

Effets des modes d'association maïs, niébé sur la productivité des cultures en agriculture de décrue dans le cercle de Yélimané, au Mali

Oumar SAMAKE^{1*}, Kalifa TRAORE², Aboubakar BENGALY³, Jens BAUNE⁴,
Bouya TRAORE¹ et Fotigui CISSE¹

¹ Institut d'Economie Rurale, Laboratoire Sol-Eau - Plante du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, BP 262 Bamako, Mali

² Institut d'Economie Rurale, Direction Générale, BP 258 Bamako, Mali

³ Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR / IFRA) de Katibougou, BP 06 Koulikoro

⁴ Université Norvégienne des Sciences de la Vie, PO Box 5003, N-1432 Aas, Norvège

(Reçu le 27 Mars 2023 ; Accepté le 05 Mai 2023)

* Correspondance, courriel : oumarsamake2001@yahoo.fr

Résumé

L'agriculture de décrue est pratiquée dans les grandes plaines inondables des marigots et des lacs du cercle de Yélimané. La présente étude vise à déterminer l'effet des différentes méthodes d'association culturales maïs / niébé sur la performance agronomique des deux cultures. Ainsi des expérimentations portant sur (5) méthodes d'association de culturale maïs / niébé, ont été implantées en blocs dispersés chez 16 producteurs. L'augmentation de rendement en grain de maïs et de niébé de 38 % et de 15 % a été observée avec le traitement trois (3) lignes de maïs 1 ligne de niébé comparé au traitement maïs et niébé semés dans le même poquet. L'association regroupant 2 lignes de maïs 1 ligne de niébé avec un L.E.R. (Land Equivalent Ratio) de 1,36 a été plus performante que celles regroupant 3 lignes de maïs 1 ligne de niébé et maïs niébé semé dans le même poquet avec respectivement un L.E.R de 1,33 et 1,06. Ainsi le mode d'association 2 lignes de maïs 1 ligne de niébé permet de mieux sécuriser la production du paysan et peut être mis à échelle dans toutes les zones similaires.

Mots-clés : Association maïs / niébé, agriculture de décrue, modalités, Zone Sahélienne, Mali.

Abstract

Effects of maize/ cowpea association modes on crop productivity in recession agriculture in the cercle of Yélimané, Mali

Flood recession agriculture is practiced in the large flood plains of rivers and lakes of Yélimané district. The present survey aim to determine the effect of different methods of intercropping of maize / cowpea in order to get better agronomic and economic performances system for small holder's farmers. Thus, experiments on five (5) intercropping systems of maize / cowpea were implemented in complete randomized block design in 16 farmer's field. An increase in maize and cowpea grain yields of 38 % and 15 %, respectively, was observed with the T4 treatment including three (3) rows of maize and one (1) row of cowpea compared to the T5

treatment where maize and cowpea were sown in the same hole. The cropping system based on 2 rows of maize and one (1) row of cowpea with a L.E.R of 1, 36 was more effective than those of 3 rows of maize and one (1) row (LER of 1.33) and cowpea and maize sowed in the same planting hole (LER of 1.06). Thus, the association mode of 2 lines of maize and 1 line of cowpea allows to better secure the farmer's production and can be scaled up in all similar areas.

Keywords : *Intercropping of Maize / cowpea, flood recession agriculture, Sahelian zone, Mali.*

1. Introduction

La pratique de l'agriculture de décrue dans les zones dépressionnaires où la capacité de rétention de l'eau est importante [1] est une stratégie qui contribue à l'atteinte de la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Selon la même source, l'alimentation hydrique des cultures en système de décrue est assurée entièrement ou en partie par l'humidité résiduelle du sol provenant de la crue. En années où les précipitations sont abondantes les superficies pouvant être cultivées sont probablement plus grandes. Dans les zones de décrue au cours des dernières décennies, les besoins alimentaires ont augmenté de manière exponentielle alors que la disponibilité en terres cultivables a considérablement diminué [2]. Ainsi, l'augmentation du rendement par unité de surface reste la principale stratégie pour augmenter la production agricole. Les stratégies de production des paysans varient d'une année à l'autre selon les ressources humaines, l'environnement, l'équipement et les ressources techniques et financières de l'exploitation. Selon [3], l'association des cultures est une pratique ancienne du paysan en vue de résoudre certaines contraintes de production et de minimiser les risques de la culture pure. En effet, 97 % des exploitations pratiquaient l'association céréales / niébé [1]. Le choix de l'association dépend de la complémentarité entre les espèces pour l'utilisation des sources d'azote, de l'énergie lumineuse, de l'espace et le cycle des cultures. Le principe consiste à installer deux ou plusieurs cultures ensemble sur une même parcelle pendant la même saison. Les agriculteurs associent fréquemment des espèces à cycles de développement variés comme par exemple les cultures annuelles (maïs, niébé, sorgho, arachide, etc.). Les associations culturales peuvent être arrangées de diverses façons dans l'espace. Elles peuvent être disposées en cultures intercalées (en lignes ou en bandes alternées) de différentes espèces, soit dans le même poquet ou en poquets alternés. Selon [4] chaque producteur pourrait choisir l'arrangement qui le convient soit pour les céréales ou pour le niébé en fonction des objectifs de production et la rentabilité. A cet effet, les petits agriculteurs qui n'ont pas les moyens de s'approvisionner en engrais gagneraient par contre, à bénéficier des synergies symbiotiques de l'association entre le maïs et le niébé pour enrichir le sol. La performance agronomique de cette association est mesurée par le Land Equivalent Ratio (L.E.R). Il décrit la surface de terre correspondant en culture pure pour produire le même rendement qu'en culture associée [5]. L'association culturale est une stratégie d'adaptation aux changements climatiques car assurant la sécurisation de la production (l'une des deux espèces peut faillir alors que l'autre réussit). Peu d'études ont été réalisées sur l'association des cultures dans les systèmes de décrue. La présente étude a pour objectif d'évaluer la performance des modalités d'association de culture dans le système de décrue en vue d'améliorer l'autosuffisance alimentaire des populations.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude

Le cercle de Yélimané est situé au Nord- Est de la région de Kayes (Mali) entre le 14° et la 16° latitude nord et la 10° et 12° longitude ouest. Il couvre une superficie de 5 805 km² et se situe en zone sahélienne (*Figure 1*). La pluviométrie est caractérisée par deux saisons contrastées, une saison des pluies de juin à octobre avec

un maximum de précipitations en août et une saison sèche de novembre à mai. Les précipitations enregistrées pendant la période d'étude sont comprises entre 450 et 600 mm par an. La saison sèche est subdivisée en saison sèche froide (décembre à février) et en saison sèche chaude (mars à mai). Les expérimentations ont été conduites dans quatre (4) villages (Yaguiné, Gory, Kemala et Dougoubara) de trois (3) communes différentes (Toya, Guidimé et Gory) du cercle de Yélimané.

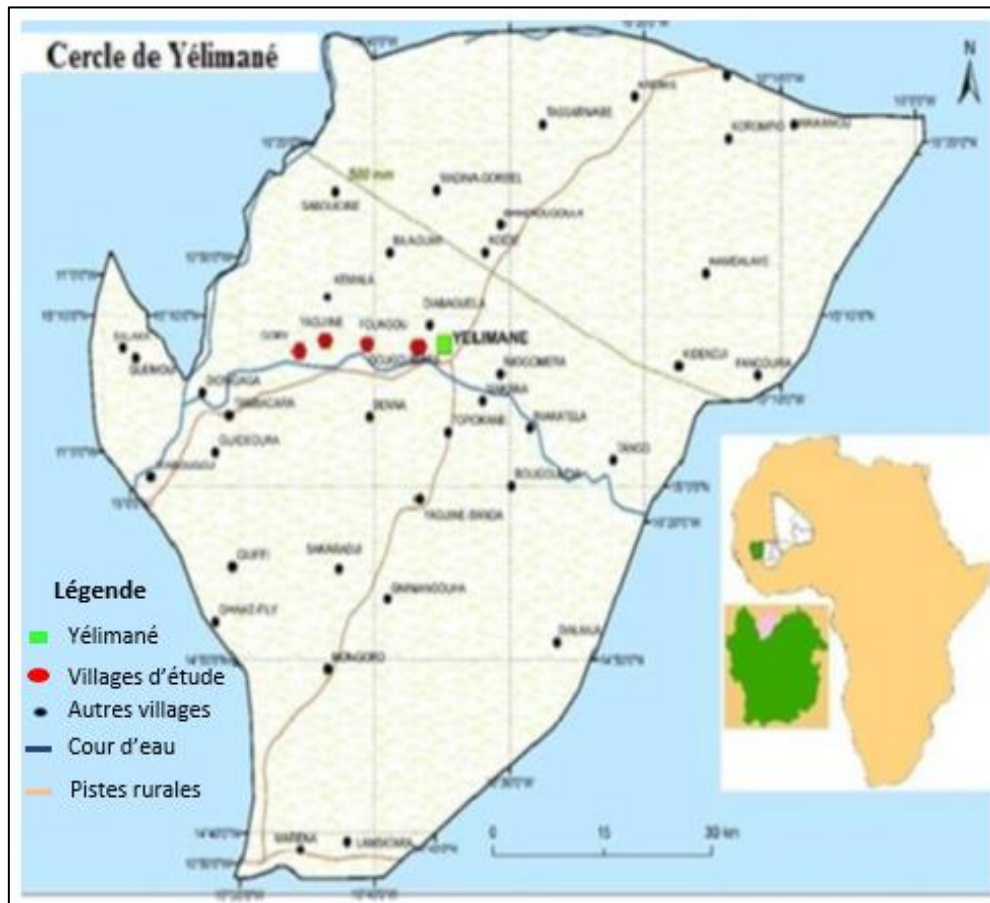


Figure 1 : Carte de la localisation des sites d'expérimentation dans le cercle de Yélimané [6]

2-2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué par les variétés de maïs (Dembagnuman) et de niébé (Simbo). Ces variétés de maïs et niébé ont une grande capacité de production de fourrage, grains et jouent un rôle important dans l'alimentation humaine et animale, améliorant ainsi, les conditions socio-économiques des producteurs. La variété Dembagnuman a des grains de couleur blanche de type corné denté, un cycle de 95 - 105 jours et un rendement potentiel de 5,1 t/ha en agriculture pluviale. Elle s'adapte aussi aux zones ayant une pluviométrie comprise entre 450 et 600 mm d'eau/an. En ce qui concerne le niébé, la variété (Simbo) s'adapte aux pluviométries comprises entre 400-600 mn. Son cycle est de 75 jours pour une production de 1,5 t/ha de grain et 3000 kg/ha de fourrage.

2-3. Dispositif expérimental

Le dispositif a été en blocs dispersés mis en place chez 16 paysans correspondant à 16 répétitions. Les traitements ont résulté de la combinaison de cinq (5) modalités d'association culturale (*Figure 2*):

- T1 = culture pure de maïs (densité de semis 0,80 m x 0,5 m),
- T2 = culture pure de niébé (densité de semis 0,5 m x 0,5 m),
- T3 = Deux (2) lignes de maïs intercalées avec une ligne de niébé (2M1N), toutes séparées de 0,80 m les unes des autres. La distance entre les poquets de maïs est de 0,5 m et celle entre les poquets de niébé de 0,3m.
- T4 = Trois (3) lignes de maïs intercalées avec une ligne de niébé (3M1N), toutes séparées de 0,80 m les unes des autres. La distance entre les poquets de maïs est de 0,5 m et celle entre les poquets de niébé de 0,3m.
- T5 = Le maïs et le niébé semés dans le même poquet (0,80 m x 0,8m).

Les parcelles élémentaires étaient constituées de 10 m x 10 m soit 100 m² et les parcelles utiles de 84 m². Le Land Equivalent Ratio (L.E.R) ou Surface Equivalente Assolée a été utilisée pour déterminer la performance des divers systèmes culturaux.

$$L.E.R = \frac{Rca}{Rcp} + \frac{Rla}{Rlp} \quad (1)$$

R = rendement, c = céréale, a = associée, p = pure, l = légumineuse

L.E.R = 1, il n'y a aucune différence entre les deux modes de culture

L.E.R < 1, il y a une perte de rendement dans l'association

L.E.R > 1, il y a un avantage productif des associations

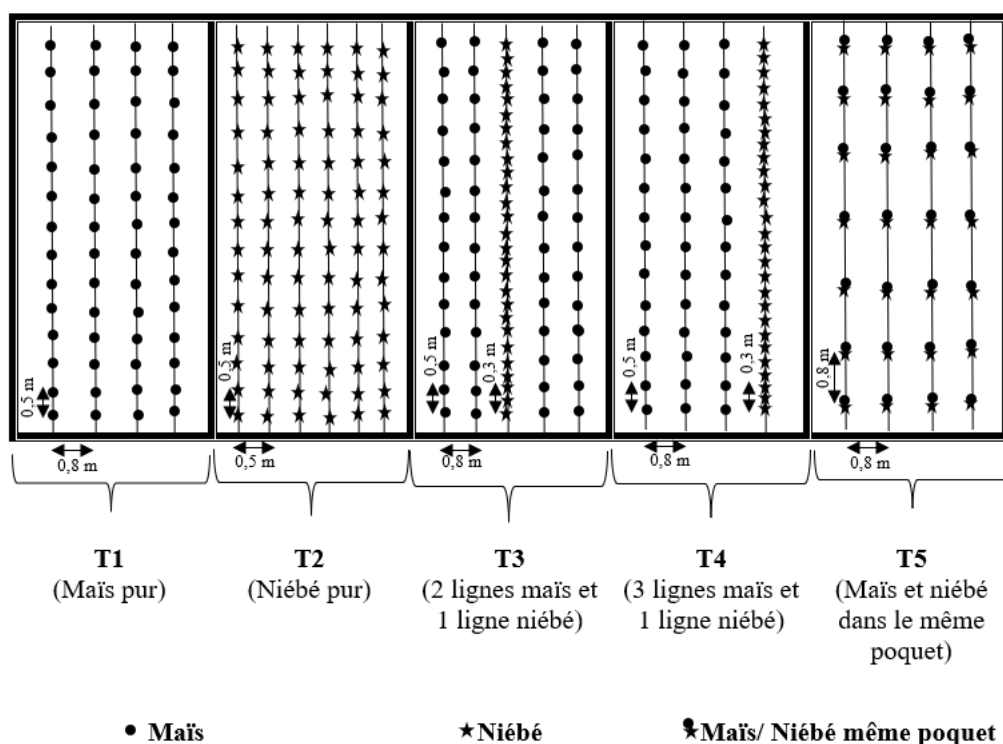


Figure 2 : Présente le plan de masse de l'essai montrant les modes d'associations

Semis :

Dans l'agriculture de décrue à Yélimané, les remontées capillaires constituent un phénomène important dans l'alimentation des plantes, le semis est réalisé en octobre- novembre et la plupart des cas sans travail du sol. L'herbicide a été appliqué à la dose 4 litres/ha pour neutraliser les mauvaises herbes. IL faut trois à quatre personnes pour le semis. Une première personne découpe la partie superficielle du sol, créant une petite

excavation dans le sol. La deuxième personne y perce un trou, en abaissant avec force un bâton à bout pointu appelé Dopadé chez le soninké et loughal chez le peulh. La troisième personne puise dans la calebasse une pincée de graines, qu'elle met dans le trou. Parfois, un quatrième opérateur recouvre la semence d'une poignée de sable mouillé si le sol est très argileux. La quantité moyenne de semence utilisée par hectare, était de 15 à 20 kg pour le maïs et de 12 et 14 kg pour le niébé. Le ressemis des poquets manquants a été effectué.

2-4. Fertilisation

Un apport de 25 kg/ ha d'engrais (urée) a été réalisé en microdose sur le maïs entre 15 - 30 jours après semis (JAS), à côté des plants en profondeur humide à (15 - 20 cm du sol). Cet apport a été suivi par le buttage afin de conserver l'humidité sous les plants.

2-5. Entretien des parcelles des essais

Le sarclage des parcelles d'essais a été fait manuellement à la daba. Les plants ont été démariés à deux plants par poquet. Des traitements phytosanitaires ont été réalisés avec l'insecticide insector T45 à la dose de 25g pour 10 kg de semence et «LAMB-DA» à la dose d'1 litre /ha pendant la phase montaison et en fonction du degré d'infestation des chenilles légionnaires, criquets, et punaises. Le niébé a été traité avec un biopesticide, le Sunhalotrin (2,5 % g) aux stades de l'émission des boutons floraux et de formation des gousses.

2-6. Récolte

La récolte a eu lieu après la maturité des cultures correspondant au dessèchement des zones de décrue. Elle a été réalisée traitement par traitement dans les parcelles expérimentales en éliminant les lignes de bordure de chaque côté de la parcelle et un poquet à chaque bout de la ligne de semis. Les composantes du rendement ont été mesurées dans les parcelles utiles de chaque traitement. Les observations ont porté sur : le nombre de plants récoltés, le poids des épis, le poids des grains, le poids de la paille et de la fane sèche. Les tiges de maïs et les fanes de niébé ont été récoltées au niveau du collet et pesées pour obtenir les poids frais et les poids secs après séchage à l'air libre dans les champs pendant dix jours. Les poids grain, paille et fanes des parcelles utiles ont été obtenus après la récolte et le battage.

2-7. Analyses statistiques des données

Les saisies des données ont été effectuées avec Excel, puis l'analyse de la variance à l'aide du logiciel GEN-STAT version 12.8. En utilisant les différences entre les traitements et la comparaison des moyennes ont été déterminées par le test de PPDs à 5 %. L'évaluation de la performance des systèmes de cultures associées en comparaison avec des cultures pures a été faite à partir de LER.

3. Résultats

3-1. Densité des plants à la récolte du maïs

L'analyse des résultats des différentes modes d'association de maïs /niébé a montré une différence hautement significative sur la densité des plants du maïs à la récolte (*Figure 3*). La meilleure densité à la récolte a été obtenue avec le maïs en culture pur bien qu'ayant la même densité de semis que le niébé semé dans le même poquet que lui. En association le traitement T5 a eu la plus forte densité en maïs, suivi du traitement T4 pour la densité du maïs. Ces traitements sont statistiquement supérieurs au traitement T3.

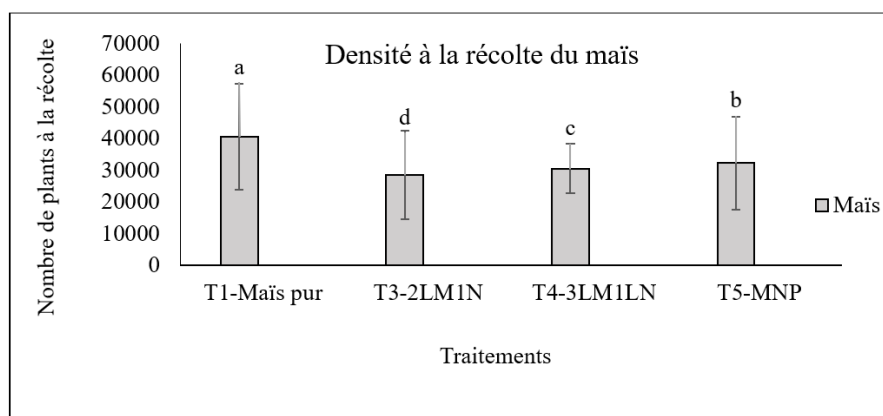


Figure 3 : Densité des plants à la récolte

NB : Dans d'histogramme les traitements du même groupe affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

3-2. Densité à la récolte du niébé

IL ressort de l'analyse de variance des résultats des différentes modes d'association de maïs / niébé une différence hautement significative entre les traitements sur la densité des plants du niébé à la récolte (**Figure 4**). Dans les associations culturales, le traitement T4 a eu la plus faible densité du niébé à la récolte et a été statistiquement inférieurs aux T5 et T3 respectivement.

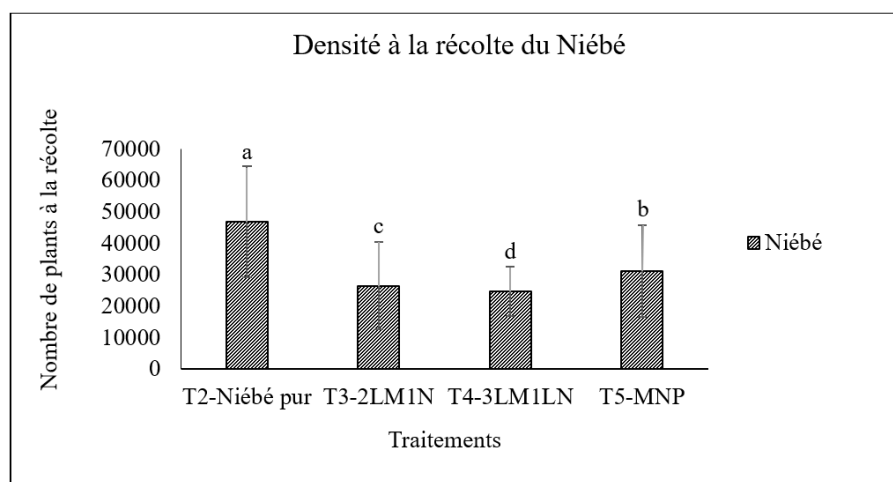


Figure 4 : Densité des plants à la récolte du niébé

NB : Dans d'histogramme les traitements du même groupe affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

3-3. Rendement du maïs dans le système d'association de culture maïs / niébé en 2019 - 2020 - 2021 dans le cercle de Yélimané

L'analyse des résultats groupées des trois années d'expérimentations (**Tableau 1**) a montré une différence hautement significative entre le rendement grain et paille du maïs pour les différents modes d'associations culturales ($p < .001$ et $p < .001$). Le rendement moyen a été de 1786 kg/ ha Dans les associations culturales, le système associant 3 lignes de maïs et 1 ligne de niébé a produit le plus grand rendement de maïs grain en

comparaison avec celui à 2 lignes de maïs et 1 ligne de niébé mais également le mode de semis incluant le maïs et niébé dans le même poquet. Cette supériorité a été en moyenne de 39 % en comparaison avec le T4 et le T5. Concernant le rendement paille, la production du système cultural associant 3 lignes de maïs et 1 ligne de niébé a eu un gain moyen de 13 % par rapport T3 et T5. En ce qui concerne le poids de 1000 grains, il ressort de l'analyse des résultats que les parcelles T3 ont obtenus significativement les poids les plus élevés, suivi de T4 puis de T5.

Tableau 1 : Résultats d'analyse global sur les rendements grains et (pailles) du maïs en association avec le niébé (kg ha⁻¹) en 2019 -2020 - 2021 dans le cercle de Yélimané (Kayes)

Traitements	Rendement grain maïs Kg/ha ¹	Rendement paille du maïs Kg/ha ¹	Poids 1000 grains (g)
T1 Maïs pure	2703 a	5075a	186 c
T3. 2 Lignes maïs X 1.Ligne niébé	1684 c	3364 c	244 a
T4. 3 Lignes maïs X 1 Ligne niébé	1813 b	3654 b	234 b
T5. maïs et niébé même poquet	1306 d	3135 d	130 d
Probabilité	<.001	<.001	<.001
Moyenne (Kg ha ¹)	1786	3032	198,5
Ecart type (Kg ha ¹)	192,4	654,9	9,3
CV (%)	15,7	23,6	3,4

(a, b, c): Les moyennes affectées par une même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de Newman-Keuls à un niveau de probabilité de 5 %. CV: Coefficient de Variation.

3-4. Rendement du niébé dans système de culture maïs / niébé en 2019 - 2020 - 2021 dans le cercle de Yélimané (Kayes)

Il ressort de l'analyse des résultats des trois années d'expérimentations (**Tableau 2**) une différence hautement significative entre le rendement grain et fanes du niébé pour les différents modes d'associations culturale ($p < ,001$ et $p < .001$). En effet, le système cultural associant 2 lignes de maïs et 1 ligne de niébé a produit respectivement 12 % et 28 % de grain plus que les systèmes culturaux incluant 3 lignes de maïs 1 ligne de niébé et le maïs et niébé semés dans le même poquet. Le rendement du fourrage (fanés) a suivi la même tendance avec une production du mode d'association 2 lignes de maïs et 1 ligne de niébé supérieure respectivement de 20 % et 57 % à celles du mode d'association 3 lignes de maïs 1 ligne de niébé et du mode d'association maïs et niébé semé dans le même poquet. Le rendement moyen a été de 1669 kg ha. A l'opposé des rendements grain et fane, le poids de 1000 grains de la culture pure de niébé est inférieur à ceux des autres systèmes culturaux (Tableau 2). Les poids de 1000 grains les plus élevé en association ont été observés dans les parcelles T3 et les plus faibles dans les parcelles T5. Les poids intermédiaires ont été obtenus dans les parcelles T4.

Tableau 2 : Résultats d'analyse globale sur les rendements grains et fanes (pailles) du niébé en association avec le maïs (kg ha⁻¹) en 2019 -2020 - 2021 dans le cercle de Yélimané (Kayes)

Traitements	Rendement grain niébé Kg/ha ¹	Rendement paille du niébé Kg/ha ¹	Poids de 1000 grains (g)
T2. Niébé pure	1145,4 a	3078 a	145 c
T3. 2 Lignes maïs X 1.Ligne niébé	852,1 b	2262 b	160 a
T4. 3 Lignes maïs X 1 Ligne niébé	762,8 c	1878 c	153 b
T5. maïs et niébé même poquet	665,3 d	1444 d	135 d
Probabilité	<.001	<.001	<.001
Moyenne (Kg ha ¹)	856,4	1669	148,2
Ecart type (Kg ha ¹)	34,06	314,5	6,2
CV (%)	7,7	21,8	16,4

(a, b, c) : Les moyennes affectées par une même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de Newman-Keuls à un niveau de probabilité de 5 %). CV : Coefficient de Variation.

3-5. Performances agronomiques des modes d'associations maïs / niébé (L.E.R) dans le cercle de Yélimané

Le **Tableau 3** montre les résultats de calcul du L.E.R sur les rendements grain des différentes modalités d'association maïs/niébé. Il ressort que le mode d'association maïs et niébé semé dans le même poquet avec un L.E.R de 1,06 a été le moins bénéfique. Il a été suivi par le système d'association 3 lignes de maïs 1 ligne de niébé avec un L.E.R de 1,33. Par contre l'association regroupant 2 lignes de maïs 1 ligne de niébé avec un L.E.R de 1,36 a été le plus performant.

Tableau 3 : Performance des rendements grain dans divers systèmes culturaux dans le cercle de Yélimané (région de Kayes)

Systèmes culturaux	Rdt relatif maïs	Rdt relatif niébé	LER
T3. Maïs *Niébé (2 lignes de maïs 1 ligne de niébé)	0,60	0,74	1,36
T4. Maïs *Niébé (3 lignes de maïs 1 ligne de niébé)	0,67	0,66	1,33
T5. Maïs*Niébé semé dans le même poquet	0,48	0,58	1,06

3-6. Performance des rendements paille dans divers systèmes culturaux dans le cercle de Yélimané (région de Kayes)

Les résultats du rendement paille (**Tableau 4**) a montré que les modes d'association de cultures regroupant deux (2) lignes de maïs et une (1) ligne de niébé semble être le plus performants sur le plan agronomique avec un Land Equivalent Ratio de 1,39 en comparaison avec le système de culture associant 3 lignes de maïs et 1 ligne de niébé avec un L.E.R de 1,33. Le système de culture associant le maïs et niébé dans le même poquet avec un L.E.R.de 1,08 est le système cultural le moins performant.

Tableau 4 : *Rentabilité des rendements paille dans divers systèmes culturaux dans le cercle de Yélimané (région de Kayes)*

Systèmes culturaux	Rdt maïs	Rdt niébé	LER
T3. Maïs *Niébé (2 lignes de maïs 1 ligne de niébé)	0,66	0,73	1,39
T4. Maïs *Niébé (3 lignes de maïs 1 ligne de niébé)	0,72	0,61	1,33
T5. Maïs*Niébé semé dans le même poquet	0,61	0,47	1,08

NB : Rdt : Rendement

4. Discussion

L'association des cultures est une pratique bien connue des producteurs mais son introduction dans l'agriculture de décrue par des systèmes culturaux améliorés est récente. Dans les parcelles en association, malgré les faibles densités des modes d'association 2 lignes de maïs 1 ligne de niébé et 3 lignes de maïs 1 ligne de niébé, ils ont obtenu des rendements et poids de 1000 grains et plus élevés que ceux du maïs et niébé semés dans le même poquet. Cela pourrait s'expliquer par la compétition créée entre les plantes pour la fertilisation et l'espace. Ces observations sont en accord avec celles de [7] qui rapportait que les fortes densités ne sont pas nécessairement favorables à l'obtention de bons rendements grain à l'issue de ses travaux sur les densités des cultures associées. Les modes d'association de 3 lignes de maïs et 1 ligne de niébé et 2 lignes de maïs et 1 ligne de niébé ont montré une productivité plus élevée que le mode associant le maïs et le niébé dans le même poquet. Cela pourrait s'expliquer par la compétition interspécifique réalisée dans le même poquet vis-à-vis des nutriments, de l'eau, de la lumière et même de l'espace. Ces compétitions ont été rapportées par [8, 9] qui a conclu dans ses travaux qu'en association les compétitions sont élevées entre les espèces semées dans le même poquet par rapport au semis en ligne inter calés. Ces états de fait avaient été signalés par plusieurs auteurs [10, 11]. Ce dernier aspect avait été signalé par [12]. Il ressort également de nos études que l'association permet de tirer profit des aptitudes des deux cultures, de produire du grain et fourrages comme le montrent les LER calculés sur les grains les fourrages de niébé et tiges de maïs.

Ces avantages ont été mentionnés par [13] à travers les LER calculés dans des associations céréale légumineuse dans ses études sur l'amélioration de la productivité des systèmes de production dans le Mali - sud. Les valeurs qu'il a rapportées s'insère parfaitement dans les nôtres qui ont mis en évidence ces avantages, ces différents aspects ont été également mentionnés par plusieurs auteurs [14 - 16] qui indiquent qu'ils permettent d'améliorer la fertilité des sols par la fixation symbiotique de l'azote de l'air, de produire du fourrage de qualité pour les animaux et de procurer des revenus pour les exploitations agricoles. L'association maïs /niébé dans le même poquet n'a pas permis une meilleure croissance et développement du niébé, par contre en lignes inter calées avec 2 ou 3 lignes le maïs il se comporte différemment. Nos résultats sont en accord avec ceux de [7 - 17] selon lesquels, l'association maïs-niébé peut ne pas produire de grains mais peut donner une importante quantité de fourrage très utile pour les animaux. Il ressort également de l'analyse des résultats que la production de l'association maïs /niébé dans les traitements 3 lignes de maïs 1 ligne de niébé et 2 lignes de maïs 1 ligne de niébé ont été inférieure à celles obtenue en culture pure. Ces observations sont en accord avec celles de [18] qui a conclu que la production de l'association légumineuse /céréale est inférieure à celles des deux spéculations en culture pure. Nos résultats corroborent également ceux [19, 20] qui ont montré que l'association réduit significativement le rendement paille et fanes de chaque composante par rapport à sa culture pure. La bonne pratique d'association maïs/niébé des deux modalités de cultures T4 et T3 permettent de produire plus de fourrage, par rapport au système de cultures

T5 (maïs et niébé semé dans le même poquet) comme l'ont d'ailleurs montré les travaux de recherche de [21 - 23] qui confirmaient, les avantages des cultures associées par rapport aux cultures pures sont surtout expliqués par des relations bénéfiques de complémentarité. En agriculture de décrue, la promotion de l'association maïs-niébé peut être envisagée dans la mesure où elles ne compromettent pas les rendements de la culture principale, mais favorisent une diversification des productions sur une même parcelle avec un avantage d'améliorer la durabilité des systèmes de production. Ces observations sont similaires à celles de [24, 25] lors de ses études sur efficacité des cultures intercalaires. En comparant les rendements à ceux obtenus en cultures associées, il apparaît que l'association maïs/niébé augmente significativement la production de chaque composante, cela avait été observé par [26] son port rampant permet une protection du sol des agressions solaires et de la chaleur, donc une réduction de l'évapotranspiration surtout que dans l'agriculture de décrue l'alimentation hydrique des plantes est assurée par l'humidité résiduelle du sol.

5. Conclusion

Dans l'agriculture de décrue, les producteurs ne disposent pas de très grandes surfaces cultivables. Nos travaux sur les modalités d'association maïs/niébé sont des nouvelles pratiques pour les producteurs de la zone de décrue qui ne pratiquaient que le semis du maïs et niébé dans le même poquet. Ces technologies d'association maïs/niébé permettent une meilleure gestion des surfaces cultivables et de contribuer à améliorer la productivité des cultures. Les technologies développées et éprouvées augurent de perspectives intéressantes pour faire face aux contraintes d'espace et de baisse de la fertilité des sols surtout en azote pour les cultures de décrue, le niébé étant connu comme fixatrice d'azote au profit de la céréale qui lui est associée. Il est alors nécessaire d'inciter les producteurs vers ces technologies facilement adaptables en vue d'améliorer leur niveau de vie et contribuer à l'atteinte de la sécurité alimentaire et nutritionnelle dans la zone de décrue. Les modalités d'association de culture maïs/ niébé en lignes intercalées pourraient être proposées à la vulgarisation dans les zones de décrue à agro- écologie similaire à celle de Yélimané.

Conflits d'interets

Les auteurs déclarent l'inexistence de conflit d'intérêts pour cet article.

Remerciements

Nous remercions vivement tous ceux qui nous ont apporté leur appui scientifique dans la réalisation des travaux de recherche et la production du présent article. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre très haute reconnaissance

Remerciements

Nos sincères remerciements au royaume de Norvège à travers ACC2 « Adaptation de l'Agriculture et de l'Elevage au Changement Climatique » pour le financement de cette étude.

Références

- [1] - B. TRAORÉ, Amélioration des techniques de production du sorgho de décrue dans le cercle de Yélimané. Thèse de doctorat, Institut des Sciences de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA) de Bamako, (2017) 187 p. + annexes
- [2] - S. DOUGLAS, Population Growth, Increases in Agricultural Production and Trends in Food Prices. *The Electronic Journal of Sustainable Development*, 1 (3) (2009) 35 p.
- [3] - B. TRAORE, K. TRAORE, J. B AUNE, M. FAMANTA, D. TOGO, B. TRAORE, B COULIBALY, Détermination des dépôts de terre et de nutriments par la crue dans la zone de Yélimané en zone sahélienne au Mali. Dans N'DIAYE, I et al (eds) Adaptation de l'Agriculture et de l'élevage au changement climatique au Mali : Résultats et leçons apprises au Sahel. Bamako, Mali : Institut d'économie Rurale, (2020) 159 - 169 p. <https://hdl.handle.net/11250/2687372>
- [4] - S. V. R. SHETTY, B. KEITA, A. COULIBALY, I. KASSAMBARA, Cultures associées au Mali. Progrès de la recherche agronomique. In séminaire, Les cultures associées au Mali. Bamako, 15-17 septembre, IER et ICRISAT, Bamako, Mali, (1987) 31 - 51 p.
- [5] - K. P. AKANZA, N. E. N'GUESSAN, Performances agronomique et économique des systèmes de culture à base de maïs (*zeamays* L.) et d'arachide (*arachishypogaea* L.) au nord de la côte d'Ivoire. *Science de la vie, de la terre et agronomie. REV. CAMES*, Vol. 05, N°01 (2017) * ISSN 2424 - 7235
- [6] - K. TRAORE, B. A. JENS et B. TRAORE, Effect of Organic Manure to Improve Sorghum Productivity in Flood Recession Farming in Yelimane, Western Mali, (2016) 20 p.
- [7] - A. BARRO, M. SANGARE, K. COULIBALY, M. KOUTOU et A. M. DIALLO, Etude des modalités d'association maïs/niébé dans les villages de Koumbia et Gombêlédougou en Zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso. *Science et technique, Sciences naturelles et agronomie*, (2016) 151 - 163 p.
- [8] - K. TRAORE, B. TRAORE, J. B AUNE, B. TRAORE, B. COULIBALY, Caractéristiques physico-chimiques des horizons de surface des sols de décrue à Gory, Dougoubara et Yaguiné, cercle de Yélimané, (2020). <https://hdlhandle.net/11250/2687894>
- [9] - KN. JACOB, DC. TONESSIA, JG. SEU, DF. SOKO, K. AYOLIE, Influence du décalage de semis du maïs (*Zea mays* L.) et du bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) sur leur production en zone savicole de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 102 (2016) 9745 - 9755 ISSN 1997 - 5902 <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v102i1.9>
- [10] - C. THIERFELDER, S. CHEESMAN & L. RUSINAMHODZI, A. COMPARATIVE, ANALYSIS OF *CONSERVATION agriculture systems : Benefits and challenges of rotations and intercropping in Zimbabwe. Field crops research*, 137 (2012) 237 - 250
- [11] - C. A. O. MIDEGA, D. SALIFU, T. J. BRUCE, J. PITCHAR, J. A. PICKETT & Z. R. KHAN, Cumulative effects and economic benefits of intercropping Formatted: Highlight European maize with food legumes on *Striga hermonthica* infestation. *Field Crops Research*, 155 (2014) 144 - 152
- [12] - C. HÉNAULT, C. REVELLIN, Inoculants of leguminous crops for mitigating soil emissions of the greenhouse gas nitrous oxide. *Plant and soil*, 346 (1) (2011) 289 - 296
- [13] - K. COULIBALY, A. P. KOUHOUYIWO, M. G TRAORE, H. B. NACRO et M. P. SEDOGO, Effets des associations maïs-légumineuses sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité d'un sol ferrugineux tropical à l'Ouest du Burkina Faso, *Afrique SCIENCE*, 13 (6) (2017) 226 - 235
- [14] - F. P. BAIJUKYA, N. RIDDER, K. E. GILLER, Nitrogen release from decomposing residues of leguminous cover crops and their effect on maize yield on depleted soils of Bukoba District (Tanzania). *Plant and Soil*, Vol. 279, (2006) 77 - 93

- [15] - H. GBKATCHETCHE, S. SANOGO, M. CAMARA, A. BOUET, J. Z. KELI, Effet du paillage par des résidus de pois d'angole (*Cajanus cajan* L.) sur le rendement du riz paddy (*Oryza sativa*) pluvial en zone forestière de Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, Vol. 22, (2) (2010) 131 - 137
- [16] - D. BAMBARA, J. S. ZOUNDI, J-P. TIENDRÉBÉOGO, Association céréale/légumineuse et intégration agriculture-élevage en zone soudano-sahélienne. *Cahiers. Agricultures*, Vol. 17 (3) 297 - 301. *Tropicultura*, 26, 1 (2008) 53 - 55
- [17] - S. DAAS, IIM HABOUSSI : Quantification de l'association entre céréale et légumineuse et acquisition de phosphore du sol dans la région Aïn Bessem, (2017) Université de Bouira <http://dspace.univbouira.dz:8080/jspui/handle/123456789/2939>
- [18] - G. LAWANE, S. P. SOUGNABE, V. LANDZEMO, F. GNOKREO, N. DJIMASBEHE et G. NDOUTAMIA, Efficacité de l'association des céréales et du niébé pour la production de grains et la lutte contre le *Striga hermonthica* (Del.). In : Savanes africaines en développement : innover pour durer. (Ed : Seiny-Boubacar L., Boumard P. Actes du colloque du 20-23/04/2009. Garoua, Cameroun, (2010) 8 p.
- [19] - M. F. OBULBIGA, V. BOUGOUMA et H. O. SANON, Amélioration de l'offre fourragère par l'association culturale céréale-légumineuse à double usage en zone nord soudanienne du Burkina Faso, *Int. J. Biol. Chem. Sei.*, 9 (3) (2015) 1431 - 1439
- [20] - D. PRAT, J. HAYLER & A. WELLS, A survey of solvent selection guides. *Green Chemistry*, 16 (10) (2014) 4546 - 4551
- [21] - G. LOUARN, G. CORRE-HELLOU, J. FUSTEC, E. PELZER, B. JULIER, I. LITRICO. & C. LECOMTE, Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées-légumineuses. *Innovations agronomiques*, 11 (2010) 79 - 99
- [22] - E. JUSTE, L. BEDOUSSAC L. PRIEUR, Est-il possible d'améliorer le rendement et la teneur en protéines du blé en Agriculture Biologique au moyen de cultures intermédiaires ou de cultures associées ? *Innovations Agronomiques*, (2009) 4 (2014) 165 - 176
- [23] - G. CORRE-HELLOU, A BARANGER, L. BEDOUSSAC, Interactions entre facteurs biotiques et fonctionnement des associations végétales. *Innovations Agronomiques*, 40 (2014) 25 - 42 hal. science
- [24] - C. O. DEMBELE, K. TRAORE, M. KAREMBE, B. ZEMADIN, B. TRAORE, F. CISSE, O. SAMAKE, Intercropping Sorghum and Soybean Efficiency Using Contour Ridges Technology in Southern Mali. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 14, N° 4 ISSN (2022). 1916 - 9752 Published by Canadian Center of Science and Education. URL: <https://doi.org/10.5539/jas.v14n4p126>
- [25] - F. LEGER, K. MOREL, A B. GAUCHE, F. WARLOP, Agroforesterie maraîchère : un choix stratégique pour garantir une durabilité en transition agroécologique ? Expériences issues du projet SMART. 2019 hal-02185871, version 1 DOI :10.15454/EK0390
- [26] - K. COULIBALY, E. VALL, P. AUTFRAY, M. P. SEDOGO, Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso : potentiels et contraintes. *Tropicultura*, 30 (3) (2012) 147 - 154. <http://www.tropicultura.org/text/v28n3/133.pdf>