

## Tendance climatique actuelle dans l'aire de distribution potentielle actuelle de *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. dans la région de Zinder

Ibrahim DJIBO MOUSSA<sup>1,2\*</sup>, Kassimou ABDOU KONA<sup>3</sup>, Issaka HAMIDINE<sup>3</sup>,  
Boubacar ADAMOU ADAGOYE<sup>2</sup>, Rabiou BOUNOU MADJA<sup>2</sup> et Issoufa IDRISSE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Université Privée Internationale Aboubacar Ibrahim de Maradi, Faculté des Sciences et Techniques,  
Département de Biologie, BP 370 Maradi, Niger

<sup>2</sup> Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Biologie,  
BP 465 Maradi, Niger

<sup>3</sup> Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement,  
Département de Sociologie et Economie Rurale, BP 465 Maradi, Niger

<sup>4</sup> Université de Diffa, Faculté des Sciences Agronomiques et Ecologiques, Département Elevage  
et pastoralisme, BP 78 Diffa, Niger

(Reçu le 18 Janvier 2025 ; Accepté le 16 Juin 2025)

---

\* Correspondance, courriel : [djibo.uddm@gmail.com](mailto:djibo.uddm@gmail.com)

### Résumé

Au Sahel, les variabilités climatiques jouent un rôle déterminant dans la distribution spatio-temporelle des espèces. Cependant, la disponibilité des données climatiques issues des stations météorologiques constitue une difficulté majeure à leur utilisation. L'objectif visé est de comprendre la dynamique actuelle des précipitations et des températures dans les aires de distribution potentielle actuelle de *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. dans la région de Zinder. Les données utilisées proviennent de WorldClim 2.1 et des stations météorologiques de Magaria et de Zinder aéroport. Le logiciel ArcGis 10.8 a servi à établir les isohyètes et les cartes des températures sur la période 1961 - 2018. Les anomalies standardisées des précipitations et des températures ont été établies. L'analyse des données montre une tendance de remontée des isohyètes sur la période 1991-2018 par rapport à celle de 1961 - 1990 et une tendance à la hausse des températures moyennes annuelles. Les anomalies standardisées des précipitations et des températures suivent les mêmes tendances. La distribution potentielle actuelle de *B. senegalensis* pour les niveaux de convenance supérieurs à 60 % est essentiellement située entre les isohyètes 200 mm et 400 mm. Ces résultats serviront de base pour prédire la distribution potentielle future de *B. senegalensis* face à l'impact potentiel des variations climatiques.

**Mots-clés :** *Boscia senegalensis*, station météorologique, distribution, Isohyète et Zinder.

## Abstract

### **Current climatic trends in the current potential range of *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. in the Zinder region**

In the Sahel, climatic variability plays a decisive role in the spatio-temporal distribution of species. However, the availability of climatic data from weather stations is a major difficulty in their use. The aim is to understand the current dynamics of precipitation and temperatures in the current potential distribution areas of *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. in the Zinder region. The data used came from WorldClim 2.1 and the Magaria and Zinder airport weather stations. ArcGis 10.8 software was used to produce isohyets and temperature maps for the period 1961 - 2018. Standardized rainfall and temperature anomalies were established. Data analysis shows an upward trend in isohyets over the 1991 - 2018 period compared with 1961-1990, and an upward trend in annual average temperatures. Standardized precipitation and temperature anomalies follow the same trends. The current potential distribution of *B. senegalensis* for suitability levels above 60 % is essentially located between isohyets 200 mm and 400 mm. These results will serve as a basis for predicting the potential future distribution of *B. senegalensis* in the face of the potential impact of climatic variations.

**Keywords :** *Boscia senegalensis*, weather station, distribution, Isohyet and Zinder.

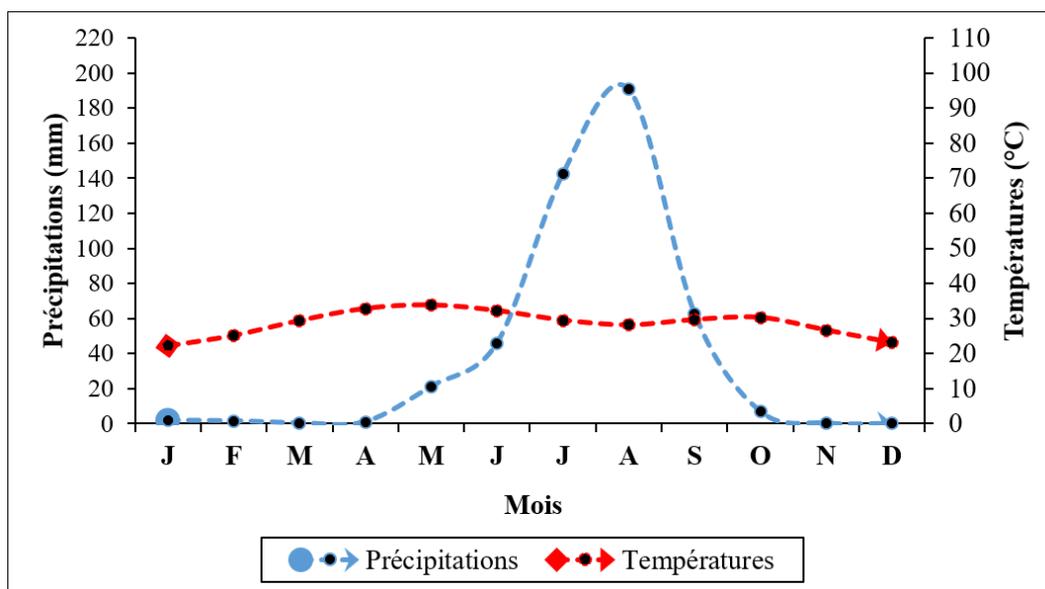
## 1. Introduction

L'exploitation des produits forestiers est reconnue comme étant une des principales stratégies utilisées par les communautés vivant au Sahel pour faire face aux effets néfastes du changement climatique [1]. En Afrique subsaharienne, l'évolution du climat se caractérise par l'irrégularité des précipitations, la recrudescence des fortes pluies, les inondations et l'augmentation significative des températures [2]. Dans la sous-région ouest-africaine et particulièrement dans le Sahel, le taux de réchauffement dépasse la moyenne globale avec une forte variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie [3]. En effet, le Sahel a connu des sécheresses répétitives [4] qui ont provoqué un décalage notable des isohyètes vers le Sud [5] et ont bouleversé l'équilibre des écosystèmes qui sont naturellement fragiles [6]. En fait, durant la période 1968-1995, le Sahel a connu le déficit pluviométrique le plus important du 20<sup>ème</sup> siècle tant par sa durée, son intensité que son extension [7]. Cependant, à la fin des années 1990, le cumul total de pluies présente une deuxième rupture de stationnarité après celle d'à la fin des années 1960 [8]. Dans ce sens, plusieurs auteurs ont notifié un retour de la pluviométrie vers des conditions plus humides au Sahel, alternant des années sèches et humides, mais surtout marquées par une augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes [9]. À l'instar des autres pays sahéliens, le Niger connaît aussi une variabilité climatique très prononcée depuis plusieurs décennies [8]. En effet, l'évolution de la pluviométrie annuelle sur la période 1990-2019 se caractérise par une tendance à la hausse au niveau de la plupart des zones agricoles du Niger. De même, les températures maximale et minimale sous abri connaissent une tendance à la hausse au cours de la période 1990 à 2019 [10]. Cette tendance implique une modification de l'aire de distribution de certaines espèces ligneuses à forte valeur d'usage ethnobotanique. Au Niger, *B. senegalensis* fait partie des principales espèces ligneuses d'intérêt alimentaire surtout en période de soudure. Elle dispose de forte capacité d'adaptation aux conditions d'aridité [11] lui conférant une large amplitude écologique [12]. Elle est la 6<sup>ème</sup> espèce ligneuse alimentaire prioritaire au Niger [13]. Elle est l'une des rares espèces ligneuses alimentaires qui fructifient en saison sèche correspondant à la période de soudure alimentaire pour les populations locales qui utilisent ses graines et ses feuilles [14]. Au Niger, la valorisation de ses graines fait état d'une douzaine de recettes expérimentées [15]. De l'analyse des travaux antérieurs sur *B. senegalensis*, il est essentiel de disposer d'une base de données pour suivre l'impact de l'évolution du climat sur la distribution actuelle des habitats favorables à sa culture. L'objectif visé est de comprendre la dynamique actuelle des précipitations et des températures dans les aires de distribution potentielle actuelle de *B. senegalensis* dans la région de Zinder.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Description de la zone d'étude

Cette étude a été conduite dans la région de Zinder circonscrite entre 12°50' et 16°30' de latitude Nord et 7°30 et 13° de longitude Est. Du Sud au Nord, on y distingue la zone sahélienne dont la végétation est caractérisée par la présence des savanes arbustives ou arborées à couverture lâche ou moyenne et des savanes arborées moyennement dégradées, la zone sahélo-saharienne correspondant à la zone agro-pastorale où la végétation est composée principalement d'épineux xérophytes et la zone saharienne à végétation représentée par la steppe herbeuse qui alterne avec les dunes mouvantes [16]. Cette zonation climatique traduit une baisse des précipitations annuelles du Sud au Nord avec des isohyètes de 600 mm au Sud (Magaria) à moins de 100 mm au Nord (Tesker). Du point de vue topographique, la région de Zinder est située entre 309 m d'altitude au Sud-Est jusqu'à environ 700 m au niveau de Kélé et du massif du Termit et Tin Touma au Nord-Est. La courbe ombrothermique établie à partir des données de la station météorologique de Zinder aéroport met en évidence une saison sèche où la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations et une saison humide caractérisée par une grande quantité de précipitations et des températures faibles (*Figure 1*) [12]. La première saison sèche s'étale de Janvier à mi-juin et la seconde de fin septembre à décembre. Quant à la saison humide, elle correspond à la saison pluvieuse qui couvre la période de fin juin à mi-septembre. Le mois de mai à mi-juin est la période la plus sèche et mi-juillet à mi-août, la période la plus humide sur la période 1961-2022.

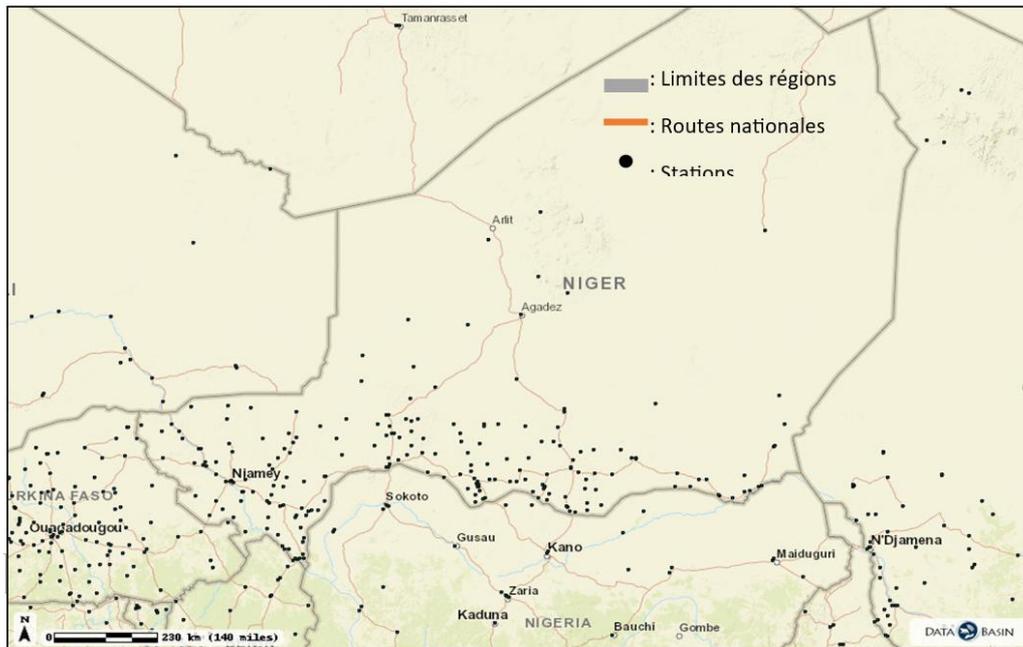


**Figure 1 :** Courbe ombrothermique de Gaussen issue des données de la station météorologique de Zinder aéroport sur la période 1961 - 2022

### 2-2. Échantillonnage et collecte des données

Les données climatiques utilisées proviennent de WorldClim 2.1, la base de données climatiques la plus couramment référencée [17]. WorldClim est un ensemble de données climatiques mondiales quadrillées en format *GeoTiff*, générées à travers des interpolations de données climatiques mensuelles moyennes de plus de 20 000 stations météorologiques installées sur les cinq continents [18] sur la période 1950-2000. Les données météorologiques mensuelles historiques s'étendant sur la période de 1961-2018 ont servi à établir les isohyètes pluviométriques et les cartes thermiques sur les périodes (i) 1961-1990, (ii) 1991-2018 et (iii)

1961-2018. Ces variables climatiques d'une résolution spatiale de 2,5 minutes ( $\sim 21 \text{ km}^2$ ) ont été téléchargées à travers <https://www.worldclim.org/data/monthlywth.html> [19] en fin septembre 2020. Dans la région de Zinder, on note une faible distribution spatiale des stations météorologiques (**Figure 2**). Pour analyser les tendances climatiques basées sur les données interpolées, des anomalies standardisées des précipitations et des températures des stations météorologiques de Magaria et Zinder aéroport ont été établies. Ces stations météorologiques sont choisies sur la base de leur répartition suivant le gradient climatique contrasté mais aussi de la disponibilité et de l'accès aux données de précipitations et de températures sur la période d'étude.



**Figure 2 :** *Distribution spatiale des stations météorologiques nationales téléchargées le 5 janvier 2021, modification du 6 Août 2010 [17]*

### 2-3. Traitement et analyse de données

Les données Rasters ont été importées dans le logiciel ArcGis 10.8 et extraites par masque. Les isohyètes ont été établies sur la base des cumuls annuels moyennes des précipitations sur chacune des périodes de 1961-1990 et de 1991-2018. Pour ce faire, 696 rasters correspondants à un raster par mois sur les 58 ans ont été extraits et traités. Les cartes de températures ont été établies sur la base des moyennes mensuelles annuelles des températures suivant les périodes retenues. Au total, 2 fois 696 rasters ont été utilisés correspondants aux données des températures maximales et minimales des 12 mois sur les 58 ans. La calculatrice de ArcToolbox a servi à cartographier les isohyètes et les cartes de températures sur les périodes d'étude. Les isohyètes établies ont été projetées sur la carte de distribution potentielle actuelle de *B. senegalensis* préalablement établie [12] afin de localiser les habitats potentiellement favorables à la distribution de cette espèce suivant les tendances des précipitations. Le tableur Excel a servi pour l'élaboration des graphiques des anomalies standardisées des précipitations et des températures.

### 3. Résultats

#### 3-1. Tendances des précipitations et des températures issues de WorldClim 2.1

Dans la région de Zinder, suivant le gradient Nord-Sud, on passe progressivement des secteurs faiblement arrosés de l'extrême Sud-Est du département de Tesker (moins de 100 mm par an), aux ambiances plus humides dans l'extrême Sud des départements de Magaria et de Dungass où les précipitations moyennes annuelles avoisinent parfois les 600 mm (*Figure 3*). Sur la période 1991 - 2018, la pluviométrie annuelle a relativement augmenté par rapport à la période des trente ans précédents (1961 - 1990). A égale latitude, une tendance de remontée des isohyètes pouvant atteindre 25 km (isohyètes 500 mm) dans la bande Sud de Dungass et le Nord de Tesker (100 mm) est observée. Cet écart peut atteindre 40 km dans le département de Mirriah pour l'isohyète 400 mm. Quant aux températures annuelles, les plus basses sont observées dans l'extrême Nord du département de Tesker, l'extrême Sud des départements de Magaria et de Kantché et le Nord-Ouest du département de Gouré. Les plus hautes températures sont enregistrées dans l'extrême Sud-Est de Tesker, le Nord de Belbédi et le secteur de Mirriah (*Figure 4*). Les températures moyennes annuelles maximales de la période 1961 - 1990 (27,98 °C) étaient bien inférieures à celles de la période 1991 - 2018 (29,61 °C).

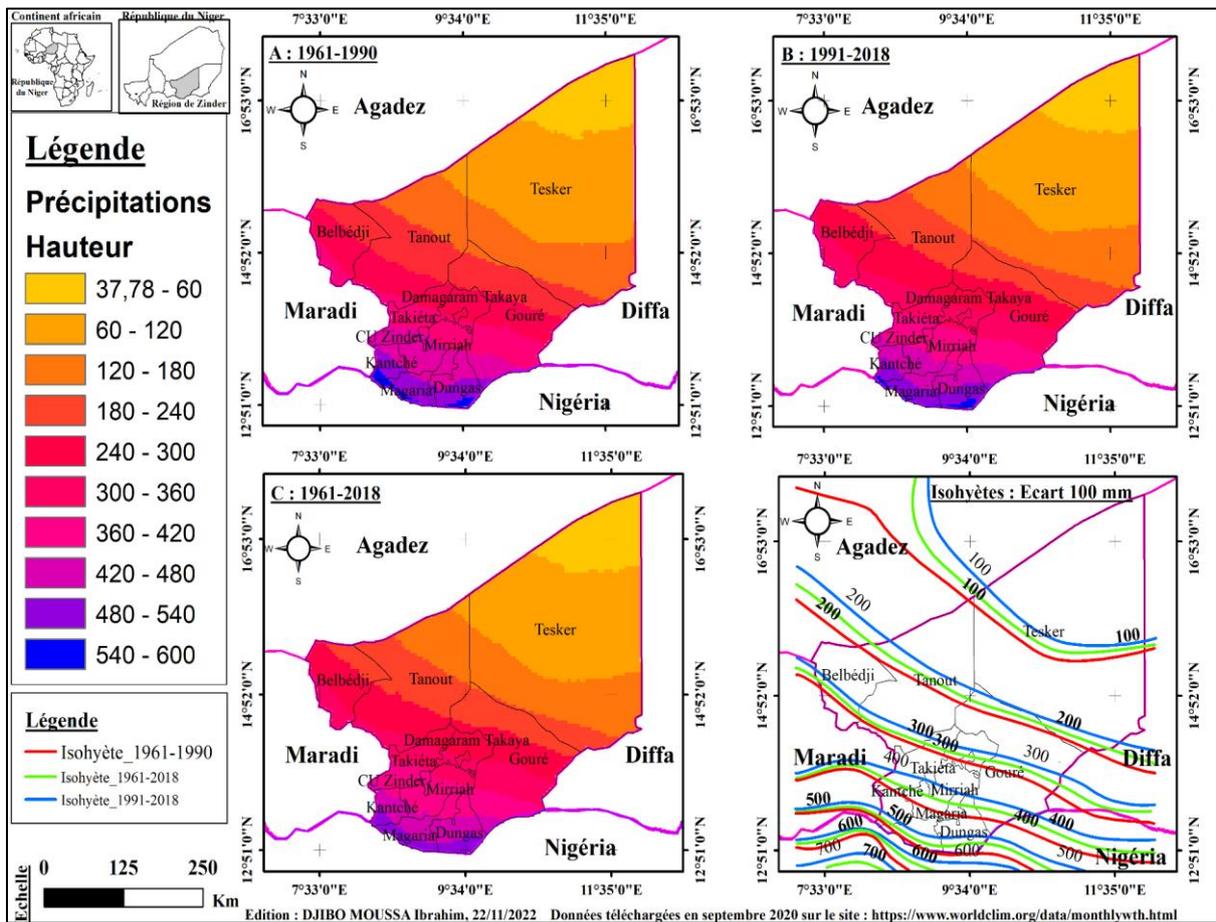


Figure 3 : Évolution spatiale des précipitations dans la région de Zinder sur la période 1961 - 2018

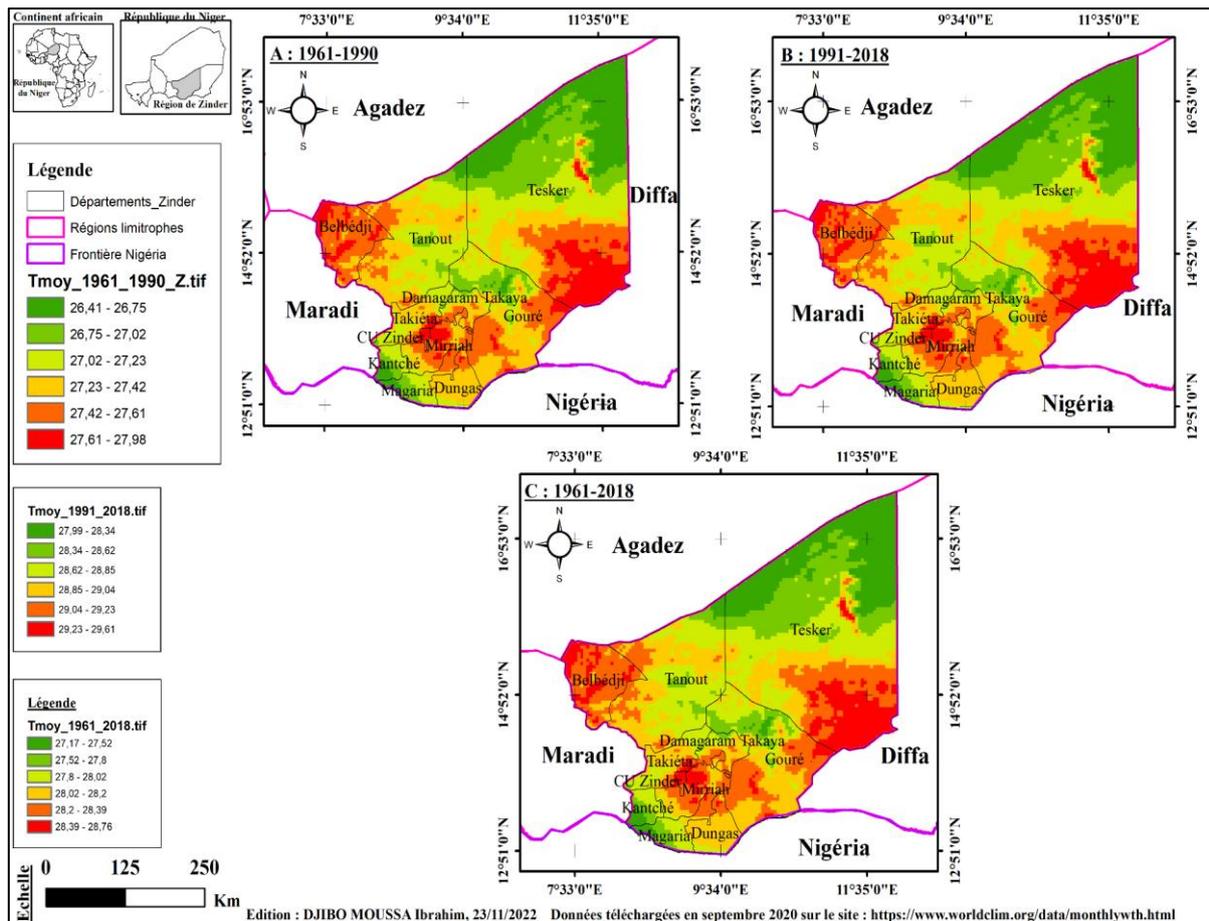
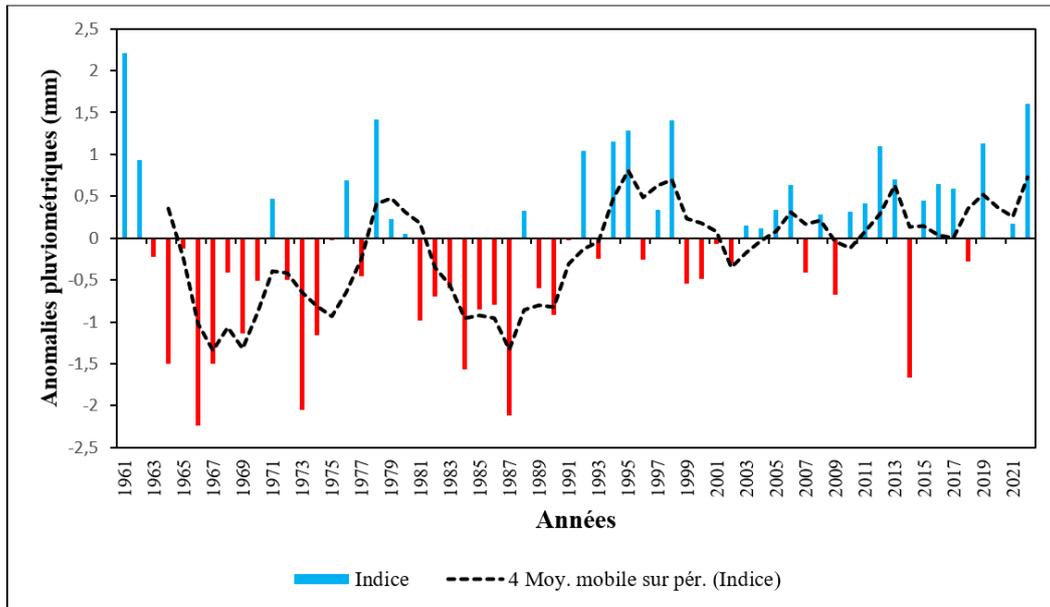


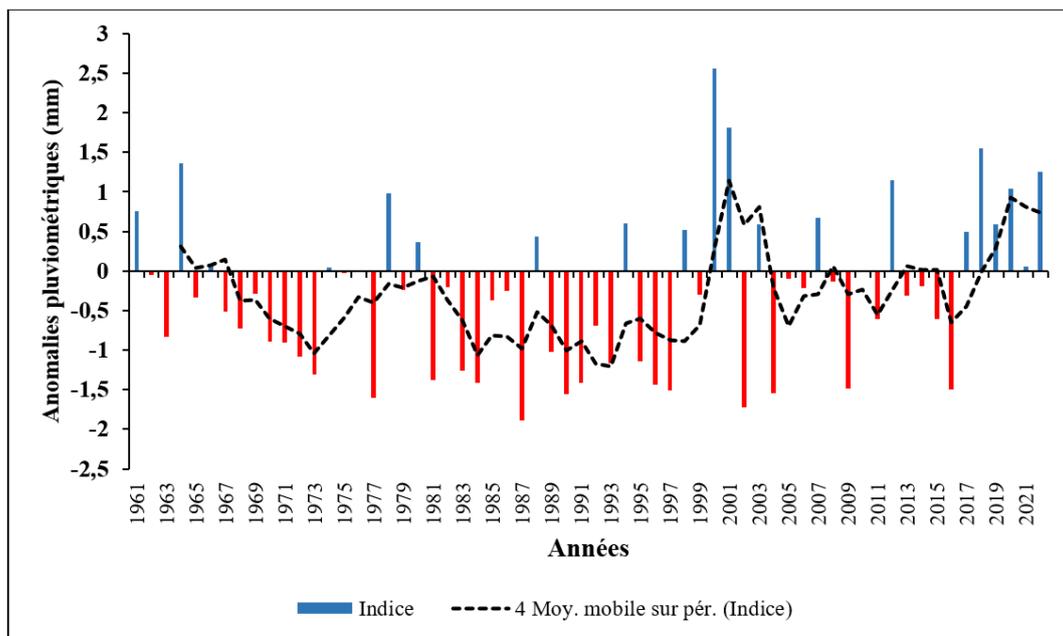
Figure 4 : Évolution spatiale des températures dans la région de Zinder sur la période 1961 - 2018

### 3-2. Tendence des précipitations et des températures issues des stations météorologiques de Magaria et Zinder aéroport

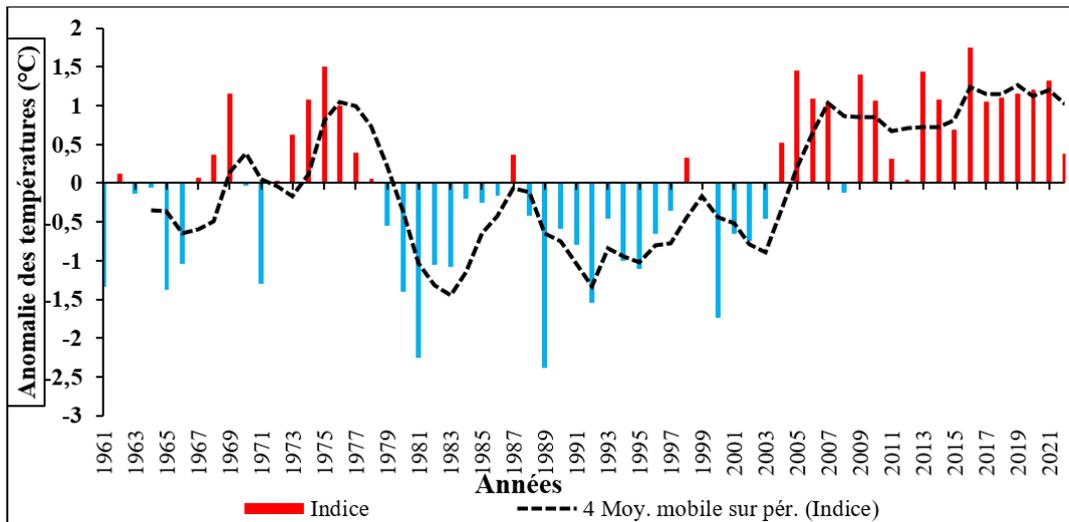
L'analyse des anomalies standardisées des précipitations présente une variabilité interannuelle mettant en évidence les alternances des années humides et sèches. Pour la station de Magaria, il apparaît une période très sèche au cours des années 1963 à 1991. Les plus faibles cumuls annuels de pluies ont été enregistrés en 1967 (331 mm), 1973 (258,5 mm) et 1987 (275 mm) (**Figure 5**). A partir de 1992 jusqu'en 2020, une période relativement humide est observée. Ce qui marque une période de rupture indiquant des changements majeurs à la fois dans la moyenne, mais aussi dans la variance des pluies au niveau de cette station. Pour la station de Zinder aéroport, il se dégage une période sèche à partir de 1965 jusqu'en 1999. Sur cette période, les années 1977 (257 mm) et 1987 (219,8 mm) ont enregistré les plus faibles cumuls annuels de pluies. De 2000 à 2022, on observe une alternance d'années sèches et humides (**Figure 6**). L'analyse de la variation interannuelle des anomalies des températures moyennes (Tmoy) pour ces stations météorologiques révèle une tendance à l'augmentation. Pour la station de Magaria, trois périodes de stationnarité pour la Tmoy sont clairement observées. Il s'agit de la période 1961-1978 correspondant à des Tmoy relativement élevées, puis la période 1979-2003 marquée par une baisse des Tmoy et la période 2004-2022 caractérisée par un retour des Tmoy en hausse (**Figure 7**). Pour la station de Zinder aéroport, la période 1961 à 1980 était caractérisée par des températures basses et une augmentation des températures moyennes depuis 2004 (**Figure 8**).



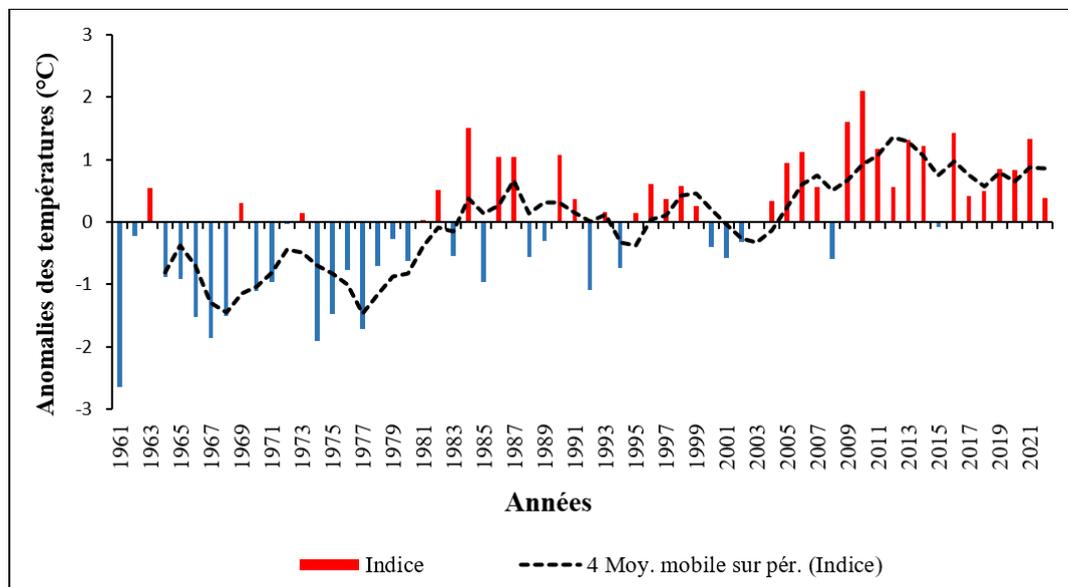
**Figure 5 :** Anomalies pluviométriques pour la station météorologique de Magaria, 1961 - 2022



**Figure 6 :** Anomalies pluviométriques pour la station météorologique de Zinder aéroport, 1961 - 2022



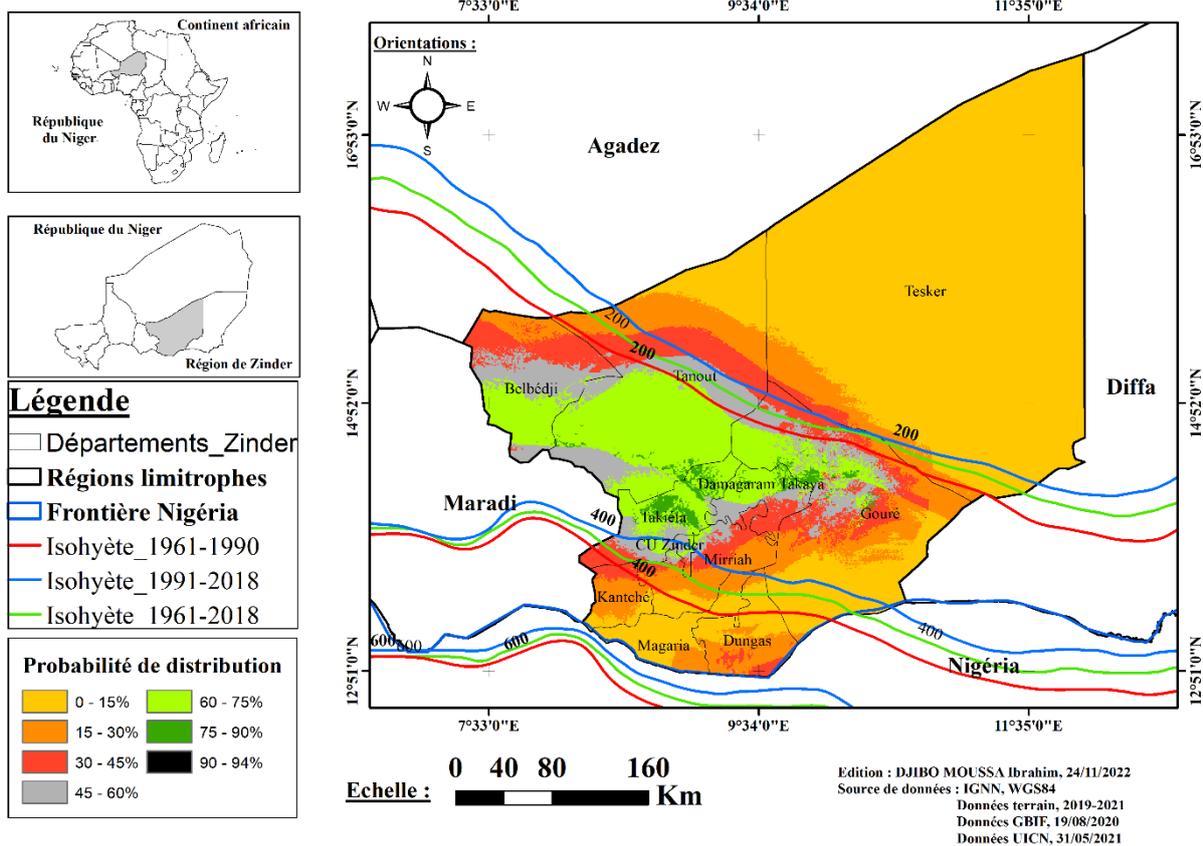
**Figure 7 :** Anomalies des températures pour la station météorologique de Magaria, 1961 - 2022



**Figure 8 :** Anomalies des températures pour la station météorologique de Zinder aéroport, 1961 - 2022

### 3-3. Distribution potentielle actuelle de *B. senegalensis* suivant la tendance actuelle des précipitations

La distribution spatiale de *B. senegalensis* sous les conditions climatiques actuelles est essentiellement située entre les isohyètes 200 mm et 400 mm pour les niveaux de probabilité supérieurs ou égal à 60 % (Figure 9).



**Figure 9 :** *Modèle de distribution spatiale actuelle de B. senegalensis et les tendances pluviométriques sur la période 1961 - 2018*

## 4. Discussion

### 4-1. Aperçu sur la tendance climatique au Sahel avant 1990

L'Afrique de l'Ouest, particulièrement la zone du sahel a été historiquement marquée par plusieurs périodes de sécheresses aux conséquences diverses. En fait, pendant les années 1970 et 1980, le Sahel était caractérisé par une baisse drastique de la pluviosité moyenne annuelle [20]. Or, il est admis que dans la région du Sahel, le régime des précipitations est le facteur principal de la productivité alimentaire [21]. Cette diminution des précipitations a globalement entraîné l'amenuisement des ressources en eau [22], la modification des écosystèmes naturels, compromettant ainsi leur capacité de production [23] et exposant ainsi les populations à la vulnérabilité [24]. A partir des années 1990, des prévisions climatiques ont montré que l'Afrique de l'Ouest va connaître une hausse importante des températures associée à une forte variabilité des précipitations [25]. Ces prévisions climatiques traduisent l'apparition d'une deuxième rupture de stationnarité du cumul total de pluies à la fin des années 1990 après celle des années 1970 et 1980 au Sahel surtout sur le centre et l'Est du Sahel [8, 26].

### 4-2. Tendance climatique dans la région de Zinder de 1961 - 2018

Il ressort de l'analyse des résultats une variation latitudinale des précipitations se traduisant par la remontée des isohyètes de la période de 1991-2018 par rapport à celles de 1961 - 1990. Cette distribution spatiale des précipitations est en concordance avec le zonage climatique de la région où du Sud au Nord se succèdent

respectivement la zone Nord soudanienne, la zone sahéenne et la zone saharienne [27]. L'analyse des isohyètes établies met en évidence une augmentation des précipitations moyennes annuelles entre les périodes 1961 - 1990 et 1991 - 2018. Cette tendance de remontée des isohyètes est en phase avec les projections du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) qui décrivent aussi bien des hausses que des baisses des précipitation pour l'Afrique de l'Ouest [28]. Ce retour pluviométrique relativement normal est évoqué au Sahel [29] et au Niger surtout au Nord et à l'Est [30]. Les cartes thermiques établies montrent aussi une tendance à la hausse des températures annuelles moyennes. Ce résultat cadre avec l'augmentation des températures annuelles moyennes au Niger de 1°C d'ici 2030 et de 1,5 à 3°C d'ici 2050 par rapport aux températures moyennes observées sur la période 1981 - 2010 [30]. Cette tendance à la hausse des températures moyennes est observée dans la quasi-totalité des stations étudiées en Afrique de l'Ouest et au Sahel, sur la période de 1960- 2010 et est cohérente avec le réchauffement du climat en cours [3, 25]. Les anomalies des précipitations et des températures établies à partir des données issues des stations météorologiques de Magaria et Zinder aéroport ont permis de mettre en évidence les mêmes tendances à la hausse pour ces paramètres climatiques. Ce qui témoigne la qualité des données observées interpolées à défaut de celles relevées localement.

#### 4-3. Distribution potentielle actuelle de *B. senegalensis* suivant les tendances climatiques

La superposition de la carte de distribution actuelle de *B. senegalensis* et les isohyètes pluviométriques établies sur la période 1961 - 2018 met en relief la large adaptation de l'espèce [11]. Cependant, la distribution potentielle actuelle de *B. senegalensis* pour les niveaux de convenance supérieurs à 60 % est essentiellement située entre les isohyètes 200 mm et 400 mm. Ce qui peut traduire la faible exigence de l'espèce en eau [31]. Cependant, plusieurs travaux ont montré l'impact de la variation des paramètres environnementaux sur la capacité des espèces à se maintenir et à se reproduire [32, 33]. C'est dans ce sens qu'au regard de la remontée des isohyètes associée à l'augmentation de la température, il est nécessaire d'établir un plan de gestion pour *B. senegalensis* en prenant en compte la distribution potentielle future de ses habitats dans la région de Zinder.

## 5. Conclusion

Sur la base des données issues de WorldClim 2.1, l'étude a révélé une tendance de remontée des isohyètes du Sud au Nord dans la région de Zinder sur la période 1991 - 2018 par rapport à celle de 1961 - 1990 et une augmentation des températures moyennes annuelles. Les anomalies des précipitations et des températures établies avec les données issues des stations météorologiques de Magaria et Zinder aéroport ont montré les mêmes tendances à la hausse pour ces paramètres climatiques. La distribution spatiale de *B. senegalensis* sous les conditions climatiques actuelles est essentiellement située entre les isohyètes 200 mm et 400 mm correspondant à la zone où les niveaux de probabilité de distribution sont supérieurs ou égal à 60 %. Au regard de la tendance à la hausse des précipitations et des températures et de l'impact potentiel des variations climatiques sur la distribution spatiale des espèces, il est important de prédire la distribution potentielle future de *B. senegalensis* pour une meilleure conservation de ses services écosystémiques.

## Références

- [1] - H. DJOUDI, M. BROCKHAUS and B. LOCATELLI, "Once there was a lake: Vulnerability to environmental changes in northern Mali," *Reg. Environ. Chang.*, Vol. 13, N°3 (2013) 493 - 508 p.
- [2] - L. TOURE, T. DIARISSO, A. K. DIAMOUTENE et Z. KANE, "Perception, savoirs locaux et stratégies d'adaptation aux changements climatiques des producteurs du secteur de Babougou de la zone Office Riz Ségou," *Rev. Int. du Cherch.*, (2024) 29 p.
- [3] - S. SALACK, B. SARR, S. K. SANGARE, M. LY, I. S. SANDA and H. KUNSTMANN, "Crop-climate ensemble scenarios to improve risk assessment and resilience in the semi-arid regions of West Africa," *Clim. Res. Clim Res*, 65 (2015) 107 - 121
- [4] - S. JANICOT et B. FONTAINE, "L'évolution des idées sur la variabilité interannuelle récente des précipitations en Afrique de l'Ouest. La météorologie, 8ème série," *La Météorologie*, 1 (1993) 28 - 53
- [5] - P. OZER et M. ERPICUM, "Méthodologie pour une meilleure représentation spatio-temporelle des fluctuations pluviométriques observées au Niger depuis 1905," *Sécheresse*, 6 (1) (1995) 103 - 108
- [6] - P. OZER, "Les lithométéores en région sahélienne : un indicateur climatique de la désertification.," *Rev. Int. d'écologie géographie Trop.*, (24) (2004) 312 p.
- [7] - E. SERVAT, J-E. PATUREL, B. KOUAME, M. TRAVAGLIO, M. OUEDRAOGO et J-F. BOYER, "Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale," *Water Resour. Var. Africa Dur. XXth Century (Abidjan 98 Conf.)*, (252) (1998) 323 - 337
- [8] - P. OZER, M. O. LAMINO, A. D. TIDJANI, B. DJABY et F. DE LONGUEVILLE, "Evolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014)," *Geo. Eco. Trop.*, (41) (3) (2017) 375 - 383
- [9] - S. SALACK, I. A. SALEY, N. Z. LAWSON, I. ZABRE and E. K. DAKU, "Scales for rating heavy rainfall events in the West African Sahel," *Weather Clim. Extrem.*, (21) (2018) 36 - 42
- [10] - CNEDD, "Rapport de l'actualisation de l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation (V&A) aux changements climatiques dans le secteur de l'agriculture au Niger," *Contrib. pour la Quatrième Commun. Natl. sur les Chang. Clim.*, (2020) 104 p.
- [11] - H. POUPON et J. C. BILLE, "Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : influence de la sécheresse de l'année 1972-1973 sur la strate ligneuse," *Rev. d'Ecologie, Terre Vie.*, (28) (1974) 49 - 75
- [12] - M. I. DJIBO, B. MOROU, A. DIOUF and A. A. OUMANI, "Modeling the distribution of *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. for its conservation in Niger," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, (16) (5) (2022) 2053 - 2069
- [13] - S. DOUMA, "Etude ethnobotanique et écologique des espèces ligneuses alimentaires de soudure des systèmes agroforestiers du Sud-Ouest du Niger : diversité, importance, structure et niveau de menace," Thèse de Doctorat. Université Abdou Moumouni de Niamey, (2016) 110 p.
- [14] - A. MAHAMANE et M. SAADOU, "Structure anatomiques de quelques organes de *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. et adaptation à la sécheresse," *Sécheresse*, (20) (2) (2009) 237 - 239
- [15] - DIRECTION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, "Stratégie et Plan d'Actions de Promotion des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) au Niger," (2020) 79 p.
- [16] - PNCC, Avant-Projet de document de Politique Nationale en matière de Changements Climatiques (PNCC). République du Niger, (2012) 54 p.
- [17] - R. J. HIJMANS, S. E. CAMERON, J. L. PARRA, P. G. JONES and A. JARVIS, "Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas," *Int. J. Climatol.*, (25) (2005) 1965 - 1978
- [18] - K. J. KOFFI, D. CHAMPLUVIER, D. F. R. NEUBA, C. DE CANNIERE, T. DOSSAHOVA, J. LEJOLY, E. ROBBRECHT et J. BOGAERT, "Analyse de la distribution spatiale des Acanthaceae en Afrique Centrale et comparaison avec les théories phytogéographiques de Robyns, White et Ndjele.," *Sci. Nat.*, (5) (2) (2008) 101 - 110

- [19] - I. HARRIS, P. D. JONES, T. J. OSBORN and D. H. LISTER, "Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset," *Int. J. Climatol.*, (34) (3) (2014) 623 - 642
- [20] - P. OZER, Y-C. HOUNTONDI, A. J. NIANG, S. KARIMOUNE, M. O. LAMINOUE et M. SALMON, "Désertification au Sahel : historique et perspectives," *BSGLg*, (54) (2010) 69 - 84
- [21] - M. A. SARR, M. ZOROME, O. SEIDOU, C. R. BRYANT and P. GACHON, "Recent trends in selected extreme precipitation indices in Senegal-A changepoint approach," *J. Hydrol.*, (55) (2013) 326 - 334
- [22] - T. ABRATE, P. HUBERT et D. SIGHOMNOU, "Etude de séries chronologiques du fleuve Niger," *Hydrol. Sci. J.*, (58) (2) (2013) 271 - 279
- [23] - C. J. TUCKER, H. E. DREGNE and W. W. NEWCOMB, "Expansion and Contraction of the Sahara Desert from 1980 to 1990," *Science*, (253) (5017) (1991) 1982 - 1984
- [24] - T. LEBEL and A. ALI, "Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007)," *J. Hydrol.*, (375) (1-2) (2009) 52 - 64
- [25] - M. LY, S. B. TRAORE, A. ALHASSANE and B. SARR, "Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel," *Weather Clim. Extrem.*, (1) (2013) 19 - 25
- [26] - A. ALI and T. LEBEL, "The Sahelian standardized rainfall index revisited," *Int. J. Climatol.*, (29) (12) (2009) 1705 - 1714
- [27] - CNEDD, "Programme d'action National pour l'adaptation aux changements climatiques," République du Niger, (2006) 90 p.
- [28] - S. NDIAYE, "Impact de l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique sur la sécurité alimentaire et le revenu des ménages pastoraux dans la zone du Ferlo au Sénégal," Thèse de Doctorat. Université de Thiès (Sénégal), (2018) 184 p.
- [29] - I. OUEDRAOGO, J. RUNGE, J. EISENBERG, J. BARRON and K. S. SAWADOGO, "The re-greening of the Sahel: Natural cyclicity or human-induced change?," *Land*, (3) (3) (2014) 1075 - 1090
- [30] - ME/SU/DD, "Adaptation face aux changements climatiques et agriculture intelligente face au climat au Niger, 10 p," République du Niger, (2019) 10 p.
- [31] - H. RABIOU, M. M. INOUSSA, Y. BAKASSO, A. DIOUF, M. B. MAMOUDOU, A. MAHAMANE, S. S. IDI, M. SAADOU et M. L. ANNE, "Structure de la population de *Boscia senegalensis* (Pers) Lam. ex Poir. suivant la toposéquence dans la commune de Simiri (Niger)," *J. Anim. & Plant Sci.*, (23) (3) (2014) 3657 - 3669
- [32] - J. J. WIENS and C. H. GRAHAM, "Niche Conservatism : Integrating Evolution, Ecology, and Conservation Biology," *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, (36) (2005) 519 - 539
- [33] - C. BELLARD, C. BERTELSMEIER, P. LEADLEY, W. THUILLER, AND F. COURCHAMP, "Impacts of climate change on the future of biodiversity," *Ecol. Lett.*, (15) (4) (2012) 365 - 377