

Effet de l'association des cultures du Maïs (*Zea mays L.*) et Niébé (*Vigna unguiculata L.*) sur leurs croissances et rendements dans les conditions agroécologiques de Goma, Est de la RD Congo.

KABALA MUBOLO Joseph*
BUSHASHIRE MAPENDO Thierry**
GAKURU SEMACUMU Jean-Baptiste***
SEBURIRI SENDIHI Trésor****

Résumé

Le présent travail a comme objectif d'évaluer l'effet du système de culture « association légumineuses-céréales » sur la croissance et le rendement de ces cultures dans les conditions agroécologiques de Goma. Les différents traitements étaient disposés selon le dispositif aléatoire complet avec trois traitements et six répétitions et les traitements étaient représentés par les deux cultures. Les résultats obtenus n'ont pas révélé les différences significatives entre les traitements au regard des paramètres de croissances et de rendement chez le niébé. Par contre, pour la culture de maïs, les différences significatives ont été révélées au regard de nombre de feuilles par plant qui a été de 11,09 en monoculture et 13,98 en association. Le traitement d'association restant meilleur et le diamètre au collet qui a été de 12,89mm en monoculture est 16,81mm en association. Les paramètres de rendement de maïs ont différemment été influencés par les traitements à l'exception de la longueur de l'épi. 100 grains de maïs récolté en association avec le niébé ont pesé 34,28g et ont enregistré le meilleur poids comparativement au traitement de monoculture ayant pesé 31,31g. Le rendement de niébé en monoculture a été de 0,81 t/ha et 0,9 t/ha en association avec le maïs et pour le maïs le rendement obtenu en association avec le niébé a été de 1,58t/ha et 1,04t/ha en monoculture. Nous avons obtenu un LER (Land Equivalent Ratio) significativement supérieur à 1 avec une valeur de 2,63 dans l'association maïs-niébé.

* *Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Téléphone : +243 (0) 9 91 63 71 16, E-mail : joekabala2015@gmail.com.*

** *Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Téléphone : +243(0) 9 71 00 66 33, E-mail : bushashiremapendo@unigom.ac.cd.*

*** *Professeur ordinaire, Enseignant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Téléphone : +243 (0) 9 98 61 08 59, E-mail : gakurusema@googlemail.com.*

**** *Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Téléphone : +243 (0) 9 94 25 51 85, E-mail : tsendihi@gmail.com.*

Mots clés : *Association, Croissance, Rendement, Maïs, Niébé.*

Abstract

The aim work aims to assess the effect of the "legume-cereal association" cropping system on the growth and yield of these crops under the agroecological conditions of Goma. The various treatments were randomized design with three treatments and six replications and the treatments were represented by the two crops. The results obtained did not reveal any significant differences between treatments in terms of growth and yield parameters for cowpea, but for maize, significant differences were revealed with regard to the number of leaves per plant 11.09 in monoculture and 13.98 in association, with the association treatment the association treatment remained better, and the diameter at the collar turned 12.89mm in monoculture and 16.81 mm in association. Corn yield parameters were influenced differently by the treatments, with the exception of ear length. 100 grains of maize harvested in association with cowpea weighed 34.28g and recorded the highest weight compared with the monoculture treatment, which weighed 31.31 g. We obtained an LER (Land equivalent ratio) significantly greater than 1, with a value of 2.63 in the maize-cowpea association.

Key words: *Association, Growth, Yield, Maize, Cowpea.*

I. Introduction

En zone tropicale sèche, la mise en culture des terres entraîne une diminution rapide du stock de matières organiques et l'apparition de carences en azote, phosphore et éléments divers (Yoni et al., 2005). La contrainte majeure de la production en Afrique sur les sols fragiles est le bas niveau de la fertilité de ces sols (Biaou et al., 2017). Avec la forte pression démographique et du cheptel, les agriculteurs sont contraints d'exploiter au maximum les terres disponibles avec comme conséquence la baisse des rendements agricoles, la baisse des revenus et plus globalement la fragilisation de la sécurité alimentaire. Pourtant, que ce soit dans une rotation ou une association, les légumineuses peuvent améliorer la fertilité du sol notamment son statut azoté. En améliorant la fertilité des sols, en produisant des grains et des fourrages de qualité, la culture des légumineuses peut augmenter la productivité des cultures

(Coulibaly et al., 2012) et augmenter le revenu brut en réduisant les charges en engrais notamment grâce à la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (Guinet et al., 2019). Le maïs, en République démocratique du Congo, constitue l'aliment la plus importante et sa consommation ne fait que croître sous les efforts conjugués de la croissance démographique, de l'urbanisation et des changements d'habitude alimentaire. La production nationale a sensiblement augmenté ces dernières décennies grâce aux mesures prises par les autorités mais, reste inférieure au besoin de la population. Malgré ces efforts, le maïs est cultivé par les agriculteurs de petite et moyenne classe et la production avec des rendements moyens de 1.3 tonne par hectare (Tshiabukole, 2018). Pour pallier aux baisses des rendements de maïs, plusieurs pistes peuvent être envisagées : la fertilisation minérale par les engrais chimiques (Diallo et al., 2016), la fertilisation organique (Waibena, 2019) ainsi que leur combinaison (Akanza et al., 2016) mais aussi l'utilisation des techniques culturales par la pratique des associations culturales, des rotations et des assolements (Kombienou & Dagbenonbakin, 2022).

Le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) constitue l'aliment de base de millions de personnes en Afrique tropicale et subtropicale grâce à son adaptation aux contraintes biotiques (maladies et ennemis) et abiotiques (sécheresse, carences en phosphore et en azote, acidité des sols). Étant une légumineuse alimentaire dont les feuilles et les graines sont très riches en protéines, sa valeur nutritive élevée, ses capacités fertilisantes des sols et sa disponibilité durant toute l'année lorsque les autres cultures sont rares (Omoigui et al., 2018). En association culturale, le niébé a manifesté sa capacité à augmenter le rendement des céréales. Plusieurs recherches ont démontré que le transfert direct de l'azote souterrain du niébé au millet en culture intercalaire se faisait à un taux de 2 kg N ha⁻¹ pendant la saison de croissance (Khonde, 2021; Zongo et al., 2015). Plusieurs travaux de recherche ont démontré, dans une grande diversité de situations, l'effet bénéfique des associations céréales-légumineuses par rapport aux adventices (Corre-Hellou et al., 2011).

Cette étude tourne autour de la préoccupation suivante : quel serait l'effet du système de culture « association légumineuses-céréales » sur la morphologie et le rendement de ces cultures ? Pour répondre à cette préoccupation, nous pensons que l'association maïs-niébé va

améliorer la croissance et le rendement du maïs qu'en monoculture grâce à la disponibilité de l'azote dans le sol après fixation biologique qui est mis en place par la légumineuse notamment le niébé. D'une façon globale, ce papier vise à évaluer l'effet du système de culture « association légumineuses-céréales » sur la croissance et le rendement de ces cultures. Spécifiquement, il tend à :

- Évaluer la croissance végétative du maïs et du niébé en culture associée dans les conditions agroécologiques de Goma.
- Analyser l'effet de l'association sur le rendement dans les conditions de la ville de Goma

II. Matériel et méthodes

➤ Site expérimental

L'expérimentation a été faite à Buhimba qui se trouve au Sud-ouest de la ville de Goma. Le site expérimental est caractérisé par un sol de type Andosol découlant des éruptions volcaniques. Les andosols sont des sols qui ont pour roche mère les cendres volcaniques. Ils sont fertiles grâce à leur bonne structure, leur humus abondant, leur capacité de rétention en eau très élevée (Vincent, 2018). Buhimba bénéficie d'un climat du type Cf. (caractéristique des régions montagneuses) selon la classification de Koppen (source ou référence bibliographique), avec une température moyenne de 20 à 25°C et une pluviosité annuelle de 1250mm. (Mairie de Goma, 2018).

La figure 1 est la carte de la localisation du site expérimental. Les coordonnées géographiques prises au GPS du téléphone sont 1°37'50" latitude Sud et 29°8'49" longitude Est. Le site s'élève à 1489 m d'altitude.

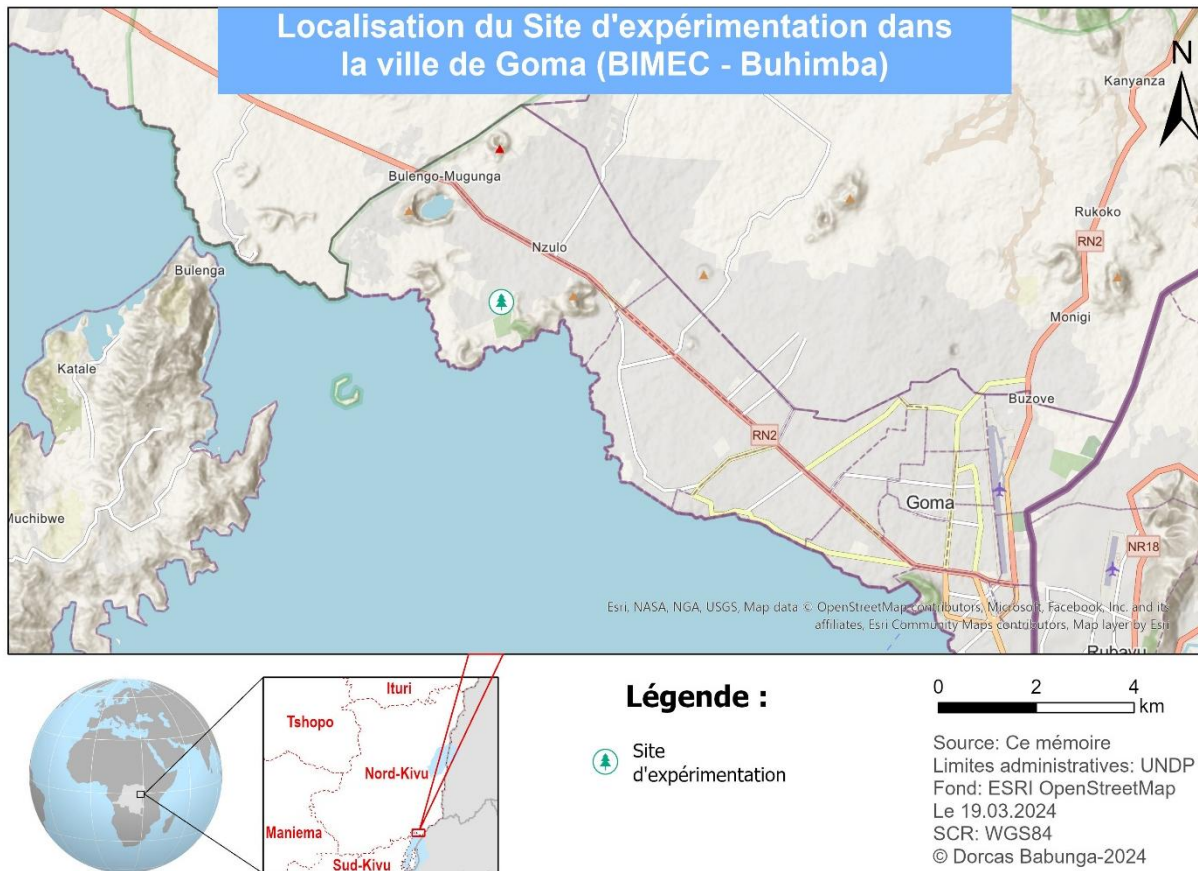


Figure 1. Localisation du site d'étude

➤ **Méthodes**

Le dispositif aléatoire complet a été utilisé lors de cette étude. Il comprenait six répétitions et 3 traitements. La parcelle unitaire mesurait 3,2 m de longueur et 2 m de largeur, soit une superficie de 6,4 m². La distance entre les parcelles était de 0,5 m mais aussi une distance de 0,5 m entre les différentes répétitions (blocs). Le dispositif entier avait une superficie de 179,8 m².

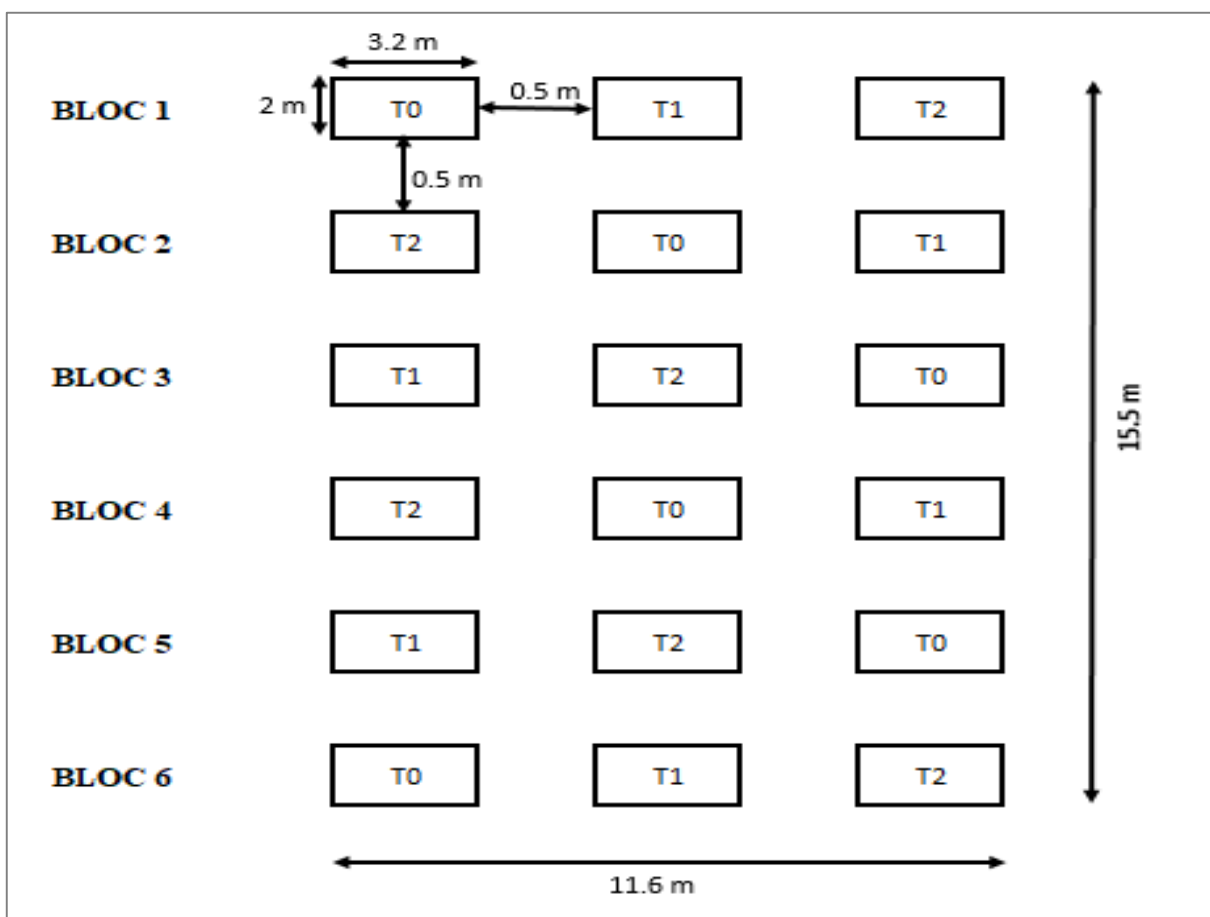


Figure 2. Dispositif expérimental

Légende

T0 : Traitement à base de maïs en monoculture

T1 : Traitement à base du niébé en monoculture

T2 : Traitement à base de l'association maïs-niébé

➤ *Paramètres observés*

Il s'agissait des paramètres végétatifs et des paramètres de rendement. Tous ces paramètres étaient prélevés sur un échantillon de 5 plantes par parcelle, considéré comme plantes observables. Pour ce qui est des Paramètres de croissance, Trois paramètres étaient mesurés dont la hauteur des plants, le diamètre au collet et nombre des feuilles par plant.

Et pour ce qui est des paramètres de rendement pour le niébé, le nombre de gousses, le nombre de graines par gousse, la masse de 1000 graines était évaluée après battage des gousses mures. Le rendement a été obtenu en extrapolant le rendement parcellaire à l'hectare.

Pour ce qui est du maïs, tous ces paramètres de croissance ont été évalués à 60 jours après semis. S'agissant de la production, les relevés ont porté sur la longueur des épis, la masse de 1000 grains et le rendement en grain. Le rapport ou ratio d'équivalence d'utilisation de la terre par la monoculture et l'association des cultures (Land Equivalent Ratio ou LER) était également calculé pour vérifier l'efficacité de l'association au cours de son cycle de développement en utilisant la formule de Willey (1979).

$$LER = \frac{\text{Rendement céréale associée}}{\text{Rendement céréale seule}} + \frac{\text{Rendement légumineuse associée}}{\text{Rendement légumineuse seule}}$$

Si à l'issue du calcul :

- Le LER = 1, l'association de culture est autant productive que la culture "en pure" des espèces qui la constituent.
- Le LER < 1, l'association de culture est moins productive : il y a une perte de rendement par rapport aux cultures "en pure".
- Le LER > 1, l'association est plus productive que les cultures "en pure".

➤ *Analyses statistique des résultats*

Les données collectées ont été préparées sous le logiciel Excel, ensuite traitées à l'aide du logiciel *GenStat* qui nous a permis d'y appliquer le *test t de Student* pour comparer les moyennes des traitements.

III. Résultats

➤ Résultats relatifs à la culture de niébé

Tableau 1. Effet de l'association maïs-niébé sur les paramètres de croissance de niébé à 30 jours après semis

Traitements	Diamètre au collet (mm)	Hauteur de plants (cm)	Nombre des feuilles
T1	1,41±0,26	11,81±1,07	17,7±1,26
T2	1,41±0,22	11,7±0,82	16,9±1,66
MG	1,41±0,00	11,75±0,08	17,33±0,51
P-value	1,000	0,705	0,275
Décision	NS	NS	NS

Source : Notre expérimentation, septembre 2023

Les résultats relatifs aux paramètres de croissance de niébé à 30 jours après semis sont repris dans le tableau ci-haut, dans lequel il ressort que les traitements ont influencés d'une manière identique les différents paramètres à l'issue du *test t de Student* au seuil de probabilité de 5% relevant les différences non significatives.

Tableau 2. Effet de l'association maïs-niébé sur les paramètres de croissance de niébé à 60 jours après semis

Traitements	Diamètre au collet (mm)	Hauteur de plants (cm)	Nombre des feuilles
T1	9,01±1,16	17,6±1,07	30,9a±2,17
T2	8,81±0,90	17,0±0,94	26,9b±3,24
MG	8,91±0,14	17,30±0,43	28,95±2,81
P-value	0,763	0,278	0,045
Décision	NS	NS	S

Source : Notre expérimentation, septembre 2023

Les résultats relatifs aux paramètres de croissance de niébé à 60 jours après semis sont repris dans le tableau ci-haut, dans lequel il ressort que les traitements ont influencés d'une manière identique les paramètres de diamètre au collet et la hauteur des plants à l'issue du *test t de Student* au seuil de probabilité de 5% relevant les différences non significatives et une différence significative pour le paramètre de nombre des feuilles.

Tableau 3. Effet de l'association maïs-niébé sur les paramètres de rendement de niébé

Traitements	Nombre de gousse par plant	Nombre de graines par gousse	Poids de 100 graines (g)	Rendement parcellaire (g)	Rendement (t/ha)
T1	6,33±1,03	11,5±1,04	32,8±3,35	0,52±0,10	0,81±0,16
T2	6,83±0,75	12,5±1,04	32,8±1,88	0,54±0,13	0,90±0,20
MG	6,58±0,35	12,0±0,70	32,8±0,00	0,54±0,03	0,85±0,05
P-value	0,415	0,229	1,000	0,669	0,497
Décision	NS	NS	NS	NS	NS

Source : Notre expérimentation, septembre 2023

Les résultats relatifs aux paramètres de rendement de niébé sont repris dans le tableau ci-haut, dans lequel il ressort que les traitements ont influencés d'une manière identique les différents paramètres à l'issue du *test t de Student* au seuil de probabilité de 5% relevant les différences non significatives.

➤ *Résultats relatifs à la culture de maïs***Tableau 4. Effet de l'association maïs-niébé sur les paramètres de croissance de maïs (variété Haraka) à 30 jours après semis**

Traitements	Diamètre au collet (mm)	Hauteur de plants (cm)	Nombre des feuilles
T0	5,59±2,44	28,48±3,38	9,61±0,80
T2	6,30±0,75	26,81±2,21	10,35±1,36
MG	5,94±0,49	27,65±1,17	9,98±0,51
P-value	0,501	0,374	0,274
Décision	NS	NS	NS

Source : Notre expérimentation, septembre 2023

Les résultats relatifs aux paramètres de croissance de maïs à 30 jours après semis sont repris dans le tableau ci-haut, dans lequel il ressort que les traitements ont influencés d'une manière identique les différents paramètres à l'issue du *test t de Student* au seuil de probabilité de 5% relevant les différences non significatives.

Tableau 5. Effet de l'association maïs-niébé sur les paramètres de croissance de maïs (variété Haraka) à 75 jours après semis

Traitements	Diamètre au collet (mm)	Hauteur de plants (cm)	Nombre des feuilles
T0	12,89b±0,59	102,2±8,34	11,09b±0,64
T2	16,81a±3,38	111,8±11,76	13,98a±1,96
MG	14,85±2,77	107,03±6,83	12,54±2,04
P-value	0,036	0,209	0,011
Décision	S	NS	S

Source : Notre expérimentation, septembre 2023

Les résultats relatifs aux paramètres de croissance de maïs à 75 jours après semis sont repris dans le tableau ci-haut, dans lequel il ressort qu'il existe des différences significatives entre les moyennes des traitements des paramètres de diamètre au collet et nombre des feuilles et il existe une différence non significative entre les moyennes de traitement au niveau de paramètre de hauteur des plants à l'issue du *test t de Student* au seuil de probabilité de 5%.

Tableau 6. Effet de l'association maïs-niébé sur les paramètres de rendement de maïs (variété Haraka)

Traitements	Longueur de l'épi (cm)	Poids de 100 grains (g)	Rendement parcellaire (kg)	Rendement (t/ha)
T0	16,5±0,58	31,31b±2,27	0,66b±0,13	1,04b±0,21
T2	17,55±0,77	34,28a±2,09	1,01a±0,11	1,58a±0,17
MG	17,02±0,74	32,80±2,09	0,83±0,24	1,31±0,38
P-value	0,093	0,01	0,007	0,007
Décision	NS	S	S	S

Source : Notre expérimentation, septembre 2023

Les résultats relatifs aux paramètres de rendement de maïs sont repris dans le tableau ci-haut, dans lequel, il ressort qu'il existe des différences significatives entre les moyennes de traitements des paramètres de poids de 100 grains, le rendement parcellaire et le rendement à l'hectare et il existe une différence non significative entre les moyennes de traitement au niveau de longueur de l'épis à l'issue du *test t de Student* au seuil de probabilité de 5%.

Tableau 7. Évaluation du LER

Paramètre Traitements	Rendement (t/Ha)
T0	1,04
T1	0,81
T2	maïs: 1,58 niébé: 0,9
LER	2,63

LER : Land équivaleant ratio

Il ressort de ce tableau ci-haut que l'association au sein de nos traitements est importante et peut toujours s'appliquer et participer dans la diversification de la production agricole. Pour ce qui est de LER, nous voyons que le LER dans l'association maïs-niébé est supérieur à 1 avec une valeur de 2,63. Ce qui veut dire que l'association maïs-niébé a été bénéfique.

IV. Discussion

➤ *Effet de l'association maïs-niébé sur les paramètres de croissance et de rendement de niébé*

Il est ressorti de ce travail que le diamètre au collet, la hauteur des plants et le nombre des feuilles par plant de niébé n'ont pas été influencés par l'association avec le maïs à 30 jours après semis à l'issue du *test t de Student* au seuil de probabilité de 5% relevant les différences non significatives. Il en est de même à la floraison (soit 60 jours après semis) pour le diamètre au collet et la hauteur des plants à l'exception du nombre des feuilles par plant qui a manifesté des différences significatives ; le traitement de monoculture étant performant que le traitement d'association avec respectivement 30,9 et 26,9 feuilles par plant. Ce phénomène s'explique par le fait que le maïs étant une plante à croissance rapide, il arrive à poser des conditions de faible luminosité au niébé Coulibaly et al., (2017). Le rendement de niébé et toutes ses composantes n'ont pas également été influencés par les traitements après le *test t de Student* qui a fait ressortir des différences non significatives au seuil de probabilité de 5%.

En monoculture le rendement a été de 0,81 t/ha et 0,9 t/ha en association avec le maïs. Le poids de 100 graines est resté de 32,8g pour les deux traitements et le nombre de gousses par plant étant de 6,33 en monoculture et 6,83 en association. En effet, Matusso et al., (2014) ont montré que certaines combinaisons céréales-légumineuses ont des effets négatifs sur les composantes de rendement dans le système de culture intercalaire. Cependant, Ratsimbazafy *et al.* (2021) ont trouvé que l'association de culture améliore le rendement apparent en graines de niébé ainsi que leur granulométrie. Cette observation se rapporte également aux résultats trouvés par beaucoup d'auteurs chercheurs entre autres (Latati et al., 2014; Lawane et al., 2009; Li et al., 2001).

➤ ***Effet de l'association maïs-niébé sur les paramètres de croissance et de rendement de maïs (variété Haraka)***

À 30 jours après semis, le diamètre au collet a été de 5,59 mm en monoculture et 6,3 en association avec le niébé, le *test t de Student* au seuil de probabilité de 5% a montré des différences non significatives entre ces deux traitements. Ces valeurs ont viré à 12,89 mm en monoculture et 16,81mm en association à 75 jours après semis et les différences significatives ont été enregistrées par le *test t de Student* au seuil de probabilité de 5%. En effet, le plus grand avantage de l'association maïs-légumineuse réside autour dans l'utilisation de l'azote minéral du sol, « forçant » la légumineuse à dépendre davantage de l'azote atmosphérique pour sa nutrition azotée au moyen de la fixation symbiotique (Pelzer et al., 2014). Mais aussi, le maïs peut profiter de ce même azote fixé par la légumineuse or la fixation biologique de l'azote intervient en moyenne 30 à 45 jours après semis (Corre-Hellou et al., 2011). Cela explique les différences non significatives observées au diamètre au collet prélevé à 30 jours après semis et les différences significatives observées à 75 jours après semis. La hauteur des plants n'a pas été influencée par les traitements tout au long de l'étude (de 30 à 75 jours après semis) à l'issue du *test t de Student* au seuil de probabilité de 5%. En association avec le niébé, la variété Haraka à 30 jours après semis a noté 10,35 feuilles par plant contre 9,61 feuilles par plant en monoculture et le *test t de Student* a montré que les différences sont non significatives entre ces deux traitements. À 75 jours après semis, le nombre de feuilles par plant a viré à 11,09 en monoculture et 13,98 en association, le traitement d'association restant meilleur à l'issue du *test t de Student* au seuil de probabilité

de 5%, relevant des différences significatives entre les traitements. Lithourgidis et al., (2011) ont indiqué que l'avantage le plus courant de la culture intercalaire est la production d'un rendement plus élevé sur une parcelle de terre donnée en utilisant plus efficacement les ressources de croissance disponibles grâce à une association de cultures dont la capacité d'enracinement, la structure du couvert, la hauteur et les besoins en nutriments sont différents, en fonction de l'utilisation complémentaire des ressources de croissance par les cultures associées. Tous les paramètres de rendement de maïs ont été influencés différemment par les traitements à l'exception de la longueur de l'épi. Cent grains de maïs récolté en association avec le niébé ont pesé 34,28g et ont enregistré le meilleur poids comparativement au traitement de monoculture ayant pesé 31,31g à l'issue du *test t de Student* au seuil de probabilité de 5%. Singh et al., (2000) ont rapporté que la masse de 100 grains de maïs a également augmentée en cultures associées avec le pois. Le rendement obtenu en association avec le niébé a été de 1,58t/ha contre 1,04t/ha en monoculture. Le *test t de Student* au seuil de probabilité de 5% a relevé des différences significatives entre ces deux traitements. Coulibaly et al., (2017) ont trouvé des résultats contraires dans de leur étude, les traitements ont eu un effet significatif sur le rendement de maïs. Néanmoins, les parcelles de maïs pur ont donné des rendements statistiquement plus élevés (1 635,94 kg) que les parcelles en association (936,03 kg). Le travail de Bedoussac et al., (2014) a mis en évidence, aussi bien en agriculture conventionnelle qu'en agriculture biologique, des niveaux de rendement en association supérieurs ou égaux à la moyenne des cultures pures. Les résultats contraires ont été observés par les travaux de Coulibaly et al., (2012) qui ont montré que l'association de la légumineuse et le maïs entraîne une baisse de rendement du maïs par rapport à sa culture pure, mais de façon non significative aux seuils de 5 et 10 %. Les données de Lawane et al., (2009) ont montré également une baisse non significative (seuil de 1 %) de 200 kg / ha de grain de sorgho en association avec le niébé par rapport à sa culture pure. En effet, grâce à son système racinaire plus profond et à sa croissance plus rapide, la céréale (maïs) est plus compétitive que la légumineuse pour l'utilisation de l'azote minéral du sol, « forçant » la légumineuse à dépendre davantage de l'azote atmosphérique pour sa nutrition azotée au moyen de la fixation symbiotique. Cette complémentarité de niche entre les deux espèces associées pour l'utilisation de ces deux sources d'azote explique en grande partie les

performances généralement supérieures observées pour les associations par rapport aux cultures mono spécifiques (Pelzer et al., 2014).

Conclusion

Nos résultats montrent qu'en général les paramètres de croissance de niébé n'ont pas été influencés par l'association. Le rendement de niébé et toutes ses composantes n'ont pas également été influencés par les traitements. En monoculture, le rendement a été de 0,81t/ha et 0,9t/ha en association avec le maïs. Le poids de 100 graines est resté de 32,8g pour les deux traitements et le nombre de gousses par plant étant de 6,33 en monoculture et 6,83 en association. Tous les paramètres de rendement de maïs ont été influencés différemment par les traitements à l'exception de la longueur de l'épi. Cent grains de maïs récolté en association avec le niébé ont pesé 34,28g et ont enregistré le meilleur poids comparativement au traitement de monoculture ayant pesé 31,31g. Le rendement de niébé en monoculture a été de 0,81 t/ha et 0,9 t/ha en association avec le maïs et pour le maïs le rendement obtenu en association avec le niébé a été de 1,58t/ha et 1,04t/ha en monoculture. Nous avons obtenu un LER (Land équivalent ratio) significativement supérieur à 1 avec une valeur de 2,63 dans l'association maïs-niébé. Ceci signifie que l'association a eu une meilleure utilisation des ressources du sol que la culture pure.

Ainsi, nous recommandons ce qui suit :

Références bibliographiques

- Akanza, K., Sanogo, S., et N'Da, H. (2016). Influence combinée des fumures organique et minerale sur la nutrition et le rendement du maïs : Impact sur le diagnostic des carences du sol. *Tropicultura*, 34(2).
- Bedoussac, L., Journet, É.-P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Prieur, L., Jensen, E. S., et Justes, E. (2014). Eco-functional intensification by cereal-grain legume intercropping in organic farming systems for increased yields, reduced weeds and improved grain protein concentration. In *Organic farming*,

- prototype for sustainable agricultures : Prototype for sustainable agricultures* (p. 47-63). Springer.
- Biaou, O., Saidou, A., Bachabi, F., Padonou, G., et Balogoun, I. (2017). Effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota* L.) sur sol ferrallitique au sud Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(5), 2315-2326.
 - Corre-Hellou, G., Dibet, A., Hauggaard-Nielsen, H., Crozat, Y., Gooding, M., Ambus, P., Dahlmann, C., von Fragstein, P., Pristeri, A., et Monti, M. (2011). The competitive ability of pea–barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. *Field crops research*, 122(3), 264-272.
 - Coulibaly, K., Gomgnimbou, A. P. K., Traoré, M., Nacro, H. B., et Sedogo, M. P. (2017). 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), 226-235.
 - Coulibaly, K., Vall, E., Autfray, P., et Sedogo, M. P. (2012). *Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso : Potentiels et contraintes*.
 - Diallo, M. D., Toure, A., Mbacke, F. D., Saleh, M. M., Touroumgaye, G., Ndiaye, A. B., Ndiaye, N. D., Diop, A., et Guisse, A. (2016). Détermination De La Dose Optimale D'engrais Minéral 15-15-15 Sur Cinq (05) Variétés De Maïs Doux (*Zea Mays* L. ssp. *Saccharata*) Au Sénégal. *European Scientific Journal (ESJ)*, 12(27).
 - Guinet, M., Nicolardot, B., Durey, V., Revellin, C., Lombard, F., Pimet, E., Bizouard, F., et Voisin, A.-S. (2019). Fixation symbiotique de l'azote et effet

précédent : Toutes les légumineuses à graines se valent-elles? *Innovations*

Agronomiques, 74, 55-68.

- Khonde, G. P. (2021). *Etude et modélisation de la productivité des systèmes de culture basés sur le semis direct sous couvert végétal dans la savane du sud-ouest de la République Démocratique du Congo, «cas de mvuazi».*
- Kombienou, P. D., et Dagbenonbakin, G. D. (2022). Pratiques agricoles et techniques de conservation des eaux et des sols de Boukombé au Bénin. *J. Anim. Plant Sci*, 52, 9343-9361.
- Latati, M., Blavet, D., Alkama, N., Laoufi, H., Drevon, J.-J., Gerard, F., Pansu, M., et Ounane, S. (2014). The intercropping cowpea-maize improves soil phosphorus availability and maize yields in an alkaline soil. *Plant and Soil*, 385(1), 181-191.
- Lawane, G., Sougnabé, S. P., Lenzemo, V., Gnokreo, F., Djimasbeye, N., et Ndoutamia, G. (2009). *Efficacité de l'association des céréales et du niébé pour la production de grains et la lutte contre Striga hermonthica (Del.)*. 8-p.
- Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S., et Rengel, Z. (2001). Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping : I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. *Field crops research*, 71(2), 123-137.
- Lithourgidis, A., Dordas, C., Damalas, C. A., et Vlachostergios, D. O. (2011). Annual intercrops : An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian journal of crop science*, 5(4), 396-410.
- Matusso, J., Mugwe, J., et Mucheru-Muna, M. (2014). Potential role of cereal-legume intercropping systems in integrated soil fertility management in smallholder

- farming systems of Sub-Saharan Africa. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, 3(3), 162-174.
- Omoigui, L., Kamara, A., Batieno, J., Iorlamen, T., Kouyate, Z., Yirzagla, J., Diallo, S., et Garba, U. (2018). *Guide sur la production du niébe en Afrique de l'Ouest*.
 - Pelzer, E., Bedoussac, L., Corre-Hellou, G., Jeuffroy, M.-H., Métivier, T., et Naudin, C. (2014). Association de cultures annuelles combinant une légumineuse et une céréale : Retours d'expériences d'agriculteurs et analyse. *Innovations agronomiques*, 40, 73-91.
 - Ratsimbazafy T., Razafindrajaona J., Razarapara Y., 2021. *Effets de l'association de culture niébé-maïs sur la nodulation et son rendement apparent en niébé en saison sèche à Mampikony Madagascar*. *Revue des Sciences, de Technologies et de l'Environnement*. 3(5) : 59-65.
 - Singh, D., Rana, N., et Singh, R. (2000). Growth and yield of winter maize (*Zea mays*) as influenced by intercrops and nitrogen application. *Indian Journal of Agronomy*, 45(3), 45_3-45_3.
 - Tshiabukole, J. P. K. (2018). *Evaluation de la sensibilité aux stress hydriques du maïs (Zea mays L.) cultivé dans la savane du Sud-Ouest de la RD Congo, cas de Mvuazi*.
 - Waibena, T.-ène D. (2019). *Effet de l'adoption de la fertilisation organique et de la jachère améliorée sur le revenu des producteurs de maïs de la région maritime au Togo*.

- Yoni, M., Hien, V., Abbadie, L., et Serpantié, G. (2005). Dynamique de la matière organique du sol dans les savanes soudaniennes du Burkina Faso. *Cahiers Agricultures*, 14(6), 525-532.
- Zongo, S., Ilboudo, Z., Waongo, A., Gnankiné, O., Doumma, A., Sembène, M., et Sanon, A. (2015). Risques liés à l'utilisation d'insecticides au cours du stockage du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.), dans la région centrale du Burkina-Faso. *Rev Cames*, 3(01), 24-31.

