

Analyse Croisée De L'alternance De Deficits Et Excédents Pluviométriques Et Ses Effets Sur L'activité Rizicole Et La Sécurité Alimentaire Dans La Vallée Du Logone (Extrême-Nord Cameroun)

[Cross-Analysis Of Alternating Rainfall Deficits And Surpluses And Their Effects On Rice Farming And Food Security In The Logone Valley (Far North Cameroon)]

KOLAOUNA LABARA Bruno^{1,2}, OMBOLO Auguste³, AHMED Hamana^{1,2}, DANBE Nicodeme^{1,2}, DJEOUFO Yvonne^{1,2}, SAKATAÏ Pierre Derik¹, SIDSI Bienvenu^{1,4}

¹Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, IRAD-Cameroun

²Doctorant, UFD Sciences de l'Ingénieur, Université de Maroua, Cameroun

³Professeur, Université de Garoua, Cameroun

⁴Doctorant, UFD Sciences fondamentales, Université de Maroua, Cameroun

*Auteur correspondant : Kolaouna Labara Bruno, brunolabara@gmail.com



Résumé— Cette étude met en évidence les déterminants des crises de déficit et d'excédent pluviométriques, et leurs incidences sur l'activité rizicole et la sécurité alimentaire dans la vallée du Logone à l'Extrême-Nord Cameroun. Des tests de tendances et indices d'anomalie pluviométrique ont été effectués sur la série chronologique 1982-2022 afin de mesurer l'intensité et l'orientation des tendances d'évolution. En outre les enquêtes par questionnaires ont été effectuées auprès de 210 riziculteurs afin de déterminer et évaluer leurs niveaux de perception ainsi que leurs mesures d'adaptation. Il en est ressorti que la pluviométrie de la zone est marquée par une forte tendance de fluctuations interannuelles des précipitations avec des écarts positifs et négatifs alternés par rapport à la normale. On y note un nombre plus important d'années déficitaires (22 ans) qu'excédentaires (19 ans). Cette irrégularité des précipitations favorise l'émergence à la fois des risques de sécheresse et inondation dont les impacts se ressentent principalement en termes de perturbation du calendrier cultural, des tendances à la baisse progressive des rendements, voire des pertes totales de la production. Or, les stratégies de ripostes des producteurs sont dépourvues d'une réelle efficacité, car elles sont déstructurées et manquent de moyens d'intervention. Ce qui met en lumière la nécessité d'une prise en compte des acteurs locaux dans les stratégies de riposte face aux aléas pluviométriques à travers des renforcements des capacités en techniques culturelles innovantes et adaptées aux conditions climatiques, et structurations de systèmes locaux d'alerte et intervention rapide en situation de crise.

Mots clés— Riziculture, Aléa pluviométrique, Sécheresse, Inondation, Sécurité alimentaire

Abstract— This study highlights the determinants of rainfall deficit and surplus crises, and their impact on rice farming and food security in the Logone Valley in the Far North region of Cameroon. Trend tests and rainfall anomaly indices were conducted on the 1982-2022 time series to measure the intensity and direction of these trends. In addition, questionnaire surveys were administered to 210 rice farmers to determine and assess their perceptions and adaptation measures. The findings indicate that rainfall in the area is characterized by a strong tendency towards interannual fluctuations, with alternating positive and negative deviations from the norm. A greater number of deficit years (22 years) are observed than surplus years (19 years). This irregular rainfall pattern fosters the emergence of both drought

and flood risks, the impacts of which are felt primarily in terms of disruption to the agricultural calendar, a gradual decline in yields, and even total crop losses. However, producers' response strategies lack real effectiveness because they are unstructured and lack the necessary resources. This highlights the need to include local stakeholders in response strategies to rainfall hazards through capacity building in innovative farming techniques adapted to climatic conditions, and the structuring of local early warning and rapid response systems for crisis situations.

Keywords— Rice cultivation, Rainfall hazards, Drought, Flooding, Food security

I. INTRODUCTION

L'agriculture joue un rôle important dans le développement économique comme un bien essentiel, une source d'épargne, une main-d'œuvre pour l'industrie et un facteur de débouchés pour celle-ci, au point où la faible productivité de l'agriculture représente un facteur essentiel de blocage de l'économie (Hugon, 2002) et un risque majeur d'insécurité alimentaire. C'est pourquoi l'agriculture est considérée comme un élément majeur dans la modification et l'amélioration de la structuration des économies dans le monde (Bertheliet et Lipchitz, 2005), et la croissance des revenus agricoles réduit plus efficacement la pauvreté que la croissance des autres secteurs de l'économie (Cervantes-Godoy et Dewbre, 2010). Selon la Banque mondiale (2008), bien que la population mondiale soit de plus en plus urbanisée, près de 3 des 7 milliards d'habitants du monde vivent dans des zones rurales, et parmi lesquels près de 2,5 milliards vivent de l'agriculture. Et selon la FAO (2020), sur la décennie 2019-2030, la production agricole devrait croître de 15 % pour une utilisation des terres agricoles globalement inchangée ; et sur cette même période, l'essentiel de la demande en produits agricoles viendra de régions et de pays à forte croissance démographique, en particulier ceux d'Afrique subsaharienne et d'Inde, ainsi que du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord.

Il est justement connu que l'Afrique, en particulier l'Afrique subsaharienne, offre les taux les plus élevés de pauvreté dans le monde, ce qui fait de l'agriculture l'activité phare de cette population à majorité pauvre qui vit pour la plupart en zone rurale, à 70% environ ; et donc en zone à prédominance agricole. Bien que contrastée quand on se rend d'une région à une autre du continent, l'agriculture représente malgré tout, pas moins de 20% du PIB africain (Hugon, 2002).

C'est le cas également au Cameroun où le secteur agricole représente plus de 22,9% du PIB du pays et emploie plus de 62% de la population active (MINADER, 2022). L'État camerounais mise beaucoup sur l'agriculture dans sa vision de développement et notamment celle d'émergence à l'horizon 2035, la considérant comme une composante majeure dans la transformation structurelle de l'économie, se fiant au postulat selon lequel l'augmentation de la production agricole camerounaise impactera positivement les filières industrielles à l'instar de l'agro-industrie. C'est pourquoi dans sa politique nationale de croissance, contenue dans le document de Stratégie Nationale de Développement (SND30) qui représente le cadre de référence pour l'action gouvernementale sur la décade 2020-2030, l'État camerounais ambitionne de mener une révolution agricole. Cependant, malgré les grandes ambitions affichées par la volonté gouvernementale, les réalités sur le terrain agricole ne suivent toujours pas. En effet, parmi les spéculations agricoles les plus en vue au Cameroun, le riz occupe une place de choix, car les niveaux de consommation annuels ne cessent de croître au fil des années.

Parmi les céréales, le riz joue un rôle central dans la sécurité alimentaire des catégories les plus pauvres des populations rurales et urbaines, du fait de la facilité et des faibles coûts de sa préparation, des prix bas et de la régularité de l'approvisionnement, devenant ainsi une denrée de consommation courante pour les tranches de la population urbaine (Temple et al., 2009). Il demeure vrai que le riz est un aliment de grande consommation au Cameroun, atteignant une consommation nationale de plus de 800 000 tonnes par an. Cependant, cette consommation est principalement le fruit des importations de riz, en particulier de l'Asie, car la production locale est loin d'atteindre ces seuils de consommation ((Folefack, 2014). En effet, au Cameroun le riz local n'atteint qu'environ 300 000 tonnes par an (MINADER, 2022), ce qui est clairement insuffisant pour une population de près de 30 millions d'habitants. Par ailleurs les bassins de production rizicole sont très peu nombreux et concentrés dans quelques zones du pays, contrairement à d'autres spéculations de céréales qui connaissent une production massive sur toute l'étendue du territoire national (Malaa et al., 2017).

En effet, la vallée du Logone dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun, représente un des principaux bassins de production rizicole du pays, avec des aménagements de périmètres irrigués à plus de 13 500 hectares (JICA, 2021). Cependant, malgré cette mobilisation et les investissements injectés, les résultats sont loin des attentes. Plusieurs contraintes à la fois naturelles, conjoncturelles et structurelles sont à mettre à l'actif de ce retard dans le développement de la riziculture. C'est le cas notamment des dérèglements climatiques et la dégradation des terres, l'augmentation de la pauvreté et la baisse des investissements, ainsi que les défaillances dans la gouvernance des acteurs rizicoles (Folefack, 2014). Néanmoins, si les contraintes structurelles et conjoncturelles sont l'apanage de l'action humaine, les contraintes naturelles et principalement climatiques ne dépendent pas directement de cette action anthropique. En fait, les riziculteurs font face aux perturbations du climat et vivent au rythme des variations d'une année à une autre dans l'ensemble de la zone semi-aride soudano-sahélienne (Clark *et al.*, 2022 ; Nelson *et al.*, 2014 ; Stige *et al.*, 2006 ; Wollburg *et al.*, 2024). L'intensité et l'ampleur du changement climatique compromettent l'évolution des systèmes économiques, notamment l'agriculture, à travers la diminution des surfaces de terres arables, de la durée des saisons de culture et des rendements (Gorst *et al.*, 2015). Plus encore, le changement climatique pourrait entraîner une réduction des rendements de 30 % et une accélération de l'insécurité alimentaire avec un supplément de 1 à 3 millions de personnes non prises en charge par l'offre alimentaire en 2050 (Jalloh *et al.* 2010).

Or, le riz étant une plante fragile, les fluctuations climatiques constituent un risque majeur pour la culture dans ce sens que, pour garantir un rendement optimal, le riz est fortement dépendant de conditions biophysiques adéquates telles qu'une quantité d'eau permanente et des températures idéales pour sa bonne croissance et maturation (Malaa, 2017).

En considération de cela, la vallée du Logone qui appartient à la partie sahélienne du Cameroun, se trouve exposée, car étant marquée par une très longue saison sèche (08 mois) et une très courte saison des pluies (04 mois), avec les quantités de pluies parmi les plus marginales du pays autour de 750-800 mm par an ; ce qui est faible comparativement aux autres régions du pays, et même aux autres zones géographiques de la même région de l'Extrême-Nord. Cette indigence pluviométrique conditionne déjà les activités rizicoles du fait des importants besoins en eau des plantes (Dancette, 1983) mais du fait des éléments perturbateurs liés aux variations saisonnières et interannuelles du climat, les dégâts tendent à être plus sévères. La zone en effet, de par ses prédispositions géomorphologiques et hydrologiques correspond à une zone très vulnérable à la fois aux déficits et aux excédents pluviométriques. En clair, dans la vallée du Logone, les années se suivent mais ne se ressemblent pas en termes de conditions climatiques. Les années de déficits pluviométriques causent des sécheresses et les années d'excédents pluviométriques causent des inondations qui représentent chacun un danger permanent majeur (Hansen, 2002 ; Barbier *et al.*, 2009).

Plus les paramètres hydroclimatiques sont changeants, plus les événements climatiques extrêmes émergent et plus les risques et dégâts sur la production sont importants. Ce qui nécessite de bonnes pratiques d'atténuation et d'adaptation, représentant les piliers de la politique globale de lutte contre les phénomènes climatiques (Shalizi et Lecocq, 2009 ; GIEC, 2014). Cette situation met en lumière la nécessité de rechercher une réponse plus intégrée et plus efficace en matière d'adaptabilité et de résilience des systèmes de production rizicole face aux impacts des variations climatiques (Assane, 2021), devant permettre ainsi de protéger les moyens de subsistance et assurer par cette même occasion la sécurité alimentaire des communautés les plus vulnérables » (Hallegatte *et al.*, 2010). Face à cela, se pose alors le défi pour les riziculteurs de maintenir ou atteindre une production suffisante et satisfaisante malgré les risques permanents de crises climatiques.

C'est au regard de cela que l'objectif de ce travail est d'analyser conjointement les déterminants des crises climatiques en matière de déficit et d'excédent pluviométriques et leurs impacts sur l'activité rizicole et par la même occasion sur la sécurité alimentaire dans la vallée du Logone. De façon plus précise, il s'agit d'entrée de jeu de démontrer les tendances de déficits et excédents pluviométriques, ensuite d'évaluer leurs effets respectifs sur l'activité rizicole, et enfin de déterminer l'influence des crises pluviométriques sur la production rizicole et par corollaire les modalités de l'insécurité alimentaire.

II. MATERIELS ET METHODE

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

La zone géographique de l'étude correspond au département du Mayo-Danay situé dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun. Il est situé entre 9,916° et 11,107° de latitude Nord et entre 14,775° et 15,701° de longitude Est. La zone est limitée au nord par le département du Logone et Chari, au sud-Est par le Tchad, et à l'ouest par les départements du Mayo-Kani et du Diamaré (Figure 1). De façon spécifique, l'étude s'appesantira sur la partie du département où la culture du riz est abondamment pratiquée, à savoir les arrondissements de Yagoua, Vélé, Kay-Kay, Maga

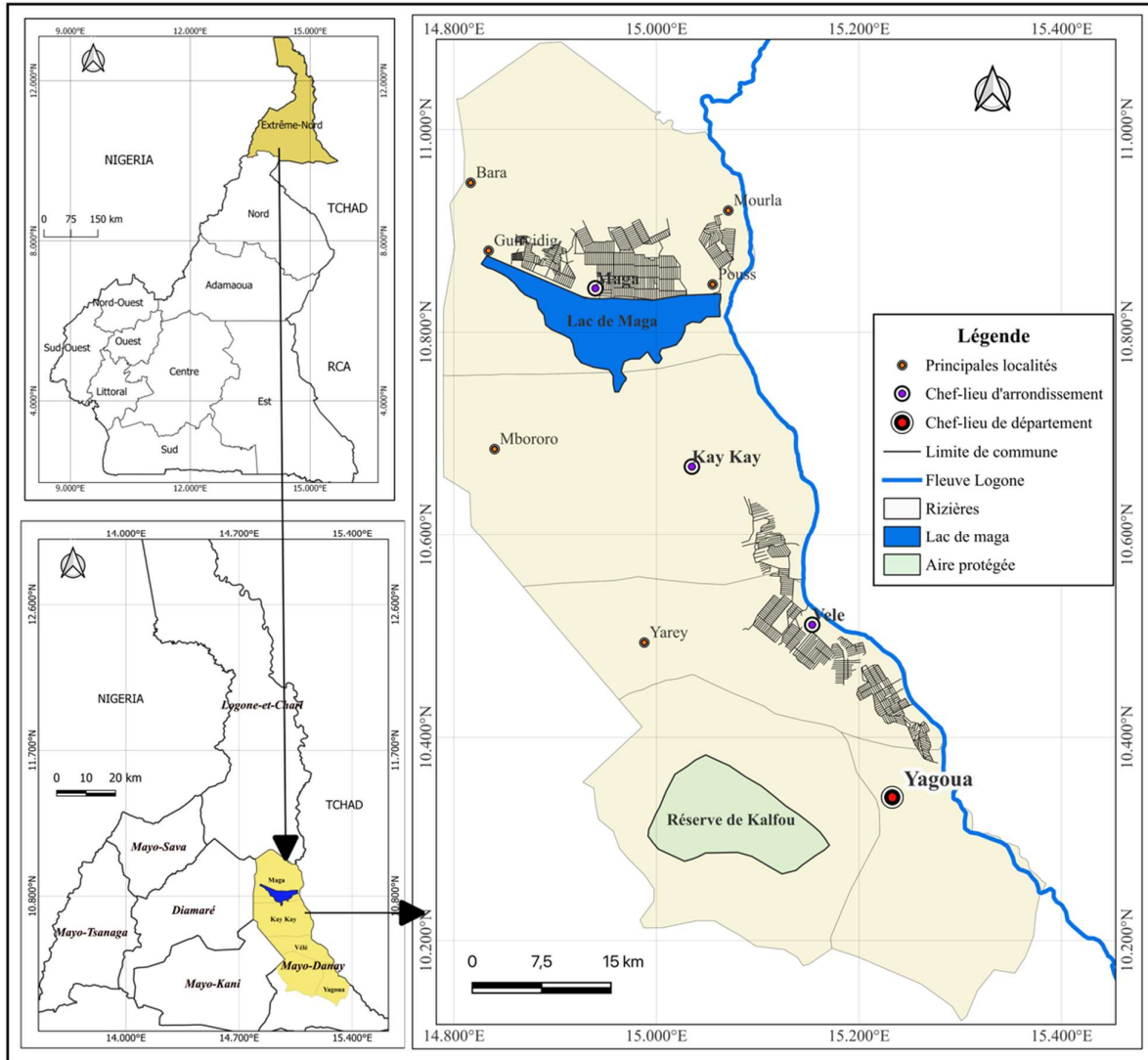


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

2.2. Données de l'étude

2.2.1. Données pluviométriques

Les données pluviométriques utilisées dans le cadre de cette étude correspondent à une série de données pluviométriques journalières en mm/jr couvrant la période de 41 ans allant de janvier 1982 à décembre 2022, compte tenu du fait que les études de variabilité climatique nécessitent des données d'au moins 30ans. Ces données pluviométriques journalières sont issues des compilations historiques et numériques offertes par la plateforme mondiale TerraClimate hébergée par le site Climate Engine, qui compile les données climatiques des multiples stations terrestres. Cette plateforme utilise l'interpolation assistée par le climat en combinant les normales climatologiques provenant de Worldclim, de CRU Ts4.0 et de la JRA55. Ces données ont l'avantage d'être complètes sans données manquantes, facilement accessibles et d'une très bonne précision (Abatzoglou et al., 2018). L'extraction des données pour notre zone d'étude a été faite suivant la méthode de polygonisation et agrégation des données sur la zone d'intérêt couvrant le terrain d'étude, ce qui a l'avantage d'offrir des données surfaciques de synthèse déjà prétraitées ne nécessitant plus des méthodes d'agrégation post-collecte ou de comparaison de données ponctuelles de différents lieux de la même zone cible.

2.2.2. Données socio-économiques et agricoles

Les données socio-économiques et agricoles de l'étude proviennent des enquêtes par questionnaire administrées auprès des riziculteurs. En effet, l'étude s'est appuyée sur une approche empirique utilisant des enquêtes auprès des acteurs cibles dans les principales localités de la zone d'étude. Pour ce faire, des enquêtes par sondage ont été effectuées. La méthode d'échantillonnage choisie est la méthode non probabiliste, car la base de sondage constituée des communautés de riziculteurs n'est pas exhaustive. C'est pour cette raison que la technique d'échantillonnage par choix raisonné et la technique d'échantillonnage par réseau ou effet boule de neige ont été privilégiées. Ces techniques consistent à cibler suivant un profil prédéfini, les individus disposant le plus d'informations et un individu enquêté avait la possibilité d'orienter vers un autre. En clair, les individus enquêtés étaient au préalable identifiés comme résidant dans la localité et exerçant effectivement la riziculture depuis au moins 20 ans. Lorsque des individus correspondant au profil recherché étaient choisis et interrogés, ceux-ci fournissaient des informations pour l'identification et le choix d'individus suivants.

C'est ainsi que 210 individus ont été interrogés dans les principales localités de la zone d'étude et répartis par arrondissement à savoir : Yagoua (65 individus, soit 30,95%), Vélé (40 individus, soit 19,05%), Kay-Kay (40 individus, soit 19,05%) et Maga (65 individus, soit 30,95%).

Les informations recueillies concernaient : les aléas pluviométriques de sécheresse et inondation et leurs impacts sur l'activité agricole, notamment en termes d'années d'occurrence critique, de durée des épisodes ainsi que la nature des dégâts causés, les productions annuelles par parcelle d'un hectare sur 20 ans sur la période 2002 à 2022. Les informations recueillies concernent également les proportions de pertes dans la production lors des survenues des catastrophes pluviométriques, tout comme les informations sur la typologie des stratégies de ripostes, leur efficacité et les perspectives d'amélioration.

2.3. Méthodes d'analyse

2.3.1. Détection de l'intensité des tendances et anomalies pluviométriques

Les mesures de tendances d'évolution de la pluviométrie interannuelle ont été faites en réalisant la somme des précipitations journalières par année pour obtenir les cumuls annuels. Afin de déterminer les tendances décennales de la pluviométrie, ont été effectués des calculs de moyennes et fréquences statistiques des cumuls pluviométriques annuel pour 04 décennies : 1982-1991, 1992-2001, 2002-2011, 2012-2022.

Les tendances pluviométriques par décennies ont ensuite été spatialisées afin de réaliser de cartes de la répartition spatiale moyenne des pluies grâce à la méthode de cartographie par interpolation IDW. Les cartes ont été produites à la fois à l'échelle régionale et zonale afin de comparer les tendances observées dans la vallée du Logone à celles du reste de la région de l'Extrême-Nord.

Afin de confirmer les tendances d'évolution des paramètres pluviométriques, des test et indice statistiques ont été calculés. Il s'agit du calcul du test de tendance de Mann-Kendall avec pente de Sen (Mann, 1945 ; Kendall, 1975), et du calcul de l'indice de variabilité pluviométrique selon la méthode de Lamb et Nicholson. Le test de Mann-Kendall est un test non paramétrique utilisé dans le but de déterminer si dans une série chronologique il existe une tendance ou non. Le seuil de significativité fixé à 0,05% permet d'évaluer que la tendance est bien réelle lorsque la p-value est inférieure au seuil, ce qui offre un seuil de confiance de 95%. Cependant puisque le test en lui seul ne donne pas d'orientation en hausse ou en baisse de la tendance, la pente de Sen qui est une droite de régression y est associée pour visualiser l'orientation.

Pour sa part, l'indice pluviométrique de Lamb (1982) et Nicholson (1981) est calculé comme une variable centrée-réduite et utilisé pour caractériser la variabilité climatique afin de calculer les écarts à la moyenne à long terme et ainsi déterminer les fluctuations interannuelles. Il se calcule selon la formule :

$$IAS = (pi - pm) / \sigma$$

Où :

Pi : Précipitation de l'année i

Pm : Précipitation moyenne

σ : Ecart type

Les valeurs négatives permettent d'identifier les années sèches (déficit pluviométrique), tandis que les valeurs positives permettent d'identifier les années humides (excédent pluviométrique), et que les valeurs proches de zéro indiquent une pluviométrie normale.

2.3.2. Analyse statistique des perceptions paysannes sur les aléas pluviométriques

En ce qui concerne les manifestations des aléas et leurs impacts, des calculs de fréquences statistiques de perceptions des individus enquêtés ont été effectués pour les cas des aléas de sécheresse et inondation et leurs impacts sur l'activité agricole, notamment en termes d'années d'occurrence critique, de durée des épisodes ainsi que de la nature des dégâts causés.

2.3.3. Analyse des influences sur la production et la sécurité alimentaire

S'agissant des influences des aléas sur la production rizicole, les calculs des paramètres statistiques de tendance centrale (moyennes, variance, écart type) des rendements annuels des individus par zone cible ont été effectués pour chaque année. Ceci permet de comparer l'évolution de la production rizicole par zone de production. En outre, une analyse bivariée des relations entre rendements annuels et pluviométrie, ainsi que des relations entre rendements annuels et aléas pluviométriques dans chaque zone de production a été également effectuée.

Par ailleurs, afin d'apprécier le rôle joué par les aléas pluviométriques sur la sécurité alimentaire, a été effectuée l'analyse des fréquences de perception des individus sur les proportions de pertes dans la production lors des survenues des catastrophes pluviométriques, tout comme les perceptions sur les stratégies de ripostes, leur efficacité et les perspectives d'amélioration proposées par les riziculteurs.

Les analyses statistiques descriptives ont été effectuées à l'aide du logiciel XLSTAT 2021 fourni par Addinsoft, les calculs de tests climatiques à l'aide du logiciel Khronostat 2.0 fourni par l'IRD, et les analyses spatiales et cartographiques à l'aide du logiciel de systèmes d'information géographique QGIS 3.40.

III. RESULTATS

3.1. Déterminants de la variabilité et instabilité pluviométrique

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). Cependant, cette répartition varie en fonction

des zones géographiques de la région. La zone de montagne (dans le Mayo-Tsanaga) possède des cumuls de pluies annuels bien supérieurs à ceux des zones de plaine, dépassant les 1000 mm de pluies par an, ce qui n'est pas le cas en plaine, à l'instar de la vallée du Logone dans le Mayo-Danay où se situent les périmètres rizicoles. Ici, les années les plus arrosées peuvent atteindre environs 900mm de pluies par an, tandis que les années les moins arrosées peuvent se limiter à moins de 600 mm (Figure 2).

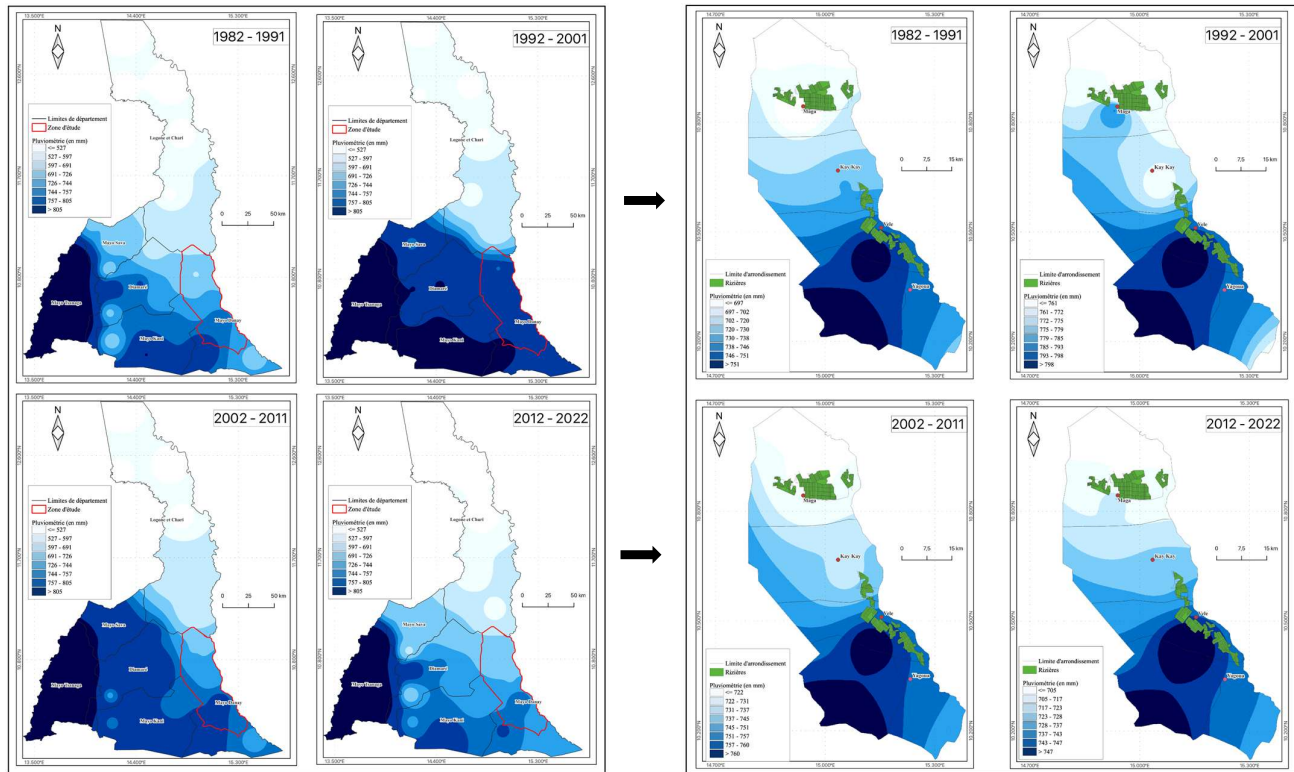


Figure 2. Répartition spatiale des évolutions des cumuls pluviométriques par décennies

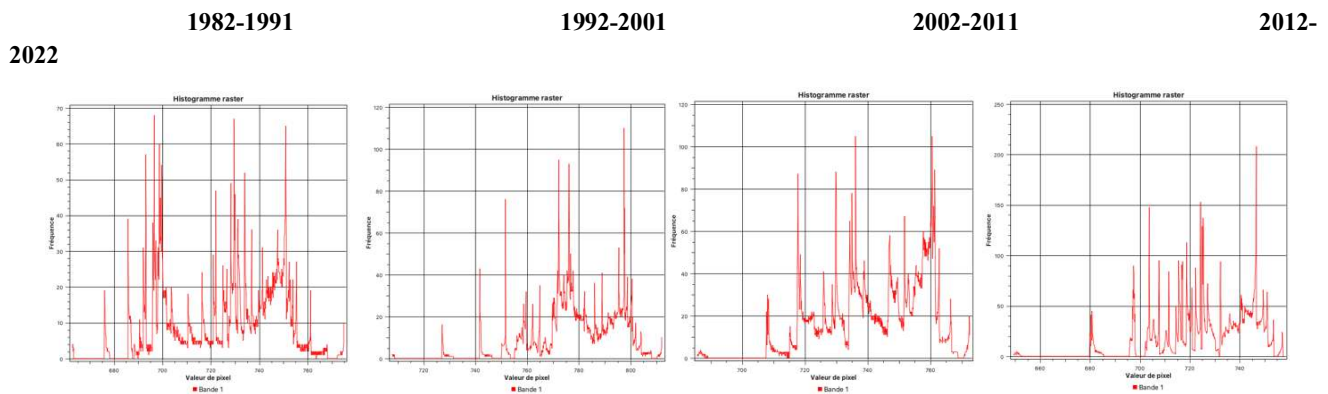


Figure 3. Comparaison des fréquences de cumuls pluviométriques interpolés par décennie

Les analyses spatiales et décennales des moyennes pluviométriques mettent en lumière le fait que la dernière décennie en particulier (2012-2022) enregistre une concentration des valeurs fréquentielles, contrairement aux décennies précédentes où elles semblent plus dispersées. Ceci traduit le fait que sur l'ensemble des 04 décennies il n'y a pas une similarité nette dans la répartition

des pluies d'une année à une autre, ce qui est donc la conséquence d'une variabilité climatique qui pourrait mettre en exergue des années très arrosées et d'autres qui le sont beaucoup moins.

3.1.1. Déterminants des tendances interannuelles de déficit et d'excédent pluviométrique

Déterminer les tendances pluviométriques revient à savoir quelle serait la direction (hausse ou baisse) ainsi que l'ampleur (forte ou faible) de la tendance de la pluviométrie au sein de la série chronologique étudiée (1982-2022). Dans les tendances observées, rechercher les années déficitaires et excédentaires renvoie à identifier les écarts à la moyenne enregistrés dans cumuls annuels de précipitation en comparaison à la moyenne.

Tableau 1. Test de tendance de Mann-Kendall / Test bilatéral :

	Tau de Kendall	S	Var(S)	p-value (bilatérale)	alpha	Tendance
Pluviométrie	0,102	84,000	7926,667	0,354	0,05	Non

Tableau 2. Statistiques de la Pente de Sen :

	Valeur	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Pente	1,888	-2,149	5,639
Constante	-3035,811	-10535,112	5034,944

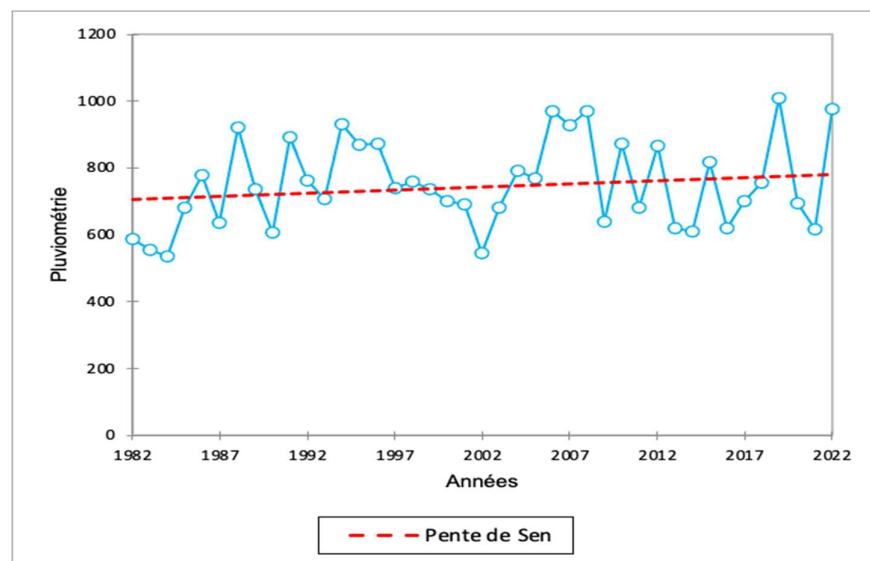


Figure 4. Courbe de tendance des précipitations

Les résultats issus du test de tendance mettent en exergue le fait que le paramètre de direction S supérieur à 0 indique une tendance à la hausse, traduisant ainsi le fait que les valeurs pluviométriques récentes sont globalement supérieures aux anciennes. Cependant la $p\text{-value} < 0,05$ n'exprime pas directement la significativité statistique de cette tendance à la hausse. C'est pour cette raison que le Tau de Kendall qui mesure la force de la corrélation entre les données et le temps est moins élevé (0,102). Néanmoins avec cette valeur positive du Tau de Kendall, on peut effectivement conclure qu'il n'y a aucune tendance décroissante dans la série, mais qu'on note plutôt une faible tendance monotone croissante de la pluviométrie dans la zone.

Par ailleurs, la valeur de la pente de Sen qui sert à indiquer l'ampleur de la direction de la tendance linéaire, est supérieure à 0 (1,888), ce qui signifie qu'il y a une tendance à la hausse et une augmentation des valeurs pluviométriques avec le temps, bien que faible, d'où la pente moins raide.

3.1.2 Détermination des fluctuations pluviométriques interannuelles

Afin de déterminer l'intensité des fluctuations pluviométriques interannuelles, l'indice d'anomalies climatiques a été calculé conformément et représenté selon la figure 5 ci-dessous.

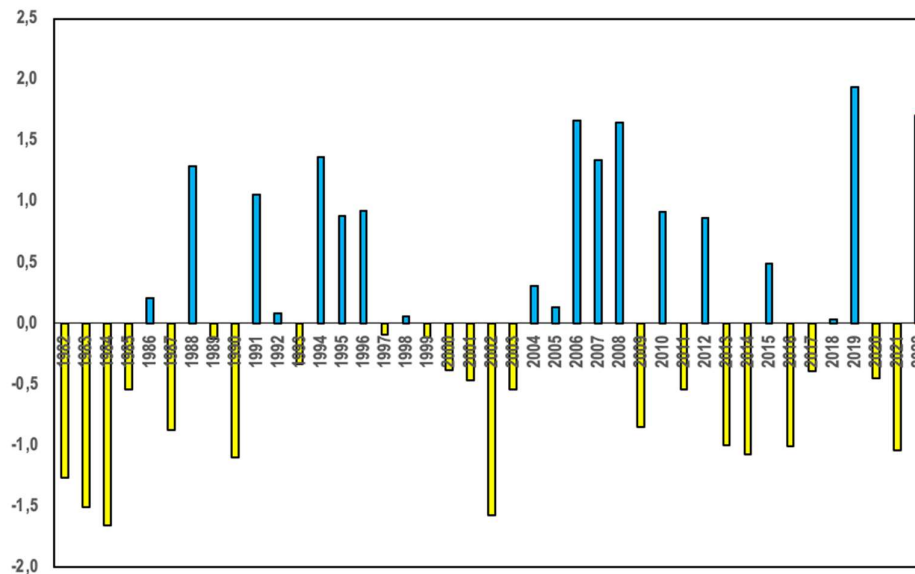


Figure 5. Indice d'anomalie pluviométrique standardisé

Les résultats issus de l'indice d'anomalie standardisé confirme la tendance vers des années moins arrosées avec un nombre d'années plus élevé de déficit (22 ans, soit 53,65%) que d'excédent pluviométrique (19ans, soit 46,35%). Le pic excédentaire est enregistré en 2019, tandis que le pic déficitaire est enregistré en 1984. Les plus grands déficits s'observent sur la période de 1982 à 2003, tandis que les plus grands excédents s'observent sur celle de 2004 à 2022, traduisant ainsi une durée plus longue de la période sèche comparée à la période humide.

Au vu de ces résultats qui révèlent des tendances d'évolution faible pour les paramètres pluviométriques nécessaires dans la mise en œuvre de la culture du riz, et qui traduisent à cet effet une variabilité climatique dans la zone mettant en lumière d'importants pics d'excédents et de déficits pluviométrique et une dominance de l'aridification, il importe donc de déterminer les effets de ces perturbations sur l'activité rizicole.

3.2. Effets des aléas de déficit et excédents pluviométriques sur l'activité rizicole

Dans la formulation conceptuelle du risque correspondant au croisement entre le danger et les vulnérabilités en présence en fonction d'une probabilité d'occurrence, les aléas pluviométriques à travers ses expressions de déficit ou sécheresse (Sech.) et excédent ou inondation (Ind.) correspondent de ce fait à la composante « danger », tandis que l'activité rizicole représente la composante « vulnérabilité » en présence.

La fréquence de survenue des aléas (Figure 6), leur durée (Figure 7) et leur intensité déterminent l'ampleur du risque et de de la catastrophe qui se matérialise à travers les effets ressentis ou dégâts causés sur les éléments de vulnérabilité en présence.

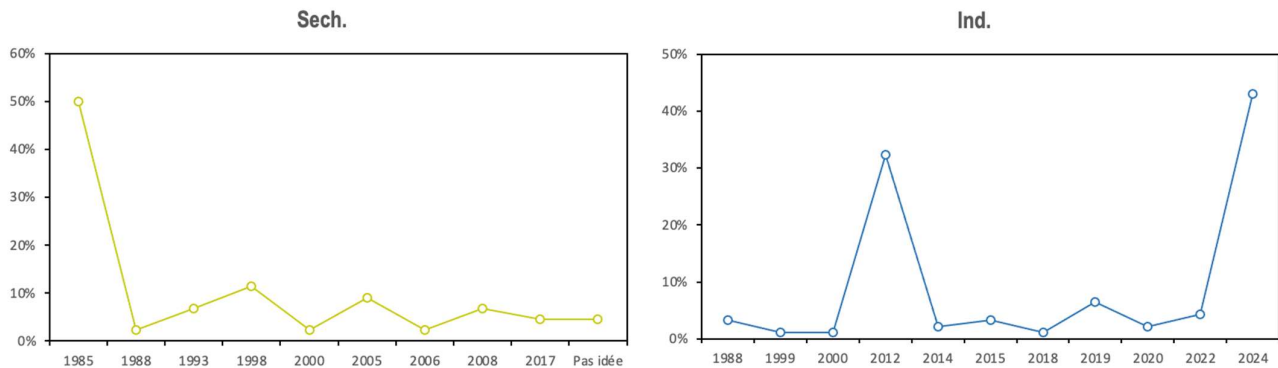


Figure 6. Années des survenues des sécheresses et inondations les plus sévères

L'observation des fréquences de survenue des aléas de déficits et excédents pluviométriques montre que les épisodes de sécheresses les plus sévères ont été le plus remarquables en 1985, qui se situe dans la période où l'ensemble de la zone sahélienne a été affectée par les sécheresses sévères, avant une reprise plus ou moins normale de la pluviométrie à partir des années 1991. Pour le cas des épisodes d'inondations, les années avec les épisodes les plus sévères correspondent à l'année 2012, mais encore plus à l'année 2024 qui fût la plus dévastatrice selon les riziculteurs.

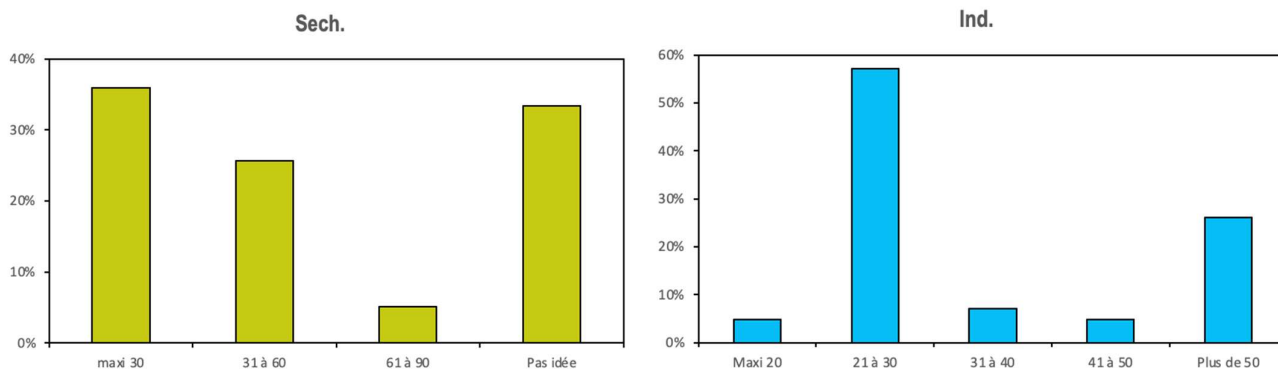


Figure 7. Nombre de jours moyens d'un épisode de sécheresse et inondation

Les aléas ont une durée d'expression variable selon les perceptions des riziculteurs qui estiment pour la plupart qu'un épisode de sécheresse, entendu ici comme le nombre de jours successifs sans aucune précipitation, durent généralement au maximum 01 mois, mais peut également aller à 2 mois, mais beaucoup moins à 3 mois. Par contre, la durée de manifestation pour les cas d'épisodes d'inondations est perçue en semaines et décades. Ainsi, selon les riziculteurs, les épisodes moyens d'inondation dans la zone durent principalement entre 03 et 04 semaines, mais peuvent également s'étendre entre 05 et 06 semaines.

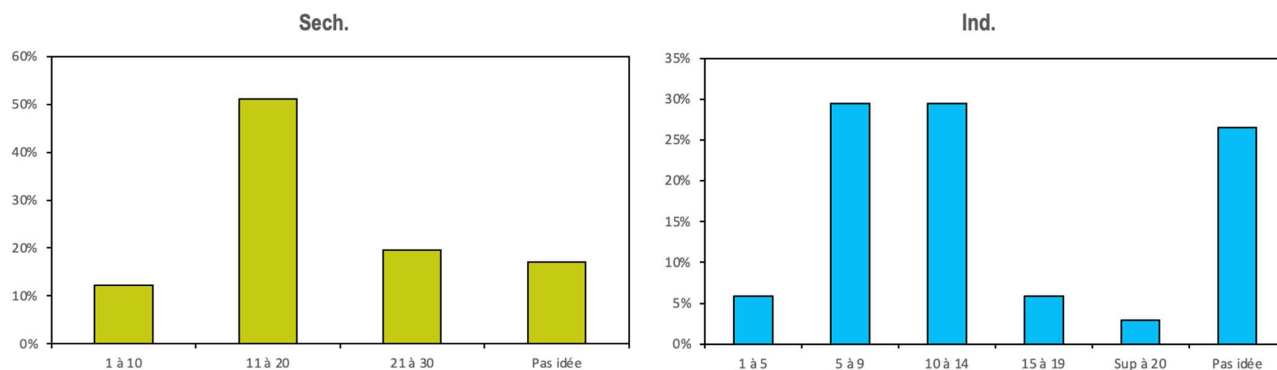


Figure 8. Nombre maximal de jours de résistance

Les figure 8 montre que la durée de manifestation des jours de survenue se ressent donc différemment sur les cultures. En effet, les riziculteurs pensent principalement que le nombre de jours de résistance du riz aux sécheresses se situe entre 11 et 20 jours, tandis que pour les épisodes d'inondation cette résistance se situe entre 5 et 9 jours mais pouvant également résister entre 10 et 14. C'est alors après ces périodes marquant la capacité de résistance que les dégâts surviennent le plus ou alors s'intensifient.

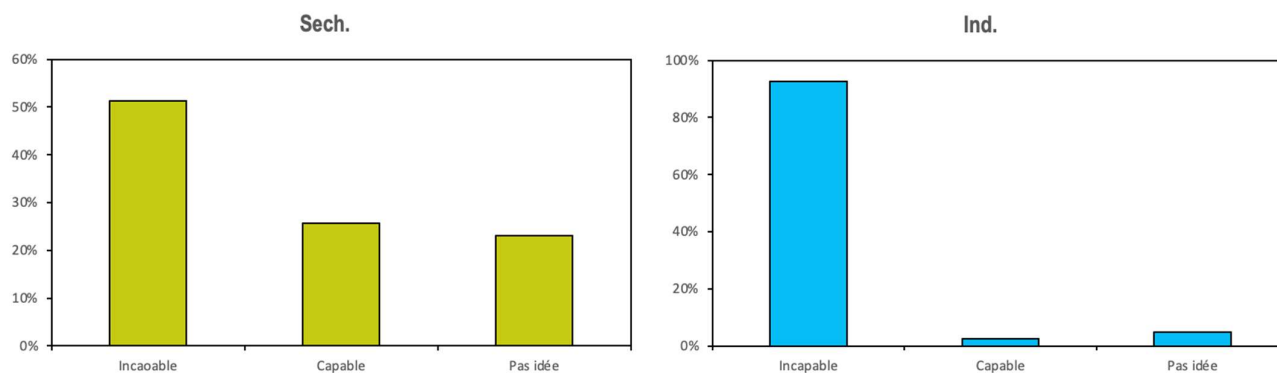


Figure 9. Capacité de résistance du riz face aux sécheresses et inondations

Comme l'indique la figure 9, la durée de résistance détermine la capacité de résistance dont dispose la plante en cas de survenue d'aléas ; et selon les producteurs, le riz est incapable de résister aux sécheresses et inondations. Cependant, si pour la quasi-totalité des producteurs aucune résistance n'est possible face aux inondations, dans le cas des sécheresses, une certaine capacité est à relever bien que globalement l'incapacité domine toujours. La capacité de résistance s'observe certainement à travers la nature des dégâts causés sur les plantes cultivées en champs et sur les cultivateurs (Figure 10).

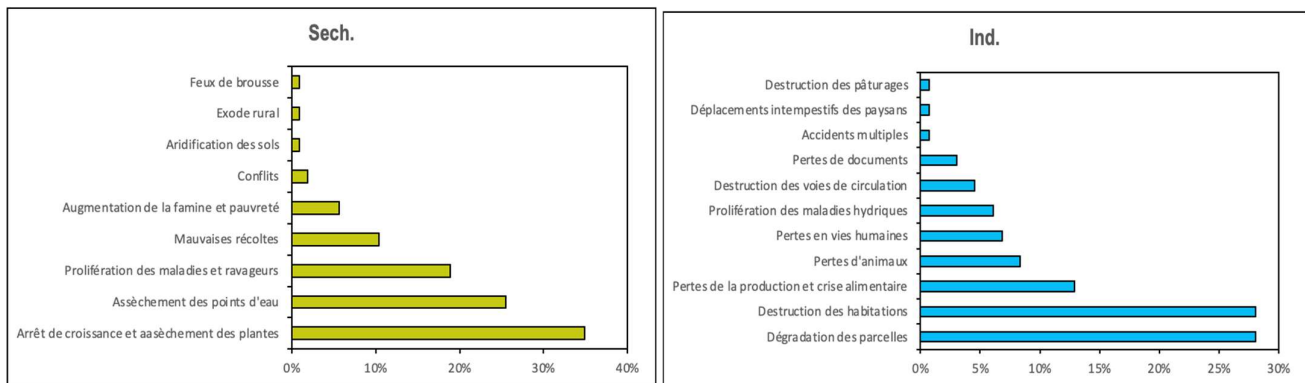


Figure 10. Nature des dégâts causés en champs

Comme le montrent les résultats ci-haut, les dégâts posés par les aléas pluviométriques sur l'activité rizicole sont divers et variés et touchent directement les composantes environnementales et socioéconomiques liées à la culture du riz. En effet, en cas de sécheresse les dégâts affectent directement la disponibilité en eau pour les plantes causant ainsi un arrêt de croissance voire un assèchement total. Les dégâts sont également d'ordre pédologique avec la dégradation des terres qui est tout aussi liée au déficit hydrique intense, et d'ordre biologique avec la prolifération de maladies et ravageurs de riz favorisés par la chaleur ; cette même chaleur qui favorise l'émergence de feux de brousse qui ravagent les plantes sur les terres asséchées. D'un point de vue socioéconomique, surviennent alors des pertes de la production et donc, l'augmentation de la famine et de la pauvreté pour les paysans.

En ce qui concerne les cas d'inondations, les dégâts sont tout aussi nombreux. Les vagues d'eau violentes et stagnantes entraînent en premier plan d'un point de vue agricole, la destruction des parcelles et les pertes de la production. Sur le plan économique, on note les pertes de biens multifformes et des aménagements des riziculteurs. Plus grave encore sur le plan humain, les inondations sévères occasionnent des fortes migrations, des accidents multiples dus aux dégradations des voies de circulations, mais aussi l'émergence de maladies hydriques et des pertes en vies humaines.

Au vu de ces catégories de dégâts causés par les aléas pluviométriques à la fois d'excédents et de déficits pluviométriques qui affectent la production du riz, une perche est ainsi tendue par ces aléas à l'insécurité alimentaire.

3.3. Influence des perturbations pluviométriques sur la production rizicole et incidence sur l'insécurité alimentaire

Un des marqueurs principaux de l'influence des conditions pluviométriques sur la production rizicole est la production totale obtenue au terme de la campagne agricole. En condition climatique optimale, et selon les variétés cultivées, un certain rendement peut être espéré par les producteurs. Pour le cas de la vallée du Logone, l'encadrement mis en place par la SEMRY dès sa création visait un rendement moyen de 06 tonnes à l'hectare.

3.3.1. Dynamique évolutive de la production rizicole

Les résultats obtenus dans cette étude distinguent les rendements moyens (Rend.) obtenus dans 04 sous-zones de production que sont les arrondissements de Yagoua, Vélé, Maga et Kay-Kay sur 21 ans (Tableau 3).

Tableau 3. Comparaison des rendements annuels moyens par zone de production

Statistique	Rend_Yagoua	Rend_Vélé	Rend_Maga	Rend_Kay-Kay	Rend_Moy
Nb. d'observations	21	21	21	21	21
Minimum	3,106	2,900	3,313	2,346	2,916
Maximum	4,153	4,059	4,288	3,562	4,015
Médiane	3,788	3,345	3,800	3,077	3,503
Moyenne	3,740	3,411	3,820	2,976	3,487
Variance	0,088	0,123	0,113	0,131	0,110
Ecart-type	0,297	0,350	0,337	0,362	0,332

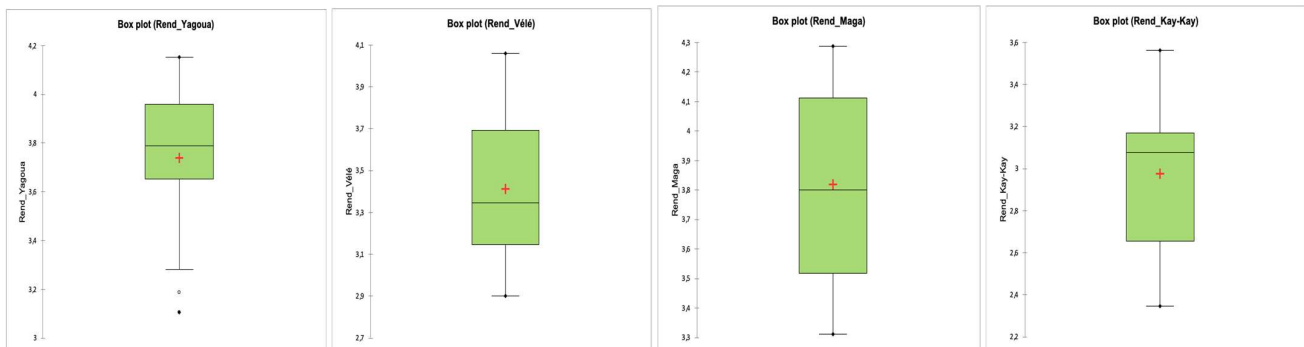
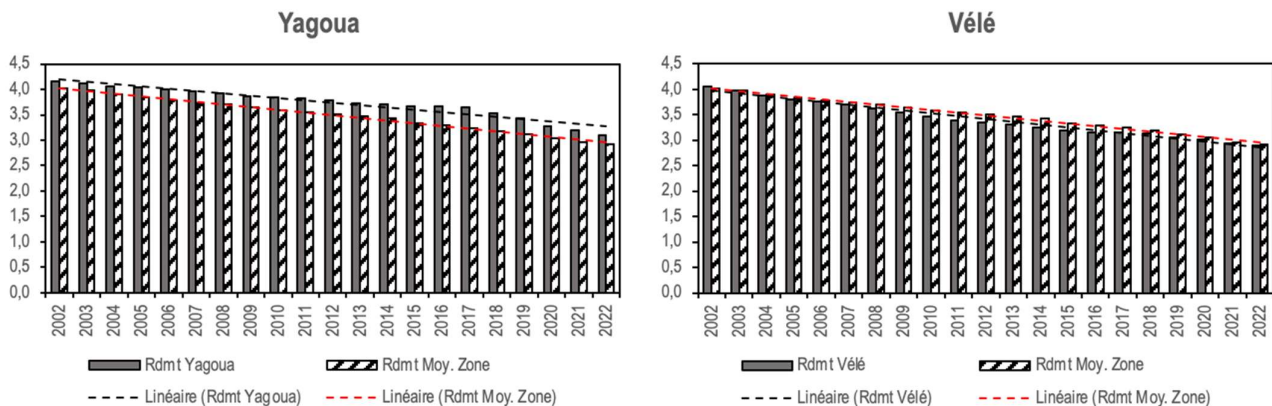


Figure 11. Distribution statistiques des rendements moyens par zone de production

Les analyses de distributions statistiques révèlent que la zone de Maga suivie de Yagoua ont les valeurs moyennes de rendement les plus élevées comparativement à Vélé et Kay-Kay. Les valeurs maximales et minimales suivent ce même ordre. Les caractéristiques de dispersion des valeurs de rendement autour de la moyenne montrent que les valeurs sont bien plus resserrées à Yagoua par rapport aux trois autres sous-zones, mettant donc en évidence moins de rapprochements dans les rendements produits au sein de ces dernières.



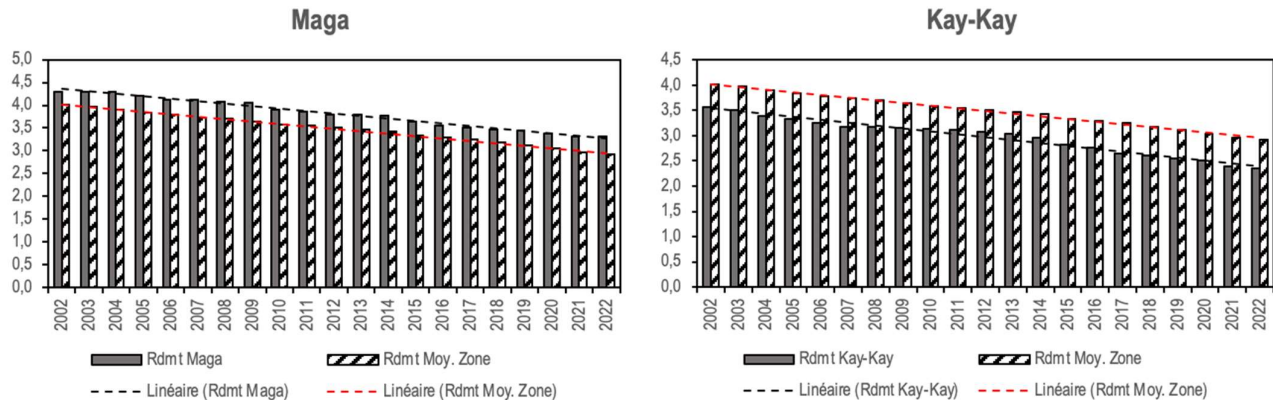


Figure 12. Évolution interannuelle des rendements annuels moyens par zone de production en comparaison à la moyenne zonale globale

D'après les résultats issus de la figure 12, l'observation de l'évolution des rendements annuels de riz produits dans chaque sous-zone de production en comparaison avec la moyenne de la zone entière révèle à première vue que pour les 04 sous-zones on note une tendance claire vers la baisse de la production avec des rendements moyens de plus en plus bas d'une année à une autre, illustrée notamment par des courbes de tendances systématiquement négatives, avec la valeur maximale au point initial de la série temporelle (l'année 2002) et la valeur minimale au point final de la série (année 2022). Ceci laisse entrevoir le fait que quel qu'en soit le type de conditions climatiques prévalant dans la zone ou le type d'aléas survenant d'une année à une autre qu'il s'agisse d'un excédent ou un déficit, ils contribuent toujours à une décroissance de la production.

Par ailleurs, en comparant les rendements annuels dans chaque sous-zones par rapport à la moyenne zonale entière, on remarque que seule la sous-zone de Vélé a des valeurs proches de la moyenne zonale globale. Dans les autres sous-zones on enregistre des écarts bien marqués par rapport à la zone entière. Cependant, si à Yagoua et à Maga les moyennes annuelles des rendements sont supérieurs à ceux de la zone globale, ce n'est pas le cas à Kay-Kay qui enregistre des valeurs annuelles toutes en deçà de la moyenne globale, confirmant ainsi que dans cette dernière sous-zone les rendements sont des plus bas en comparaison aux trois autres.

3.3.2. Relations variées entre pluviométrie et production rizicole

Au vu des tendances pluviométriques précédemment observées, cette baisse progressive de rendement interannuelle peut être mise à l'actif de la variabilité pluviométrique interannuelle qui s'avère irrégulière et marquée consécutivement d'années déficitaires et excédentaires, tout comme de saisons agricoles irrégulières.

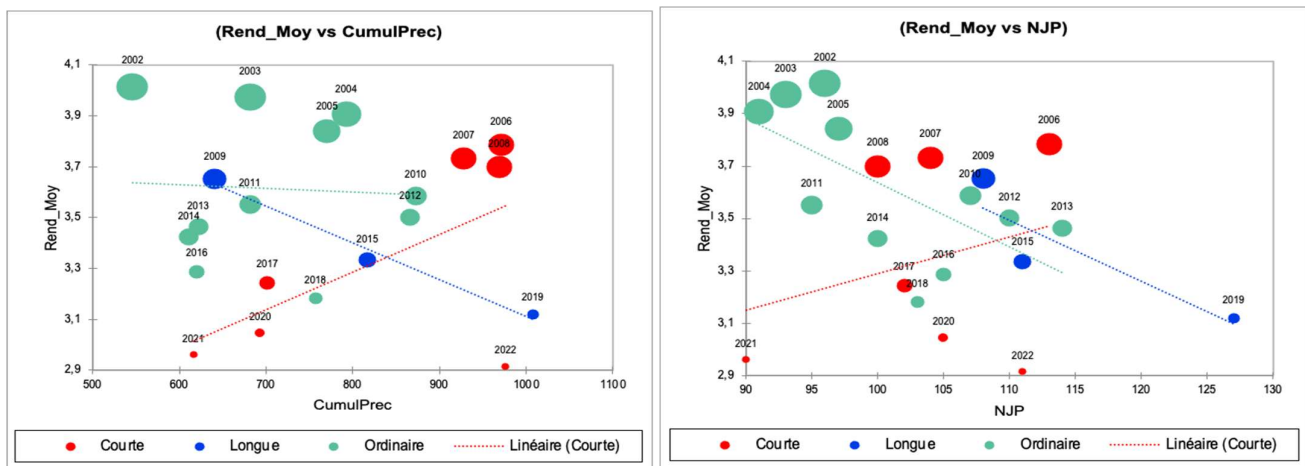


Figure 13. Relation évolutive entre précipitations, jours pluvieux et rendements annuels

L'analyse de la relation bivariée entre les cumuls pluviométriques annuels et les rendements moyens annuels montre que les rendements sont plus élevés lorsque la saison pluvieuse a une durée ordinaire. On note aussi que les années présentant les saisons longues et courtes présentent les rendements les plus bas, parce que ces saisons sont marquées respectivement par les épisodes d'excédents et de déficits pluviométriques qui limitent la production. Ceci est encore plus valable pour les saisons longues avec les jours pluvieux (NJP) les plus nombreux, car l'arrêt tardif des pluies détruit les grains déjà arrivés à maturité. Ceci traduit alors le fait que les rendements sont plus faibles lorsque les pluies s'arrêtent beaucoup trop tôt ou beaucoup trop tard.

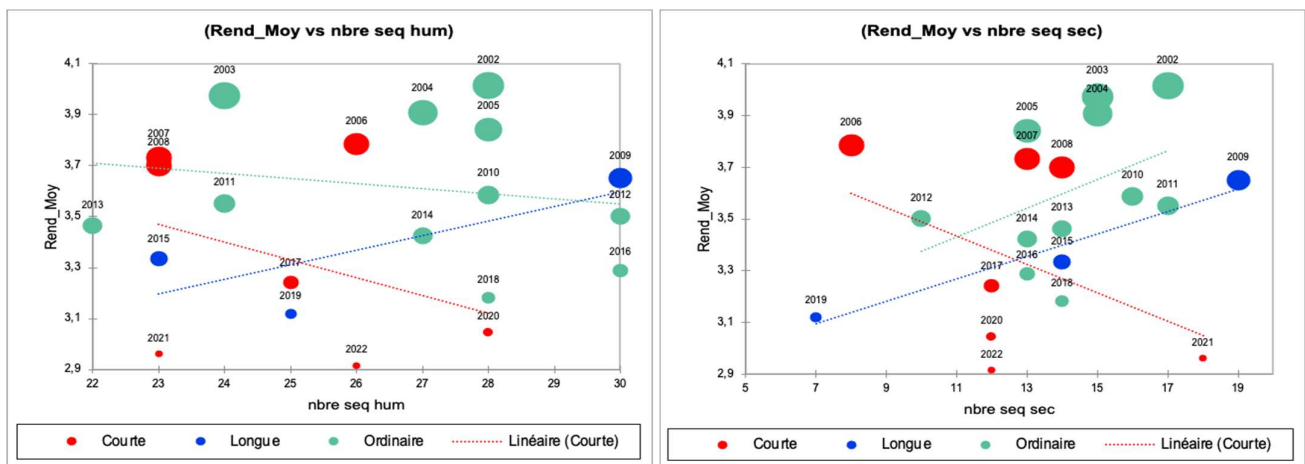


Figure 14. Relation évolutive entre les indicateurs de déficits et excédents pluviométrique et les rendements annuels

D'après la figure précédente, l'analyse de la relation bivariée entre les évolutions de rendements en fonction des aléas pluviométriques révèle pour sa part que les rendements demeurent toujours meilleurs lors des saisons pluvieuses à durée ordinaire et qui présentent des séquences humides (seq hum) comme sèches (seq sec) plutôt moyennes, c'est-à-dire des saisons ni trop humides, ni trop sèches. Les rendements sont plus faibles durant les saisons courtes et continuent de baisser au fur et à mesure que les séquences humides comme les séquences sèches augmentent. Les rendements observés lors des saisons de longue durée sont quant-à eux plus moyens ; ce qui met en évidence le fait que plus une saison est longue, plus elle est sujette à des aléas d'excédent pluviométrique accompagnée de l'arrêt tardif des pluies, qui ne garantissent pas les meilleurs rendements. Cette baisse observée dans l'évolution des

rendements rizicoles du fait des phénomènes pluviométriques extrêmes a une incidence sur la sécurité alimentaire et nécessite une riposte des acteurs de la production, notamment les riziculteurs eux-mêmes, s'ils envisagent inverser la tendance négative.

3.3.3. Incidence des crises pluviométriques et agricoles sur la sécurité alimentaire

Parler de sécurité alimentaire renvoie à parler spécifiquement de 04 aspects cruciaux à savoir la disponibilité des denrées alimentaires en quantité suffisante, la stabilité de l'approvisionnement, l'accessibilité physique et économique desdites denrées, ainsi que leur qualité et sécurité sanitaire. Compte tenu du fait que la riziculture est dépendante des conditions hydroclimatiques adéquates et incontournables dans le cycle végétatif des plantes et dans la recherche d'une production optimale, il va sans dire que les perturbations dans ces conditions hydroclimatiques entraînent des risques à long termes de ne pouvoir produire en quantité et en qualité suffisantes, réduisant ainsi la capacité d'autosuffisance alimentaire et donc, de sécurité alimentaire. L'insécurité alimentaire due aux phénomènes climatiques extrêmes apparait alors lorsque ceux-ci posent des effets néfastes sur la production, notamment en causant des pertes (Figure 15) qui n'auraient pas été enregistrées dans des conditions climatiques normales.

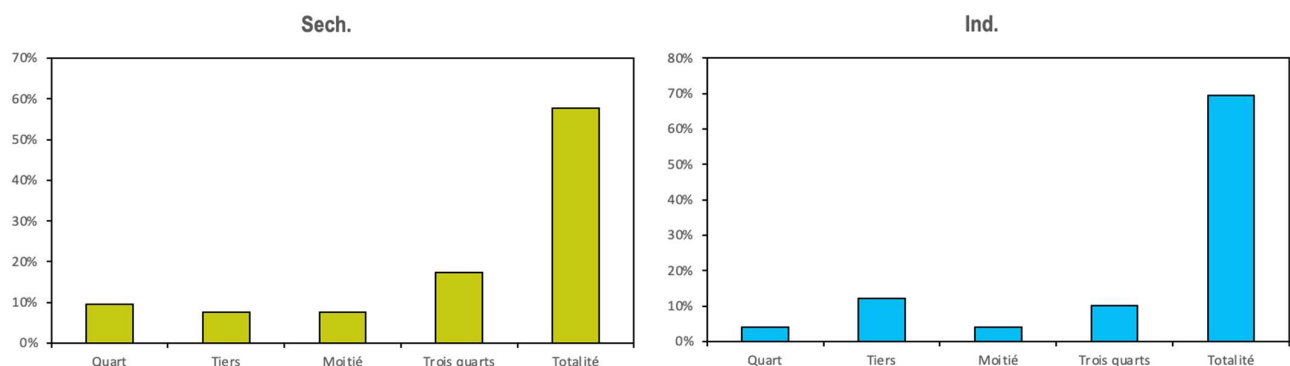


Figure 15. Proportions de pertes dans la production

Les résultats de la figure précédente nous renseignent en effet sur les proportions des pertes perçues par les riziculteurs lors de la survenue de crises pluviométriques sévères en termes de déficit et d'excédent extrêmes de la pluviométrie, autrement dit lors des épisodes cruciaux de sécheresses et d'inondations. Il en ressort que pour les deux cas de figure, les pertes sont pour la plus part enregistrées en termes de pertes totales de la production, dans 57,69% des cas pour les épisodes de sécheresses, mais atteignant jusqu'à 69,39% des cas pour les épisodes d'inondations. Ces valeurs élevées de fréquences de pertes dans la production rizicoles en cas de déficit et d'excédents pluviométriques confirme l'idée selon laquelle les risques climatiques et principalement les risques pluviométriques correspondent à la typologie des risques majeurs pour la sécurité alimentaire ; un risque majeur se caractérisant justement par ses fréquences d'occurrences et la gravité des dégâts qu'il occasionne.

Face justement à cette gravité des dégâts engendrés par les aléas pluviométriques, la capacité de réaction des producteurs de riz (Figure 16), est un indicateur à considérer dans l'évaluation de leur vulnérabilité en cas de crise, et donc le rôle qu'ils pourraient jouer dans la volonté de limiter l'insécurité alimentaire qui accompagne les risques pluviométriques.

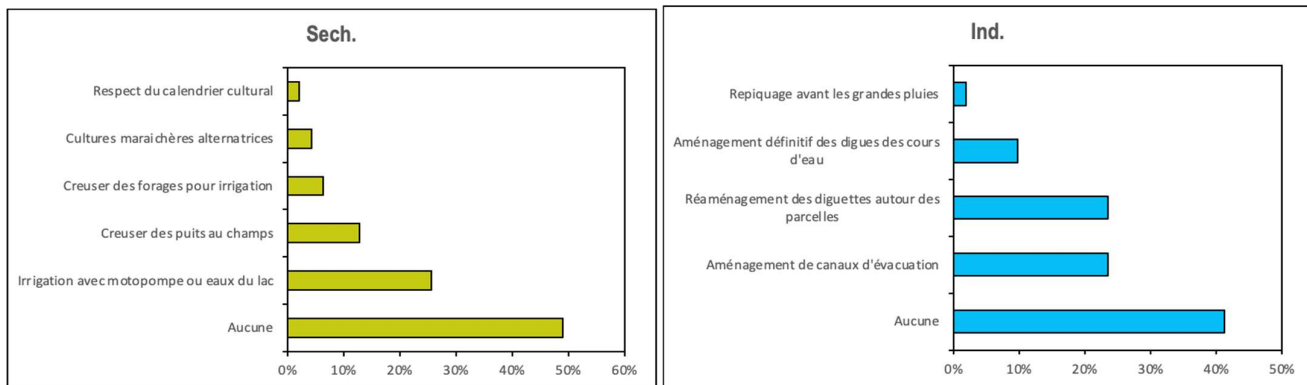


Figure 16. Mesures de riposte en champs

L'analyse de la capacité de réaction des riziculteurs en cas de crise pluviométrique à travers la mise en œuvre de mesures de riposte en champs met directement en lumière le fait que cette capacité de réaction est quasi nulle. En effet, selon les affirmations de ces derniers, en cas de sécheresse (à 48,94%) et en cas d'inondations (à 41,18%) aucune action n'est entreprise. Autrement dit, cette frange des riziculteurs préfèrent rester attentistes et subir les effets des aléas sans intervention directe, dans l'espoir que les dégâts seront moindres et qu'une partie de la production pourrait être récupérable. Cette attitude traduit véritablement la montée de l'insécurité alimentaire en confirmant les tendances à la perte totale de la production (Figure 15) puisque la grande majorité des producteurs est inactive face aux aléas.

Néanmoins, des mesures sont également mises en œuvre afin soit de s'adapter, soit d'atténuer les effets des crises en champs. En effet, les résultats révèlent que pour les cas de sécheresse, les mesures sont surtout prises pour satisfaire les besoins en eau des plantes. Les eaux de surface et les eaux souterraines sont ainsi utilisées pour irriguer les champs après des investissements pour la création des puits ou de forages manuels. Cependant les producteurs les plus pessimistes préfèrent en cas de sécheresse abandonner la culture du riz et opter pour des cultures maraichères à cycle rapide pour rattraper des pertes économiques dues à l'échec de la campagne rizicole. C'est pour éviter cela qu'une autre catégorie de riziculteurs, certes marginaux, se disent préventifs en respectant le calendrier agricole, en évitant des itinéraires techniques pratiqués hâtivement ou tardivement.

Par ailleurs, en ce qui concerne les épisodes d'inondations, il s'agit principalement des mesures de protection qui sont entreprises pour contrer la fureur des eaux, en créant des barrières aux abords des cours d'eau en solidifiant les digues de protection, autour des parcelles avec des diguettes, mais également en aménageant et entretenant régulièrement les voies de canalisation des eaux pour faciliter les écoulements et éviter les stagnations. Ces mesures sont prises en guise de précaution à l'avance, mais également pendant le déroulement de la crise. C'est également en guise de prévention que quelques riziculteurs n'attendent pas les grandes pluies pour procéder au repiquage du riz dans les parcelles, et ainsi éviter que ces plantes soient emportées par les eaux en cas de pluies successives et violentes au début de la saison rizicole. Mais ces mesures prises ne sont pas toujours gages de succès selon les affirmations des riziculteurs (Figure 17).

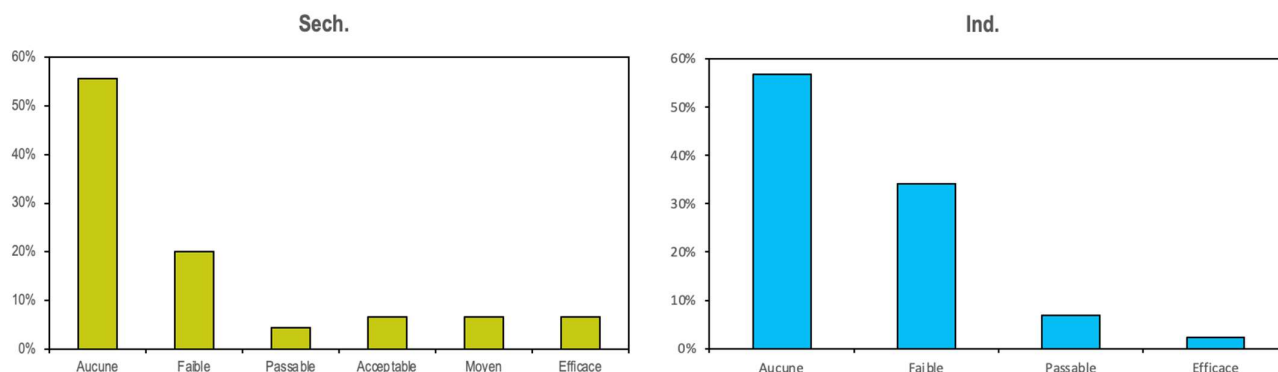


Figure 17. Niveaux d'efficacité des mesures de riposte en champs

Comme le révèle la figure ci-dessus, selon la très grande majorité des riziculteurs, les mesures de riposte face aux aléas pluviométriques n'ont d'une part aucune efficacité (55,56% en cas de sécheresse contre 56,82% en cas d'inondation) ou alors une faible efficacité (20,00% en cas de sécheresse contre 34,09% en cas d'inondation). D'autre part, pour une part marginale de riziculteurs, ces stratégies sont jugées passable (4,44% en cas de sécheresse contre 6,82% en cas d'inondation), acceptable (6,67%), moyennement efficace (6,67%) ou efficace (6,66% en cas de sécheresse contre 2,27% en cas d'inondation). On note alors une forte tendance vers une efficacité négative (Aucune + Faible) avec 75,56% en cas de sécheresse contre 90,91% en cas d'inondation), qu'une efficacité positive (Passable + Acceptable + Moyen + Efficace) avec 24,44% en cas de sécheresse contre 9,09% en cas d'inondation. Ceci traduit le fait que les riziculteurs ont une meilleure maîtrise et capacité adaptative en cas de sécheresses contrairement aux inondations.

Malgré cela la tendance négative des valeurs de riposte nécessite la prise de mesures à l'effet d'améliorer des stratégies de riposte aussi bien d'adaptation que de mitigation (Figure 18).

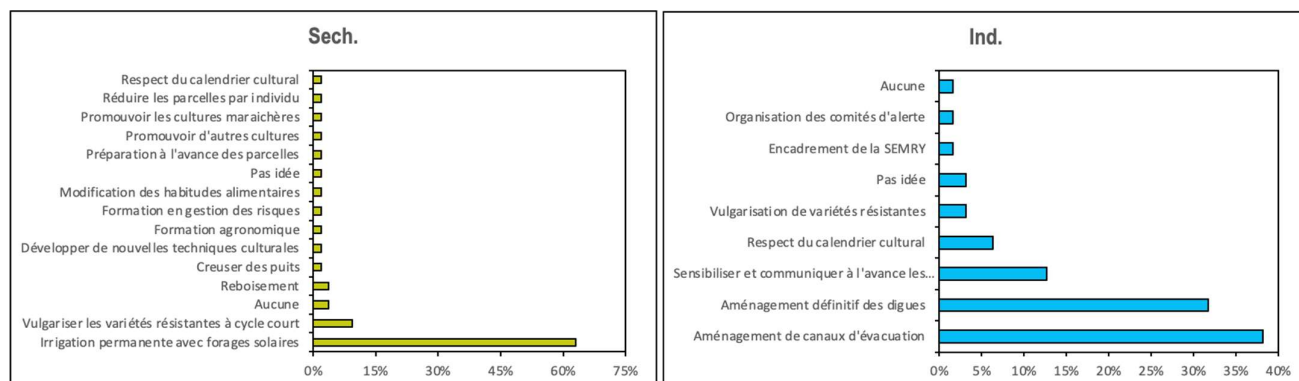


Figure 18. Perspectives envisagées pour l'amélioration des mesures de riposte

Au vu du fait que les réactions des riziculteurs en situation de crise pluviométrique soient généralement des actions individuelles et isolées, le succès est rarement au rendez-vous. C'est ainsi que des perspectives d'amélioration sont envisagées par ces derniers afin mieux répondre aux aléas et maintenir leur production.

D'une part, face aux crises de sécheresse, les producteurs dans leur grande majorité (62,96%) envisagent comme solution la plus adéquate, la modernisation de l'hydraulique rurale et la maîtrise des eaux à travers l'irrigation permanente alimentée par des forages fonctionnant à énergie solaire, puisque la zone est bien fournie est rayonnement solaire, afin de réduire ainsi les manquements de la riziculture pluviale stricte. Les puits à ciel ouverts peuvent également être mis à contribution pour irriguer les champs en période de

crise. Le volet purement agronomique est également à améliorer avec la nécessité de vulgariser des variétés de riz à cycle court compte tenu du raccourcissement des saisons pluvieuses et de la baisse du nombre annuel de jours pluvieux. Toujours sur le plan agronomique, de nouvelles techniques agricoles plus innovantes doivent être introduites afin de corriger les manquements observés dans le système cultural qui, pour la plupart, reste le même depuis plus de 50 ans de vulgarisation de la riziculture dans la zone. Il est aussi envisagé la diversification culturale par la promotion d'autres cultures, notamment les cultures maraichères, qui peuvent servir de compléments aux pertes dans la production et les baisses de rendements progressifs que connaît la riziculture stricte. En outre, les autres perspectives d'amélioration concernent surtout le volet renforcement des capacités des riziculteurs qui ont besoin d'un meilleur encadrement technique non plus seulement sur le plan agronomique mais aussi sur le plan de la gestion des risques et catastrophes climatiques.

D'autre part, face aux crises d'inondation, les mêmes aspects hydrauliques, agronomiques et de formation sont souhaitées par les riziculteurs. En effet, la majorité des riziculteurs (69,85%) recommande des aménagements définitifs des canaux d'évacuation des eaux autour des périmètres rizicoles ainsi que des digues de protection aux abords des cours d'eau et du lac, notamment la grande digue du fleuve Logone et la digue du lac de Maga, dont les débordements s'accompagnent d'inondations sévères au sein des rizières. D'un point de vue agronomique, les paysans souhaitent une vulgarisation des variétés de riz qui peuvent résister plus longtemps aux inondations, mais aussi le respect du calendrier cultural qui doit être actualisé pour éviter les échecs dans la conduite des itinéraires techniques. Le volet lié à l'encadrement des producteurs, au renforcement des capacités et formations techniques devra aboutir à l'amélioration de la gestion des risques et catastrophes climatiques ainsi que la mise en place de systèmes d'alertes précoces en milieu paysan, ce qui est incontournable pour la communication de crise, la prévention des risques et le rehaussement du niveau d'efficacité des mesures de riposte.

IV. DISCUSSION

Cette étude a été conduite avec comme finalité la mesure des tendances de déficits et excédents pluviométriques et leurs effets respectifs sur l'activité et la production rizicole, et corrélativement sur la sécurité alimentaire, en admettant qu'au sein de la région sahélienne particulièrement, c'est le régime des précipitations qui est le facteur principal de la productivité alimentaire (Tucker, 1991 ; Sarr, 2013). Nos résultats ont spécifié l'aspect selon lequel la tendance à des fluctuations pluviométriques interannuelles met en lumière une alternance des années soit déficitaires, soit excédentaires par rapport à la normale sur les quatre dernières observées (1982-2022). Toutefois, on y note un nombre plus élevé d'années déficitaires par rapport aux années excédentaires, et ce, principalement au début de la série chronologique, notamment les deux premières décennies. Ceci traduit le fait que l'ensemble de la zone soudano-sahélienne à laquelle appartient la vallée du Logone a connu de très sévères années sèches durant les décennies 1980 et 1990, d'où des pics d'épisodes de sécheresses durant ces décennies là (1985 et 1998). Cependant les pics d'excédents pluviométriques se situent surtout durant la dernière décennie de 2011 à 2022, avec des pics d'épisodes d'inondations extrêmes dans cette dernière décennie (2012 et 2022), allant dans le sens d'Ahidjo (2019), qui a développé l'idée selon laquelle l'eau est une denrée rare dans la vallée du Logone et la zone soudano-sahélienne du Cameroun en général, du fait de la faible pluviométrie, mais reflétant un paradoxe pour lequel son abondance nuit aux activités humaines, d'autant plus que la récurrence des inondations et des sécheresses remet en cause la question de la gouvernance des risques météorologiques par les pouvoirs publics qui ne disposent pas d'outils nécessaires de prévention et sont parfois surpris par ces phénomènes naturels, ce qui contribue à augmenter la vulnérabilité de la zone face aux risques. 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 (R. D'Ercole, 2014). Dans le même ordre d'idées, les travaux de Ozer et al. (2010) vont dans ce sens puisqu'ils ont également révélé que les périodes de 1970 et 1980, constituent les périodes charnières de la baisse drastique de la pluviosité moyenne annuelle dans la zone sahélienne. Ly et al. (2013), ont pour leur part confirmé que dans l'observation des tendances climatiques sahéliennes, 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.

Les résultats de notre étude mettent également en évidence le fait que l'analyse des tendances pluviométriques 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. Cette compréhension de la dynamique

s'avère fondamentale dans le choix de la nature des mesures de riposte à engager par les acteurs (Sambo, 2013). Par ailleurs, au vu de cette alternance pluviométrique à la fois excédentaire et déficitaire, cela prédispose la culture des riz à une forte vulnérabilité et donc une faible résistance d'après les riziculteurs face aux crises pluviométriques (Lebel, 2009). Ceci se traduit d'une part par la nature de l'exposition géophysique de la zone elle-même qui correspond à une zone de plaine avec de faibles degrés de pente pour le ruissellement des eaux et des sols rugueux et argileux très lents en infiltration et percolation des eaux ; et d'autre part, par la sensibilité physiologique du riz qui est une plante fragile avec de besoins en eaux spécifiques, et qui s'assèche rapidement en cas de manque d'eau et pourrait tout aussi rapidement en cas d'excès d'eau.

C'est fort de cela que les dégâts posés par les aléas pluviométriques sur la culture du riz sont très sévères et impactent fortement l'activité et la production rizicole dans la zone, en ayant donc une incidence sur la sécurité alimentaire. Les résultats issus de l'analyse des liens entre la dynamique pluviométrique irrégulière et les rendements rizicoles dans différentes sous-zones de production ont effectivement démontré une tendance à la baisse des quantités produites dans chacune de ces sous-zones. C'est dans ce sens que Tiriha (2025) a également démontré dans ses travaux que l'insécurité alimentaire, sociale et la baisse des revenus rizicoles est exacerbée par les impacts climatiques. La vulnérabilité du riz, laisse entrevoir donc le fait que cette culture est plus propice à des saisonnalités ordinaires, c'est-à-dire ni trop longues, ni trop courtes, car dans ces derniers cas les rendements sont beaucoup plus modestes, puisque les années marquées de saisons raccourcies sont généralement déficitaires en cumuls pluviométriques et jours pluvieux empêchant les plantes de boucler leur cycle et bien produire, tandis que celles marquées de rallonges en sont généralement excédentaires, dévastant les graines mûres et perturbant les récoltes.

Les piliers de la sécurité alimentaire définis en termes de disponibilité permanente des denrées et des facilités pour l'accessibilité, en sont alors fortement compromis. Ceci l'est d'autant plus que le niveau de capacité d'atténuation et d'adaptation des riziculteurs est limitée à des actions marginales, isolées et non structurées, ce qui n'est de nature qu'à augmenter le degré de vulnérabilité aux risques pluviométriques et à l'insécurité alimentaire. Ces résultats démontrent donc que les mesures de riposte face aux aléas pluviométriques, lorsqu'elles sont prises de façon individuelle et sans coordination, s'avèrent dépourvues d'efficacité réelle, et nécessitent à cet effet d'être inscrites dans de réels attitudes collectives de prévention, d'intervention et de réhabilitation. Ceci est corroboré par les études menées par Hinnou et *al.* (2018) et Hermans (2017) qui ont démontré que lorsque les riziculteurs sont encadrés, suivis techniquement par des experts et structurés sur le plan organisationnel, ils sont plus aptes à disposer des informations permanentes sur les techniques de production innovantes, ainsi que sur les évolutions climatiques et les ripostes efficaces. C'est également dans cet ordre d'idées que les travaux de Folefack (2014) dressent les pistes pour booster la riziculture au Cameroun et garantir la sécurité alimentaire, où il indique les pistes étiatiques à savoir la réhabilitation des périmètres irrigués, l'aménagement des bas-fonds et des plaines inondables, l'introduction de la riziculture autour des futurs barrages et la diversification des systèmes de production avec un accent particulier sur la riziculture pluviale et de bas-fond. Les travaux de l'auteur corroborent également nos résultats qui relatent la nécessité d'une véritable structuration socio-économique et scientifique de la filière en développant les pistes comme une meilleure organisation de la filière riz, une recherche rizicole plus dynamique, une amélioration de la productivité et de la compétitivité du riz local, un appui institutionnel plus poussé, ainsi qu'un soutien financier et matériel des producteurs en situation climatique critique.

V. CONCLUSION

Somme toute, il était question au départ dans le cadre de cette étude d'analyser conjointement les déterminants des crises climatiques en matière de déficit et d'excédent pluviométrique en montrant comment celles-ci affectent l'activité rizicole et par la même occasion la sécurité alimentaire dans la vallée du Logone à l'Extrême-Nord Cameroun. Les méthodes statistiques de calculs de test de tendance et d'indices d'anomalies pluviométriques sur la série chronologique de 1982 à 2022 ont permis de démontrer les tendances de déficits et excédents pluviométriques, pendant que les analyses fréquentielles de perceptions des riziculteurs ont eu pour rôle de permettre d'en mesurer les effets et les niveaux d'influence sur la production rizicole et la sécurité alimentaire dans la zone. Les résultats ont mis en lumière le fait que la tendance d'évolution de la pluviométrie dans la zone est marquée par des fluctuations permanentes entre des années déficitaires et des années excédentaires dans la dynamique pluviométrique de la zone étudiée, indiquant donc l'absence systématique d'une tendance exclusivement à la hausse ou à la baisse dans la série considérée. Les pics d'excédents ont alors conduit à des épisodes d'inondation tandis que les pics de déficits ont conduit à des épisodes de sécheresse. En outre, il est

ressorti des résultats que les épisodes se séquences sèches et séquences humides peuvent avoir des durées variables selon les perceptions faites par les riziculteurs, en ce sens que dans les deux cas elles peuvent se limiter entre 01 et 02 semaines et dans d'autres cas aller jusqu'à 02 à 03 mois de crise ; ce, face à quoi la culture du riz est quasiment dépourvue d'une quelconque résistance du fait de la fragilité de la plante en question. Les dégâts causés par ces phénomènes s'avèrent donc sévères car ils touchent non seulement l'aspect physiologique de la plante, mais aussi l'environnement de production avec notamment les sols et les eaux, réduisant ainsi les rendements rizicoles qui font montre d'une courbe systématiquement décroissante d'une année par rapport à la précédente. En comparant les types de saisons pour montrer l'influence des aléas pluviométriques sur les rendements agricoles, il est ressorti que les meilleurs rendements correspondent aux années avec une saison des pluies ni trop longue ni trop courte, car les récoltes sont détruites lorsque les pluies s'arrêtent tardivement, et elles ne mûrissent pas et meurent lorsque les pluies s'arrêtent hâtivement. La sécurité alimentaire est ici mise en mal dans le sens que les phénomènes pluviométriques extrêmes ne permettent pas de produire en quantité et qualité suffisante et qu'ils conditionnent la disponibilité permanente ainsi que l'accessibilité à l'aliment hautement sollicité par les ménages que représente le riz. L'insécurité alimentaire est renforcée par les pertes quasi totales des cultures en situation de crises, ainsi que la capacité de réaction limitée des riziculteurs dont les mesures de riposte en champs, qui sont en général individuelles et isolées, sont perçues comme sans efficacité aucune par la plupart des riziculteurs. Afin de garantir du succès à ces mesures locales de riposte face aux aléas pluviométriques, il est nécessaire de développer des méthodes de culture innovantes avec de nouvelles techniques et de nouvelles variétés de riz plus résistantes aux crises climatiques. Les riziculteurs, dont la capacité d'adaptation et réaction est plutôt faible, ont également besoin d'être mieux encadrées par les sociétés en charge du développement de la riziculture. Ils doivent également voir leurs capacités renforcées en ce qui concerne les techniques culturales modernes et innovantes, le respect du calendrier agricole actualisé, ainsi que la gestion des crises et catastrophes climatiques à travers le développement des systèmes de prévision et d'alerte précoce, tout comme des systèmes d'interventions groupées, coordonnées et structurées au sein des communautés, afin de contribuer au renforcement de la sécurité alimentaire face aux conditions climatiques qui se détériorent dans la zone.

REFERENCES

- [1] Hugon, P. (2002). L'agriculture en Afrique sub-saharienne : enjeux et perspectives, *Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Dossier : Afrique : agriculture, développement et recherche, Volume 9*, Numéro 6, 409-15.
- [2] Berthelie P., Lipchitz A., (2005) « Quel rôle joue l'agriculture dans la croissance et le développement », Armand Colin, *Revue Tiers Monde*, 3 n° 183, 603 à 624.
- [3] Cervantes-Godoy, D. et Dewbre J. (2010), « *Importance économique de l'agriculture dans la lutte contre la pauvreté* », Éditions OCDE. doi : 10.1787/5kmjw4vlp5kg-fr
- [4] FAO. 2020. *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2020. Relever le défi de l'eau dans l'agriculture*. Rome. 234p.
- [5] MINADER. (2022). *Statistical yearbook of the Ministry of Agriculture and Rural Development*. Agristat N°18, 167p.
- [6] Temple, L., Fofiri, N.E, Ndam, J.P, Ndjouenkeu, R. (2009). Impacts de la croissance urbaine sur l'innovation dans les filières vivrières du Nord Cameroun. In L. Seiny-Boukar, P. Boumard (éditeurs scientifiques), 2010, Actes du colloque, *Savanes africaines en développement : innover pour durer*, 20-23 avril 2009, Garoua, Cameroun. PRASAC, N'Djaména, Tchad ; CIRAD, Montpellier, France, cédérom.
- [7] Folefack Pompidou, D. J. (2014). Booster la production locale du riz pour le renforcement de la sécurité alimentaire au Nord Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*, 82,7449– 7459.
- [8] Malaa, D., Simo, B. R., Agboh-Noameshie, A.R., Jaff, A.B., Mouafor, B.I., Mfouapon, A., and Woin, N. (2017). Caractéristiques Biophysiques Préférées dans le Riz par Genre au Cameroun, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 20 No. 4, 1099-1106.

- [9] Banque Mondiale. (2008). *Rapport sur le développement dans le monde*. The International Bank for Reconstruction and Development. Washington, USA. 36p.
- [10] Clarke, B., Otto, F., Stuart-Smith, R., & Harrington, L. (2022). Extreme weather impacts of climate change: an attribution perspective. *Environmental Research: Climate*, 1(1), 012001.
- [11] Nelson, G. C., Valin, H., Sands, R. D., Havlik, P., Ahammad, H., Deryng, D., ... & Willenbockel, D. (2014). Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. *Proceedings of the National Academy of sciences*, 111(9), 3274-3279.
- [12] Stige, L. C., Stave, J., Chan, K. S., Ciannelli, L., Pettoirelli, N., Glantz, M., ... & Stenseth, N. C. (2006). The effect of climate variation on agro-pastoral production in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(9), 3049-3053.
- [13] Wollburg, P., Markhof, Y., Bentze, T., & Ponzini, G. (2024). Substantial impacts of climate shocks in African smallholder agriculture. *Nature sustainability*, 7(11), 1525-1534.
- [14] Gorst, A., Groom, B., Dehlavi, A. (2015). Crop productivity and adaptation to climate change in Pakistan. *Environment and Development Economics*, vol. 23, n° 6, 679-701.
- [15] Jalloh, A., Nelson, G. C., Thomas, T. S., Zougmore R., Roy-Macauley, H. (2010). *West African Agriculture and Climate Change: A Comprehensive Analysis*. Washington, DC International Food Policy Research Institute (IFPRI), 408 p.
- [16] Dancette, C. and Hall, A. E. (1983). Agroclimatology applied to water management in the Sudanian and Sahelian zones of Africa. *Quarterly Journal of International Agriculture*, 22(1), 8-26.
- [17] Hansen, J. W., (2002). Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: issues, approaches, challenges. *Agricultural Systems*, 74, 309-330.
- [18] Barbier, B., Yacouba, H., Karambiri, H., Zorome, M., Some, B. (2009). Human vulnerability to climate variability in the Sahel : Farmer's adaptation strategies in Northern Burkina Faso. *Environmental Management*, 43 : 790-803.
- [19] Shalizi, Z., Lecocq, F. (2009). To Mitigate or to Adapt: Is that the Question? Observations on an Appropriate Response to the Climate Change Challenge to Development Strategies. *Oxford University Press*, vol. 25, 295-321.
- [20] GIEC (2014). *Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Suisse-Genève : organisation de la météorologie mondiale-programme des Nations Unies pour l'environnement (OMM-PNUE)*, 116 p.
- [21] Assane, B. (2021). Améliorer la productivité rizicole sous changement climatique au Sénégal : quelles stratégies d'adaptation ? », *Économie rurale* [En ligne], 377 | juillet-septembre, mis en ligne le 04 janvier 2023, consulté le 04 octobre. URL : <http://journals.openedition.org/economierurale/9228> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/economierurale.9228>
- [22] Hallegatte, S., Lecocq, F., De-Perthuis, C. (2010). *Économie de l'adaptation au changement climatique*. Rapport du Conseil économique pour le développement durable, Paris, 90 p.
- [23] Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A. & Hegewisch, K. C. (2018) TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. *Sci. Data* 5:170191. doi: 10.1038/sdata.2017.191.
- [24] Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 13(3), 245-259.
- [25] Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods (4th ed.)*. Charles Griffin, London. 202p.
- [26] Lamb, P. J. (1982). Persistence of subsaharan drought. *Nature*, 299 (5878), 46-48.
- [27] Nicholson, S. E. (1981), Rainfall and atmospheric circulation during drought periods and wetter years in West Africa. *Monthly Weather Review*, 109 (10), 2191-2208.

- [28] Tucker, C. J. Dregne, H. E. and Newcomb, W. W. (1991). Expansion and Contraction of the Sahara Desert from 1980 to 1990. *Science*, (253) (5017) 1982 – 1984.
- [29] Sarr, A., Zorome, M., Seidou, O., Bryant, C. R. and Gachon, P. (2013). Recent trends in selected extreme precipitation indices in Senegal-A changepoint approach. *J. Hydrol.*, (55) 326 – 334.
- [30] Ahidjo, P. (2019). Les Inondations Dans La Vallée Du Logone : Enjeux Humanitaires Autour D'un Phénomène Écologique complexe. *International Journal of Current Advanced Research*, 08(02), 17547 17552. DOI: <http://dx.doi.org/10.24327/ijcar.2019.17552.3333>
- [31] D'Ercole, R. (2014). Vulnérabilité : vers un concept opérationnel ? *Conférence invitée, Colloque international « Connaissance et compréhension des risques côtiers : aléas, enjeux, représentations, gestion »*, Brest, Institut Universitaire Européen de la Mer (3-4 juillet 2014), 33p.
- [32] Ozer, p., Hountondji, Y-C., Niang, A. J., Karimoune, S., Laminou, M. O. et Salmon, M. (2010). Désertification au Sahel : historique et perspectives. *BSGLg*, (54), 69-84.
- [33] Ly, M., Traore, S. B., Alhassane, A. and Sarr, B. (2013). Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel. *Weather Clim. Extrem.*, (1), 19-25.
- [34] Sambo, A. (2013). Perceptions locales et pratiques d'adaptation au changement climatique dans la gestion rationnelle des ressources en eau du Lac Tchad. *Geo-Eco-Trop.*, 37, 2: 293-302.
- [35] Lebel, T. and Ali, A. (2009). Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007). *J. Hydrol.*, (375) (1-2) 52-64.
- [36] Tirihaja, A.G., Andriaharimalala, T. & Rejo-Fienena, F. (2025). Stratégies d'adaptations des producteurs rizicoles face aux changements climatiques dans la Région Menabe, Madagascar. *European Scientific Journal*, *ESJ*, 21 (18), 71. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n18p71>
- [37] Hinnou, C.L., Aniambossou, M., Houessionon, P., Adjovi, R.A., & Mongbo, L. (2018). Déterminants socio-économiques de l'adoption des technologies améliorées du riz local diffusées à l'une des plateformes d'innovation au Centre Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 83, 55–72.
- [38] Hermans, F., Sartas, M., Van Schagen, B., Van Asten, P., & Schut, M. (2017). Social network analysis of multi-stakeholder platforms in agricultural research for development: Opportunities and constraints for innovation and scaling. *PLOS ONE*, 12(12), e0169634.