
Durabilité agroécologique des systèmes de culture du riz (*Oryza sativa*) en bas-fonds dans la commune de Malanville au Nord Bénin

Jérôme Michel Abikou^{1,2*}, Josué Yisségnon Gouwakinnou², Inoussa Chabi Sero², Jacob Afouda Yabi^{1,2}

⁽¹⁾Université de Parakou. Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE). BP 123 Parakou (Bénin). E-mail : michelabikou3@gmail.com

⁽²⁾Université de Parakou. Faculté d'Agronomie. Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Economique et Sociale (LARDES). BP 123 Parakou (Bénin).

Reçu le 22 mars 2023, accepté le 29 avril 2023, publié en ligne le 30 juin 2023

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v6i2.8>

RESUME

Description du sujet. La durabilité écologique de la riziculture dépend principalement des efforts et des capacités des agriculteurs à prendre des décisions et actions rationnelles pour la préservation des ressources naturelles de production.

Objectif. L'objectif de cette recherche est d'évaluer la durabilité écologique des différents systèmes de culture rizicole en bas-fonds dans la commune de Malanville au Nord du Bénin.

Méthodes. Les données ont été collectées par interview directe à l'aide d'un questionnaire structuré et digitalisé sur KoboCollect (système CAPI). Au total, 283 producteurs ont été identifiés et sélectionnés de manière aléatoire simple. Les analyses des données sont basées sur les statistiques descriptives (moyenne, écart-type et fréquences absolues) et la méthode des Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles (IDEA) a permis d'évaluer la durabilité agroécologique. Le modèle Tobit a été utilisé pour identifier les facteurs déterminant le niveau de durabilité écologique des systèmes de culture du riz en bas-fonds.

Résultats. Les résultats ont montré que les systèmes de culture pratiqués par les producteurs ne sont pas durables. Cependant, cette durabilité varie largement en fonction des systèmes de culture. Ainsi, le système de culture SCR2 basé sur la transition agroécologique se révèle le plus écologiquement durable. Les variables systèmes de culture et indice d'efficacité économique déterminent le niveau de durabilité écologique des systèmes de cultures rizicoles.

Conclusion. L'analyse de la durabilité agroécologique à travers cette étude permet d'apporter la lumière sur les pratiques à conseiller aux producteurs et celles à abandonner, afin de promouvoir la disponibilité des ressources pour les générations futures.

Mots-clés : Système de culture du riz, durabilité écologique, Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles, Malanville/Bénin

ABSTRACT

Agroecological sustainability of lowland rice (*Oryza sativa*) cultivation systems in the commune of Malanville in northern Benin

Subject description. The ecological sustainability of rice cultivation depends mainly on the efforts and abilities of farmers to make rational decisions and actions for the preservation of natural production resources.

Objective. The main of this research is to assess the ecological sustainability of different lowland rice cropping systems in the Municipality of Malanville in northern Benin.

Methods. Data were collected by direct interview using a structured and digitized questionnaire on KoboCollect (CAPI system). A total of 283 farmers were identified and selected in a simple random fashion. Data analyses were based on descriptive statistics (mean, standard deviation and absolute frequencies) and the Farm Sustainability Indicators (IDEA) method was used to assess agroecological sustainability. The Tobit model was used to identify factors determining the level of ecological sustainability of lowland rice cropping systems.

Results. The results showed that the cropping systems practiced by the farmers are not sustainable. However, this sustainability varies widely depending on the cropping system. Thus, the SCR2 cropping system based on the agroecological transition is the most ecologically sustainable. The variables cropping systems and economic efficiency index determine the level of ecological sustainability of rice cropping systems.

Conclusion. The analysis of agroecological sustainability through this study sheds light on the practices to be advised to farmers and those to be abandoned, in order to promote the availability of resources for future generations.

Keywords: Cropping systems, ecological sustainability, IDAE, Malanville/Benin

1. INTRODUCTION

Au Bénin comme dans d'autres pays en développement, la question de durabilité des systèmes de culture constitue une préoccupation importante tant pour les décideurs que pour les chercheurs. Quelle que soit la filière, les grands objectifs demeurent : produire notamment pour satisfaire les besoins alimentaires et économiques des communautés rurales et urbaines en croissance tout en préservant les ressources naturelles dans l'intérêt des générations à venir (GSDM, 2018; Erbaugh *et al.*, 2019). Ainsi, l'intérêt de l'agroécologie est toujours croissant et représente, pour plusieurs acteurs, une approche stratégique qui permettra de mener à bien une transition vers des systèmes agricoles plus durables (Côte *et al.*, 2019).

En effet, l'ODD 2 vise à « éradiquer la faim, assurer la sécurité alimentaire et améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable » d'ici 2030 (Nations Unies, 2020). Dans l'atteinte de cette politique, l'Etat béninois, à travers le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA), a fait du riz, la filière prioritaire avec comme objectif, l'augmentation des superficies et des rendements induisant une forte consommation du riz localement produit. Ces objectifs se fondent sur la croissance démographique et les habitudes alimentaires des béninois basées sur le riz après le maïs. Compte tenu des écarts encore importants entre les rendements réels des agriculteurs (Mueller *et al.*, 2020), cette augmentation attendue pourrait théoriquement être comblée en adoptant des innovations technologiques et des stratégies de production spécifiques ainsi que des intrants plus productifs.

Dans cette optique, tous les moyens possibles pour obtenir un rendement plus haut ont été engagés. Cependant, du fait de la pénibilité des opérations, de la rareté de la main d'œuvre pour l'opération de désherbage et autres, les herbicides sont devenus le nouvel outil de travail des producteurs (Mangara *et al.*, 2014). Par ailleurs, les producteurs recourent davantage aux intrants de synthèse tels que les engrais minéraux NPK (18-46-0) et urée (46 % N) malgré la faible fertilité des bas-fonds (Yabi *et al.*, 2017). L'utilisation abusive des pesticides par les producteurs entrave la durabilité de la production du riz dans les bas-fonds et diminue la qualité de ces derniers (Afandhi *et al.*, 2019). Pourtant, il existe des moyens pour limiter le recours aux pesticides chimiques comme l'usage des biopesticides et d'autres pratiques agroécologiques (Anupama *et al.*,

2019). Du point de vue théorique du concept de cycle adaptatif (Holling & Gunderson, 2002), les composantes économiques et écologiques des systèmes agricoles (objectifs de production des ménages et configuration du système de production du riz) sont étroitement liées. L'agroécologie dessine un nouveau paradigme pour proposer des systèmes agricoles durables répondant aux urgences environnementales ainsi qu'aux objectifs de développement durable (Vaarst *et al.*, 2018). Pour la FAO, il faut une intensification agroécologique de l'agriculture, un moyen de passer à la transition agroécologique, basé sur des connaissances fortes prônant une gestion optimale de la biodiversité pour améliorer la performance des systèmes agricoles, leur durabilité et le bien-être des agriculteurs (Blanchart *et al.*, 2020).

La théorie du producteur répond essentiellement aux questions relatives à la production de biens et de services ; quels biens et services sont-ils nécessaires à la production ? Quelles quantités de biens et de services peuvent être produites à partir d'une quantité donnée d'autres biens et services ? Comment produire efficacement ? Cette théorie est-elle orientée vers la maximisation du profit et ne tient pas compte de l'aspect écologique de la production agricole ? Par ailleurs, la théorie de la transition se base sur un courant de pensée qui conçoit que, les personnes sur la base de leurs interactions attribuent des significations aux phénomènes vécus qui déterminent leurs actions (Meleis, 2010). Toute transition est un processus et a une direction et entraîne un changement (Gautier & Jacqmin, 2019). Le producteur passe donc d'une logique qui était autrefois de produire pour maximiser son profit à une autre qui est de produire pour maximiser son profit tout en s'assurant que les générations à venir n'en seront pas pénalisées. C'est une production orientée vers l'agroécologie. Il faut donc faire une transition vers des systèmes de cultures plus durables. A ces théories, on peut ajouter la théorie des systèmes pour mieux comprendre le terme système. Le concept « système » est considéré comme une « Totalité organisée, faite d'éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette totalité » (Durand, 2013). En pratique, la théorie des systèmes est adaptée à la modélisation des relations de causes à effets. Elle permet de représenter ou de concevoir la structure des systèmes de cultures et d'en faire des modèles.

La présente étude vise à analyser la durabilité écologique des systèmes rizicoles de culture en bas-fonds dans la commune de Malanville. Cette recherche aide à mettre en lumière, les systèmes de culture prometteurs pour une production efficace et une gestion durable des ressources en bas-fonds.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans la commune de Malanville. Cette commune a été choisie sur base de sa potentialité rizicole au Bénin et de la présence du plus grand périmètre irrigué du territoire national

couvrant ainsi 561 ha (Assouma *et al.*, 2019). Située à l'extrême Nord de la République du Bénin dans le département de l'Alibori, la commune de Malanville couvre une superficie de 3.016 km² dont 80.000 hectares de terres cultivables et est bordée dans sa largeur (Est-Ouest) par le fleuve Niger avec ses affluents l'Alibori, le Mékrou et la Sota qui sont en crue durant les mois d'Août et de Septembre. Les sols sont de type gneissique pour la plupart sur le territoire, mais dans la vallée du Niger et ses affluents, on y rencontre des sols sablo-argilo et ferrugineux. La végétation est caractérisée par une savane arborée avec une prédominance des formations herbacées. La figure ci-dessus présente la commune de Malanville.

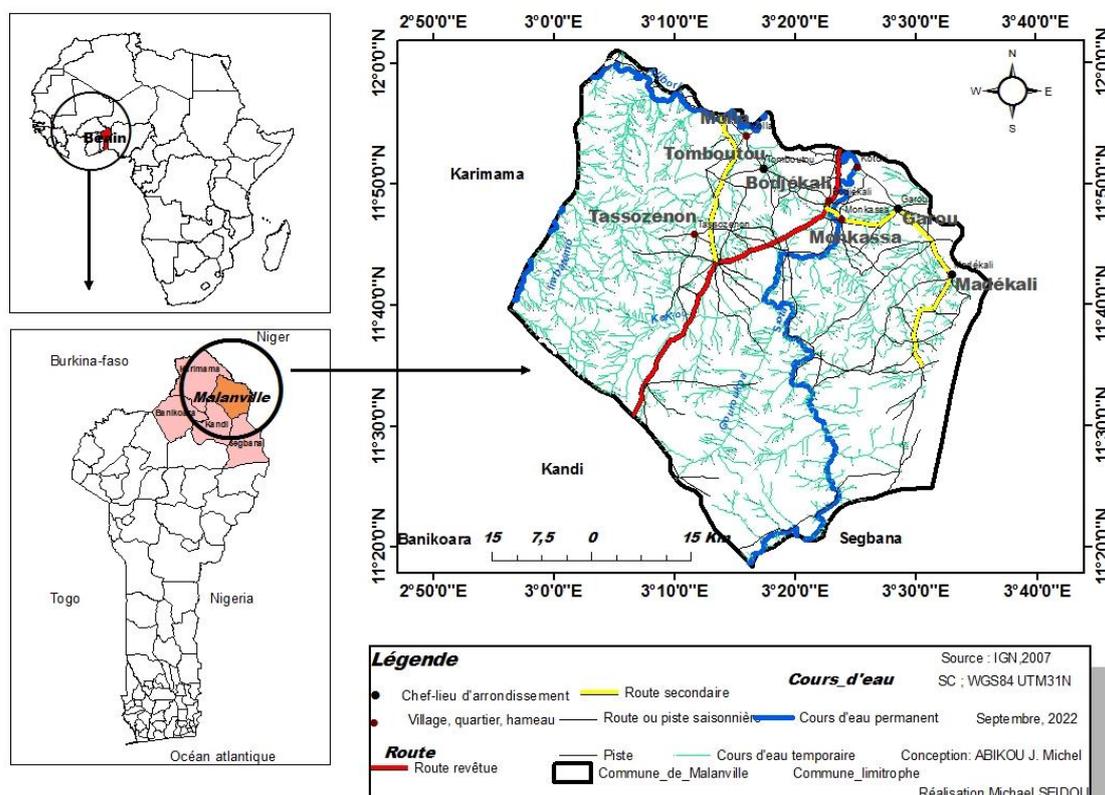


Figure 1. Carte géographique du milieu d'étude

2.2. Echantillonnage

Les unités d'investigation étaient constituées des chefs de ménages produisant le riz dans les bas-fonds. Un échantillonnage raisonné a permis de sélectionner dans un premier temps quatre arrondissements suivant les critères de la production en bas-fonds et de l'importance de la production de riz et dans un second temps, huit villages à raison de deux villages par arrondissement suivant les mêmes critères. Le choix des riziculteurs a été fait de façon aléatoire simple à partir de la base de sondage réalisé. Au total, 283 riziculteurs ont été enquêtés à raison de 35 riziculteurs environ identifiés par village (voir tableau 2).

Tableau 1. Echantillon par village de l'étude

Arrondissements	Nombre de villages	Villages	Nombre de producteurs
Malanville	02	Bodjékali Kotchi	34 35

Garou	02	Garou Centre	39
		Monkassa	41
Madekali	02	Tassozenon	35
		Madékali Centre	29
Toumboutou	02	Toumboutou Centre	34
		Mola	36
		Total	283

2.3. Collecte de données

Les données ont été collectées en deux phases. La première a été de type qualitatif et a consisté à organiser des focus group pour recueillir des informations qualitatives et des données d'ordre général auprès des responsables de producteurs et des agents de l'Agence Territoriale de Développement Agricole de la commune. Au cours de la deuxième phase, les données quantitatives ont été collectées à travers un questionnaire structuré digitalisé sur le serveur kobotoolbox et administré à 283 producteurs de riz en bas-fonds. Les données collectées sont relatives à la durabilité écologique des systèmes de production : composante diversité domestique ; composante organisation de l'espace et composante pratique agricole. Aussi, des informations sur les caractéristiques sociodémographiques des producteurs (sexe, âge, niveau d'éducation/alphabétisation, appartenance à une association/groupement, nombre d'années d'expérience dans la production agricole, fréquence de contact avec un animateur de projet, taille du ménage, division du travail, etc.) ont été collectées. Une observation directe sur le terrain a été également réalisée surtout au niveau des pratiques culturelles.

2.4. Analyse de données

La méthode des Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles (IDEA) est une approche quantitative de l'évaluation de la durabilité qui prend en compte les dimensions écologiques, socio-territoriales et économiques des exploitations agricoles. Dans le contexte agricole africain en général et béninois en particulier, cette approche présente une certaine complexité rendant difficile son application surtout sur les aspects organisationnels et relationnels avec l'environnement institutionnel. Conformément à l'objectif de cette recherche, seule la dimension agroécologique de l'approche IDAE a été considérée pour apprécier la durabilité écologique des systèmes de cultures rizicoles. Ainsi, plusieurs études (Briquel *et al.*, 2001; Vilain, 2008; CASTRO *et al.*, 2009; Topanou *et al.*, 2015; Lobietti *et al.*, 2018; Zahm *et al.*, 2019, Alidou & Yabi, 2019) ont fait mention de l'utilisation de la dimension agroécologique pour

apprécier la durabilité dans le contexte agricole béninois. En s'inspirant des travaux de Topanou *et al.* (2015) et de Alidou & Yabi (2019), les indicateurs de l'IDEA originel ont été soumis aux producteurs à travers des focus group pour une adaptation à leur réalité. Cette activité a permis d'adapter les indicateurs sans pour autant modifier le nombre d'indicateurs et leur note pondérée à l'aide d'un ensemble d'informations précises (Vilain, 2008). La mesure de la durabilité agroécologique a pris en compte les 18 indicateurs repartis en trois composantes (Tableau 2).

Les analyses statistiques ont été faites à plusieurs niveaux. D'une part, les analyses descriptives à travers les moyennes (écart-type) et les fréquences absolues suivies de test statistique d'ANOVA. D'autre part, un modèle de régression Tobit a été estimé pour mettre en lumière les facteurs techniques et socioéconomiques déterminant la durabilité écologique des systèmes de production du riz. Le score de durabilité étant une variable quantitative continue observable sur un intervalle, elle n'est pas connue lorsqu'il sort de cet intervalle (Bourbonnais, 2021).

De manière générale, le modèle Tobit s'écrit de la manière suivante : En considérant un individu « i » avec un score de durabilité Y_i , soit une variable latente y_i^* non systématiquement observable et des variables explicatives x_i et, en supposant la normalité des perturbations ε_i , le modèle s'écrit comme suit :

$$\begin{cases} y_i^* = \beta_1 x_i^k + \varepsilon_i \\ Y_i = y_i^* \text{ si } y_i^* > 0 \end{cases}$$

$$x_i = (x_i^1, \dots, x_i^k) \forall i = 1 \dots N; \beta = (\beta_1 \dots \beta_k);$$

ε_i désignent les perturbations qui sont distribuées selon une loi $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$.

Il est supposé que les variables y_i et x_i sont observées pour tous les individus, mais que les variables y_i^* sont observables uniquement si elles sont positives.

Tableau 2. Composante et indicateurs d'appréciation de la durabilité

Composantes	Indicateurs	VM par indicateur	VM par composante
Diversité domestique (TDD)	Diversité des cultures annuelles ou temporaires en association avec le riz	14	TDD=33
	Diversité des cultures pérennes en association avec le riz	14	
	Diversité animale	14	
	Valorisation et conservation du patrimoine génétique	6	
Organisation de l'espace (TOE)	Assolement	8	TOE=33
	Dimension des parcelles	4	
	Gestion des matières organiques	6	
	Zones de régulation écologique	8	
	Contribution aux enjeux environnementaux du territoire	4	
	Gestion des surfaces fourragères	3	
Pratiques agricoles (TPA)	Gestion du bas-fond	4	TPA=34
	Gestion de la ressource en eau	7	
	Protection des ressources en bas-fonds	11	
	Types de fertilisation	5	
	Dépendance énergétique	7	
Durabilité agroécologique			100

Sources d'adaptation (Tokpanou, 2015 ; Alidou, 2019). Légende : VM (Valeur Moyenne)

3. RESULTATS

3.1. Caractéristiques socioéconomiques et démographiques des producteurs

Le tableau 3 résume la description statistique des variables qualitatives composant les caractéristiques sociodémographiques des exploitants rizicoles étudiés suivant les systèmes de production identifiés. La population des riziculteurs de l'échantillon est dominée par des hommes (74,07 %) quel que soit le système. L'agriculture constitue la principale activité génératrice de revenu des producteurs de la commune (97,53 %) et plus de la moitié parmi eux bénéficie de l'appui des services de vulgarisation (80,57 %) quel que soit le système de production considéré. Cependant, une faible minorité (9,19 %) parmi les producteurs fait partie des coopératives de producteurs du riz dans la commune. Cette tendance s'explique par le fait que l'étude s'est seulement intéressée aux petits producteurs travaillant dans les bas-fonds non aménagés. Parmi les producteurs enquêtés, seulement 22,97 % avaient un niveau d'éducation formelle équivalent au primaire. Ce constat s'explique par le faible intérêt à l'éducation formelle dans les milieux ruraux majoritairement dominés par des activités de production agricole. Aussi, les populations rurales dans certaines zones du pays ont un faible accès aux infrastructures scolaires. Lorsqu'on considère l'accès au financement, les producteurs dans l'ensemble ont minoritairement (29,17%) eu accès. Néanmoins, ceux faisant le système de production SCR1 semblent avoir plus accès au financement agricole (48,78 %) que les producteurs des autres systèmes. L'accès au financement agricole demeure la principale contrainte des producteurs de la commune.

Tableau 3. Caractéristiques socio-économiques et démographiques des producteurs : variables qualitatives

Variables	SCR 1	SCR2	SCR3	Ensemble
Sexe (Homme/Femme)	74,07	89,09	74,15	77,03
Niveau d'éducation formelle (primaire)	13,58	21,82	28,57	22,97
Activité principale du producteur (Oui/Non)	96,30	96,36	98,64	97,53
Appartenance à une organisation (Oui/Non)	24,69	5,45	2,04	9,19
Accès aux services de vulgarisation (Oui/Non)	87,65	69,09	80,95	80,57
Accès financement agricole (Oui/Non)	48,78	29,41	11,11	29,17

Légende : SCR 1 (Système de culture du riz de type 1) ; SCR2 (Système de culture du riz de type 2) ; SCR3 (Système de culture du riz de type 3)

Le tableau 3 résume la description statistique des variables quantitatives composant les caractéristiques sociodémographiques des exploitants rizicoles étudiés suivant les systèmes de production identifiés. Ainsi, la taille moyenne des ménages est de 10 personnes avec un écart type de 4,88 avec le plus grand nombre adoptant le système SCR3. Les riziculteurs les plus expérimentés (12 ans

d'expérience) sont ceux du SCR2. Le nombre moyen d'actifs dans chaque ménage est estimé à 6,09 ($\pm 3,54$). Ce résultat montre que les riziculteurs enquêtés disposent aussi d'un nombre minimum de personnes actives à travailler dans les champs du riz. La superficie disponible par ménage est en moyenne de 2,73 ha dont environ 50 % sont exploitées en production pluviale et en culture de contre saison.

Tableau 4. Description statistique des variables quantitatives composant les caractéristiques socio-économiques et démographiques des producteurs

Variables	SCR1	SCR2	SCR3	Ensemble
Age (ans)	42,24(±11,96)	41,65(±12,09)	42,06(±12,43)	42,03(±12,19)
Taille du ménage	8,67(±4,02)	10,81(±5,30)	9,52(±5,08)	9,53(±4,88)
Expérience en riziculture	6,19(±7,18)	12,2(±11,70)	4,28(±7,42)	6,37(±8,86)
Actifs agricoles	5,06(±2,54)	5,74(±3,75)	6,80(±3,78)	6,09(±3,54)
Superficie totale disponible (ha)	1,78(±1,31)	2,91(±2,82)	3,18(±2,61)	2,73(±2,43)
Superficie production pluviale(ha)	0,97(±0,41)	1,14(±0,75)	0,98(±0,67)	1,01(±0,62)
Superficie production pluviale (ha)	0,97(±0,41)	1,14(±0,75)	0,98(±0,67)	1,01(±0,62)
Superficie production de décrue (ha)	0,05(±0,20)	0,18(±0,31)	0,22(±0,46)	0,16(±0,38)

Légende : SCR 1 (Système de culture du riz de type 1) ; SCR2 (Système de culture du riz de type 2) ; SCR3 (Système de culture du riz de type 3)

3.2. Analyse de la durabilité écologique des systèmes de production du riz en bas-fond

Analyse globale de la durabilité agroécologique

Le tableau 4 présente les résultats d'analyse de la durabilité écologique des systèmes de production du riz en bas-fonds. Cette appréciation a été faite autour d'un certain nombre d'indicateurs.

Tableau 5. Résultats des indicateurs de durabilité écologique

Indicateurs	Moyenne de scores (Ecart-type)	Scores de références
Diversité Domestique (DD)	14,44 (7,85)	33
DD1. Diversité des cultures annuelles ou temporaires en association avec le riz	3,71 (2,98)	14
DD2. Diversité des cultures pérennes en association avec le riz	1,36 (2,33)	14
DD3. Diversité animale par espèce/race	5,98 (4,86)	14
DD4. Valorisation et conservation du patrimoine génétique	3,37 (2,29)	6
Organisation de l'Espace (OE)	8,39 (3,62)	33
OE1. Assolement	1,78 (0,63)	8
OE2. Dimension des parcelles	1,20 (1,09)	4
OE3. Gestion des matières organiques	1,17 (2,00)	6
OE4. Zones de régulation écologique	3,40 (1,52)	8
OE5. Contribution aux enjeux environnementaux du territoire	0,77 (1,58)	4
OE6. Gestion des surfaces fourragères	0,04 (0,21)	3
Pratiques Agricoles (PA)	20,23 (4,02)	34
PA1. Gestion du bas-fonds	3,60 (3,19)	4
PA2. Gestion de la ressource en eau	4,52 (1,56)	7
PA3. Protection des ressources en bas-fonds	6,40 (1,13)	11
PA4. Types de fertilisation	2,18 (1,22)	5
PA4. Dépendance énergétique	1,50 (0,86)	7
Total Durabilité agroécologique	43,07 (11,30)	100

Les résultats issus de l'analyse montrent que le score global de durabilité écologique des systèmes de production du riz dans la zone de l'étude est de 43,07 sur un score total de 100 points. Ce score n'est rien d'autre que la contribution de l'ensemble des différentes composantes qui caractérisent l'analyse de la durabilité écologique des exploitations agricoles.

Analyse par composante de la durabilité agroécologique

Diversité domestique

L'analyse de la diversité domestique prend en compte quatre (04) sous composantes. Il s'agit de la diversité des cultures annuelles ou temporaires en association avec le riz, la diversité des cultures pérennes en association avec le riz, la diversité animale et la valorisation et conservation du patrimoine génétique. Les résultats montrent que la composante de la diversité domestique a obtenu un score total de 14,44 sur un total de 33 points soit 43,75 % du maximum théorique. Dans cette

composante, l'indicateur de la diversité des cultures annuelles présente un score de 3,71 sur un total de 14 soit 26,50 % du maximum théorique. Ce résultat indique la faible diversification des cultures annuelles au sein des exploitations rizicoles de Malanville. Celui de la diversité des cultures pérennes réunit un score de 1,36 sur 14 soit 9,71 % du maximum théorique. Ce résultat traduit la faible pratique de l'agroforesterie et la quasi inexistence des essences forestières dans les bas-fonds rizicoles de la commune. La diversité animale réunit un score de 5,98 sur 14 soit 42,71 % du maximum théorique. L'élevage est une activité importante pour les riziculteurs de la commune. En effet, dans tous les ménages, il y a des animaux d'élevage de toute sorte (bovins, ovins, caprins, volaille, etc.). La pratique de cette activité a donc contribué à l'amélioration de ce score.

L'indicateur de la valorisation et conservation du patrimoine génétique présente un score de 3,37 sur un total de 6 soit 56,16 % du maximum théorique. L'utilisation des semences locales par une bonne partie des producteurs explique ce score. Les producteurs trouvent l'intérêt d'utiliser les semences locales pour conserver le patrimoine génétique et éviter les effets pervers des semences génétiquement modifiées.

Organisation de l'espace

Cette composante présente un score de 8,39 sur un total de 33 soit un taux de 25,42 % du maximum théorique. Les différents indicateurs de cette composante présentent un très faible score par rapport aux scores de référence. L'assolement est une pratique qui prône la gestion de la fertilité du sol. Elle implique la diversification des cultures. Le constat est que 100 % de la superficie exploitable sont octroyés à la production du riz quel que soit le cycle de production (pluviale, contre saison ou décrue). Ce faible score de l'assolement est le résultat de la monoculture plus pratiquée par les riziculteurs de la commune. En plus de cela, les riziculteurs n'observent pas un bon dimensionnement des parcelles rizicoles. Néanmoins, l'indicateur "zone de régulation écologique" présente le score le plus élevé dans cette composante, soit un taux maximum théorique de 42,50 %. Ce taux s'explique par le fait que les bas-fonds sont pour la plupart des zones humides où est produit le riz par les petits riziculteurs.

Faut-il noter que les producteurs optent de moins en moins pour les matières organiques dans la production ? Les producteurs utilisent plus les fertilisants chimiques (NPK et Urée). Le score obtenu a été fortement influencé par les producteurs optant pour le système de production SCR2, incluant plus la pratique de transition agroécologique (matières organiques et parage).

Pratiques agricoles

Dans cette étude, cette composante présente le score le plus élevé de toutes les composantes de la durabilité écologique des systèmes de cultures du riz en bas-fonds soit un taux de 59,50 % du maximum théorique. Les indicateurs gestion du bas-fond, gestion de la ressource en eau et la protection des ressources en bas-fonds ont largement contribué à ce score avec respectivement un maximum théorique de 90 %, 64,57 % et 83,60 %.

Le score élevé de l'indicateur gestion de bas-fonds s'explique principalement par l'observation du traçage du couloir de circulation et la récolte à bonne date par les producteurs. Il s'avère que les producteurs gèrent bien les ressources en eau lorsqu'on se réfère au score obtenu. Ce résultat s'explique par le fait que la production du riz est d'abord basée sur la bonne gestion des ressources en eau. Les producteurs adoptent des pratiques de protection des ressources en bas-fonds. Ceci s'explique par le niveau de score obtenu à travers ce score, et aussi, faut-il noter que les bas-fonds constituent par excellence le premier facteur de production. Cependant, il est important de noter que ce sont les aménagements sommaires qui sont plus pratiqués et les modes d'irrigations partielles à travers les casiers (petites diguettes). Les types de fertilisation présentent un score en dessous de la moyenne (- de 2,50) et moins de 50 % au maximum théorique. Ce résultat s'explique par la forte utilisation des intrants chimiques (NPK et Urée) au détriment des intrants organiques.

La dépendance énergétique présente le maximum théorique le plus faible de la composante (1,50/7). Cette valeur est largement inférieure à celle acceptable, proposée par la méthode IDEA qui est de 200. L'utilisation de la motopompe avec de l'essence et l'utilisation des fertilisants chimiques ont largement contribué à ce score.

3.3. Test d'ANOVA sur la durabilité écologique des systèmes de production et résultats par composante de la durabilité écologique suivant les systèmes de culture

Une analyse préalable réalisée et ayant porté sur la caractérisation des systèmes de production rizicole basés sur la gestion des bas-fonds dans la commune de Malanville, au Nord Bénin a permis d'identifier trois systèmes de cultures. Le premier système est basé sur la gestion d'eau avec des casiers associés à l'utilisation de la semence améliorée en repiquage aligné et épandage unique en fumure de soutien nommé **SCR1**. Le deuxième système est basé sur la gestion d'eau avec des casiers associés à l'utilisation de semence améliorée en repiquage non aligné associé aux pratiques de parage et d'apport des matières organiques. Autrement, c'est le système intégrant plus les pratiques d'une transition

agroécologique. Ce dernier est nommé **SCR2**. Le dernier système est basé sur la gestion mixte d'eau avec combinaison de semences associées à la pratique de la rotation culturale, ce système est dénommé **SCR3**.

Les valeurs issues de l'analyse de la variance (tableaux 5 et 6) montrent qu'il existe une grande variabilité (6505,08 entre les groupes ; 82,22 au sein des groupes) statistiquement significative au seuil de probabilité de 1 % ($p=0,00$; $ddl=79,12$) entre les

systèmes de cultures de la production du riz en bas-fonds dans la commune de Malanville. Il ressort de ce résultat que la durabilité écologique varie largement d'un système de culture à un autre. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les systèmes ne présentent pas les mêmes caractéristiques ou ne se basent pas sur les mêmes principes de fonctionnement ou encore n'exploitent pas les mêmes types de facteurs de production.

Tableau 6. Test d'ANOVA sur la durabilité écologique des systèmes de production

Source	Somme des carrés	Ddl	Variance	F	Probabilité
Inter-groupe	13010,17	2	6505,08	79,12	0,00
Intra-groupe	23022,11	280	82,22		
Total	36032,28	282	127,77		

Le tableau 6 et la figure 3 présentent les moyennes des scores de durabilité écologique suivant les systèmes de culture adoptés par les riziculteurs.

Tableau 7. Résultats par composante de la durabilité écologique suivant les systèmes de culture

Variables	SCR1	SCR2	SCR3	Ensemble	Prob > F
	Moyenne (Ecart-type)	Moyenne (Ecart-type)	Moyenne (Ecart-type)	Moyenne (Ecart-type)	
DD	11,50 ($\pm 7,39$)	23,07 ($\pm 7,63$)	12,78 ($\pm 5,69$)	14,44 ($\pm 7,85$)	0,00 > 58,91
OE	5,79 ($\pm 2,79$)	12,96 ($\pm 3,41$)	8,12 ($\pm 2,26$)	8,39 ($\pm 3,62$)	0,00 > 119,33
PA	21,54 ($\pm 3,64$)	20,80 ($\pm 4,58$)	19,29 ($\pm 3,79$)	20,23 ($\pm 4,02$)	0,00 > 9,29
DA	38,92 ($\pm 10,11$)	56,83 ($\pm 10,29$)	40,21 ($\pm 7,90$)	43,07 ($\pm 11,30$)	0,00 > 79,12

Légende : DD (Diversité Domestique) ; OE (Organisation de l'Espace) ; PA (Pratiques Agricoles) ; DE (Durabilité Ecologique) ; SCR 1 (Système de culture du riz de type 1) ; SCR2 (Système de culture du riz de type 2) ; SCR3 (Système de culture du riz de type 3)

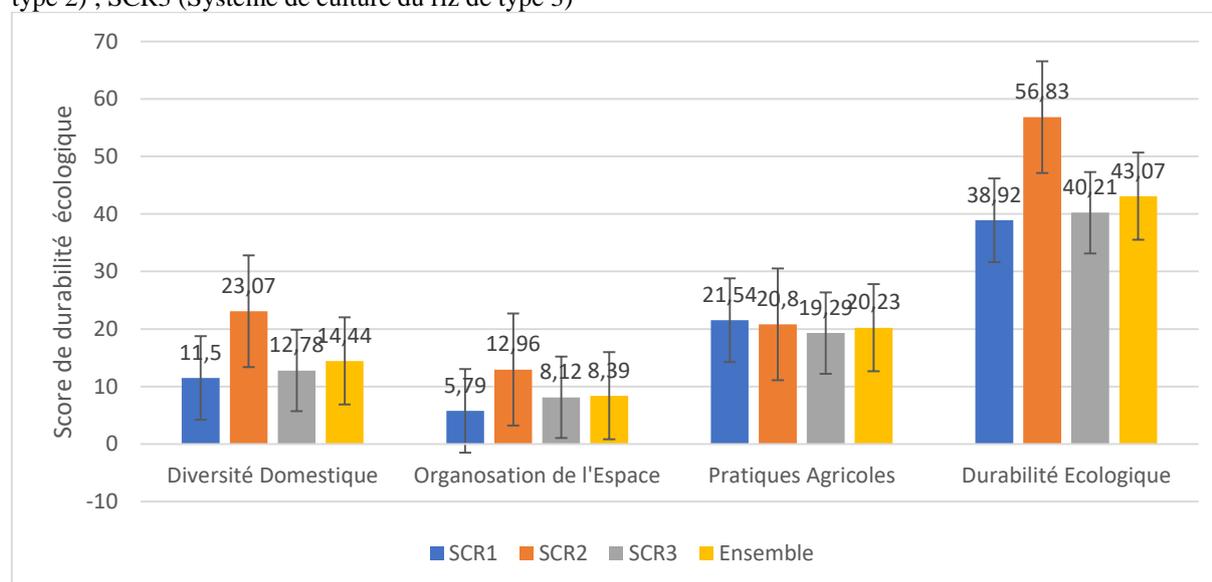


Figure 2. Score de durabilité écologique suivant les systèmes de production

Le score de durabilité varie suivant les systèmes de culture du riz en bas-fonds. En effet, le système de culture SCR2 présente le score de durabilité le plus élevé (56,83 sur 100). Ce système est celui qui intègre plus les pratiques d'une transition agroécologique à travers l'utilisation de semences améliorées, l'usage des matières organiques et le

parcage. Les deux autres systèmes (SCR1 et SCR3) présentent des scores de durabilité en dessous de 50 %. Ce qui traduit que ces deux systèmes ne sont pas écologiquement durables. Néanmoins, il faut retenir que le système SCR3 intègre plus de pratique tendant vers des pratiques écologiques que le système SCR1.

Il suit donc le système SCR2 avec un score de 40,21/100.

3.4. Facteurs déterminants de la durabilité écologique des ressources en bas-fonds

Les résultats du modèle Tobit estimé sont globalement significatifs au seuil de 1 % (Tableau 7). De plus, les variables explicatives introductives apportent à 24,51 % des informations susceptibles d'expliquer la durabilité écologique ($F=24,51$). Ainsi, seulement les systèmes de culture et l'efficacité économique expliquent significativement le niveau de durabilité écologique des ressources en bas-fonds.

Le système SCR3 basé sur la combinaison des formes de diguettes, la rotation culturale et l'utilisation exclusive des engrais chimiques (NPK et Urée) influence négativement la durabilité écologique au seuil de 10 %. Ce résultat traduit que le score de durabilité des ressources en bas-fonds diminue avec l'utilisation du système de culture SCR3. En effet, l'une des caractéristiques principales de ce système est l'usage exclusif des engrais chimiques (NPK et Urée) pour la fertilisation

des cultures. Un producteur qui pratique ce système entraîne une diminution de la durabilité de 3 %.

L'adoption du système SCR2 prenant plus en compte les pratiques d'une transition agroécologique influence positivement au seuil de 1 % la durabilité écologique. La décision d'un producteur de riz à adopter ce système induit une augmentation de 21 % de la durabilité écologique de la riziculture en bas-fonds pour le producteur dans la commune de Malanville.

L'indice d'efficacité économique influe significativement et positivement au seuil statistique de 5 %, le niveau de durabilité écologique des ressources en bas-fonds. Le niveau d'efficacité économique des systèmes de culture augmente avec la durabilité écologique des ressources en bas-fonds. Le système de culture le plus durable peut aussi se révéler efficace économiquement. Être efficace sous-entend une meilleure combinaison des facteurs de production et l'obtention d'output maximale. Cela suppose aussi la réalisation à temps des différentes opérations d'entretien et une meilleure prise de décision dans l'exploitation.

Tableau 8. Modèle de régression des déterminants de la Durabilité écologique

Variables explicatives	Dydx (Std. Err.)
SCR3	-0,03 (.02) *
SCR2	0,21 (.02) ***
Nombre de membres actifs agricoles dans le ménage	0,007 (.004)
Parcelle non aménagée	-0,03 (.01)
Sexe du producteur	-0,03 (.02)
Superficie exploitable pour le riz	0,006 (.005)
LnEEglobal (Forme linéaire de l'efficacité globale)	0,04 (.02) **
Constant	0,02 (.002) ***
Nombre d'observation	283
F (7, 276)	24,51
Prob > F	0,00***

Légende : *** (significatif à 1 %) ; ** (significatif à 5 %) ; * (significatif à 10 %) ; SCR2 (Système de culture du riz de type 2) ; SCR3 (Système de culture du riz de type 3)

4. DISCUSSION

4.1. Durabilité écologique des systèmes de culture du riz en bas-fonds

La durabilité écologique des systèmes de culture du riz en bas-fonds dans la commune de Malanville a été mesurée sur la base de trois composantes constituées par des indicateurs spécifiques d'appréciation comme le cas dans les travaux de Alidou & Yabi (2019) ; Sero Chabi *et al.* (2020) ; Topanou *et al.* (2015). D'après les résultats, il ressort que les systèmes de cultures pratiqués par les riziculteurs ne prônent pas une durabilité écologique

des ressources en bas-fonds (43,07 sur 100). Ces résultats confirment ceux de Alidou & Yabi (2019), ayant montré que les systèmes de cultures d'igname ne sont pas écologiquement durables avec un score de 39,8 sur 100. Ainsi, les composantes prises individuellement révèlent que seulement les pratiques agricoles ont largement contribué à ce score avec une valeur moyenne de 20,23 sur 34. C'est un effort notable qui montre que les producteurs utilisent des pratiques données pour la protection des bas-fonds et des ressources en eau. Cependant, il s'est avéré que les producteurs ne diversifient pas les cultures annuelles et n'observent

pratiquement pas l'agroforesterie. En effet, d'après les travaux de Jagoret *et al.* (2019), c'est une pratique qui contribue diversement à la durabilité agroécologique à travers les principes de la transition agroécologique. De plus, ces derniers ne pratiquent pas l'assolement et ne respectent pas non plus la dimension des parcelles. Ce qui explique le faible score de la composante diversité domestique (14,44/33) et organisation de l'espace (8,39/33).

Les résultats obtenus sont contraires à ceux de Sero *et al.* (2020) ayant montré que les systèmes de production à base d'anacardier sont écologiquement durables avec un score de 64,73 sur 100. En effet, les systèmes de production à base d'anacardier sont plus basés sur la diversification des cultures (polyculture) en association avec l'anacardier (agroforesterie). Cependant, faut-il noter que la composante pratiques agricoles est celle qui a plus contribué au score global de la durabilité écologique comme il en est le cas dans cette étude ?

En se référant aux systèmes de cultures, il est remarqué que les scores de durabilité varient considérablement en fonction de ces derniers selon l'analyse des variances. Ainsi, le système de culture SCR2 présente un score de 56,92/100. Ce résultat indique que l'observation des pratiques de transition agroécologique contribuent largement à la durabilité agroécologique des ressources en bas-fonds. L'utilisation des matières organiques à travers l'utilisation des résidus de récolte et le parcage constitue des pratiques bénéfiques pour la fertilité de sol. Malheureusement, moins nombreux sont ceux qui utilisent ces pratiques (-20 %). Ces résultats s'accordent avec ceux de Topanou *et al.* (2015) ayant montré que les pratiques de parcage et de gestion des résidus de récolte contribuent à la protection de la vie du sol. Le système SCR2 est suivi du système SCR3 avec un score moyen de 40,21 sur 100. Ce score pourrait s'expliquer par le fait que ce système respecte certains principes de la durabilité comme la rotation culturale et une gestion d'eau basée sur la combinaison des petites (casiers) et grosses diguettes. Selon Alidou & Yabi (2019) ; Topanou *et al.* (2015), la rotation culturale entre en ligne de compte des pratiques de la fertilité des sols. Les pratiques qui stimulent la bonne gestion de la fertilité de sols ont une incidence positive sur la durabilité agroécologique (Abou *et al.*, 2018; Khene *et al.*, 2020).

4.2. Déterminants de la durabilité écologique des systèmes de culture du riz en bas-fonds

Les résultats de cette étude révèlent que les producteurs qui pratiquent le système de transition écologique avaient les meilleurs scores de durabilité écologique. C'est le système qui permet le plus de garantie à la durabilité écologique de la production du riz. Dans ce système, les riziculteurs font recours à des pratiques comme le parcage et la fertilisation

par matière organique. Les producteurs se sont plus tournés vers ce système du fait des combinaisons des méthodes aussi bien biologiques que chimiques. Ces résultats rejoignent ceux de Zoundji *et al.* (2022) qui indiquent que toutes les catégories de producteurs enquêtés ont progressivement commencé l'adoption des pratiques de bonne gestion de la fertilité des sols pour la production du riz à cause des changements climatiques. De surcroît, Andrieu *et al.* (2016) ont rapporté que les pratiques rizicoles les plus récurrentes sont notamment la fertilisation des champs par le "parcage itinérant des animaux" ainsi que la fabrication et l'utilisation de la fumure organique enrichie. La transition agroécologique regroupe les pratiques nécessaires permettant de relancer le secteur de la riziculture, qui est en crise depuis plusieurs décennies (Badiane, 2022). Contrairement à ces auteurs, Lienhard *et al.* (2019) ont constaté que les pratiques de transitions agroécologiques sont peu adoptées par rapport au modèle d'intensification conventionnelle. Cela sous-entend que certains facteurs entraînent une adoption par endroit de certaines pratiques.

L'efficacité économique des systèmes de culture a influencé positivement la durabilité écologique des ressources en bas-fonds. Dassoundo-Assogba & Yabi (2020) ont montré l'effet de l'efficacité économique sur la durabilité écologique. Les résultats de ces auteurs ont montré que les systèmes piscicoles économiquement efficaces sont les plus écologiquement durables. Les producteurs efficaces sont ceux qui participent à la durabilité des systèmes de production dans la commune. Les études de Côte *et al.* (2019) ont montré qu'il est possible d'obtenir une production agricole écologiquement durable en augmentant la diversité génétique interspécifique (cultures associées, assolements diversifiés, rotations et amendement organique). L'une des pratiques de la transition agroécologique est l'adoption des semences améliorées. Issoufou *et al.* (2017) ont aussi constaté que les semences améliorées permettent une production durable de mil du point de vue écologique. De même, le bon choix de facteurs de production constitue un aspect capital de la durabilité agroécologique (Vilain *et al.*, 2008).

5. CONCLUSION

Cette étude s'est focalisée sur la durabilité écologique des systèmes de cultures en bas-fonds rizicole dans la commune de Malanville au Nord du Bénin. Les résultats ont montré que les systèmes de cultures du riz en bas-fonds ne sont pas durables écologiquement dans la commune de Malanville. Cependant, la durabilité écologique varie suivant les systèmes de culture. Le système respectant plus les pratiques d'une transition agroécologique sont les plus durables. Par ailleurs, la durabilité écologique est influencée par l'efficacité économique des systèmes de cultures, et le système de culture le plus

efficace se révèle être le plus écologiquement durable. Ce résultat remet en cause les constatations selon lesquelles, les pratiques conventionnelles sont plus économiquement efficaces que les pratiques agroécologiques. Toutes fois, une étude dans d'autres régions de production du riz au Bénin pourrait permettre de confirmer ces résultats. La prise en compte des constats issus de cette étude pourra aider à mieux orienter les actions de sensibilisation, d'informations et de formations à l'endroit des producteurs sur les systèmes durables et leur mise en œuvre.

Remerciements

Cette étude a été possible grâce aux soutiens des producteurs du riz de Malanville, les Agents de l'Agence Territoriale de Développement Agricole 1 (ATDA1) et les Agents enquêteurs qui ont contribué à la collecte des données. Qu'ils reçoivent nos sincères remerciements.

Références

Abou M., Yabi I., Yolou I. & Ogouwale E., 2018. Caractérisation des systèmes de production sur les sites d'aménagements hydro-agricoles dans le doublet Dangbo-Adjohoun au sud du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1), 462-478.

Afandhi A., Al Aluf W. & Prasetya B., 2019. Evaluation of the Lowland Rice Sustainability Based on the Dimensions of Biological Control in Besur Village, Lamongan District. *The Indonesian Green Technology Journal*, 8(1), 17-21.

Alidou A.B. & Yabi J.A., 2019. Durabilité des systèmes de culture d'igname dans la commune de Tchaourou au Nord-Bénin. *Afrique SCIENCE*, 15(6), 156-172.

Andrieu N., Howland F. C., Sogoba B. & Zougmore R.B., 2016. *Compte-rendu synthétique de l'atelier «Priorisation d'investissement en Agriculture Intelligente face au Climat au Mali»*.

Anupama Y. J., Kiran S. K. & Hegde S. N., 2019. Heavy metals and pesticides in chronic kidney disease—results from a matched case–control study from a rural population in Shivamogga district in South India. *Indian journal of nephrology*, 29(6), 402-409.

Assouma D., Ollabode N., Issaka K. & Yabi A. J., 2019. Performance économique des producteurs sous divers systèmes de gestion et de distribution de l'eau dans le périmètre rizicole de Malanville. *Communication à la 1ère conférence internationale sur enjeux et perspectives économiques en Afrique Francophone à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar (4 au 6 février 2019)*.

Badiane A., 2022. *Changement climatique et riziculture : Savoirs et stratégies des paysans de Basse-Casamance pour une transition agroécologique*, 389 p. <http://rivieresdusud.uasz.sn/xmlui/handle/123456789/1582>.

Blanchart E., Razafimbelo T., Audouin S., Muller B., Razafimahatratra H. M. & Raharison T., 2020.

Intensification écologique de l'agriculture des Hautes Terres de Madagascar. 5.

Bourbonnais R., 2021. *Econométrie*. Dunod., 5 p.

Briquel V., Vilain L., Bourdais J.-L., Girardin P., Mouchet C. & Viaux P., 2001. La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles): Une démarche pédagogique. *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, 25, 29-39.

Castro J., Sanchez D., Moruzzi Marques P.E., Lucas A. De & Bonaudo T., 2009. Adaptation de la méthode française IDEA pour l'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles de la commune de São Pedro (Etat de São Paulo, Brésil). *XVI Journées Rencontres, Recherches et Ruminants, Paris : INRA-Institut de l'Elevage*, 4 p.

Côte F.-X., Poirier-Magona E., Perret S., Roudier P., Rapidel B. & Thirion M.-C., 2019. *La transition agro-écologique des agricultures du Sud*. Éditions Quae, 368 p.

Dassoundo-Assogba C.F.J. & Yabi A.J., 2020. Durabilité écologique des systèmes piscicoles dans la vallée de l'Ouémé au sud du Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 29(2), 186-196.

Erbaugh J., Bierbaum R., Castilleja G., da Fonseca G.a.B. & Hansen S.C.B., 2019. Toward sustainable agriculture in the tropics. *World Development*, 121(XXXX), 158-162. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.05.002>

Gautier A. & Jacqmin J., 2019. Une nouvelle tarification des réseaux pour favoriser la transition énergétique. *Regards Economiques*, 145 p.

GSDM (Groupement Semis Direct Madagascar), 2018. L'agro écologie. *Journal de l'Agriculture*, 1-24.

Holling C.S. & Gunderson L.H., 2002. Resilience and adaptive cycles. In: *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, 25-62.

Issoufou O.H., Boubacar S., Adam T. & Yamba B., 2017. Déterminants de l'adoption et impact des variétés améliorées sur le rendement du mil au Niger. *African Crop Science Journal*, 25(2), 207-220. <https://doi.org/10.4314/acsj.v25i2.6>

Jagoret P., Ruf F., Du Castel C., Harmand J.-M., Rafflegeau S., Saj S., Snoeck D. & Wibaux T., 2019. *L'agroforesterie : Des pratiques diversifiées pour la transition agro-écologique de la cacaoculture africaine*. *La transition agro-écologique*, 59 p.

Khene B., Araba F. & Otmani R., 2020. Gestion de la fertilité des sols dans les oasis de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional d'Algérie). *Revue des bio ressources*, 10(2), 9-9.

Lienhard P., Castella J.-C., Ferrand P., Courmarie M., d'Aquino P., Scopel É. & Bougnoux, N., 2019. *Accompagner les acteurs de la transition agro-écologique au Laos*. *La transition agro-écologique*, 89 p.

Lobiatti M., Michels T., Poletti S., Cabot V., Danflous J.-P., Le Bellec F., Lesage S., Thomas P. & Zahm F., 2018. *La méthode IDEA Réunion-IDEA RUN-Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*, 154 p.

Mangara A., Kouame M. T., Soro K., N'Da A.A.A., Gnahoua G. M. & Soro D., 2014. Test d'efficacité d'un herbicide en culture d'ananas, à la station d'expérimentation et de production d'Anguédédou en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 80, 7161-7172.

Meleis A.I., 2010. *Transitions theory: Middle range and situation specific theories in nursing research and practice*. Springer publishing company, p 382-585

Mueller V., Sheriff G., Dou X. & Gray, C., 2020. Temporary migration and climate variation in eastern Africa. *World Development*, 126, 104704. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104704>

Nations Unies, 2020. Objectifs de développement durable. *New York: Nations Unies*, <https://dictionary.tn/amp/objectifs-de-developpement-durable/>

Sero Chabi I., Issaka K., Koutchele S. & Yabi A.J., 2020. *Durabilité écologique des systèmes de production à base d'anacardier (Anacardium occidentale L.) au Centre et Nord-Est du Bénin*. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 3(2), 2-10.

Topanou O. L., Okou C. & Boko M., 2015. Durabilité agro-écologique des exploitations agricoles dans la commune de Gogounou au Bénin. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 11(3), 129-137.

Vaarst M., Escudero A. G., Chappell M. J., Brinkley C., Nijbroek R., Arraes N.A.M., Andreasen L., Gattinger A., De Almeida G. F. & Bossio D., 2018. Exploring the concept of agroecological food systems in a city-region context. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6), 686-711.

Vilain L., 2008. *La méthode IDEA : Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*. Educagri éditions. Amazon France, 184 p.

Yabi J.A., Yegbemey R.N. & Tovignan D.S., 2017. *La gestion des facteurs de production comme une adaptation aux variations climatiques inter-saisonnières : Cas de la riziculture au Bénin*. October 2017,

Zahm F., Ugaglia A.A., Barbier J.M., Boureau H., Del'Homme B., Gafsi M. & Redlingshöfer B., 2019. Évaluer la durabilité des exploitations agricoles : la méthode IDEA v4, un cadre conceptuel combinant dimensions et propriétés de la durabilité. *Cahiers Agricultures*, 28(5), 10 p

Zoundji G. C., Zossou E., Vissoh P., Bognonkpe G. & Vodouhe S. D., 2022. Analyse genre des effets des changements climatiques sur les moyens d'existence durables des producteurs de riz et stratégies d'adaptation au nord Bénin. *Agronomie Africaine*, 34(1), 21-32.