le test de Pettitt a permis de déterminer à partir du logiciel Khronostat de l'Institut de Recherche et de Développement (IRD) les ruptures de stationnarité. Les années de rupture ont été utilisées pour caractériser la variation pluviométrique marquée soit par une séquence humide, soit par une séquence sèche. Les points de rupture ont été utilisés comme année pivot pour calculer les variations moyennes de la pluviométrie.

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$$

La statistique U de Buishand (1982, 1984) est un test robuste qui a permis de déceler tout changement de moyenne survenu au milieu de la série.

$$U = [N(N+1)]^{-1} \sum_{k=1}^N (Sk/Dx)^2$$

La rupture de stationnarité a été caractérisée sur la station synoptique de Ouagadougou.

1.3.5. Méthode de traitement des statistiques agricoles

Les rendements du sorgho blanc ont été exploités pour apprécier leur évolution sur la période de l'étude et pour établir la corrélation entre les paramètres agro-climatiques et les variables pluviométriques. Le niveau des rendements en lien avec ces variables ont permis de dégager leur incidence.

1.3.6. Méthode de détermination de la fréquence des pauses pluviométriques

Les poches de sécheresse ou pauses pluviométriques sont des périodes de plus de 7 jours successifs sans pluie pendant la saison des pluies. Leur fréquence est une donnée statistique calculée sur la base des données primaires issues de la déclaration des producteurs. Il s'est agi pour le producteur de mentionner les dates des jours pluvieux. L'intervalle entre deux dates ayant enregistré des pluies, laisse percevoir le nombre de jours sans pluie. Les périodes au-delà de 7 jours ont été considérées.

1.3.7. Données météorologiques

L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) a défini les normales pluviométriques sur les périodes 1951-1980 (référence à partir de laquelle sont analysés les régimes climatiques), 1961-1990 et 1971-2000 (Kouassi et *al.*, 2010).

Au Burkina Faso, les stations synoptiques de l'ANAM sont au nombre de 10 dont Ouagadougou, Dori, Bobo Dioulasso, Bogandé, Fada N'gourma, Dédougou, Gaoua, Boromo et Ouahigouya. Les données de la station synoptique de Ouagadougou ont été utilisées. Pour plus de précision sur la zone d'étude, les données de cinq stations secondaires ou postes pluviométriques ont aussi été utilisées. Il s'agit des postes de Boussouma, Boussé, Guilongou, Mogtédou et Zorgho, (figure 2).

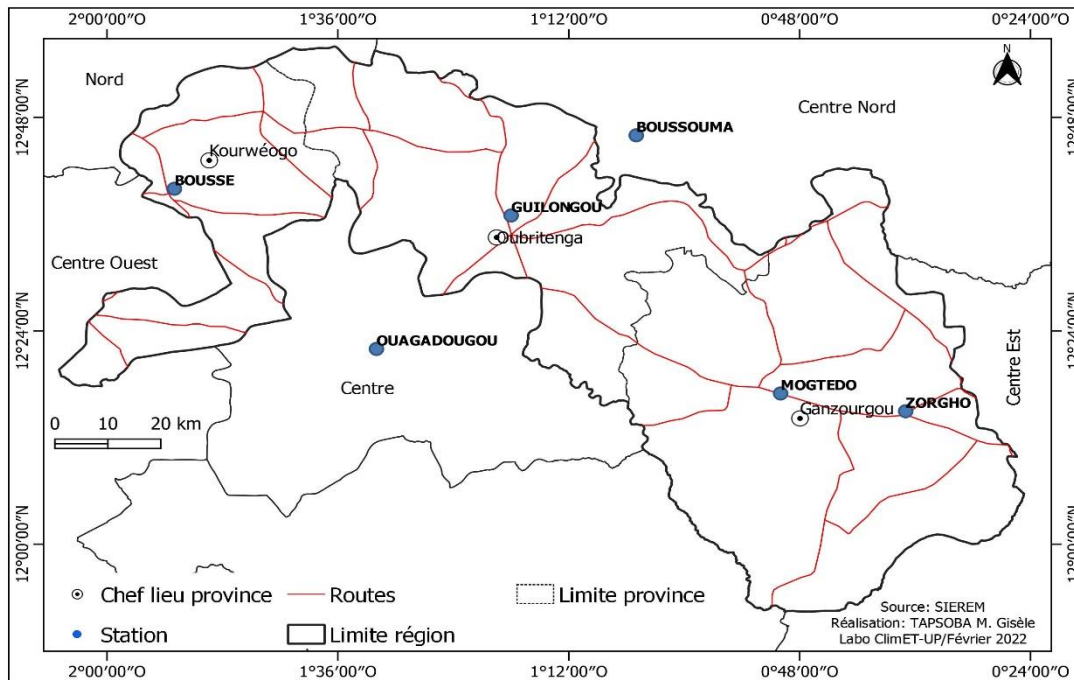


Figure 2 : Réseau d'observations de la variabilité pluviométrique

1.3.8. Données des statistiques agricoles

Les statistiques agricoles du Ministère en charge de l'agriculture couvrant la période 1995-2020 ont été utilisées. Il y a eu une absence de données entre 1991-1994.

1.3.9. Données des enquêtes terrain

Un échantillon de 118 producteurs a été tiré suivant l'échantillonnage aléatoire simple. La pesée des grains récoltés dans les carrés de rendement a été effectuée. Les variétés de sorgho utilisées dans les exploitations agricoles ont un cycle végétatif compris entre 90-110 jours. L'enquête a été conduite indépendamment des variétés. Ces enquêtes ont aussi porté sur le constat par le producteur, du nombre de pauses pluviométriques par mois dans l'exploitation agricole suivi.

2. Résultats

La variabilité pluviométrique est présentée à travers la variation des isohyètes, les ruptures et les anomalies pluviométriques, les débuts et les fins de saison. L'incidence des variables pluviométriques sur les rendements du sorgho est mise en évidence par des corrélations des paramètres agro-climatiques (séquences sèches de fin de saison ou pauses pluviométriques à la fin de la saison, séquences sèches en début de saison ou pauses pluviométriques en début de la saison, nombre de jour de pluie, cumul saisonnier, cumul annuel) sur les rendements.

2.1. Evolution inter-annuelle de la précipitation

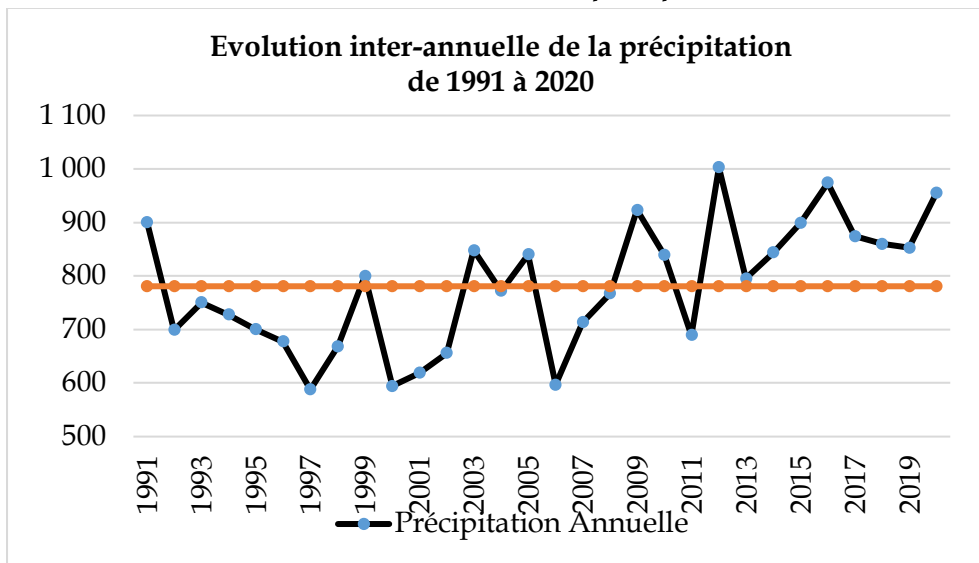


Figure 3 : Evolution interannuelle de la pluviométrie sur la période 1991-2020
La moyenne normale de cette étude est de 780,91 mm et l'écart type est de 115,95. La dispersion autour de cette moyenne est importante.

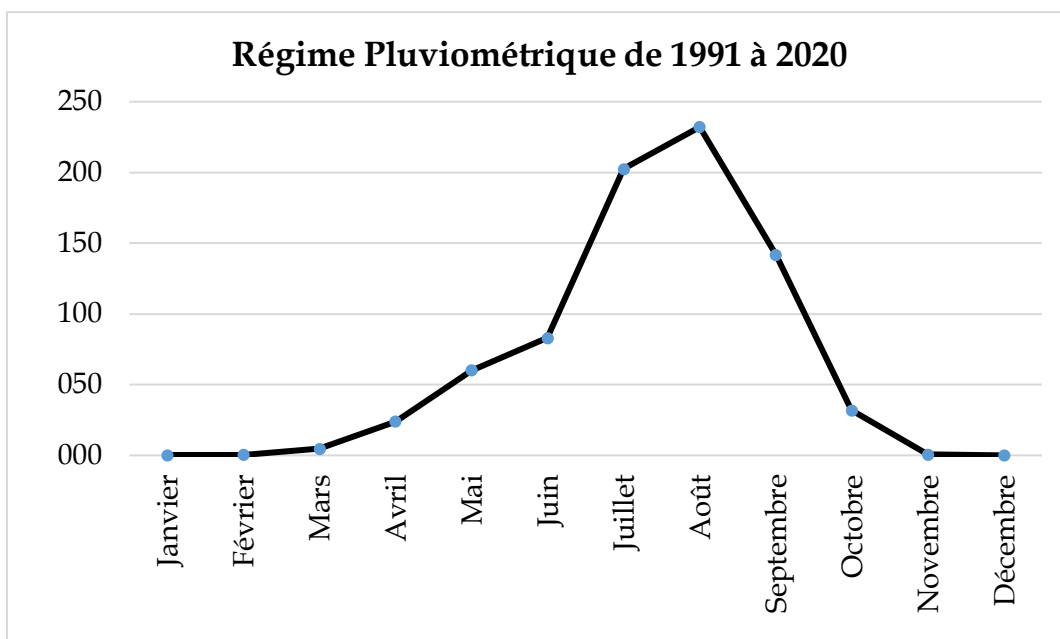


Figure 4 : Régime pluviométrique de 1991 à 2020
Le régime est monomodal, (Kouassi et al. 2010), (Somé et Sivakumar, 1994). Le mois d'août demeure le plus pluvieux suivi du mois de juillet.

2.2. Variation des isohyètes entre 1991-2020

La série de données pluviométriques de 1991-2020 des quatre stations de la zone d'étude et des deux stations hors de cette zone a permis de spatialiser les précipitations sur l'ensemble de la zone. Une approche par décennie a été considérée (Kouassi et al., 2010). La figure 5 présente la variation des isohyètes entre 1991-2000, la figure 6 présente la spatialisation de 2001-2010 et la figure 7 celle de 2011-2020.

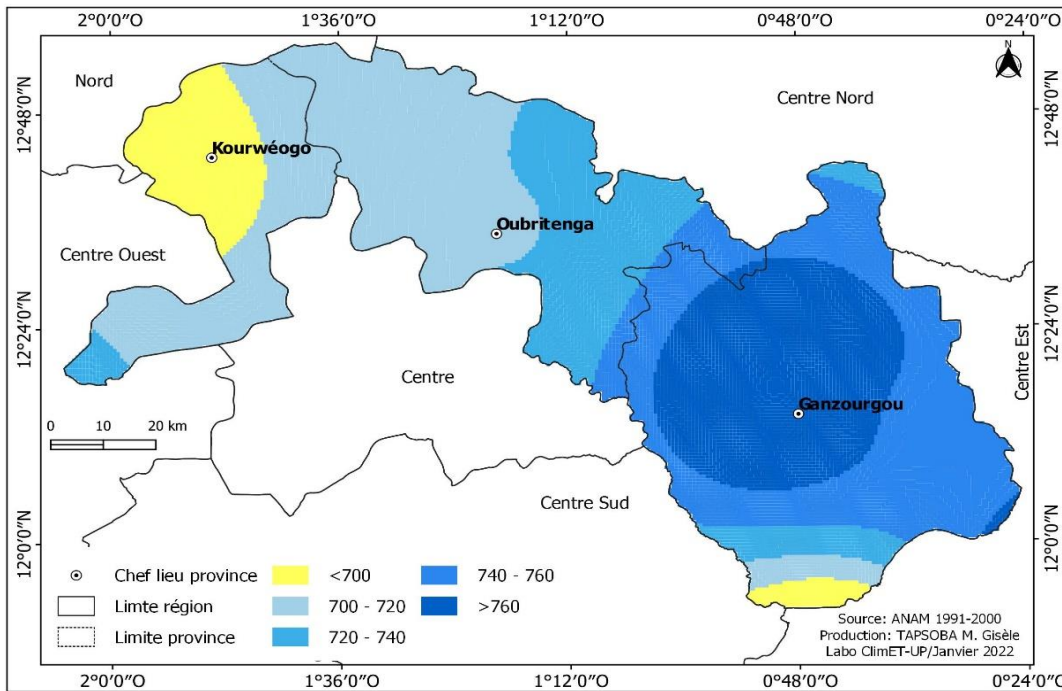


Figure 5 : Variation des isohyètes entre 1991-2000

La région du Plateau Central est marquée par cinq intervalles d'isohyètes. De l'Est à l'Ouest de la région, les isohyètes décroissent. Pour cette période 1991-2000, on constate en moyenne des cumuls pluviométriques plus élevés à l'Est dans la province du Ganzourgou comparativement à la partie centrale, occupée par la province de l'Oubritenga. La partie Sud du Ganzourgou et la partie nord du Kourwéogo présentent les plus faibles cumuls pluviométriques.

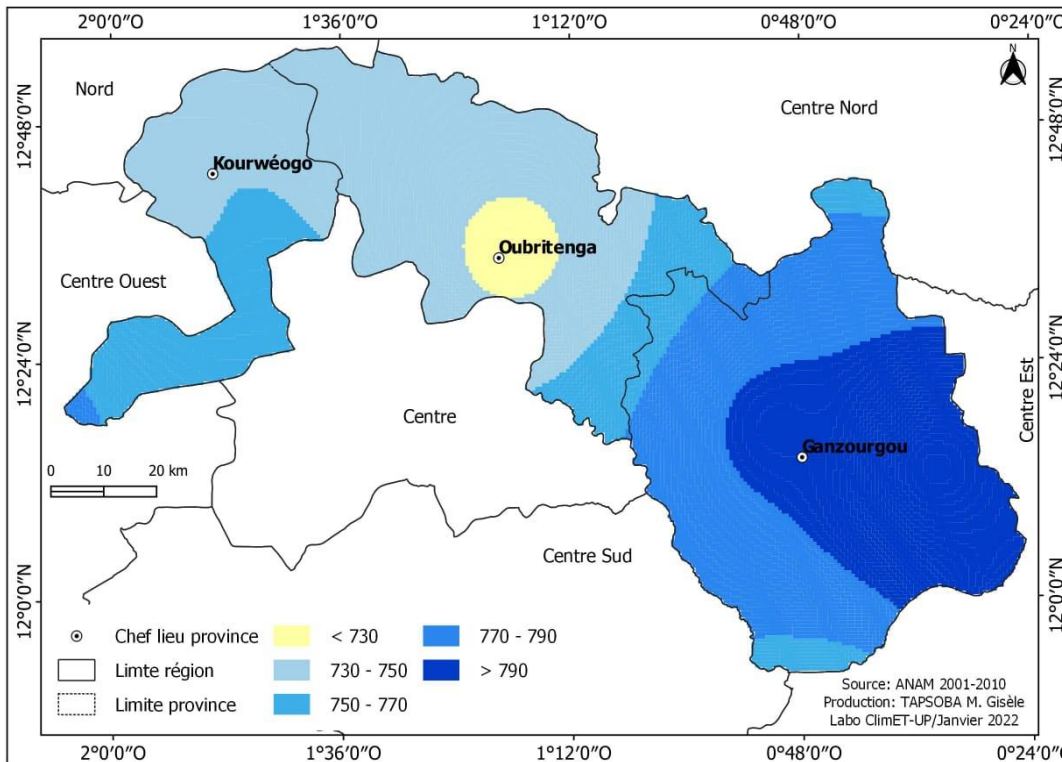


Figure 6 : Variation des isohyètes entre 2001-2010

Les cinq intervalles d'isohyètes se retrouvent également dans la décennie 2001-2010. De l'Est à l'Ouest de la région, les isohyètes décroissent comme la tendance 1991-2000. On observe cependant un renforcement des quantités de pluie sur l'ensemble de la région avec des cumuls pluviométriques plus élevés. Les gradients au Sud du Ganzourgou et au Nord du Kourwéogo se sont effacés. Ce gradient se retrouve dans la partie centrale occupée par la province de l'Oubritenga. Cela pourrait matérialiser une activité anthropique concentrée dans cette partie.

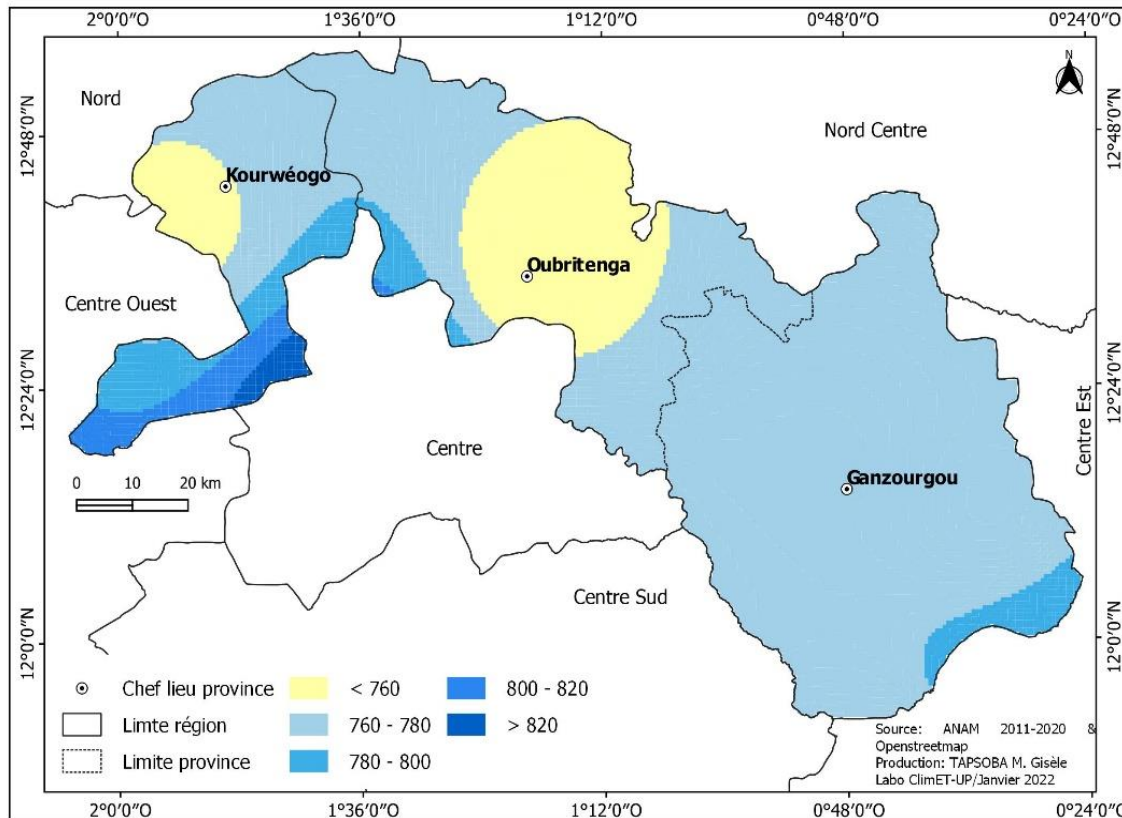


Figure 7 : Variation des isohyètes entre 2011-2020

Les cinq intervalles d'isohyètes se retrouvent toujours sur la décennie 2011-2020. De l'Est à l'Ouest, la tendance est dominée par l'isohyète 760-780 mm avec une forte concentration de l'isohyète inférieure à 760 mm dans la province de l'Oubritenga et légèrement au nord-ouest du Kourwéogo. Il y a un renforcement des quantités de pluie sur l'ensemble de la région avec des cumuls pluviométriques plus élevés que la décennie 2001-2010. La zone de faible pluie s'est élargie davantage dans la partie centrale (Oubritenga) et a réapparu dans la partie ouest (Kourwéogo). Mais cette zone de faible pluie est passée de l'isohyète inférieure à 700 mm au cours de la décennie 1991-2000 à l'isohyète inférieure à 760 mm. Ces deux zones pourraient indiquer une concentration d'activités anthropiques. La particularité des pluies élevées que connaissait le Ganzourgou par rapport aux deux autres provinces a disparu.

Sur les trois décennies, il y a eu un accroissement global des hauteurs d'eau enregistrées. Il ressort que le gradient des précipitations évolue dans l'ensemble de l'Est vers l'ouest pour les décennies 1991-2000 et 2001-2010. Une évolution particulière du gradient pluviométrique dans la période de 2011 à 2020 est mise en évidence. En effet, cette période se révèle plus pluvieuse que les deux décennies passées et le

gradient pluviométrique évolue du centre-ouest vers le centre-est. Ce qui dénote de l'évolution en sens inverse du gradient au cours de la dernière décennie.

2.3. Indice Standardisé des Précipitations (ISP ou SPI)

Le calcul de l'ISP a permis de mettre en évidence les années de déficits pluviométriques.

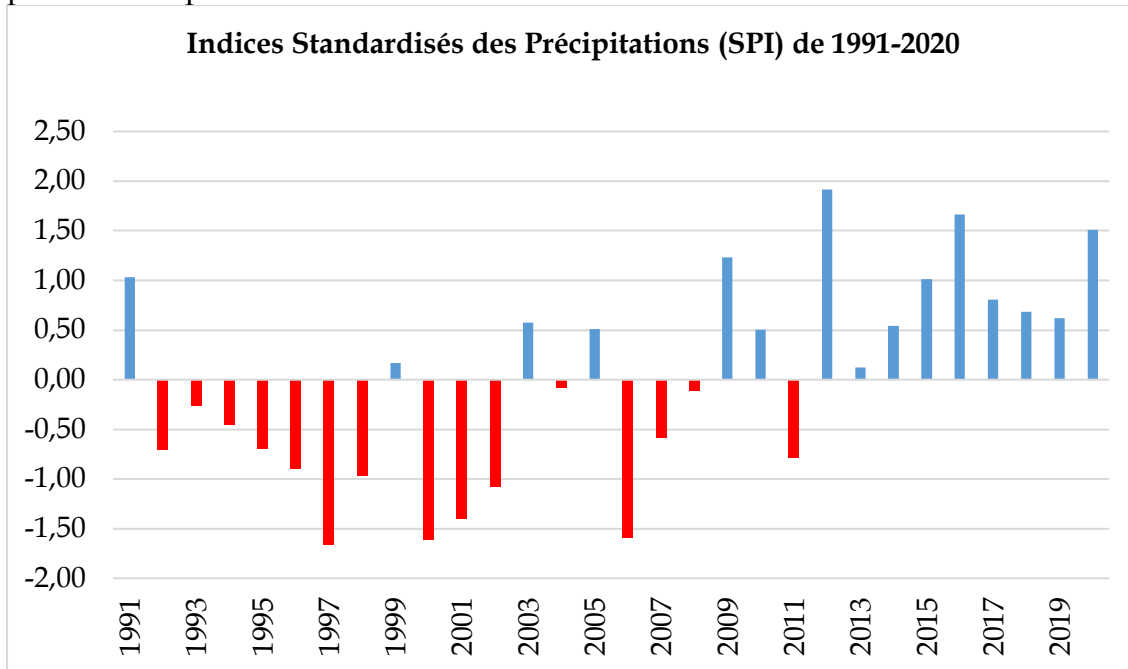


Figure 8 : Indices standardisés des précipitations de 1991 à 2020

La variabilité pluviométrique reste marquée par des anomalies pluviométriques. La figure 8 présente les années de déficits pluviométriques. Malgré le renforcement des hauteurs de pluies, les déficits restent remarquables. Au niveau de la station synoptique de Ouagadougou, le nombre d'années de déficit pluviométrique est de 50%. La station de Guilongou présente un taux moindre de 46,7%. Les autres stations, Boussé (56,7%), Mogtédou (57,7%) et Zorgho (57,7%) présentent des anomalies plus élevées.

2.4. Rupture de stationnarité dans les séries

Les tests de Buishand (A) et de Pettitt (B) présentent des ruptures de stationnarité à différents seuils de confiance au niveau de la station synoptique.

Tableau 3 : Situation des ruptures de stationnarité

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1991	2008	717,650	91,983
2009	2020	875,800	84,964

L'analyse du tableau 1 montre que les moyennes des sous-séries avant et après la première rupture, sont respectivement de 717,650 plus ou moins 91,983 mm et de 875,8 plus ou moins 84,964 mm, soit un excédent pluviométrique de 22,04% après la rupture. L'année 2008 est identifiée comme l'année de la rupture de stationnarité. La sous période 1991 à 2008 a été moins humide que la sous période 2009 à 2020. Cette rupture

est significative au seuil de confiance de 99%. Il se dégage donc deux sous-séries : la série de 1991-2008 et celle de 2009 à 2020. La tendance dans la chronique des précipitations annuelles évolutive des hauteurs de pluie est haussière. Cela confirme les résultats de (Vizy et Cook, 2012), qui avaient précisé une augmentation de l'intensité des pluies de 10 à 25% au Sénégal, au sud du Mali, au Burkina Faso, au nord du Nigeria et au sud du Tchad au cours du XXI^e siècle. Il en est de même pour (Sultan et Gaetani, 2016), qui ont prédit une occurrence de jours de pluie extrême en augmentation sur l'Afrique de l'Ouest de 40 à 60% sur la même période.

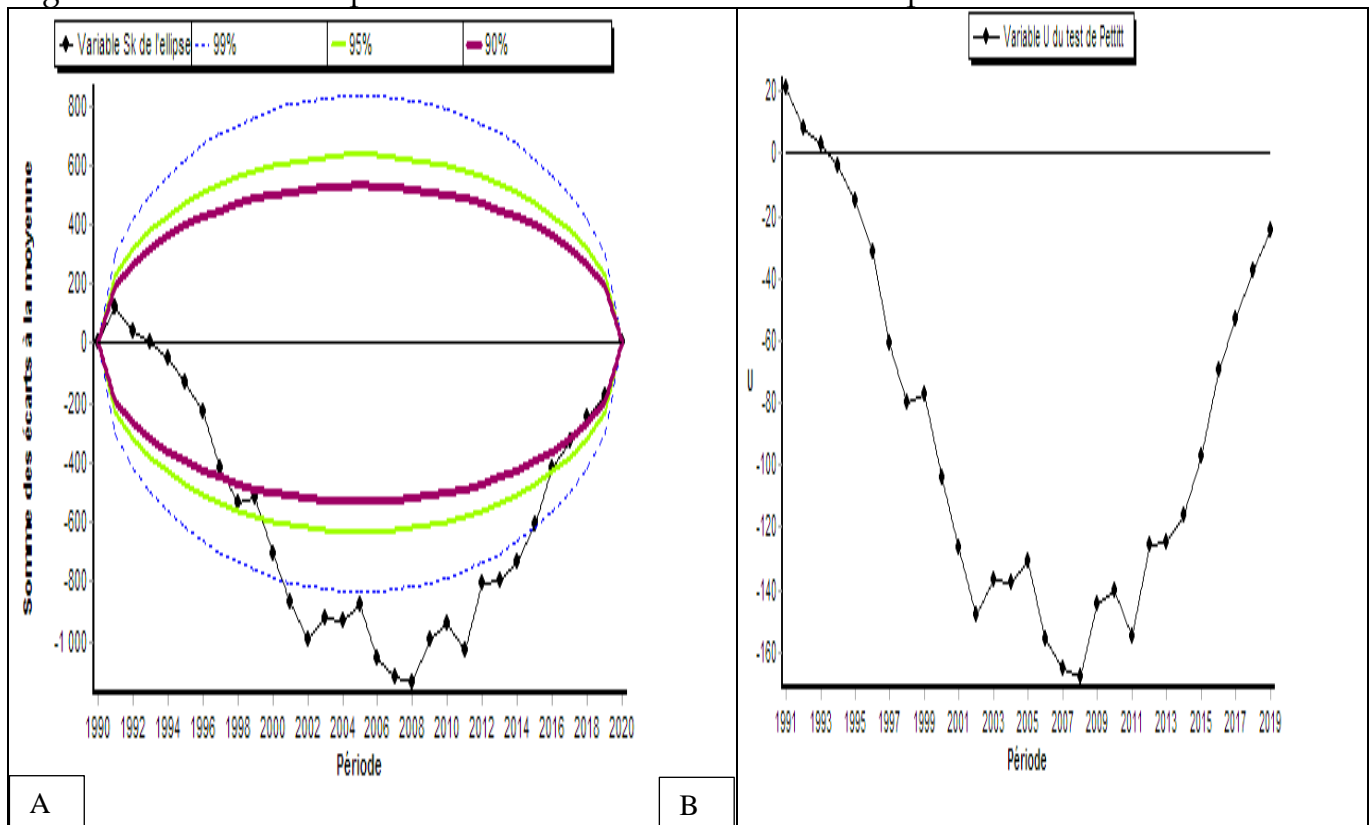


Figure 9 : Rupture de stationnarité de la station synoptique de Ouagadougou

Ce test précise le renforcement de la pluviométrie mise en évidence par la variation des isohyètes sur les décennies 1991-2000, 2001-2010, 2011-2020 avec la dernière décennie qui est plus pluvieuse.

2.5. Date des débuts et des fins de saisons des pluies

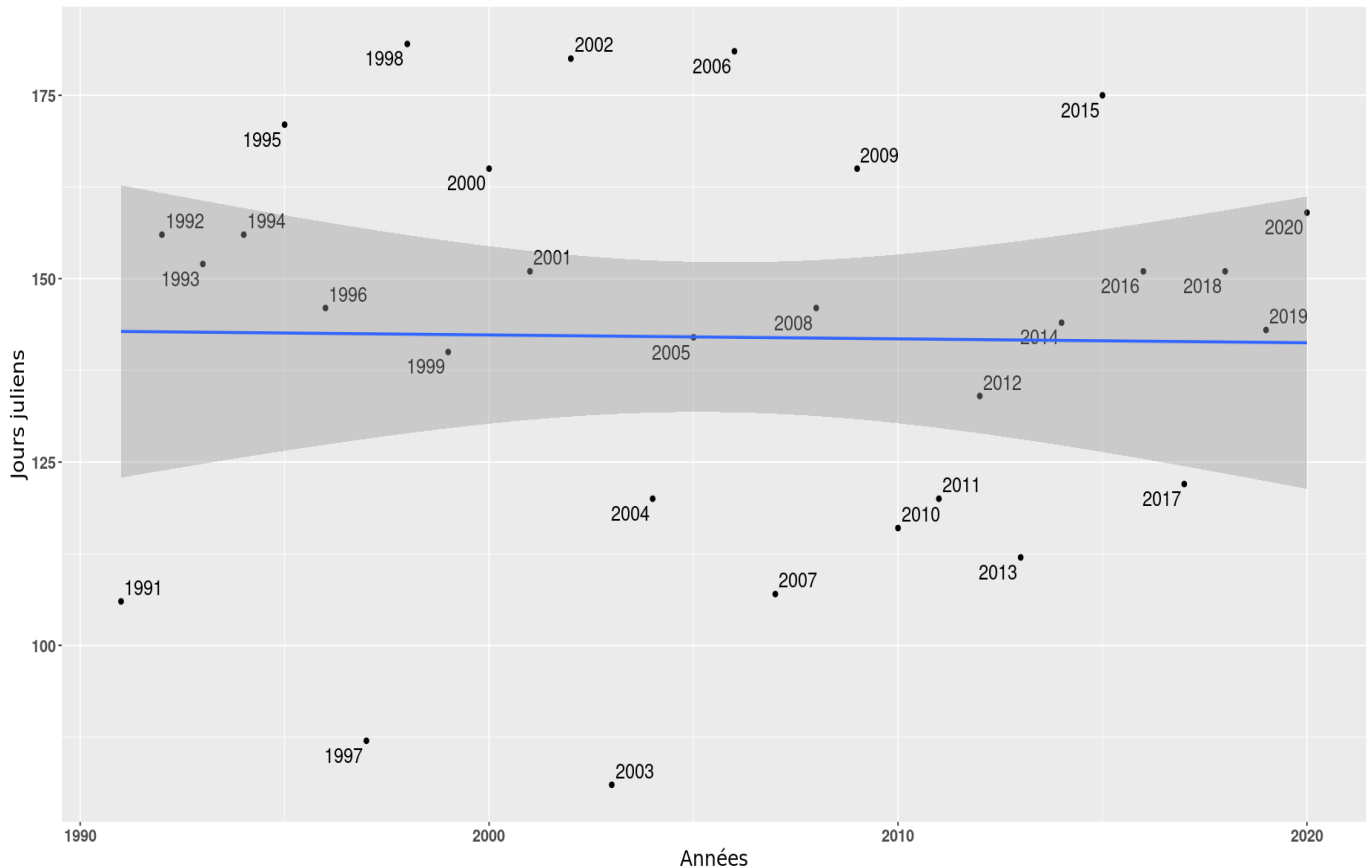


Figure 10 : Evolution des dates de début de saison

L'analyse de la courbe d'évolution des dates de début de saison des pluies sur la période 1991-2020 montre qu'il n'y a pas de tendance particulière quant à la date de démarrage de la saison agricole. Pourtant selon (Alhassane et *al.*, 2013) les dates de démarrage constituent entre autres des composantes du régime pluviométrique les plus importantes dans le domaine des applications agronomiques. La précision dans ces dates facilite le choix des variétés de semences en fonction de leur cycle végétatif qui s'adapte à la longueur de la saison. Il est cependant noté que les années 1991, 1997, 2003 et 2007 ont été les plus précoces.

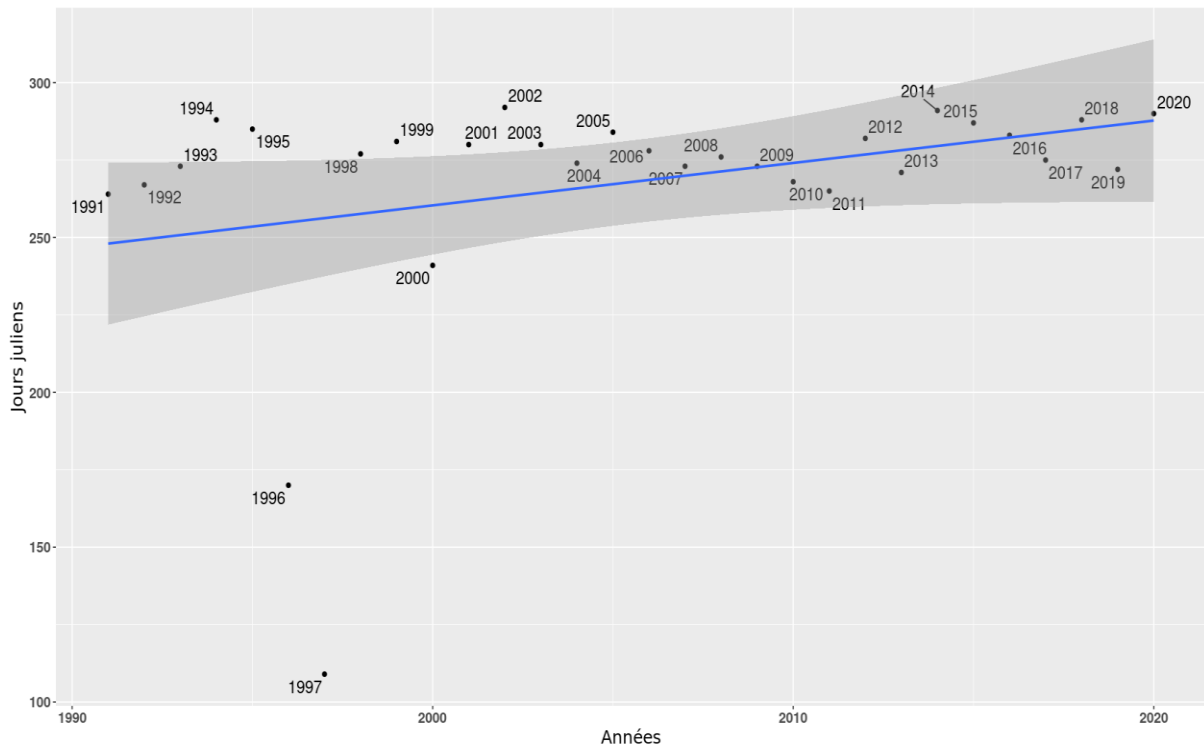


Figure 11 : Evolution des dates de fin de saison

En ce qui concerne les dates de fin de saison des pluies, l'analyse de la figure 12 montre une tendance des valeurs à la hausse. Ce qui signifie que les fins de saison sont de plus en plus tardives avec cependant trois années qui présentent des fins de saison précoces. Ce sont : 1996, 1997 et 2000. Les fins de saison précoces sont comprises dans la première décennie (1991-2000). Le constat des fins de saison tardives en tendance haussière peut être un élément compensatoire de rupture brusque de cycle végétatif des cultures. Contrairement aux résultats de (Dekoula et *al.*, 2018) qui ont montré que les dates de début de la saison des pluies sont retardées, les dates de fin de la saison des pluies utiles sont de plus en plus avancées. Le renforcement de la pluviométrie au cours des décennies 2001-2010 et 2011-2020 a inhibé les fins de saisons précoces. Un lien est donc établi entre le renforcement des cumuls pluviométriques et les fins de saison.

2.6. Similarité agro-climatique

Les paramètres agro-climatiques présentés dans cet article tels que la date de début de saison, la date de fin de saison, les cumuls annuels, les poches de sécheresse ont servi à regrouper les années en trois groupes de similarité ou cluster. La figure 13 précise ce regroupement.

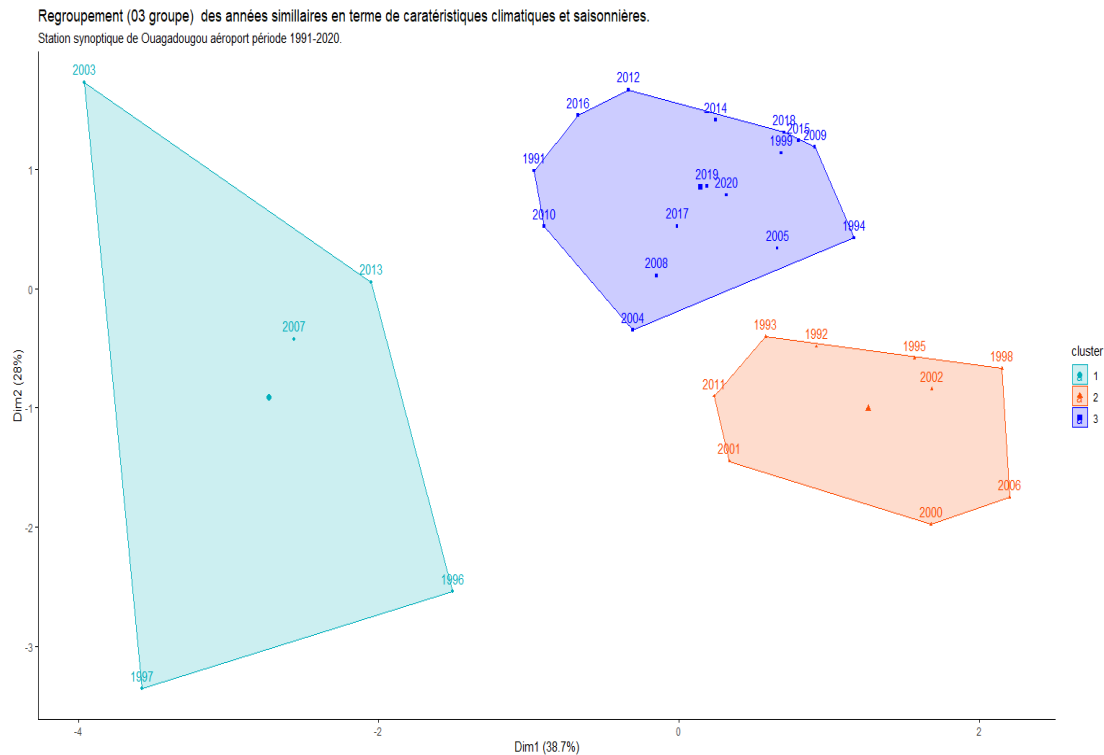


Figure 12 : Regroupement des années selon la similarité agro climatique

L'analyse de la figure 13 présente :

- cinq (5) années déficitaires (1996, 1997, 2003, 2007 et 2013). Ces années déficitaires sont en majorité incluses dans la première décennie de l'étude 1991-2000.
- neuf (9) années moyennes (1992, 1993, 1995, 1998, 2000, 2001, 2002, 2006, 2011). Ces années sont incluses dans la première et la deuxième décennie de l'étude.
- seize (16) années normales (1991, 1994, 1999, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020). Les années normales représentent 53,33% et sont à 50% comprise dans la dernière décennie (2011-2020) de l'étude.

Il n'y a pas eu d'évènement pluviométrique extrême sur la période de l'étude. Ce qui est avantageux pour l'agriculture pluviale.

2.7. Fréquence des poches de sécheresses

Les poches de sécheresse (P) ou les pauses pluviométriques caractérisent les jours sans pluie de plus de 7 jours pendant la saison des pluies. Selon (Alhassane et *al.*, 2013), les poches de sécheresse constituent l'une des composantes du régime pluviométrique les plus importantes dans le domaine des applications agronomiques. Elles influencent négativement le bon déroulement du cycle végétatif de la culture surtout si elles interviennent au cours des phases critiques de l'épiaison et de la fructification. Les données collectées auprès des producteurs sur le terrain ont permis d'obtenir la figure 14.

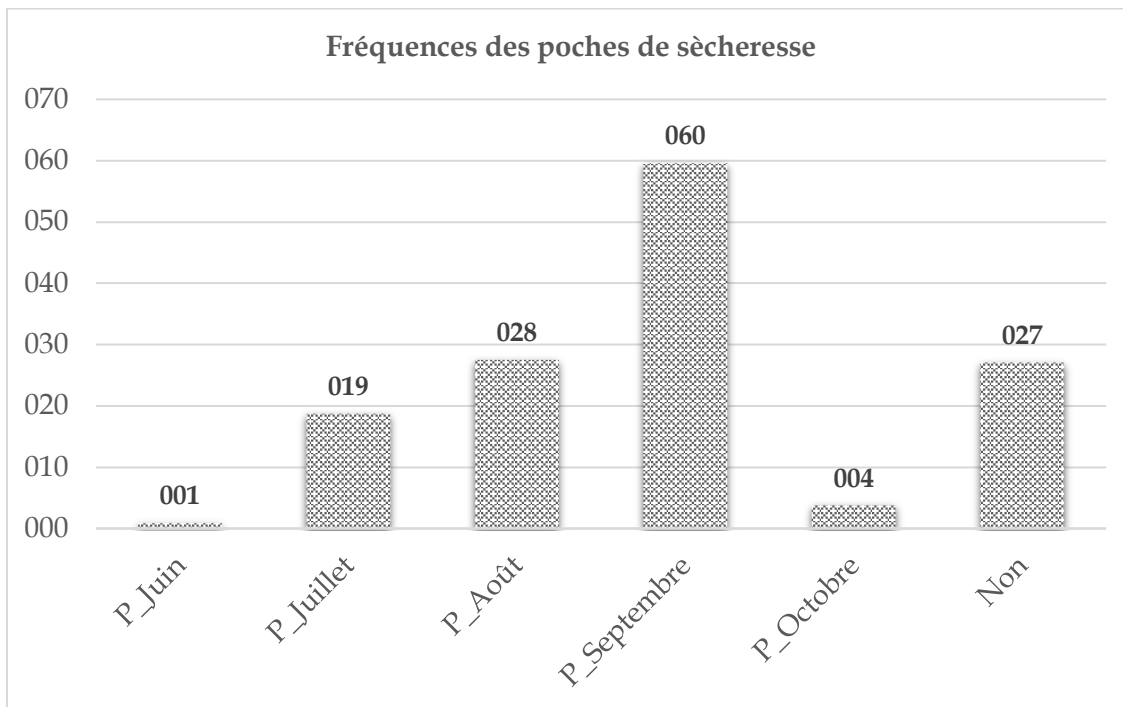


Figure 13 : Fréquence des poches de sécheresse

De juin à septembre 2021, la fréquence des poches de sécheresse est croissante. Au cours du mois d'août 27,50% de jours sans pluie sont constatés. Le mois de septembre concentre environ 60% de l'occurrence des pauses pluviométriques. La phase floraison et fructification des plantes de sorgho intervient au cours de ces deux mois. Entre septembre et octobre, les poches de sécheresse sont réduites. Cet intervalle de temps correspond à la fin des cycles végétatifs des variétés couramment utilisées dans la région et consacrant les récoltes pour les cycles courts. Cette période peut aussi correspondre à une inattention des producteurs sur la régularité des pluies au regard de la fin imminente de la saison. Ce fait peut expliquer que 27,08% de producteurs n'ont pas constaté de poches de sécheresse dans leurs exploitations, représentés par Non. Les poches de sécheresse restent fréquentes malgré le renforcement de la pluviométrie.

2.8. Evolution des rendements du sorgho blanc entre 1995-2020

Les rendements du sorgho blanc ont évolué en dents de scie entre 1995 et 2020. Il y a cependant une tendance à l'obtention de rendements plus élevés à partir de 1998. Cette tendance haussière n'est cependant pas constante et n'a pas encore atteint le niveau moyen de 1100 kg ha⁻¹ suivant les statistiques nationales. La troisième décennie de l'étude 2011-2020 présente une dynamique haussière plus stable et importante que les deux décennies précédentes. La figure 15 montre cette évolution.

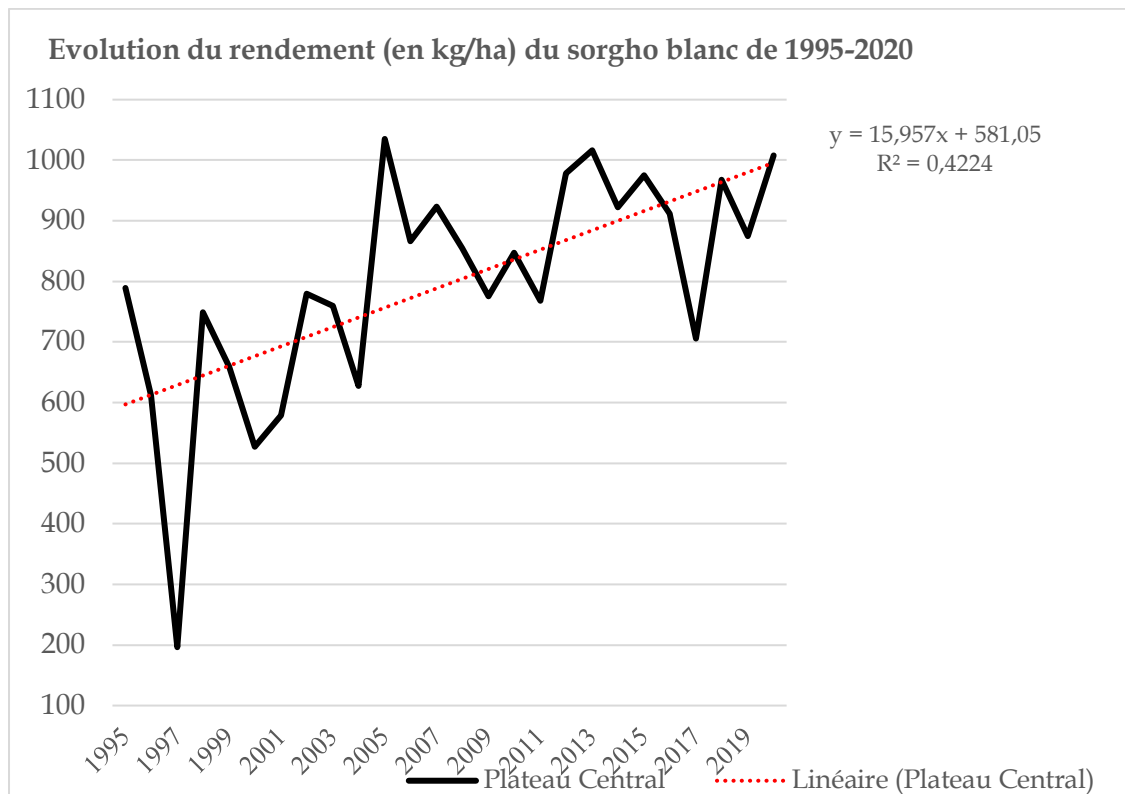


Figure 14 : Evolution du rendement de sorgho blanc entre 1995-2020

Le point d'inflexion le plus bas de la figure 15, reflétant le rendement le plus faible s'observe en 1997. La figure 11 montre que 1997 a été une année précoce de début de saison et la figure 12 révèle que 1997 a été une année aussi précoce de fin de saison. Les deux précocités associées ont induit un rendement très faible. Cet évènement particulier a été unique sur la période de l'étude. De 2012 à 2020, la tendance des rendements est à la hausse. L'année 2017 marque une différence d'année normale avec un rendement moindre. Cela mentionne la survenue d'évènements contraignants dont la présente étude n'a pas pris en compte.

En plus des variables pluviométriques, la densité du semis du sorgho a été évaluée en nombre de poquets par hectare. La figure 16 présente la moyenne de la densité de semis.

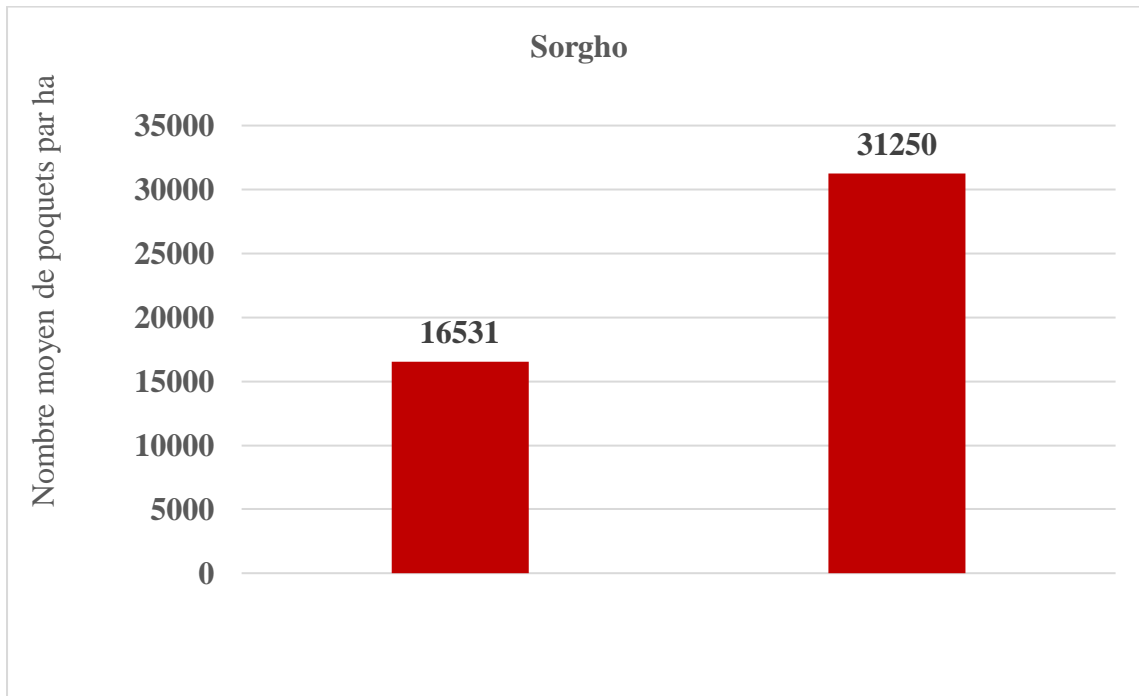


Figure 15 : Densité de semis du sorgho

L'itinéraire technique du sorgho recommande un semis de 80 cm entre les lignes et 40 cm sur les lignes. Cela représente une densité de 31 250 poquets par hectare. Les producteurs de sorgho blanc dans la région du Plateau Central au Burkina Faso, ont réalisé en moyenne 16 531 poquets par hectare soit une perte de densité de 47,10%. Ce qui démontre une faible densité des semis. Le déficit de densité au semis induit un déficit du nombre de plants à récolter et par conséquent crée un déficit de rendement grains potentiel. La densité, étant démontré comme un facteur limitant le rendement, une autre analyse a été effectuée par la corrélation entre les paramètres agro-climatiques et le rendement.

2.9. Corrélation entre les paramètres agro-climatiques et le rendement du sorgho

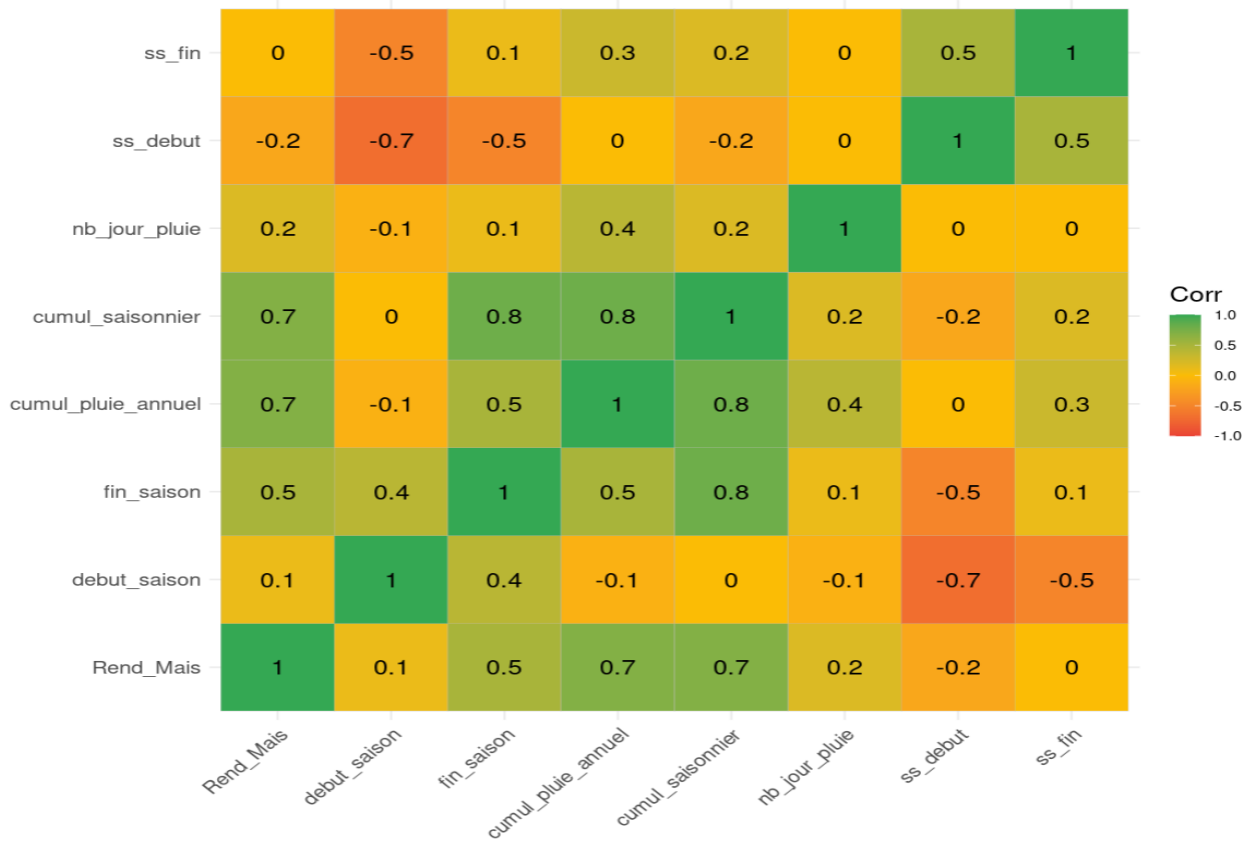


Figure 16 : Corrélation entre paramètres agro-climatiques et rendements du sorgho

Légende : ss_fin : séquences sèches de fin de saison (pauses pluviométriques à la fin de la saison), ss_début : séquences sèches en début de saison (pauses pluviométriques en début de la saison), nb_jour_pluie : nombre de jour de pluie.

La corrélation entre les données de rendement agricole et les paramètres agro-climatiques montre que le rendement du sorgho blanc est positivement mieux corrélé avec les cumuls pluviométriques saisonniers (entre les semis et les récoltes), les cumuls annuels, la fin de la saison avec un coefficient de corrélation de 0.4 à 0.61. Plus les cumuls saisonniers de pluie sont élevés ainsi que les fins de saison sont tardives mieux est le rendement du sorgho. Les dates de début de saison ainsi que les séquences sèches de début de saison semblent ne pas avoir une grande influence sur les rendements du sorgho. En terme de quantité d'eau, les cumuls pluviométriques saisonniers ont plus d'influence sur le rendement du sorgho comparativement au cumul annuel.

La persistance des anomalies pluviométriques et des poches de sécheresses, l'insuffisance de respect de l'itinéraire technique du sorgho par les producteurs constituent des facteurs limitant l'atteinte du TCBC ≥ 120 . Le TCBC de la zone d'étude est resté inférieur à celui national. La dernière décennie de l'étude (2011-2020), plus pluvieuse que les deux précédentes, présente des TCBC inconstants. Le renforcement de la pluviométrie et l'accroissement des rendements du sorgho blanc n'ont pas augmenté le TCBC.

La figure 18 montre l'évolution du TCBC dans la région du Plateau Central comparativement au TCBC national et au TCBC moyen qui indique un équilibre céréalier.

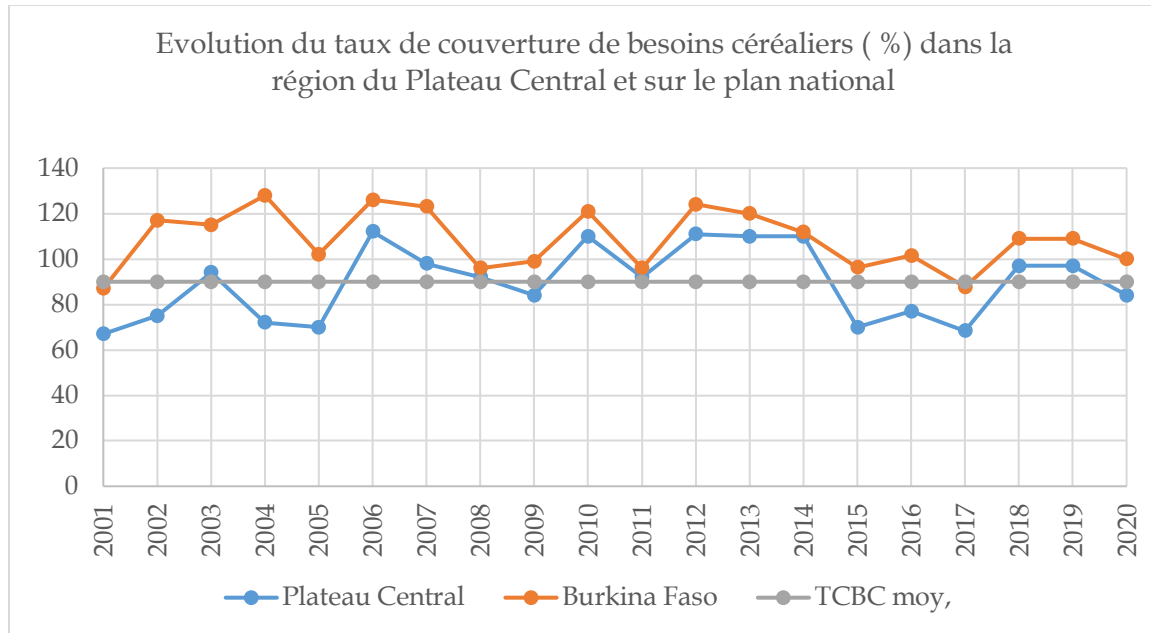


Figure 17 : Taux de couverture des besoins céréaliers des populations de la région du Plateau Central

3. Discussion

Les variables pluviométriques du pas d'années de 30 ans étudiées que sont : l'écart type, la variation des isohyètes, l'indice standardisé des précipitations, la rupture de stationnarité, les dates de débuts et de fins des saisons ont permis de mettre en évidence dans la région du Plateau Central un renforcement de la pluviométrie, un gradient croissant de pluviométrie de l'est vers l'ouest dans la décennie 1991-2000, une inversion de ce gradient décroissant des isohyètes de l'ouest vers l'est au cours de la décennie 2011-2020, une persistance des anomalies pluviométriques, des débuts de saison sans tendance spécifique, des fins de saison qui se prolongent. Les cumuls de pluies n'ont pas été stationnaires sur la période de 1991-2020. Un décrochage pluviométrique est intervenu en 2008 sur la station synoptique de Ouagadougou. Cette rupture de stationnarité s'est traduite par une augmentation d'hauteur d'eau de 22,04%. Ce renforcement de la pluviométrie au cours de cette dernière décennie au Burkina Faso est conforme aux résultats de (Abdou *et al.*, 2020) sur la période 1960-2018 ; (Bambara *et al.*, 2018) sur la période 1956-2015. Les modèles de projection HadRM3P et RACMO de (Ibrahim *et al.*, 2011), ont prédit une tendance haussière de la pluviométrie au Burkina Faso. Certains auteurs assimilent cela à un retour à la normale dans les zones à climat sahélien. Sur la période 1953-2021, (Kaboré *et al.*, 2017), ont démontré une augmentation des pluies à Dori (zone sahélienne) et à Ouagadougou (zone soudano-sahélienne) avec cependant une diminution à Bobo Dioulasso (zone soudanienne). (Akoh, 2018) a mené une étude sur la période 1950-2013 dans les localités riveraines du fleuve Niger et a trouvé un retour progressif de la pluviométrie à des conditions plus humides. Il en est de même pour (Gaye and Sow, 2019) sur la période 1951-2015 au Sahel Sénégalais qui ont trouvé les mêmes résultats dans sa

partie nord. Les analyses statistiques de ces mêmes auteurs ont montré que la reprise normale de la pluviométrie réduisait les déficits céréaliers. Les résultats de cet article abondent dans le même sens et présentent des rendements du sorgho à la hausse mais demeurés faibles. Par contre, les déficits de couverture des besoins céréaliers des populations y demeurent. Etant donné que son calcul est lié à la population à nourrir (qui a augmenté 27,71% entre 1996 et 2019 (INSD, 2020) et du fait des faibles rendements, les déficits sont demeurés constants. Le renforcement de la pluviométrie est inférieur au 50 mm annuel préconisé par (Boukar et Aime, 2019) pour améliorer la sécurité alimentaire des ménages.

Le gain d'augmentation de rendement obtenu n'a pas occasionné une couverture totale des besoins céréaliers. Les rendements sont demeurés faibles malgré la tendance haussière. Le taux de couverture des besoins céréaliers (TCBC) dans la région du Plateau Central tient la récurrence de son déficit en parti de la variabilité des pluies. Le renforcement de la pluviométrie constaté n'a sûrement pas été suffisante pour satisfaire les besoins en eau des cultures durant le cycle végétatif. Le nombre élevé d'années d'anomalies pluviométriques est constaté dans la région sur les postes pluviométriques de Guilongou, de Boussé et de Zorgho. La régularité de la distribution temporelle des pluies n'est donc pas assurée. Cela est confirmé par les résultats des travaux de (Malam Abdou et *al.*, 2020). Du fait de l'exigence en eau du sorgho (600-700 mm d'eau) (BUNASOL, 1990), la fréquence des anomalies pluviométriques couplée à celle des poches de sécheresse subies en août et en septembre ont occasionné l'obtention de faibles rendements (196 kg ha⁻¹ en 1997 à 1035 kg ha⁻¹ en 2005), même si ces rendements ont connu la même tendance haussière que les cumuls pluviométriques. Selon (Naoura et *al.*, 2014), la moyenne des rendements grain du sorgho blanc est relativement faible, autour de 800 kg ha⁻¹, avec cependant des variations importantes suivant les zones de production de 1050 kg ha⁻¹ dans la région Ouest contre 532 kg ha⁻¹ dans la région du Sahel. La mesure des rendements auprès de l'échantillon de producteurs en 2021, à l'aide de la pesée des grains qui y ont été récoltés affiche un intervalle de rendement de 180-464 kg ha⁻¹. Pour une spéculation qui occupe 36,16% des superficies totales emblavées en céréales (MAAH, 2019) au Burkina Faso et qui a un poids moyen de 33% dans le TCBC moyen de 2001-2020, l'inconstance de l'évolution de son rendement ne rassure pas un TCBC ≥ 120 . La chute progressive des rendements de sorgho a aussi été mise en évidence par (Ahoyo, 2020) ; (Faye et *al.*, 2018). La discordance entre l'exigence d'accroissement des rendements pour un TCBC ≥ 120 et les faibles rendements récurrents du sorgho sur des superficies croissantes sans doute limitées actuellement pourraient aussi être attribuée à d'autres facteurs que la pluviométrie. Selon (Mballo et Sy, 2019), les rendements sont liés d'une part à la variabilité et à l'inégale répartition spatio-temporelle des pluies, à la fréquence des séquences sèches pluviométriques, et d'autre part à des facteurs structurels liés à l'utilisation des techniques et outils rudimentaires. Cette étude a pu identifier en plus de la variabilité pluviométrique, un manquement dans l'itinéraire technique du sorgho appliqué par les producteurs. Prévu pour être semé à 31 250 poquets/ha, seulement 16 531 poquets/ha ont été semés. La tendance haussière des cumuls pluviométriques non arrimée à une densité normale des semis

conjuguée à d'autres facteurs limitants comme les pauses pluviométriques seront fréquemment l'occasion des faibles rendements.

Conclusion

L'objectif de cet article était de caractériser l'incidence de la variabilité pluviométrique sur les rendements du sorgho et leur répercussion sur le TCBC dans la région du Plateau Central. Cette étude a permis de caractériser les principales manifestations de la variabilité pluviométrique dans la zone d'étude. Les variables et les indicateurs de la variabilité pluviométrique (la moyenne normale, l'écart type, la variation des isohyètes, les débuts/fins de saisons, les cumuls annuels, les cumuls saisonniers, la persistance des anomalies pluviométriques, la fréquence des poches de sécheresse) ont été analysés. Les résultats sur la période de l'étude de 1991 à 2020 ont montré, qu'aucun évènement climatique extrême n'a été enregistré, un renforcement des précipitations de 22,04% sur la période 2009-2020, les dates de fins de saisons plus corrélées aux rendements ont été plus retardées, les pauses pluviométriques ont été plus fréquentes au cours du mois de septembre (mois en parti consacré à la floraison-fructification qui est une phase sensible du cycle cultural). Dans un second temps, le traitement statistique des données de rendements sur la période d'étude a indiqué une tendance haussière mais faibles en valeur. L'appréciation du respect de l'itinéraire technique à travers la densité des semis a montré un déficit de densités. Les pauses pluviométriques et le déficit de densité ont été des facteurs ayant influencé négativement les rendements. Une investigation sur l'irrigation d'appoint lors des pauses pluviométriques combinée à un respect rigoureux de l'itinéraire technique du sorgho permettront une meilleure expression des rendements du sorgho.

Références bibliographiques

- Abdou, M.M., Descroix, L., Abba, B., Boukary, M.B.A., Mamadou, I., 2020. Caractérisation des saisons agricoles au Sahel : analyse des données agro-climatiques versus vécu paysan, cas de la Région de Zinder, Niger. *Afr. Sci.* 17, 83-101.
- Alhassane, A., Salack, S., Ly, M., Lona, I., Traoré, S. B., & Sarr, B. (2013). Évolution des risques agroclimatiques associés aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 24(4), 282-293.
- Akoh, C.C. 2018. Conducting research at the interface of food science and nutrition. *J. Food Sci.* (invited) 83:2692-2696.
- Bambara, Dasmané, Compaoré, Halidou, et Bilgo, Ablassé. Évolution des températures au Burkina Faso entre 1956 et 2015 : cas de Ouagadougou et de Ouahigouya. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, 2018, no Volume 12, p. 23-41.

- Boko M. (1988) : Climats et communautés rurales du Bénin : Rythmes de développement. Thèse d'Etat, Dijon, 2 vol, 607 p.
- Boukar, Chetima et Aime, Feumba Rodrigue, 2019. Conditions climatiques et vulnérabilité alimentaire des ménages à l'extrême-nord du Cameroun.
- BUNASOL, 1990. Manuel pour l'évaluation des terres. Documents techniques N°10. Juillet 1990
- Dekoula, C. S., Kouame, B., N'goran, E. K., Yao, F., Ehounou, J. N., & Soro, N. (2018). Impact de la variabilité pluviométrique sur la saison culturale dans la zone de production cotonnière en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(12), 143-156.
- Faye, M., Fall, A., Faye, G., Van Hecke, E., 2018. La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental. *Belg. Rev. Belge Géographie*.
- Ibrahim, B., Karambiri, H. et Polcher J., 2011. Caractérisation de l'évolution de la pluviométrie à l'horizon 2050 au Burkina Faso selon cinq modèles climatiques régionaux (RCMs) tournés dans un contexte de changement climatique. 6^e édition des journées scientifiques du 2iE Ouagadougou. Burkina Faso
- INSD (Institut National de la Statistique et de la Démographie au Burkina Faso). (2020). Recensement Général de la Population et de l'Habitation. [Annuaire Statistique National 2020.pdf \(insd.bf\)](#)
- Gaye, D., Sow, S.A., 2019. Variabilité pluviométrique au sahel sénégalais : évaluation du retour progressif vers la normale. *Rev Ivoir Sci Technol* 33, 84-105.
- Hawey, T., Sitou, L., Manssour, A.M., Soumana, I., Massaoudou, M., Zoubeirou, A.M., 2020. Risques pluviométriques, source d'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14, 452-464.
- Kabore, P.N., Ouedraogo, A., Sanon, M., Yaka, P., Some, L., 2017. Caractérisation de la variabilité climatique dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso entre 1961 et 2015. *Climatologie* 14, 82-95.
- Kouassi, A. M., Kouamé, K. F., Koffi, Y. B., Dje, K. B., Paturel, J. E., & Oulare, S. (2010). Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Cybergeog : European Journal of Geography*.
- Lubès, H., Masson, J.M., Servat, E., Paturel, J.-E., Kouamé, B., Boyer, J.-F., 1994. ICCARE : rapport no 3 : caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par applications de tests statistiques : étude bibliographique.
- Mballo, I., Sy, O., & Faye, C. (2019). Variabilité climatique et productions vivrières en Haute Casamance (Sud-Sénégal). *Espace Géographique et Société Marocaine*, (28/29).
- Naoura, G., Nebie, B., Nanema, R. K., Kando, P. B., Traore, E. R., Sawadogo, M., & Zongo, J. D. (2014). Caractérisation de quelques écotypes performants de

- sorghos Burkinabés. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(5), 2109-2118.
- O.M.M., 1990, « Guide des pratiques climatologiques », vol. 100.
- Pettitt, A.N., 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *J. R. Stat. Soc. Ser. C Appl. Stat.* 28, 126-135.
- Somé, L., & Sivakumar, M. V. K. (1994). Analyse de la longueur de la saison culturale en fonction de la date de début des pluies au Burkina Faso. *Compte rendu des travaux*, (1), 1-43.
- Sultan, B., & Gaetani, M. (2016). L'agriculture en Afrique de l'Ouest au XXI^e siècle : scénarios de changement climatique et d'impacts, et potentiel d'adaptation. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1262.
- Vizy, Edward K. et Cook, Kerry H. Changements au milieu du XXI^e siècle dans les événements extrêmes en Afrique du Nord et tropicale. *Journal of Climate*, 2012, vol. 25, no 17, p. 5748-5767.