

## **Caractérisation des risques agro-climatiques pour l'agriculture pluviale : impacts et stratégies d'adaptation utilisées dans sept communes rurales du Niger**

**Mahamadou DAN LADI TCHOHO<sup>1,2</sup>, Agali ALHASSANE<sup>2\*</sup>, Agossou GADEDJISSO-TOSSOU<sup>2</sup>, Seydou TINNI HALIDOU<sup>2</sup> et Seydou TRAORE<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie, Laboratoire de Recherche en Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel, BP 10662 Niamey, Niger*  
<sup>2</sup> *AGRHYMET Centre Climatique Régional pour l'Afrique de l'Ouest et le Sahel, Département Climat-Eau-Météo, Niamey, Niger*

(Reçu le 21 Décembre 2024 ; Accepté le 28 Janvier 2025)

---

\* Correspondance, courriel : [agali.alhassane@cilss.int](mailto:agali.alhassane@cilss.int)

### **Résumé**

Cette étude analyse les risques climatiques pour les cultures pluviales au niveau de sept communes rurales du Niger : Balleyara, Dan Issa, Dogo, Harikanassou, Illéla, Magaria et Mokko. A cet effet, des données de pluies et de températures sont analysées pour chaque commune et des enquêtes individuelles menées pour recueillir les perceptions des producteurs sur les risques climatiques, leurs impacts et les stratégies d'adaptation. Les résultats montrent que les terres cultivables sont en nette diminution dans les différentes communes où les principales spéculations produites en conditions pluviales sont le mil, le niébé, le sorgho et le maïs. Les principaux facteurs de risque identifiés pour l'agriculture locale sont la sécheresse (Dan Issa et Mokko), les vents violents (Harikanassou et Illéla), les hautes températures (Balleyara) et les inondations (Dogo). Les impacts liés à ces risques varient selon les communes et se traduisent globalement par la dégradation des terres agricoles, la raréfaction des ressources en eau et la baisse des rendements. Les stratégies adoptées par les producteurs locaux varient aussi selon les communes et se résument à l'apport de fertilisants, la pratique des semis précoces et ressemis, le choix des variétés à cycles courts et résistantes à la sécheresse, la collecte des eaux de pluies et de conservation des sols ainsi que l'irrigation à Balleyara et à Harikanassou.

**Mots-clés :** *agriculture, risques et impacts climatiques, stratégies d'adaptation, communes rurales, Niger.*

### **Abstract**

**Characterization of agro-climatic risks for rainfed agriculture: impacts and adaptation strategies used in seven rural communes of Niger**

This study analyzes climate risks for rainfed crops in seven rural communes in Niger : Balleyara, Dan Issa, Dogo, Harikanassou, Illéla, Magaria and Mokko. To this end, rainfall and temperature data were analyzed for each commune, and individual surveys conducted to gather producers' perceptions of climate risks, their impacts and adaptation strategies. The results show that arable land is in sharp decline in the various communes, where the main rainfed crops are millet, cowpea, sorghum and maize. The main risk factors identified for

local agriculture are drought (Dan Issa and Mokko), strong winds (Harikanassou and Illéla), high temperatures (Balleyara) and flooding (Dogo). The impact of these hazards varies from one commune to another, and generally translates into degradation of farmland, scarcity of water resources and lower yields. The strategies adopted by local producers also vary from commune to commune, and can be summed up as the use of fertilizers, early sowing and reseeded, the choice of short-cycle, drought-resistant varieties, rainwater harvesting and soil conservation, and irrigation in Balleyara and Harikanassou.

**Keywords :** *agriculture, climate risks and impacts, adaptation strategies, rural communities, Niger.*

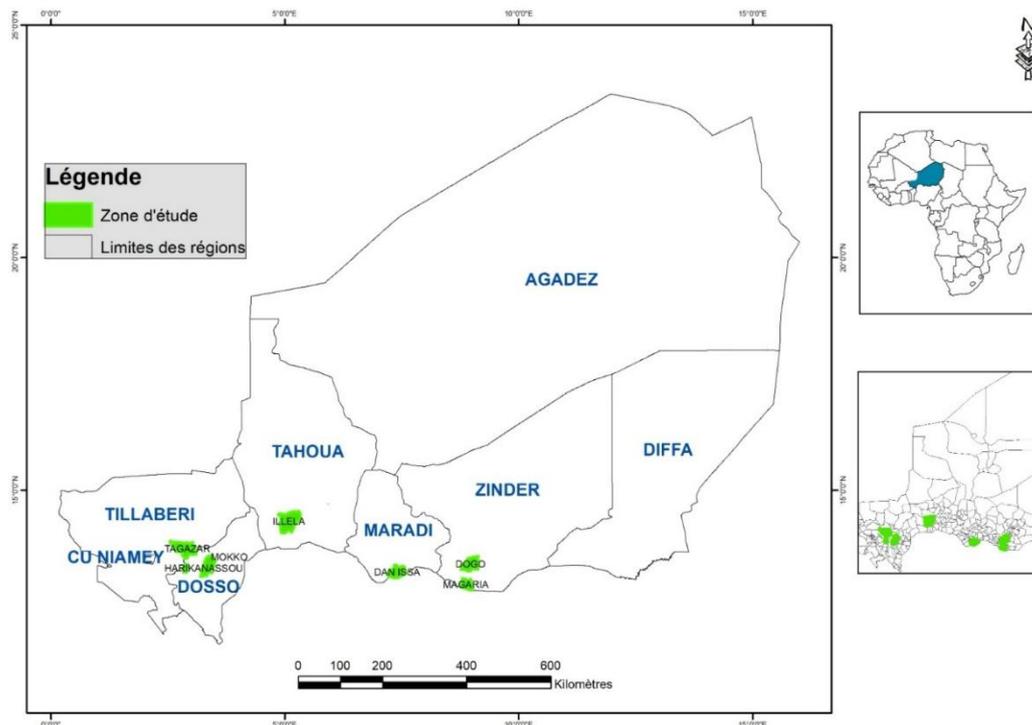
## 1. Introduction

Ces dernières décennies, l'Afrique de l'Ouest est soumise aux effets hostiles de la variabilité et du changement climatique, consécutifs notamment à l'augmentation des températures et à la récurrence des déficits pluviométriques [1 - 3]. Le Niger, pays sahélien, est fortement exposé à cette situation qui est caractérisée par une forte fréquence d'évènements climatiques extrêmes, entraînant la dégradation des terres, la prolifération des maladies et ravageurs des cultures et l'amenuisement des ressources en eau [2]. L'occurrence de ces évènements explique la tendance accrue à la baisse des potentialités agricoles et la récurrence de l'insécurité alimentaire au Sahel où les mauvaises conditions de croissance et de développement des cultures conduisent à des rendements faibles et très aléatoires [4, 5]. Au Niger, l'agriculture pluviale est surtout impactée par une forte variation de la pluviométrie, donc des paramètres clés de la saison agricole, comme les cumuls pluviométriques, les dates de début et de fin de la saison et les séquences sèches, entraînant des fortes répercussions sur la sécurité alimentaire [6 - 8]. En effet, dans le contexte climatique actuel, le Niger est déjà confronté à des déficits pluviométriques assez fréquents et à des crises alimentaires répétitives exacerbées par des niveaux de pauvreté élevés et des capacités d'adaptation très faibles, notamment en milieu rural [9]. Dans le pays, la vulnérabilité des communautés agricoles est par ailleurs accrue par la forte pression démographique et la restriction de terres cultivables, d'où le défi crucial pour l'agriculture pluviale de pouvoir répondre à la demande croissante en nourriture, dans un contexte de changement climatique et de précarité des pratiques agricoles [9 - 12]. La grande vulnérabilité du système agricole s'explique aussi par le fait que la population du pays vit à 83 % de l'agriculture et de l'élevage, les deux premiers secteurs pourvoyeurs d'emplois [13]. La production agro-sylvo-pastorale contribue à 38,1 % au Produit Intérieur Brut (PIB) du Pays dont 21,8 % proviennent de la production agricole et 10,1 % de l'élevage [14]. Les questions de vulnérabilité et d'impacts climatiques peuvent certes être considérées comme des évidences au Niger, mais elles sont souvent analysées à des échelles ne permettant pas de capter certains contrastes liés au niveau local, notamment en ce qui concerne les risques climatiques pour l'agriculture et les stratégies d'adaptation utilisées par les producteurs (choix des cultures, des dates de semis, etc.). En effet, le comportement adaptatif peut être différent d'une localité à une autre, selon les conditions pédoclimatiques locales, les espèces ou variétés cultivées, le niveau de fertilité des sols, les dates de semis, etc. [15]. D'où l'importance de cette étude visant à identifier les principaux facteurs de risques climatiques qui assaillent l'agriculture pluviale au niveau local de sept communes rurales du Niger. Elle met l'accent sur la caractérisation des paramètres agro-climatiques clés de la saison agricole, en lien avec les informations recueillies auprès des producteurs, afin de mieux concerner les principaux facteurs de risques pour l'agriculture, leurs impacts et les stratégies d'adaptation utilisées au niveau local.

## 2. Matériel et méthodes

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

Cette étude concerne sept (7) communes rurales du Niger (**Figure 1**) dont Balleyara (13,88 de latitude Nord et 3,13 de longitude Est), Dan Issa (7.41 de longitude Est et 13.26 de latitude Nord), Dogo (13.50 de latitude Nord et 9.02 de longitude Est), Harikanassou (13.26 de latitude Nord et 2.84 de longitude), Illéla (5.24 de longitude Est et 14.46 de latitude Nord), Magaria (13.00 de latitude Nord et 8.91 de longitude Est) et Mokko (13,17 de latitude Nord et 3,26 de longitude Est). Dans ces communes, les principales activités économiques des populations sont l'agriculture (notamment pluviale), l'élevage (notamment sédentaire), l'artisanat et le petit commerce [13].



**Figure 1 :** Carte de localisation de la zone d'étude

### 2-2. Matériel

#### 2-2-1. Fiche d'enquête

Les perceptions des producteurs agricoles ont été collectées à l'aide d'une fiche d'enquête administrée à des chefs de ménages (hommes et femmes) échantillonnés dans 35 villages repartis dans les 07 communes de la zone d'étude. Les informations recueillies portent sur les caractéristiques socioéconomiques des ménages et les perceptions des personnes enquêtées sur les variations et tendances des paramètres agro-climatiques de la saison agricole, les risques ou contraintes vécus en lien avec le changement climatique et les stratégies adoptées pour réduire les impacts climatiques sur l'agriculture locale.

#### 2-2-2. Outils informatiques

Les données d'enquête ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS.20. Le logiciel R a été utilisé pour analyser les données de températures et de pluies et le logiciel krhonoStat pour réaliser le test de rupture dans les

séries des données climatiques observées au niveau des différentes communes de l'étude. Le logiciel INSTAT+ 3.036 a été utilisé pour les calculs des dates de début, des dates de fin et de la longueur de la saison agricole. Le logiciel ArcGIS 10.4.1 a été utilisé pour l'élaboration de la carte de la zone d'étude.

## 2-3. Méthodes

### 2-3-1. Choix des communes

Les Communes rurales de Balleyara, Dan Issa, Dogo, Harikanassou, Illela, Magaria et Mokko ont été choisies dans le cadre de cette étude, du fait qu'elles sont des communes pilotes de l'Approche des Services Climatologiques Participatifs et Intégrés pour l'Agriculture ou "Participatory Integrated Climate Services for Agriculture (PICSA)" au Niger. Le critère lié aux contrastes agroécologiques a été également considéré comme pertinent pour capter la représentativité de la zone agricole du pays.

### 2-3-2. Choix des villages dans les communes

Cinq (5) villages ont été choisis au hasard dans les parties Est, Ouest, Nord, Sud et Centre du terroir de chaque commune de l'étude, afin de tenir compte des réalités locales liées au zonage agroécologique et aux activités agricoles. Le choix de ces villages a été validé au cours des réunions tenues dans chaque commune avec les élus locaux et les représentants des services de l'agriculture, de l'environnement et de l'élevage, en tenant compte des facilités d'accès aux villages et des risques liés à l'insécurité civile qui sévit dans le pays.

### 2-3-3. Choix des producteurs enquêtés dans les villages

Les producteurs enquêtés sont des chefs de ménage agricole. Ils ont été échantillonnés dans les sept (7) communes de l'étude. Celles-ci comptent un total de 10 015 ménages agricoles [14]. Le nombre de ménages à enquêter a été défini en utilisant la formule de différence de proportions (*Équation 1*):

$$n = \frac{N}{1 + N * e^2} \quad (1)$$

avec,  $N$  étant le nombre total des ménages agricoles du village,  $e$  : la marge d'erreur acceptée (6,5 %) et  $n$  : la taille de l'échantillon des ménages à enquêter.

Cette *Formule* [16] a permis d'estimer la taille de l'échantillon de ménages à enquêter à  $n = 228$ . En appliquant l'effet sondage ( $n \times 2$ ), l'échantillon à enquêter devient  $n = 456$  ménages enquêtés dans les 35 villages (*Figure 2*) de l'étude dont 40 % des femmes. La tranche d'âge des enquêtés se situe entre 45 et 85 ans.

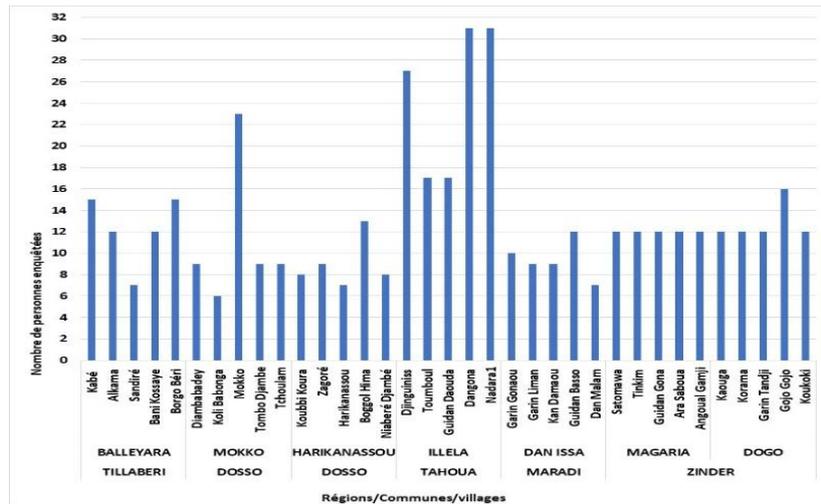


Figure 2 : Nombre des personnes enquêtées par village selon les communes et régions

**2-3-4. Détermination de la date de début et de fin de la saison agricole**

Les dates de début et de fin de la saison agricole ont été calculées selon les communes, en utilisant les données journalières des pluies de la période de référence (1990-2020), sur la base des critères suivants :

- La date de début de la saison agricole (DDSa) est observée, lorsqu'à partir du 01 mai, une quantité de pluie d'au moins 20 mm est enregistrée en 1 à 3 jours consécutifs, sans qu'un épisode sec de plus de 20 jours ne soit observé pendant les 30 jours qui suivent [8, 17].
- La date de fin de la saison agricole (DFSa) est observée, lorsqu'après le 1<sup>er</sup> septembre, un sol capable de contenir 70 mm d'eau s'assèche complètement suite à des évapotranspirations quotidiennes de 5 mm [8].

**2-3-5. Calcul de longueur de la saison agricole**

La longueur de la saison agricole (LSa) est la différence (en nombre de jours) entre la date de fin de la saison (DFSa) et la date de début de la saison (DDSa) (*l'Équation 2*).

$$LSa = DFSa - DDSa \tag{2}$$

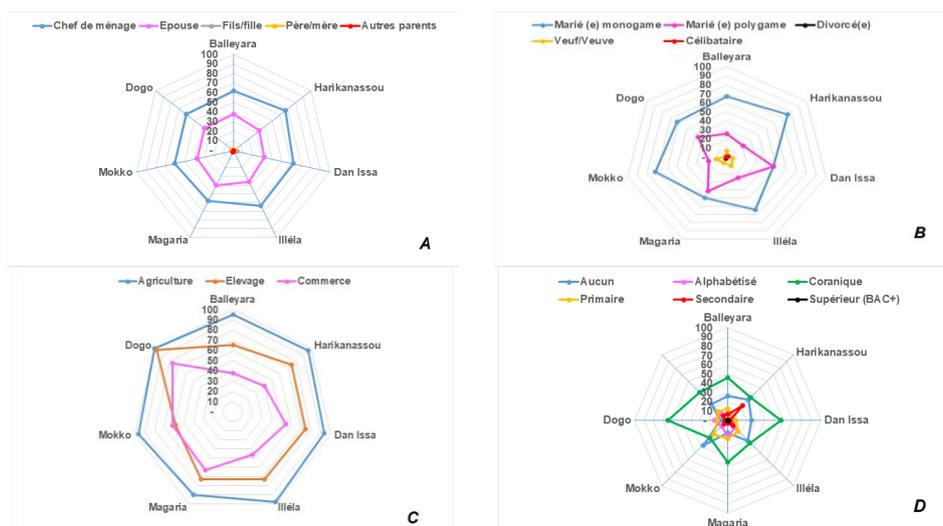
**2-3-6. Analyses statistiques**

Le Test de tendance de Mann-Kendall et Spearman a été utilisé pour analyser les perceptions des producteurs sur l'augmentation des températures et les variations de la pluviométrie. Le test bilatéral des séries temporelles de Mann-Kendall [18, 19] a été utilisé pour analyser les tendances des données historiques. Pour cela, les hypothèses nulle (H0) et alternative (Ha) sont utilisées avec un niveau de détermination alpha (α) de 0,05 pour un intervalle de confiance de 95 %. Avec H0, on suppose qu'il y a une tendance dans la série des données historiques et avec Ha, on suppose qu'il n'y a pas de tendance. Le test non paramétrique de rupture de Pettitt [20] a été utilisé pour déterminer l'homogénéité des séries des données climatiques. Deux hypothèses (nulle et alternative) sont formulées à cet effet : H0, si les séries des données climatiques sont homogènes (donc sans rupture) et Ha, si les séries de données climatiques ne sont pas homogènes (donc il existe au moins une rupture dans la série). Le seuil de signification de 5 % a été considéré dans le test de Pettitt. Dans ces deux tests statistiques, lorsque la valeur de P-value calculée est inférieure à 0.05, l'hypothèse nulle (H0) est rejetée et l'hypothèse alternative (Ha) est retenue. En revanche, si P-value est supérieure à 0.05, l'hypothèse H0 est acceptée.

### 3. Résultats

#### 3-1. Caractérisation des ménages enquêtés

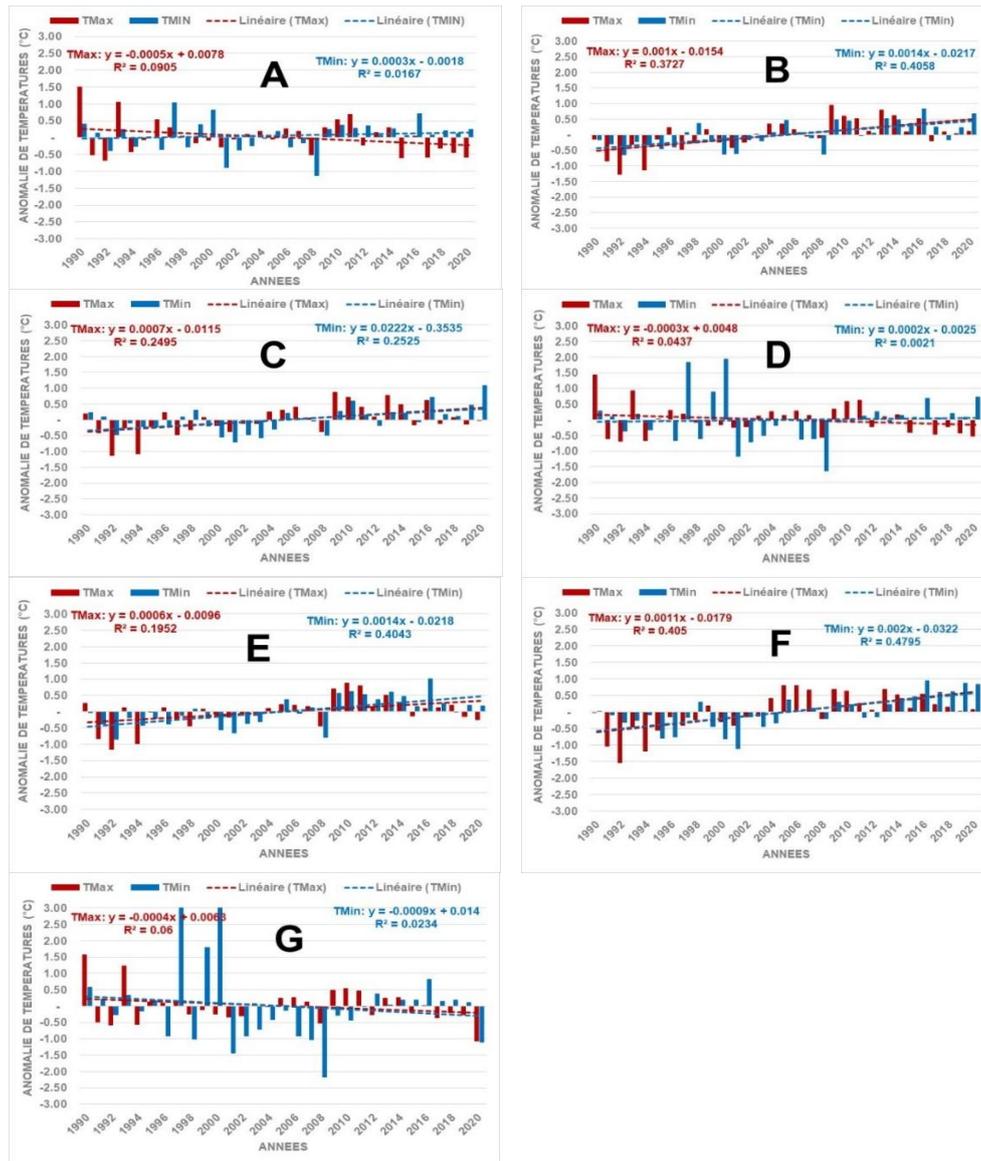
Les personnes enquêtées dans les communes de l'étude comprennent 40 % de femmes épouses de chef de ménage et 60 % d'hommes chefs de ménage (**Figure 3A**). Les hommes sont majoritairement des mariés monogames (**Figure 3B**) à Harikanassou (79%), Mokko (70%), Balleyara (70 %), Illéla (65 %) et Dogo (63 %). Les hommes polygames sont plus nombreux à Dan Issa (50%), Magaria (40 %), Dogo (39 %) et Illéla (30 %). Les veufs et veuves représentent environ 10% à Mokko, Illéla et Dan Issa. Quant aux personnes célibataires et divorcées, elles sont à des proportions négligeables. L'agriculture est la première principale activité pratiquée par 90 à 100 % des personnes enquêtées dans les communes (**Figure 3C**). Ensuite vient l'élevage sédentaire pour près de 70 % des personnes enquêtées dans les communes, sauf à Dogo (100 %). Quant au petit commerce, il est pratiqué par 50 à 60 % des personnes, sauf à Dogo (79 %). Les personnes enquêtées sont instruites à l'école coranique à des proportions variant entre 30 % et 60 % selon les communes, avec celle de Mokko ayant le plus faible taux d'instruits coraniques (**Figure 3D**). Les personnes qui n'ont reçu aucune instruction représentent 26 % à Balleyara et Dan Issa, 31 % à Harikanassou et Illéla, 13 % à Magaria, 38 % à Mokko et 8 % à Dogo (**Figure 3D**). Celles ayant fréquenté l'école moderne sont à très faibles proportions, avec 25 % ayant atteint le niveau secondaire à Harikanassou, contre moins de 10 % dans les autres communes de l'étude. Les personnes ayant fait l'école primaire représentent 10 à 20 % selon les communes.



**Figure 3 :** Répartition des personnes enquêtés (en %) selon le statut dans le ménage (A), la situation matrimoniale (B), les Principales activités (C) et le niveau d'instruction (D)

#### 3-2. Tendances des températures observées

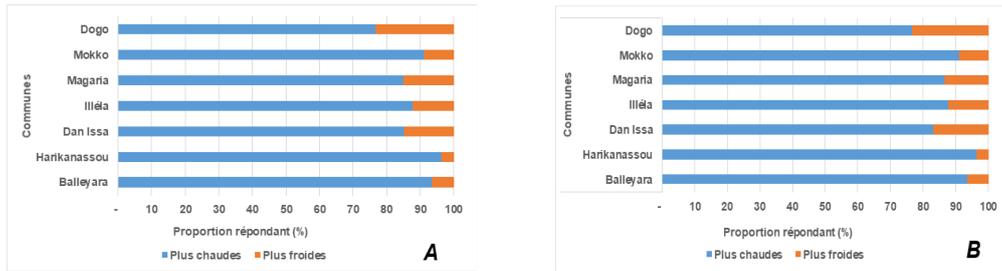
Le test de Mann-Kendall et Spearman n'a pas montré de différence significative, au seuil de 5 % ( $P > 0,05$ ), dans les tendances des températures observées sur la période 1990 à 2020 au niveau des différentes communes de l'étude. Le test d'homogénéité de Pettitt n'a pas aussi montré de rupture dans les séries des données, au seuil de 5 %. Les écarts des températures maximales et minimales par rapport aux moyennes de la période 1990-2020 montrent des tendances à l'augmentation de l'ordre  $0,75^{\circ}\text{C}$  (Dogo) à  $1,5^{\circ}\text{C}$  (Magaria) selon les communes (**Figure 4**), à l'exception de Balleyara (**Figure 4A**), Harikanassou (**Figure 4D**) et Mokko (**Figure 4G**) où des légères tendances à la baisse ont été enregistrées.



**Figure 4 :** *Tendance des températures maximales et minimales au niveau des communes de Balleyara (A), Dan Issa (B), Dogo (C), Harikanassou (D), Illéla (E), Magaria (F) et Mokko (G)*

### 3-3. Perception des producteurs sur les tendances des températures

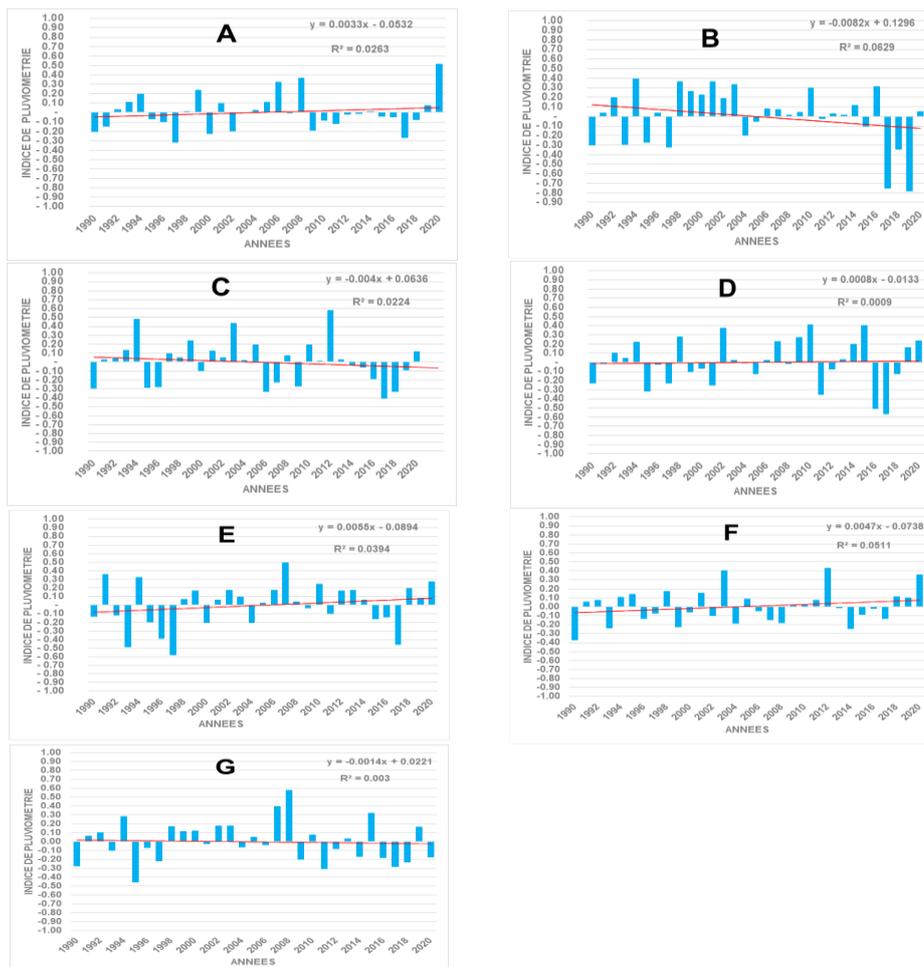
Plus de 75 % des personnes enquêtées dans les communes de l'étude ont affirmé avoir perçu ce dernier temps une tendance à l'augmentation des températures maximales, c'est-à-dire celles de la journée (**Figure 5A**) et minimales, c'est-à-dire celles de la nuit (**Figure 5B**). Certaines personnes ont par contre avoué que les températures ont plutôt baissé, notamment à Dogo (24 %), Magaria (15 %) et Dan Issa (15 %).



**Figure 5 :** Perception des producteurs enquêtés sur la tendance des températures maximales (A) et minimales (B) au niveau des communes de l'étude

### 3-4. Analyse de la pluviométrie observée

Sur la période de 1990 à 2020, le test de Mann-Kendall et Spearman ne montre pas de tendance significative dans les séries des données pluviométriques des différentes communes, au seuil de 5 % ( $P > 5\%$ ). Il en est de même pour le test d'homogénéité de Pettitt qui n'indique aucune rupture dans les séries pluviométriques, au seuil de 0,05. Tout de même, il y a une importante variation de la pluviométrie, avec une forte alternance d'années humides et sèches ainsi que des légères tendances à la baisse au niveau des communes de Dan Issa, Dogo et Mokko (*Figures 6B, C et G*), à la stabilité à Harikanassou (*Figure 6D*) et à la hausse à Balleyara, Illéla et Magaria (*Figures 6A, E et F*).

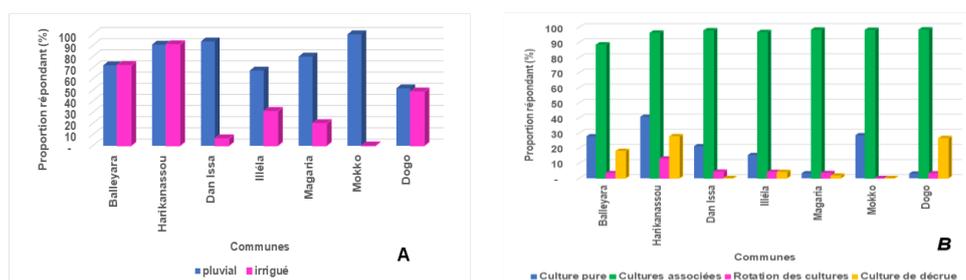


**Figure 6 :** Anomalies et tendances des cumuls pluviométriques au niveau des communes de Balleyara (A), Dan Issa (B), Dogo (C), Harikanassou (D), Illéla (E), Magaria (F) et Mokko (G)

### 3-5. Pratiques culturelles utilisées dans les communes face au changement climatique

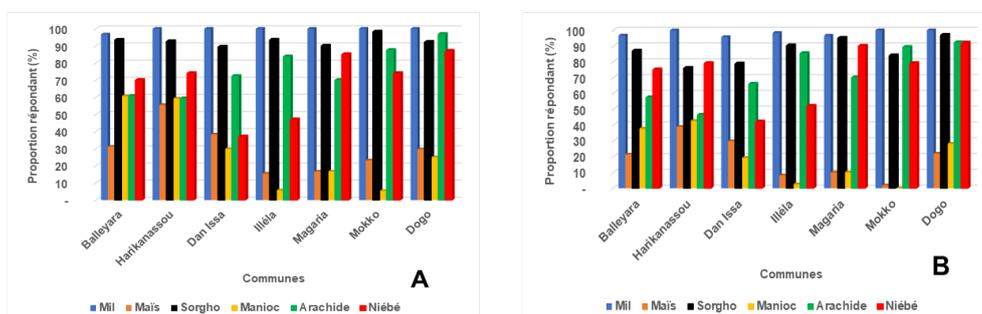
#### 3-5-1. Modes de culture et principales spéculations cultivées

Dans les communes de l'étude, l'agriculture est pluviale pour plus de 60 % des producteurs enquêtés à Balleyara, Harikanassou, Dan Issa, Illéla, Magaria et Mokko (**Figure 7A**). Les cultures irriguées sont pratiquées surtout à Balleyara (70 %), Harikanassou (88 %), Dogo (48 %), Illéla (29 %) et Magaria (18 %). Dans les communes de Dan Issa et Makko, elles sont très marginales (< 5 %). L'association des cultures est la pratique la plus fréquente dans toutes les communes de l'étude, pour plus de 88 % des producteurs enquêtés (**Figure 7B**). Ensuite vient la culture pure, pour 38 % des enquêtés à Harikanassou, contre 28 % à Mokko, 25 % à Balleyara, 20 % à Dan Issa et 13 % à Illéla. Les cultures de décrue ne sont pratiquées qu'à Harikanassou (pour 28 % des enquêtés), à Dogo (27 %) et à Balleyara (17 %).



**Figure 7 :** Types d'agricultures (A) et modes de cultures (B) pratiqués au niveau des communes de l'étude selon les producteurs enquêtés (%)

Les producteurs enquêtés estiment que la culture de mil est la moins affectée par le changement climatique, entre la période actuelle et celle d'avant les 30 dernières années (**Figure 8**). Cette culture reste en effet la seule à être pratiquée, avec plus de constance entre les deux périodes, par plus de 90 % des producteurs enquêtés dans les différentes communes. Quant aux autres spéculations, ce dernier temps elles ont connu des légers reculs dans les communes de l'étude, par rapport à la période d'avant ces 30 dernières années, notamment pour ce qui concerne le sorgho, le maïs, le manioc et l'arachide (**Figures 8A et B**). Quant à la culture de Niébé, elle a pris de l'essor ce dernier temps dans toutes les communes, sauf à Dan Issa. Les cultures de maïs et de manioc sont les plus marginalement pratiquées dans les communes de Illéla, Magaria et Mokko.

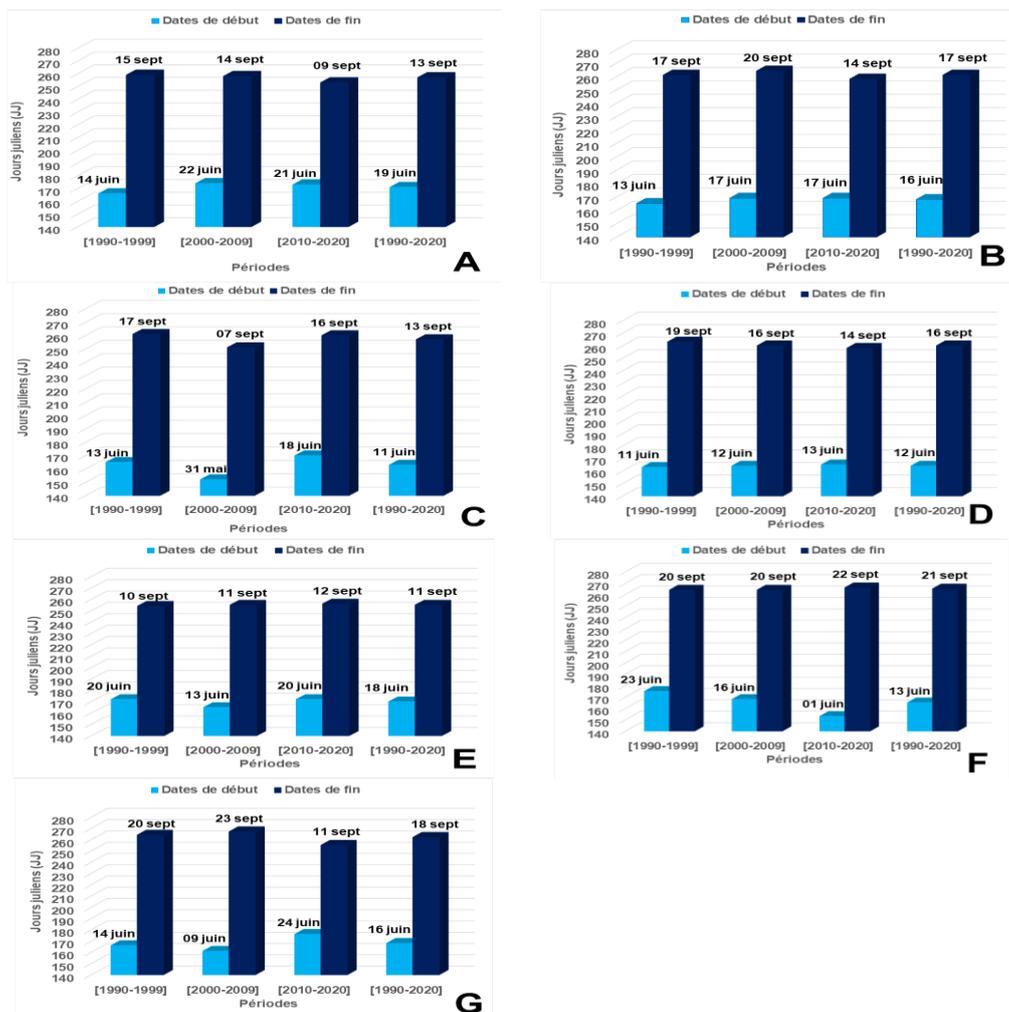


**Figure 8 :** Spéculations produites dans le passé (A) et actuellement (B) dans les communes de l'étude

#### 3-5-2. Dates de début et de fin de la saison agricole

Les dates de début et de fin de la saison agricole calculées avec les données de pluies observées sur la période 1990-2020 ont faiblement varié selon les communes. En effet, les dates de début de la saison agricole étaient observées un peu plus tardivement (**Figures 9A, B, C, D, E, F et G**), dans les communes de Balleyara

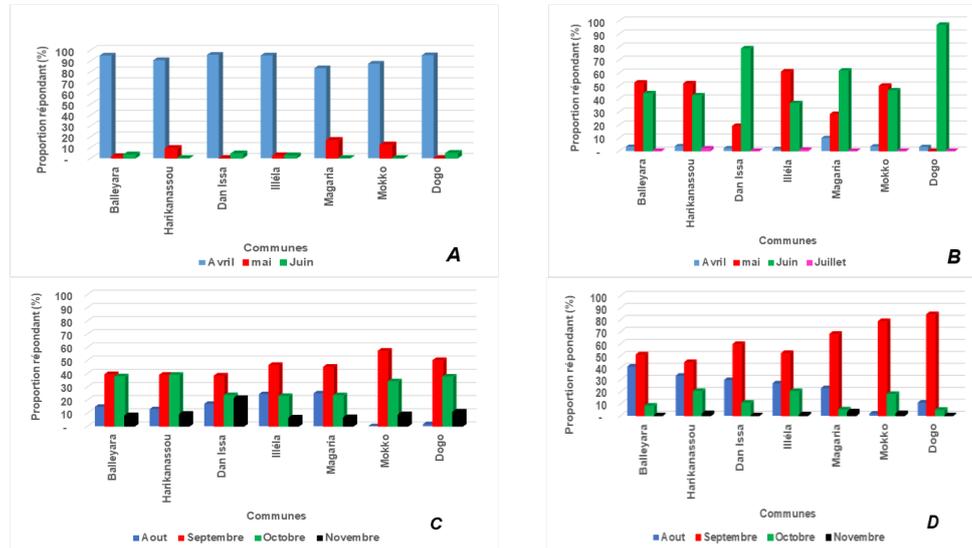
(19 juin), Illéla (18 juin), Dan Issa (16 juin) et Mokko (16 Juin) que dans celles de Harikanassou (12 juin), Dogo (11 juin) et Magaria (13 juin). Quant aux dates de fin de la saison, elles intervenaient plus tôt à Illéla (11 septembre) qu'à Magaria (21 septembre) ; les autres communes occupant des positions intermédiaires. Les analyses décennales montrent que les dates de début de la saison agricole sont plus variables selon les communes que les dates de fin, sur les périodes 1990-1999, 2000-2009 et 2010-2020 (*Figures 9A, B, C, D, E, F et G*). Les dates de début de saison ont été plus précoces sur la décennie 1990-1999 à Balleyara (14 juin), Dan Issa (13 juin) et à Harikanassou (11 juin), sur la décennie 2000-2009 à Dogo (31 mai), Illéla (13 juin) et Mokko (09 juin) et sur la décennie 2010-2020 à Magaria (1<sup>er</sup> juin). Quant aux dates de fin de saison, elles sont observées plus précocement à Illéla (10-12 septembre) et plus tardivement à Magaria (20-22 septembre).



**Figure 9 :** Évolution des dates de début et de fin de la saison agricole selon les décennies 1990-1999, 2000-2009 et 2010-2020, au niveau des communes de Balleyara (A), Dan Issa (B), Dogo (C), Harikanassou (D), Illéla (E), Magaria (F) et Mokko (G)

Selon les producteurs enquêtés (80 %), avant les 30 dernières années les saisons agricoles débutaient dans le mois d'avril, dans les différentes communes de l'étude (*Figure 10A*). Actuellement, elles démarrent plus tardivement en mai, pour 50 % des producteurs enquêtés à Balléyara et Harikanassou et 60 % à Illéla, et en juin, pour au moins 60 % des producteurs enquêtés à Dan Issa, Dogo et Magaria, contre 40 % à Balleyara et Harikanassou (*Figure 10B*). Quant aux dates de fin de la saison agricole, avant les 30 dernières années elles sont observées en septembre ou en octobre, voire en novembre à Dan Issa (*Figure 10C*). Ce dernier temps, elles sont observées plus précocement en août (30 à 40 % à Balleyara et Harikanassou) et en septembre pour

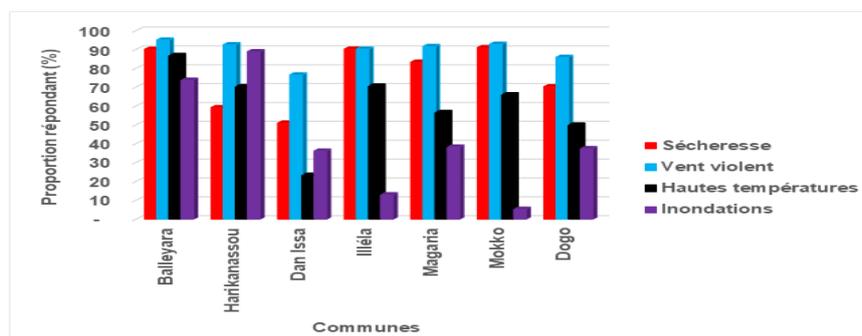
40 à 80 % des producteurs enquêtés dans les communes de l'étude (**Figure 10D**); soit un décalage de plus d'un mois par rapport à la période d'avant ces 30 dernières années. Selon les producteurs enquêtés, avant les 30 dernières années la durée des saisons agricoles atteignait 4 à 5 mois selon les communes, contre 3 à 4 mois, actuellement.



**Figure 10 :** Dates de début (A) et de fin (C) de la saison agricole avant les 30 dernières années et actuellement (B et D, respectivement) dans les communes de l'étude

### 3-5-3. Principaux facteurs de risque climatique pour l'agriculture locale

Les producteurs enquêtés ont identifié la sécheresse, les vents violents, les hautes températures et les inondations comme les principaux facteurs de risques climatiques pour l'agriculture locale (**Figure 11**). La sécheresse et les vents violents sont les facteurs de risques les plus fréquents, pour plus de 70 % des producteurs enquêtés dans les différentes communes, sauf à Dan Issa pour la sécheresse (50 %). Les hautes températures sont des facteurs de risques pour au moins 50 % des producteurs, sauf à Dan Issa (20 %). Quant aux inondations, elles sont plus fréquentes à Harikanassou (88 %), Baileyara (73 %), Magaria (38 %), Dogo (38 %) et Dan Issa (35 %).

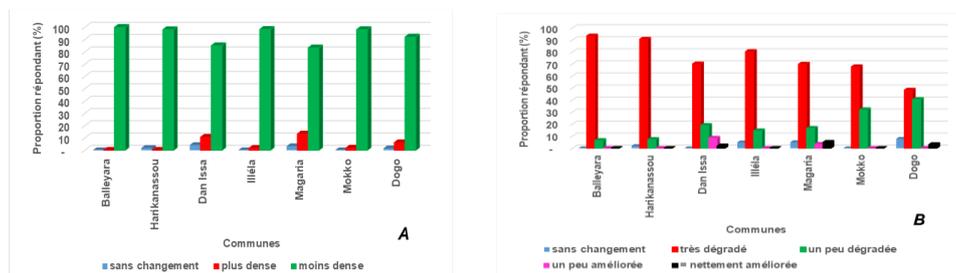


**Figure 11 :** Perceptions des producteurs sur les principaux facteurs de risques climatiques pour l'agriculture dans les communes de l'étude

### 3-5-4. Impacts climatiques sur la végétation locale et les terres cultivées

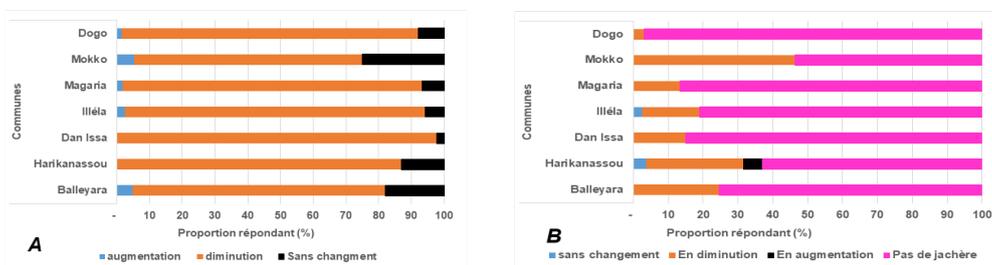
Pour plus de 80 % des producteurs enquêtés dans les communes de l'étude, la végétation locale est devenue moins dense par rapport à la période d'avant ces 30 dernières années (**Figure 12A**). Toutefois, près de 10 %

des agriculteurs locaux pensent que la densité de la végétation a augmenté à Dan Issa et à Magaria. Quant à la diversité végétale, elle est en dégradation pour 90 % des producteurs enquêtés à Balleyara et Harikanassou, contre 80 % à Illéla, 70 % à Dan Issa, Magaria et Mokko et 48 % à Dogo où, en revanche 40 % des producteurs estiment qu'elle est plutôt peu dégradée (**Figure 12B**).



**Figure 12 :** Perceptions des producteurs de l'impact climatique sur l'état de la végétation (A) et de la diversité végétale (B) dans les communes de l'étude

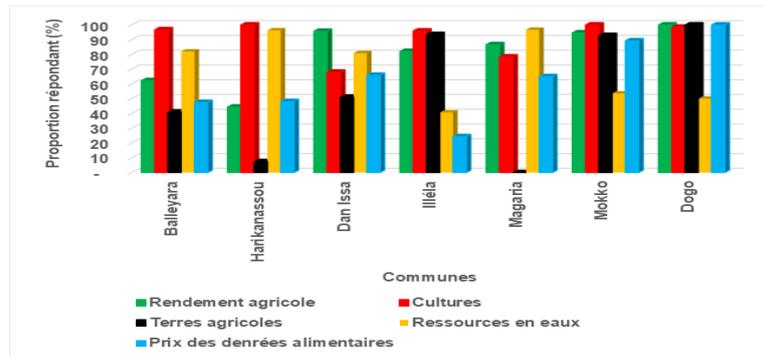
Les terres cultivables sont en diminution dans toutes les communes de l'étude (**Figure 13A**). Cette tendance est affirmée par plus de 90 % des producteurs enquêtés à Dan Issa, Illéla, Magaria et Dogo, contre 87 % à Harikanassou et moins de 77 % à Balleyara et Mokko où certains producteurs (18 à 25 %) n'ont pas constaté de changement dans la disponibilité des terres cultivables au niveau de leurs localités, du fait des impacts climatiques. Les jachères n'existent plus dans les différentes communes l'étude, selon 97 % des producteurs enquêtés à Dogo, contre 86 % à Magaria, 84 % à Dan Issa, 75 % à Balleyara, 78 % à Illéla, 64 % à Harikanassou et seulement 54 % à Mokko où certains (près de 46 %) estiment qu'elles existent encore, bien qu'elles soient en diminution (**Figure 13B**).



**Figure 13 :** Disponibilité de terres cultivables (A) et des jachères (B) dans les communes de l'étude

### 3-5-5. Principales unités exposées aux impacts climatiques

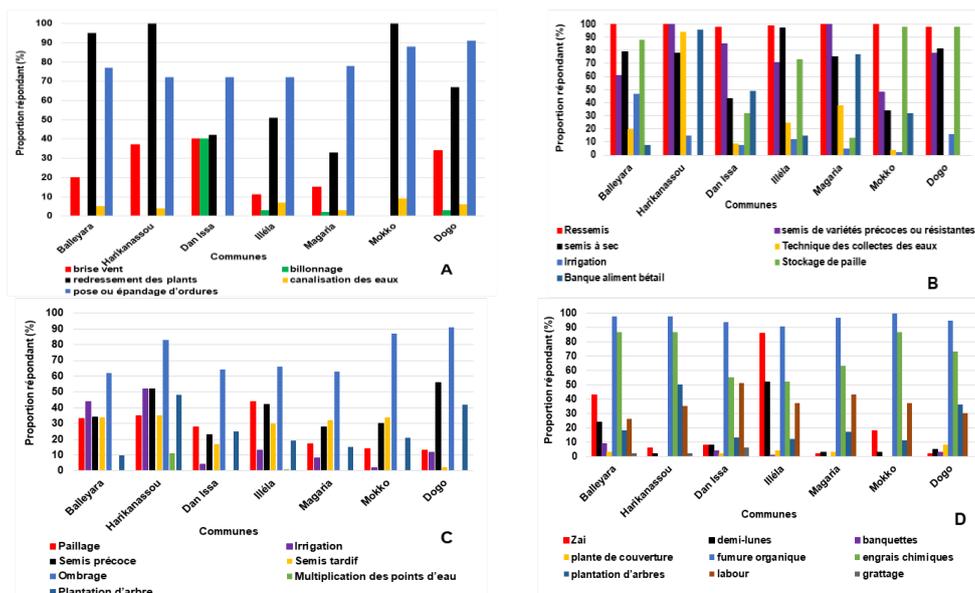
Les unités les plus exposées aux risques climatiques dans les communes de l'étude sont les terres agricoles, les rendements agricoles, les cultures, les prix de denrées alimentaires et les ressources en eaux (**Figure 14**). Pour au moins 80 % des producteurs enquêtés, les terres agricoles, les rendements agricoles et les cultures sont les plus exposées aux risques climatiques, dans les communes de Illéla, Dogo et Mokko. Dans les communes de Balleyara, Harikanassou, Dan Issa et Magaria, c'est plutôt les cultures et les ressources en eau qui sont les unités les plus en risque face aux aléas climatiques. Les prix des denrées alimentaires sont plus exposés dans les communes de Mokko (87 %) et Dogo (100 %).



**Figure 14 :** Perceptions des producteurs sur les unités les plus exposées aux risques climatiques dans les communes de l'étude

### 3-6. Stratégies d'adaptation utilisées par les producteurs face aux aléas liés climat

Les stratégies adoptées par les producteurs locaux pour limiter les impacts des vents violents et des ruissellements sur les cultures sont variables selon les communes (**Figure 15A**). L'épandage d'ordures végétales est la pratique la plus utilisée par plus de 70 % des producteurs enquêtés dans les différentes communes de l'étude, pour prévenir l'érosion (éolienne et hydrique) des terres agricoles. Les producteurs procèdent au redressement des plants surtout à Harikanassou (100 %), Mokko (100 %), Balleyara (95 %) et Dogo (68 %), en cas de verse ou d'affaissement provoqué par les vents et/ou les eaux de ruissellement. L'installation des brise-vents est très peu développée dans les différentes communes (moins de 40 %) et, la protection des sols de culture par des systèmes de billonnage ne se fait qu'à Dan Issa (40 %). Pour réduire les effets des séquences sèches sur les cultures et les animaux, les stratégies utilisées sont aussi variables selon les communes (**Figure 15B**). La pratique de ressemis est une stratégie beaucoup utilisée par les producteurs enquêtés dans les différentes communes de l'étude (100 %), au même titre que le choix de variétés à cycles courts ou résistantes à la sécheresse (100 % à Harikanassou et Magaria, 85 % à Dan Issa et 78 % à Dogo) et le semis à sec (100 % à Illéla, 80 % à Balleyara et Dogo et 75 % à Magaria). Les techniques de collecte des eaux des pluies se font surtout à Illéla (94 %) et Magaria (48 %). Quant à l'irrigation, elle est marginale dans les communes de l'étude, avec seulement 48 % des producteurs qui la pratiquent à Balleyara, contre 15 % à Harikanassou et à Dogo. Les producteurs locaux réduisent les effets des sécheresses sur les animaux, à travers le stockage des pailles fourragères (88 % à Balleyara, Mokko et Dogo et 72 % à Illéla) et les banques d'aliments bétails, notamment à Harikanassou (95 %), à Magaria (77 %) et Dan Issa (49 %). Les stratégies développées pour réduire les effets des fortes températures sur les cultures et les animaux (**Figure 15C**) consistent à faire de l'ombrage (à plus de 60 %), à semer précocement à la première pluie utile (56 % à Dogo, 52 % à Harikanassou et 42 % à Illéla) et à faire recours à l'irrigation (42 % à Balleyara, 52 % à Harikanassou, 13 % à Illéla et 11 % à Dogo). Les producteurs procèdent aussi à la multiplication des points d'eau à Harikanassou (48 %) et à Dogo (42 %). Pour lutter contre la dégradation des sols (**Figure 15D**), ils apportent partout de la fumure organique (à plus de 90 %) et de l'engrais chimique (à plus de 80 % à Balleyara, Harikanassou et Mokko et entre 52 et 72 % à Dan Issa, Illéla, Magaria et Dogo). Les techniques du Zaï et des demi-lunes sont surtout utilisées à Illéla (87 et 52 %, respectivement) et à Balleyara (43 et 24 %, respectivement). Le labour du sol et la plantation d'arbres sont peu pratiqués dans les communes de l'étude (< 50 %).



**Figure 15 :** *Stratégies adoptées pour : - réduire les impacts des vents violents et des ruissellements (A) ; des séquences sèches (B) et des fortes températures (C) sur les cultures et les animaux et - lutter contre la dégradation des sols (D), au niveau des communes d'étude*

## 4. Discussion

### 4-1. Caractéristiques des ménages des personnes enquêtées

Les personnes enquêtées sont des chefs de ménage ayant l'âge d'avoir des connaissances sur les conditions climatiques d'avant ces 30 dernières années. Ceci est favorable de la qualité des réponses qu'elles fournies lors des enquêtes [21]. L'agriculture pluviale est la principale activité pour la majorité des personnes enquêtées (90 %) dans les différentes communes de l'étude, devant des minorités d'éleveurs, de bucherons et de commerçants. Ce qui explique la forte dépendance des économies des ménages nigériens aux activités agricoles [22]. Cette forte dépendance à l'agriculture pluviale et à l'élevage est consécutive à des niveaux d'instruction très faibles dans les différentes communes de l'étude où 25 % des personnes enquêtées n'ont aucune instruction, contre 44 % ayant fréquenté l'école coranique, 10 % ayant suivi des cours d'alphabétisation, 14 % ayant fréquenté l'école primaire et seulement 7 % ayant atteint le niveau secondaire. Ce faible niveau d'instruction peut constituer une limite majeure dans les capacités des producteurs ruraux à comprendre et à utiliser certaines techniques innovantes d'augmentation de la productivité agricole au niveau locale [23, 24]. Cette étude a révélé qu'il y a plus de producteurs monogames dans les communes de Harikanassou et Mokko (Région de Dosso) et plus de producteurs polygames dans celles de Dan Issa (Région de Maradi) et de Magaria (Région de Zinder), avec des proportions globales de 62 % de monogames, de 36 % de polygames et de 2 % de veufs/veuves [25]. Ce résultat tend à montrer que la pratique de la polygamie est plus développée dans les communes des régions de Maradi et de Zinder.

### 4-2. Perceptions sur les caractéristiques des paramètres clés de la saison agricole

Les dates de début de la saison agricole se situent entre la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> décennie du mois de juin, au niveau de toutes les communes de l'étude, hormis celle Dogo où le démarrage de la saison intervenait plus tôt vers fin mai, sur la période 2000-2009. Cette tendance concorde avec les perceptions des producteurs locaux ayant avoué que ce dernier temps les saisons agricoles démarrent plus fréquemment en mai ou juin, avec un retard

d'un à deux mois par rapport à la situation d'avant les 30 dernières années, selon les communes de l'étude [8, 22]. Ces dernières années, les saisons agricoles prennent fin en septembre, dans les communes de Dogo, Mokko, Dan Issa, Balleyara et Harikanassou, soit un à deux mois plus tôt par rapport à la période d'avant ces 30 dernières années. Cette situation, conciliant les perceptions des producteurs enquêtés avec les résultats issus de l'analyse des données observées [8], a entraîné une réduction de la durée de la saison agricole d'environ un mois au niveau des communes de l'étude. Ce raccourcissement de la saison des pluies pourrait empêcher aux cultures pluviales, notamment celles à cycle long ou celles semées en retard, de boucler leurs cycles dans des bonnes conditions hydriques [9, 21]. Quant aux températures maximales et minimales, les analyses des données observées et des perceptions des producteurs ont montré qu'elles sont en hausse au niveau de toutes communes de l'étude, sauf à Mokko, Harikanassou et Balleyara où des tendances à une stabilité ou à une légère baisse ont été constatées. Toutes ces trois communes se trouvent dans la partie Ouest du Niger où les températures pourraient être influencées par l'humidité de l'air liée à leur position dans la vallée du Dallol Bosso (Balleyara et Harikanassou) et à proximité du lit du fleuve Niger. Pour les producteurs enquêtés, les vents violents constituent aussi un important facteur de risques pour l'agriculture locale, même si les risques les plus redoutés sont plutôt liés aux événements de fortes pluies augmentant la fréquence d'inondations dans les communes de l'étude, ce dernier temps.

#### **4-3. Ressources exploitables pour l'agriculture dans les communes de l'étude**

Les terres cultivables sont en diminution à Dan Issa, Illéla, Magaria, Dogo, Harikanassou et Mokko, du fait notamment de la dégradation continue des terres, de la fréquence des inondations et de l'augmentation de la population. Toutefois, certaines personnes enquêtées ont indiqué qu'il n'y a pas de changement dans la disponibilité des terres cultivables dans leur terroir, en soulignant plutôt un problème de manque de main d'œuvre pour travailler les terres, du fait du départ massif des jeunes en exode. D'autres personnes ont fait cas d'une augmentation des terres cultivables consécutive au défrichement de nouvelles terres, parfois marginales pour l'agriculture, au détriment des aires de pâturage et des jachères. Dans tous les cas, l'augmentation et la diminution des terres cultivables sont fortement liées aux activités humaines au Niger. Une étude conduite indique le passage dans ce pays des zones cultivées de 27 % à près de 100 % entre 1955 et 1995, au détriment de la végétation naturelle qui a passé de 30 % à 0 % sur la même période [25]. L'irrigation est très peu développée dans les communes de l'étude, mais dans celles situées dans la vallée du Dallol Bosso ou à proximité de la mare de la Korama (Dogo), les producteurs pratiquent des cultures irriguées, à côté de l'agriculture pluviale de mil, sorgho, niébé, maïs, notamment. Dans les communes de Harikanassou et Balleyara, les ménages tirent profit de l'affleurement de la nappe phréatique dans le lit du Dallol Bosso pour irriguer des cultures comme le manioc, la patate douce, la canne à sucre, la pomme de terre, le moringa et autres cultures maraîchères [25]. Les mêmes types de cultures irriguées se pratiquent autour de la vallée de la Korama, dans la commune de Dogo.

#### **4-4. Impacts des risques climatiques sur l'agriculture dans les communes de l'étude**

Les principaux facteurs de risque identifiés pour l'agriculture dans les communes de l'étude sont la sécheresse, les vents violents, les hautes températures et les inondations ; la sécheresse étant le facteur de risque le plus récurrent au Niger [9]. Les terres agricoles, les cultures et les rendements sont les unités les plus exposés, notamment à Balleyara, Harikanassou, Dan Issa, Magaria, Mokko. Les impacts climatiques sur les terres agricoles, bien que différents selon les communes et les pratiques culturelles, se traduisent par l'encroustement des sols, la dénudation des glacis et une mauvaise croissance des cultures. La baisse de la fertilité des terres et des rendements agricoles est citée comme principale conséquence des sécheresses. L'érosion éolienne, l'ensevelissement des jeunes plants et la verse des cultures sont plutôt liés aux vents

violents. Selon [26], les changements climatiques se manifestent par des orages violents, des pluies irrégulières, des sécheresses récurrentes, des perturbations dans la durée des saisons agricoles, des incertitudes sur les périodes de semis, des tendances à la disparition des points d'eau temporaires, une dégradation des ressources végétales, une disparition progressive de la biodiversité, une baisse des rendements, une modification du système fourrager, des modifications de la physionomie du paysage et une disparition de la faune. La hausse des températures engendre les brûlures des cultures ainsi qu'une augmentation de l'évapotranspiration et de l'évaporation à partir des sols et des cours d'eaux. Selon [26], l'augmentation de la température va se traduire par une réduction de la durée des stades et du cycle de développement des cultures. L'érosion hydrique, l'apparition des ruisseaux et ravins, la perte des cultures et des terres agricoles et la perte de production sont des impacts souvent liés à l'inondation des terres agricoles. Si des mesures d'adaptation adéquates ne sont pas prises, la fréquence des extrêmes climatiques va accentuer la vulnérabilité des systèmes de production agricole, notamment au Sahel [27, 28].

#### **4-5. Stratégies d'adaptation de l'agriculture dans les communes de l'étude**

Les producteurs enquêtés utilisent différents types de stratégies afin de réduire les effets des risques climatiques sur la production agricole. Pour améliorer la productivité des terres, ils utilisent surtout de la fumure organique et des engrais chimiques, dont l'efficacité sur les rendements agricoles est très limitée, voire négative, en cas de sécheresse [29]. Dans la commune d'Illéla, ils utilisent plus des techniques de collecte des eaux de pluies et de restauration des terres (CES/DRS), comme le zaï, le labour, les demi-lunes, la plantation d'arbres et les banquettes. Pour prévenir les effets des ruissellements et des vents violents sur les cultures, ils procèdent au redressement des plants et à l'épandage d'ordures. L'installation des brise-vents est utilisée dans toutes les communes, sauf à Mokko où, la présence, plus importante d'une végétation naturelle, jouerait le même rôle [30]. Pour réduire les effets des hautes températures sur les cultures et les animaux, les producteurs font de l'ombrage (pour les animaux), l'irrigation, le semis précoce, le paillage et la plantation d'arbres. Face aux déficits hydriques pour les cultures, ils font des re-semis, des semis à sec, de l'irrigation, utilisent de variétés précoces ou résistantes à la sécheresse et développent des techniques de CES/DRS. Pour les animaux, ils stockent des pailles /fourrages, mettent en place de banques d'aliment bétail et vaccinent le bétail. Les communautés locales bénéficient aussi des aides sociales, sous forme de banques céréalères, de distributions gratuites et/ou de vente à prix modérés des vivres, de main d'œuvre rémunérée, de dons, d'embouche de petits ruminants (pour les femmes), de distribution d'intrants agricoles, etc. [28].

### **5. Conclusion**

Il ressort de cette étude que les hautes températures, les sécheresses, les inondations et les vents violents sont les principaux facteurs de risque pour l'agriculture, dans les communes rurales de Balleyara, Harikanassou, Dan Issa, Illéla, Magaria, Mokko et Dogo, au Niger. Les producteurs locaux perçoivent les impacts liés à ces facteurs de risque et sont conscients des modifications observées dans les dates de début et de fin de la saison agricole, les calendriers culturels et, surtout dans les rendements agricoles qui sont de plus en plus aléatoires et médiocres en conditions pluviales. Les menaces liées à la dégradation et à la restriction des terres agricoles sont également réelles sur la productivité agricole dans les différentes communes. L'irrigation est très peu développée dans les communes de l'étude, mais 40 à 50 % des producteurs locaux la pratiquent à Balleyara et Harikanassou, dans la vallée du Dallol Bosso. Face aux risques climatiques, les producteurs locaux utilisent divers types de stratégies pour améliorer leurs rendements agricoles. Mais, ces stratégies, consistant surtout à l'utilisation des fertilisants, des techniques CES/DRS, des variétés précoces ou résistantes à la sécheresse, ont des limites en conditions pluviales.

## Références

- [1] - I. BAGGNAN et M. MANI, "Construction de la résilience sociale des paysans à travers des pratiques et stratégies d'adaptations aux changements climatiques dans le Centre-Sud du Niger, Université de Tahoua". *Les Cahiers du CRIDE, Nouvelle série*, Vol. 12, N° 1 (2016) 15 p., <https://www.researchgate.net/publication/338936596>
- [2] - M. BIASUTTI, "Rainfall trends in the African Sahel: Characteristics, processes, and causes". *WIREs Climate Change*, 10, 1 (22) (2019). <https://doi.org/10.1002/wcc.591>
- [3] - A. DAI, P. J. LAMB, K. E. TRENBERTH, M. HULME, P. D. JONES and P. XIE, "The recent Sahel drought is real". *International Journal of Climatology*, 24 (2004) 1323 - 1331. <https://doi.org/10.1002/joc.1083>
- [4] - Z. ABDOUL HABOU, M. K. BOUBACAR et T. ADAM, "Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique : défis et perspectives". *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (3) (2016) 1262 - 1272, DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.28>
- [5] - B. SULTAN, A. ALHASSANE, B. BARBIER, C. BARON, M.B-M. TSOGO, A. BERG, M. DINGKUHN, J. FORTILUS, M. KOURESSY, A. LEBLOIS, R. MARTEAU, B. MULLER, P. OETTLI, P. QUIRION, P. ROUDIER, S. B. TRAORE et M. VAKSMANN, "La question de la vulnérabilité et de l'adaptation de l'agriculture sahélienne au climat au sein du programme AMMA". *La Météorologie-Spécial AMMA-octobre*, (2012) 64 - 72 p.
- [6] - B. SULTAN, P. ROUDIER, P. QUIRION, A. ALHASSANE, B. MULLER, M. DINGKUHN, P. CIAIS, M. GUIMBERTEAU, S. TRAORE and C. BARON, "Assessing climate change impacts on sorghum and millet yields in the Sudanian and Sahelian savannas of West Africa". *Environmental research letters*, 8 (2013) 014040 (9 p.), doi:10.1088/1748-9326/8/1/014040
- [7] - B. SULTAN and M. GAETANI, "Agriculture in West Africa in the Twenty-First Century: Climate Change and Impacts Scenarios, and Potential for Adaptation". *Front. Plant Sci., Sec. Plant Breeding*, Vol. 7, (2016) | <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01262>
- [8] - S. H. TINNI, A. ALHASSANE, I. LONA et I. B. MOUSSA, "Analyse de l'évolution spatio-temporelle des dérivés pluviométriques caractérisant la saison agricole au Sahel-Central". *Afrique SCIENCE*, 19 (6) (2021) 102 - 121, <http://www.afriquescience.net>, (2021) 20 p.
- [9] - A. ALHASSANE, S. SALACK, M. LY, I. LONA, S.B. TRAORE et B. SARR, "Evolution des risques agroclimatiques associés aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique l'Ouest soudano-sahélienne". *Sécheresse*, 24 (2013) 282 - 93. doi: 10.1684/sec.2013.0400
- [10] - V. TARCHIANI et M. TIEPOLO, "Risque et adaptation climatique dans la Région Tillabéri au Niger ; Pour renforcer les capacités d'analyse et d'évaluation". *L'harmattan*, (2016) 5 - 7, rue de l'École-Polytechnique, 75005 Paris, 276P <http://www.harmattan.fr> diffusion.harmattan@wanadoo.fr, harmattan1@wanadoo.fr
- [11] - T. W. CARR, S. MKUHLANI, A. C. SEGNON, Z. ALI, R. ZOUGMORE, A. D. DANGOUR, R. GREEN and P. SCHEEL-BEEK, "Climate change impacts and adaptation strategies for crops in West Africa: a systematic review". *Environ. Res. Lett.*, 17 (2022) 053001, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac61c8>
- [12] - K. GUAN, B. SULTAN, M. BIASUTTI, C. BARON and D. B. LOBELL, "Assessing climate adaptation options and uncertainties for cereal systems in West Africa". *Agricultural and Forest Meteorology*, 232 (2017) 291 - 305, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.07.021>
- [13] - I. N. S, RGP/H, "Recensement Général de la population et de l'habitat". *Institut National de la Statistique du Niger*, (2012), [https://www.stat-niger.org/?page\\_id=409](https://www.stat-niger.org/?page_id=409)
- [14] - I. N. S-NIGER, "Tableau de bord social", *Institut National de la Statistique du Niger*, (2021) 71 p., [https://www.stat-niger.org/wp-content/uploads/rapport\\_enquete/4/VERSION\\_FINAL\\_TBS\\_2021.pdf](https://www.stat-niger.org/wp-content/uploads/rapport_enquete/4/VERSION_FINAL_TBS_2021.pdf)

- [15] - M. D. L. TCHOHO, A. ALHASSANE, S. TRAORE et A. GADEDJISSO-TOSSOU, "Impacts Potentiels du Changement Climatique sur les Rendements du Mil et du Sorgho Cultivés dans les Communes Rurales au Niger". *European Scientific Journal*, ESJ, 19 (36) 95 (2023) <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p95>
- [16] - T. S. NANJUNDESWARASWAMY and S. DIVAKAR, "Determination of sample size and sampling methods in applied research". *Proceedings on Engineering Sciences*, Vol. 03, N° 1 (2021) 25 - 32, doi: 10.24874/PES03.01.003
- [17] - M. V. K SIVAKUMAR, "Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa". *Agricultural and Forest Meteorology*, 42 (1988) 295 - 305, [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(88\)90039-1](https://doi.org/10.1016/0168-1923(88)90039-1)
- [18] - H. B. MANN, "Non-parametric tests against trend", *Econometrica* 13 (1945) 163 - 171. [https://vsp.pnnl.gov/help/vsample/design\\_trend\\_mann\\_kendall.htm](https://vsp.pnnl.gov/help/vsample/design_trend_mann_kendall.htm)
- [19] - M. G. KENDALL, "Rank Correlation Methods, 4th edition", *Charles Griffin, London*, (1975) [https://vsp.pnnl.gov/help/vsample/design\\_trend\\_mann\\_kendall.htm](https://vsp.pnnl.gov/help/vsample/design_trend_mann_kendall.htm)
- [20] - A. N. PETTITT, "A non-parametric approach to the change point problem", *Appl. Statist*, 28 (2) (1979) 126 - 135
- [21] - H. ABDOU, I. A. KARIMOU, B. K. HAROUNA and M.T. ZATAOU, "Perception of climate change among Sahelian pastoralists and strategies for adapting to environmental Constraints: the case of the commune of Filingué in Niger". *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2) (2020) 81 - 90, doi : 10.19182/remvt.31873
- [22] - M. M. ABDOU, L. DESCROIX, B. ABBA, M. B. A. BOUKARY et I. MAMADOU, "Caractérisation des saisons agricoles au Sahel : analyse des données agro-climatiques versus vécu paysan : cas de la Région de Zinder, Niger", *Afrique SCIENCE*, 17 (2) (2020) 83 - 101 p., <http://www.afriquescience.net>
- [23] - H. DJABRI, H. HABIBOULAYE, K. M. ALI, A MAMAN MANSSOUR et A. M. ZOUBEIROU, "Étude des facteurs influençant la productivité du riz au Niger : cas du périmètre irrigué de Toula", *Afrique Science*, 18 (1) (2021) 148 - 158, <http://www.afriquescience.net>
- [24] - A. E. MAGAMANA, A. GADEDJISSO-TOSSOU, D. BLAVET, E. HIEN et J. L. CHOTTE, "Dégradation de la fertilité des sols et de l'environnement dans la région des savanes au Nord-Togo : Analyse des perceptions et stratégies d'adaptation indigènes". *European Scientific Journal*, ESJ, 17 (25) (2021) 40, <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p40>
- [25] - N. D. A HAROUNA, S. ABOU-SOUFIANOU et Y. BOUBACAR, "Insécurité Alimentaire des Ménages Agricoles et Stratégies de Résilience au Sahel : Cas de la Vallée de Goulbi Maradi, Niger". *European Scientific Journal* June 2019 edition, Vol. 15, N°18 (2019) URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n18p96>
- [26] - S. B. TRAORE, A. ALI, S. H. TINNI, M. SAMAKE, I. GARBA, I. MAIGARI, A. ALHASSANE, A. SAMBA, M. B. DIAO, S. ATTA, P. O. DIEYE, H. B. NACRO and K. G. M. BOUAFUO, AGRHYMET: "A drought monitoring and capacity building center in the West Africa Region". *Weather and Climate Extremes*, (2014) 22 - 30 p. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2014.03.008>
- [27] - H. ISSAKA, L. SITOU, M. M. RABE et B. I. BOUKARY, "Caractérisation des exploitations agricoles familiales productrices du mil et leur niveau de résilience dans la bande sud du Niger." *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 14 (7) (2021) 05 - 16 p., DOI: 10.9790/2380-1407010516 [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
- [28] - T. VIERI et F. EDOARDO, "Plan villageois de réduction du risque d'inondation et de sécheresse dans la commune d'Ouro Gueladjo au Niger". Chapitre8, (2016) 175 - 200 <https://www.researchgate.net/publication/305811432>

- [29] - A. ALHASSANE, 'Effets du climat et des pratiques culturales sur la croissance et le développement du mil (*Pennisetum glaucum* [L.] R.BR.) au Sahel : contribution à l'amélioration du modèle SARRA-H de prévision des rendements'. *Thèse de doctorat de l'Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire. Physiologie Végétale, Option : Agrométéorologie*, (2009) 224 p.
- [30] - A. MAHAMANE, M. SAADOU, M. B. DANJIMO, K. SALEY, B. YAKOUBOU, A. DIOUF, B. MOROU, I.M. MAAROUHI, I SOUMANA et A. TANIMOUNE, "Biodiversité végétale au Niger : Etat des connaissances actuelles". *Ann. Univ. Lomé (Togo), série Sciences, Tome XVIII*, (2009) 81 - 93, <https://www.researchgate.net/publication/320255820>