

LA RIZICULTURE FACE À L'ÉPREUVE DES CRISES CLIMATIQUES DANS LE DÉPARTEMENT DU MAYO-DANAY (EXTRÊME-NORD CAMEROUN) : ANALYSE DES PERCEPTIONS ET RÉACTIONS ENDOGÈNES DES RIZICULTEURS FACE AUX TENDANCES ÉVOLUTIVES ET IMPACTS DES ALÉAS CLIMATIQUES



Rice farming facing the challenge of climate crises in the Mayo-Danay division (Far North Cameroon): analysis of rice farmers' perceptions and endogenous reactions to evolving trends and impacts of climate hazards

| Bruno KOLAOUNA LABARA ^{1,2*} | Auguste OMBOLO ³ | Hamidou ALHADJI AZI ^{1,4} | Charnelle Aimée MAMMA ⁵ | et | Léonce MAKANG GALESWINTHE ² |

1. | Chercheur | Institut de Recherche Agricole pour le Développement, IRAD | Maroua | Cameroun |
2. | Doctorant | UFD Sciences de l'Ingénieur | Université de Maroua | Maroua | Cameroun |
3. | Professeur | Université de Garoua | Garoua | Cameroun |
4. | Doctorant | UFD Sciences Économiques et de Gestion | Université de Maroua | Maroua | Cameroun |
5. | Doctorant | UFD Sciences de l'Homme et de la Société | Université de Maroua | Maroua | Cameroun |

| DOI: 10.5281/zenodo.19896010 | | Received March 02, 2026 | | Accepted April 25, 2026 | | Published April 30, 2026 | | ID Article | Bruno-Ref4-4-22ajiras230426 |

RESUME

Contexte : Le département du Mayo-Danay dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun qui correspond au plus grand bassin de production rizicole du pays se distingue par un régime climatique complexe marqué par une variabilité climatique interannuelle favorisant l'émergence de crises aboutissant à la fois à des épisodes de sécheresse et d'inondation. **Objectifs :** C'est en considération de cela que l'objectif de cette recherche est d'analyser les tendances d'évolution climatique dans la zone pour y cerner l'incidence de ces dérèglements sur la culture du riz, en s'inspirant des perceptions et réactions des riziculteurs. **Méthodes :** Pour y parvenir, des tests de tendances et calculs d'indices d'anomalies climatiques sur les paramètres de températures, précipitations, humidité des sols, évaporation et vitesse des vents, ont été effectués à des échelles interannuelle et décennale sur la série chronologique 1982-2022 afin de mesurer l'intensité et l'orientation des tendances d'évolution. Les enquêtes par questionnaires ont également été effectuées auprès de 210 riziculteurs afin de déterminer et évaluer les niveaux de perception sur les tendances du climat, les impacts sur la culture du riz ainsi que les mesures de riposte adoptées par ces derniers. **Résultats :** Les principaux résultats ont révélé une forte tendance à l'augmentation des températures et une relative constance autour de la moyenne mais marquée de fluctuations interannuelles de déficits et excédents successifs pour les autres paramètres climatiques, principalement les précipitations. Les perceptions des riziculteurs vont dans le sens de ces tendances et les dégâts des aléas sur l'activité rizicole sont perceptibles principalement en termes de stress et surabondance hydrique, de perturbations physiologiques dans le cycle végétatif de la plante, et proliférations de maladies et ravageurs de riz. Au final ceci contribue à une baisse ou une perte totale de la production. Toutefois, les stratégies de riposte des riziculteurs face à ces crises s'avèrent marginales, isolées et individuelles, ce qui les rend inefficaces et augmente leur niveau de vulnérabilité. **Conclusions :** Des mesures visant à un meilleur encadrement des producteurs, leurs formations en techniques agricoles innovantes et en gestion des risques et catastrophes, tout comme la structuration de systèmes locaux de prévention et d'alerte précoce, s'avèrent déterminants pour l'amélioration des stratégies d'adaptation et de mitigation face aux modifications des tendances climatiques et phénomènes climatiques extrêmes.

Mots-clés : Riziculture, Crise climatique, Sécheresse, Inondation, Adaptation, Mitigation.

ABSTRACT

Introduction: The Mayo-Danay division in the Far North region of Cameroon, which corresponds to the country's largest rice-producing basin, is characterized by a complex climate regime marked by interannual climate variability, fostering the emergence of crises that lead to both drought and flooding. **Objectives:** It is in this context that the objective of this research is to analyze climate trends in the area in order to understand the impact of these disruptions on rice cultivation, drawing on the perceptions and reactions of rice farmers. **Methods:** To achieve this, trend tests and calculations of climate anomaly indices for parameters such as temperature, precipitation, soil moisture, evaporation, and wind speed were carried out at interannual and decadal scales over the 1982-2022 time series to measure the intensity and direction of these trends. Questionnaire surveys were also conducted with 210 rice farmers to determine and assess their perceptions of climate trends, their impacts on rice cultivation, and the response measures they have adopted. **Results:** The main findings revealed a strong upward trend in temperatures and relative stability around the average, but marked by interannual fluctuations of successive deficits and surpluses for other climatic parameters, primarily rainfall. Farmers' perceptions align with these trends, and the damage caused by these hazards to rice farming is noticeable mainly in terms of water stress and excess, physiological disruptions in the plant's growth cycle, and the proliferation of rice diseases and pests. Ultimately, this contributes to a decrease or total loss of production. However, farmers' response strategies to these crises are marginal, isolated,

and individual, rendering them ineffective and increasing their vulnerability. **Conclusions:** Measures aimed at better supporting producers, training them in innovative agricultural techniques and in risk and disaster management, as well as structuring local prevention and early warning systems, are proving crucial for improving adaptation and mitigation strategies in the face of changes in climate trends and extreme weather events.

Keywords: Rice cultivation, Climate crisis, Drought, Flooding, Adaptation, Mitigation.

1. INTRODUCTION

La zone soudano-sahélienne constitue dans son ensemble une zone marginale et fragile sur le plan hydroclimatique et même écologique en référence notamment aux faibles niveaux pluviométriques et hydrologiques enregistrés chaque année, contrastant avec l'élévation des températures qui traduit un réchauffement du climat incomparable aux périodes précédentes notamment la moitié du 19^e siècle, avec un pic dans la décennie 1990 au 20^e siècle (Biasutti, 2019) [1]. Ces phénomènes, lorsqu'ils sont anormalement produits peuvent être qualifiés de crises (GIEC, 2014) [2], et ces crises et phénomènes environnementaux qui touchent le climat, l'eau, les sols et la biodiversité sont de nature à complexifier le fonctionnement des activités humaines et la dynamique des ressources naturelles, notamment dans le secteur agricole qui demeure un secteur essentiellement dépendant des conditions naturelles du milieu (Nkiaka, 2017) [3]. Les effets et impacts des phénomènes climatiques sur les agrosystèmes sont fonction à la fois de facteurs locaux, régionaux et internationaux, tout comme de l'ampleur du changement, sa probabilité, son rythme et sa durée, sa tolérance et les capacités du système agricole à s'adapter (Collier et Dercon, 2014) [4].

Vu sous cet angle, la garantie d'une activité agricole optimale passe nécessairement par des conditions environnementales, et principalement climatiques, tout aussi optimales, car les conditions climatiques représentent l'élément central de tout système agricole. A cet effet, la riziculture s'inscrit parfaitement dans cette logique, car il s'agit d'une activité agricole de premier choix, mais également très sensible aux dérèglements climatiques dans son rythme de croissance (Van Oort et Zwart, 2018) [5]. Le riz représente précisément une des céréales plus sollicitées à l'échelle mondiale, ce qui rend la demande sans cesse croissante dans les pays aussi bien grands producteurs que non.

Au Cameroun, le riz est hautement consommé dans toutes les régions du pays, avec une demande d'environ 800 000 tonnes par an. Cependant la production rizicole n'est pas tout aussi bien répartie dans l'ensemble du pays, car la riziculture n'est réellement structurée et produite en quantité industrielle que dans 03 régions du pays sur 10 régions au total, et spécifiquement dans seulement 03 départements sur les 58 que compte le pays à savoir : le département du Ngokeunjaà (région du Nord-Ouest), le département de la Bénoué (région du Nord) et le département du Mayo-Danay (région de l'Extrême-Nord) (JICA, 2021) [6]. Bien que toutes les régions possèdent des exploitations rizicoles, la région de l'Extrême-Nord, couvre 60 % de la production nationale avec la riziculture irriguée à grande échelle et la riziculture de bas-fond traditionnellement pratiquée. Cette faible répartition ne contribue pas à une production satisfaisante à la hauteur de la demande, car la production nationale ne dépasse pas généralement les 300 000 tonnes par an, avec notamment une production nationale de près de 290 000 tonnes en 2020 dont 118 000 tonnes environ à l'Extrême-Nord ; en baisse par rapport à 2019 où la production nationale avait atteint les 293 000 tonnes, dont 138 000 tonnes environ à l'Extrême-Nord (MINADER, AGRISTAT Cameroun N°18, 2022) [7], laissant ainsi un gap énorme entre offre et demande, et entre riz local et riz importé.

Au demeurant, la région de l'Extrême-Nord Cameroun est la partie du pays qui appartient à la bande sahélienne, et, de façon inéluctable, est donc sujette aux crises environnementales vécues dans l'ensemble de cette zone (Bichet et Diedhiou, 2018) [8]. De ce fait, le département du Mayo-Danay situé dans la partie sud-est de la région correspond à une zone de plaine et la platitude du terrain débouche sur une vallée drainée par le fleuve Logone et un lac de retenue d'eau à Maga. C'est précisément au cœur de cette vallée et aux abords du lac de Maga que la riziculture est abondamment pratiquée. L'État camerounais y a mis en place au début des années 1970 la SEMRY (Société d'Expansion et de modernisation de la Riziculture de Yagoua) qui est une société parapublique désignée à gérer les activités rizicoles sur deux périmètres : à Yagoua (6300 ha) et à Maga (7200 ha). Or, les objectifs assignés de booster la production sont loin d'être atteints après plus de cinq décennies d'activité (Tsujimoto, 2019) [9]. Ce constat amène à se demander quel pourrait être le rôle des conditions climatiques changeantes dans ce frein que connaît l'essor de la riziculture dans le bassin de production du Mayo-Danay. Autrement dit, en quoi les perturbations climatiques auxquelles la région de l'Extrême-Nord en général et le département du Mayo-Danay en particulier font face contribuent-elles à limiter le développement de la production rizicole ?

Compte tenu du fait qu'il s'agit ici d'une zone semi-aride en proie régulièrement à des catastrophes climatiques en termes d'alternance des épisodes de sécheresses et d'inondations d'une année à une autre (Clark et al., 2022 ; Nelson et al., 2014 ; Stige et al., 2006 ; Wollburg et al., 2024) [10,11,12,13], comment les riziculteurs, qui représentent les premiers acteurs de la chaîne rizicole, réagissent-ils pour continuer de produire malgré les conditions climatiques qui changent incessamment ? Quel regard portent-ils sur l'évolution des perturbations climatiques et leurs effets sur la culture du riz, vu que la variabilité climatique est directement ressentie par les producteurs (Mertz et al., 2009 ; West et al., 2008) [14,15], tout comme son impact (Derressa et Hassan, 2009 ; Di Falco et al., 2011) [16,17] ?

Compte tenu du fait que la décision d'adaptation est prise sur la base de facteurs endogènes au producteur qui se fie à ses perceptions pour s'adapter ou non (Alene et Manyong, 2007 ; Di Falco et al., 2011) [18,17], ces derniers sont-ils

suffisamment outillés techniquement, matériellement et structurellement pour affronter efficacement les crises climatiques ?

C'est au regard de ces interrogations que l'objectif principal de cette étude est d'analyser les tendances d'évolution climatique dans le Mayo-Danay pour y cerner l'incidence sur la culture du riz, en s'inspirant des perceptions et réactions des riziculteurs face aux impacts des crises climatiques. Il s'agira plus spécifiquement dans un premier temps d'analyser les tendances climatiques de la zone pour déterminer les marqueurs effectifs de perturbation, ensuite de déterminer les perceptions que les riziculteurs possèdent sur chaque phénomène observé et ses effets, et enfin d'évaluer les techniques adaptatives et réactives utilisées face aux phénomènes climatiques observés comme événements perturbateurs de la culture du riz.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Cadrage géographique de l'étude et justification du choix des sites

Cette étude a été conduite dans le département du Mayo-Danay, situé dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun, entre les latitudes 9,916° N et 11,107° N et les longitudes 14,775° E et 15,701° E. Ce département, bordé au nord par le département du Logone et Chari, au sud-est par la République du Tchad, et à l'ouest par les départements du Mayo-Kani et du Diamaré, constitue le principal bassin rizicole du Cameroun, concentrant 60 % de la production nationale. La sélection de la zone d'étude a été motivée par trois critères : (i) l'importance stratégique du Mayo-Danay pour la sécurité alimentaire nationale, (ii) la présence de périmètres irrigués gérés par la Société d'Expansion et de Modernisation de la Riziculture de Yagoua (SEMRY) sur une superficie totale de 13 500 ha, et (iii) la vulnérabilité particulière de la zone aux aléas climatiques dans un contexte de régime soudano-sahélien. L'analyse a été focalisée sur quatre arrondissements à forte activité rizicole : Yagoua, Vélé, Kay-Kay et Maga.

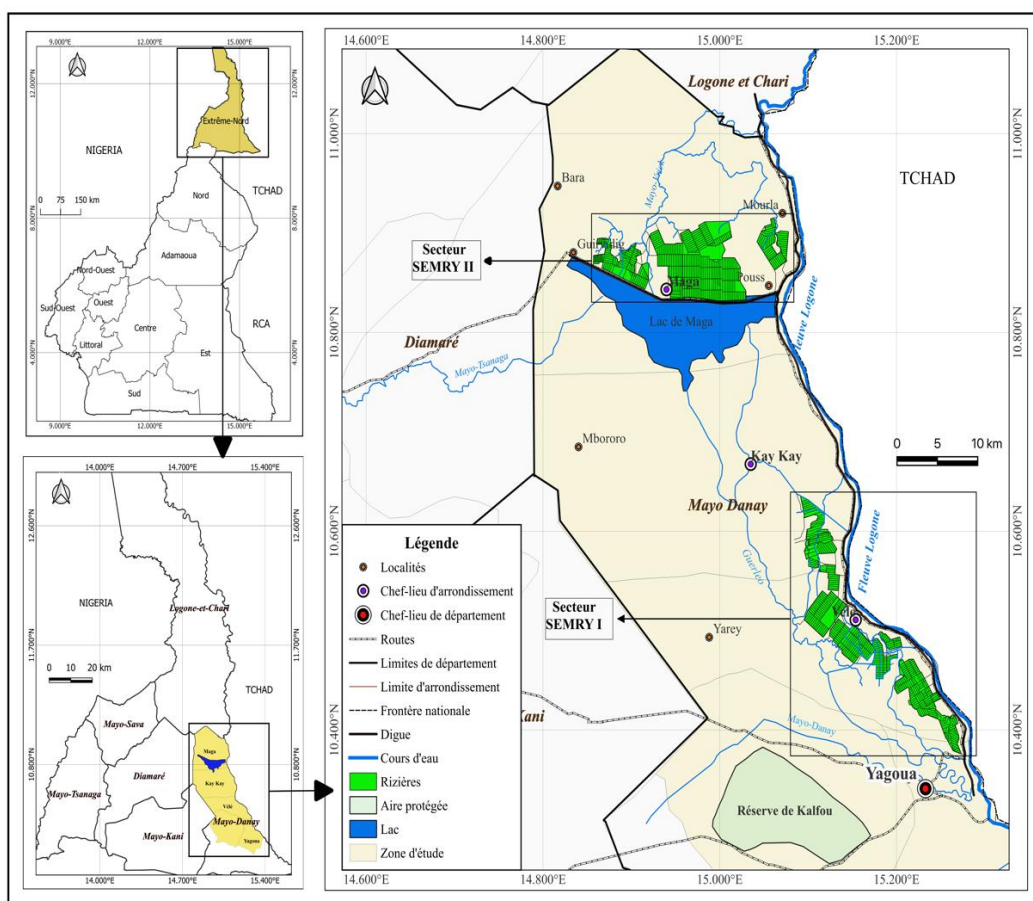


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.

2.2 Design de l'étude

Il s'agit d'une étude transversale à méthodes mixtes (mixed-methods cross-sectional study), combinant une analyse quantitative de séries chronologiques climatiques et une enquête socioéconomique par questionnaire auprès de riziculteurs. L'approche mixte a été retenue afin de trianguler les données objectives (mesures climatiques instrumentales) avec les données subjectives (perceptions paysannes), conformément aux recommandations méthodologiques pour les études sur l'adaptation agricole au changement climatique.

2.3 Données et sources

2.3.1 Données climatiques

Les données climatiques ont été extraites de la plateforme TerraClimate, hébergée par Climate Engine, pour la période allant du 1er janvier 1982 au 31 décembre 2022 (série chronologique de 41 ans). TerraClimate est un jeu de données mondial à haute résolution spatiale (1/24°, soit ~4 km) offrant des données mensuelles de variables climatiques et de bilan hydrique pour les surfaces terrestres mondiales, obtenues par interpolation climatiquement assistée combinant les normales climatologiques de WorldClim avec les données temporellement variables de CRU Ts4.0 et de la réanalyse japonaise JRA55. La validité et la précision de cette source de données ont été établies par Abatzoglou et al. (2018) [19].

Les variables climatiques analysées comprennent : les précipitations cumulées annuelles (CumulPrec, en mm), les températures minimales (Tmin, en °C), les températures maximales (Tmax, en °C), les températures moyennes (Tmoy, en °C), l'amplitude thermique journalière (AmpliTh, en °C), l'évaporation (Evap, en mm), l'humidité des sols (HumS, en mm) et la vitesse des vents (VitsV, en m/s). L'extraction des données a été réalisée par polygonisation et agrégation spatiale sur l'emprise géographique exacte du département du Mayo-Danay, fournissant ainsi des données surfaciques de synthèse prétraitées.

2.3.2 Données socioéconomiques et agricoles

Les données socioéconomiques et agricoles ont été collectées par enquête par questionnaire administré auprès de riziculteurs résidant dans la zone d'étude. La population cible était constituée de producteurs de riz exerçant effectivement leur activité depuis au moins 20 ans dans l'un des quatre arrondissements sélectionnés. En l'absence de registre exhaustif des riziculteurs (base de sondage incomplète), une méthode d'échantillonnage non probabiliste a été adoptée, combinant deux techniques : l'échantillonnage par choix raisonné (purposive sampling), visant à identifier les individus les mieux informés sur les pratiques rizicoles et climatiques locales, et l'échantillonnage par réseau ou « boule de neige » (snowball sampling), permettant à chaque participant d'orienter vers d'autres riziculteurs éligibles.

Au total, 210 riziculteurs ont été interrogés, répartis proportionnellement entre les arrondissements selon leur importance en termes de superficie rizicole : Yagoua (n = 65, soit 30,95 %), Maga (n = 65, soit 30,95 %), Vélé (n = 40, soit 19,05 %) et Kay-Kay (n = 40, soit 19,05 %). Le questionnaire a recueilli des informations portant sur : (i) les connaissances et perceptions des causes, manifestations et tendances d'évolution du changement climatique ; (ii) les effets perçus des aléas climatiques sur la culture du riz à différentes phases du cycle végétatif ; et (iii) les stratégies d'adaptation et de mitigation adoptées face aux épisodes de sécheresse et d'inondation.

2.4 Méthodes d'analyse statistique et climatologique

2.4.1 Caractérisation du régime climatique

Le régime climatique de la zone a été caractérisé à l'aide du diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (1953) [20], permettant de discriminer les mois secs des mois humides selon la relation $P = 2T$, où P représente les précipitations mensuelles moyennes (en mm) et T les températures moyennes mensuelles (en °C). Un mois est défini comme sec lorsque $P < 2T$ (histogramme pluviométrique inférieur à la courbe thermique), et comme humide dans le cas contraire.

2.4.2 Analyse de la variabilité interannuelle

La variabilité interannuelle de chaque paramètre climatique a été quantifiée par le calcul de l'Indice d'Anomalie Standardisé (IAS), défini selon la formule :

$$IAS = (P_i - P_m) / \sigma \quad (1)$$

Où

P_i : représente la valeur du paramètre pour l'année i ,

P_m : la moyenne de la série chronologique complète,

σ : l'écart-type de cette série.

Cet indice, initialement développé pour l'analyse des anomalies pluviométriques sahéniennes (Lamb, 1982 [21] ; Nicholson, 1981 [22]), permet de distinguer les années déficitaires ($IAS < 0$), les années excédentaires ($IAS > 0$) et les années proches de la normale ($IAS \approx 0$). Les données ont également été discrétisées en quatre décennies (1982–1991, 1992–2001, 2002–2011, 2012–2022) afin d'analyser les tendances décennales d'évolution.

2.4.3 Test de tendance de Mann-Kendall et pente de Sen

Les tendances statistiques de chaque série chronologique ont été évaluées par le test non paramétrique de Mann-Kendall (Mann, 1945 ; Kendall, 1975) [23,24], adapté à l'analyse de tendances monotones dans des séries temporelles sans présupposition de normalité de la distribution des résidus. Le seuil de significativité statistique a été fixé à $\alpha = 0,05$ (intervalle de confiance à 95 %). La statistique S du test, positive pour une tendance à la hausse et négative pour une tendance à la baisse, est complétée par le Tau de Kendall (τ), qui mesure la force de la corrélation entre les valeurs et leur rang temporel. L'orientation et la magnitude de la tendance ont été estimées par la pente de Sen (β), définie comme la médiane des pentes calculées entre toutes les paires de points de la série, fournissant une estimation robuste non sensible aux valeurs aberrantes. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Khronostat 2.0 (IRD, France).

2.4.4 Analyse des perceptions des riziculteurs

Les données issues des questionnaires ont fait l'objet d'analyses descriptives par calcul de fréquences relatives pour chaque item de perception (tendances climatiques perçues, périodes critiques d'impact, stratégies adoptées). Les fréquences les plus élevées ont permis d'identifier les phénomènes climatiques les plus communément perçus et les périodes du calendrier agricole les plus vulnérables. L'influence du niveau d'instruction et de l'expérience dans la pratique de la riziculture (approximée par l'âge des riziculteurs) sur la connaissance des perturbations climatiques a été explorée par analyse croisée de ces variables. L'efficacité perçue des stratégies réactives a été évaluée à l'aide d'une échelle ordinale à six niveaux (nulle, faible, passable, acceptable, moyenne, efficace).

2.4.5 Outils d'analyse et cartographie

Les analyses statistiques descriptives et les calculs d'indices d'anomalies ont été réalisés sous XLSTAT 2021 (Addinsoft, France). Les tests de tendance de Mann-Kendall et les pentes de Sen ont été calculés avec Khronostat 2.0 (IRD, France). Les cartes de localisation et les analyses spatiales de la production rizicole ont été produites avec le logiciel de système d'information géographique QGIS 3.40 (Open Source Geospatial Foundation).

3. RESULTATS

3.1. Tendances d'évolution et irrégularités observées dans les paramètres climatiques nécessaires à la riziculture

3.1.1. Caractérisation du régime climatique dans le Mayo-Danay

Le département du Mayo-Danay, tout comme l'ensemble de la région de l'Extrême-Nord Cameroun, correspond au climat monomodal de type tropical soudano-sahélien marqué par deux saisons bien distinctes à savoir une longue saison sèche de 08 à 09 mois (octobre à mai) et une courte saison des pluies de 03 à 04 mois (juin à septembre). Les années les plus arrosées peuvent atteindre environ 900mm de pluies par an, tandis que les années les moins arrosées peuvent se limiter à moins de 600mm (Figure 2).

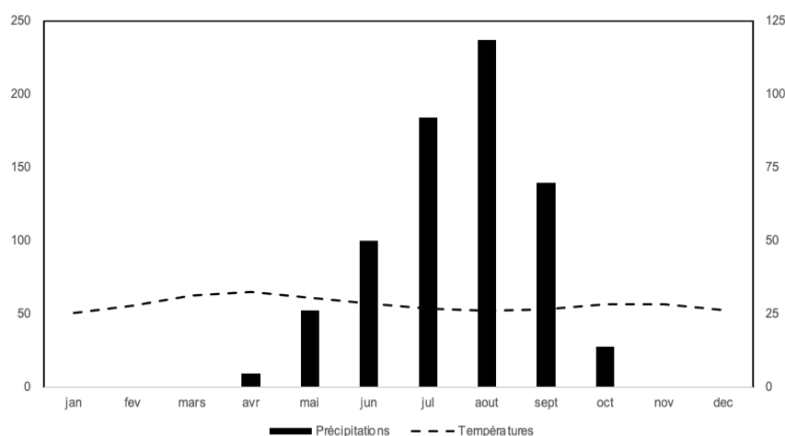


Figure 2. Diagramme ombrothermique du Mayo-Dana sur la série 1982-2022.

Le diagramme ombrothermique établi sur la période 1982-2022 permet de distinguer le régime climatique qui a prévalu dans la zone durant les 04 dernières décennies, en se référant aux périodes sèches et humides déterminées par la relation entre les précipitations moyennes (en mm) et le double des températures (en °C) enregistrées durant cette

période. Il en ressort que les mois d’octobre, novembre, décembre, janvier, février, mars, avril et mai représentent les mois secs, puisque l’histogramme des précipitations est sous la courbe des températures durant cette période. À l’inverse, les mois de juin, juillet, août et septembre correspondent aux mois humides, puisque l’histogramme des précipitations dépasse la courbe des températures. Le mois le plus humide est le mois d’août qui enregistre 236,96 mm de pluies, tandis que le mois le plus sec correspond au mois d’avril avec des températures moyenne atteignant 32,52°C. C’est donc cette période humide, moins longue et moins intense que la période sèche, qui correspond à la période agricole, notamment pour la culture du riz pluvial dont les principales variétés ont un cycle végétatif de 120 jours.

3.1.2. Tendances à une alternance interannuelle de déficits et excédents pluviométriques

Les facteurs du climat influençant les quantités de pluies précipitées chaque année ne permettent pas d’enregistrer une pluviométrie fixe chaque année, pouvant donc s’avérer faible, moyenne ou élevée par rapport à la normale. La dynamique pluviométrique observée sur la période 1982-2022 démontre cette tendance à l’irrégularité des précipitations dans la zone, permettant de détecter les années déficitaires et les années excédentaires et moyennes (Figure 3).

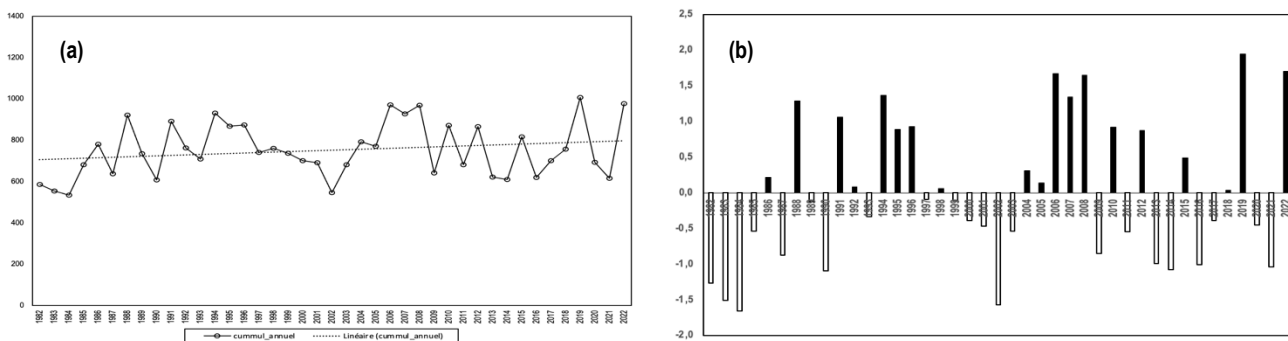


Figure 3. Tendance d’évolution (a) et anomalies (b) interannuelles de la pluviométrie

Sur la série chronologique étudiée, la moyenne des précipitations annuelles s’élève à 752,48mm. Les écarts par rapport à cette moyenne mettent en évidence 19 années au-dessus de la moyenne et 41 années en-dessous de la moyenne. Le pic excédentaire est enregistré en 2019 avec 1007,61mm, tandis que le pic déficitaire est enregistré en 1984 avec 535,09mm. Pour ces dates, l’écart de l’excédent est de 255,13mm de plus que la moyenne pendant que l’écart du déficit est de -217,39mm de moins que la moyenne. L’indice d’anomalie standardisé confirme la tendance vers des années moins arrosées avec le nombre plus élevé de déficit (22 ans, soit 53,65%) que d’excédent pluviométrique (19ans, soit 46,35%), et la faible orientation de la courbe de tendance pluviométrique traduit beaucoup plus une variabilité interannuelle qu’une tendance forte à un changement vers la hausse ou la baisse des valeurs pluviométriques.

3.1.3. Des tendances à une hausse progressive des températures

Les températures aussi bien minimales que maximales connaissent pour leur part une nette tendance d’évolution vers la hausse, bien que l’irrégularité soit tout aussi remarquable d’une année à l’autre, ce qui rend l’amplitude thermique inconstante sur la série, d’autant plus que les années de températures minimales élevées ou basses ne sont pas forcément les mêmes que pour les températures maximales (Figure 4, 5, 6).

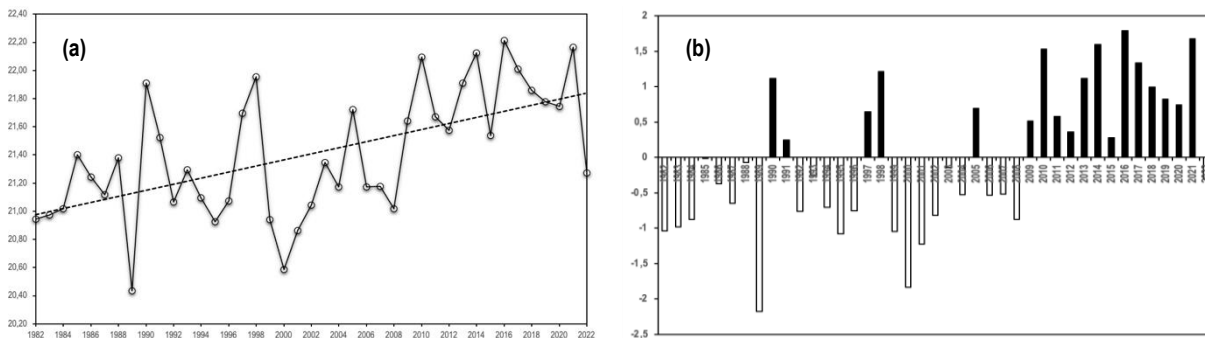


Figure 4 : Tendance d’évolution (a) et anomalies (b) interannuelles des températures minimales

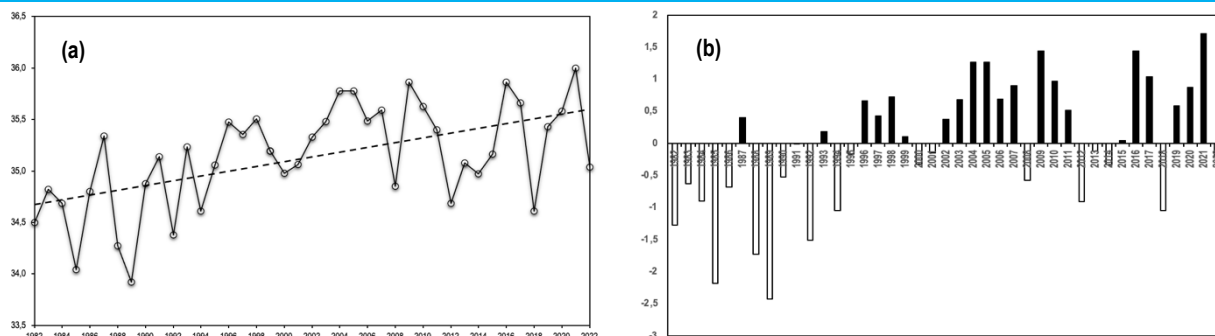


Figure 5 : Tendence d'évolution (a) et anomalies (b) interannuelles des températures maximales.

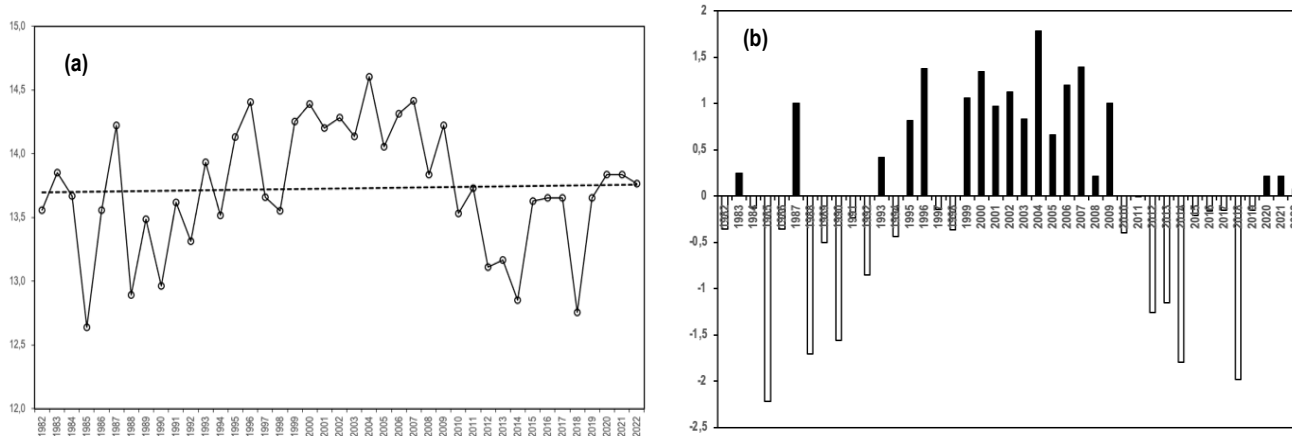


Figure 6 : Tendence d'évolution (a) et anomalies (b) interannuelles de l'amplitude thermique.

Les figures ci-haut présentent en effet des courbes de tendances bien marquées à la hausse pour les températures minimales et maximales, tandis que l'amplitude thermique ne présente aucune orientation. Au-delà des tendances observées, les analyses des écarts à la normale sur la série étudiée sont révélatrices des années chaudes et froides. En effet, les observations respectives des écarts pour les températures minimales et maximales distinguent les années plus chaudes des années moins chaudes, ainsi que leurs différents pics et périodes qui ne sont pas toujours identiques. Si l'on enregistre 18 années avec des niveaux de chaleur au-dessus de la moyenne contre 23 en deçà pour les températures minimales, l'on enregistre plutôt 21 années au-dessus de la moyenne contre 20 en deçà pour les températures maximales. Ceci démontre une tendance beaucoup plus importante vers le réchauffement, comme le révèlent également la distinction des longueurs des périodes. En effet, pour les températures minimales la période allant de 1982 à 2008 (soit 23ans) est plus marquée par des températures basses contre seulement 18ans, de 2008 à 2022 qui marquent le réchauffement. Par contre, en ce qui concerne les températures maximales, de 1982 à 1995, soit tout juste 14ans, est plus marquée par des températures basses, contre jusqu'à 27ans qui marquent le réchauffement. Néanmoins, il demeure que le point commun entre les deux variables est que les dernières années de la série chronologique sont plus chaudes, à la seule différence que la période de réchauffement est plus longue concernant les températures maximales par rapport aux minimales.

Par ailleurs, les paramètres de précipitations et températures, influencent également d'autres paramètres climatiques également contraignants pour l'activité rizicole. Il s'agit de l'évaporation, l'humidité des sols et la vitesse des vents. En effet, dans le cycle de l'eau, l'évaporation correspond au passage de l'eau, notamment issue des précipitations, de l'état liquide à l'état gazeux sous l'influence de la chaleur. Si les températures sont très fortes, l'évaporation est rapide. Il en est de même pour l'humidité des sols qui est également influencée par les températures élevées et l'évaporation rapide des eaux absorbées des précipitations ou de la nappe phréatique. Les vents pour leur part, peuvent être dépourvus d'humidités, secs et violents. Les analyses des tendances d'évolution interannuelle de ces paramètres (Figure 7, 8, 9) contribuent à avoir une vue plus large sur le régime climatique a sein duquel s'exprime la riziculture dans la zone.

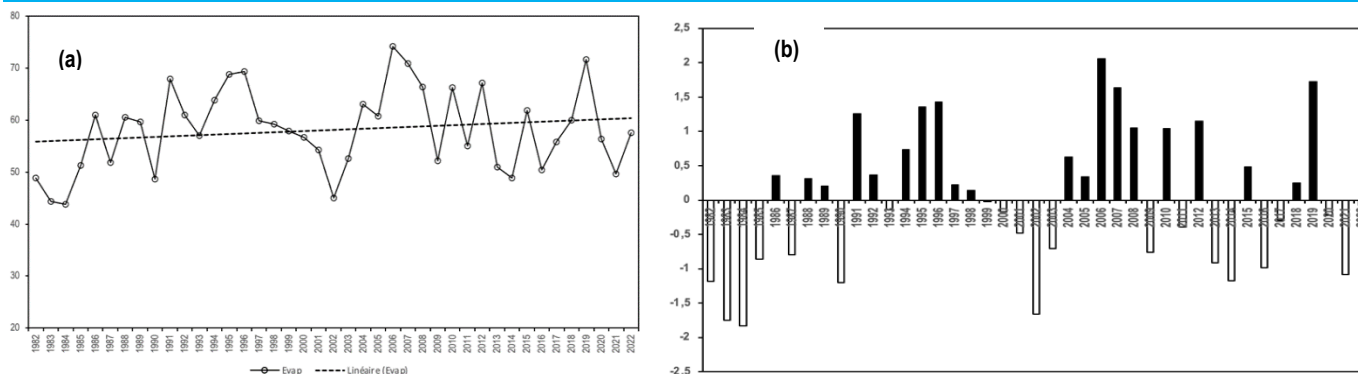


Figure 6 : Tendence d'évolution (a) et anomalies (b) interannuelles de l'évaporation.

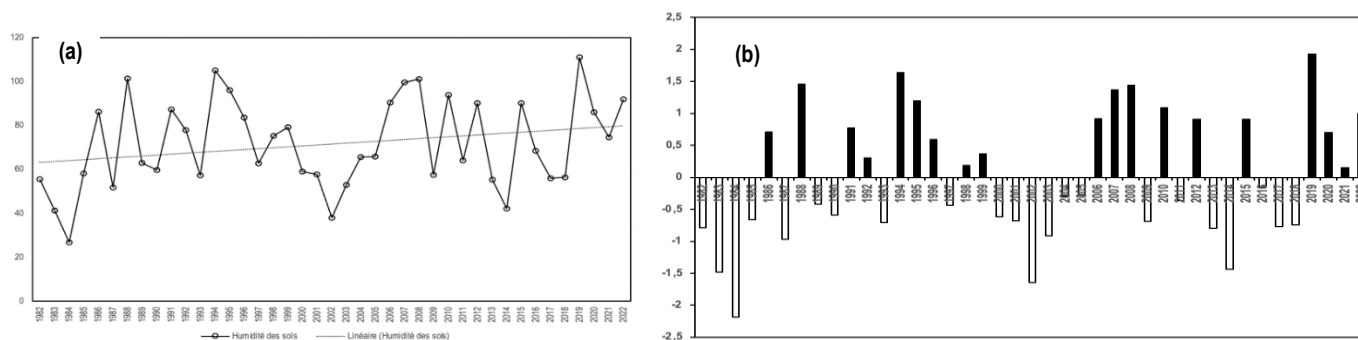


Figure 7 : Tendence d'évolution (a) et anomalies (b) interannuelles de l'humidité des sols.

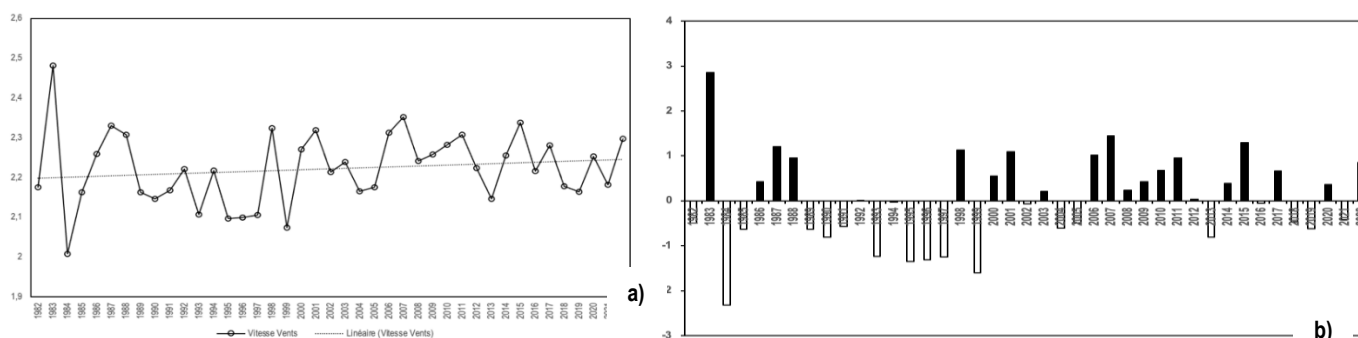


Figure 8 : Tendence d'évolution (a) et anomalies (b) interannuelles de la vitesse des vents.

Les courbes de tendances présentent une nette irrégularité interannuelle pour les paramètres d'évaporation, humidité des sols et vitesse des vents. Cependant, la tendance vers la hausse est clairement marquée pour les deux premiers tandis que le dernier est plus constant, mais avec une légère tendance vers la hausse à partir de la deuxième moitié de la série (l'an 2000). Ces courbes de tendances mettent elles aussi en exergue la prédominance d'un régime climatique qui tend vers le réchauffement dans la zone. Cette tendance est confirmée par les indices d'anomalies standardisés qui définissent les écarts à la normale et mettent en évidence le fait qu'ou les années déficitaires sont également légèrement plus nombreuses que les années excédentaires, avec notamment : 21 déficits contre 20 excédents pour l'évaporation ; 22 déficits contre 19 excédents pour l'humidité des sols ; 21 déficits contre 20 excédents pour la vitesse des vents. Les valeurs spécifiques des tendances d'évolution climatiques sont illustrées par les statistiques du test de tendance de Mann-Kendall (Tableau 1) et la visualisation de la pente de Sen (Figure 9).

3.1.4. Étendues et Valeurs des tendances observées dans les paramètres climatiques

Tableau 1 : Le tableau montre les résultats des tests de tendance de Mann-Kendall / Test bilatéral.

	Tmin	Tmax	Tmoy	AmplTh	CumulPrec	Evap	HumS	VitsV
Tau de Kendall	0,398	0,388	0,488	0,054	0,102	0,085	0,141	0,117
S	326,000	318,000	400,000	44,000	84,000	70,000	116,000	96,000
Var(S)	7926,667	7926,667	7926,667	7926,667	7926,667	7926,667	7926,667	7926,667
Pente de Sen	0,022	0,025	0,023	0,003	1,888	0,111	0,344	0,001
Constante pente	-23,238	-14,493	-18,149	8,359	-3035,811	-164,201	-624,141	-0,403
p-value (bilatérale)	0,000	0,000	< 0,0001	0,631	0,354	0,441	0,198	0,288
Alpha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Significativité	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non

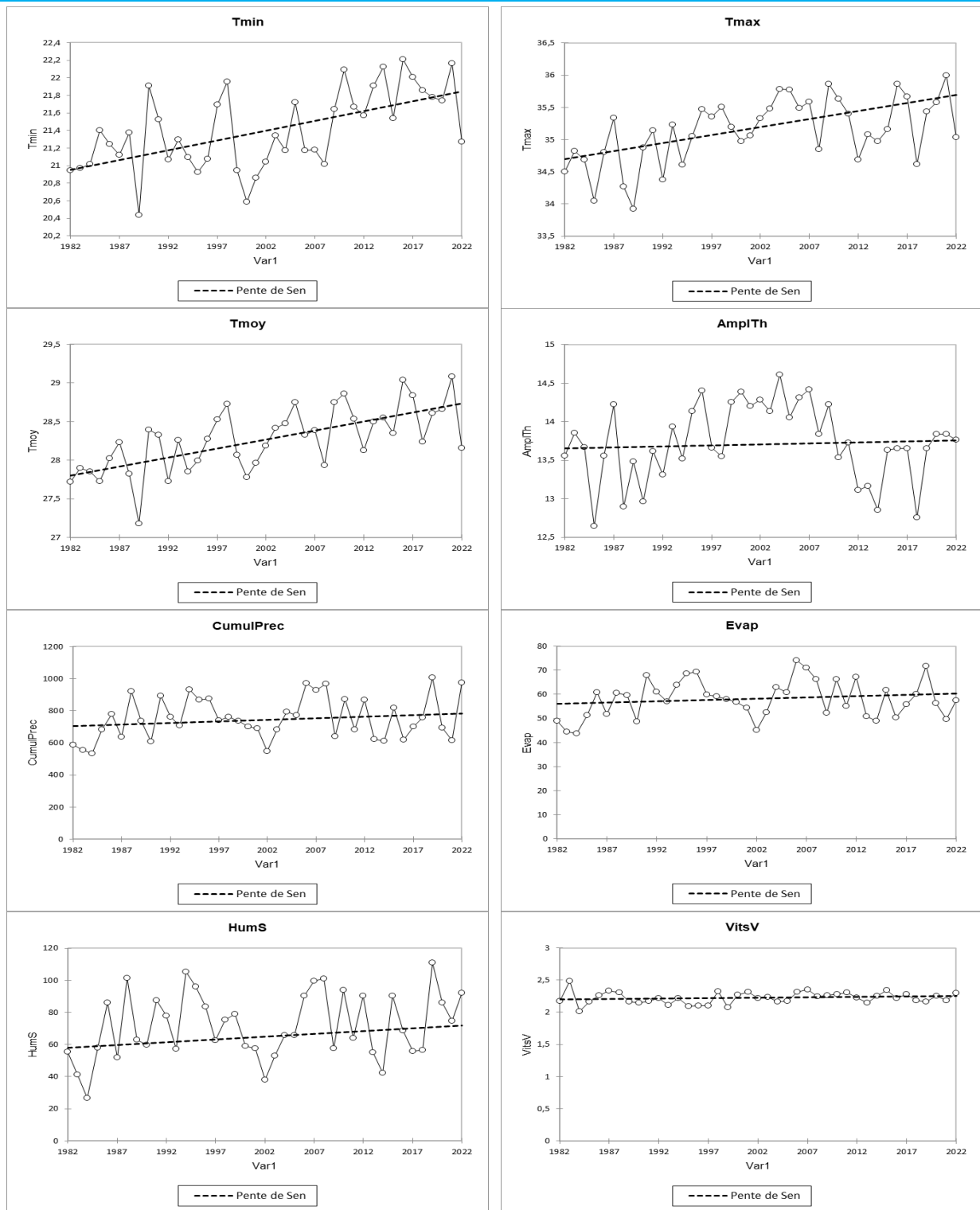


Figure 9 : Tendances climatiques selon le test de Mann-Kendall et la pente de Sen.

Les résultats issus du test de tendance mettent en exergue le fait que le paramètre de direction S supérieur à 0 pour toutes les variables indique une tendance à la hausse, traduisant ainsi le fait que les valeurs climatiques récentes sont globalement supérieures aux anciennes. Cependant la p -value $< 0,05$ n'exprime la significativité statistique de cette tendance à la hausse que pour les températures. C'est pour cette raison que le Tau de Kendall qui mesure la force de la corrélation entre les données et le temps est plus élevé pour les températures par rapport aux autres variables climatiques. Néanmoins avec des valeurs du Tau de Kendall toutes positives, on peut effectivement conclure qu'il n'y a aucune tendance décroissante, mais qu'on note une forte tendance monotone croissante pour les températures et une faible tendance monotone croissante pour le reste des paramètres.

Par ailleurs, les valeurs de la pente de Sen qui indiquent l'ampleur de la direction de la tendance linéaire, révèlent que toutes les valeurs des variables climatiques sont supérieures à 0, ce qui signifie qu'il y a une tendance à la hausse et une augmentation des valeurs avec le temps. Cependant les valeurs des températures qui sont plus élevées par rapport aux autres paramètres expliquent le fait que la pente soit plus raide, indiquant ainsi que leur tendance à la hausse est plus rapide comparativement à celle des autres paramètres.

Les comparaisons par décennies de ces différentes périodes permettent de mieux apprécier les périodes les plus expressives des variabilités et tendances d'évolution observées.

3.1.5. Des écarts dans les tendances d'évolution par décennies des paramètres climatiques

Pour mieux appréhender les tendances d'évolutions climatiques, la série a été discrétisée en 04 décennies en moyennant les valeurs interannuelles des différents paramètres climatiques observés (Figure 10).

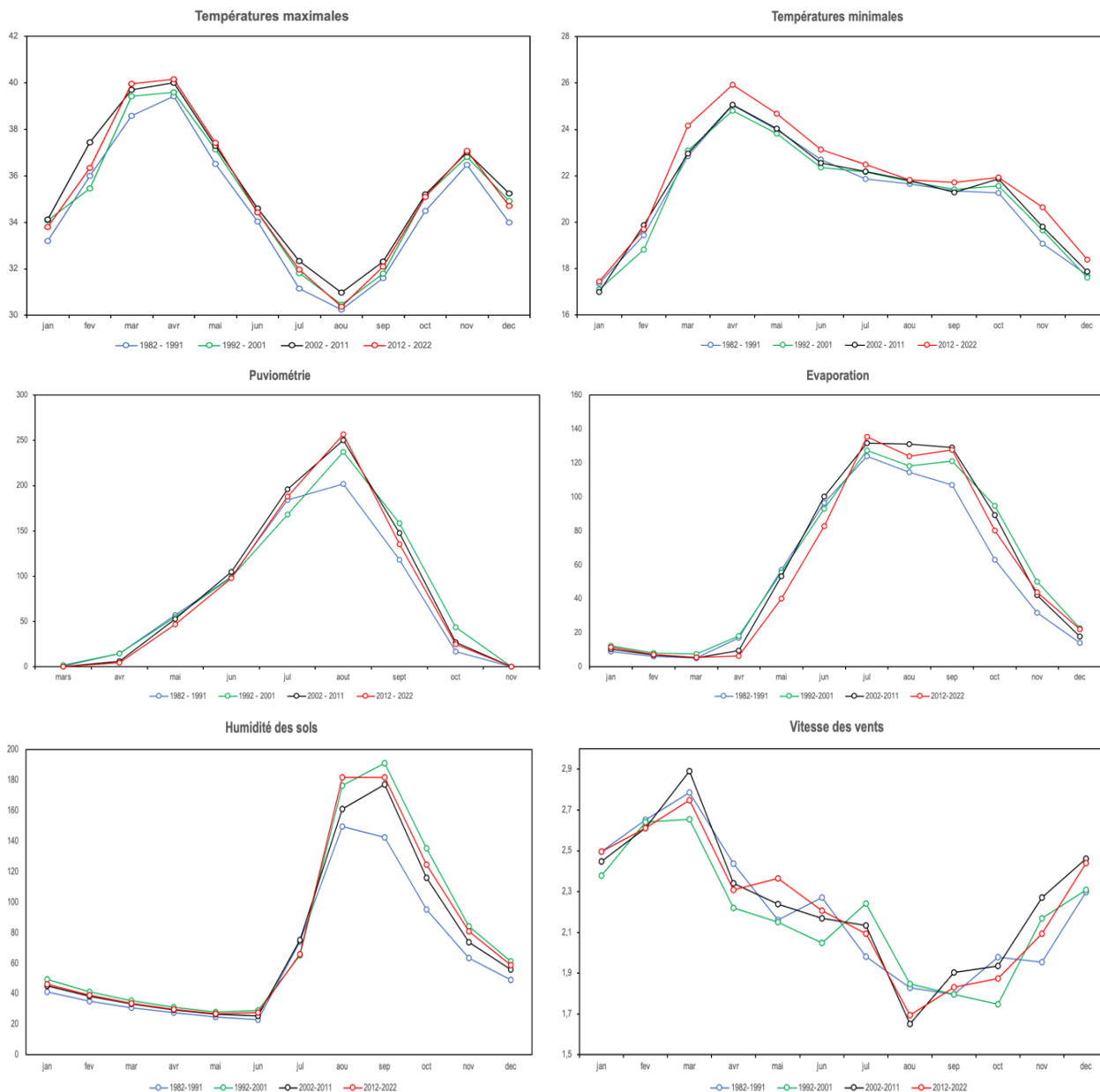


Figure 10 : Comparaison de l'évolution des paramètres climatiques par décennies.

Il ressort des comparaisons des paramètres climatiques par décennies que les paramètres ne suivent pas tous le même rythme d'évolution. Si la dernière décennie est plus marquée par des pics de températures, précipitations et évaporation, il n'en n'est pas de même pour les sols et les vents. Cependant, il demeure que les deux dernières décennies (2002-2011 et 2012-2022) sont celles qui reflètent le plus les tendances vers la hausse, bien que l'étendue et la valeur des tendances varie d'un paramètre à un autre.

Au vu de ces résultats qui révèlent des tendances d'évolution irrégulière pour les paramètres climatiques nécessaires dans la culture du riz et qui traduisent une variabilité climatique dans la zone, il importe alors d'analyser et de comprendre quelles perceptions les riziculteurs ont de ces tendances climatiques et de leurs effets sur la riziculture, afin de pouvoir évaluer leur capacité de réaction.

3.2. Perception des tendances d'évolution des crises climatiques par les riziculteurs

Face aux modifications que connaissent les paramètres climatiques, les riziculteurs ont leurs ressentis, leurs compréhensions et leurs interprétations basés sur leurs expériences ou connaissances personnelles, culturelles ou communautaires, et qui peuvent varier d'un individu à un autre, un groupe à un autre, une société à une autre. C'est dans ce sens que se situe la diversité des perceptions paysannes face aux tendances du changement climatique et ses effets critiques sur la riziculture.

3.2.1. Perceptions sur les causes et manifestations du changement climatique

La problématique du changement climatique est une préoccupation majeure pour les communautés paysannes en général et les riziculteurs en particulier. En effet, parmi les producteurs interrogés dans le cadre de cette étude, 73,91% indiquent avoir connaissance du changement contre 26,09% qui n'en connaissent rien. Cependant, cette connaissance varie en fonction du niveau d'instruction et d'expérience dans la riziculture (Figure 11).

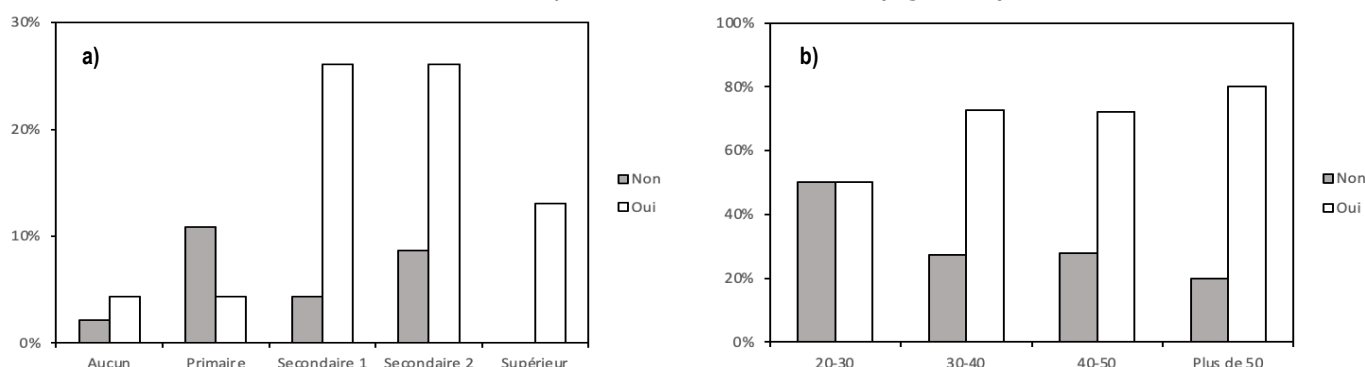


Figure 11 : Niveaux de connaissance des perturbations liées au changement climatique selon le niveau d'instruction (a) et l'âge des riziculteurs (b).

Il ressort que d'une part les riziculteurs ayant les niveaux d'études secondaires et supérieures sont les mieux renseignés sur les phénomènes climatiques. D'autre part, on remarque aussi que les riziculteurs les plus anciens dans la pratique de la riziculture sont ceux qui disposent de plus de connaissances sur les changements climatiques, notamment les causes et les manifestations (Figure 12).

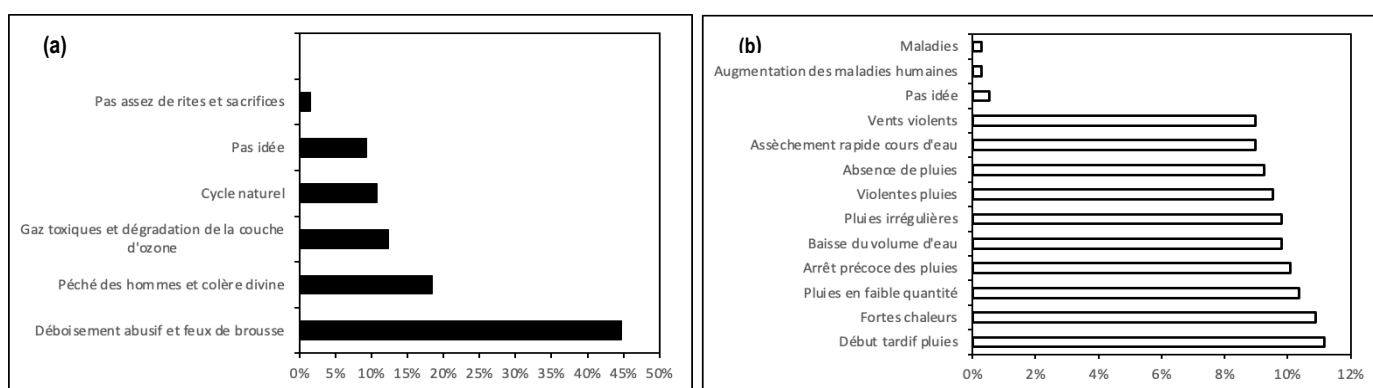


Figure 12 : Causes (a) et manifestations (b) des changements climatiques.

L'observation des causes perçues des changements climatiques montre que les origines sont à la fois d'ordre naturel et spirituel, car si pour la plupart des riziculteurs c'est la dégradation de l'environnement qui occasionne les modifications du climat, pour d'autres il s'agit plutôt d'une volonté d'un Dieu suprême en colère contre les humains d'où cette forme de châtement. Par ailleurs, les manifestations des changements climatiques telles que perçues, tournent principalement autour de trois éléments du climat à savoir successives : les précipitations, les températures et les vents, dont les dérèglement se traduisent en crises agroclimatiques (Figure 13).

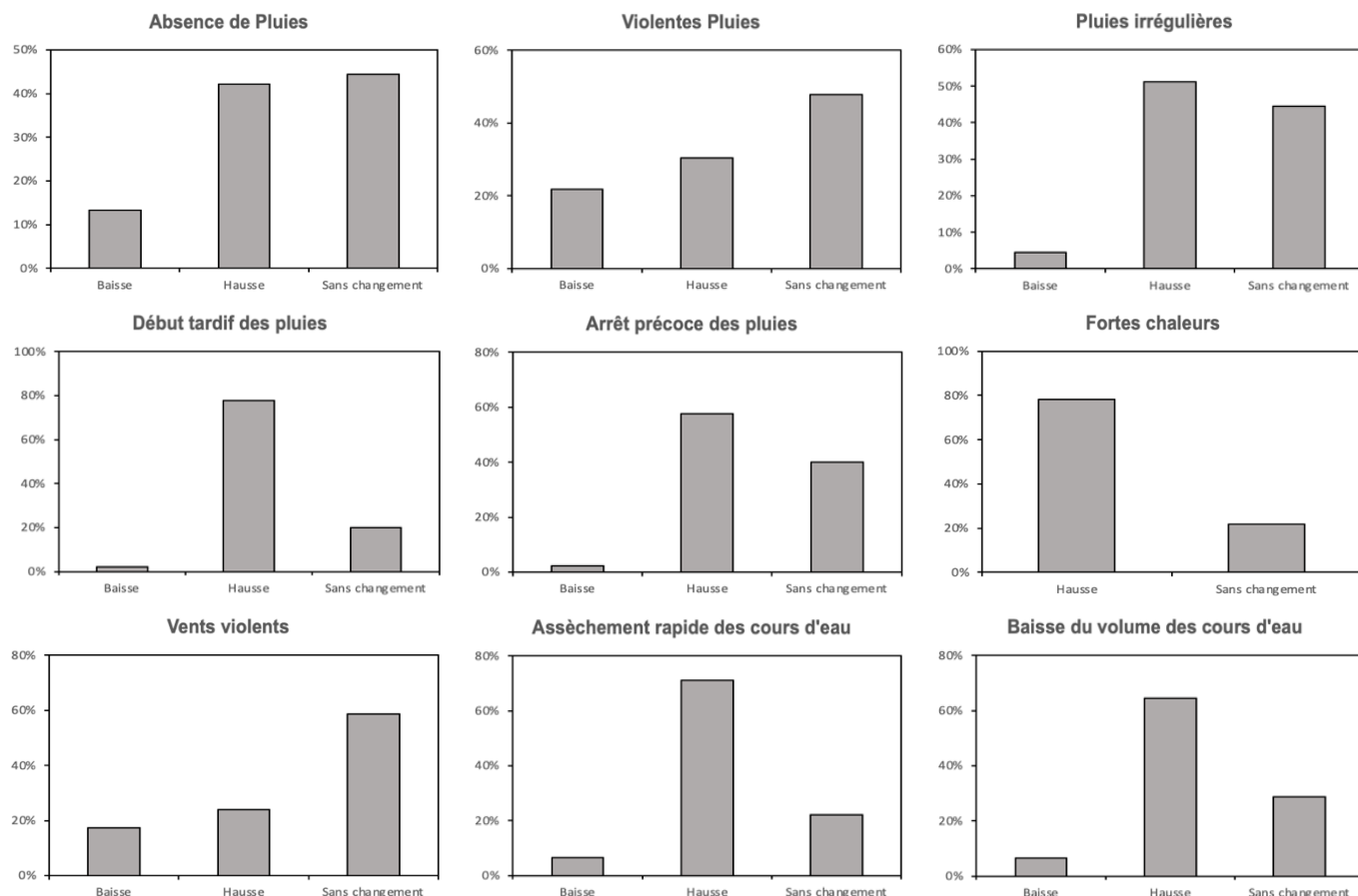


Figure 13 : Appréciation de l'évolution de l'intensité des phénomènes climatiques observés.

Ces phénomènes climatiques extrêmes tels qu'observés, ne semblent connaître en aucun cas des tendances remarquées à la baisse. Si pour les vents les riziculteurs ne perçoivent pas un réel changement, les autres phénomènes climatiques connaissent tous une tendance bien prononcée vers la hausse, notamment en ce qui concerne les pluies, les températures et les eaux de surface. On comprend dès lors qu'il s'agit en effet des facteurs climatiques primordiaux pour la conduite de l'activité culturale. Cette tendance à la hausse des phénomènes climatiques s'accompagne d'effets néfastes pour la riziculture (Figure 14)

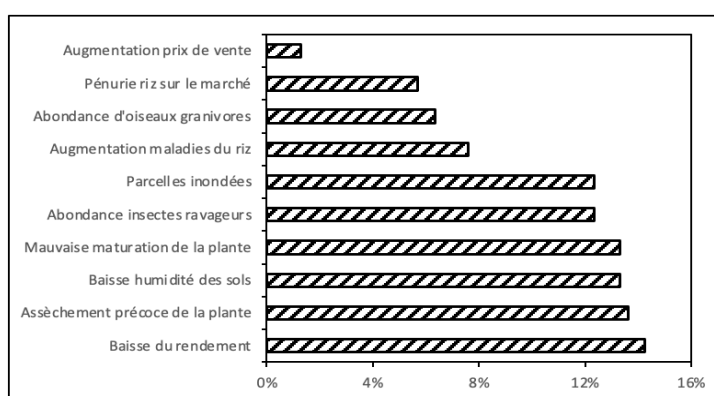


Figure 14 : Effets observés sur l'activité rizicole.

Il ressort de la figure que les effets des perturbations climatiques sur l'activité rizicoles sont d'abord biologiques, ensuite hydrologiques et enfin agroéconomiques. En effet, on peut constater que le principal effet remarqué est la baisse de rendement (Figure 15), car, l'objectif premier pour tout agriculteur lors d'une campagne agricole est d'abord d'optimiser son rendement.

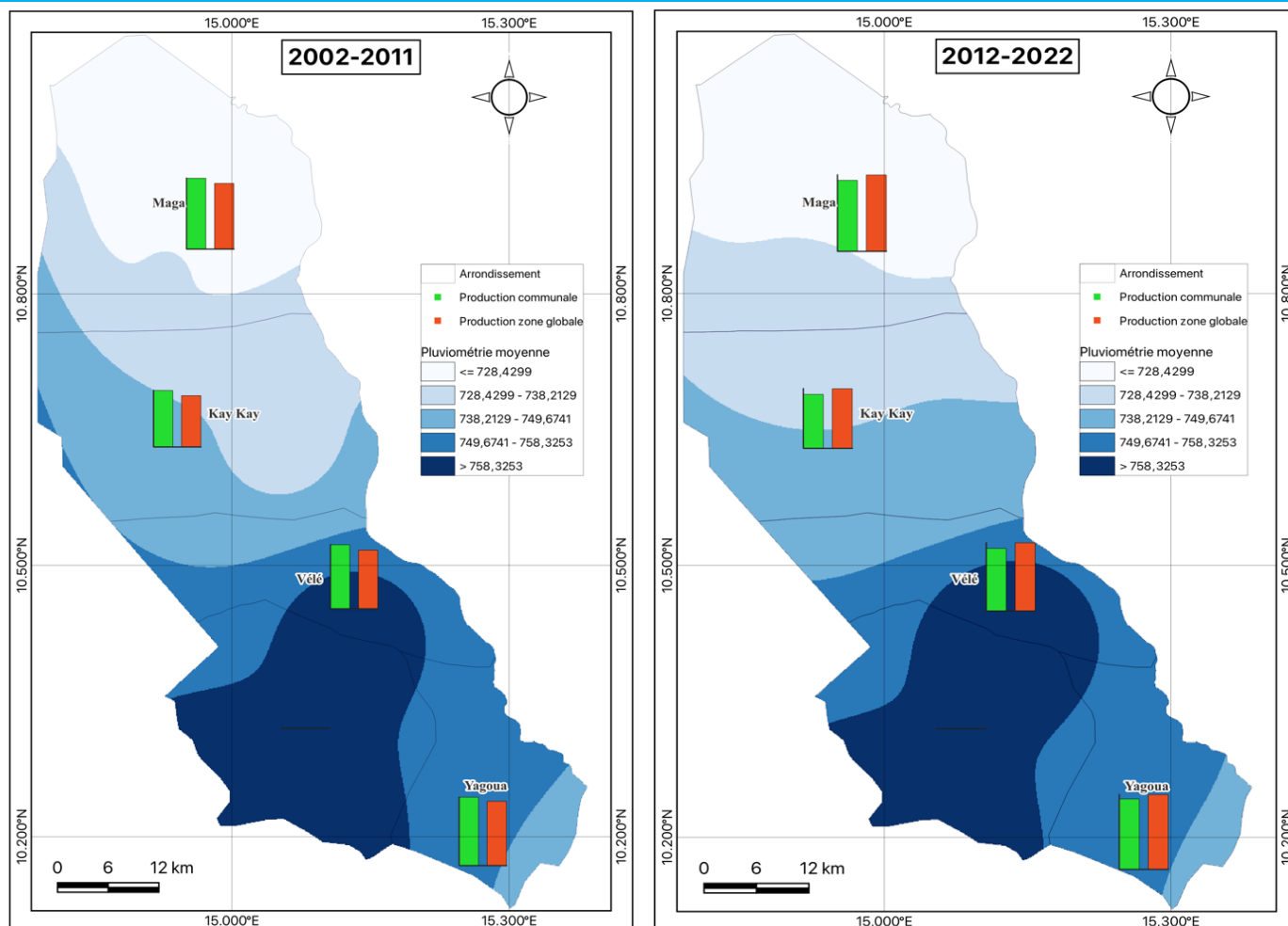


Figure 15 : Analyse spatiale de l'évolution de la production par zone en fonction de la pluviométrie moyenne par décennie.

La cartographie comparative des rendements moyennés par décennies et par sous-zones révèle en effet que durant la décennie 2002-2011, la production dans chaque sous zone était supérieure à la moyenne globale, à l'opposé de la décennie suivante 2012-2022 où dans chaque sous-zone on note plutôt une production inférieure à la moyenne globale. Ceci démontre ainsi que le rendement baisse avec l'évolution des années.

Cette baisse de rendement peut également être le résultat d'autres effets combinés, à l'instar des effets hydrologiques et surtout des effets biologiques, notamment d'ordre physiologique, phytopathologique et épidémiologique. Ces divers effets néfastes indiquent que le riz est une plante menacée dans tous les aspects environnementaux entourant son système cultural à savoir : l'eau, le sol, l'air et la biodiversité. Des effets agroéconomiques s'avèrent alors induits par ces effets directs, notamment en ce qui concerne la disponibilité de l'aliment et son accessibilité financière pour les consommateurs.

3.2.2. Périodes critiques d'impact des crises climatiques observées durant la campagne agricole

Afin de mieux appréhender les effets et impacts directs et induits des crises climatiques sur le système cultural du riz, il convient de déterminer les périodes critiques d'expression de ces phénomènes durant la saison agricole, aussi bien pour les paramètres pluviométriques (Figure 16), thermométriques et anémométriques (Figure 17), qu'hydrologiques (Figure 18) et biologiques (Figure 19).

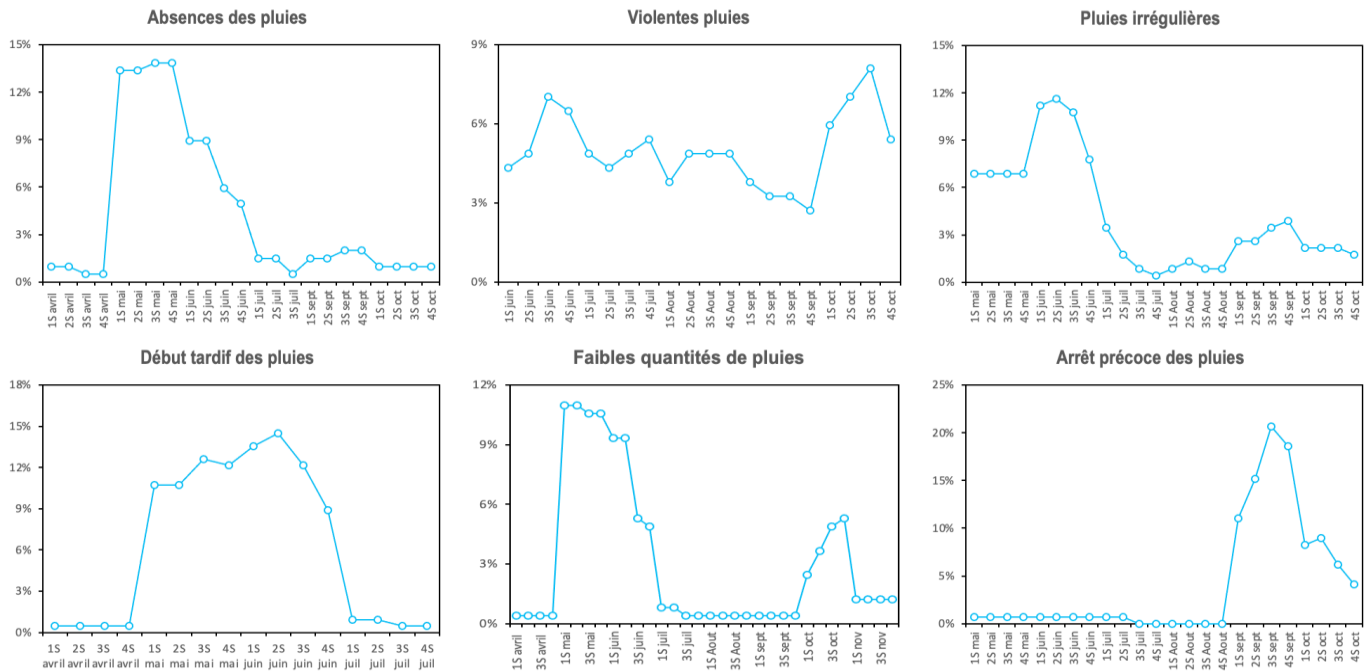


Figure 16 : Périodes d’impacts des éléments liés à la pluviométrie

Il ressort de la figure que durant le début de la campagne agricole pendant les mois de mai et juin, les absences de pluies, les pluies irrégulières et en faible quantité ou débutant tardivement sont les plus dangereuses pour la culture du riz, car il s’agit là de la période de semis et de germination des plantes, qui, lorsqu’elles ne sont pas normalement ravitaillées s’assèchent et meurent sans pouvoir se développer. Aussi, l’arrêt précoce des pluies qui est critique durant le mois de septembre entraîne également l’assèchement rapide et la mort de la plante avant qu’elle n’atteigne sa pleine maturation et la production de grains. Par contre, lorsque les pluies abondantes et violentes continuent jusqu’au mois d’octobre, elles sont néfastes pour la culture du riz durant cette période, car elles occasionnent le flétrissement et le pourrissement des plantes et empêchent la production de fruits.

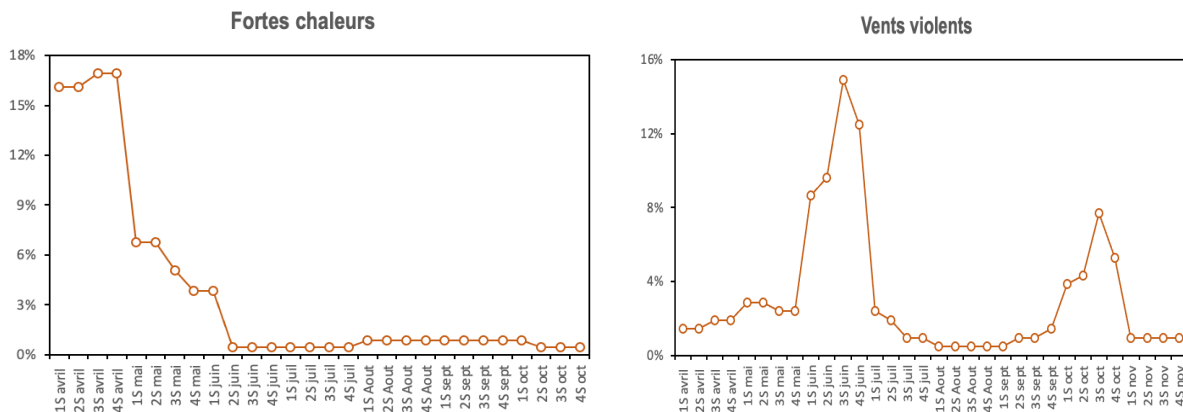


Figure 17 : Périodes d’impacts des éléments liés aux températures et vents.

S’agissant des températures, les fortes chaleurs que connaissent les mois d’avril et mai sont néfastes pour les cultures durant cette période, car les niveaux élevés de chaleur ne permettent pas aux plantes de germer, et les semis à sec pratiqués en prévision des retards des pluies restent un échec. Les fortes chaleurs prédisposent également la plante à la stérilité.

En ce qui concerne les vents, deux pics critiques se distinguent, à savoir en juin et octobre. Au mois de juin, les vents lorsqu’ils sont violents brisent les jeunes tiges des plantes en pleine croissance, alors qu’en octobre ce sont les grains qui en sont victimes car les vents violents renversent les tiges et les grains se détachent et se renversent les rendant irrécupérables, car pas en pleine maturité. Les eaux représentent la ressource primordiale et incontournable pour le développement biologique de la plante. Lorsqu’elle vient à manquer ou qu’elle est en excès, c’est critique pour les

cultures. En effet, le manque d'eau engendre la baisse d'humidité des sols privant ainsi les racines de ressources hydriques, et aussi l'assèchement rapide des plantes (Figure 18).

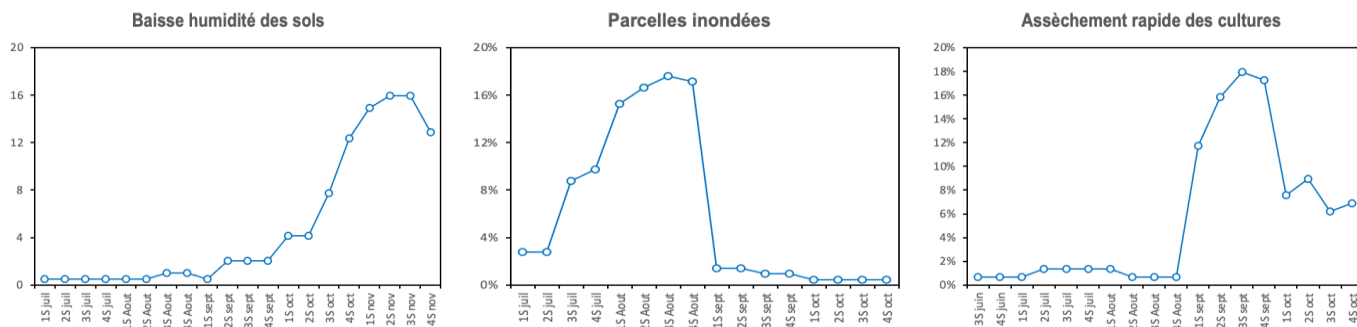


Figure 18 : Périodes d'impacts des éléments liés à l'hydrologie.

Dès le mois de septembre, lorsque les eaux sont en déficit, du fait notamment de l'arrêt précoce des pluies, les plantes s'assèchent rapidement. Ce phénomène de manque d'eau est également critique durant le mois d'octobre lorsque les grains deviennent bien mûrs. Par contre l'eau en surabondance est tout aussi néfaste pour la culture du riz. C'est le cas avec les épisodes d'inondation dues aux abondantes pluies du mois d'août. Durant ce mois critique, les parcelles inondées sont généralement ravagées et irrécupérables car les plantes sont submergées et finissent par s'étouffer et mourir.

Sur le plan biologique, les crises observées concernent particulièrement les insectes ravageurs, les oiseaux granivores, ainsi que les maladies des plantes (Figure 19).

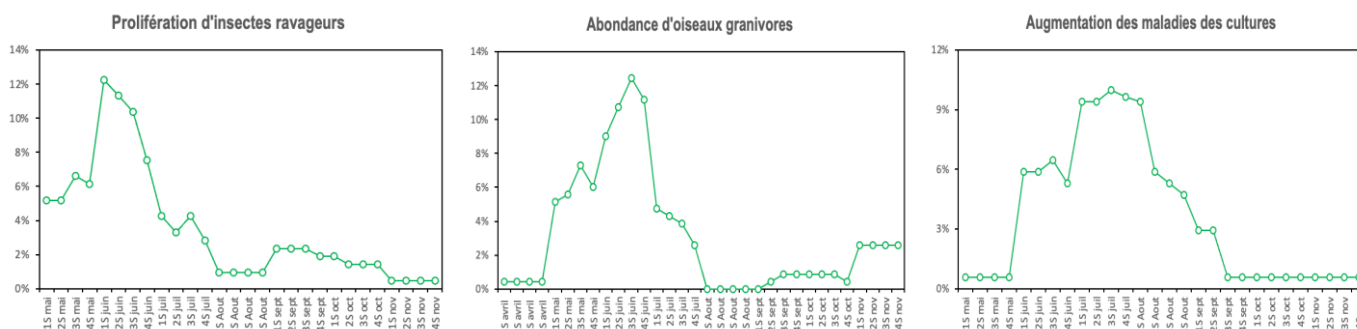


Figure 19 : Périodes d'impacts des éléments épidémiologiques.

Le mois de juin marquant le début de la campagne et la période de germination, représente le mois critique pour la prolifération d'insectes ravageurs comme la chenille légionnaire très dangereuse pour les graines semées, ainsi que pour les jeunes tiges et feuilles.

Cette même période est l'apanage de l'abondance d'oiseaux granivores qui s'attaque particulièrement aux graines de riz lors des semis et aux tiges lors de la croissance, causant ainsi le risque de fausser une campagne agricole dès son démarrage. Les mois suivants pour leur part, à savoir le mois de juillet surtout, mais également le mois d'août, correspondent à des périodes critiques pour augmentation des maladies du riz, qui peuvent être à la fois de nature bactérienne, virale et fongique. Ces maladies empêchent la bonne croissance des plantes et favorisent leur stérilité.

Tableau 2 : Le tableau fait un récapitulatif des pics des périodes critiques d’impacts.

	Avril				Mai				Juin				Juillet				Aout				Septembre				Octobre				Novembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Absence de pluies																																
Violentes pluies																																
Pluies irrégulières																																
Faibles quantités de pluies																																
Début tardif des pluies																																
Arrêt précoce des pluies																																
Fortes chaleurs																																
Vents violents																																
Baisse humidité des sols																																
Parcelles inondées																																
Assèchement rapide des cultures																																
Prolifération d’insectes ravageurs																																
Abondance d’oiseaux granivores																																
Augmentation des maladies																																

L’observation du tableau récapitulatif des pics des périodes critiques d’impacts des crises climatiques sur la culture du riz met en lumière le fait que le mois de juin (05 pics de crises) et le mois d’aôut (03 pics de crises) sont les périodes les plus à risques dans l’expression des phénomènes climatiques extrêmes. Par ailleurs, les crises de longues durées sont celles concernant les maladies des plantes et les vents violents, dont les pics sont enregistrés chacun durant deux mois différents sur la campagne agricole, contrairement aux autres crises qui enregistrent des pics sur un seul mois durant la campagne agricole. Par ailleurs on observe qu’en début de campagne, les crises les plus impactantes sont celles concernant la pluviométrie et les températures ; en milieu de campagne il s’agit des crises biologiques anémométriques et hydrologiques excédentaires ; et en fin de campagne on a plus à faire aux crises pluviométriques, hydrologiques déficitaires et anémométriques. Ceci laisse entrevoir le fait que durant tout son cycle végétatif, la culture du riz fait face à des impacts variés des phénomènes climatiques extrêmes, et ce, à des niveaux d’intensité tout aussi variés, d’où la nécessité de mettre en place des stratégies réactives adaptées aux différents phénomènes.

3.3. Stratégies réactives des riziculteurs face aux crises climatiques

Les stratégies réactives des riziculteurs face aux crises climatiques concernent à la fois les mesures prises afin de s’arrimer aux effets des crises climatiques qualifiées de stratégies d’adaptation, ainsi que les mesures prises afin de réduire ou annihiler les effets desdites crises, qualifiées elles de stratégies de mitigation ou atténuation. Au regard des perceptions qu’ils ont des crises climatiques, il est nécessaires de déterminer et évaluer comment les riziculteurs mettent en œuvre ces différentes pratiques réactives, en fonction des types de phénomènes climatiques ressentis.

3.3.1. Stratégies d’adaptation

Les réactions mises en œuvre par les riziculteurs afin de s’adapter aux conditions climatiques changeantes sont surtout axées sur les tendances saisonnières de la pluviométrie (Figure 20), élément central de l’activité rizicole pluviale.

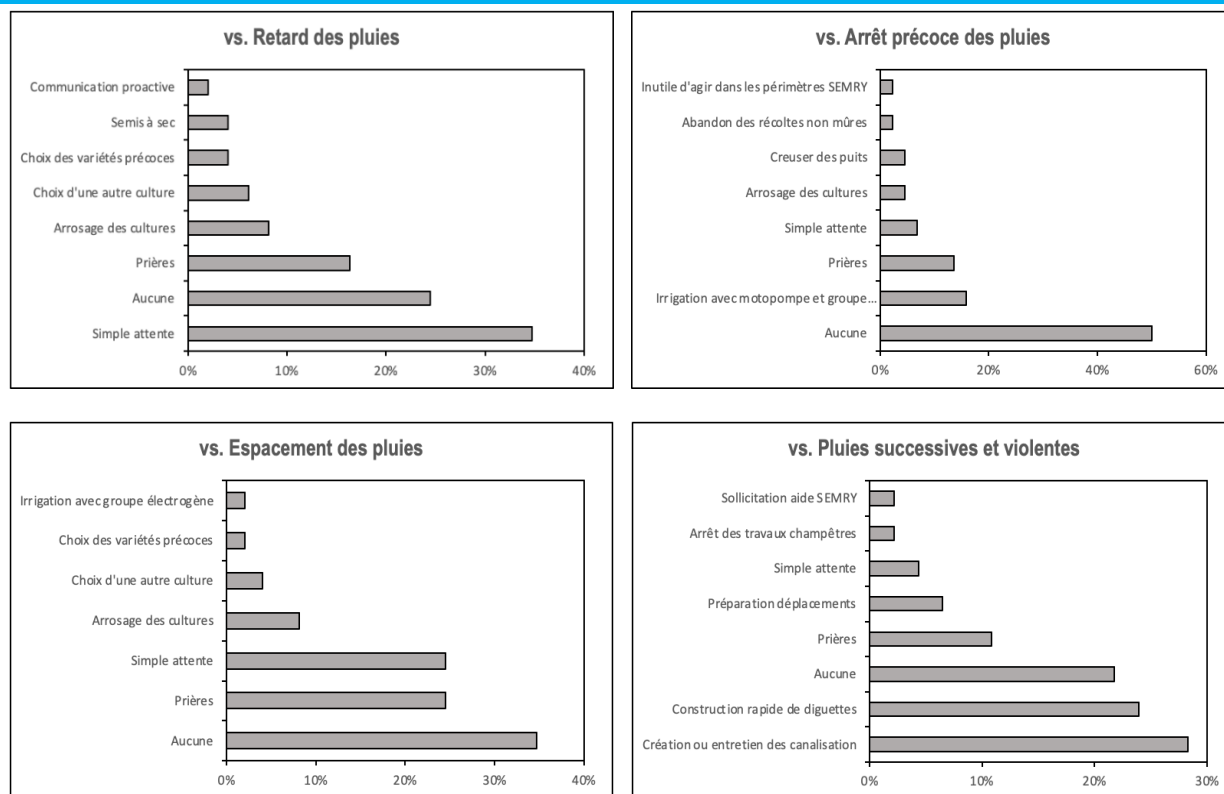


Figure 20. Réactions envisagées face aux aléas pluviométriques

L'analyse des stratégies adaptatives des riziculteurs met en évidence trois faits majeurs dans l'attitude réactionnelle des riziculteurs à savoir : une attitude attentiste, une attitude pessimiste et une attitude proactive.

En effet, la très grande majorité des riziculteurs optent le plus pour une attitude attentiste. Aussi bien en cas d'arrivée tardive, d'arrêt précoce, d'espacement que d'averses pluviométriques, ces riziculteurs se contentent de simplement attendre et n'exercent aucune action. D'autres invoquent un pouvoir divin à travers des prières dans l'espoir qu'une divinité suprême agira pour réguler les conditions climatiques. À côté de ces riziculteurs attentistes, on retrouve également des riziculteurs plutôt pessimistes, c'est-à-dire moins enclins à agir pour conserver leurs cultures face aux crises climatiques. Pour ceux-ci, en cas de retard et d'espacement des pluies, ils préfèrent tout simplement abandonner la culture du riz et opter pour une autre spéculation. Plus encore, en cas d'averses ou d'arrêt rapide des pluies, ils préfèrent abandonner les cultures, ou alors attendre que la SEMRY, la société en charge de l'encadrement de l'activité rizicole dans la zone, intervienne à leur place.

D'un autre côté, les riziculteurs proactifs eux, mettent en place des mesures pour tenter de se conformer aux conditions climatiques instables. En effet, en cas de démarrage tardif des pluies, ils optent surtout pour les semis à sec pour anticiper sur le retard des pluies, et optent également pour des variétés précoces à cycle court pour s'adapter au raccourcissement de la saison pluvieuse tributaire de ce retard des pluies.

En cas d'arrêt précoce des pluies, des modes de ravitaillement en eau sont utilisés pour pallier à l'absence des pluies, notamment en creusant des puits et utilisant une irrigation circonstancielle avec motopompe près des parcelles pour procéder à l'arrosage des plantes et éviter l'assèchement. Ceci est également le cas avec les pluies espacées et sporadiques. Mais en ce qui concerne les situations de pluies successives et violentes, les riziculteurs optent le plus pour la mise en place de systèmes de canalisations qui servent d'évacuation des eaux, et aussi pour la construction de diguettes autour des parcelles pour empêcher les eaux de les inonder.

3.3.2. Stratégies de mitigation

Les stratégies réactives des riziculteurs face aux crises climatiques correspondent à la volonté de ceux-ci de vouloir réduire l'ampleur des effets ressentis, avec pour finalité de pouvoir garantir une bonne conduite du système cultural malgré les conditions climatiques contraignantes. Afin de mieux déterminer ces réactions, les deux tendances des crises

climatiques en relation avec les déficits (cas de sécheresse : Sech.) et les excédents pluviométriques (cas d'inondation : Ind.) ont été retenus afin de catégoriser les types de réactions des producteurs, en fonction des moments d'intervention (Figure 21).

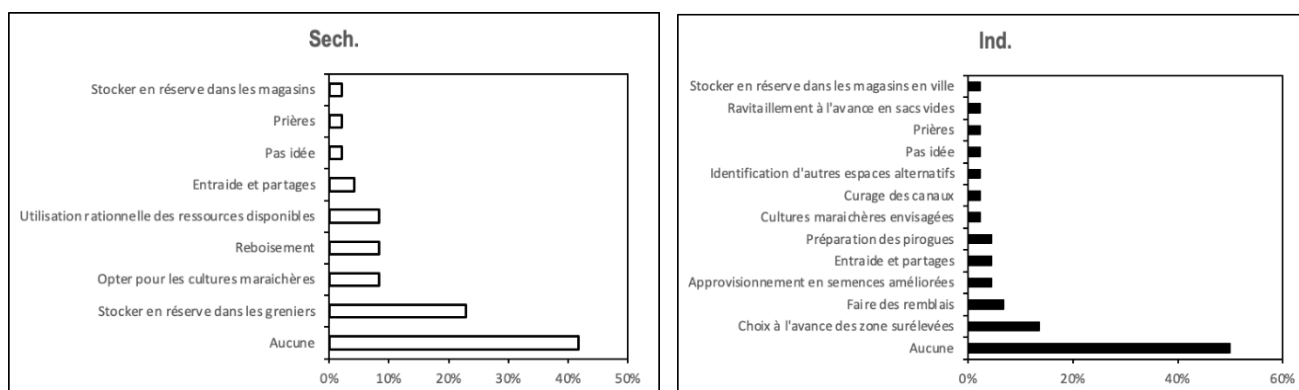


Figure 21 : Mesures prises avant le déroulement des catastrophes.

Avant la survenue des épisodes aussi bien de sécheresses que d'inondation, on note une tendance à l'inaction, car en majorité aucune action n'est entreprise, soit par incapacité, soit par manque d'idées, soit par croyance à une possible intervention divine favorable ou à l'entraide communautaire. Néanmoins, afin de pallier aux éventuelles pénuries à venir en cas de crises alimentaires, des réserves d'aliments et de semences sont faites dans les magasins des centres urbains ou dans les greniers traditionnels dans les localités rurales. Dans l'immédiat, en cas de sécheresse, les producteurs peuvent se préparer pour envisager d'autres cultures à l'instar des cultures maraichères qui ne nécessitent pas des cycles longs de production. Face aux inondations, les mesures de riposte concernent la préparation et l'anticipation, avec le choix des sites surélevés, l'acquisition de matériels de protection des parcelles et l'entretien de parcelles avec les systèmes de canalisation et barrières de protections.

Pendant le déroulement de la crise, peut remarquer que les réactions dans le cas d'épisodes d'inondations contrairement aux sécheresses (Figure 22).

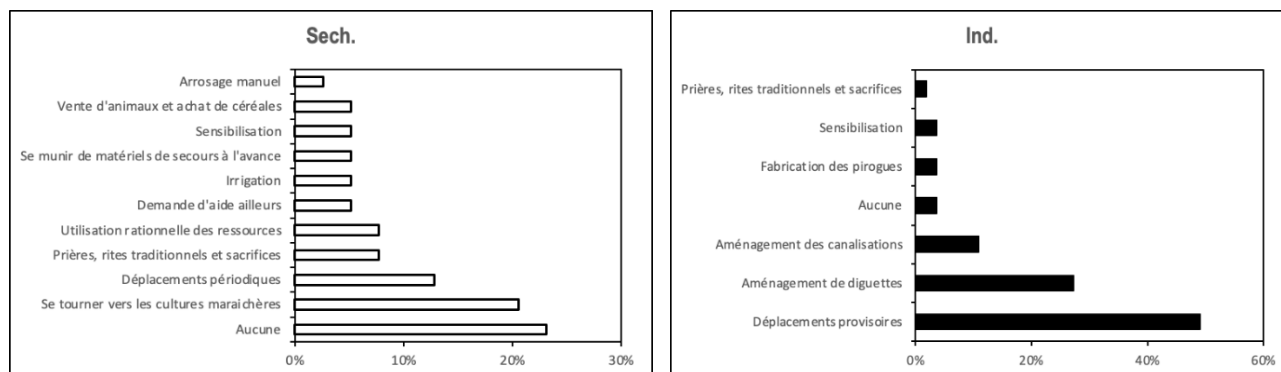


Figure 22 : Mesures prises pendant le déroulement des catastrophes.

En effet, malgré que pour les deux cas de sécheresse et inondation, les pratiques religieuses et invocations spirituelles sont faites, dans la majorité il n'y a aucune mesure entreprise particulièrement pendant la sécheresse par rapport aux inondations. En effet, lors des épisodes secs, la très grande majorité des producteurs reste attentiste et ils choisissent des alternatives comme d'autres cultures ou d'autres sources de revenus autres que l'agriculture durant cet épisode critique ; ou optent même pour des migrations périodiques vers des zones plus favorables. Précisément, ces migrations périodiques constituent la principale action des riziculteurs pendant les épisodes d'inondation. Ceux-ci se déplacent le temps que le retrait des eaux s'effectue avant de revenir sur leurs terres. Néanmoins la réaction en champs la plus pratiquée est la construction des barrières de protections et l'aménagement des canalisations par chaque producteur. C'est à ce moment-là que les sacs vides, stockés à l'avance, deviennent utiles. Ils sont remplis de terre puis alignés afin de former des barrières et de combler les brèches dans les digues de protection. Après le passage des crises climatiques, c'est le moment du retour à la normale et de la reprise de l'activité rizicole (Figure 23).

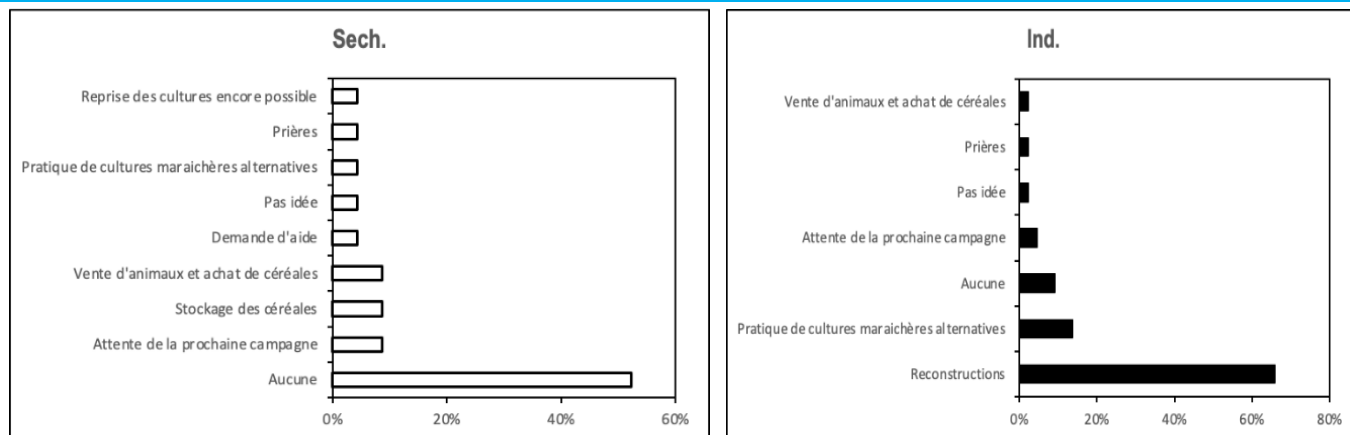


Figure 23 : Mesures prises après le déroulement des catastrophes.

Bien que globalement aucune action n'est prise après les sécheresses et que l'on attend juste de l'aide ou la prochaine campagne agricole pour reprendre les activités, des alternatives sont choisies comme le fait de se tourner vers les cultures maraichères pour rattraper la campagne agricole en cours. Cependant, quand tout a été perdu dans la catastrophe, certains agro-éleveurs optent pour la vente d'animaux domestiques pour l'achat de denrées alimentaires, notamment le riz importé. Ceci est également le cas lors des épisodes d'inondations. En effet, lors d'épisodes d'inondation, les cultures, voire les récoltes sont irrécupérables et les pertes sont pour la plupart totales à l'échelle de la parcelle cultivée. Ainsi, les riziculteurs ne peuvent en majorité que réaménager leurs périmètres rizicoles et opter pour des cultures maraichères pour rattraper la campagne agricole en cours en attendant de la prochaine campagne à venir l'année suivante, et pour laquelle des mesures de prévention peuvent commencer à être envisagées.

3.3.3. Un manque d'efficacité réelle dans les mesures réactives des paysans

Les mesures prises par les riziculteurs face aux crises climatiques dans l'optique de conserver leurs cultures ne sont pas toujours empreintes de succès (Figure 24) et nécessitent des améliorations (Figure 25).

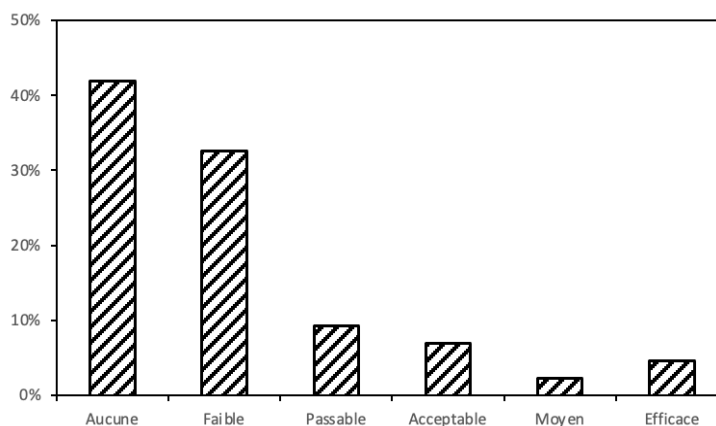


Figure 24 : Appréciation globale de l'efficacité des stratégies réactives.

Comme le révèle la figure ci-dessus, selon la très grande majorité des riziculteurs, les stratégies réactives face aux crises climatiques n'ont d'une part aucune efficacité (41,86%) ou alors une faible efficacité (32,56%). D'autre part, pour une part marginale de riziculteurs, ces stratégies sont jugées passable (9,30%), acceptable (6,98%), moyennement efficace (2,33%) ou efficace (4,65%). On note alors une forte tendance vers une efficacité négative avec 74,42% (Aucune + Faible), que positive avec 25,58% (Passable + Acceptable + Moyen + Efficace). Cette tendance négative nécessite alors la prise de mesures d'amélioration des stratégies réactives aussi bien d'adaptation que de mitigation (Figure 25).

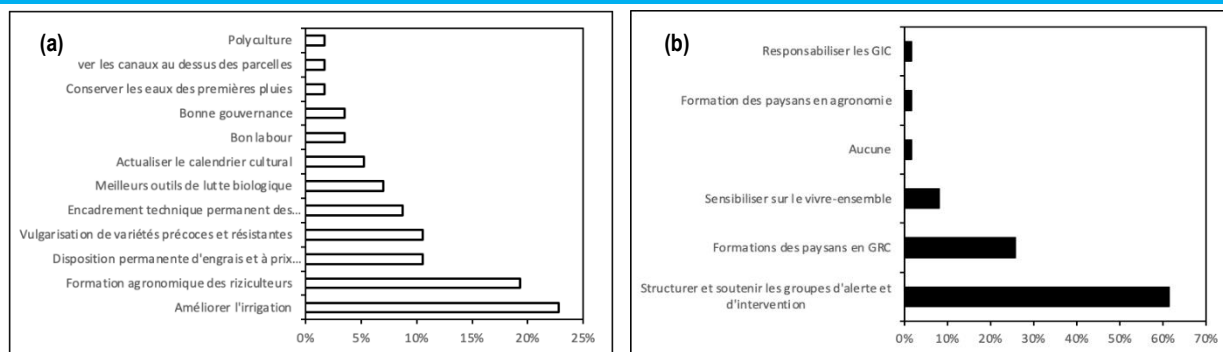


Figure 25. Mesures souhaitées pour une meilleure efficacité des mesures d'adaptation (a) et des mesures de mitigation (b).

Afin de garantir une meilleure efficacité des stratégies d'adaptation face aux contraintes liées aux climat et aux crises climatiques, les riziculteurs pensent que des mesures d'hydrauliques et de maîtrise des eaux sont à valoriser à travers l'amélioration des systèmes d'irrigation, la conservation des eaux par des mini barrages de retenue d'eau ainsi que les réaménagements et entretiens permanents des canalisations. Des mesures d'ordre agronomique sont également à envisager à travers l'encadrement des riziculteurs et les renforcements des capacités en techniques agricoles innovantes et adaptés aux changements climatiques, l'utilisation des variétés résistantes aux crises climatiques, ainsi que l'actualisation du calendrier cultural devant être adapté aux instabilités climatiques. L'aspect gestion et gouvernance des activités agricoles à l'échelle locale et régionale est également nécessaire afin de faciliter l'accès aux ressources, aux intrants et aux circuits de commercialisation.

Par ailleurs, en ce qui concerne les mesures d'atténuation, il ressort des résultats que les réactions des riziculteurs peuvent être améliorées grâce à une bonne structuration des systèmes d'alertes au niveau des paysans eux-mêmes et leur structuration en groupements locaux. Ces derniers devraient notamment être sensibilisés sur la nécessité de collaborer et d'agir en équipe, car l'efficacité d'action est meilleure en groupe. Ceci s'accompagne de l'importance du renforcement de leurs capacités en techniques agricoles et en gestion des risques et catastrophes climatiques, car des acteurs mieux formés sont plus prompts à la réaction.

4. DISCUSSION

Dans cette étude, il a été question de relever les tendances d'évolution climatiques, afin d'apprécier comment les riziculteurs perçoivent les effets des modifications du climat et comment ils réagissent pour préserver la culture du riz. Les résultats ont démontré l'effectivité d'une tendance climatique qui évolue d'une année à une autre et d'une décennie à une autre. Nous avons donc plus à faire ici à une variabilité interannuelle des paramètres climatiques qu'à un véritable changement climatique marqué par des ruptures nettes dans les tendances annuelles. Pour chaque paramètre étudié, les courbes de tendances sont soit positives, soit constantes, mettant ainsi en lumière le fait que la tendance la plus marquée est celle d'un réchauffement qui justifie également une dominance du nombre d'années déficitaires qu'excédentaires par rapport aux années normales. Cela rejoint le contexte climatique global qui règne dans l'ensemble de la zone sahélienne, à laquelle appartient la zone étudiée, qui se distingue par son instabilité en ayant connu des années très sèches dans la décennie 1980, suivie d'un retour progressif vers la normale à partir de la décennie 1990. Ces résultats mettent également en évidence le fait que l'analyse des tendances climatiques sur des moyennes de longues séries chronologiques peuvent faire perdre de vue des fluctuations interannuelles, pourtant nécessaires à la compréhension d'une dynamique marquant des variations interannuelles plutôt que des changements brusques, ce qui a été confirmé par les travaux de Nicholson (2013) [25] qui ont bien situé durant les périodes de 1970 et 1980, une baisse drastique de la pluviosité moyenne annuelle. C'est aussi le cas avec les travaux de Ly et al. (2013) [26] qui ont démontré dans l'observation des tendances climatiques sahéliennes que c'est justement à partir des années 1990, qu'il a fallu assister à une hausse importante des températures associée à une forte variabilité des précipitations. Cette compréhension de la dynamique s'avère fondamentale dans le choix de la nature des mesures de riposte à engager par les acteurs. Toutefois, pour la conduite optimale des cultures fortement tributaires des modifications climatiques comme c'est le cas de la culture du riz, il faut bien cerner les tendances d'évolution afin de s'y arrimer et apporter des réponses efficaces aux situations contraignantes.

C'est fort de cela qu'il a également été question dans cette étude d'analyser les perceptions locales des riziculteurs relativement aux évolutions du climat. Cette analyse a démontré que la grande majorité des riziculteurs ont une bonne connaissance du climat et de ces tendances, car les perceptions concernant l'augmentation, la diminution ou la stagnation des paramètres vont toutes dans le sens de l'augmentation d'abord et de la constance ensuite, conformément

aux tendances des analyses statistiques effectuées sur la série chronologique de l'étude. Ces résultats sont corroborés par ceux de Ouédraogo I. et *al.* (2021) [27], Ouédraogo M. et *al.* (2010) [28] et Ndamani et *al.* (2015) [29] qui révèlent eux-aussi des perceptions similaires des producteurs sur les effets des changements climatiques en termes de hausse des températures, arrêt précoce des pluies, démarrage tardif des pluies, répartition irrégulière précipitations, vents violents, sécheresses, augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes.

Toutefois, nos résultats ne se sont pas limités à l'identification des types d'effets des variations climatiques par les riziculteurs, mais sont allés plus loin en caractérisant les perceptions sur les périodes critiques d'impact de ces variations durant la saison agricole. Cette caractérisation se rapporte spécifiquement aux tendances saisonnières du climat concernant les corollaires atmosphériques, hydrologiques, pédologiques et biologiques, ainsi que des niveaux de chaleur et d'humidité. Ceci traduit le fait que la problématique des variations climatiques et ses manifestations et impacts n'est pas un sujet à la marge pour le savoir local, puisqu'il s'agit là des facteurs incontournables pour la pratique de la riziculture. Cependant, le niveau de perception élevé des riziculteurs concernant les tendances d'évolution du climat contraste quelque peu avec leur capacité d'action face aux crises liées à la variabilité climatique, notamment pour les cas de sécheresse et d'inondations.

Globalement il est ressorti des résultats que face aux crises climatiques aussi bien avant, pendant et après la survenue des catastrophes, la grande majorité des paysans brille par l'inaction et l'attentisme. Ceci justifie également le fait que quelques mesures marginales et isolées effectuées par certains riziculteurs ne soient pas marquées de francs succès. On comprend alors quel rôle joue la perception sur la capacité de réaction, car l'analyse de ces aspects suivant une approche basée sur la recherche des connaissances individuelles des acteurs, met en lumière le fait que chaque acteur ne réagit ou n'agit qu'essentiellement sur les phénomènes qu'il perçoit, limitant ainsi l'étendue de son pouvoir d'action. En outre, les résultats ont révélé que le degré de perception et la capacité de réaction des riziculteurs sur les phénomènes climatiques sont influencés à la fois par le niveau d'instruction et par l'expérience dans la pratique de la riziculture, à travers le fait que plus on est instruit et ancien dans la culture du riz, plus on est apte à connaître, comprendre et mesurer les modifications climatiques. Ce résultat est précisément soutenu par les travaux de Niles et *al.* (2016) [30] qui a démontré que l'éducation formelle permet aux riziculteurs de prendre des décisions d'adaptation au changement climatique plus efficaces. Dans le même sens, Deressa et *al.* (2009) [31] ont montré que les agriculteurs les plus instruits et plus expérimentés sont plus susceptibles de mieux s'adapter au changement climatique. De plus, Llewellyn (2021) [32] ajoute que le niveau d'éducation facilite non seulement l'accès des agriculteurs aux structures en charge de l'encadrement et le développement rizicole, mais aussi et surtout leur donne accès aux informations de prévisions climatiques et d'actions innovantes. En plus, comme indiqué par Ojo (2019) [33], le nombre d'années passées dans l'exercice de l'activité agricole renforce les capacités techniques des producteurs agricoles, fortifiant leur aptitude à prendre des mesures réactives efficaces face aux contraintes et crises climatiques.

En clair, il est impossible pour un riziculteur de se préparer ou de réagir face à un phénomène dont il ne maîtrise pas les contours. Ce qui explique également la volonté de ces derniers d'être mieux encadrés, sensibilisés, soutenus et outillés par les structures en charge du développement de la riziculture et de celles en charge de la gestion des risques et catastrophes. Ceci l'est d'autant plus que le niveau de capacité d'atténuation et d'adaptation des riziculteurs est limité à des actions marginales, isolées et non structurées, ce qui est de nature à augmenter la vulnérabilité aux risques pluviométriques et à l'insécurité alimentaire. Or, la réduction de la vulnérabilité au risque et au danger, est gage de la réduction du risque ou du danger en lui-même, car c'est la vulnérabilité qui offre les conditions de l'endommagement et qui peut provoquer l'état de catastrophe (Adger, 2006) [34]. Ces résultats obtenus dans le cadre de cette étude démontrent donc que les mesures de riposte face aux phénomènes climatiques extrêmes, lorsqu'ils sont pris de façon individuelle et sans coordination, s'avèrent dépourvus d'efficacité réelle, et nécessitent à cet effet d'être inscrits dans de réels attitudes collectives de prévention, d'intervention et de réhabilitation.

5. CONCLUSION

La culture du riz, qui occupe une place de choix dans l'économie rurale dans le département du Mayo-Danay à l'Extrême-Nord Cameroun tarde à atteindre le niveau souhaité en termes de revenus et de développement des chaînes de valeurs rizicoles souhaitée par les acteurs ; la faute entre autres à des conditions climatiques variables et instables qui constituent des contraintes majeures pour la riziculture, et qui sont diversement ressenties, perçues et affrontées par les paysans. C'est fort de cela que l'objectif de ce travail était d'analyser les perceptions que les riziculteurs de cette zone ont des évolutions des phénomènes climatiques extrêmes et leurs impacts sur l'activité rizicole, à l'effet d'évaluer leur capacité de réaction. Au sortir des analyses réalisées, les résultats premièrement issus des tests statistiques de tendance et d'anomalies climatiques effectués sur les paramètres de précipitations, températures, humidité des sols, évaporation et vitesse des vents, ont révélé une tendance clairement à la hausse pour les températures minimales et maximales, et des anomalies marquées par des alternances successives de déficits et excédents pour les autres paramètres. Cette tendance climatique traduit donc une irrégularité qui est de nature à conditionner et influencer la culture du riz. Cette irrégularité lorsqu'elle est exacerbée, prend la forme de crises climatiques dont les plus remarquées

par les riziculteurs sont l'absence de pluies, les violentes pluies, les pluies irrégulières, les pluies en faibles quantités, le début tardif des pluies, l'arrêt précoce des pluies, les fortes chaleurs, les vents violents, la baisse humidité des sols, les inondations, l'assèchement rapide des cultures, la prolifération d'insectes ravageurs, l'abondance d'oiseaux granivores, l'augmentation des maladies. Les perceptions des riziculteurs sur les périodes d'impact critique de ces phénomènes ont révélé que la culture du riz est vulnérable aux crises tout au long de son cycle végétatif, mais que le mois de juin et le mois d'août se distinguent comme les plus critiques, car mobilisant plusieurs types de crises, compte tenu du fait que le début de la campagne en juin et la période de grande croissance liée à l'abondance hydrique en août, sont déterminants. Pourtant, les stratégies réactives des riziculteurs face à ces phénomènes font montre d'une grande part accordée à l'inaction, car le grand nombre d'individus interrogés ont affirmé n'agir aucunement face à ces phénomènes. Néanmoins la catégorie de riziculteurs réactifs face aux crises opte beaucoup plus pour l'anticipation en ce qui concerne les épisodes de stress hydrique, et les interventions instantanées pendant la catastrophe en ce qui concerne les inondations. Bien que jugeant leurs mesures moins efficaces et limitées, les riziculteurs estiment que les mesures de renforcement des capacités en techniques innovantes et adaptées aux crises climatiques ainsi que dans la gestion des risques et catastrophes doivent être envisagées pour mieux minimiser les effets critiques du climat instable. Une amélioration conséquente des mesures endogènes face aux phénomènes climatiques extrêmes par un relèvement du capital humain offrirait alors plus de garantie dans la riposte des paysans, et de ce fait, la réduction même de l'insécurité alimentaire due aux aléas climatiques dans le bassin rizicole du Mayo-Danay.

6. REFERENCES

- [1] Biasutti M. Rainfall trends in the African Sahel: characteristics, processes, and causes. *WIREs Clim Change*. 2019;10(4):e591. doi: <https://doi.org/10.1002/wcc.591>
- [2] GIEC. Rapport de synthèse : Changements climatiques 2014. Genève : OMM-PNUE ; 2014.
- [3] Nkiaka E, Nawaz NR, Lovett JC. Using standardized indicators to analyse dry/wet conditions and their application for monitoring drought/floods in the Logone catchment, *Lake Chad basin*. *Int J Climatol*. 2017;37(10):4013–4025. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.5044>
- [4] Collier P, Dercon S. African agriculture in 50 years: smallholders in a rapidly changing world? *World Development*. 2014;63:92–101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.10.001>
- [5] Van Oort PAJ, Zwart SJ. Impacts of climate change on rice production in Africa and causes of simulated yield changes. *Glob Chang Biol*. 2018;24(3):1029–1045. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.13967>
- [6] JICA. Enquête pour la collecte de données sur les programmes liés au riz dans les pays membres de la CARD. Rapport final. Agence japonaise de coopération internationale ; 2021.
- [7] MINADER. Statistical Yearbook of the Ministry of Agriculture and Rural Development. *Agristat* N°18. Yaoundé; 2022.
- [8] Bichet A, Diedhiou A. West African Sahel has become wetter during the last 30 years, but dry spells are shorter and more frequent. *Clim Res*. 2018;75(2):155–162. doi: <https://doi.org/10.3354/cr01515>
- [9] Tsujimoto Y, Rakotoson T, Tanaka A, Saito K. Challenges and opportunities for improving N use efficiency for rice production in sub-Saharan Africa. *Plant Prod Sci*. 2019;22(4):413–427. doi: <https://doi.org/10.1080/1343943X.2019.1617638>
- [10] Clarke B, Otto F, Stuart-Smith R, Harrington L. Extreme weather impacts of climate change: an attribution perspective. *Environ Res Clim*. 2022;1(1):012001. doi:10.1088/2752-5295/ac6e7d.
- [11] Nelson GC, Valin H, Sands RD, et al. Climate change effects on agriculture: economic responses to biophysical shocks. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2014;111(9):3274–3279. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1222465110>
- [12] Stige LC, Stave J, Chan KS, et al. The effect of climate variation on agro-pastoral production in Africa. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2006;103(9):3049–3053. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0600057103>
- [13] Wollburg P, Markhof Y, Bentze T, Ponzini G. Substantial impacts of climate shocks in African smallholder agriculture. *Nat Sustain*. 2024;7(11):1525–1534. doi: <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01411-w>
- [14] Mertz O, Mbow C, Reenberg A, Diouf A. Farmers' perceptions of climate change and agricultural adaptation strategies in rural Sahel. *Environ Manage*. 2009;43(5):804–816. doi: <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9197-0>
- [15] West CT, Roncoli C, Ouattara F. Local perceptions and regional climate trends on the central plateau of Burkina Faso. *Land Degrad Dev*. 2008;19(3):289–304. doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.842>
- [16] Deressa TT, Hassan RM. Economic impact of climate change on crop production in Ethiopia: evidence from cross-section measures. *J Afr Econ*. 2009;18(4):529–554. doi: <https://doi.org/10.1093/jae/ejp002>
- [17] Di Falco S, Veronesi M, Yesuf M. Does adaptation to climate change provide food security? A micro-perspective from Ethiopia. *Am J Agric Econ*. 2011;93(3):825–842. doi: <https://doi.org/10.1093/ajae/aar006>
- [18] Alene AD, Manyong VM. The effects of education on agricultural productivity under traditional and improved technology in northern Nigeria: an endogenous switching regression analysis. *Empir Econ*. 2007;32(1):141–159. doi: <https://doi.org/10.1007/s00181-006-0076-3>
- [19] Abatzoglou JT, Dobrowski SZ, Parks SA, Hegewisch KC. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. *Sci Data*. 2018;5:170191. doi: <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>
- [20] Carles Jules. F. Bagnouls et H. Gaussen. Saison sèche et indice xérothermique. *Revue de géographie de Lyon*. 1954 ; 29(3) : 269. URL : https://www.persee.fr/doc/geoca_0035-113x_1954_num_29_3_1980
- [21] Lamb PJ. Persistence of Subsaharan drought. *Nature*. 1982;299(5878):46–48. doi: <https://doi.org/10.1038/299046a0>
- [22] Nicholson SE. Rainfall and atmospheric circulation during drought periods and wetter years in West Africa. *Mon Weather Rev*. 1981;109(10):2191–2208.
- [23] Mann HB. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*. 1945;13(3):245–259. doi: <https://doi.org/10.2307/1907187>
- [24] Kendall MG. Rank Correlation Methods. 4th ed. London: Charles Griffin; 1975.
- [25] Nicholson SE. The West African Sahel: a review of recent studies on the rainfall regime and its interannual variability. *ISRN Meteorol*. 2013;2013:453521. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/453521>
- [26] Ly M, Traore SB, Alhassane A, Sarr B. (2013) Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel. *Weather Clim Extremes*;1:19–25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2013.07.005>
- [27] Ouédraogo I, Diouf NS, Diallo D, et al. Farmers' perceptions of and adaptation to climate variability and change in the Sahel region of West Africa. *Environ Dev Sustain*. 2021;23:11288–11313. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01103-x>
- [28] Ouédraogo M, Dembélé Y, Somé L. Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse*. 2010;21(2):87–90.
- [29] Ndamani F, Watanabe T. Farmers' perceptions about adaptation practices to climate change and barriers to adaptation: a micro-level study in Ghana. *Water*. 2015;7(9):4593–4604. doi: <https://doi.org/10.3390/w7094593>

- [30] Niles MT, Brown M, Dynes R. Farmer's intended and actual adoption of climate change mitigation and adaptation strategies. *Clim Change*. 2016;135(2):277–295. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1558-0>
- [31] Deressa TT, Hassan RM, Ringler C, Alemu T, Yesuf M. Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Glob Environ Change*. 2009;19(2):248–255. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.11.009>
- [32] Llewellyn RS, Ronner E, Giller KE. The role of education and extension for adoption of technologies in low-income agricultural systems. *Glob Food Sec*. 2021;30:100566. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100566>
- [33] Ojo TO, Baiyegunhi LJS, Salami AO. Impact of credit demand and access on the productivity of smallholder rice farmers in southwest Nigeria. *J Econ Struct*. 2019;8:34. doi: <https://doi.org/10.1186/s40008-019-0167-z>
- [34] Adger WN. Vulnerability. *Glob Environ Change*. 2006;16(3):268–281. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>



How to cite this article: Bruno KOLAOUNA LABARA, Auguste OMBOLO, Hamidou ALHADJI AZI, Charnelle Aimée MAMMA et Léonce MAKANG GALESWINTHE. LA RIZICULTURE FACE À L'ÉPREUVE DES CRISES CLIMATIQUES DANS LE DÉPARTEMENT DU MAYO-DANAY (EXTRÊME-NORD CAMEROUN) : ANALYSE DES PERCEPTIONS ET RÉACTIONS ENDOGÈNES DES RIZICULTEURS FACE AUX TENDANCES ÉVOLUTIVES ET IMPACTS DES ALÉAS CLIMATIQUES. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2026, 22(4): 28-50. DOI: 10.5281/zenodo.19896010

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>