EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 4, Page 719-732
Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence
Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J.
ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069
Acces on line : http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/

Section : Environmental and Water Sciences
Publication type : Full paper

Agroecological sustainability of millet and cowpea in Karma production systems in a context of climate change.

Durabilité agroécologique des systèmes de production du mil et niébé de Karma dans un contexte de changement climatique.

Received 29 Oct. 2021
Accepted 25 Nov. 2021
On line 31 Dec. 2021

YACOUBA ALI RAZINATOU[2*], SOUMANA BOUBACAR[1,2].

[(1)] **Laboratoire d'Analyse et de Recherche en Sociologie et Economie Rurales (LARSER)/Université Abdou Moumouni de Niamey/Faculté d'Agronomie/ BP : 10960 Niamey, Niger.**

[(2)] **Département Sociologie et Economie Rurale/Université Abdou Moumouni de Niamey/Faculté d'Agronomie/ BP : 10960 Niamey, Niger.**

KEY WORDS
Environmental performance, farms, millet, cowpea, climate change, Karma.

Abstract Nowadays, the issue of the sustainability of agriculture in development policy should not be overlooked. This study focuses on measuring the agroecological sustainability of 234 millet and Karma cowpea farms in a context of climate change. To assess the performance of this dimension, 19 indicators divided into 5 components of the IDEA (Indicator of Sustainability of Agricultural Operations) version 4 method have been defined. The formulas for obtaining scores were developed based on the Scoring Method of the Extensive Household Economic Approach (HEA). Thus, the sustainability scores by indicator, by component and then by dimension were obtained with the variables proposed by said method by applying the formulas established in the methodology. Overall, the agroecological sustainability score is 1.93, reflecting the low sustainability of these farms. The results show that none of the five components were sustainable. In addition, two indicators, one relating to "food autonomy of livestock" and the other which serves to "promote soil fertility" have been included. It would then be necessary to optimize the rest of the indicators in order to avoid extreme situations in terms of sustainable agriculture, thus making it possible to improve the score of agroecological sustainability within the zone in order to have an ecologically healthy environment.

MOTS CLES
Performance environementale, exploitations agricoles, mil, niébé, changement climatique, Karma.

Résumé De nos jours, l'enjeu que représente la durabilité de l'agriculture dans la politique de développement n'est pas à négliger. Cette étude est axée sur la mesure de la durabilité agroécologique de 234 exploitations agricoles du mil et niébé de Karma dans un contexte de changement climatique. Pour évaluer la performance de cette dimension, 19 indicateurs répartis dans 5 composantes de la méthode IDEA (Indicateur de Durabilité des Exploitations Agricoles) version 4 ont été définis. Les formules destinées à l'obtention des scores ont été élaborées en s'inspirant de la méthode de calcul des scores de l'approche HEA (Household Economic Approch) Extensive. Ainsi, les scores de durabilité par indicateur, par composante puis par dimension ont été obtenus avec les variables proposées par

EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 4, Page 720-732
Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence
Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J.
ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069
Acces on line : http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/

ladite méthode en appliquant les formules établies dans la méthodologie. Dans l'ensemble, le score de durabilité agroécologique est de 1,93 traduisant ainsi une faible durabilité de ces exploitations agricoles. Les résultats montrent qu'aucune des cinq composantes n'a été durable. Par ailleurs, deux indicateurs dont un relatif à l'« autonomie alimentaire de l'élevage » et l'autre qui sert à « favoriser la fertilité du sol » l'ont été. Il faudrait alors optimiser le reste des indicateurs afin d'éviter les situations extrêmes en matière d'agriculture durable permettant ainsi de rehausser le score de la durabilité agroécologique au sein de la zone pour avoir un environnement écologiquement sain.

1.Introduction

Parmi les problèmes les plus préoccupants de notre époque, la variabilité et les changements climatiques, la croissance démographique rapide et les mutations environnementales (empreinte écologique, déforestation, dégradation des sols, etc.) font l'objet de plusieurs débats. En 2016, la [1] alerte que « si nous ne prenons pas dès maintenant des mesures pour renforcer la durabilité, la productivité et la résilience de l'agriculture, les effets du changement feront peser une lourde menace sur la production alimentaire de pays et de régions déjà fortement exposés à l'insécurité alimentaire. En plus de mettre en péril la réalisation des objectifs de développement durable clés consistant à éliminer la faim et la pauvreté d'ici à 2030, ces effets continueront de prendre de l'ampleur au-delà de 2030 et les dommages qu'ils causeront à l'agriculture seront considérables ». Les questions de vulnérabilité et d'adaptation de l'agriculture vivrière se poseront avec une extrême acuité. Il est alors capital de connaitre l'influence du changement sur l'agriculture. Une transformation profonde du système alimentaire et agricole mondial est nécessaire pour assurer une capacité d'adaptation accrue des petits exploitants et une transition des pays vers un développement résilient au climat et à faible émission. Toutefois, le facteur temps est important. Des mesures doivent être prises dès maintenant pour garantir une alimentation et une agriculture durables pour l'avenir [1].

La problématique de l'incidence des changements climatiques sur la production agricole a fait déjà l'objet de nombreux travaux scientifiques à l'échelle mondiale, sur plusieurs régions et pays [2, 3]. Une étude sur les scénarios climatiques et les rendements agricoles futurs a montré qu'à l'horizon 2025, les changements climatiques vont entraîner une baisse considérable des rendements des principales cultures en Afrique sub-saharienne [3, 4], alors que les populations de la plupart de ces pays africains doubleront [3, 5].

A l'instar des autres pays du monde, principalement ceux en voie de développement jugés plus vulnérables, le Niger subit de plein fouet les effets des changements climatiques. Au Niger, en plus de l'agriculture et de l'élevage, les changements climatiques touchent les autres secteurs de la vie socioéconomique tels que la foresterie, les ressources en eau, la faune, la pêche, les zones humides et la santé, entre autres. Les populations rurales, qui vivent essentiellement de l'un ou l'autre de ces secteurs sont du coup victimes des perturbations climatiques [6].

L'agriculture représente la principale activité des producteurs ruraux. Elle assure l'alimentation humaine et animale à travers la fourniture de ses divers produits finis. Elle représente plus de 40% du produit intérieur brut et constitue la principale source de revenus pour plus de 80% de la population [7]. Ces dernières années, sous le coup de la démographie galopante et de l'instabilité liée au climat, cette agriculture fait face à une incapacité de couverture de besoins alimentaires. Sur la période de 1960-2003 seules onze (11) campagnes agricoles ont été excédentaires. L'insécurité alimentaire à laquelle font face les populations est chronique. En effet, des groupes de populations connaissent chaque année une insécurité alimentaire et nutritionnelle suite notamment à de mauvaises récoltes et/ou à une insuffisance de revenus pour accéder convenablement à l'alimentation [8]. Au vue de l'importance du rôle joué par l'agriculture pour la sécurité alimentaire des ménages ruraux, il est impératif d'étudier les systèmes de production afin de mieux comprendre les postes stratégiques pour lesquels les décisions idoines doivent être prises en vue d'améliorer la situation des producteurs ruraux.

La durabilité agroécologique intègre le développement durable dont la plupart des définitions adoptées par les analyses économiques rejoignent la conception de [9] qui est « *un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre les leurs* ».

Les écoles de l'économie écologique contredisent la théorie néoclassique de « soutenabilité faible » par une « soutenabilité forte » et trouvent qu'aucune substitution n'est envisageable entre capital naturel et technique et

EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 4, Page 720-732
Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence
Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J.
ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069
Acces on line : http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/

préconisent une certaine implication des institutions dans la conservation de la nature pour les générations futures.

Dans la littérature, l'idée maîtresse dans le concept de durabilité se base le plus souvent sur l'objectif de durabilité, lequel est généralement d'évaluer la capacité des systèmes à demeurer productif à long terme. Après avoir traduit la performance par la durabilité d'un système, [10] la définissent comme « le caractère soutenable d'un modèle, quel qu'il soit (économique, social, techniques, etc.) est l'état d'un système et ses capacités à perdurer dans le temps ». Dans un sens large, [11] définissent la durabilité comme un concept qui répond aux besoins actuels sans compromettre les besoins des générations futures. [12] poursuivent en disant que la durabilité signifie une bonne gestion environnementale et des communautés agricoles rentables et prospères ou autrement dit, qui sont viables et vitales. La littérature fait cas de trois types de durabilité qui sont : la durabilité agro écologique, la durabilité socio territoriale et la durabilité économique. La présente étude axée sur le changement climatique privilégie la durabilité des systèmes de production du mil et niébé dans sa dimension agroécologique.

1. Materiel et méthodes

2.1. Zone d'étude

Située à 35 Km à l'Ouest de la capitale Niamey, la commune rurale de Karma est limitée à l'Est par celle de Hamdallaye et la ville de Niamey, au Nord par la commune rurale de Simiri, à l'Ouest par celle de Kourtèye, au Sud par les communes rurales de Bitinkodji et de Namaro à travers le fleuve Niger.

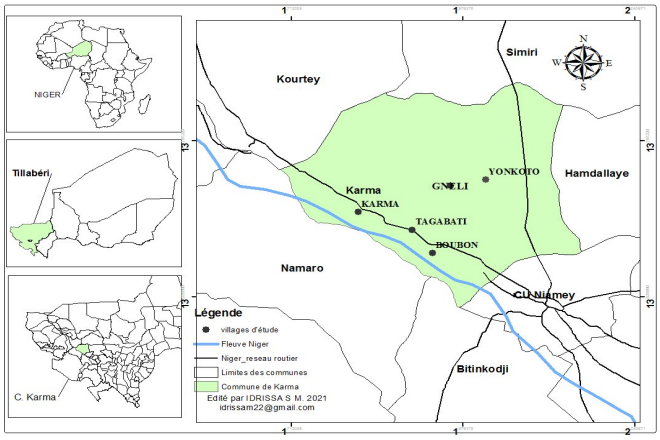


Fig. 1 : Localisation des sites d'études.

2.2. Collecte de données

Les données ont été collectées en deux étapes complémentaires. La première dite exploratoire a servi à l'identification des villages de forte production du mil et niébé au sein de la zone d'étude. La deuxième nommée étape d'investigation a permis d'effectuer des enquêtes approfondies. Elle est constituée de l'échantillonnage et de la collecte des données primaires. L'échantillonnage a consisté au choix des villages cibles. Cinq (5) villages représentant 10% du nombre total des villages de forte production de mil et niébé ont été sélectionnés en tenant compte de l'accessibilité de la zone au plan sécuritaire mais aussi du poids démographique de chaque village. Les villages retenus pour la suite de l'étude sont : Karma, Tagabati, Gneli, Boubon et Yonkoto. Au niveau de chaque village, la liste des ménages agricoles a servi de base. Cette liste est fournie par les Services de l'Agriculture. Le tri des ménages à investiguer a été fait en prenant en considération l'activité principale de l'exploitant, son statut de chef du ménage et son ancienneté dans l'exercice de l'activité principale. La méthode utilisée est le tirage aléatoire simple sans remise après avoir numérotés tous les ménages de 1 à N au niveau de chaque village. Un remplacement des ménages absents a été fait suivant la même procédure de tirage. Pour déterminer la taille de l'échantillon, l'approximation normale de la distribution binomiale proposée par [13] a été utilisée. Elle est donnée par la formule suivante :

$$N = \frac{[P_i\,(1-P_i)*(U_{1-\frac{\alpha}{2}})^2]}{d^2} \qquad (Eq.1)$$

Où :

- N = taille de l'échantillon ;
- P_i = la proportion des ménages agricoles ;
- $U^2_{1-\frac{\alpha}{2}}$ = la valeur de la variable aléatoire normale pour la valeur de probabilité 1 - $\alpha/2$;
- α = étant le risque d'erreur. Pour α =5%, la probabilité 1 - $\alpha/2$ = 0,975 et $U_{1-\frac{\alpha}{2}}$ = 1,96.
- d = marge d'erreur d'estimation, retenue à 5%.

A partir des valeurs de P issues de la phase exploratoire, un total de 234 producteurs a été retenu. Pour trouver l'effectif des sous-échantillons dans chaque village retenu, la méthode de proportionnalité a été utilisée. Le taux d'échantillonnage ou de sondage encore appelé coefficient k a été calculé tel que : k=n/N où n est la taille de l'échantillon et N est la taille de la population totale. Les producteurs étaient enquêtés individuellement

EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 4, Page 720-732
Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence
Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J.
ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069
Acces on line : http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/

en fonction de leur disponibilité à travers les questionnaires.

2.3. Méthodes

Cette étude est basée sur le modèle de durabilité forte encore appelée théorie d'économie-écologique. Les pionniers de cette théorie perçoivent l'économie comme faisant partie de l'écologie. Cette liaison forte de l'économie à l'écologie leur confère un caractère indissociable : d'où cette qualification de « soutenabilité forte » évoquée par plusieurs auteurs [14]. Ce choix du modèle suivant le courant de la pensée de l'école de Londres n'est pas fortuit. En effet, cette école priorise l'intervention du publique dans l'atteinte du développement durable. En ce sens, la présente étude intègre les porteurs d'enjeux que sont les producteurs dans la définition du cadre conceptuel afin de mieux prendre en compte les besoins et réalités du terrain dans la définition des critères répondant aux grands enjeux de la durabilité [15].

Pendant que les méthodes IDEA ou MASC s'appuient sur les trois piliers de la durabilité, certains auteurs [16, 17, 18, 19] ont pris soin de développer des approches s'appuyant sur des attributs ou propriétés systémiques afin de définir la durabilité. D'autres comme [20] avait recensé trente propriétés systémiques utilisées dans les méthodes d'évaluation de la durabilité. Des méthodes reposant sur 6 axes majeurs et 5 attributs ont été proposées également par [19] et [21].

L'outil IDEA (Indicateur de Durabilité des Exploitations Agricoles) explique et mesure le développement durable en se focalisant sur trois aspects fondamentaux (agroécologique, socio-territoriale et économique). Au fil du temps, cet outil pédagogique a subi des révisions. C'est ainsi que plusieurs auteurs tels que [22], [23], [24] l'ont utilisé dans des versions différentes. La méthode IDEA v3 est la plus utilisée dans le monde du développement agricole et de la recherche en Europe [25]. Selon [26], les précédentes versions d'IDEA ont été considérées comme « non participatives » dans le sens où les agriculteurs et les autres acteurs ne participent pas à la définition des objectifs de la durabilité. D'où le choix de IDEA v4 pour la suite de l'étude.

L'intérêt majeur de cette méthode est sa grande lisibilité pour les producteurs. Elle repose sur des indicateurs facilement renseignés qui reflètent des notions plus complexes en un temps record. Elle s'intéresse au système technico-économique dans ses fonctions productives ainsi qu'à la manière dont il s'insère dans la zone d'étude. Son objectif est d'orienter l'agriculteur vers des voies de progrès en lui proposant une grille qui pourra permettre de réaliser une évaluation ex post de son propre système de production. Cette évaluation lui permettra de se positionner par rapport aux années précédentes.

Le cadre conceptuel d'IDEA v4 est basé sur la combinaison de deux approches évaluatives de la durabilité de l'exploitation agricole : l'une par les objectifs de l'agriculture durable et l'autre par les propriétés des systèmes agricoles durables. Cette combinaison aboutit au final à deux grilles de lecture évaluatives, structurées respectivement selon les trois (3) dimensions du développement durable (agroécologique, socio-territoriale et économique) et selon les 5 propriétés des systèmes agricoles durables (autonomie, robustesse, capacité productive et reproductive de biens et services, ancrage territorial et responsabilité globale) [27]. Cette étude privilégie l'approche d'évaluation de la performance selon les dimensions de la durabilité en prenant pour cible la dimension agroécologique de l'exploitation agricole en vue de mettre le producteur à l'aise dans son intervention. La durabilité agroécologique a pour rôle d'évaluer la capacité d'un système à combiner les ressources du milieu naturel tout en tenant compte de l'impact environnemental lié aux activités de l'exploitation. Dans la pratique, pour l'ensemble des trois dimensions, l'agrégation des indicateurs de IDEA v4 se structure en 13 composantes et 53 indicateurs [27]. Elle part de l'hypothèse qu'il est possible de quantifier les diverses caractéristiques des systèmes agricoles en leur attribuant une note chiffrée puis d'agréger les informations obtenues pour avoir un score. Ainsi, les aspects en lien avec la propension du système technique à combiner la valorisation efficace des ressources du milieu, le coût écologique et la viabilité technico-économique sont identifiés dans le mode d'évaluation de la performance agro-écologique [28]. Aussi, la durabilité agroécologique comporte-t-elle des indicateurs en lien avec la santé. Cette étude réunit 5 composantes et 19 indicateurs sous la coupe de la dimension agroécologique. La démarche d'estimation de la durabilité agroécologique a consisté à une pondération des scores et à l'élaboration de deux formules de calcul inspirée par la méthode HEA Extensive proposée par [29].

2.3.1. Pondération de l'ensemble des scores de durabilité de cette étude

Elle est faite sur la base d'une échelle allant de 0 à 5 pour l'ensemble des indicateurs afin de permettre aux producteurs d'avoir une même compréhension des

EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 4, Page 720-732
Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence
Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J.
ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069
Acces on line : http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/

différents niveaux pouvant faciliter les réponses aux questions. Ainsi, 0 est représenté par Rien (0=Rien). C'est le niveau selon lequel il n'existe aucun résultat en lien avec la question posée. L'échelle de pondération 1 apparaît lorsque la réponse à la question posée indique une représentation extrêmement faible (1= Extrêmement faible). 2 indique que le niveau est faible (2=faible) alors que 3 montre un niveau Moyen (3=Moyen). L'échelle est de 4 lorsque l'élément de réponse à la question posée possède une représentation forte (4=Fort) et 5 une représentation très forte (5=Très fort).

2.3.2. Méthode de calcul du score de la durabilité agroécologique

Le score de la durabilité agroécologique (*SDAE*) est obtenu grâce au rapport de la somme des scores des indicateurs agroécologiques sur le nombre total des indicateurs y afférent d'après la formule suivante :

$$SDAE = \frac{\sum_{s=0}^{5} sIAE}{\sum IAE} \qquad (Eq.\ 2)$$

Où :

sIAE signifie le score des indicateurs agroécologiques ;

IAE correspond aux indicateurs agroécologiques.

2.3.2.1. Calcul des scores par composante

Au sein de la durabilité agroécologique, le score de chaque composante (*sC*) est obtenu par la somme des scores de ses indicateurs rapportée au nombre total des indicateurs concernés selon la formule suivante :

$$sC_i = \frac{\sum_{s=0}^{5} sI_i}{\sum I_i} \qquad (Eq.\ 3)$$

Où :

sC_i est le score de la composante $_i$;

$_i$ représente la nature de la composante ;

sI_i constitue le score des indicateurs de la composante $_i$;

I_i représente les indicateurs de la composante $_i$.

2.3.3. Méthode d'évaluation de la durabilité agroécologique

L'évaluation de la durabilité agroécologique de la présente étude s'appuie sur l'outil IDEA v4 de [27], la méthode HEA Extensive proposée par [29] et les formules de calcul élaborées en méthodologie. Au total, 19 indicateurs ont fait l'objet de l'étude. Ces indicateurs sont repartis dans 5 composantes de la dimension agroécologique. Il s'agit de la composante « diversité fonctionnelle », de la composante « bouclage de flux de matières et d'énergie par une recherche d'autonomie », de la composante « sobriété dans l'utilisation des ressources », de la composante permettant d'« assurer des conditions favorables à la production à moyen et long terme » et de la composante « réduire les impacts sur la santé humaine et les écosystèmes ». D'un point de vue agronomique, les indicateurs des 5 composantes ont été choisis en tenant compte de leur capacité à mettre en avant les systèmes agricoles susceptibles d'auto-entretenir leur fertilité et leur potentiel productif à moyen ou long terme. Le poids accordé à chaque indicateur varie de 0 à 5, le total des scores de la dimension agroécologique varie entre 0 et 5. Après attribution des notes par les 234 producteurs par indicateur, la moyenne des notes de chaque indicateur est retenue comme score. Ainsi, plus le score est élevé (supérieur à 2,5), plus l'exploitation est considérée comme durable pour l'indicateur considéré. Le sous-total de scores de chaque composante, donné par la somme des scores des indicateurs rapportée au nombre total d'indicateurs de la composante se situe également entre 0 et 5. Le total de scores des 19 indicateurs ou celui des sous-totaux des scores des composantes divisé dans le premier cas par 19 et dans le second cas du nombre des composantes existantes représente la durabilité agroécologique de cette étude. En conséquence, un score qui excède la moitié (2,5) du total de la dimension agroécologique (5) indique que les systèmes de production des exploitations agricoles de la zone sont durables sur ladite dimension. Lorsque le score n'atteint pas la moitié (inférieur à 2,5) du total de la dimension, on dit que les systèmes de production étudiés ne sont pas durables sur le plan agroécologique.

2. Résultats et discussion

3.1. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs enquêtés

L'âge moyen de ces exploitants est de 48 ans avec un écart type de 14. Toutefois, le plus jeune a 30 ans et le plus âgé des exploitants a 92 ans. Le nombre d'années d'expériences en agriculture est en moyenne de 41 ans. La taille moyenne des ménages est de 11±4 personnes. Les nombres de personnes de l'exploitation moyen est 7 avec un écart type de 3 personnes tandis que le nombre d'actifs agricoles moyens est de 4,89 avec 2,14 comme écart type. Les résultats montrent que la quasi-totalité des agriculteurs enquêtés au sein de la commune rurale de Karma sont des hommes (98,72%). S'agissant du niveau d'instruction des chefs de ménage, on remarque une prédominance de non instruits (47,01%) avec un niveau supérieur représenté par une minorité de chefs d'exploitations enquêtés (9,83%). Par ailleurs, l'agriculture demeure la principale activité des chefs

EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 4, Page 720-732
Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence
Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J.
ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069
Acces on line : http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/

d'exploitations. Quant aux modes d'accès à la terre, la majorité des terres exploitées ont été acquises par héritage à 62,39% par les exploitants agricoles et 28,63% des producteurs sont en état de prêt.

Tab. 1 : Caractéristiques générales des enquêtés

Caractéristiques quantitatives

Variables	Catégories socioéconomiques			
	Min	Max	Moy	Ecart type
Age du chef d'exploitation (année)	30	92	48,38	14,183
Nombre d'années d'expérience en agriculture	22	85	40,98	14,187
Taille du ménage	4	21	10,76	4,090
Nombre de personnes de l'exploitation	2	17	7,62	3,335
Nombre d'actifs agricoles	1	12,5	4,895	2,1353

Caractéristiques qualitatives

		Pourcentage (%)
Niveau d'instruction des chefs de ménage	Non instruit	47,01
	Ecole coranique	29,91
	Alphabétisation	2,14
	Secondaire	11,11
	Supérieur	9,83
Sexe du chef	Masculin	98,72
	Féminin	1,28
Mode de faire valoir	Héritage	62,39
	Achat	6,41
	Location	2,56
	Prêt	28,63

Source : Travail personnel.

3.2. Durabilité agroécologique des systèmes de production

Le pourcentage des exploitants agricoles enquêtés dans la commune rurale de Karma est représenté en cinq composantes de la durabilité agro-écologique (figure 2). L'analyse de la figure 2 montre que la « diversité fonctionnelle » est la composante qui présente un pourcentage maximal (27,22%) alors que la sobriété dans l'utilisation des ressources est la composante la moins représentée (13,71%).

EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 4, Page 719-732
Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence
Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J.
ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069
Acces on line : http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/



Fig. 2 : Répartition des exploitants en fonction des composantes de durabilité agro-écologique du système de production.

Source : Travail personnel

3.3. Score de la durabilité agro-écologique du système de production

Le tableau 2 présente les scores des 19 indicateurs de la durabilité agro-écologique, ceux des cinq composantes qui la constitue et celui de ladite durabilité obtenue suivant la formule de calcul décrite dans la méthodologie. L'analyse du tableau ne montre qu'aucune des cinq composantes n'a été durable du point de vue agro-écologique. Par ailleurs, dans la composante 2, un seul indicateur a été durable. Il en est de même pour la composante 3. Il s'agit de l' « autonomie alimentaire de

L'élevage » présentant un score de 2,91 et de la « fertilité des sols » ayant un score de 2,69 respectivement pour la composante 2 et 3. Force est de constater que le score de la durabilité (*SDAE*=1,93) du système de production étudié à Karma n'est pas durable sur le plan agroécologique. Ainsi, l'étude indique que la composante liée à la « réduction de l'impact des pratiques agricoles sur la santé humaine et les écosystèmes » puis celle en lien avec la « sobriété dans l'utilisation des ressources » enregistrent les plus faibles scores de durabilité (Figure 3).

EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 4, Page 719-732
Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence
Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J.
ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069
Acces on line : http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/

Tab.2 : Indicateurs et scores des composantes évaluant la durabilité agro-écologique du système de production.

Composantes	Indicateurs agroécologiques	Score	Plafond
Diversité fonctionnelle	Diversité des espèces cultivées	2,37	5
	Diversité génétique	2,31	5
	Diversité temporelle des cultures	1,41	5
	Qualité de l'organisation spatiale	2,36	5
	Gestion de la biodiversité	1,51	5
	Score composante 1	**1,99**	**5**
Bouclage de flux de matières et d'énergie par une recherche d'autonomie	Autonomie en énergie, matériaux, matériels, semences et plants	2,23	5
	Autonomie alimentaire de l'élevage	2,91	5
	Autonomie en azote	1,47	5
	Score composante 2	**2,20**	**5**
Sobriété dans l'utilisation des ressources	Sobriété dans l'usage de l'eau et partage de la ressource	1,76	5
	Sobriété dans l'utilisation du phosphore	1,41	5
	Sobriété dans la consommation en énergie	1,85	5
	Score composante 3	**1,67**	**5**
Assurer des conditions favorables à la production à moyen et long terme	Raisonner l'utilisation de l'eau	2,23	5
	Favoriser la fertilité du sol	2,69	5
	Maintenir l'efficacité de la protection sanitaire des cultures et des animaux	1,63	5
	Sécuriser la disponibilité des moyens matériels de production	2	5
	Score composante 4	**2,14**	**5**
Réduire les impacts sur la santé humaine et les écosystèmes	Réduire l'impact des pratiques sur la qualité de l'eau	1 ,74	5
	Réduire l'impact des pratiques sur la qualité de l'air	1,89	5
	Réduire l'impact des pratiques sur le changement climatique	2	5
	Réduire l'usage des produits phytosanitaires et vétérinaires	0,82	5
	Score composante 5	**1,61**	**5**
Total	***SDAE***	***1,93***	**5**

Source : Travail personnel.

$$SDAE = \frac{1,99 + 2,20 + 1,67 + 2,14 + 1,61}{5} = 1,93$$

EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 4, Page 720-732
Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence
Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J.
ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069
Acces on line : http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/

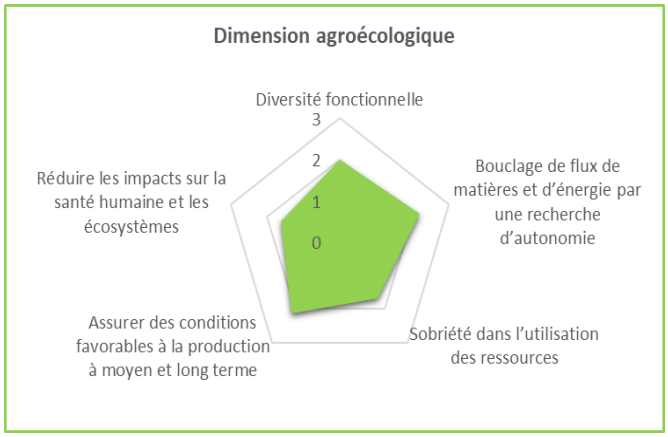


Fig. 3 : Durabilité agroécologique des systèmes de production de la commune de Karma.

Source : Travail personnel.

3.4. DISCUSSION

L'intensité des indicateurs étudiés peut être appréciée en considérant l'ensemble de processus et pratiques mis en œuvre par les producteurs qui concourent à la production du mil et du niébé. Ainsi, dans la commune rurale de Karma, les indicateurs qui ont été durables n'ont pas de caractère novateur. Avec tous les systèmes de vulgarisations et l'encadrement dont ils bénéficient de la part des ONG et des services techniques de la place, les producteurs ont tendance à être conservateurs du point de vue semences et outils de travaux. Ces résultats corroborent ceux obtenus par [30] chez les petits exploitants d'aliments mixte et du café en Papouasie Nouvelle Guinée et [31] dans la production du riz au Nigeria qui affirment que les producteurs les plus jeunes sont plus disposés à accepter les nouvelles technologies et la vulgarisation tandis que les plus âgés sont réticents du fait qu'ils passent moins du temps sur leurs exploitations. Dans la commune rurale de Karma, le constat est que les producteurs ont choisi d'être conservateurs en restant attachés aux semences héritées et en utilisant des outils de type rudimentaires [32] malgré l'effort de vulgarisation mis en place par l'état et ses partenaires au développement. L'étude indique que la diversification fonctionnelle n'a pas été durable (1,99/5). Or, cette diversification semble être la solution idéale pour permettre l'introduction dans les systèmes de production agricole des cultures d'importance économique pour les producteurs et respectueuses de l'environnement. Le niébé en est un exemple car il occupe une place de choix dans la vie socio-économique des producteurs ruraux et contribue dans la fertilisation des sols. Tout de même, l'état érodé des sols [33] oblige les producteurs à adapter les techniques de Conservation des Eaux du Sol/Défense et Restauration des Sols (CES/DRS) pour mieux valoriser leur production en fonction de la nature du terrain dans lequel se trouve leurs exploitations. D'ores et déjà, [34] précisa qu'une grande partie du système productif nigérien est occupée par des glacis et des curasses latéritiques. A cet effet, [35] affirment que les techniques de récupération des terres permettent de restaurer la fertilité des sols dégradés. A première vue, le paysage a été fortement affecté par la déforestation avec pour corollaire la disparition de la diversité végétale puis animale et le sol étant en parti ferrugineux, beaucoup de ligneux et de cultures ne s'y prêtent plus compte tenu du caractère quelque fois négligeant des usagers sur la diversité domestique. Des résultats similaires ont été obtenus par [36] dans deux paysages transfrontaliers impliquant le Cameroun, le Congo, le Gabon et la République Centrafricaine grâce à l'exploitation commerciale de la forêt. Dans ces mêmes pays, [37] affirmaient que l'agriculture représente la cause directe de déforestation alors que [38] ajoute à l'agriculture itinérante sur brûlis, l'utilisation du bois en tant que source énergétique pour la cuisson des aliments comme principales causes de déforestation en Afrique centrale. Néanmoins, l'application de banquettes, demi-lunes ou zaï en fonction de la pente du terrain fait que le sol commence à renaître de nouveau avec une vitesse relativement lente due à la nature du climat de la zone se situant sur les isohyètes 300-600mm par an. En ce sens, dans son étude réalisée en 2016, [39] ont obtenu 93% des producteurs interrogés utilisant la pratique des techniques de CES/DRS au sein de notre zone d'étude. Ces techniques favorisent le stockage et l'utilisation optimum de l'eau pour les cultures mises en place. Cependant, ces dernières ont des pieds vigoureux qui donnent un rendement stable d'une année à une autre au sein des exploitations bien gérées sur le plan fertilité (Apport de fumure organique et/ou minérale) et dont la structure du sol reste favorable. Ces résultats corroborent ceux obtenus au Burkina par [40] qui affirmait que la combinaison de fumures associée aux pratiques de zaï agit sur les propriétés physiques et biologiques et améliorent la fertilité des sols. Ils sont en accord avec ceux obtenus au Niger par [41] qui a énoncé que l'utilisation des engrais minéraux de bonne qualité aux normes recommandés permettrait aux producteurs d'avoir des rendements élevés sur des petites superficies. Aussi, [33] ont eu les mêmes résultats à l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin en ce qui concerne la dégradation des sols et sa restauration bien que les techniques employées lors de la récupération des terres dégradées ne soient pas les mêmes que celles utilisées dans cette étude. Les aires de pâturage et l'alimentation du bétail étant bien gérées à l'interne, l'autonomie alimentaire de

EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 4, Page 720-732
Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence
Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J.
ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069
Acces on line : http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/

l'élevage a été durable à 2,91/5. Dans leur intégralité, les ressources naturelles sont utilisées de manière incontrôlée dans la commune rurale de Karma. Toutefois, l'utilisation des pesticides, et du traitement vétérinaire restent faibles. Les moyens matériels de production quant à eux ne sont pas tous disponibles dans leur globalité. D'un point de vue agroécologique, les systèmes de production étudiés dans la commune rurale de Karma se sont avérés non durables avec un score de 1,93/5 et dotés de la composante « réduction des impacts sur la santé humaine et les écosystèmes » comme facteur limitant. Des études menées sur les durabilités agro-écologiques, au Bénin par [42] (avec un score de 39,8 sur 100), par [43] (avec un score 35,4 sur 100), en Mitidja par [44] (avec un score de 48,5 sur 100) en 2011, ont mis en évidence une faible durabilité des systèmes au même titre que ceux de cette étude. A l'inverse, les études conduites par [45] obtint une bonne durabilité agro-écologique des exploitations agricoles avec un score de 74,3/100 dans la commune de Gogounou au Bénin avec la composante « organisation de l'espace » comme un facteur limitant. De plus, en Tunisie, l'étude menée par [28] obtint un score de 60,02 sur 100 en 2009 sur l'échelle agro-écologique des exploitations laitières. Aussi, les résultats de [46] qui acquièrent des systèmes plus durables dans leurs composantes environnementales dans la production de manioc sur ferralsols en Côte d'Ivoire et ceux de [47] ayant enregistré un score de 66,47/100 pour l'échelle agro-écologique dans la basse vallée du fleuve Ouémé en république du Bénin, sont en désaccord à ceux obtenus dans cette étude. Toutes ces études ont mis en évidence des systèmes durables du point de vue agro-écologique.

3. Conclusion

L'étude a permis d'évaluer de la durabilité des exploitations agricoles de la commune rurale de Karma sur sa dimension agro-écologique. Ainsi, l'échelle agro-écologique qui renferme à elle seule 19 indicateurs et 5 composantes s'est retrouvée avec un score de 1,93 déterminé par 2 indicateurs durables. En ce sens, les décideurs doivent s'appesantir en premier lieu sur les pratiques agricoles en réduisant leur impact sur la santé humaine et les écosystèmes. Ils doivent mettre l'accent sur l'utilisation optimale et préservatrice des ressources existantes afin de veiller à ne pas compromettre celles des générations futures. Aussi, ils doivent améliorer la diversité fonctionnelle, opter sur des pratiques qui assurent les conditions favorables à la production sur le moyen ou le long terme à travers l'efficacité de la protection sanitaire des cultures et des animaux puis rendre la disponibilité des moyens matériels de production fiable. Ainsi, pour assurer un développement durable et accroître la production dans la commune, la mise en œuvre d'un programme de sensibilisation des agriculteurs à des modes de production adaptés au flux de matières et d'énergie par une recherche d'autonomie est préconisée.

Remerciement

Toute l'équipe du Laboratoire d'Analyse et de Recherche en Sociologie et Economie Rurales (LARSER) de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey.

Références bibliographiques

[1] Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), « Adapter l'agriculture au changement climatique ». 2016, 12 pages. [En ligne : http://www.fao.org/3/i6398f/i6398f.pdf].

[2] Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), « Changement du climat et production agricole ». Polytechnica, Rome, 1997, 375 p. [En ligne : http://www.fao.org/3/w5183f/w5183f00.htm].

[3] D. Bertrand, « Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la république Centrafricaine ». Université de Abomey-Calavi, 2014, 338pages. [En ligne : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01053261/document].

[4] Y. Zhao, C. Wang, et S. Wang, « Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the sub-humid and humid tropics". *Climate Change*, 70, 2005, 71-116. DOI : https://doi.org/10.1007/1-4020-4166-7_5

[5] UNFPA, « Etat de la population mondiale : 7 milliards de personnes, leur monde, leurs possibilités ». Rapport annuel, 2011, 132 pages. [En ligne : https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/FR-SWOP2011.pdf].

[6] CNEDD, FEM et PNUD, « Quatrième communication nationale à la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques : Inventaire National des Gaz à Effet de Serre ». Rapport définitif. 2020. [En ligne : http://www.cnedd.ne/images/documentsPDF/IGES_Proc%C3%A9d%C3%A9sIndustriel_vf.pdf].

[7] A. H. Zakari, K. B. Mahamadou, et A. Toudou, « Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique : défis et perspectives ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(3), 2016, p.1262-1272. DOI : http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.28

[8] CISAN, « Conférence Internationale sur la Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle au Niger (cisan) du 28 au 31 mars 2011, à Niamey ». Termes de références du Symposium, 2011, 16 pages. [En ligne :

http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/Workshops_Events/ICFNS_mar2011/tdr_symp.pdf].

[9] G. H. Brundtland, « Notre Avenir à Tous, Chapitre 2 : Vers un développement durable ». De A/42/427 : rapport de la Commission mondiale sur l'Environnement et le Développement. Extrait du document de l'ONU, 1987, 432pages. [Rapport de conférence mondiale]. [En ligne : http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I , http://www.adequations.org/IMG/article_PDF/article_a38.pdf et https://www.geo.fr/environnement/le-rapport-brundtland-pour-le-developpement-durable-170566].

[10] J. Lairez, P. Feschet, J. Aubin, C. Bockstaller, I. Bouvarel, "Agriculture et développement durable: Choisir une méthode d'évaluation". Versailles : Ed. Quae-Educagri Editions, ISBN 978-2-7592-2439-5, 2015, p. 232.

[11] M. Ehrmann, W. Kleinhanss, "Review of concepts for the evaluation of sustainable agriculture in Germany and comparaison of measurement schemes for farm sustainability". *Arbeitsberichte Aus Der vTI-Agrarökonomie.* Johann Heinrich von Thünen-Institut, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries, 2008. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/39397/1/592504212.pdf].

[12] A. Fléming, F. Vancley, "Farmer responses to climate change and sustainable agriculture". *A review.Agronomy for Sustainable Development*, 30(1), 2010, 11-19. DOI: https://doi.org/doi:10.1051/agro/2009028

[13] P. Dagnelie, « Statistique théorique et appliquée. Tome 2 : inférences statistiques à une et deux dimensions ». Paris-Bruxelles : De Boeck et Larcier, 1998, 659 p. [En ligne : https://www.decitre.fr/livres/statistique-theorique-et-appliquee-9782804128029.html].

[14] P.D. Ayedegue, "Durabilité des systèmes de production de tomate au Nord-est du Bénin ». Thèse de Doctorat, Université de Parakou, 2020, 240 pages.

[15] R. Blandine, « L'évaluation des performances des systèmes de culture vue par les producteurs : cas des cultures d'ananas et agrumes à l'Ile de la REUNION ». Mémoire de Master « Agrosciences, Environnement, Territoire, Paysage, Forêts », 2017, 63 pages. [En ligne : https://agritrop.cirad.fr/592385/1/M%C3%A9moire%2BBlandine%2BROSIES_2017.pdf].

[16] G. Mitchell, A. May, A. McDonald, "PICABUE: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development". *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2(2), 1995, p.104-123. DOI:10.1080/13504509509469893

[17] J.J. Kessler, "Strategic Environmental Analysis (SEAN): a framework for planning and integration of environmental care in development policies and interventions". *Impact Assessment and Project Appraisal*, 18(4), 1997, p. 295-307. DOI:10.3152/147154600781767303

[18] A. Capillon, D. Genevieve, "Framework for diagnosis of the sustainability of agriculture, from the plot up to the regional level". Technical and Social Systems Approaches for Sustainable Rural Development, 2000, p. 124-8. Germany: Margraf Verlag.

[19] H. Bossel, "Policy assessment and simulation of actor orientation for sustainable development". *Ecological Economics*, 35(3), 2000, p. 337-355. DOI:10.1016/S0921-8009(00)00218-4

[20] S. López-Ridaura, **"**Multi-Scale Sustainability Evaluation. A framework for the derivation and quantification of indicators for natural resource management systems". Wageningen University and Research Centre, vol 68, 2005. [En ligne : https://edepot.wur.nl/121701].

[21] S. López-Ridaura, O. Masera, M. Astier, "Evaluating the sustainability of complex socio-environnemental systems". The MESMIS framework. *Ecological indicators*, 2(1), 2002, p. 135-148. DOI: https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00043-2

[22] L. Vilain, P. Girardin, C. Mouchet, P. Viaux, F. Zahm, « La méthode IDEA-Guide d'utilisation, deuxième édition enrichie et élargie à l'arboriculture, au maraîchage et à l'horticulture ». (Educagri éditions), 2003, 151 p.

[23] G. Srour, « Amélioration durable de l'élevage des petits ruminants au Liban ». [Thèse de Doctorat], Institut National Polytechnique de Lorraine, 2006. [En ligne : https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01752549/document].

[24] F. Zahm, P. Viaux, L. Vilain, P. Girardin, C. Mouchet, Assessing farm sustainability with the IDEA method-from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustainable development,* 16(4), 2008, p. 271-281. DOI:10.1002/sd.380

[25] E. M. De Olde, F.W. Oudshoorn, C.A. SØrensen, E.A.M. Bokkers, I.J.M. de Boer, "Assessing sustainability at farm-level: lessons learned from a comparison of tools in practice". *Ecol Indicators* 66, 2016, p. 391-404. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.047

[26] C.R. Binder, G. Feola, J.K. Steinberger, "Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in

agriculture". *Environ Impact Assess Rev,* 30(2), 2010, 71-81. DOI : https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.06.002

[27] F. Zahm, A. A. Ugaglia, JM. Barbier, H. Boureau, B. Del'homme, M. Gafsi, P. Gasselin, S. Girard, L. Guichard, C. Loyce, V. Manneville, A. Menet, B. Redlingshöfer, "Evaluer la durabilité des exploitations agricoles. La méthode IDEA v4, un cadre conceptuel combinant dimensions et propriétés de la durabilité ». *Cah. Agric.* 28(5), 2019, p. 1-10. DOI : https://doi.org/10.1051/cagri/2019004

[28] N. M'Hamdi, R. Aloulou, M. Hedhly, M. Ben Hamouda, "Evaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes par la méthode IDEA ». *Biotechnol. Agron. Soc Environ.,* 13(2), 2009, p. 221-228. [En ligne : https://www.academia.edu/28793972/Evaluation_de_la_durabilit%C3%A9_des_exploitations_laiti%C3%A8res_tunisiennes_par_la_m%C3%A9thode_IDEA].

[29] B. Soumana, P. Mark, B. Alejandro, M. Raphaëlla, "The erosive effects of small disasters on household absorptive capacity in Niamey: a nested HEA approach". *Sage,* 29(1), 2017, p. 33-50. DOI: https://doi.org/10.1177/0956247816685515, www.sagepublications.com

[30] T. Coelli, E. Fleming, "Diversification Economies and Specialisation Efficiencies in a Mixed Food and Coffee Smallholder Farming System in Papua New Guinea". *Agricultural Economics.* 31(2-3), 2004, p. 229-239. DOI:10.1111/j.1574-0862.2004.tb00260.x *Handle: RePEc:eee:agecon:v:31:y:2004:i:2-3:p:229-239*

[31] K. Ogundari, "Resource-Productivity, allocative efficiency and determinants of technical efficiency of rainfed rice farmers: A guide for food security policy in Nigeria". *Agric.Econ-Czech*, 54(5), 2008, p. 224-233. [En ligne: https://www.researchgate.net/publication/260640542_Ogundari_K_2008_Resource-productivity_allocative_efficiency_and_determinants_of_technical_efficiency_of_rainfed_rice_farmers_A_guide_for_food_security_policy_in_Nigeria_Agric-Economic_Czech_Vol_54_5_2].

[32] Institut National de la Statistique (INS), « Agriculture et conditions de vie des ménages au Niger ». 2011, 45p. [En ligne : https://pnin-niger.org/pnin-doc/web/uploads/documents/113/Doc-20191021-083658.pdf].

[33] P. D. Kombienou, A. B. K. Dossa, B. A. Sinsin, « Dégradation physique des sols et la pression sur les ressources forestières dans le Nord-Ouest de l'Atacora au Bénin ». *Afrique SCIENCE*, ISSN 1813-548X, 18(2), 2021, p. 171-190. [En ligne : https://www.afriquescience.net/PDF/18/2/14.pdf].

[34] A. Ichaou, « Capitalisation des outils techniques et méthodologiques développés par le PAFN pour la mise en gestion des principales formations forestières nigériennes ». Projet d'aménagement des forêts naturelles. Ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement et de la lutte contre la désertification du Niger : Niger ; 2005, p. 1-56.

[35] M. Larwanou, M. Abdoulaye, C. Reij, "Etude de la Régénération Naturelle Assistée dans la région de Zinder (Niger) une Première exploration d'un phénomène spectaculaire ». United States Agency for Inernational Development, USAID/EGAT, 2006, 56p. [En ligne : https://www.formad-environnement.org/RNA_Zinder8USAID].

[36] UICN-PC, « Les Facteurs de Déforestation et de Dégradation des Forêts : Résultats d'une analyse participative dans les Paysages TNS et TRIDOM (Cameroun, Congo, Gabon et RCA) ». Yaoundé, Cameroun. 2014, 81 pages + Annexes. [En ligne : https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/analyse_des_facteurs_de_deforestation_et_degradation_au_tns_et_tridom.pdf].

[37] P. Gillet, C. Vermeulen, L. Feintrenie, H. Dessard, C. Garcia, « Quelles sont les causes de la déforestation dans le bassin du Congo » ? Synthèse bibliographique et études de cas. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 20(2), 2016, p. 183-194. [En ligne : www.researchgate.net/publication/303718370_Quelles_sont_les_causes_de_la_deforestation_dans_le_bassin_du_Congo_Synthese_bibliographique_et_etudes_de_cas].

[38] E. Dubiez, A. Karsenty, H. Dessard, L. Gazull, "Découpler déforestation et développement de l'agriculture commerciale : croiser approches territoriales et filières zéro déforestation ». CIRAD, 2016, 4p. [En ligne : https://agritrop.cirad.fr/582629/1/D%C3%A9coupler%20d%C3%A9forestation_VFinal.pdf].

[39] H. I. Oumarou, B. Soumana, A. Toudou, B. Yamba, « Perception et adaptation du changement des facteurs climatiques : cas des producteurs de niébé à Karma (Tillabéry) ». Annales de l'Université Abdou Moumouni. Tome XXI-A, (1), 2016, 107-119.

[40] A. Dabré, E. Hien, D. Some, J. J. Drevron, "Effets d'amendements organiques et phosphatés sous zaï sur les propriétés chimiques et biologiques du sol et la qualité de la matière organique en one soudano-sahélienne du Burkina Faso ». *Int.J.Biol.Chem.Sci.* 11(1), 2017, p. 473- 487. DOI: 10.4314/ijbcs.v11i1.38

[41] H. Tahirou, S. Lawaly, M. M. Abdou, Z. A. Mayaki, "Influence des facteurs socioculturels et techniques

sur la performance des exploitations agricoles familiales au Niger ». *Afrique SCIENCE*, 17(4), 2020, p. 93-103. ISSN 1813-548X. DOI : http://www.afriquescience.net

[42] B. A. Alzek, A. Y. Jacob, « Durabilité des systèmes de culture d'igname dans la commune de Tchaourou au Nord-Bénin ». *Afrique SCIENCE*, 15(6), 2019, p. 156-172. [En ligne : https://www.afriquescience.net/PDF/15/6/13.pdf].

[43] D.P. Ayedegue, P.K. Degla, « Agro ecological Sustainability of Tomato-Producing Vegetable Farms in Northern Benin". *International Journal of Science and Research*, volume 9(4), 2020, p. 1344-1351. [En ligne : https://www.ijsr.net/archive/v9i4/SR20417133004.pdf].

[44] N. Bekhouche-Guendouz, « Evaluation de la durabilité des exploitations bovines laitières des bassins de la Mitidja et d'Annaba ». Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine (France) et Ecole Normale Supérieure Agronomique d'Alger, Algérie, 2011, p. 308. [En ligne : https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01749438/document].

[45] L. O. Topanou, C. Okou, M. Boko, « Durabilité agro-écologique des exploitations agricoles dans la commune de Gogounou au Bénin ». *Afrique SCIENCE*, ISSN 1813-548X, 11(3), 2015, p. 129-137. [En ligne : http://www.afriquescience.info/document.php?id=4730].

[46] K.K.H. Kouadio, S. Bakayoko, D. Soro, D.J.B. Ettien, K.E. Yoboue, « Etude de la durabilité économique et environnementale de la production de manioc sur ferralsols ». *Journal of Applied Biosciences*, ISSN 197-5902, 78, 2014, p. 6694-6704. DOI : http://dx.doi.org/10.4314/jab.v78i1.5

[47] G. Agossou, G. Gbehounou, F. Zahm, E. Kagbossou, "Durabilité des exploitations agricoles de la basse vallée de l'Ouémé en république du Bénin ». *Agronomie Africaine*, 31 (2), 2019, p. 125-145. [En ligne : https://www.ajol.info/index.php/ajol/Gsearch/google?q=Agossou%20G.%2C%20Gbehounou%20G.%2C%20Zahm%20F.%2C%20Kagbossou%20E.%202019.%20Durabilit%C3%A9%20des%20exploitations%20agricoles%20de%20la%20basse%20vall%C3%A9e%20de%20l%E2%80%99Ou%C3%A9m%C3%A9%20en%20r%C3%A9publique%20du%20B%C3%A9nin.%20Agronomie%20Africaine%2C%2031%20(2)%20%3A%20125-145.%20DOI%20%3A].