

TYPOLOGIE DES SYSTEMES DE CULTURE DU RIZ (ORYZA SATIVA L.) DE BAS-FONDS AU BENIN

E. L. SOSSA^{1*}, C. E. AGBANGBA^{2,3}, A. MENSAH⁴

¹Unité de Recherche en Gestion Durable de la Fertilité des sols Tropicaux, Laboratoire des Sciences du Sol, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 03 BP 2819 Cotonou, Bénin

²Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières (LABEF), École Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 04 BP 1525 Cotonou, Bénin

³Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LaRBA), Département de Génie de l'Environnement, École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009 Cotonou, Bénin

⁴Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Programme de Cultures Maraichères

*Auteur correspondant : elvas2@yahoo.fr

RESUME

Le riz est la deuxième céréale la plus consommée au Bénin et sa demande est de plus en plus galopante. Malgré la disponibilité de grande superficie de bas-fonds au Bénin, le pays fait recours à des importations massive car la production nationale du riz ne couvre pas les besoins de consommation. La riziculture de bas-fonds apparaît comme une solution pour l'amélioration de la production nationale du riz. Toutefois, les systèmes de culture du riz dans les bas-fonds au Bénin ne sont pas encore identifiés. Cette étude a donc pour but d'établir la typologie des systèmes de culture du riz dans les bas-fonds au Bénin. Une enquête a été réalisée dans six Pôles de Développement Agricole auprès de 608 riziculteurs de bas-fonds. Les données collectées ont été soumises à une Classification Hiérarchique sur Composantes Principales. Les résultats ont révélé l'existence de trois systèmes de culture de riz de bas-fonds au Bénin. Le système 1 contrairement aux systèmes 2 et 3, est caractérisé par la non utilisation des résidus de récolte de riz comme fertilisants. Le désherbage est manuel dans le système 1 et chimique dans le système 2, alors qu'il est à la fois manuel et chimique dans le système 3. Les caractéristiques socioprofessionnelles que sont l'appartenance ou non à une organisation paysanne, la perception du niveau de fertilité du sol et le rôle de la femme dans la production, déterminent le choix d'un système de culture par le producteur. La diversification des cultures, la valorisation des résidus de récolte dans la fertilisation et la faible utilisation d'intrants chimiques de synthèse contribuent à un maintien durable de la fertilité du sol en riziculture de bas-fonds. Il paraît opportun de promouvoir ces pratiques en riziculture de bas-fonds au Bénin en vue d'une gestion durable de la fertilité du sol et l'accroissement des rendements.

Mots clés : Pratiques culturales, diversification, fertilisation, valorisation, intrants

ABSTRAT

TYPOLOGY OF LOWLAND RICE (ORYZA SATIVA L.) CROPPING SYSTEMS IN BENIN

Rice is the second most consumed cereal in Benin and its demand is increasingly galloping. Despite availability of large lowlands area in Benin, the country resorts to massive imports because national rice production does not cover consumption needs. Lowland rice cultivation appears to be a solution for improving national rice production. However, the rice cultivation systems in the lowlands in Benin are not yet identified. This study therefore aims to establish the typology of rice cultivation systems in lowlands in Benin. A survey was carried out in 6 Agricultural Development Poles among 608 lowland rice farmers. The data collected was subjected to a Hierarchical Classification on Principal Components. The results revealed existence of three lowland rice cultivation systems in Benin. System 1, unlike systems 2 and 3, is characterized by non-use of rice harvest residues as fertilizer. Weeding is manual in system 1 and chemical in system 2, while it is both manual and chemical in system 3. Socio-

professional characteristics such as belonging or not to farmers' organization, soil fertility level perception and women' role in production determine the choice of cropping system by producer. Crops diversification, use of harvest residues in fertilization and low use of synthetic chemical inputs contribute to sustainable maintenance of soil fertility in lowland rice cultivation. It seems appropriate to promote these practices in lowland rice cultivation in Benin, in view to sustainable management of soil fertility and increase yields.

Key words: Cultural practices, diversification, fertilization, valorization, inputs

INTRODUCTION

Le riz (*Oryza sativa* L. spp.) est l'un des piliers de l'alimentation humaine et est consommé par environ 50 % de la population mondiale (Adenle *et al.*, 2019 ; Vinci *et al.*, 2023). Il représente la culture vivrière la plus consommée et la deuxième céréale la plus cultivée au monde (25 % de la production céréalière mondiale), avec une production annuelle de 509 millions de tonnes (Mt) sur 16 millions d'hectares (ha) de superficie rizicole (FAO 2021). A titre d'exemple, les prévisions de la production mondiale de riz pour la campagne 2023/24 ont été estimées à 520 millions de tonnes en équivalent blanchit (USDA, 2023). En Afrique, la demande de riz augmente en raison de la croissance démographique, de l'urbanisation, de l'augmentation du revenu familial et de l'évolution des préférences des consommateurs (Saito *et al.*, 2015 ; Seck *et al.*, 2013 ; Senthilkumar, 2022). Sa consommation annuelle en Afrique est d'environ 20 millions de tonnes de riz usiné, alors que le continent n'en produit que 12 millions de tonnes (Ahmadi et Bouman, 2013). Les principales régions d'intenses activités en Afrique sont les zones Ouest et Est qui assurent près de 95 % de la production rizicole (Sié *et al.*, 2008). Le déficit de production d'environ 40 % du besoin de consommation est assuré par le marché international (Mendez del Viflar et Bauer, 2013) et représente environ cinq milliards de dollars américains par an (van Oort *et al.*, 2015 ; Zenna *et al.*, 2017 ; Senthilkumar, 2022).

Au Bénin, le riz est la deuxième céréale la plus consommée (Adégbola *et al.*, 2011) bien qu'il soit au niveau national, la troisième céréale en termes de production, après le maïs et le sorgho (Abel, 2009 ; Issiaka *et al.*, 2019). La demande de riz est sans cesse croissante, de même que les taux d'importation de riz (OCDE 2016 ; Demont *et al.*, 2017 ; Todomé *et al.*, 2018). Toutefois, en ce qui concerne l'offre, la production nationale de riz a augmenté et a été estimée à

406 000 tonnes en 2019 (FAO, 2020). Mais, force est de constater que cette production ne couvre les besoins de la population et la quantité totale de riz importée par le Bénin est estimée à 875 962 tonnes en 2020 (FAO, 2020). Pour combler ce déficit, le développement de la production du riz local apparaît comme une solution alternative de prévention contre les importations massives destinées à la consommation interne. L'autosuffisance en riz ne peut se faire qu'à travers l'amélioration du niveau de production domestique via le développement de la riziculture de bas-fond (Depieu *et al.*, 2017). En effet, le Bénin dispose d'un potentiel de 205 900 ha de bas-fonds (aménagé et non aménagé) dont moins de 8 % sont actuellement exploités (Verlinden et Soulé, 2003 ; Padonou et Huat, 2010). De plus, le rendement moyen du riz au Bénin est resté en deçà des rendements moyens sur les quinze dernières années soit 2,4T/Ha contre 3,5T/Ha au plan mondiale (Sossou, 2015 ; Issiaka *et al.*, 2019). Ainsi, le défi majeur est l'amélioration du niveau de production, et ceci passe par la connaissance des typologies des systèmes de culture du riz dans les bas-fonds au Bénin. Les typologies d'exploitations agricoles permettent en effet, de fournir à l'usage des décideurs une image de l'activité agricole locale pour orienter les actions de développement (Arbelot *et al.*, 1997 ; Sossa *et al.*, 2014). Une analyse des systèmes de culture du riz dans les bas-fonds au Bénin s'impose donc afin de ressortir les principaux facteurs qui limitent sa production. L'objectif de cette étude est d'établir la typologie des systèmes de culture de riz dans les bas-fonds des différentes zones agroécologiques au Bénin, en tenant compte du mode de gestion de la fertilité des sols.

MATERIEL ET METHODES

METHODES D'ECHANTILLONNAGE ET DE COLLECTE DES DONNEES

La présente étude a été réalisée au moyen d'une enquête menée sur la base d'un questionnaire

structuré, dans les Pôles de Développement Agricole (PDA) du Bénin (Figure 1). Trois principaux bas-fonds exploités pour la production du riz ont été choisis dans chaque PDA, en se basant sur les statistiques de production existantes dans les services de l'Institut National de Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). Il s'agit des trois premiers bas-fonds dans lesquels le riz est plus produit par PDA. Le nombre de producteurs enquêtés dans chaque bas-fond a été déterminé en utilisant l'approximation normale de la distribution binomiale (Dagnelie, 1998) :

$$n = U_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \frac{P(1-P)}{d^2}$$

n : nombre d'individus à échantillonner dans chaque bas-fond ;

p : est la proportion de producteurs exploitants les bas-fonds dans la commune. Pour déterminer cette proportion, 30 personnes ont été sélectionnées de façon aléatoire dans chaque commune abritant les bas-fonds concernés pour répondre à la question de savoir s'ils cultivent ou non dans les bas-fonds ;

$U_{1-\frac{\alpha}{2}}$ est la valeur de la loi normale liée à la valeur de probabilité $1 - \frac{\alpha}{2}$ avec $\alpha = 5\%$ soit 1,96 ;

d est la marge d'erreur de l'estimation qui a été fixée à 5 %.

Au total, 608 producteurs ont été enquêtés. Ainsi les données collectées au cours de cette enquête portent sur les caractéristiques socioprofessionnelles des producteurs exploitants les bas-fonds, les principales cultures produites, les modes de fertilisation et de gestion des résidus de récolte, les contraintes liées à la production et sur la perception du niveau de fertilité des sols (Sossa *et al.*, 2014).

ANALYSE DES DONNEES

Les données relatives aux principales cultures, aux précédents culturaux, à l'utilisation des engrais chimiques, au mode de gestion des résidus de récoltes, aux critères de culture des sols, aux types et aux instruments de désherbage et de labour, à la densité de semis, au relief et à la morphologie des bas-fonds ont

été soumises à une Classification Hiérarchique sur Composantes Principales (CHCP). La CHCP réalisée avec le package FactoMineR (Sebastien *et al.*, 2008), a consisté en une Analyse Correspondance Multiple (ACM) réalisée sur les variables qualitatives suivi d'une Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) sur les composantes principales issues de l'ACM. Pour sélectionner les variables de chaque classe, la différence entre les valeurs de classe et les valeurs globales a été mesurée. Ces statistiques ont été converties en un critère appelé test de valeur pour effectuer une sélection sur les variables, et ainsi désigner les variables les plus caractéristiques (Morineau, 1984 ; Husson *et al.*, 2010). Les variables les plus caractéristiques d'une classe sont celles dont le test des valeurs associées est supérieur à 2 en valeur absolue. De plus, si ce test de valeur est positif pour une variable, il a une valeur élevée dans la classe considérée. En revanche, si la valeur est négative, la variable a une valeur faible pour la classe.

Les données relatives aux caractéristiques sociales des producteurs des différents systèmes, aux pôles de développement, aux rôles de la femme, à la date de pépinière, aux sources des semences, à la destination des produits, aux difficultés et contraintes dans la production et à la perception sur la fertilité des sols ont été soumises à des tests d'indépendances de Khi-carré ou de Fisher exact pour analyser la dépendance entre ses variables et les systèmes de production. Des proportions ont été calculées en cas de significativité. Une structuration de moyenne de Kruskal-wallis a été effectuée sur les superficies dont disposent les producteurs en fonction du système de production, de même sur l'expérience dans la production du riz. Toutes les analyses ont été réalisées sous R (R Core Team, 2019) et le niveau de significativité des tests statistiques a été fixé à 5 %.

RESULTATS

DIVERSITE ET CARACTERISATION TECHNIQUE DES SYSTEMES

Les résultats de la Classification Hiérarchique sur Composantes Principales ont montré que 90,43 % de la variabilité totale initiale des données étudiées a été retenu sur les 46 premiers axes de l'Analyse Correspondances

Multiple. La Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) a permis d'identifier trois systèmes de culture du riz sur l'ensemble de la zone d'étude (Figure 2). Les trois systèmes regroupent respectivement 27,14 %, 66,78 % et 6,09 % des producteurs et sont répartis dans les différents Pôles de Développement Agricole du Bénin (Figure 1). Le système 1 contrairement

aux systèmes 2 et 3, est caractérisé par la non utilisation des résidus de récolte de riz comme fertilisants. Le désherbage est manuel dans le système 1 et chimique dans le système 2, alors qu'il est à la fois manuel et chimique dans le système 3. Les variables discriminantes ($P:\chi^2 < 0,05$) des différents systèmes de production de riz sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Variables discriminantes des différents systèmes de culture de riz.

Variables	Probabilité de chi-carré ($P:\chi^2$)	Degré de liberté (df)
Outil de désherbage manuel	<0,001	10
Type de désherbage	<0,001	4
Utilisation des résidus comme Combustible	<0,001	2
Instrument de préparation du sol	<0,001	8
Utilisation des résidus comme fertilisant	<0,001	2
Utilisation des résidus comme toiture	<0,001	2
Utilisation des résidus comme fourrage	<0,001	2
Précédant cultural	<0,001	42
Ecartements ligne	<0,001	2
Critères du sol pour cultiver le riz	<0,001	16
Type engrais	<0,001	6
Utilisation d'engrais	<0,001	2
Topographie (Lit)	<0,001	2
Morphologie du bas-fond	<0,001	2
Ecartements sur planche	<0,001	6
Principale Culture	0,02	2

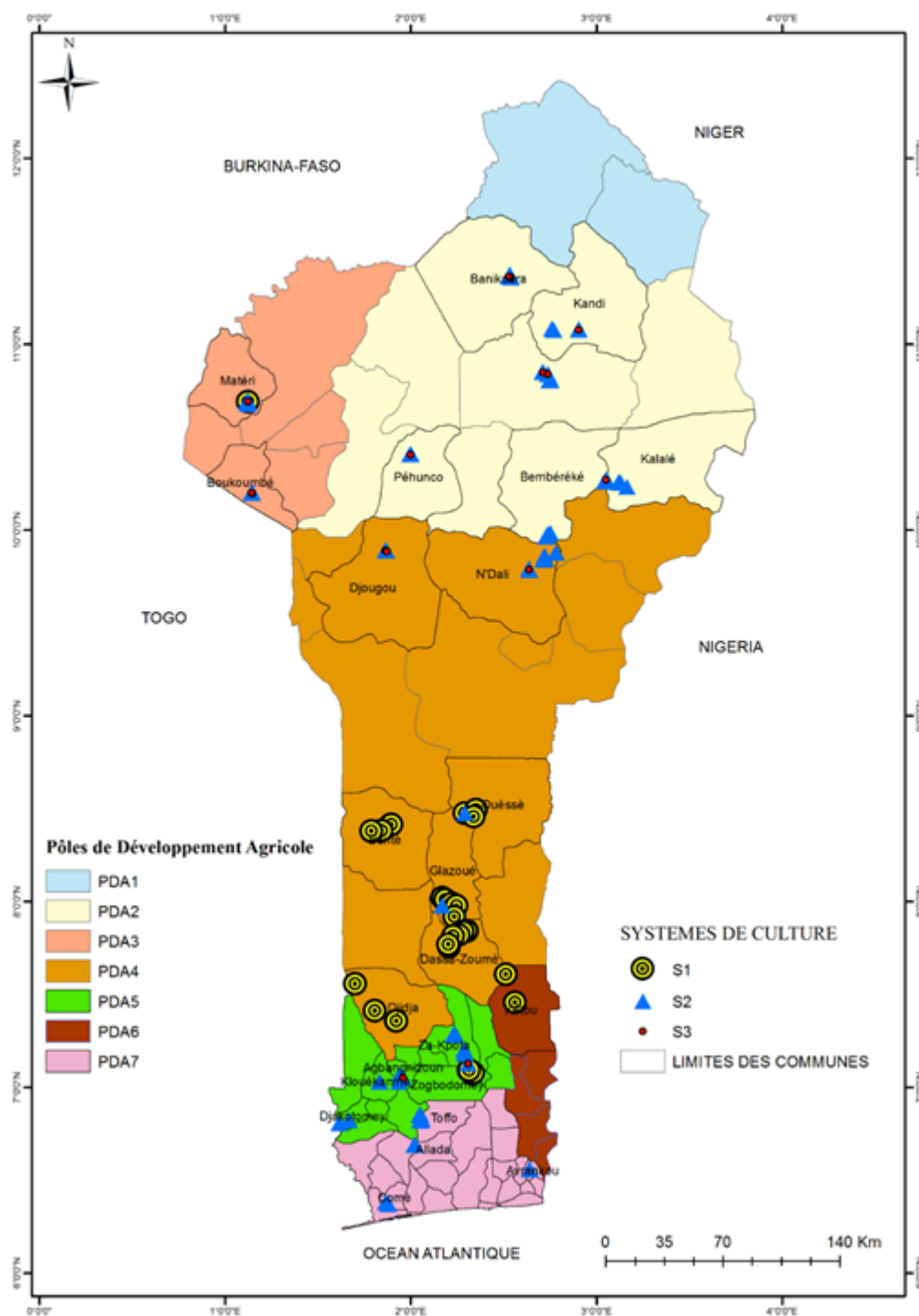


Figure 1 : Répartition des systèmes de cultures au sein des Pôles de Développement Agricole au Bénin.

Cropping systems distribution within Agricultural Development Centers in Benin.

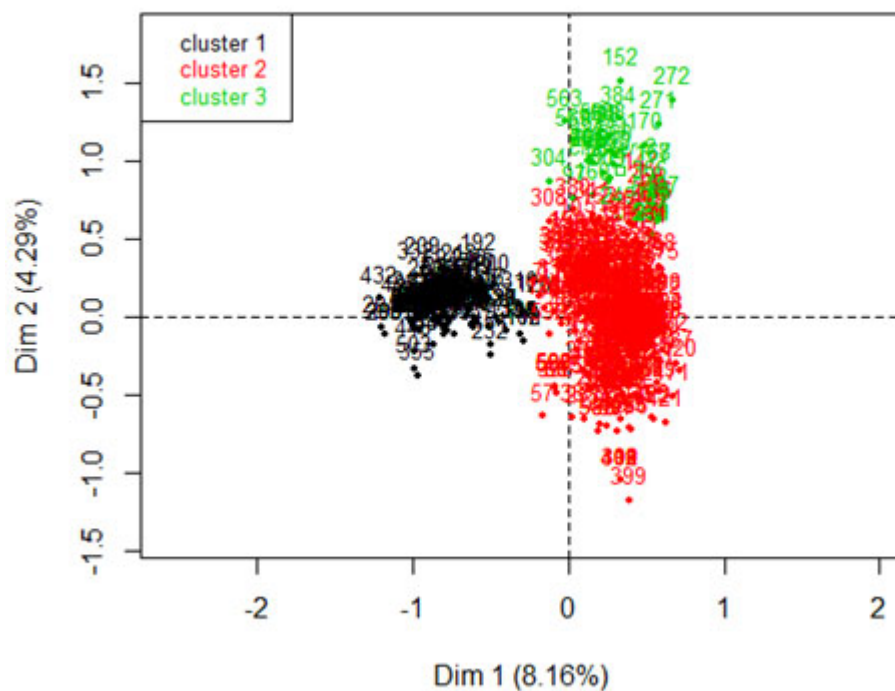


Figure 2 : Projections des producteurs dans le plan formé par les deux premiers axes de la CHA .

Projections of producers in the plane formed by the first two axes of the AHC.

La statistique de test de valeur (Tableau 2) effectuée sur les variables révèle que les producteurs du premier système de culture (S1), utilisent les résidus de récolte comme combustible, fourrage et dans la confection des toitures. Ils n'utilisent pas ces résidus comme fertilisant ; mais les engrais chimiques NPK et l'Urée sont utilisés par la majorité des producteurs (99,39 %) de ce système pour la fertilisation du sol. Le désherbage est exclusivement manuel et l'outil de préparation du sol utilisé est la faucille. L'écartement entre les lignes (20 cm) est systématiquement respecté par l'ensemble (100 %) des producteurs dans ce système. Bien que tous les producteurs soient des riziculteurs, 40 % de ces derniers ont comme activité principale le maraîchage. Le deuxième système de culture (S2) s'oppose au

premier. En effet, dans ce système les producteurs (78,33 %) utilisent les résidus de récolte uniquement pour la fertilisation du sol. Le désherbage est manuel et chimique et les instruments de préparation de sol utilisés sont essentiellement la houe et la charrue. La plupart des producteurs, ne respectant pas les écartements (91,71 %) et n'utilisant les engrais chimiques (93,84 %) se retrouvent dans ce système. La principale culture de ce système est le riz.

Dans le troisième système de culture (S3) le désherbage chimique est systématiquement réalisé par l'ensemble des producteurs (100 %). Les résidus de récolte sont utilisés pour la fertilisation des sols par 94,59 % des producteurs dans ce système et le tracteur est utilisé comme outils de préparation du sol.

Tableau 2 : Statistique de V-test pour la description des systèmes.

Catégorie	Cla/Mod	Mod/Cla	Prob	v.test
Système de culture S1				
Utilisation des résidus comme combustible = Oui	88,76	95,76	<0,001	22,57
Utilisation des résidus comme fertilisant = Non	63,56	95,15	<0,001	17,52
Instrument de préparation du sol = Faucille	96,15	60,61	<0,001	16,91
Type de désherbage = Manuel	49,55	100	<0,001	15,59
Utilisation des résidus comme fourrage = Oui	52,90	93,94	<0,001	14,65
Utilisation des résidus comme toiture = Oui	86,14	52,73	<0,001	13,86
Outil de désherbage manuel = Coupe-coupe	86,46	50,30	<0,001	13,50
Ecartements ligne = Respecter	40,94	100	<0,001	12,64
Type d'engrais = NPK et Urée	37,44	99,39	<0,001	10,77
Outil de désherbage manuel = Faucille	95,45	25,45	<0,001	10,01
Utilisation d'engrais = Oui	35,50	99,39	<0,001	9,73
Critères du sol pour cultiver le riz = Présence eau	38,58	92,12	<0,001	9,28
Instrument de préparation du sol = Coupe-coupe	100	17,58	<0,001	8,64
Précédant cultural = Coton	65,79	30,30	<0,001	7,56
Précédant cultural = Maïs	43,63	53,94	<0,001	6,36
Topographie (Lit) = Oui	31,01	96,97	<0,001	5,65
Morphologie du bas-fond = Concave	29,05	100	<0,001	4,76
Critères du sol pour cultiver le riz = Drainage eau	100	5,45	<0,001	4,50
Principale culture = Maraichers	34,20	40	0,008	2,63
Ecartements planche = 10 -10cm	71,43	3,03	0,02	2,33
Système de culture S2				
Utilisation des résidus comme Combustible = Non	90	95,32	<0,001	19,22
Type de désherbage = Manuel et Chimique	100	58,62	<0,001	16,03
Utilisation des résidus comme fertilisant = Oui	88,09	78,33	<0,001	13,65
Utilisation des résidus comme fourrage = Non	89,84	69,70	<0,001	12,89
Utilisation des résidus comme toiture = Non	77,71	97,04	<0,001	12,63
Précédant cultural = Maïs	95,10	47,78	<0,001	11,51
Outil de désherbage manuel = Main	99,34	36,95	<0,001	11,43
Ecartements sur ligne = Pas Respecter	91,71	46,31	<0,001	9,94
Instrument de préparation du sol = Houe	87,45	54,93	<0,001	9,52
Outil de désherbage manuel = Houe	85,77	57,88	<0,001	9,23
Type d'engrais = Pas engrais	93,63	36,21	<0,001	9,06
Utilisation d'engrais = Non	93,84	33,74	<0,001	8,73
Critères du sol pour cultiver le riz = Capacité de rétention	97,73	21,18	<0,001	7,67
Instrument de préparation du sol = Charrue	89,62	23,40	<0,001	5,89
Topographie (Lit) = Non	84,78	19,21	<0,001	4,16
Morphologie du bas-fond = Convexe	90	8,87	0,001	3,44
Critères du sol pour cultiver le riz = Type sol	95,24	4,93	0,002	3,05
Principale Culture = Riz	70,36	71,92	0,006	2,72
Précédant cultural = Sorgho	100	2,71	0,011	2,53
Ecartements sur planche = 20-30cm	100	2,71	0,011	2,53
Types labour = A plat Sur billon	93,75	3,69	0,015	2,44
Critères du sol pour cultiver le riz =Présence permanente eau	83,87	6,40	0,034	2,12
Topographie (Versant) = Oui	76,09	17,24	0,038	2,08
Précédant cultural = Légume feuille	88,89	3,94	0,038	2,08
Précédant cultural = Tomate	100	1,97	0,039	2,07

Tableau 2 : Statistique de V-test pour la description des systèmes. (Suite)

Système de culture S3				
Outil de désherbage manuel = Aucun	100	100	<0,001	16,35
Type de désherbage = Chimique	100	100	<0,001	16,35
Utilisation des résidus comme fertilisant = Oui	9,70	94,59	<0,001	4,93
Utilisation des résidus comme combustible = Non	8,37	97,30	<0,001	4,16
Précédant cultural = SOJA	75	8,11	<0,001	3,35
Critères du sol pour cultiver le riz = Fertilité	23,33	18,92	0,001	3,18
Critères du sol pour cultiver le riz = Durée de l'eau	18,75	16,22	0,011	2,53
Précédant cultural = Coton	50	5,41	0,021	2,31
Ecartements sur planche = 30-10cm	40	5,41	0,034	2,12
Instrument de préparation du sol = Tracteur	10,53	32,43	0,040	2,05
Critères du sol pour cultiver le riz = Présence permanente eau	16,13	13,51	0,042	2,04
Utilisation des résidus comme toiture = Non	6,90	94,59	0,046	1,99
Précédant cultural = Fonio	33,33	5,41	0,049	1,96

Clas/Mod = Proportion des enquêtés qui ont spécifié cette modalité dans ce système par rapport à l'ensemble des enquêtés qui ont spécifié cette modalité ; Mod/Clas = Proportion des enquêtés qui ont spécifié cette modalité dans ce système par rapport à l'ensemble des individus de ce système ; Prob = Valeur de la probabilité.

CARACTERISTIQUES SOCIOPROFESSIONNELLES ET AUTRES FACTEURS DE PRODUCTIONS LIEES AUX SYSTEMES DE CULTURE DU RIZ

Les résultats des tests d'indépendance (Tableau 3) ont montré que le sexe et le niveau d'instruction des producteurs ne sont pas liés au système de culture ($P:\chi^2 > 0,05$). Cependant, le type de système de culture est lié à l'appartenance ou non à une coopérative ou association agricole de producteurs, ainsi que le rôle de la femme dans la production ($P\chi^2 < 0,05$). De même, la source d'approvisionnement en semence, la destination des produits, les difficultés rencontrées au sein des opérations culturales, les contraintes liées à la production et le niveau de fertilité des sols sont significativement liés au type de système de culture ($P:\chi^2 < 0,05$). La quasi-totalité des producteurs du système S1 (98,79 %) appartiennent à une coopérative ou association paysanne alors que les producteurs des S2 (65,76 %) et S3 (54,05 %) appartenaient à une coopérative ou association paysanne. En ce qui concerne les femmes, leurs rôles diffèrent selon le type de système de culture. De manière générale, les femmes sont plus disposées à faire la récolte, la commercialisation, le repiquage et le désherbage. Les rôles les plus assignés à la femme dans le système S1 sont la préparation du sol (78,79 %) et la commercialisation (84,24 %), alors que dans le système S2 les femmes sont plus sollicitées à faire la récolte (88,18 %),

le repiquage (79,06 %), le désherbage (62,81 %), et la commercialisation (52,71 %). Dans le système S3, les femmes ont pour rôles le repiquage (89,19 %), la récolte (89,19 %), le désherbage (62,16 %) et le stockage des produits (51,35 %).

L'approvisionnement en semence de riz se fait dans les villages ou la commune pour les producteurs du système S1. Cependant, les producteurs des systèmes S2 et S3 s'approvisionnent dans les chefs-lieux des communes et dans les villages. Toutefois les producteurs des systèmes S1 et S3 utilisent aussi une partie de leurs stocks comme semence. Quant à la commercialisation, les productions sont écoulées généralement dans le village, le marché local et sur le marché extérieur. Le marché local est néanmoins la plus grande destination des productions. La production du système S1 est destinée surtout au marché local et à l'exportation alors que le marché local et le village sont les lieux de destination de la production du système S2. Les productions du système S3 sont écoulées essentiellement sur le marché local.

PERCEPTION DES PRODUCTEURS SUR LE NIVEAU DE FERTILITE DES SOLS

Les producteurs du système S1 et S2 disposent plus de superficies (respectivement, $1,36 \pm 1,4$ ha et $1,62 \pm 3,8$ ha). Selon la perception des producteurs, la majorité des terres (89,09 %) cultivées dans le système S1 sont moyennement fertiles, contre 1,21 % et 9,70 %

de terres qui ont respectivement un niveau de fertilité élevée et faible. Par contre, ils trouvent que 43,84 % des terres cultivées dans le système S2 sont moyennement fertiles, alors que 38,67 % de terres ont un niveau de fertilité élevée et 17,49 % de terres ont un niveau de fertilité faible. Quant aux terres cultivées dans le système S3, les producteurs trouvent que 54,05 %, 18,82 % et 27,03 % ont respectivement des niveaux de fertilité moyen, élevé et faible (Figure 3).

CONTRAINTES LIEES A LA PRODUCTION DU RIZ DE BAS-FONDS

L'analyse de l'ensemble des contraintes dans les trois systèmes de cultures montrent que les opérations agricoles les plus pénibles pour les producteurs sont la préparation du sol et la commercialisation dans le premier système (S1), préparation du sol et la récolte pour le deuxième système (S2), le repiquage et la récolte pour le troisième système (S3). Le manque de financement (S1) et d'intrant (S2 et S3) sont d'autres contraintes dont font face les producteurs.

Tableau 3 : Variables discriminantes les différents systèmes de production de riz.

Variables discriminating the different systems.

Variables	df	χ^2	Prob	Test
Sexe	2	1.98	0.372	Chi-2
Appartenance à une coopérative/association agricole	2	74.68	<0,001	Chi-2
Niveau d'instruction	-	-	0,231	Fisher
Pôle de développement	-	-	<0,001	Fisher
Rôle de la femme	12	226.34	<0,001	Chi-2
Date de pépinière du riz	-	-	<0,001	Fisher
Date de pépinière des maraichers	-	-	<0,001	Fisher
Source d'approvisionnement en semence de riz	6	176.03	<0,001	Chi-2
Source d'approvisionnement en semence de produit maraichère	-	-	<0,001	Fisher
Destination de la production	4	363.35	<0,001	Chi-2
Types d'opération culturale difficile	-	-	<0,001	Fisher
Contraintes	-	-	<0,001	Fisher
Perception de niveau de fertilité	4	111.18	<0,001	Chi-2

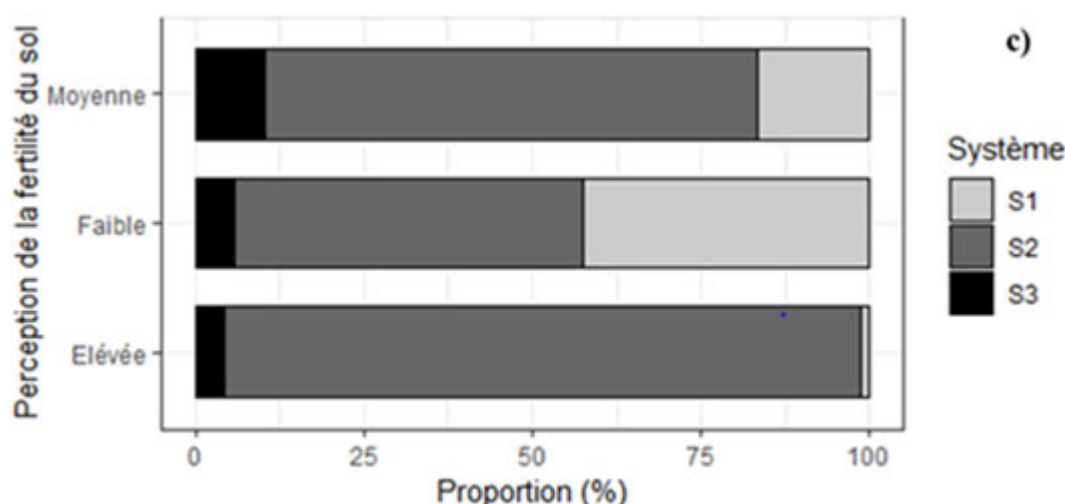


Figure 3 : Perception du niveau de fertilité des sols par les producteurs par système de culture.

Perception of soil fertility level by the producers.

DISCUSSION

Les résultats de l'analyse typologique des systèmes de culture de riz dans les bas-fonds au Bénin ont révélé de manière spécifique l'existence de trois systèmes qui se distinguent principalement par le mode d'utilisation des résidus, le type d'engrais utilisé, le mode d'installation des cultures (semis/repiquage en ligne ou en rangée), le type de désherbage et les instruments de préparation du sol. Ces résultats sont similaires à ceux de Depieu *et al.* (2017) qui ont diagnostiqué trois systèmes de cultures en riziculture de bas-fonds à Gagnoa, au centre ouest de la Côte d'Ivoire dont les techniques culturales s'apparentent fortement à celles pratiquées par les producteurs au Bénin. Ainsi, les résultats montrent que les systèmes S3 (notamment) et S1 sont minoritaires parmi les trois systèmes identifiés. Toutefois ils sont caractérisés dans une certaine mesure par la pratique des techniques culturales améliorées : désherbage chimique, utilisation des équipements modernes tels que le tracteur et le pulvérisateur pour la préparation du sol (système 3) ; apports d'engrais minéraux (NPK et Urée) et pratique du maraîchage (système 1). Le système S2 quant à lui se retrouve être le plus pratiqué regroupant plus de 66 % des producteurs et se caractérisant essentiellement par l'usage des techniques culturales traditionnelles (valorisation des résidus de cultures, pas d'apport d'engrais chimique, travail du sol avec la houe et la charrue). Ce système offre ainsi des atouts pour une production durable, grâce aux pratiques de valorisation des résidus de cultures et de non apport des engrais de synthèse qui contribuent à une gestion durable de la fertilité du sol et de l'environnement ; et à l'amélioration des rendements et de la qualité des produits récoltés (Sossa *et al.*, 2019a, Sossa *et al.*, 2019b ; Bufebo *et al.*, 2021 ; Zulu *et al.*, 2022).

Les caractéristiques socioprofessionnelles les plus importantes qui déterminent le choix par le producteur d'un système de culture sont l'appartenance ou non à une organisation paysanne, et le rôle de la femme dans la production. En effet, l'appartenance à une coopérative ou à une association paysanne influence fortement les techniques culturales mises en pratique par les producteurs. Les associations des riziculteurs jouent un important rôle dans la dissémination des informations agricoles et l'adoption des pratiques agricoles

modernes par les producteurs (Van Campenhout, 2021). De plus ces organisations permettent aux producteurs d'avoir un accès facile au crédit agricole auprès des institutions financières locales qui leur permet de s'approvisionner en intrants agricoles. Ainsi les producteurs du système S1

sont les plus expérimentés dans la production rizicole, pratiquent une diversification de cultures (riz et spéculations maraîchères) et font usage des engrais chimiques (NPK et Urée) (99,39 %), parce qu'ils appartiennent majoritairement aux associations et coopératives paysannes (98 %). Malgré la prépondérance des hommes par rapport aux femmes dans la riziculture de bas-fonds, on note une implication des femmes dans les exploitations rizicoles de bas-fonds quel que soit le type de système pratiqué. En effet, elles sont plus actives dans la commercialisation et la préparation du sol dans le S1 mais dans le repiquage et le désherbage dans les systèmes S2 et S3. Ces résultats démontrent une forte participation des femmes à la vie associative. En effet, ces groupements constituent une main-d'œuvre communautaire permettant une gestion plus facile des activités culturales (repiquage, désherbage, récolte, battage, etc.) consommatrices en main-d'œuvre (Sabourin, 2007).

La perception du niveau de fertilité du sol par le producteur a une importance capitale, car elle influence dans une certaine mesure les types et doses de fertilisants organiques et/ou chimiques utilisés (Sakande, 2022). C'est l'une des principales causes des écarts de rendement du riz (Affholder *et al.*, 2013). Selon les estimations des producteurs, la proportion des sols ayant un niveau de fertilité élevé est plus faible sous le système S1 (1,21 %), et plus élevée sous le système S2 (38,67 %). Ceci peut se justifier par l'absence d'apports de fertilisants organiques au sol et l'application continue des engrais minéraux par les producteurs du système S1, contrairement à ceux du système S2, qui font la restitution des résidus de récolte et n'appliquent pas d'engrais minéraux. En effet, l'utilisation continue d'intrants chimiques entraîne une dégradation de la fertilité des sols causée par une augmentation de l'acidité et une baisse de la teneur en matière organique du sol (Adebiyi *et al.*, 2019, Wu *et al.*, 2022 ; Liu *et al.*, 2022). Par contre, l'apport de matière organique contribue à la restauration et au maintien de la fertilité du sol (Balasha *et al.*, 2020) et à l'accroissement du stock de carbone dans le

sol Kotaix *et al.* (2019).

La proportion des sols ayant un niveau de fertilité moyen est plus élevée sous le système S1 (89,09) et presque identique sous les systèmes S2 (43,8 %) et S3 (54,05 %). Ceci peut se justifier par la diversification des cultures produites dans le système S1. En effet, la diversification de cultures améliore la fertilité des sols, le cycle des nutriments, la lutte antiparasitaire, la biodiversité et la régulation de l'eau, sans compromettre les rendements des cultures (Tamburini *et al.*, 2020 ; Morugan-Coronado *et al.*, 2022).

Plusieurs contraintes liées à la production du riz dans les bas-fonds ont été recensées. Ces contraintes peuvent être regroupées en deux catégories : le manque d'intrants agricoles et le manque de financement. Ces contraintes sont couramment citées comme des contraintes majeures en riziculture (Depieu *et al.*, 2017 ; Loko *et al.*, 2022). En effet, la riziculture de bas-fonds au Bénin est dominée par l'utilisation de variétés traditionnelles à faible rendement ou des semences non certifiées. Le manque d'aménagements des bas-fonds, le prix élevé des produits phytosanitaires, les attaques des oiseaux et les difficultés d'accès au crédit agricole représentent les contraintes qui empêchent les producteurs de produire le riz avec des performances agronomiques optimales.

CONCLUSION

La caractérisation des systèmes de culture du riz de bas-fonds au Bénin, révèle qu'il existe trois systèmes de culture, qui se distinguent par des techniques culturales traditionnelles ou améliorées. Les variables comme l'appartenance ou non à une organisation paysanne, la perception du niveau de fertilité du sol, la destination de la production et le rôle de la femme dans la production déterminent le choix du système de culture par les riziculteurs. Les producteurs appartenant à une association ou coopérative paysanne ont plus d'expérience et font usages de pratiques culturales modernes. La diversification des cultures, la valorisation des résidus de récolte dans la fertilisation et la faible utilisation d'intrants chimiques contribuent à un maintien durable de la fertilité du sol en riziculture de bas-fonds ; et se révèlent comme des pratiques à promouvoir pour le développement de la riziculture de bas-fonds au Bénin.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le Programme d'Amélioration de la Productivité Agricole des Petits Exploitants (PAPAPE), financé par la Banque Islamique de Développement (BID) pour son appui matériel et financier dans la réalisation des travaux.

REFERENCES

- Abel G.J. 2009. Etude sur le développement des filières riz et maraîchage au Bénin. Rapp. D'étude, 77p.
- Adebisi K.D., Maiga-Yaleu S., Issaka K., Ayena M. and J.A. Yabi., 2019. Déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de gestion durable des terres dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin : cas de la fumure organique. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 13(2): 998 1010.DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.3>.
- Adégbola P.Y., Akoha S. and B. Diallo. 2011. Analyse de la compétitivité du riz local au Bénin. Programme de Renforcement et de Recherche sur la Sécurité Alimentaire en Afrique de l'Ouest. Résumé. N° 2- 2011-12 - Riz, Michigan State University, Michigan, 22 p.
- Adenle A.A., Wedig K. and H. Azadi. 2019. Sustainable agriculture and food security in Africa: The role of innovative technologies and international organizations. Technol. Soc., 58: 101-143.
- Affholder F., Poeydebat C., Corbeels M., Scopel E. and P. Tittonell. 2013. The yield gap of major food crops in family agriculture in the tropics: Assessment and analysis through field surveys and modelling. Field Crops Res., 143: 106-118.
- Ahmadi N. and B. Bouman. 2013. Riz et rizicultures, enjeux économiques, écologiques et scientifiques. Cahiers Agricultures, 22 (85): 254-262.
- Arbelot B., Foucher H., Dayon J.F. and A. Missohou. 1997. Typologie des aviculteurs dans la zone du Cap-Vert au Sénégal. Élev. Méd. Vét. Pays Trop., 50(1) : 75-83.
- Balasha, M. and J. Nkulu. 2020. Déterminants d'adoption des techniques de production et protection intégrées pour un maraîchage durable à Lubumbashi, République démocratique du Congo. Cahiers Agricultures, 29, 13. <https://doi.org/10.1051/cagri/>

- 2020012.
- Bufebo B., Elias E. and E. Getu. 2021. Abundance and diversity of soil invertebrate macrofauna in different land uses at Shenkolla watershed, South Central Ethiopia. *Journal of Basic and Applied Zoology*, 82:1, <https://doi.org/10.1186/s41936-021-00206-1>.
- Dagnelie P. 1998. Statistiques théoriques et appliquées [Teoretical and applied statistics]. Paris, France : De Boeck & Larcier SA., 659 p. ISBN : 978-2-8041-2802-9.
- Demont M, Fiamohé R and T. Kinkpé. 2017. Comparative advantage in demand and the development of rice value chains in West Africa. *World Development* 96: 578-590. DOI: 10.1016/j.world dev.2017.04.004.
- Depieu M.E., Arouna A. and S. Doumbia. 2017. Analyse diagnostique des systèmes de culture en riziculture de bas-fonds à Gagnoa, au centre ouest de la cote d'ivoire. *Agronomie Africaine*, 29 (1): 79-92.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2020. Food and Agricultural Organization of the United Nations. <http://www.faostat.org>.
- FAO. 2021. Crop Prospects and Food Situation-Quarterly Global Report No. 4, FAO: Rome, Italy.
- Husson F, Lê S. and G. Pagès. 2010. Exploratory Multivariate Analysis by Example sing R. CRC Press, Taylor and Francis Group: Boca Raton.
- Issiaka K., Tama C. and J.A. Yabi. 2019. Rentabilité de la production du riz sous différentes mesures de Conservation des Eaux et des Sols (CES) au Nord Bénin. *Annales de l'Université de Parakou*. 9 (1), ISSN 1840-8494.
- Kassambara A. and F. Mundt .2017. factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.5. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Kassimou I., Tama C. and Y.J. Afouda. 2019. Rentabilité de la production du riz sous différentes mesures de Conservation des Eaux et des Sols (CES) au Nord Bénin. *Ann. UP, Série Sci. Nat. Agron*, 9(1) : 123-132.
- Kinhou V., 2019. La souveraineté alimentaire dans une perspective de sécurité alimentaire durable: illusion ou réalité?: le cas de la filière riz dans la commune de Malanville au Nord-Est du Bénin. *Economies et finances*. Thèse de Doctorat, Université Rennes 2, Français.NNT: 2019 REN20009. tel-02117105, 315 p.
- Kotaix A.J.A., Angui T.K.P., Bakayoko, S., Kassin, K.E., N'Goran, K.E., Kouame, N.N., Kone, B. and P.C. Zilé Kouassi. 2019. Effets d'engrais organique liquide (NPK 5-9-18) et minéral (NPK 12-11-18) sur la matière organique du sol et du rendement de la tomate au Sud et au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *J. Anim. Plant Sci.* 41(3):7055-7067. <https://doi.org/10.35759/JANmPISci.v41-3.8>.
- Le S., Josse J. and F. Husson. 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1):1-18.
- Liu J., Schulz H., Brandl S., Miehtke H., Huwe B. and B. Glaser. 2012. "Short-term effect of biochar and compost on soil fertility and water status of a Dystric Cambisol in NE Germany under field conditions", *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175: 698-707.
- Loko Y.L.E., Gbemavo C.D.S.J., Ewedje G.D.E., Toffa A.O.J., Sedah C.T.P., and F. Sabot. 2022. Characterization of rice farming systems, production constraints and determinants of adoption of improved varieties by smallholder farmers of the Republic of Benin. *Scientific Reports* 12: 3959, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07946-2>.
- Mendez del Villar P. and J. Bauer. 2013. Le riz en Afrique de l'Ouest : dynamiques, politiques et perspectives. *Cahiers Agricultures*, 22 (85): 85-96.
- Mollie E.B., Kristensen K., Van Benthem K.J., Magnusson A., Berg C.W., Nielsen A., Skaug H.J., Maechler M. and B.M. Bolker. 2017. glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal*, 9(2) : 378-400.
- Morineau A. 1984. Note sur la Caractérisation Statistique d'une Classe et les Valeurs-tests. *Bulletin Technique du Centre de Statistique et d'Informatique Appliquées*, 2(1-2): 20-27. NEPAD Communications and Outreach & the MMI Group, (2005) "NEPAD e-Schools project is ready to roll in the first 20 countries".
- Morineau A. 1984. Note sur la Caractérisation Statistique d'une Classe et les Valeurs-tests. *Bulletin Technique du Centre de Statistique et d'Informatique Appliquées*, 2 : 20-27.
- Morugán-Coronado A., Pérez-Rodríguez P., Insolia E., Soto-Gómez D., Fernández-Calviño D. and R. Zornoza. 2022. The impact of crop diversification, tillage and fertilization type on soil total microbial, fungal and bacterial

- abundance: A worldwide meta-analysis of agricultural sites. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 329(1): 107867.
- OCDE/FAO. 2016. Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2016-2025. Paris : Éditions OCDE, p. 147. ISSN : 1999-1150.
- Padonou S. and J. Huat. 2010. Valorisation du potentiel agricole des bas-fonds au Sud-Bénin. Fiche technique, Projet RAP, CIRAD.
- R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org>.
- Sabourin E. 2007. L'entraide rurale, entre échange et réciprocité. *Revue MAUSS*, 2007/2, n°30, pp 198-217.
- Saito K., Dieng I., Ali A. Toure A., Eklou A., Somado B., Marco C. and S. Wopereis. 2015. Rice yield growth analysis for 24 African countries over 1960-2012. *Global Food Security*, 5: 62-69.
- Sakande F., Traore M., Koulibaly B., Lankoande F.Y., Pare T., Coulibaly K. and B.H. Nacro. 2022. Perception locale de la dégradation des sols et pratiques de réhabilitation dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 16(5): 2189-2201.
- Sebastien L., Julie J. and H. Francoism. 2008. FactoMineR: An R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25 (1): 1-18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Seck P.A., Togola A., Touré A. and A. Diagne. 2013. Propositions pour une optimisation des performances de la riziculture en Afrique de l'Ouest. *Cahiers Agricultures*, 22: 361-8. doi: 10.1684/agr.2013. 06.46
- Senthilkumar K. 2022. Closing rice yield gaps in Africa requires integration of good agricultural practices. *Field Crops Research*, 285(1): 108591.
- Sié M., Sere Y., Sanyang S., Narteh L.T., Dogbe S., Coulibaly M.M., Sido A., Cisse F., Drammeh E., Ogunbayo S.A., Zadj L., Ndri B. and B. Toulou. 2008. Regional yield evaluation of the interspecific hybrids (*O. glaberrima* x *O. sativa*) and intraspecific (*O. sativa* x *O. sativa*) lowland rice. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(2): 130-139.
- Sossa E.L., Agbangba C.E., Amadji G.L., Agbossou K.E. and D.J. Hounhouigan. 2019 b. Integrated influence of soil tillage, nitrogen-potassium fertilizer and mulching on pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr.) growth and yield. *African. South Journal of Plant and Soil*. DOI: 10.1080/02571862.2019.1570568.
- Sossa E.L., Agbangba C.E., Dagbenonbakin G., Tohou R., Tovihoudji P.G. and G.L. Amadji. 2019 a. Organo-Mineral Fertilization Enhances the Acceptability of Smooth Cayenne Pineapple Fruit (*Ananas comosus* (L.) Merrill) for European Export and Domestic Consumption in Benin. *Agriculture*, 9, 65 ; doi :10.3390/agriculture9030065.
- Sossa E.L., Amadji G.L., Vissoh P.V., Hounsou B.M., Agbossou K.E. and D.J. Hounhouigan. 2014. Caractérisation des systèmes de culture d'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merrill) sur le plateau d'Allada au Sud-Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(3) : 1030-1038, 2014.
- Sossou C.H. 2015. Le financement de l'agriculture au Bénin : Stratégies de gestion et d'adaptation des exploitations agricoles (PhD Thesis). Gembloux Agro-Bio Tech Université de Liège, Gembloux, Belgique, 199 p.
- Tamburini G., Bommarco R., Wanger T.C., Kremen C., van der Heijden M.G.A., Liebman M. and S. Hallin. 2020. Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Sci. Adv.*, 6 : 715-724.
- Todomé L., Lejars C., Lançon F. and R. Hamimaz. 2018. Pourquoi le riz étuvé local est-il peu disponible sur les marchés urbains du Bénin. *Cahiers Agricultures*, 2018, 27 : 15009. United States Department of Agriculture (USDA) 2022, Production, Supply and Distribution.
- USDA. 2023. Conseil Spécialisé Grandes Cultures, Direction Marchés, études et prospective, 36 p.
- Van Campenhout B., Spielman D.J. and E. Lecoutere. 2021. Information and communication technologies to provide agricultural advice to smallholder farmers: experimental evidence from uganda. *Amer. J. Agr. Econ.* 103(1): 317-337.
- Van Oort P.A.J., Saito K., Tanaka A., Amovin-Assagba E., Van Bussel L.G.J., van Wart J., ...and M.C.S. Wopereis. 2015. Assessment of rice self-sufficiency in eight African countries in 2025. *Global Food Security*, 5: 39-49.
- Verlinden E. and B.G. Soule. 2003. Etude de la filière riz au Bénin : diagnostic - plan d'action, PADSE, 2003, 102p.

- Vinci G., Ruggieri R., Ruggeri M. and S.A. Prencipe. 2023. Rice Production Chain: Environmental and Social Impact Assessment. A Review, *Agriculture*, 13(2): 340. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020340>
- Wu, D., Zhang, W., Xiu, L., Sun, Y., Gu, W., Wang, Y., Zhang, H. and W. Chen. 2022. Soybean yield response of biochar-regulated soil properties and root growth strategy. *Agronomy*, 12:1412.
- Zenna N, Senthilkumar K, M. Sie. 2017. Rice production in Africa. In: Chauhan BS, Jabran K, Mahajan G (eds.) *Rice production worldwide*. Springer International Publishing, pp. 117-135.
- Zulu E., Zulu S., Chabala M., Musonda I., Kavishe N. and N. Chileshe, 2022. Challenges and advocated solutions for environmental protection legislation for building infrastructure projects in developing countries: Evidence from Zambia. *Project Leadership and Society*, 3 : 100056.