



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Effets du système de culture et de la fertilisation organique sur l'infestation de *Striga hermonthica* et des rendements du maïs et du niébé dans la région du Chari-Baguirmi au Tchad

M.B. DAOUD¹, H.TRAORE² et S.PALE^{2*}

¹Direction Générale du Génie Rural et de l'Hydraulique Agricole, BP 47 N'Djaména, Tchad.

²Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, 04 BP 8645, Ouagadougou 04 Burkina Faso.

*Auteur correspondant ; E-mail : siebout.pale@yahoo.fr

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre gratitude à l'Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD), le Laboratoire des Sols, Matériaux et Environnement (LSME) de l'Université Ouaga I, Pr Joseph Ki-Zerbo et l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) du Burkina Faso pour les soutiens financier pour la réalisation de l'étude.

RESUME

Une expérimentation a été conduite dans le village de Djaroubou-Choufou au Tchad de 2011 à 2013 pour évaluer l'effet du système de culture et de la fertilisation organique sur l'infestation de *Striga hermonthica* et la productivité du maïs et du niébé. Un dispositif factoriel en blocs complètement randomisés (Fisher) avec trois répétitions a été utilisé pour évaluer la culture pure de maïs et l'association maïs / niébé, quatre doses (10, 20, 40 et 80 t ha⁻¹) de compost et de bouse de vache et quatre doses (5, 10, 15 et 20 t ha⁻¹) de fientes de chauve-souris et un témoin sans fertilisation. Les résultats ont montré que la fiente de chauve-souris et les plus fortes doses de bouse de vache et de compost affectent le développement de *Striga hermonthica* et améliorent le rendement grain du maïs aussi bien en culture pure qu'associée. L'étude a montré que les rendements du niébé sont plus faibles dans les parcelles amendées que dans les parcelles témoins. L'utilisation des fumures organiques a permis de mettre en évidence leur rôle dans la lutte contre *Striga hermonthica* et dans l'amélioration de la productivité des champs avec l'efficacité de la fiente de chauve-souris qui a été particulièrement remarquable.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Bouse de vache, compost, Djaroubou-Choufou, fiente de chauve-souris, *Vigna unguiculata*, *Zea mays*.

Effects of cropping system and organic fertilization on *Striga hermonthica* infestation and yields of maize and cowpea in the Chari-Baguirmi region of Chad

ABSTRACT

An experiment was conducted in the village of Djaroubou-Choufou in Chad from 2011 through 2013 to evaluate the effects of organic fertilization and cropping systems on *Striga hermonthica* infestation and maize and cowpea productivity. The experiment was conducted using a factorial completely randomized block design (Fisher) with three (3) blocks. The treatments were sole maize and maize/cowpea associated as cropping

systems and different organic fertilizers levels. Four doses (10, 20, 40 and 80 t ha⁻¹) of compost and cow dung and four doses (5, 10, 15 et 20 t ha⁻¹) of bat droppings were compared to zero fertilization (control). The results showed that the application of any dose of bat droppings and higher doses of cow dung and compost affected the development of *Striga hermonthica* and improve maize grain yield. In maize/cowpea cropping system, maize grain yields increase linearly with increasing organic fertilizer. The study showed that cowpea yields are lower in the amended plots compared to yields from the control plots. The use of organic fertilizers showed the evident role these fertilizers play in *Striga hermonthica* control and crop productivity improvement with a particular efficacy of bat droppings observed in this study.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Bat droppings, compost, cow dung, Djaroubou-Choufou, *Vigna unguiculata*, *Zea mays*.

INTRODUCTION

L'agriculture occupe 80% de la population active du Tchad. La région de Chari-Baguirmi est l'une des régions de production céréalière du pays, avec comme principales cultures le maïs (*Zea mays* L.), le sorgho [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], le mil pénicillaire [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] et le riz (*Oryza sativa* L.). Boussim et al. (2011) rapportent en effet que les espèces du genre *Striga* constituent l'une des principales contraintes agronomiques en Afrique Sub-saharienne. L'infestation de *Striga* est constatée au Tchad depuis les années 1980 et la plante parasite sévit de nos jours dans presque toutes les régions du pays (Lawane et al., 2010 ; Nekouam et al., 2010). Les zones les plus touchées sont les zones sahélienne et soudanienne. Au Burkina Faso, dans un dispositif expérimental forestier mis en place pour l'étude de la végétation, Yaméogo et al. (2011) ont relevé la présence de *Striga hermonthica* dans les trois traitements étudiés (cordons pierreux, zaï forestier et témoin).

Depuis cette apparition du *Striga*, les rendements ont drastiquement baissé dans les champs variant entre 0,60 et 1,07 t ha⁻¹. Dans la région du Chari-Baguirmi, les rendements moyens des cultures se situaient entre 1,60 et 2,12 t ha⁻¹ avant la contamination des champs par *Striga hermonthica* (Lawane et al., 2010 ; Nekouam et al., 2010). Cependant, à cause d'une déforestation sans précédent ces dernières années, le surpâturage, l'érosion éolienne et hydrique, le manque d'une gestion adéquate de la fertilité des sols et l'expansion

du *Striga hermonthica*, le rendement varie de nos jours entre 0,5 et 1 t ha⁻¹ (Daoud et al., 2018). Un suivi des champs expérimentaux (2010-2013) a révélé une densité de plus de 100 pieds m⁻² de cette plante parasite dans les champs. Des lois sur la protection de l'environnement ont été votées ces cinq dernières années au Tchad. L'une de ces lois prône l'interdiction formelle de la coupe de bois vert sur toute l'étendue du territoire, ce qui constitue une mesure de lutte efficace contre *Striga* sp. La contrainte majeure à ce niveau est la difficulté d'application desdites lois sur le terrain. Des travaux antérieurs de recherche ont été conduits par l'Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD) (Nekouam et al., 2010) et une équipe de l'Université de N'Djaména (Lawane et al., 2010) pour appréhender la gravité de l'expansion du parasite au Tchad.

Au regard de ce constat, la présente étude a pour objectif principal d'évaluer les effets du système de culture et de la fertilisation organique sur l'infestation du *Striga hermonthica* et les rendements du maïs et du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) et de proposer une méthode de lutte contre la plante parasite. L'atteinte d'un tel objectif permettrait d'améliorer la productivité du maïs et du niébé.

MATERIEL ET METHODES

Matériel

Pour évaluer les effets du système de culture et de la fertilisation organique sur

l'infestation de *Striga hermonthica* et les rendements du maïs et du niébé, une expérimentation a été conduite de 2011 à 2013 dans le village de Djaroubou-Choufou (11°54'31,61''N et 15°11'27,61''E), dans la région du Chari-Baguirmi au Tchad (Figure 1).

La région de Chari-Baguirmi se trouve en pleine zone sahélienne et est encadrée par les régions du Lac, de Hadjer-Lamis et du Batha au Nord, du Guera à l'Est, du Mayo-Kebbi Est au Sud et du Cameroun et de la région de N'Djaména à l'Ouest (Figure 1). C'est une région agropastorale où le système de production agricole est principalement basé sur la culture attelée du maïs. Le climat est de type sahélien dans la région avec une saison sèche allant d'octobre à avril et une saison pluvieuse allant de mai à septembre. Elle est caractérisée par une pluviométrie annuelle variant de 382 mm à 677 mm (DREM, 2011). Les pluviométries totales annuelles du site au cours de l'expérimentation ont été de 484,4 mm pour l'année 2011, 613,2 mm pour l'année 2012 et 508,1 mm pour l'année 2013. Les plus fortes précipitations ont été enregistrées pendant les mois de juillet et d'août (données non présentées). Selon les investigations réalisées au cours de la présente étude, les sols de la zone sont d'origine alluvionnaire (fluvio-lacustre) d'âge récent contenant 9,31% d'argile, 80,88% de sable et 9,81% de limon avec un pH_{eau} de 6,32. Ces sols ont une profondeur de 1,20 m et un indice de drainage de 32 mm pour les argiles et 111 mm pour les sols sableux. Les températures moyennes journalières de la zone varient de 20,1 °C à 37,6 °C pour la période allant de 1984 à 2010 (DREM, 2011).

Méthodes

L'expérimentation prend en compte des traitements qui sont des combinaisons du matériel végétal et de la fumure organique. Le

matériel végétal utilisé est composé de la variété Maka de maïs (*Zea mays* L.) dont le cycle est de 95 jours et de la variété TN88-63 de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] à graines brunes avec un cycle de 70 jours. Le maïs est produit en culture pure (Tm) ou en association avec le niébé (Tmn). Les différents types de matière organique entrant dans les combinaisons sont la bouse de vache (BV), la fiente de chauve-souris (CS) et le compost (CP). Chaque matière organique comprend quatre (4) doses (Tableau 1).

L'expérimentation a été conduite suivant un dispositif factoriel en blocs complètement randomisés (Fischer) avec trois (3) répétitions. La superficie de la parcelle élémentaire a été de 80 m², soit 10 m x 8 m. Les parcelles élémentaires ont donc reçu la culture pure du maïs ou du maïs associé au niébé et différents niveaux de fertilisation organique par le compost, la bouse de vache et les fientes de chauve-souris.

Les variables mesurées sont : (1) le nombre de *Striga* 30 jours après semis du maïs, (2) le nombre de *Striga* à la montaison du maïs, (3) le nombre de *Striga* à la floraison du maïs, (4) la date de 50% de floraison du maïs (nombre de jours de la date de semis du maïs à la date de 50% de floraison du maïs), (5) le nombre de plants de maïs récoltés, (6) le rendement grain du maïs et (7) le rendement grain du niébé.

Analyse statistique

Les analyses statistiques des données ont été effectuées à travers les années, en utilisant le logiciel d'analyses statistiques SAS/STAT®, version 9.2. Les données ayant trait au nombre de *Striga* ont été analysées après transformation logarithmique [$\text{Log}_{10}(\text{Valeur observée} + 1)$] où X désigne la valeur observée de la variable mesurée. Les résultats sont considérés significatifs au seuil de la probabilité P inférieure ou égale à 0.05.

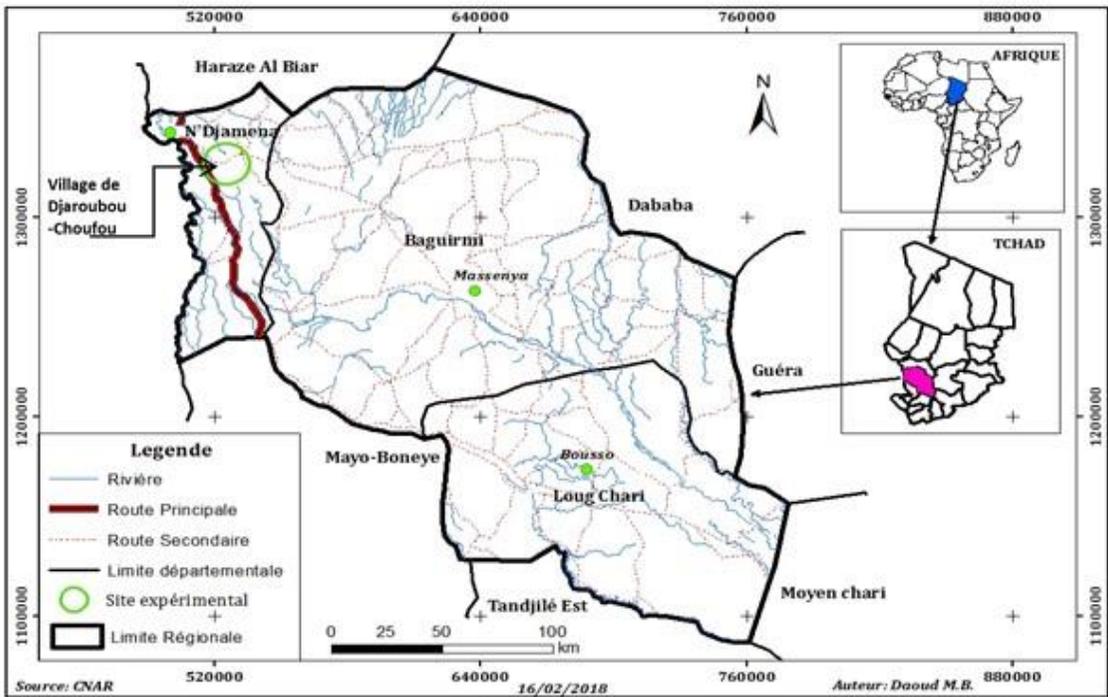


Figure 1: Carte de la Région de région du Chari-Baguirmi au Tchad montrant le village de Djaroubou-Choufou ayant abrité le site expérimental (Source : RGPH, 2013).

Tableau 1: Systèmes de culture et doses de fumure organique.

| Nature de la fertilisation organique | Dose (t ha ⁻¹) | Système de Culture | |
|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | Culture pure de maïs (Tm) | Maïs associé au niébé (Tmn) |
| Compost | 10 | Tm | Tmn |
| | 20 | Tm | Tmn |
| | 40 | Tm | Tmn |
| | 80 | Tm | Tmn |
| Bouse de vache | 10 | Tm | Tmn |
| | 20 | Tm | Tmn |
| | 40 | Tm | Tmn |
| | 80 | Tm | Tmn |
| Fientes de chauve-souris | 5 | Tm | Tmn |
| | 10 | Tm | Tmn |
| | 15 | Tm | Tmn |
| | 20 | Tm | Tmn |

Tm : maïs en culture pure ; Tmn : maïs en association avec le niébé.

RESULTATS

L'analyse de variance a indiqué que les différences observées sur le nombre de *Striga* à 30 jours après le semis (JAS) du maïs, à la montaison (60 jours après semis du maïs) et à la floraison (90 jours après le semis) sont dues aux effets interactifs de l'année et de la fertilisation, et du système de culture et de la fertilisation (Tableau 2). Les différences observées sur le nombre de plants de maïs récoltés sont dues aux effets interactifs de l'année et du système de culture, de l'année et de la fertilisation organique. Les différences constatées sur le rendement grains du maïs sont dues aux effets interactifs de l'année et du système de culture, de l'année et de la fertilisation organique et du système de culture et de la fertilisation organique. Les différences constatées sur le rendement grain du niébé sont dues aux effets interactifs de l'année et de la fertilisation.

Le Tableau 3 présente les résultats de l'analyse pour les années 2011, 2012 et 2013. Ces résultats montrent que l'utilisation de la fumure organique a permis une réduction du nombre de *Striga* comparée au témoin sans fertilisation. Les fientes de chauve-souris et les doses élevées de bouse de vache (40 et 80 t ha⁻¹) et de compost (20, 40 et 80 t ha⁻¹) ont significativement réduit le nombre de *Striga* par rapport aux parcelles témoins.

Aucune différence significative n'a été observée entre les parcelles témoins et les parcelles faiblement amendées (10 t ha⁻¹) avec de la bouse de vache et du compost, dans l'interaction de la culture pure du maïs et la fertilisation organique sur le nombre de *Striga*.

Par contre, l'utilisation de fortes doses de bouse de vache et de compost, et des doses de fientes de chauve-souris dans les parcelles de culture pure de maïs, a significativement réduit le nombre de *Striga* observé 30 JAS après le semis du maïs.

En culture associée de maïs et de niébé, l'application de faibles doses de bouse de vache (10 et 20 t ha⁻¹) et de compost (10 t ha⁻¹) et des doses de fiente de chauve-souris a

permis de réduire fortement le nombre de plants émergés de *Striga*.

Le Tableau 4 révèle que dans les parcelles ayant reçu les faibles doses de bouse de vache (10 et 20 t ha⁻¹) et de compost (10 t ha⁻¹), les nombres de plants de *Striga* ont significativement été plus faibles que ceux observés avec les témoins au cours des trois années d'expérimentation. Une plus forte réduction du nombre de *Striga* a été observée quand des doses plus élevées de bouse de vache (40 et 80 t ha⁻¹) et de compost (20, 40 et 80 t ha⁻¹) ainsi que les doses de fiente de chauve-souris ont été appliquées durant les trois années.

L'interaction du système de culture et de la fertilisation (Tableau 4) a révélé que toutes les doses de fumure organique ont significativement réduit, par rapport aux parcelles témoins, le nombre de *Striga* dans tous les systèmes de culture à la montaison du maïs.

Le Tableau 5 indique que toutes les doses pour les trois types de fumures organiques ont significativement réduit, comparativement aux parcelles témoins, le nombre de *Striga* à la floraison du maïs durant les trois années.

En culture associée de maïs et de niébé, l'application de toutes les doses des trois types de fumure organique a fortement réduit le nombre de *Striga* par rapport aux parcelles témoins.

Les résultats ont montré que durant les trois années d'expérimentation, toutes les doses de fientes de chauve-souris sont les traitements qui ont largement contribué à prolonger la date de floraison du maïs comparativement aux parcelles témoins et aux autres types de fumure organique (Tableau 6). En culture pure du maïs comme en culture associée maïs/niébé, toutes les doses de fiente de chauve-souris ont contribué largement à prolonger la date de floraison du maïs.

Les résultats indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives entre les traitements en 2011 et 2013 pour le nombre de plants de maïs récoltés ; par contre en 2012, le

nombre de plants de maïs récoltés a été plus élevé dans les parcelles amendées par rapport aux témoins (données non présentées).

La Figure 2 montre que les différences dues aux effets interactifs de l'année et du système de culture sur les nombres de plants de maïs récoltés n'ont été observées qu'en 2012 où le système culture associée maïs/niébé a permis d'obtenir un nombre plus élevé de plants récoltés.

Durant les trois années de l'étude, des différences significatives entre les deux systèmes de culture ont été observées (Figure 3). Une supériorité des rendements dans le système de culture pure du maïs a été constatée en 2011 et 2012 ; par contre les rendements dans ce système ont été plus faibles que ceux de l'association maïs/niébé en 2013.

Le Tableau 7 indique que l'application de la fiente de chauve-souris à la dose 15 t ha⁻¹ a permis une augmentation des rendements en grain plus élevés du maïs durant les trois années et dans les deux systèmes de culture. Comparée aux témoins, cette dose a engendré des rendements additionnels en grain de 198, 154 et 51% respectivement en 2011, 2012 et 2013. Les gains additionnels de rendement

pour les systèmes de culture sont de 195% pour la culture pure de maïs et de 44% pour l'association maïs/niébé. L'apport de compost à la dose de 80 t ha⁻¹ a également permis des gains additionnels de 63% en culture associée maïs/niébé, de 188, 149 et 50% respectivement en 2011, 2012 et 2013.

Le Tableau 8 révèle une corrélation positive du nombre de *Striga* 30 JAS du maïs avec le nombre de *Striga* à la montaison comme à la floraison du maïs. Une corrélation positive a été observée entre le nombre de *Striga* à la montaison du maïs et à la floraison du maïs. L'analyse a montré que les nombres de *Striga* comptés 30 JAS, à la montaison et à la floraison du maïs sont négativement corrélés avec le nombre de plants récoltés, la date à 50% de floraison et le rendement grain du maïs. Par contre, la date à 50% de floraison du maïs est positivement corrélée avec le rendement du maïs.

Comparativement aux témoins, l'apport de fiente de chauve-souris aux doses de 10, 15 et 20 t ha⁻¹ a engendré des baisses de rendements du niébé durant les trois années avec des taux allant de 25 à 28% en 2011, de 22 à 23% en 2012 et de 14 à 30% en 2013 (Tableau 9).

Tableau 2 : Probabilités des effets des facteurs testés sur les variables mesurées du maïs, du niébé et de *Striga hermonthica*, Tchad, 2011 à 2013.

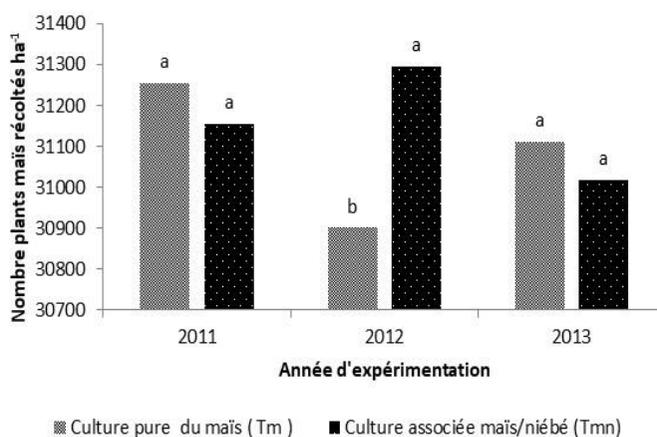
| Source | Degré de liberté | Nombre de <i>Striga</i> 30 jours après semis du maïs | Nombre de <i>Striga</i> à la montaison du maïs | Nombre de <i>Striga</i> à la floraison du maïs | Date de 50% de floraison du maïs | Nombre de Plants de maïs récoltés | Rendement Grain Du maïs | Rendement Grain du niébé |
|-----------------------|------------------|--|--|--|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Année | 2 | 0,09 | 0,04 | 0,05 | < 0,01 | 0,73 | 0,21 | < 0,01 |
| Bloc (année) | 6 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Système | 1 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,06 | 0,44 | < 0,01 | - |
| Fertilisation | 12 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Année*système | 2 | 0,93 | 0,32 | 0,98 | 0,30 | 0,02 | < 0,01 | - |
| Année*fertilisation | 24 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | < 0,01 | 0,04 | < 0,01 | < 0,01 |
| Système*fertilisation | 12 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,10 | < 0,01 | - |
| C.V. (%) | | 45,38 | 47,69 | 46,59 | 1,04 | 2,22 | 14,54 | 6,54 |

Tableau 3: Effets interactifs de l'année et de la fertilisation organique, du système de culture et de la fertilisation organique sur le nombre de *Striga hermonthica* 30 JAS.

| Fertilisation organique | Nombre de <i>Striga hermonthica</i> m ⁻² , 30 JAS | | | | |
|---|--|--------|-------|----------------------|-----------------------|
| | Année | | | Système de culture | |
| | 2011 | 2012 | 2013 | Maïs en culture pure | Maïs associé au niébé |
| Zéro fertilisation | 3,00a | 3,00a | 3,00a | 3,00a | 3,00a |
| 10 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 1,83b | 2,16b | 1,50b | 3,00a | 0,66b |
| 20 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 1,83b | 1,66bc | 1,50b | 2,44b | 0,88b |
| 40 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 0,33d | 0,33d | 0,00c | 0,44e | 0,00c |
| 80 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 0,00d | 0,00d | 0,00c | 0,00f | 0,00c |
| 10 t ha ⁻¹ de compost | 2,16b | 2,16b | 1,16b | 2,66ab | 1,00b |
| 20 t ha ⁻¹ de compost | 1,16c | 1,16c | 0,00c | 1,55c | 0,00c |
| 40 t ha ⁻¹ de compost | 0,00d | 0,00d | 0,00c | 0,00f | 0,00c |
| 80 t ha ⁻¹ de compost | 0,00d | 0,00d | 0,00c | 0,00f | 0,00c |
| 5 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,50d | 0,66cd | 0,33c | 1,00d | 0,00c |
| 10 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,00d | 0,00d | 0,00c | 0,00f | 0,00c |
| 15 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,00d | 0,00d | 0,00c | 0,00f | 0,00c |
| 20 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,00d | 0,00d | 0,00c | 0,00f | 0,00c |

Note: Les valeurs suivies de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil critique de probabilité p inférieure ou égale à 0.05.

JAS : Jours après le semis

**Figure 2:** Nombre de pieds de maïs récoltés ha⁻¹ en fonction du système de culture et de l'année.

Note: Les valeurs suivies de la même lettre dans une année ne sont pas significativement différentes au seuil critique de probabilité p inférieure ou égale à 0.05.

Tableau 4: Effets interactifs de l'année et de la fertilisation organique, du système de culture et de la fertilisation organique sur le nombre de *Striga hermonthica* à la montaison du maïs.

| Fertilisation organique | Nombre de <i>Striga hermonthica</i> m ⁻² | | | | |
|---|---|--------|-------|----------------------|-----------------------|
| | Année | | | Système de culture | |
| | 2011 | 2012 | 2013 | Maïs en culture pure | Maïs associé au niébé |
| Zéro fertilisation | 3,16a | 3,50a | 3,00a | 3,44a | 3,00a |
| 10 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 2,00bc | 2,16b | 1,50b | 3,00b | 0,77b |
| 20 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 2,33b | 2,33b | 1,50b | 3,00b | 1,11b |
| 40 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 0,50d | 0,50de | 0,00c | 0,66d | 0,00c |
| 80 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00e | 0,00c |
| 10 t ha ⁻¹ de compost | 2,33b | 2,16b | 1,16b | 2,77b | 1,00b |
| 20 t ha ⁻¹ de compost | 1,50c | 1,33c | 0,00c | 1,88c | 0,00c |
| 40 t ha ⁻¹ de compost | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00e | 0,00c |
| 80 t ha ⁻¹ de compost | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00e | 0,00c |
| 5 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,50d | 0,66d | 0,33c | 1,00d | 0,00c |
| 10 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00e | 0,00c |
| 15 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00e | 0,00c |
| 20 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00e | 0,00c |

Note : Les valeurs suivies de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil critique de probabilité p inférieure ou égale à 0.05.

Tableau 5: Effets interactifs de l'année et de la fertilisation organique, du système de culture et de la fertilisation organique sur le nombre de *Striga hermonthica* à la floraison du maïs.

| Fertilisation organique | Nombre de <i>Striga hermonthica</i> m ⁻² | | | | |
|---|---|--------|-------|----------------------|-----------------------|
| | Année | | | Système de culture | |
| | 2011 | 2012 | 2013 | Maïs en culture pure | Maïs associé au niébé |
| Zéro fertilisation | 3,50a | 3,50a | 3,50a | 4,00a | 3,00a |
| 10 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 2,00bc | 2,16b | 1,50b | 3,00b | 0,77b |
| 20 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 2,33b | 2,33b | 1,50b | 3,00b | 1,11b |
| 40 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 0,50d | 0,50de | 0,00c | 0,66d | 0,00c |
| 80 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00e | 0,00c |
| 10 t ha ⁻¹ de compost | 2,33b | 2,50b | 1,33b | 2,88b | 1,22b |
| 20 t ha ⁻¹ de compost | 1,50c | 1,50c | 0,00c | 2,00c | 0,00c |
| 40 t ha ⁻¹ de compost | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00f | 0,00c |
| 80 t ha ⁻¹ de compost | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00f | 0,00c |
| 5 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,50d | 0,66d | 0,50c | 1,11d | 0,00c |
| 10 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00f | 0,00c |
| 15 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00f | 0,00c |
| 20 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 0,00d | 0,00e | 0,00c | 0,00f | 0,00c |

Note : Les valeurs suivies de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil critique de probabilité p inférieure ou égale à 0.05.

Tableau 6 : Effets interactifs de l'année et de la fertilisation organique, du système de culture et de la fertilisation organique sur la date de 50% de floraison du maïs.

| Fertilisation organique | Date de 50 % de floraison (JAS) | | | | |
|---|---------------------------------|------|------|----------------------|-----------------------|
| | Année | | | Système de culture | |
| | 2011 | 2012 | 2013 | Maïs en culture pure | Maïs associé au niébé |
| Zéro fertilisation | 53d | 53f | 53e | 53f | 53f |
| 10 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 53d | 54e | 53e | 54e | 53f |
| 20 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 54d | 54e | 54d | 54e | 54e |
| 40 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 54d | 55d | 55d | 55d | 54e |
| 80 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 53d | 55d | 55d | 54 ^e | 55d |
| 10 t ha ⁻¹ de compost | 53d | 53f | 53e | 53f | 53f |
| 20 t ha ⁻¹ de compost | 53d | 53f | 53e | 53f | 53f |
| 40 t ha ⁻¹ de compost | 53d | 53f | 53e | 53f | 53f |
| 80 t ha ⁻¹ de compost | 53d | 53f | 53e | 53f | 53f |
| 5 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 58c | 58c | 62b | 60b | 59c |
| 10 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 59b | 59b | 61c | 59c | 61b |
| 15 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 61a | 61a | 62b | 61a | 62a |
| 20 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 61a | 61a | 63a | 61a | 61b |

Note : Les valeurs suivies de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement.

Date de 50% de floraison du maïs = nombre de jours de la date de semis du maïs à la date de 50% de floraison du maïs.

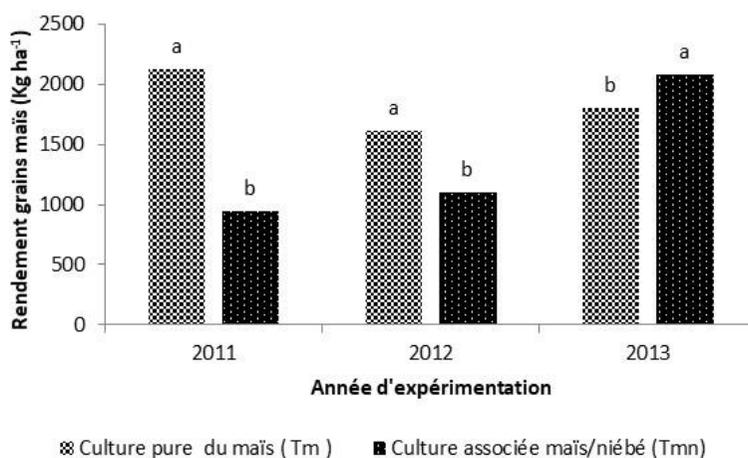


Figure 3: Le rendement grain du maïs (kg ha⁻¹) obtenu en fonction de l'année et du système de culture.

Note: Les valeurs suivies de la même lettre dans une année ne sont pas significativement différentes au seuil critique de probabilité p inférieure ou égale à 0.05.

Tableau 7: Effets interactifs de l'année et de la fertilisation organique, du système de culture et de la fertilisation organique sur le rendement grain du maïs.

| Fertilisation organique | Rendement grain du maïs (kg ha ⁻¹) | | | | |
|---|--|--------|--------|----------------------|-----------------------|
| | Année | | | Système de culture | |
| | 2011 | 2012 | 2013 | Maïs en culture pure | Maïs associé au niébé |
| Zéro fertilisation | 704e | 711d | 1476c | 854f | 1073d |
| 10 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 1205d | 1115c | 1605c | 1465e | 1341bc |
| 20 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 1428cd | 1319bc | 1942b | 1674d | 1503bc |
| 40 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 1589bc | 1394b | 1996ab | 1888c | 1539b |
| 80 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 1834b | 1556b | 2105ab | 2098bc | 1638ab |
| 10 t ha ⁻¹ de compost | 1239cd | 1123c | 1815bc | 1551de | 1088d |
| 20 t ha ⁻¹ de compost | 1344cd | 1131c | 1872b | 1588de | 1266cd |
| 40 t ha ⁻¹ de compost | 1665bc | 1447b | 2002ab | 2057bc | 1374bc |
| 80 t ha ⁻¹ de compost | 2024ab | 1770ab | 2215a | 2184b | 1747a |
| 5 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 1459c | 1336bc | 1957b | 1975c | 1171cd |
| 10 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 1690bc | 1485b | 2008ab | 2162bc | 1296c |
| 15 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 2095a | 1806a | 2232a | 2518a | 1546ab |
| 20 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 1698bc | 1489b | 2067ab | 2047bc | 1318c |

Note : Les valeurs suivies de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil critique de probabilité p inférieure ou égale à 0.05.

Tableau 8: Corrélations (Pearson) entre les variables mesurées du maïs et de *Striga hermonthica*.

| | Nombre de <i>Striga</i> 30 jours après semis du maïs | Nombre de <i>Striga</i> à la montaison du maïs | Nombre de <i>Striga</i> à la floraison du maïs | Nombre de Plants de maïs récoltés | Date à 50% de floraison du maïs |
|---|--|--|--|-----------------------------------|---------------------------------|
| Nombre de pieds de <i>Striga</i> à la montaison du maïs | 0.98* | | | | |
| Nombre de pieds de <i>Striga</i> à la floraison du maïs | 0.97* | 0.99* | | | |
| Nombre de plants de maïs récoltés | -0.19* | -0.22* | -0.21* | | |
| Date à 50% de la floraison du maïs | -0.36* | -0.36* | -0.36* | 0.09 | |
| Rendement grain du maïs | -0.25* | -0.25* | -0.26* | 0.10 | 0.16* |

Note : *Valeurs significatives à P inférieure ou égale à 0.05 (N = 234).

Tableau 9: Effets interactifs de l'année et de la fertilisation organique sur le rendement grain du niébé.

| Fertilisation organique | Rendement grain du niébé (kg ha ⁻¹) | | |
|---|---|---------|---------|
| | An 2011 | An 2012 | An 2013 |
| Zéro fertilisation | 671a | 481ab | 1957b |
| 10 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 667ab | 452ab | 2024ab |
| 20 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 634ab | 507a | 2070a |
| 40 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 731a | 456ab | 1809c |
| 80 t ha ⁻¹ de bouse de vache | 586bc | 446ab | 1793c |
| 10 t ha ⁻¹ de compost | 550bc | 398b | 1667d |
| 20 t ha ⁻¹ de compost | 635ab | 441ab | 1870c |
| 40 t ha ⁻¹ de compost | 696a | 433ab | 1593de |
| 80 t ha ⁻¹ de compost | 563bc | 383b | 1556e |
| 5 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 521bc | 409b | 1843c |
| 10 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 483c | 374b | 1593de |
| 15 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 500bc | 375b | 1685d |
| 20 t ha ⁻¹ de fientes de chauve-souris | 489bc | 370b | 1367f |

Note : Les valeurs suivies de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil critique de probabilité P inférieure ou égale à 0.05.

DISCUSSION

Les résultats ont montré que dans le cas de deux systèmes de culture, l'application des doses utilisées de fiente de chauve-souris, ainsi que des doses élevées (40 à 80 t ha⁻¹) de bouse de vache et du compost, affectent le développement de *Striga hermonthica* et améliorent le rendement grain du maïs. Akanvou et al. (2006) rapportent que l'utilisation conjointe des variétés de maïs tolérantes au *Striga*, des engrais et des légumineuses en association avec le maïs constitue un des moyens de lutte intégrée efficace contre le parasite. En Station de recherche à Kouaré au Burkina Faso, l'utilisation d'une variété de sorgho résistante, combinée à un inoculum de *Fusarium*

oxysporum et à la bouse de vache a significativement réduit l'infestation de *Striga hermonthica* 85 jours après le semis (Yonli et al., 2011). La productivité des champs de productions agricoles peut être améliorée grâce à une gestion adéquate du *Striga* (Hassan et al., 2016) et d'apport d'éléments nutritifs aux sols particulièrement l'azote qui réduit considérablement la production, par la plante hôte, d'exsudats racinaires contenant les stimulants de la germination des graines du parasite, ce qui crée des conditions défavorables au développement du parasite (Dembélé., 2009). Pour ce faire, il serait donc important d'inclure des technologies de gestion intégrée du *Striga* qui sont potentiellement réalisables

par les petits producteurs dont les capacités techniques, matérielles et financières sont souvent très limitées. Le nombre de *Striga* diminue quand les doses de matière organique deviennent de plus en plus importantes, plus particulièrement dans les systèmes de culture associant céréales et légumineuses (Randrianjafizanaka, 2010). Dans les parcelles qui ont reçu la fiente de chauves-souris, aucune émergence du parasite n'a été constatée pendant les trois années d'expérimentation. L'analyse physico-chimique a montré que la fiente de chauve-souris utilisée dans l'expérimentation contenait une teneur en azote de 9,05%. Cette forte teneur en azote expliquerait l'absence de plants de *Striga* émergés dans les parcelles amendées avec la fiente de chauve-souris

Dans le processus de mise en valeur et d'exploitation continue des terres, les pertes en éléments nutritifs du sol sont progressives et il importe d'opérer des compensations pour éviter les chutes de rendements (Djenontin et al., 2007 ; Saïdou et al., 2012). L'utilisation des fumures organiques dans les amendements de sol, tout en permettant de lutter contre l'infestation du *Striga*, contribue également à l'augmentation des rendements des cultures. Malheureusement, ces compensations sont généralement inférieures à la perte d'éléments nutritifs causée par ce processus.

Dans la présente étude, les meilleurs rendements ont été obtenus dans les parcelles amendées avec de la fiente de chauve-souris à la dose de 15 t ha⁻¹ et les parcelles fortement amendées avec de la bouse de vache et du compost (80 t ha⁻¹) au cours des trois années de l'étude. En culture associée maïs/niébé, les rendements grains du maïs augmentent de manière linéaire avec l'augmentation de la dose de fumure organique (Khan et al., 2007). La fiente de chauve-souris bien qu'elle

augmente le rendement du maïs contribue à prolonger la date de floraison de cette culture de sept à dix jours pour les trois années d'expérimentation. En cas d'arrêt précoce de la pluviométrie, les parcelles amendées avec la fiente peuvent souffrir plus que les autres de stress hydrique.

L'étude a montré que l'infestation du *Striga* est négativement corrélée aux variables mesurées du maïs. Ces corrélations négatives ont probablement eu des impacts négatifs sur les rendements du maïs.

L'étude a montré que les rendements du niébé sont plus faibles dans les parcelles amendées, comparativement aux parcelles témoins. Le niébé, du fait qu'il fixe l'azote atmosphérique, n'a probablement pas besoin des fortes doses de fumures organiques appliquées dans l'étude.

Conclusion

L'utilisation des fumures organiques a permis de mettre en évidence leur rôle dans la lutte contre *Striga hermonthica* et dans l'amélioration de la productivité des champs. L'efficacité de la fiente de chauve-souris a été particulièrement remarquable. En effet, à partir de la dose de 10 t ha⁻¹ de cette fumure, aucune émergence de *Striga* n'a été observée dans les parcelles pendant toutes les années de l'étude. Les rendements optima sont obtenus avec l'application de la dose de 15 t ha⁻¹ de fiente de chauve-souris et de 80 t ha⁻¹ de bouse de vache et du compost. Les meilleurs rendements pour le niébé ont été obtenus dans les parcelles sur lesquelles aucune fumure organique n'a été apportée (parcelles témoins). En perspective, cette étude pourrait être poussée davantage afin d'établir la relation « dose de fumure - type de sol ». Les résultats de cette étude peuvent être utilisés comme outil de vulgarisation et leur

application permettra de lutter efficacement contre *Striga hermonthica* et d'améliorer de façon significative la productivité des champs et partant la production vivrière.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent n'étant pas en compétition avec d'autres auteurs.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont contribué d'une manière égalitaire à la rédaction du présent article.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre gratitude:

- au Président du Centre de Formation et de Développement Durable (CFDD) pour la mise à disposition de l'espace expérimental et l'organisation des activités sur le terrain,
- au Directeur Général du Centre National d'Appui à la Recherche (CNAR) du Tchad, pour l'autorisation d'accès à sa bibliothèque, la connexion internet et la livraison d'informations indispensables à la réalisation de la présente étude.

REFERENCES

- Akanvou L, Akanvou R, Toto K. 2006. Effets des variétés de maïs et de légumineuses dans la lutte contre *Striga hermonthica* en zone de savane en Côte d'Ivoire. *Agron. Africaine*, **18**(1): 13-21. DOI: 10.4314/aga.v18i1.1675.
- Barkaï O. 2011. La problématique des ressources en eau et l'agriculture au Tchad. En ligne sur le site: barkai.unblog.fr/2011/08/.
- Boussim IJ, Yonli D, Guinko S, Sallé G. 2011. Etat d'infestation, connaissance endogène et approche systématique des

espèces du genre *Striga* au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**(4): 1374-1386.

- Daoud MB, Traoré H, Palé S, Zombré NP. 2017. Perception paysanne de l'infestation de *Striga hermonthica* sur la production agricole dans la région du Chari-Baguirmi au Tchad. *Science et Technique, Sciences Agronomiques et Appliquées*, **4**: 381-393.
- Dembélé B, Sidibé A. 2009. Guide de formation en lutte participative contre le *Striga* dans le système de culture à base de sorgho. 27p.
- DREM. 2011. Données climatiques de la Normale 1981-2010 pour N'Djaména aéroport et environs, Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie du Tchad, N'Djaména, 6p.
- Djenontin JA, Wennink B, Dagbenongbakin G, Ouinkoun G. 2007. Pratiques de gestion de fertilité dans les exploitations agricoles du Nord-Bénin. Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun. 10p.
- Hassan MB, Baiyegunhi LJS, Ortmann GF, Abdoulaye T. 2016. Adoption of striga (*striga hermonthica*) management technologies in Northern Nigeria. *Agrekon*, **55**: 168-188.
- Khan ZR, Midega CAO, Hassanali A, Pickett JA, Wadhams LJ. 2007. Assessment of different legumes for the control of *Striga hermonthica* in maize and sorghum. Nairobi, Kenya. 7p.
- Lawane G, Souapibé PS, Vénasius L, Gnokréo F, Djimasbeye N, N'Doutamia G. 2010. Efficacité de l'association des céréales et du niébé pour la production des grains et la lutte contre *Striga hermonthica* (Del.). Université de N'Djaména, Tchad. 10p.

- Nékouam N, Bédingam LD, Djimadoum B, Djonkréo F, Ganosonné M. 2010. Recherche sur le *Striga* et le SIDA, Rapport ITRAD, Tchad. 10p.
- Randrianjafizanaka MT. 2010. L'influence du semis direct sous couverture végétale (SCV) sur la croissance et le développement du striga. Mémoire de fin d'étude d'ingénierie, Université Athénée Saint Joseph Antsirabé, Madagascar. 83p.
- Saïdou A, Kossou DK, Acakpo C, Richards P, Kuyper TW. 2012. Effects of farmers practices of fertilizer application and land use types on subsequent maize yield and nutrient uptake in central Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(1): 365-378.
- Yaméogo JT, Hien M, Lykke AM, Somé AN, Thiombiano A. 2011. Effet des techniques de conservation des eaux et des sols, zaï forestier et cordons pierreux, sur la réhabilitation de la végétation herbacée à l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**(1) : 56-71.
- Yonli D, Traoré H, van Mourik TA, Hess DE, Sérémé P, Sankara P. 2011. Integrated control of *Striga hermonthica* (Del.) Benth. in Burkina Faso through host plant resistance, biocontrol and fertilizers. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**(5) : 1860-1870.