



**HAL**  
open science

## **Effet de l'association du haricot mungo sur le rendement du mil dans le Bassin arachidier, Sénégal**

A.A Diatta, O. Abaye, W.E Thomason, Modou Lo, Fatou Guèye, A.B Baldé, F. Tine,  
L.J Vaughan, T.L Thompson

### **► To cite this version:**

A.A Diatta, O. Abaye, W.E Thomason, Modou Lo, Fatou Guèye, et al.. Effet de l'association du haricot mungo sur le rendement du mil dans le Bassin arachidier, Sénégal. *Innovations Agronomiques*, 2019, 74, pp.69-81. <10.15454/t7gwax>. <hal-02338196>

**HAL Id: hal-02338196**

**<https://hal.science/hal-02338196v1>**

Submitted on 29 Oct 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

## Effet de l'association du haricot mungo sur le rendement du mil dans le Bassin arachidier, Sénégal

Diatta A.A.<sup>1</sup>, Abaye O.<sup>1</sup>, Thomason W.E.<sup>1</sup>, Lo M.<sup>2</sup>, Guèye F.<sup>3</sup>, Baldé A.B.<sup>2</sup>, Tine F.<sup>2</sup>, Vaughan L.J.<sup>4</sup>, Thompson T.L.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> School of Plant and Environmental Sciences, Virginia Polytechnic Institute & State University, Blacksburg, 330 Smyth Hall, 185 Ag Quad Lane, Blacksburg, VA 24061, USA.

<sup>2</sup> Centre National de Recherches Agronomiques, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Diourbel, Sénégal

<sup>3</sup> United States Agency for International Development - Education and Research in Senegal, Dakar, Sénégal

<sup>4</sup> Center for International Research, Education and Development, Virginia Polytechnic Institute & State University, Blacksburg, USA

<sup>5</sup> College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute & State University, Blacksburg, USA

**Correspondance** : andre22@vt.edu

### Résumé

La production agricole au Sénégal est limitée par la variabilité des précipitations, les sécheresses persistantes et la faible fertilité des sols. Ces contraintes ont contribué à la baisse des rendements du mil au Sénégal. Le haricot mungo, une légumineuse à graines à cycle court et relativement tolérante à la sécheresse, est capable d'améliorer la fertilité du sol et d'augmenter la production agricole. Pour étudier le potentiel du haricot mungo à augmenter le rendement du mil, des essais ont été menés pendant la saison culturale de 2017 à Bambey (Diourbel). Les systèmes d'association (mil seul (T<sub>1</sub>), haricot mungo seul (T<sub>2</sub>) et 23% (T<sub>3</sub>), 43% (T<sub>4</sub>), 47% (T<sub>5</sub>), 62% (T<sub>6</sub>), 125% (T<sub>7</sub>) et 164% (T<sub>8</sub>) de haricot mungo en association avec le mil) ont été disposés en blocs complets randomisés et répliqués quatre fois. Les données collectées comprennent les paramètres de rendement du mil et du haricot mungo et le rendement total en grains, l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), le taux de couverture du sol, et le *land equivalent ratio* (LER). L'association du mil avec le haricot mungo n'a pas significativement augmenté la biomasse et le rendement en grains du mil par rapport au mil seul. Cependant, le rendement en grains, le nombre de gousses et de graines, et la hauteur des plants de haricot mungo ont été significativement plus élevés pour les traitements T<sub>7</sub> et T<sub>8</sub> par rapport aux autres traitements. Le rendement total en grains était aussi significativement ( $P \leq 0,05$ ) plus élevé (jusqu'à 56%) en association. De même, l'association des cultures a entraîné des différences significatives pour le LER et le taux de couverture du sol (62%) mais pas pour les valeurs de NDVI. Les résultats de cette première année suggèrent que l'association avec le haricot mungo pourrait soutenir la production de mil grâce à la diversification des systèmes agricoles.

**Mots-clés:** Haricot Mungo, Mil, Rendement, Association culturale, Sénégal

### Abstract: Effect of intercropping mungbean on millet yield in the Peanut basin, Senegal

Agricultural production in Senegal is constrained by rainfall variability, persistent droughts, and low soil fertility. These constraints have decreased pearl millet yield in Senegal. Mungbean, a short-duration and relatively drought-tolerant grain legume, is capable of improving soil fertility and increasing crop production. To investigate the potential of mungbean for increasing millet yield through intercropping,

field experiments were conducted during the 2017 growing season in Bambey (Senegal). Intercropping treatments (sole millet (T<sub>1</sub>), sole mungbean (T<sub>2</sub>), and 23% (T<sub>3</sub>), 43% (T<sub>4</sub>), 47% (T<sub>5</sub>), 62% (T<sub>6</sub>), 125% (T<sub>7</sub>) et 164% (T<sub>8</sub>) of mungbean in sole millet) were laid out in a randomized complete block design and replicated four times. Studied parameters included millet and mungbean yield parameters and combined yields, normalized difference vegetation index (NDVI), canopy cover, and land equivalent ratio (LER). Intercropping (millet + mungbean) did not significantly increase millet biomass or grain yield compared to millet alone. However, grain yield, number of pods and seeds, and plant height of mungbean plants were significantly higher in T<sub>7</sub> and T<sub>8</sub> compared to other treatments. Combined yields were also significantly ( $P \leq 0.05$ ) higher (up to 56%) under millet – mungbean intercropping. Similarly, intercropping significantly ( $P \leq 0.05$ ) increased LER and canopy cover (62%) over millet alone but not NDVI values. Results from this first-year suggest that intercropping with mungbean could sustain millet production through diversification of agricultural systems.

**Keywords:** Mungbean, Millet, Yield, Intercropping, Senegal

## Introduction

Au Sénégal, les systèmes de production agricole sont d'une importance primordiale dans l'économie nationale et les moyens de subsistance des populations rurales (Mertz et al., 2009). Cependant, ces systèmes agricoles, à l'instar de ceux des pays d'Afrique subsaharienne, sont confrontés à diverses contraintes principalement dues à la variabilité climatique et à la fréquence accrue des phénomènes météorologiques extrêmes, à l'intrusion des eaux salées et à l'incidence des ravageurs et des maladies (Kotir, 2011 ; Mbow et al., 2008 ; Roudier et al., 2011). Il existe aussi des pratiques agricoles non adaptées qui provoquent la dégradation des terres et la stagnation voire une baisse de la production agricole à un moment où la croissance démographique s'accélère à un taux de 2,7% par an (The World Bank, 2018). L'agriculture sénégalaise est aussi toujours extensive et essentiellement pluviale. Elle se caractérise par de petites exploitations familiales dont l'accès aux intrants (engrais, pesticides, machines agricoles...) est très limité par le faible revenu des populations rurales, le faible accès au crédit, la faiblesse des services d'appui (recherche, vulgarisation...) et l'utilisation limitée des méthodes d'amélioration et de gestion de la fertilité des sols. Pour pallier à ces conditions difficiles, des études ont été menées pour proposer des solutions durables à la baisse de fertilité des terres cultivées et à la diminution des rendements des principales cultures telles que le mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.]. En effet, des études ont montré que l'adoption de pratiques adéquates de restauration et de gestion des sols et la mise en œuvre de stratégies d'adaptation au changement climatique constitueraient une solution incontournable à la dégradation progressive et sensible des systèmes de production agricole (Connolly-Boutin et Smit, 2016).

Au Sénégal, la production agricole est principalement destinée à satisfaire les besoins des populations rurales (cultures vivrières et productions animales). Le mil, culture vivrière dominante parmi les céréales, couvre plus de 63,5% des terres destinées à la production céréalière avec une production annuelle estimée à 612 563 tonnes en 2016 (FAOSTAT, 2018). Contrairement au sorgho et au maïs qui sont cultivés dans des zones relativement plus humides, le mil se retrouve sur tous les types de sols et dans toutes les zones agro-écologiques du Sénégal en raison de sa rusticité. Cependant, le mil est généralement cultivé en condition pluviale et de manière extensive avec peu ou pas d'intrants, ce qui se traduit par de faibles rendements allant de 0,5 à 0,6 t ha<sup>-1</sup> en milieu paysan (Kouakou et al., 2015). Ainsi, pour pallier à cette faible productivité du mil, il est donc nécessaire de développer des alternatives intéressantes et accessibles aux populations rurales et des pratiques innovantes pour une bonne production agricole.

Des pratiques visant à restaurer et à améliorer la fertilité des sols, à diversifier les systèmes de production et à fournir du fourrage pour l'alimentation du bétail pourraient être les associations culturales entre les céréales et les légumineuses (Matusso et al., 2014). La culture en association, qui

consiste à planter simultanément deux cultures ou plus dans le même champ (Gomez et Gomez, 1983), est une approche très efficace dans l'utilisation des ressources, la protection et la restauration progressive de la fertilité des sols et la réduction des risques de mauvaises récoltes. De plus, les systèmes de cultures en association sont des pratiques anciennes très répandues et bien connues des populations en milieu tropical. Plusieurs études ont ainsi démontré l'importance des légumineuses dans l'amélioration de la qualité biologique, organique, et même minérale des sols (Gebu, 2015 ; Matusso et al., 2014). D'autres auteurs ont constaté que l'association des légumineuses avec les céréales améliore les rendements des cultures céréalières (Trail et al., 2016). Malgré l'utilisation de multiples types d'associations culturales telles que mil-arachide, mil-niébé et mil-sorgho-niébé au Sénégal, on assiste toujours à une diminution des rendements agricoles. Cette diminution des rendements pourrait s'expliquer par l'utilisation d'un nombre limité de légumineuses et de densités de semis encore mal définis par la recherche et pour les producteurs.

Ainsi, l'introduction dans l'agriculture sénégalaise d'une légumineuse telle que le haricot mungo [*Vigna radiata* (L.) Wilczek], en association, pourrait contribuer à diversifier des systèmes de production et soutenir la production agricole (Abaye et al., 2015 ; Diatta et al., 2018). Le haricot mungo est en effet une légumineuse à graines annuelle de cycle court (60-65 jours) de la famille des Fabacées et largement cultivé dans les régions tropicales et subtropicales du monde (Ramanujam, 1981 ; Trung et al., 1985). Il est principalement cultivé en rotation avec les céréales et peut en symbiose avec les *Rhizobium* fixer jusqu'à 110 kg N/ha, ce qui pourrait aider à satisfaire ses propres besoins en azote et ceux de la culture associée ou suivante (Shah et al., 2003 ; Shahida et Khan, 2016). Le haricot mungo représente également une opportunité de produire des aliments riches en protéines pour les populations rurales dans des conditions climatiques changeantes (Arsenault et al., 2015; Foyer et al., 2016 ; Keatinge et al., 2011). Les travaux de Trail et al. (2016) sur l'association du mil avec le haricot mungo avec un ratio de 1:1 au Sénégal ont révélé une augmentation des rendements du mil qui constitue la principale culture vivrière pour les petits producteurs. Cependant, la densité de semis et l'arrangement appropriés du haricot mungo dans les systèmes du mil n'ont pas été étudiés au Sénégal. C'est dans ce contexte que cette étude a été menée pour évaluer les effets de l'association du mil avec le haricot mungo sur les paramètres de croissance et de rendement des cultures associées, du taux de couverture du sol et de la vigueur du mil au Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambe (Diourbel).

## 1. Matériels et méthodes

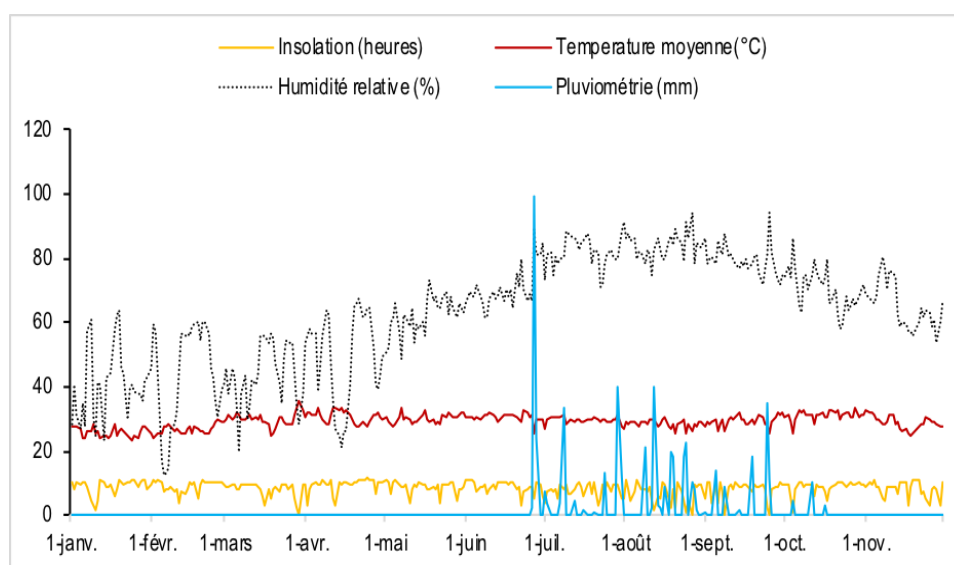
### 1.1 Description du site

L'essai a été conduit au niveau de la station expérimentale du CNRA de Bambe (14°43'12" N, 16°36'41" W) située dans la région de Diourbel (Sénégal). Le climat de la zone, de type soudano-sahélien à prédominance sahélien, est caractérisé par une température moyenne annuelle variant entre 27 °C à 28 °C. Le site d'étude est marqué par une courte saison des pluies comprise entre mi-juin et mi-octobre avec une pluviométrie annuelle de 526,7 mm en 2017. Les valeurs moyennes des précipitations annuelles sont d'environ 507,6 mm entre 1991 et 2015 (ANACIM, 2019). Les données météorologiques collectées ont été utilisées pour déterminer l'insolation mensuelle (heures), l'humidité relative (%), la température moyenne (°C) et la pluviométrie (mm) (Figure 1). Situés dans la région agricole du Centre-ouest ou «Bassin arachidier» qui couvre 25 915 km<sup>2</sup>, les sols de Bambe sont de type ferrugineux tropicaux faiblement lessivés sur sable ou sols « Dior » (Tappan et al., 2004). Les propriétés chimiques du sol du site expérimental sont présentées dans le Tableau 1.

**Tableau 1** : pH, carbone total (C), azote total (C), C/N, éléments nutritifs du sol du site expérimental (n = 3).

pH	Total N	Total C	C/N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Al
	%	%		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
7.95	0.03	0.28	9.91	0.09	0.51	15.58	5.15	208.97	43.62	0.17	4.59	0.04	1.67	0.20	14.22

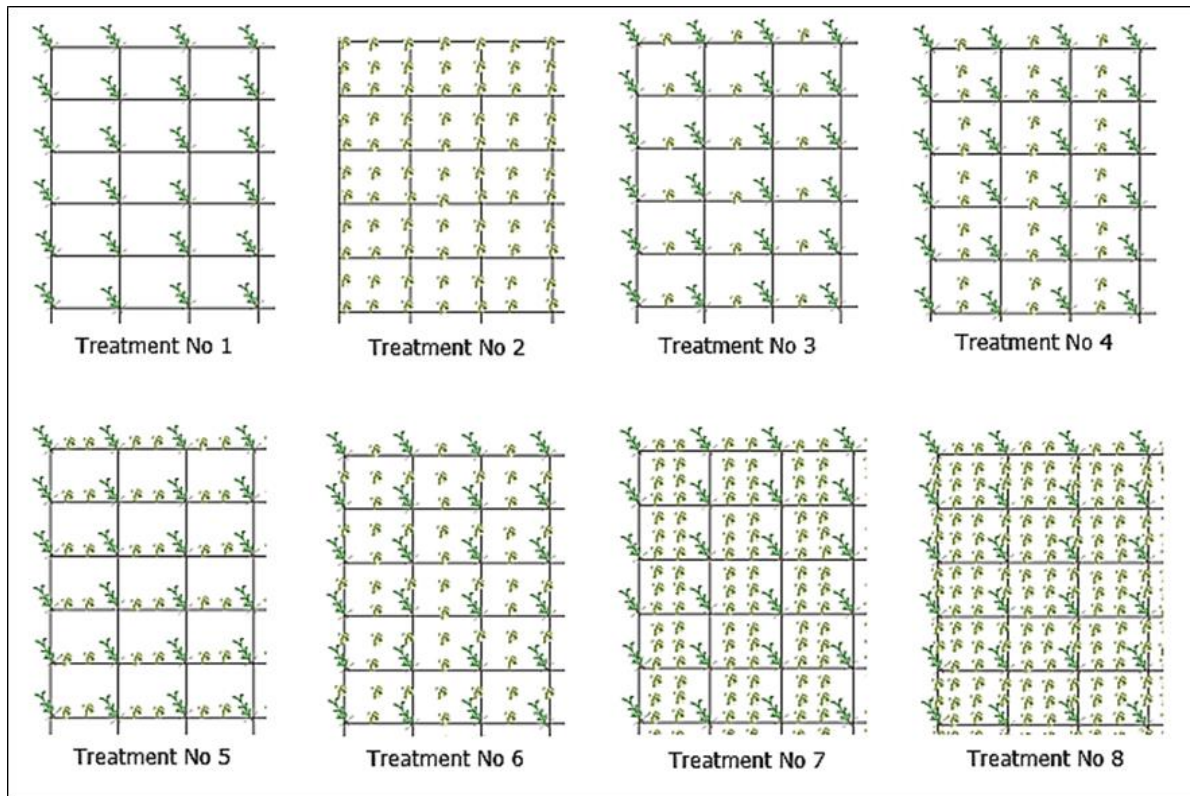
Note. pH: soil (1:1 soil: deionized water mixture on a volumetric basis); Total carbon (C) and total nitrogen (N): vario MAX CNS Element Analyzer; Inorganic NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: 2M KCl extraction; Plant available nutrients: soil (Mehlich 1 solution).



**Figure 1** : Insolation mensuelle (heures), humidité relative (%), température moyenne (°C) et pluviométrie (mm) à Bambey en 2017.

## 1.2 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un bloc complet randomisé composé de 8 traitements avec quatre répétitions. La densité de semis du mil correspond aux pratiques paysannes de la zone avec un espacement de 0,9 m x 0,9 m en monoculture. Le mil et le haricot mungo ont été semés pour déterminer la densité et l'arrangement appropriés des traitements avec le mil seul (T<sub>1</sub>), haricot mungo seul (T<sub>2</sub>), 23% de haricot mungo (T<sub>3</sub>), 43% de haricot mungo (T<sub>4</sub>), 47% de haricot mungo (T<sub>5</sub>), 62% de haricot mungo (T<sub>6</sub>), 125% de haricot mungo (T<sub>7</sub>) et 164% de haricot mungo (T<sub>8</sub>) associé au mil (Figure 2). Les proportions de haricot mungo associé au mil correspondent ainsi à leur densité relative par rapport à la densité du haricot mungo en culture pure (T<sub>2</sub>). Le mil et le haricot mungo ont été semés en monoculture et en association en condition pluviale sur des parcelles de 2,7 m x 4,5 m séparés par des allées de 1.8 m. Le mil et le haricot mungo ont été semés le 19 juillet 2017 avec trois graines de haricot mungo et une pincée de graines de mil par poquet. Les plants de haricot mungo et de mil ont ensuite été réduits à un pied et trois pieds par poquet, respectivement. Les plantes de haricot mungo ont été récoltées deux fois (65 et 76 JAS) tandis que le mil a été récolté le 25 octobre 2017. Avant semis, les graines de haricot mungo ont été mélangées avec de la gomme arabique et inoculées avec du *Bradyrhizobium* spp. (Group I) à raison de 10 g d'inoculant kg<sup>-1</sup> afin de favoriser un enrobage complet. Le site utilisé pour notre étude était cultivé avec du mil durant la saison précédente. Au cours des premiers stades végétatifs, le système de gestion des mauvaises herbes comprenait le désherbage manuel. Les graines de mil (Souna III) ont été obtenues du laboratoire du CNRA tandis que des graines de haricot mungo (Berken) ont été achetées auprès d'Oklahoma Foundation Seed Stocks (Stillwater, OK, USA).



**Figure 2 :** Densités de semis et d'arrangement du mil et du haricot mungo en monoculture et en association. Mil seul ( $T_1$ ), haricot mungo seul ( $T_2$ ), 23% de haricot mungo ( $T_3$ ), 43% de haricot mungo ( $T_4$ ), 47% de haricot mungo ( $T_5$ ), 62% de haricot mungo ( $T_6$ ), 125% de haricot mungo ( $T_7$ ) et 164% de haricot mungo ( $T_8$ ) cultivé en association avec le mil.

### 1.3 Collecte de données

La biomasse et le rendement en grains du mil et du haricot mungo ont été déterminés en récoltant une surface de 7,48 m<sup>2</sup> au centre de chaque parcelle élémentaire. La hauteur (cm) de trois plants, le nombre de gousses et le nombre de graines, le poids de 100 graines (g) de haricot mungo ont été mesurés et le rendement en grains calculé (kg/ha). Après récolte, un échantillon de 3 poquets de plants de mil a été prélevé et le poids frais (g), la hauteur (cm), le diamètre de la tige (cm), la longueur de la panicule (cm) et le nombre de panicules ont été notés. Les échantillons ont ensuite été séchés au four à 55 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Les poids frais et secs des échantillons ont été utilisés pour calculer le rendement en biomasse sèche du mil. Pour déterminer les effets de l'association culturale sur les composantes des plants de mil, chaque pied de mil de l'échantillon a été séparé en panicule, feuille, tige et le poids sec a été déterminé pour chaque composante. Les mesures de taux de couverture du sol et de vigueur ont été faites avec l'application Canopeo et un capteur optique portable Trimble Greenseeker (Trimble Navigation, Sunnyvale, CA), respectivement. Les mesures ont été prises dans les rangées centrales de chaque parcelle.

Pour évaluer l'avantage de l'association mil-haricot mungo sur le système de monoculture, le LER a été calculé comme suit:

$$LER = LER_{Mung} + LER_{Mil} = Y^{IMung} / Y^{SMung} + Y^{IMil} / Y^{SMil}$$

Où:  $Y^{IM}$  et  $Y^{IB}$  représentent, respectivement, le rendement en grains de haricot mungo et de mil en association et  $Y^{SM}$  et  $Y^{SB}$  correspondent au rendement en grains de haricot mungo et de mil en monoculture, respectivement.

L'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), qui varie entre -1 to +1, est un outil d'estimation de la vigueur et de la densité de la végétation. Il est obtenu par le rapport de la différence entre la réflectance dans le proche infrarouge et dans le rouge sur la somme des deux réflectances. Il est calculé à l'aide de l'équation suivante:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

Où: NIR et Red représentent, respectivement, les bandes du proche infrarouge et rouge.

### 1.4 Analyse statistique

Les données collectées ont été analysées à l'aide du logiciel statistique JMP Pro version 13.0.0 (SAS Institute Inc., Carey, NC). L'analyse de la variance (ANOVA) a été utilisée pour tester les effets de l'association mil-haricot mungo sur les paramètres étudiés. Les moyennes des traitements ont été comparées en utilisant le test de Fisher's protected LSD à un niveau de probabilité  $\alpha = 0,05$  lorsque les différences sont significatives.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1 Rendements des cultures associées

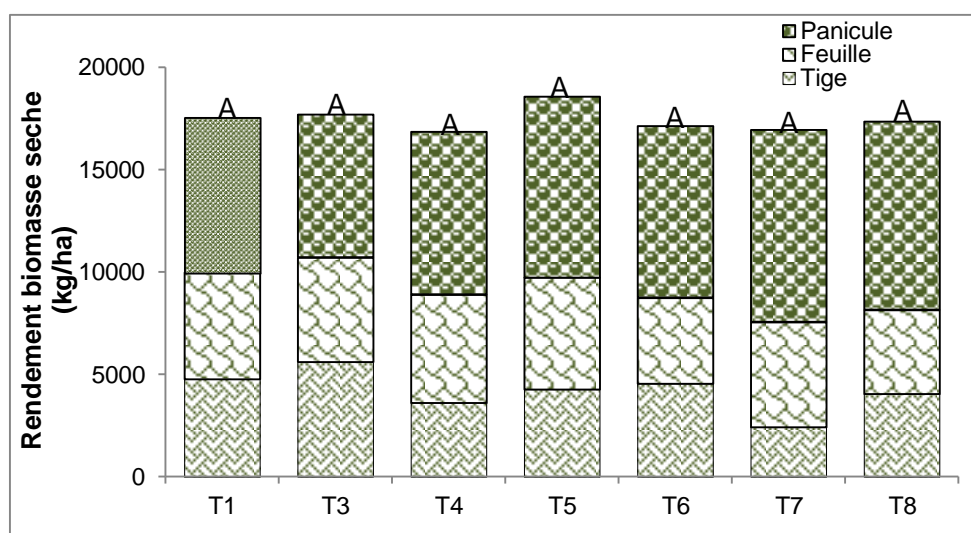
L'association du haricot mungo avec le mil en n'a pas significativement diminué les paramètres de croissance, les composantes de rendement et le rendement en grains du mil (Tableau 2) malgré sa présence à des densités importantes (jusqu'à 164% par rapport au T<sub>2</sub>). Il n'y a pas eu aussi de différences significatives entre les traitements pour la biomasse sèche des panicules, des feuilles et des tiges du mil (Figure 3). L'association du haricot mungo dans les systèmes de culture du Bassin arachidier permettrait donc de maintenir la production du mil. Cependant, une étude menée par Trail et al. (2016) sur l'évaluation de l'association du haricot mungo à augmenter les rendements du mil au Sénégal a signalé une augmentation de 36% du rendement en grains du mil en association comparé au mil en monoculture.

Bien que les rendements en mil n'aient pas augmenté de manière significative, le rendement du haricot mungo est significativement plus élevé pour les traitements T<sub>7</sub> et T<sub>8</sub> (Tableau 2) par rapport au haricot mungo seul (T<sub>2</sub>). Le rendement maximal en grains de haricot mungo (241 kg ha<sup>-1</sup>) a été enregistré pour T<sub>7</sub>, ce qui représente une augmentation de 63% par rapport au haricot mungo en monoculture, alors que la densité n'est augmentée que de 25%. De même, des valeurs plus élevées pour le nombre de gousses, le nombre de graines et la hauteur des plants de haricot mungo ont été rapportées pour les traitements T<sub>7</sub> et T<sub>8</sub> (Tableau 2). Les différences de rendement en haricot mungo observées dans cette étude pourraient s'expliquer par son semis à une densité plus élevée en association (Ram et Meena, 2015). Le T<sub>8</sub>, qui correspond à 164% de haricot mungo avec le mil, malgré une densité de plants plus élevée a produit le deuxième rendement le plus élevé en haricot mungo (Tableau 2). Cette diminution du rendement par rapport à T<sub>7</sub> pourrait être due à la concurrence intra spécifique et interspécifique pour les facteurs de croissance tels que l'eau, les nutriments et le rayonnement solaire (Sabbagh et Lakzayi, 2016; Saleem et al., 2015). Bien qu'une différence significative n'ait pas été observée pour le traitement T<sub>6</sub> par rapport au haricot mungo pur, il a obtenu un rendement plus élevé alors qu'il n'est semé qu'à 62% du haricot mungo pur. Le taux de semis du haricot mungo en association pourrait ainsi être réduit par rapport à sa densité en monoculture afin d'optimiser la densité des plantes associées (Matusso et al., 2014).

**Tableau 2:** Composantes de rendement et de rendement du mil et du haricot mungo en monoculture et en association.

Traitement	Mil					Haricot mungo				
	Diam tige cm	Nbre panicule	Long panicule cm	Hauteur cm	Rend biomasse kg/ha	Rend grains kg/ha	Nbre gousses	Nbre graines	Hauteur cm	Rend grains kg/ha
T <sub>1</sub>	1.62a	62a	38.68a	175.24a	17521.26a	175.01a	-	-	-	-
T <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	173.25 bc	1516.75 bc	54.74 bc	88.34 bc
T <sub>3</sub>	1.70a	62a	35.15a	176.15a	17682.48a	199.92a	80.5 c	758.25 c	30.23 b	48.78 c
T <sub>4</sub>	1.51a	57a	36.96a	166.20a	16825.11a	166.69a	142.75 bc	1447.75 bc	55.24 bc	89.14 bc
T <sub>5</sub>	1.56a	64a	35.80a	186.91a	18552.16a	218.15a	104 bc	1049.25 bc	38.64 bc	62.36 b
T <sub>6</sub>	1.54a	60a	39.12a	173.86a	17098.6a	198.18a	211.5 b	2109.25 b	77.65 a	125.30 bc
T <sub>7</sub>	1.48a	58a	37.39a	168.06a	16910.16a	155.77a	429.75 a	4011 a	149.35 a	241.01 a
T <sub>8</sub>	1.53a	60a	37.09a	179.24a	17322.84a	150.02a	342.75 a	3773.75 a	143.87 a	232.17 a

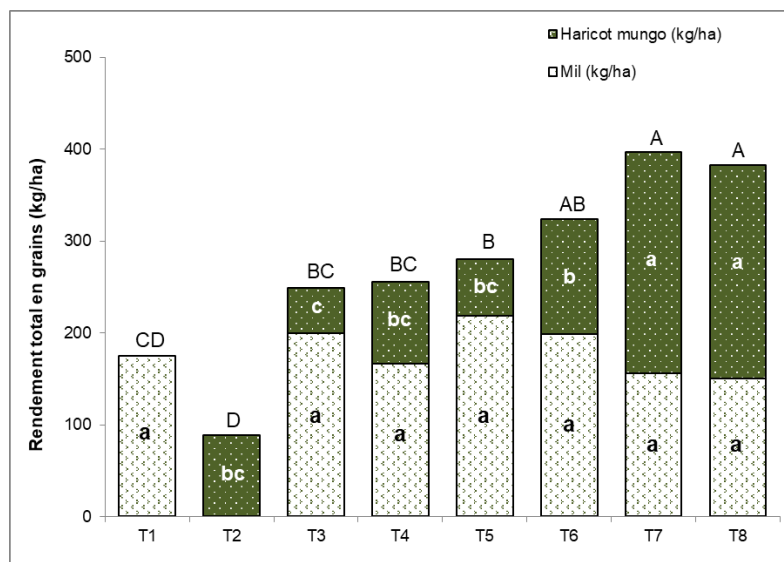
Pour chaque paramètre, les moyennes dans la colonne suivies de lettres différentes sont significativement différentes [Fisher's protected LSD ( $\alpha = 0,05$ )].



**Figure 3 :** Rendement biomasse sèche (kg/ha) des panicules, feuilles et tiges du mil ( $n = 32$ ). Les traitements avec la même lettre ne sont pas significativement différents selon Fisher's protected LSD ( $\alpha = 0,05$ ).

Le rendement total en grains du mil et du haricot mungo est toujours supérieur aux cultures pures et est significativement plus élevé pour les traitements T<sub>5</sub> à T<sub>8</sub> (Figure 4). Le rendement total maximal des cultures ( $397 \text{ kg ha}^{-1}$ ) a été enregistré pour T<sub>7</sub> suivi de T<sub>8</sub> avec un rendement de ( $382 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Figure 4). Le mil et le haricot mungo en monoculture ont tous deux produit le rendement en grains le plus faible avec un rendement de  $175$  et  $88 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivement. Des résultats similaires ont été rapportés par Trail et al. (2016) et Naresh et al. (2017) qui ont obtenus un rendement total plus élevé du mil et du haricot mungo en association qu'en monoculture à cause des interactions bénéfiques entre les cultures associées. Ghilotia et al. (2015) ont toutefois signalé une diminution du rendement total en grains par rapport au mil seul en raison de la concurrence des cultures associées pour les éléments nutritifs du sol et les ressources environnementales. L'analyse de la Figure 4 a aussi révélé que les traitements T<sub>4</sub> et T<sub>5</sub>, avec une densité de semis du haricot mungo réduite (43 et 47%) par rapport au traitement T<sub>2</sub>, ont pu maintenir les rendements du mil et du haricot mungo. Ces deux traitements pourraient ainsi constituer des alternatives à une meilleure utilisation des terres et de réduction du coût de semences par rapport au système de monoculture (Saleem et al., 2015).

Le rendement total en grains relativement faible observé dans notre étude pourrait être dû au semis tardif de l'essai, à la poche de sécheresse de 7 jours observée après le semis, et aux attaques d'insectes sur le mil. A cela s'ajoute le faible niveau de fertilité du sol du site utilisé dans le cadre de notre étude. Les travaux de Trail et al. (2016) à Bambey (Sénégal) ont révélés un rendement total en grains de mil et de haricot mungo de 2000 kg ha<sup>-1</sup> ce qui correspond à une augmentation de 36% par rapport au mil en monoculture.



**Figure 4** : Rendements total (mil + haricot mungo) entre les traitements (n = 32). Les traitements avec la même lettre ne sont pas significativement différents selon Fisher's protected LSD ( $\alpha = 0,05$ ).

Le LER évalue l'avantage de la culture en association sur le système de monoculture (Oseni, 2010). Un LER supérieur à l'unité suggère une plus grande efficacité d'utilisation des terres et un rendement par unité de surface plus élevé en association par rapport à la monoculture. Dans la présente étude, l'association culturale n'a pas significativement augmenté le LER partiel du mil en monoculture comparé au mil associé au haricot mungo (Tableau 3).

**Tableau 3** : Land Equivalent Ratio du mil et du haricot mungo en monoculture et en association.

Traitements	Land equivalent ratio		
	Mil	Haricot mungo	Total
T <sub>1</sub>	1.00 a	--	1.00 c
T <sub>2</sub>	--	1.00 b	1.00 c
T <sub>3</sub>	1.19 a	0.53 b	1.72 bc
T <sub>4</sub>	1.00 a	1.07 b	2.07 bc
T <sub>5</sub>	1.28 a	0.67 b	1.94 bc
T <sub>6</sub>	1.19 a	1.53 b	2.72 ab
T <sub>7</sub>	0.93 a	2.84 a	3.77 a
T <sub>8</sub>	0.86 a	2.85 a	3.71 a

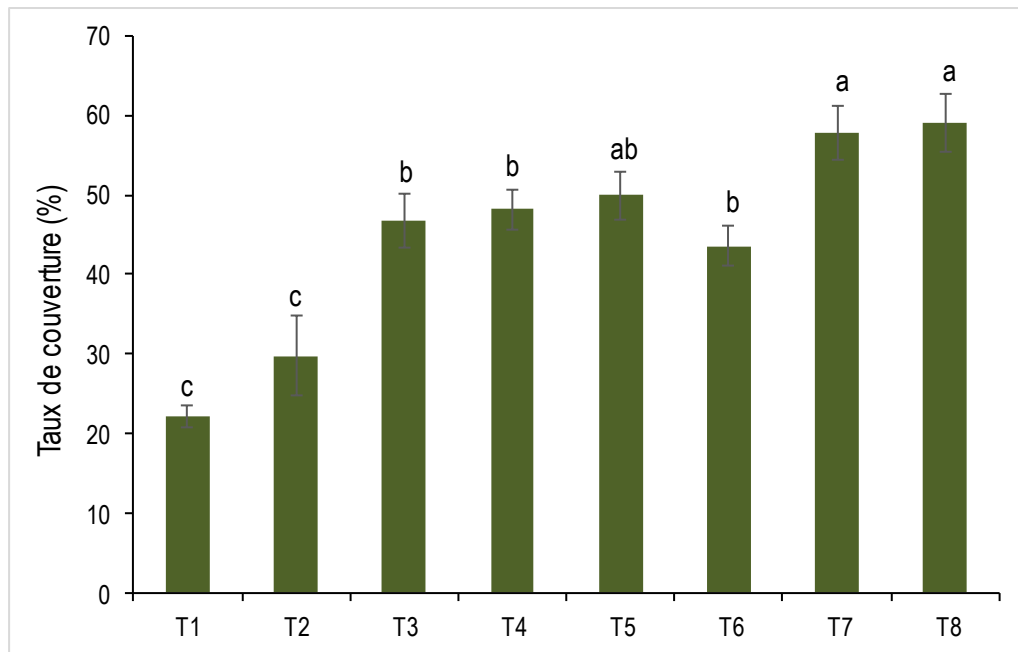
Les moyennes dans chaque colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à ( $\alpha = 0,05$ ).

Cependant, le LER partiel du haricot mungo dans T<sub>7</sub> et T<sub>8</sub> a augmenté en moyenne de 65% par rapport au haricot mungo cultivé seul (Tableau 3). Dans tous les systèmes de culture en association, le LER total a toujours été supérieur à celui de la monoculture. Un LER maximal de 3,77 a été enregistrée sous T<sub>7</sub>, ce qui représente une augmentation de 74% par rapport au mil et au haricot mungo en monoculture.

Des résultats similaires ont été rapportés par Trail et al. (2016) qui a enregistré un LER de 1.77 quand le mil est associé au haricot mungo avec un ratio de 1:1 au Sénégal. Ghilotia et al. (2015) et Ram et Meena (2015) ont aussi observé un LER supérieure à 1 en associant le mil avec le haricot mungo par rapport à la monoculture. Les études de Sarr et al. (2008) sur l'association du mil avec le niébé au Sénégal ont aussi révélé un LER de 1.68 ce qui traduit l'avantage de l'association par rapport à la monoculture.

## 2.2 Taux de couverture du sol

Le taux de couverture du sol a été significativement influencé par les traitements d'association. L'association du mil avec le haricot mungo a entraîné une augmentation du taux de couverture du sol par rapport au mil ou au haricot mungo cultivés seuls (Figure 5).

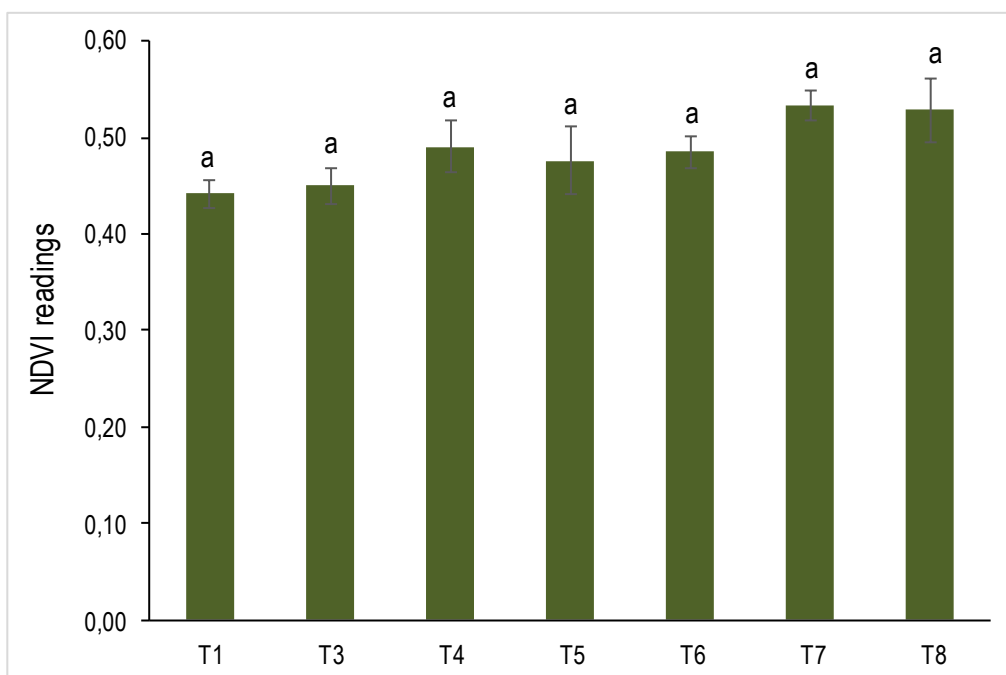


**Figure 5** : Moyenne du taux de couverture du sol du mil et du haricot mungo en monoculture et en association. Les traitements avec la même lettre ne sont pas significativement différents selon Fisher's protected LSD ( $\alpha = 0,05$ ). Les barres d'erreur indiquent l'erreur standard de la moyenne ( $n = 32$ )

Un taux maximal de couverture de 59% a été enregistré pour T<sub>8</sub> ce qui correspond à une augmentation de 62% et de 50% par rapport au mil et le haricot mungo en monoculture, respectivement. Des résultats similaires ont été rapportés par Trail et al. (2016) qui ont constatés que le mil cultivé seul présentait un taux de couverture du sol inférieur à celui du mil associé au haricot mungo. Cependant, Biriha et al. (2017) ont étudié les effets de l'association maïs-niébé sur la couverture du sol et ont signalé un pourcentage plus élevé de couverture végétale (74% en moyenne) pour le niébé seul comparé au maïs cultivé seul et en association. Le plus grand taux de couverture rapporté pour T<sub>8</sub> dans notre étude peut être attribué à une plus grande densité du haricot mungo (Gebru, 2015). Ce taux de couverture plus élevé pourrait réduire l'évaporation de l'eau et ainsi améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau (Ogindo et Walker, 2005). Une réduction des mauvaises herbes a aussi été observée dans les associations culturales à taux de couverture élevé. Ceci pourrait être attribué à la création de conditions défavorables à la germination des mauvaises herbes telle l'interception de la lumière par les cultures associées (Saha, 2017). Les systèmes d'association culturale avec un taux de couverture élevé contrôleraient aussi l'érosion du sol en réduisant le ruissellement en surface (Seran et Brintha, 2010).

### 2.3 Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI)

Le NDVI est un moyen normalisé pour estimer l'état de santé des plantes (Gamon et al., 1995). Les valeurs de NDVI positives correspondent aux formations végétales alors que des valeurs négatives indiquent peu ou pas de couverture végétale. Le NDVI n'était pas statistiquement différent entre le mil cultivé seul et celui associé avec le haricot mungo (Figure 6). Cependant, les traitements en association ont tendance à augmenter ( $P = 0,0899$ ) les valeurs de NDVI par rapport à celles du mil en monoculture. Les valeurs de NDVI étaient numériquement plus élevées pour  $T_7$  comparées à celles du mil seul et ces valeurs étaient corrélées ( $r^2 = 0,55$ ) à la densité de haricot mungo. Trail et al. (2016) ont également étudié les variations des valeurs de NDVI pour le mil en monoculture et en association avec le haricot mungo. Ils ont constaté une augmentation moyenne de 9% pour le mil associé au haricot mungo par rapport au mil en monoculture. L'absence de variations significatives des valeurs de NDVI entre les traitements observée dans notre étude pourrait s'expliquer par des différences non significatives des concentrations d'azote inorganique (*données non présentées*) pour les différents traitements.



**Figure 6** : Indice de végétation par différence normalisée (NDVI) du mil en monoculture et en association. Les traitements avec la même lettre ne sont pas significativement différents selon Fisher's protected LSD ( $\alpha = 0,05$ ). Les barres d'erreur indiquent l'erreur standard de la moyenne ( $n = 28$ )

### Conclusion

La culture en association est une stratégie durable pour accroître la productivité agricole et maintenir la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des populations rurales en Afrique subsaharienne. Cette étude visait à évaluer la productivité du système d'association culturale mil-haricot mungo en région semi-aride du Sénégal. Les résultats de cette étude ont montré que le système d'association augmente significativement le rendement total en grains, le taux de couverture du sol et le LER. Parmi les systèmes d'association,  $T_7$  et  $T_8$  ont enregistré le rendement total en grains le plus élevé par rapport aux autres traitements, y compris le mil et le haricot mungo cultivés seuls. Cependant, les traitements  $T_4$  et  $T_5$  avec des densités de semis plus faibles maintiendraient les rendements en grains tout en conservant des coûts de production équivalents (semences) voire plus faibles (occupation des terres). Bien que la culture en association n'ait pas significativement contribué au NDVI du mil, elle a augmenté le taux de couverture dans les systèmes de mil. Les traitements  $T_7$  et  $T_8$  ont enregistré un taux de

couverture significativement plus élevée à celui du mil et du haricot mungo en monoculture. Les données du LER ont révélé que le T<sub>7</sub> était plus avantageux que le système de monoculture. Les résultats de cette étude sur le terrain, qui nécessitent une confirmation supplémentaire pour en tirer des recommandations, ont démontré le potentiel du haricot mungo à améliorer la productivité des systèmes de production dans un environnement à faibles intrants et / ou à haut risque au Sénégal.

## Remerciements

Cette étude de recherche a été rendue possible par l'Agence des États-Unis pour le Développement International (USAID) et par le généreux soutien du peuple américain. Les auteurs remercient le personnel du projet USAID - ERA (Education et Recherche en Agriculture) au Sénégal pour leur soutien. Les auteurs voudraient également remercier le School of Plant and Environmental Sciences de Virginia Polytechnic Institute & State University et le CNRA de Bambey pour leur assistance technique.

## Références bibliographiques

- Abaye O., Trail P., Gueye T., Gueye F., Mbaye D., Guisse B., 2015. Mungbean as an alternative high protein source food legume for Senegal, Spanish Association for Legumes (AEL), Madrid. pp. 85-86.
- ANACIM., 2019. Données climatologiques. Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie. [http://www.anacim.sn/climat/index.php/bulletins\\_climatiques/](http://www.anacim.sn/climat/index.php/bulletins_climatiques/) (accessed 14 January 2019).
- Arsenault J.E., Hijmans R.J., Brown K.H., 2015. Improving nutrition security through agriculture: an analytical framework based on national food balance sheets to estimate nutritional adequacy of food supplies. *Food Security* 7:693-707. DOI: 10.1007/s12571-015-0452-y.
- Biriah N., Chemining'wa G., Olubayo F., Saha H., 2017. Effect of cropping system on soil moisture content, canopy temperature, growth and yield performance of maize and cowpea.
- Connolly-Boutin L., Smit B., 2016. Climate change, food security, and livelihoods in sub-Saharan Africa. *Regional Environmental Change* 16:385-399. DOI: 10.1007/s10113-015-0761-x.
- Diatta A.A., Thomason W.E., Abaye O., Vaughan L.J., Thompson T.L., Lo M., Chim B.K., Bateman S., 2018. Inoculation and soil texture effects on yield and yield components of mungbean. *Journal of Agricultural Science (Toronto)* 10:6-16. DOI: 10.5539/jas.v10n9p6.
- FAOSTAT, 2018. Senegal. Crops. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Accessed on 12 Septembre 2017).
- Foyer C.H., Lam H., Nguyen H.T., Siddique K.H.M., Varshney R.K., Colmer T.D., Cowling W., Bramley H., Mori T.A., Hodgson J.M., Cooper J.W., Miller A.J., Kunert K., Vorster J., Cullis C., Ozga J.A., Wahlqvist M.L., Liang Y., Shou H., Shi K., Yu J., Fodor N., Kaiser B.N., Wong F., Valliyodan B., Considine M.J., 2016. Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature Plants* 2:16112. DOI: 10.1038/nplants.2016.112.
- Gamon J.A., Field C.B., Goulden M.L., Griffin K.L., Hartley A.E., Joel G., Penuelas J., Valentini R., 1995. Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. *Ecological Applications* 5:28-41.
- Geburu H., 2015. A review on the comparative advantages of intercropping to mono-cropping system. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 5:1-13.
- Ghilotia Y., Meena R., Singh L., 2015. Pearl millet and mungbean intercropping as influenced by various row ratios under custard apple orchard of Vindhyan region. *The Bioscan* 10:87-91.
- Gomez A.A., Gomez K.A., 1983. Multiple cropping in the humid tropics of Asia International development research centre.

- Keatinge J., Easdown W., Yang R., Chadha M., Shanmugasundaram S., 2011. Overcoming chronic malnutrition in a future warming world: the key importance of mungbean and vegetable soybean. *Euphytica* 180:129-141.
- Kotir J.H., 2011. Climate change and variability in Sub-Saharan Africa: a review of current and future trends and impacts on agriculture and food security. *Environment, Development and Sustainability* 13:587-605. DOI: 10.1007/s10668-010-9278-0.
- Kouakou P.K., Muller B., Affholder F., Guisse A., Sultan B., 2015. Pearl millet yields and climate evolution across the last 20 years in central Senegal. A yield gap study.[P93].
- Matusso J., Mugwe J., Mucheru-Muna M., 2014. Potential role of cereal-legume intercropping systems in integrated soil fertility management in smallholder farming systems of sub-Saharan Africa. *Journal of Agriculture and Environmental Management* 3:162-174.
- Mbow C., Mertz O., Diouf A., Rasmussen K., Reenberg A., 2008. The history of environmental change and adaptation in eastern Saloum—Senegal—Driving forces and perceptions. *Global and Planetary Change* 64:210-221.
- Mertz O., Mbow C., Reenberg A., Diouf A., 2009. Farmers' perceptions of climate change and agricultural adaptation strategies in rural Sahel. *Environmental management* 43:804-816.
- Naresh K., Bairwa R., Yadav R., Singh S., Rakesh S., 2017. Evaluation of yield attributes and yield on pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and mungbean (*Vigna radiata* L.) intercropping system under arid western plain zone in India. *Annals of Agri Bio Research* 22:188-191.
- Ogindo H., Walker S., 2005. Comparison of measured changes in seasonal soil water content by rainfed maize-bean intercrop and component cropping systems in a semi-arid region of southern Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 30:799-808.
- Oseni T.O., 2010. Evaluation of sorghum-cowpea intercrop productivity in savanna agro-ecology using competition indices. *Journal of Agricultural Science* 2:229.
- Ram K., Meena R., 2015. Evaluation of pearl millet and mungbean intercropping systems in arid region of Rajasthan (India). *Bangladesh Journal of Botany* 43:367-370.
- Ramanujam S., 1981. Biometrical basis for yield improvement in mungbean, *Proceedings 1st International Mung bean Symposium*. pp. 210.
- Roudier P., Sultan B., Quirion P., Berg A., 2011. The impact of future climate change on West African crop yields: What does the recent literature say? *Global Environmental Change* 21:1073-1083.
- Sabbagh E., Lakzayi M., 2016. Influence of intercropping on weed control, soil fertility and forage quality. *International Journal of Agriculture and Biosciences* 5:285-290.
- Saha H., 2017. Effect of cropping system on soil moisture content, canopy temperature, growth and yield performance of maize and cowpea.
- Saleem R., Ahmad Z.I., Anees M.A., Razzaq A., Saleem A., 2015. Productivity and land use efficiency of maize mungbean intercropping under different fertility treatments. *Sarhad Journal of Agriculture* 31:37-44.
- Sarr P.S., Khouma M., Sene M., Guisse A., Badiane A.N., Yamakawa T., 2008. Effect of pearl millet–cowpea cropping systems on nitrogen recovery, nitrogen use efficiency and biological fixation using the <sup>15</sup>N tracer technique. *Soil science and plant nutrition* 54:142-147.
- Seran T.H., Brintha I., 2010. Review on maize based intercropping. *Journal of agronomy* 9:135-145.
- Shah Z., Shah S.H., Peoples M.B., Schwenke G.D., Herridge D.F., 2003. Crop residue and fertiliser N effects on nitrogen fixation and yields of legume–cereal rotations and soil organic fertility. *Field Crops Research* 83:1-11. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00005-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00005-4).
- Shahida B., Khan I.A., 2016. Impact of weed control techniques on intercropping of mungbean with maize under agro climate condition of Peshawar. *Sarhad Journal of Agriculture* 32:62-69.
- Tappan G.G., Sall M., Wood E.C., Cushing M., 2004. Ecoregions and land cover trends in Senegal. *Journal of arid environments* 59:427-462.

The World Bank, 2018. Population growth (annual %). <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.GROW?locations=SN> (accessed on 12 Septembre 2018).

Trail P., Abaye O., Thomason W.E., Thompson T.L., Gueye F., Diedhiou I., Diatta M.B., Faye A., 2016. Evaluating Intercropping (Living Cover) and Mulching (Desiccated Cover) Practices for Increasing Millet Yields in Senegal. *Agronomy Journal*.

Trung B.C., Yoshida S., Kobayashi Y., 1985. Influence of soil moisture stress on the nitrogen nutrition and grain productivity of mungbean. *Japanese Journal of Crop Science* 54:72-78. DOI: 10.1626/jcs.54.72.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).