



Original Paper

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

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

Rentabilité économique de différentes longueurs de poquets de *zai* rectangulaire sous culture de *Sorghum bicolor* (L.) Moench dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne du Burkina Faso

Abdoulaye DABRE^{1,2*}, Patrice SAVADOGO³, Lassina SANOU³ et
Hassan Bismarck NACRO¹

¹Université Nazi BONI, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol; 01 B.P: 1091 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

²Netherlands Development Organization (SNV), Agriculture Sector; 01 B.P: 625 Ouagadougou 01, Burkina Faso.

³Centre National de Recherche Scientifique et Technologique, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Département Environnement et Forêts; 03 B.P: 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

*Auteur correspondant; E-mail: dabreab@gmail.com; Tel.: +226 70 99 78 05.

Received: 27-12-2022

Accepted: 01-06-2023

Published: 30-06-2023

RESUME

L'étude a évalué la rentabilité économique de 4 longueurs de poquets du *zai* rectangulaire (ZR) à Kiembara et à Arbolle au Burkina Faso. 4 longueurs (30-35-40-45 cm) du ZR et du Z, ont été soumis à 4 types d'amendements : Sans apport (S), compost (C), engrais NPK (N) et compost associé au NPK (CN) dans un dispositif expérimental split plot à 2 facteurs à 4 répétitions. Les charges et les ventes des récoltes ont permis de calculer le bénéfice net et le ratio bénéfice sur coût. Les résultats montrent que le ZR30CN a la charge la plus importante à Arbolle (1 206 032 F.CFA.ha⁻¹). Le produit a été plus élevé au cours de l'étude (365 643 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 332 080 F.CFA.ha⁻¹ en 2020) sous ZR45 par rapport à celui noté sous Z (196 075 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 151 926 F.CFA.ha⁻¹ en 2020). Seul, l'apport du NPK dans ces poquets a été bénéfique (136 502 F.CFA.ha⁻¹) en première année. Dès lors, le ZR45CN à Kiembara semble significativement plus rentable (RBC=19,22) que ZR45C (12,71) et de ZR45CN (12,71). Ces résultats pourront convaincre les agriculteurs et décideurs à adopter cette technique comme bonne pratique de restauration des sols.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Zipellé*, *zai* rectangulaire, temps, charges, coût, bénéfice.

Economic profitability of different lengths of rectangular *zai* pits under *Sorghum bicolor* (L.) Moench cultivation in the Sahelian and Sudano-Sahelian zones of Burkina Faso

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the economic profitability of 4 lengths of rectangular *zai* pits (ZR) in Kiembara and Arbolle in Burkina Faso. 4 lengths (30-35-40-45 cm) of ZR and Z, were subjected to 4 types of amendments: Without input (S), compost (C), NPK fertilizer (N) and compost associated with NPK

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

9305-IJBSC

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i4.17>

(CN) in a 2-factor split plot experimental design with 4 replicates. Crop loads and sales were used to calculate the net profit and the benefit to cost ratio. The results show that the ZR30CN has the highest load in Arbolle (1,206,032 F.CFA.ha⁻¹). The product was higher during the study (365,643 F.CFA.ha⁻¹ in 2019 and 332,080 F.CFA.ha⁻¹ in 2020) under ZR45 compared to that noted under Z (196,075 F.CFA.ha⁻¹ in 2019 and 151,926 F.CFA.ha⁻¹ in 2020). Only the contribution of NPK in these pits was beneficial (136,502 F.CFA.ha⁻¹) in the first year. Therefore, ZR45CN at Kiembara seems significantly more profitable (RBC=19.22) than ZR45C (12.71) and ZR45CN (12.71). These results could convince farmers and decision makers to adopt this technique as a good soil restoration practice.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Zippelle, rectangular *zai*, time, production costs, cost, profit

INTRODUCTION

Face à la dégradation continue des sols, les paysans ont développé des initiatives endogènes pour améliorer la production agricole et leur résilience (Sawadogo, 2006; Sawadogo et al., 2008 ; Wouterse, 2017). Ainsi, le *zai* a été introduit et s'est imposé comme une alternative pour améliorer les rendements agricoles. Il s'agit de petites cuvettes leur permettant de réduire les effets du déficit pluviométrique et des températures élevées (Barro et al., 2005; Clavel et al., 2008). En appui à ces initiatives paysannes (*zai*), des actions de recherche entreprises ont porté sur la conservation, la restauration des sols et la fertilisation organique et phosphatée (Sawadogo, 2006; Sawadogo et al., 2008). Toutefois, la réalisation du *zai*, réalisé en période sèche et chaude (40-45°C), est contraignante à cause de la forte demande en main d'œuvre liée à la pénibilité du travail (Barro et al., 2009). En effet, même si le *zai* permet de restaurer les sols fortement encroûtés (Barry et al., 2008; Lahmar et al., 2012; Schuler et al., 2016), il faut 370 à 468 hommes pour l'aménagement d'un hectare (Bayen et al., 2012). La mécanisation de ce *zai* a permis d'engendrer un revenu positif de 165 000 franc CFA/ha sous le sorgho. Le calcul de la rentabilité a montré que le *zai* mécanique a un bénéfice sur coût de 8 à 15 (Barro et al., 2005; Sigué et al., 2018; Silué et al., 2019).

L'objectif global de l'étude était d'évaluer la rentabilité économique de 4 longueurs de poquets de *zai* rectangulaire (30-35-40 et 45 cm) en fonction des amendements et de la zone agroclimatique sous sorgho. Il

s'agit de façon spécifique de comparer la rentabilité économique du *zai* rectangulaire au *zai* ordinaire, de déterminer la longueur optimale des poquets rectangulaires du *zai* suivant les amendements et la zone climatique adaptée. Il s'est agi de calculer le ratio bénéfique sur coût, en considérant les temps de travail des différentes opérations culturales pour estimer la charge du travail, les coûts des intrants et les produits bruts issus de la vente de paille et du rendement grain. C'est un paramètre très important qui déterminera le niveau d'adoption de la technologie par les agriculteurs. Pour ce faire, l'étude cherche à répondre aux questions suivantes : l'introduction de la forme rectangulaire des poquets du *zai* est-elle rentable par rapport au *zai* habituel ? Si oui, quelle est la longueur optimale permettant une meilleure rentabilité combinée aux amendements ? Et, quelle serait la zone agroclimatique adaptée ? Les hypothèses sont que le *zai* rectangulaire est plus bénéfique que le *zai* ordinaire, et que cette rentabilité est fonction des dimensions du poquet du *zai* rectangulaire et de la zone agroclimatique. Une bonne connaissance de la rentabilité de l'adoption de chacune de longueur de poquets de *zai* rectangulaire permettrait de déterminer la longueur optimale afin de mieux la diffuser au monde rural pour accroître leur rendement.

MATERIELS ET METHODES

Description des sites

L'étude a été conduite dans deux communes : Kiembara (13°14'14.65 N et -2°43'50.54 E) dans la zone sahélienne, et Arbolle (12°51'005 N et 2°3'00 W) dans la

zone soudano-sahélienne du Burkina Faso, comprises entre les isohyètes 600 et 800 mm. Les 2 communes sont placées dans les 2 provinces contiguës suivant le gradient agroclimatique de Kiembara à Arbolle. Sur les 30 dernières années, la moyenne pluviométrique est de 685 mm d'eau à Kiembara et 714 mm d'eau à Arbolle. La saison des pluies s'installe généralement en juin et prend fin en septembre. En début de campagne agricole, la moyenne des longueurs des séquences sèches au cours de cette période est de 09 jours à Kiembara et 08 jours à Arbolle. En fin de saison de pluies, cette moyenne augmente d'une journée dans les deux communes (Tableau 1).

A Kiembara, le premier essai a été implanté sur un plinthosol épipétrique ferrique d'une profondeur moyenne de 29 cm de couleur gris brunâtre clair (10YR6/2) en surface et brun très pâle (10YR7/4) en profondeur à l'état sec. A l'état humide, ce sol est de couleur brun (10YR4/3) en surface et brun jaunâtre (10YR5/4) en profondeur. La texture de ce sol est limono-argilo-sableuse en surface et argileuse en profondeur. La consistance est dure en surface et très dure en profondeur. L'environnement des sites de Kiembara est une savane à *Piliostigma reticulata*, *Combretum glutinosum*, *Lannea microcarpa* et *Cassia sieberiana*

Le sol du second site a été également implanté d'un plinthosol épipétrique ferrique de 29 cm de profondeur utile de couleur gris brunâtre clair (10YR6/2) en surface et brun pâle (10YR6/3) en profondeur à l'état sec. A l'état humide, il est de couleur brun grisâtre (10YR5/2) en surface et brun (10YR4/3) en profondeur. La texture de ce sol est limono-argilo-sableuse en surface et limono-argileuse en profondeur. Sa charge graveleuse est de 15% de graviers ferrugineux en profondeur. La consistance est dure en surface tout comme en profondeur.

Dans le village de Toyendé à Arbolle, le lixisol endo-pétoplithique ferrique décrit a une profondeur moyenne de 71 cm est rouge jaunâtre (7,5YR6/6) dans les premiers 18 cm et brun vif (7,5YR5/6) dans l'horizon 18-44 cm à

l'état sec. A l'état humide, ces couleurs sont brun foncé (7,5YR4/6) en surface et en profondeur (18 - 44 cm). Le troisième horizon (44-71 cm) est fortement gravillonnaire (plus de 70%) de gravier ferrugineux et n'a pas fait l'objet de description. Les poches à coprolithes ont été observées dans les horizons 0-44 cm. Il est limono-argileux en surface et argileux en profondeur. La charge graveleuse faible (5%) dans le premier horizon a atteint 15% dans le deuxième horizon et plus de 70% de graviers ferrugineux dans le dernier. La consistance est très dure en surface à dure en profondeur à l'état sec. L'environnement du site est un savane parc à *Vitellaria paradoxa*, *Lannea microcarpa*, *Piliostigma reticulatum*, *Cassia sieberiana*, *Sclerocaria birrea*, *Parkia biglobosa*, *Faidherbia albida*, *Azadirachta indica*, *Calothyrsus procera*, des repousses de *Diospyros mespiliformis*, *Guirra senegalensis* et *Combretum glutinosum*.

A Zogbèga, le site est placé sur un lixisol endo-pétoplithique hyperferrique de 52 cm de profondeur de brun jaunâtre (10YR5/4) en surface (0-20 cm) et brun vif (7,5YR5/4) en profondeur (20-52 cm) à l'état sec. Il prend la couleur brun jaunâtre foncé (10YR3/4) en surface et brun foncé (7,5YR4/4) en profondeur à l'état humide. Ce sol est limono-sablo-argileux en surface et argileux en profondeur avec une faible charge graveleuse en surface (5%) de graviers ferrugineux. Cette charge atteint 50% de graviers ferrugineux et ferro-manganique en profondeur. La consistance est dure en surface et peu dure au-delà de 20 cm à l'état sec. C'est une vieille jachère sous savane arbustive très claire à *Balanites aegyptiaca*, *Cassia sieberiana*, *Combretum nucrathum*, *Guirra senegalensis*, *Azadirachta indica* et *Acassia seyal*.

Matériel végétal et caractéristiques des fertilisants et des sols des sites

La variété *kapelga* de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) utilisée a un rendement potentiel en grain de 2800 kg.ha⁻¹ et de 1200 kg.ha⁻¹ en milieu paysan (Traore et al., 2021). Les pailles servent aussi d'aliments bétail, de toitures et de palissages (Clavel et al., 2008).

Le compost produit en fosse par le groupement féminin « Nong-Taaba » de Sibago à Nanoro à base des tiges fragmentées de sorgho et de mil et l'engrais NPK (14-23-14-6-1) ont été utilisés comme fertilisants. Quatre sols dénudés et laissés en jachère d'au moins 20 ans, ont servi de support de production. Les caractéristiques de ces sols avant l'installation des essais décrits suivant les procédures du laboratoire CID (Tableau 2) et la composition des composts et de l'engrais NPK utilisés (Tableau 3), ont été déterminées.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était un split plot bifactoriel couvrant une superficie de 1155 m² (69 m x 26 m) divisée en 5 blocs de 231 m² (21 m x 11 m) distants de 2 m. Les 4 blocs ont été aléatoirement affectés à chacun des 04 longueurs de poquets rectangulaires de *zai* (45 – 40 – 35 et 30 cm), 1 bloc au *zai* ordinaire (facteur principal). Chaque bloc subdivisé en 4 sous blocs ou parcelles élémentaires de 50 m² (10 m x 5 m) ont été séparés d'1 mètre correspondant aux 04 amendements appliqués (facteur secondaire). Il en résulte 20 traitements, répétés 02 fois par commune sur une superficie totale de 4620 m² en 2019 et 2020 (Tableau 4). Les poquets de *zai* ont été réalisés suivant les écartements de 80 cm entre les lignes et de 40 cm sur les lignes (Barro et al., 2005; Yaméogo et al., 2013; Gnoumou et al., 2017). La largeur et la profondeur de poquets étaient constantes (20 cm). Ainsi, il a été réalisé 17 265, 16 428, 14 865 et 13 302 poquets rectangulaires de *zai* longs respectivement de 30 cm (ZR30), 35 cm (ZR35), 40 cm (ZR40) et 45 cm (ZR45), contre 19 275 poquets de *zai* ordinaire (Z). La terre d'horizon 0-10 cm a été bien mélangée aux apports et retournée dans les poquets (Masse et al., 2011). La terre de l'horizon 10-20 cm a servi de bourrelet en aval pour maintenir l'eau de ruissellement dans les poquets. Il est appliqué 150 à 600 g de fumier ou de compost sont appliqués par poquet dans la zone d'étude (Bayen et al., 2012; Yaméogo et al., 2013). Après les semis et le démariage, 06 plants de sorgho ont été retenus par poquet rectangulaire,

contre 02 plants au niveau du *zai* ordinaire. Au total, 263 producteurs volontaires ont participé à cette étude dont 04 d'entre-eux ont conduit les essais de 20 traitements.

Collecte des données et analyses statistiques

Une fiche d'enquête a été élaborée et enregistrée sous l'application KoboCollect pour la collecte d'informations relatives au coût de travail journalier paysan, aux prix locaux du kilogramme de compost, de l'engrais chimique (NPK), de paille et de grain du sorgho. Ce questionnaire conçu en français, a été administré en langue locale (Mooré) par des entretiens individuels directs suivant un jeu de questions-réponses, entre fin mars et novembre 2021. Ces prix ont servi de base de calcul des coûts de travail, des intrants, des biomasses et du rendement grain.

Coût des opérations culturales

Le temps de travail a été évalué en chronométrant les temps des différentes opérations culturales (creusage des poquets de *zai*, application de fertilisants, semis et ressemis, démariage, sarclage, récolte, battage et vannage) en plaçant un agriculteur sur chaque parcelle élémentaire. Un seul producteur a conduit les opérations sur la parcelle élémentaire à la période indiquée au cours desquelles le temps enregistré. La formule suivante a été utilisée pour calculer le temps de réalisation d'une opération, extrapolé en heure :

$$\text{Temps } (t_i) = \text{Heure}_{\text{fin}} - \text{Heure}_{\text{début}} \quad (1)$$

i étant l'opération culturale et *t_i* en seconde.

Le temps total (T_i) par traitement et par site, a été la somme des temps des différentes opérations culturales, extrapolé en heures/ha :

$$\text{Temps}_{\text{total}} = \sum \text{Temps}_i \quad (2)$$

Le nombre homme/jour (H/j/ha) a été déterminé par la formule suivante :

$$\frac{H}{j} = \frac{\text{Temps}_{\text{total}}}{Dt} \quad (3)$$

Dt étant la durée de travail journalier obtenue (Dt) déterminé par enquête auprès des producteurs des villages de la zone d'étude

Le coût de travail a été le produit du temps total mis pour l'opération sur un hectare (H/j/ha), multiplié par le prix moyen d'une journée de travail.

$$\begin{aligned} & \text{Coût}_{\text{travail}} \\ &= \sum \text{Temps}_i \\ & * \text{Prix journalier} \end{aligned} \quad (4)$$

Coût des intrants

Le coût des intrants a été déterminé en faisant le produit des quantités totales d'intrants apportés par traitement extrapolés à l'hectare, et le coût d'un kilogramme de l'intrant considéré dans la commune. La quantité d'intrant i (Q_i) est :

$$Q_i \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Quantité d'intrant i utilisé} \times 10000}{50} \quad (5)$$

i étant l'intrant (compost, NPK et la semence) et 50 la superficie de la parcelle élémentaire en m².

Le coût de l'intrant i a été évalué par la formule suivante (Paraíso et al., 2011) :

$$\begin{aligned} & \text{Coût intrant i (F. CFA)} \\ &= Q_i \times \text{Prix intrant i} \end{aligned} \quad (6)$$

La durée de l'amortissement du compost et du NPK a été de 02 ans, du fait que les producteurs appliquent le compost et le fumier tous les 2 ans. Le coût de chaque intrant n'a pas été divisé en deux pour avoir le coût réel de l'intrant, afin de tenir compte de la compréhension paysanne de l'amortissement. Le coût total des intrants a été la somme des coûts des différents facteurs de production utilisés :

$$\begin{aligned} & \text{Coût intrants} \\ &= \text{Coût compost} + \text{Coût NPK} \\ &+ \text{Coût semence} \end{aligned} \quad (7)$$

Charge totale de production

La charge totale de production (CT) a été la somme des coûts des intrants et des coûts du travail, défini par la formule suivante :

$$\begin{aligned} & \text{CT} \\ &= \text{Coût}_{\text{intrant}} \\ &+ \text{Coût}_{\text{travail}} \end{aligned} \quad (8)$$

Produits ou valeurs (P)

La masse des épis et de paille a été déterminée à l'aide d'une balance électronique de marque CONSTANT 14192-149E, après séchage à l'abri des animaux domestiques et sauvages. Ces pesées ont permis de déterminer le rendement grain et la biomasse totale. Cette biomasse a tenu compte des résidus issus de battage des épis. Le produit a été déterminé en considérant les prix du grain et de la paille au marché local, par la formule suivante :

$$\begin{aligned} P &= \text{Production}_{\text{grain}} * \text{Prix}_{\text{grain}} \\ &+ \text{Production}_{\text{paille}} \\ &* \text{Prix}_{\text{paille}} \end{aligned} \quad (9)$$

Bénéfice net

Le bénéfice net (BN) a été donc la différence entre les produits (P) et les charges totales (CT) de production (Paraíso et al., 2011; Yabi et al., 2012) :

$$\text{BN} = P - \text{CT} \quad (10)$$

Ratio-bénéfice sur coût (RBC)

Le ratio bénéfice sur coût a été l'indicateur économique d'aide de la détermination de la longueur optimale des poquets du *zai* rectangulaire (Silué et al., 2019) :

$$\text{RBC} = \frac{\text{BN}}{\text{CT}} \quad (11)$$

Ainsi, un traitement est rentable si son RBC est supérieure à 1 (Kaboneka et al., 2020). Certains auteurs ont par contre conclu qu'un traitement est rentable si ce RBC est supérieur à 2 (Young, 1989).

Les données collectées ont été saisies avec le logiciel Excel qui a permis de construire les tableaux. L'analyse des données a été réalisée avec le logiciel GenStat, 12th édition. L'analyse de la variance (ANOVA) et le test de Newman-Keuls ont été utilisés pour la séparation des moyennes au seuil de 5%.

Tableau 1: Caractéristiques des zones d'étude.

Paramètres climatiques	Kiembara	Arbollé
Hauteur moyenne des pluies (mm/an)	685	714
Date de début des saisons des pluies	11-juin	08-juin
Date de fin des saisons des pluies	26-sept	27-sept
Longueur des séquences sèches au début de saisons (jours)	09 jours	08 jours
Longueur des séquences sèches en fin de saisons (jours)	10 jours	09 jours

Sources : Base des données de l'Agence Nationale de Météorologie du Burkina

Tableau 2: Caractéristiques des sols utilisés.

Paramètres	Kiembara		Arbollé	
	Gouéré M	Gouéré A	Toyendé	Zogbèga
Argile (%)	15,29	35,71	38,9	21,75
Limon (%)	18,34	25,1	27,34	27,79
Sable (%)	66,37	39,19	33,76	50,46
%C	0,388	0,816	1,067	1,001
%N	0,055	0,073	0,078	0,078
C/N	7,05	11,2	13,7	12,8
Phosphore assimilable (ppm)	5,91	3,71	1,5	1,36
Potassium disponible (ppm)	36,45	38,68	36,45	29,25
pHeau	6,01	6,17	5,02	5,85
CEC (méq/100)	5,87	9,06	7,03	7,91
Somme des bases (méq)	3,57	5,69	4,27	4,51
Taux de saturation (%)	53	63	60,7	57

%C : Taux de carbone ; %N : Taux d'azote ; C/N : ratio carbone sur azote ; ; pH : potentiel hydrogène, CEC (méq/100) : capacité d'échanges cationiques ; Gouéré M : site de Madou à Gouéré ; Gouéré A : site de Adama à Gouéré

Tableau 3: Résultats d'analyse des composts et de l'engrais utilisés.

Fertilisants	Communes	C total %	N total %	C/N	P total g/kg	K total g/kg	pHeau
Compost	Arbollé	12,81	0,75	17	3,60	2,76	6,95
	Kiembara	14,67	0,95	15	2,52	2,17	6,98
	Communes	Solubilité %	N %	P%	K%	S%	B%
NPKSB	Arbollé	82	14,02	23	14,08	5,98	1,01
	Kiembara	84	14,06	23	15,57	5,99	0,99

C total (%) : Taux total de carbone ; N total (%) : Taux total d'azote ; C/N : ratio carbone sur azote ; P total (g/kg) : Taux de phosphore total, K total (g/kg) : taux de potassium total ; pHeau : potentiel hydrogène à eau ; N (%) : pourcentage d'azote ; P(%) : pourcentage de phosphore assimilable, K (%) : pourcentage de potassium disponible ; S (%) : pourcentage de soufre ; B (%) : pourcentage de bore ; NPKSB : engrais chimique complexe composé d'azote, de phosphate, de potassium, de soufre et de bore

Tableau 4: Dispositif expérimental.

Codes	Traitements
ZS	<i>Zai</i> ordinaire de poquets de 25 cm de diamètre et de 20 cm de profondeur sans apport
ZC	<i>Zai</i> ordinaire de poquets de 25 cm de diamètre et de 20 cm de profondeur amendés avec 250 g compost
ZN	<i>Zai</i> ordinaire de poquets de 25 cm de diamètre et de 20 cm de profondeur fertilisés avec 6,5 g NPKSB
ZCN	<i>Zai</i> ordinaire de poquets de 25 cm de diamètre et de 20 cm de profondeur amendés avec 250 g compost + 6,5 g NPKSB
ZR30S	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 30 cm de long et de 20 cm de profondeur sans apport
ZR30C	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 30 cm de long et de 20 cm de profondeur amendés avec 500 g compost
ZR30N	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 30 cm de long et de 20 cm de profondeur fertilisés avec 6,5 g NPKSB
ZR30CN	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 30 cm de long et de 20 cm de profondeur amendés avec 500 g compost + 6,5 g NPKSB
ZR35S	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 35 cm de long et de 20 cm de profondeur sans apport
ZR35C	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 35 cm de long et de 20 cm de profondeur amendés avec 500 g compost
ZR35N	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 35 cm de long et de 20 cm de profondeur fertilisés avec 6,5 g NPKSB
ZR35CN	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 35 cm de long et de 20 cm de profondeur amendés avec 500 g compost + 6,5 g NPKSB
ZR40S	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 40 cm de long et de 20 cm de profondeur sans apport
ZR40C	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 40 cm de long et de 20 cm de profondeur amendés avec 500 g compost
ZR40N	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 40 cm de long et de 20 cm de profondeur fertilisés avec 6,5 g NPKSB
ZR40CN	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 40 cm de long et de 20 cm de profondeur amendés avec 500 g compost + 6,5 g NPKSB
ZR45S	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 45 cm de long et de 20 cm de profondeur sans apport
ZR45C	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 45 cm de long et de 20 cm de profondeur amendés avec 500 g compost
ZR45N	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 45 cm de long et de 20 cm de profondeur fertilisés avec 6,5 g NPKSB
ZR45CN	<i>Zai</i> rectangulaire de poquets de 45 cm de long et de 20 cm de profondeur amendés avec 500 g compost + 6,5 g NPKSB

RESULTATS

Temps total de travail

Le temps total de travail a été la somme de temps de toutes les opérations culturales, de la réalisation des poquets jusqu'à l'obtention de grains de sorgho. Les résultats montrent que le temps total de travail dans un champ aménagé en *zai* dépend énormément du temps de réalisation des poquets (Tableau 5). En effet, la réalisation du ZR30 a nécessité beaucoup plus de temps (923,5 h/ha), suivi de ZR35 (919,1 h/ha) et du *zai* ordinaire (Z=838,1 h/ha), comparativement à ceux des poquets rectangulaires de *zai* longs de 40 cm (ZR40=800 h/ha) et de 45 cm (ZR45=709,8 h/ha). Cette différence est hautement significative ($P < 0,001$). Ce qui représente 72,2 à 88,9% du temps total mis pour la production du sorgho. Après la réalisation de ces poquets, la variation de ce temps a été liée à l'application des amendements, au sarclage et autres opérations culturales (Tableau 6). Ce temps a été plus important sous ZR35CN (1410 h/ha) suivis de ceux observés sous ZR30CN (1326 h/ha), ZR40CN (1292 h/ha) et de ZR35C (1269 h/ha) sans différence significative mais statiquement différents de ceux de ZN (944 h/ha), ZC (915 h/ha), ZS (893 h/ha), ZR40S (868 h/ha) et de ZR45S (829 h/ha) ($P < 0,001$).

Les poquets du *zai* rectangulaire et ordinaire ont été seulement rafraichis en 2020, permettant de réduire considérablement le temps mis global (Tableau 6). Ainsi, 220,6 h/ha ont été nécessaires toute la campagne sous ZR40N, suivis de ZR35CN (215,6 h/ha), ZR45CN (214,8 h/ha), ZR40CN (197,6 h/ha), ZR35C (184,9 h/ha) et de ZR30C (189,2 h/ha) par rapport à ZR40S (62,1 h/ha). Cette différence a été faiblement significative ($P = 0,041$).

Charge totale de production en fonction des traitements

Les résultats ont montré qu'en première année, la charge totale de production a été plus élevée sous le *zai* rectangulaire de poquets longs de 30 cm (ZR30=626 821 F.CFA.ha⁻¹) suivies des charges notées sous les poquets rectangulaires de *zai* longs de 35 cm

(ZR35=570 951 F.CFA.ha⁻¹), de 40 cm (ZR40=532 712 F.CFA.ha⁻¹) et de 45 cm (ZR45=471 660 F.CFA.ha⁻¹) comparativement au *zai* ordinaire (Z=367 991 F.CFA.ha⁻¹) (Tableau 7a). Cette différence a été très significative entre chacune des longueurs des poquets par rapport au *zai* ordinaire ($P < 0,001$). Au niveau du *zai* rectangulaire, plus, la longueur des poquets augmentent, plus la charge de production diminue. L'apport combiné de compost et de l'engrais NPK (CN) dans les poquets a conduit à une charge plus élevée de 890 125 F.CFA.ha⁻¹ tandis que celui de compost uniquement (C) a induit une charge de 847 076 F.CFA.ha⁻¹. En utilisant seulement l'engrais (N), elle a été de 183 475 F.CFA.ha⁻¹ supérieure à la charge induite de l'adoption du *zai* sans apport (S=135 432 F.CFA.ha⁻¹). Les différences constatées entre les modes de fertilisation ont été hautement significatives ($P < 0,001$) (Tableau 7a). Et, la moyenne générale de charge de production a été plus importante et significative dans la zone agroclimatique soudano-sahélienne (529 573 F.CFA.ha⁻¹) qu'en zone sahélienne (498 479 F.CFA.ha⁻¹) au cours de cette première campagne.

En associant le type de *zai*, le type de fertilisants et la zone climatique, il ressort en première année que le traitement *zai* rectangulaire de poquets longs de 30 cm amendés avec le compost associé au NPK a la charge la plus importante dans la zone soudano-sahélienne (ZR30CN= 1 206 032 F.CFA.ha⁻¹) suivie de la charge induite par la même longueur poquet de *zai* rectangulaire mais amendée uniquement avec le compost (ZR30C= 1 110 814 F.CFA.ha⁻¹) (Tableau 7b). Cette différence a été très significative par rapport à celle du *zai* ordinaire sans apport (ZS) ($P < 0,001$). Il a été constaté qu'indépendamment du type de *zai*, de la longueur des poquets du *zai* rectangulaire et de la zone climatique, l'apport unique de NPK ou non dans les poquets n'a pas eu d'effet significatif sur les charges relatives à ces traitements. Cela a constitué un groupe statistique homogène dominé par ZR40N (221 451 F.CFA.ha⁻¹), ZR30N (219 083

F.CFA.ha⁻¹) dans la zone soudano-sahélienne et de ZR30N (203 602 F.CFA.ha⁻¹) dans la zone sahélienne.

Toutes ces charges de production ont connu une baisse considérable à la deuxième année de production. Suivant la longueur des poquets rectangulaire et le *zai* ordinaire, ces charges ont représenté entre 5,5 à 7,7% les charges de production obtenues à la première année de campagne. En tenant compte du temps d'amendements, elles représentent entre 4 et 19,9% des charges de production de l'année passée (Tableau 7a). Par conséquent, les effets interactifs des types de *zai*, d'amendements et de la zone agroclimatique ont donné des charges de production élevées de 52 102 sous ZR35CN, 49 518 sous ZR40N, 49 395 sous ZR45CN et de 48 295 sous ZR35N dans la zone sahélienne. Ces charges ont été statistiquement supérieures à celles notées dans la zone soudano-sahélienne quel que soit le traitement (P<0,001) (Tableau 7b).

Produits

Il ressort des résultats que le ZR45 a induit un produit le plus élevé en première année (365 643 F.CFA.ha⁻¹) tout comme en deuxième année (332 080 F.CFA.ha⁻¹) par rapport à celui du *zai* ordinaire (Z) (196 075 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 151 926 F.CFA.ha⁻¹ en 2020) (Tableau 7a). Il s'en est suivi des produits enregistrés sous le ZR40 (324 034 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 265 340 F.CFA.ha⁻¹ en 2020), de ZR35 (288 052 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 218 602 F.CFA.ha⁻¹ en 2020) et de ZR30 (261 630 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 132 613 F.CFA.ha⁻¹ en 2020). La différence observée a été hautement significative (P<0,001).

En appliquant les amendements, le produit brut élevé et significatif (430 470 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 334 646 F.CFA.ha⁻¹ en 2020) a été obtenu sous l'apport combiné de compost et de NPK (CN) par rapport aux poquets sans apport (S= 373 731 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 250 760 F.CFA.ha⁻¹ en 2020). Suivent les produits bruts liés à l'application unique de compost (311 558 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 289 806 F.CFA.ha⁻¹ en 2020) et de l'engrais NPK (319 977 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 186 288

F.CFA.ha⁻¹ en 2020). L'analyse de la variance indique une différence significative entre les types d'amendements au seuil de 5% (P<0,001) (Tableau 7a). Il en résulte une moyenne globale de produits obtenus plus élevée dans la zone sahélienne 374 731 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 250 760 F.CFA.ha⁻¹ en 2020) qu'en zone soudano-sahélienne (199 442 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 189 464 F.CFA.ha⁻¹ en 2020) (P<0,001).

En combinant les différents facteurs (Tableau 7b), la réalisation du *zai* rectangulaire de poquets longs de 45 cm et amendés avec le compost et le NPK (ZR45CN) dans la zone sahélienne a été meilleur (692 395 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 677 188 F.CFA.ha⁻¹ en 2020) que les poquets longs de 40 cm de même amendement, ZR40 CN (572 691 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 490 080 F.CFA.ha⁻¹ en 2020) comparativement à leur réalisation dans la zone soudano-sahélienne (ZR45CN = 458 582 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 373 435 F.CFA.ha⁻¹ en 2020 ; ZR40CN= 437 867 F.CFA.ha⁻¹ en 2019 et 375 142 F.CFA.ha⁻¹ en 2020). Ces différences ont été hautement significatives (P<0,001).

Bénéfice net des traitements

Le bénéfice net a été généré en soustrayant les valeurs des charges totales de production des produits obtenus. Les résultats (Tableau 8a) ont indiqué une perte allant 106 017 à 365 191 F.CFA.ha⁻¹ suivant les longueurs des poquets du *zai* rectangulaire et du *zai* ordinaire en première année de production. Le *zai* rectangulaire de poquets longs de 45 cm (ZR45) a enregistré la faible perte (106 017 F.CFA.ha⁻¹) suivi du groupe statistique composé du *zai* ordinaire (Z= 171 916 F.CFA.ha⁻¹) et des poquets rectangulaires longs de 40 cm (ZR40=208 678 F.CFA.ha⁻¹). L'analyse des variances a montré que ces pertes sont significativement très différentes (P<0,001). Seul, l'apport du NPK dans ces poquets a été bénéfique (N= 136 502 F.CFA.ha⁻¹) par rapport à l'absence d'apport (S= - 49 090 F.CFA.ha⁻¹), aux apports de compost combiné au NPK (- 459 655 F.CFA.ha⁻¹) et de compost unique (C= -

534 518 F.CFA.ha⁻¹) avec une différence très significative (P<0,001). Et, la perte globale dans la zone sahélienne (123 747 F.CFA.ha⁻¹) a été faible et significative par rapport celle notée dans la soudano-sahélienne (330 133 F.CFA.ha⁻¹) (P<0,001). Au cours de cette campagne 2019, l'application unique de l'engrais NPK dans le *zai* rectangulaire de poquets longs de 45 cm (ZR45N) a généré plus de bénéfice (365 702 F.CFA.ha⁻¹) suivi de ceux de poquets rectangulaires longs de 35 cm (ZR40N=284 769 F.CFA.ha⁻¹) et de 40 cm (ZR40N= 211 042 F.CFA.ha⁻¹) dans la zone sahélienne sans différence significative (Tableau 8a). Ce bénéfice noté n'a été significative que par rapport à ceux des poquets rectangulaires longs de 45 cm (ZR45N=170 814 F.CFA.ha⁻¹) en zone soudano-sahélienne, de 30 cm (ZR30N=150 668 F.CFA.ha⁻¹) et du *zai* ordinaire (ZN=145 897 F.CFA.ha⁻¹) en zone sahélienne. (P=0,016).

Mais, à la fin de la campagne suivante, aucune perte n'a été observée (Tableau 8a). Ainsi, le ZR45 a induit plus de bénéfice et significatif (300 748 F.CFA.ha⁻¹) par rapport à ceux de ZR40 (232 202 F.CFA.ha⁻¹) et de ZR35 (182 189 F.CFA.ha⁻¹), comparativement au *zai* ordinaire (123 677 F.CFA.ha⁻¹) et à ZR30 (98 059 F.CFA.ha⁻¹) (P<0,001). De même, l'apport de compost associé au NPK (CN) a été plus bénéfique et significatif (297 268 F.CFA.ha⁻¹) que l'apport unique de compost (255 482 F.CFA.ha⁻¹), de NPK (149 691 F.CFA.ha⁻¹) comparativement l'absence d'apport (47 059 F.CFA.ha⁻¹) (P<0,001). Le bénéfice moyen a été également significativement plus élevé dans la zone sahélienne (212 678 F.CFA.ha⁻¹) que celui de la zone soudano-sahélienne (162 072 F.CFA.ha⁻¹) (P<0,001). En analysant les effets interactifs (Tableau 8a), les résultats montrent que le traitement ZR45CN a été plus bénéfique (627 793) suivi de ZR45C (535 000 F.CFA.ha⁻¹), et significativement différent des bénéfices de ZR40CN (449 124 F.CFA.ha⁻¹) et de ZR40C (380 097 F.CFA.ha⁻¹) dans la zone sahélienne. Ce bénéfice enregistré dans la zone sahélienne a été supérieur aux meilleures

valeurs de bénéfice enregistrées sous ZR40CN (341 669 F.CFA.ha⁻¹), de ZR45CN (340 003 F.CFA.ha⁻¹) et de ZR45C (335 459 F.CFA.ha⁻¹) de la zone soudano-sahélienne. Ces différentes ont été significativement élevées par rapport aux poquets n'ayant pas bénéficié d'apport dont leurs valeurs sont comprises entre 24 402 à 54 108 F.CFA.ha⁻¹ (P=0,023).

Ratio bénéfice sur coût des traitements

Les résultats montrent (Tableau 8a) qu'aucune différence significative des ratios bénéfice sur coût, n'a été observée entre les différentes longueurs de poquets et entre les types de *zai* en 2019 (P=0,121). Néanmoins, ce ratio positif bénéfice sur coût a été de 0,05 sous ZR45, le reste étant négatif allant de -0,33 à -0,15. En associant les apports de fertilisants, l'analyse de ce ratio a indiqué que les valeurs ont été inférieures à 1 allant de 0,79 avec l'apport de NPK à -0,5 par rapport à l'apport de compost (C= -0,62) avec une différence significative (P<0,001). De plus, les résultats ont montré que l'application du compost ou du compost associé au NPK dans les différents types de *zai* et quel que soit la longueur des poquets, a induit des ratios négatifs à la première année (Tableau 8b). Par contre, ce ratio n'est positif en général que lorsque les poquets ont été fertilisés avec l'apport unique de l'engrais NPK. Ainsi, il a été plus élevé sous ZR45N (2,09) suivi de ceux de ZR35N (1,49), de ZR40N (1,25) et de Z (1,12) dont rentables dans la zone sahélienne comparativement à celui de ZR45N (0,94) de la zone sahélienne. Ces différences ont été significatives par rapport aux apports de compost ou de compost combiné au NPK dans les poquets (P=0,029).

Toutefois, au cours de la deuxième campagne de production, tous les ratios ont été positifs et supérieurs à 1 (Tableaux 8a et 8b). Ainsi, l'investissement d'un franc CFA dans le ZR45 a plus rapporté (9,2 franc CFA) et différent de celui de ZR40 (6,55 franc CFA) et de ceux de ZR35 (4,84 franc CFA) et de Z (4,06 franc CFA), comparativement à ZR30 (2,92 franc CFA) (P<0,001). Et, l'apport de compost associé au NPK (7,96) et du seul compost (7,77) ont été meilleurs et très rentables par

rapport à l'apport unique du NPK (4,15) comparativement à la non application de fertilisants (2,92) avec des différences hautement significatives ($P < 0,001$) (Tableau 8a). Et, aucune différence significative n'a été observée entre le ratio moyen de la zone sahélienne (5,6) et celui de la zone soudano-sahélienne (5,5) ($P = 0,745$). L'adoption du ZR45CN dans la zone sahélienne a enregistré le meilleur ratio bénéfice sur coût (19,22) avec une différence significative par rapport à ceux de ZR45C (12,71) en zone soudano-sahélienne et de ZR45CN (12,71) en zone sahélienne ($P = 0,026$). En plus de ces meilleurs ratios, des

valeurs de 10,97 (ZR40CN), de 10,20 (ZR45CN) et de 10,19 (ZR40CN) ont été notées dans la zone sahélienne. Les faibles ratios ont été enregistrés dans les traitements ayant uniquement bénéficié ou non de l'engrais allant de 1,27 à 5,89. Ainsi, l'apport de l'engrais NPK n'a été rentable qu'en première année de production sous le *zai* rectangulaire de poquets longs de 45 cm, et réalisé dans la zone sahélienne. Mais pour une rentabilité économique durable, l'apport de compost associé au NPK dans cette zone climatique s'avère plus efficace.

Tableau 5: Temps de réalisation des poquets de *zai* et temps total du travail suivant les facteurs.

Facteurs	Temps de réalisation des poquets (h/ha)	Temps de rafraîchissement des poquets (h/ha)	Temps total du travail (h/ha)	
	2019	2020	2019	2020
Z	838,1 bc	3,7 a	943 b	160,5 a
ZR30	923,5 a	4,3 a	1223 a	159 a
ZR35	919,1 ab	3,8 a	1225 a	174,8 a
ZR40	800 c	3,8 a	1108 a	160,9 a
ZR45	709,8 d	2,8 b	974 b	147,4 a
F pr	<0,001 (HS)	0,002 (S)	<0,001 (HS)	0,681 (NS)
Zone sahélienne	917 a	3,7 a	1107 a	199,8 a
Zone soudano-sahélienne	759 b	3,7 a	1082 a	121,3 b
F pr	<0,001 (HS)	0,801 (NS)	0,501 (NS)	<0,001 (HS)

NB : Dans une même colonne, les valeurs affectées de la même lettre ou des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (SNK) au seuil de probabilité de 5%. HS : Différence hautement significatif, S : Différence significative ; NS : Différence non significative. Z : *zai* ordinaire ; ZR30 : *zai* rectangulaire de poquet long de 30 cm ; ZR35 : *zai* rectangulaire de poquet long de 35 cm ; ZR40 : *zai* rectangulaire de poquet long de 40 cm ; ZR45 : *zai* rectangulaire de poquet long de 45 cm

Tableau 6: Temps total des opérations culturales suivant l'interaction longueur de poquet de *zai* et types d'amendements.

Facteurs	Temps total des opérations culturales (h/ha)	
	2019	2020
ZC	915 bcd	160 ab
ZCN	1020 abcd	130,1 ab
ZN	944 bcd	145,6 ab
ZR30C	1193 abcd	189,2 ab
ZR30CN	1326 ab	184,6 ab
ZR30N	1251 abcd	172,9 ab
ZR30S	1124 abcd	118,3 ab
ZR35C	1269 abc	194,9 ab
ZR35CN	1410 a	215,6 a
ZR35N	1157 abcd	200,4 a
ZR35S	1067 abcd	117,1 ab
ZR40C	1088 abcd	191,8 ab
ZR40CN	1292 abc	197,6 ab
ZR40N	1184 abcd	220,6 a
ZR40S	868 cd	62,1 b
ZR45C	992 abcd	127,6 ab
ZR45CN	1078 abcd	214,8 a
ZR45N	997 abcd	177,7 ab
ZR45S	829 d	98,2 ab
ZS	893 bcd	91,2 ab
F pr	<0,001 (HS)	0,041 (S)

NB : Dans une même colonne, les valeurs affectées de la même ou des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (SNK) au seuil de probabilité de 5%. HS : Différence hautement significatif, S : Différence significative ; NS : Différence non significative.

Z : *zai* ordinaire ; ZR30 : *zai* rectangulaire de poquet long de 30 cm ; ZR35 : *zai* rectangulaire de poquet long de 35 cm ; ZR40 : *zai* rectangulaire de poquet long de 40 cm ; ZR45 : *zai* rectangulaire de poquet long de 45 cm ; C : apport de compost ; CN : apport compost et NPKSB ; N : apport NPKSB ; S : sans apport

Tableau 7a: Charge totale de production et produit brute en fonction des facteurs.

Facteurs	Charge totale de production (F.CFA/ha)		Produit brute (F.CFA/ha)	
	2019	2020	2019	2020
Z	367991 e	28249 d	196075 d	151926 d
ZR30	626821 a	34555 ab	261630 c	132613 d
ZR35	570951 b	36412 a	288052 bc	218602 c
ZR40	532712 c	33138 bc	324034 b	265340 b

ZR45	471660 d	31332 c	365643 a	332080 a
F pr	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)
C	847076 b	34324 b	311558 b	289806 b
CN	890125 a	37378 a	430470 a	334646 a
N	183475 c	36597 a	319977 b	186288 c
S	135432 d	22648 c	86342 c	69707 d
F pr	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)
Sahélienne	498479 b	38082 a	374731 a	250760 a
Soudano-sahélienne	529575 a	27392 b	199442 b	189464 b
F pr	0,004 (S)	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)

NB : Dans une même colonne, les valeurs affectées de la même ou des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (SNK) au seuil de probabilité de 5%. HS : Différence hautement significatif, S : Différence significative ; NS : Différence non significative.

Z : *zai* ordinaire ; ZR30 : *zai* rectangulaire de poquet long de 30 cm ; ZR35 : *zai* rectangulaire de poquet long de 35 cm ; ZR40 : *zai* rectangulaire de poquet long de 40 cm ; ZR45 : *zai* rectangulaire de poquet long de 45 cm ; C : apport de compost ; CN : apport compost et NPKSB ; N : apport NPKSB ; S : sans apport

Tableau 7b: Charge totale de production et produit brute de l’interaction longueur de poquets de *zai* et types d’amendements en fonction de la zone agroclimatique.

Interactions des facteurs	Charge totale de production (F.CFA/ha)		Produit brute (F.CFA/ha)	
	2019	2020	2019	2020
ZC	616742 g	37170 cdefgh	364370 defghijk	210760 defghij
ZCN	625502 g	29332 hijk	433250 bcdefghi	238867 defghij
ZN	134143 h	34774 defghi	280040 hijklmno	217832 defghij
ZR30C	914789 cdef	45837 abc	429520 bcdefghi	165670 efghij
ZR30CN	1043690 bc	46821 abc	487160 bcdef	182495 efghij
ZR30N	203602 h	43735 abcd	354270 efghijk	105685 ghij
ZR30S	137656 h	31524 ghij	158550 lmnopqr	77287 hij
ZR35C	905287 cdef	42476 abcdef	322830 fghijkl	329148 cdefg
ZR35CN	979021 cde	52102 a	521430 bcde	300608 defgh
ZR35N	191431 h	48295 ab	476200 bcdefg	186094 efghij
ZR35S	120183 h	29446 hijk	155700 lmnopqr	76764 hij
ZR40C	894228 def	43287 abcde	552979 bc	423384 bcd
ZR40CN	891559 def	40956 bcdefg	572691 b	490080 bc
ZR40N	171599 h	49518 ab	382640 cdefghij	247575 defghij
ZR40S	164495 h	18245 kl	99952 opqr	76764 hij
ZR45C	806966 f	27825 hijk	418560 bcdefghi	562826 ab
ZR45CN	770273 f	49395 ab	692395 a	677188 a

	ZR45N	176909 h	41098 bcdefg	542610 bcd	282996 defghij
	ZR45S	139587 h	25414 hijk	112960 nopqr	106355 ghij
	ZS	81913 h	24393 ijkl	136520 inopqr	56819 ij
	ZC	604750 g	28284 hijk	94554 opqr	115107 ghij
	ZCN	647376 g	27976 hijk	119642 nopqr	256299 defghij
	ZN	135987 h	24732 ijkl	91290 opqr	75993 ihj
	ZR30C	1110814 b	29122 hijk	147213 lmnopqr	166441 efghij
	ZR30CN	1206032 a	27818 hijk	290936 hijklmn	157355 efghij
	ZR30N	219083 h	29438 hijk	190604 klmnopqr	138126 fghij
	ZR30S	178901 h	22142 jkl	34788 r	67846 hij
	ZR35C	986908 cde	33240 defghij	229075 jklmnopq	281816 defghij
		1033448	32477 efgij		294996 defghi
Zone soudano-sahélienne	ZR35CN	bcd		290750 ghijklmn	
	ZR35N	197702 h	31091 ghij	263748 ijklmno	219551 defghij
	ZR35S	153629 h	22173 jkl	44682 pqr	59837 ij
	ZR40C	862576 ef	29585 hijk	233699 jklmnop	281034 defghij
	ZR40CN	915664 cdef	33473 efghij	437867 bcdefghi	375142 cde
	ZR40N	221451 h	34872 defghi	264712 ijklmno	169829 efghij
	ZR40S	140122 h	15168 l	47734 pqr	58911 ij
	ZR45C	767703 f	26417 hijk	322782 fghijklm	361876 cdef
	ZR45CN	788684 f	33432 defghij	458582 bcdefgh	373435 cde
	ZR45N	182838 h	28422 hijk	353652 efghijk	219203 defghij
	ZR45S	140324 h	18650 kl	23604 r	72758 hij
	ZS	97512 h	19330 kl	48932 qr	43732 j
	F pr	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	0,011 (S)	0,028 (S)

NB : Dans une même colonne, les valeurs affectées de la même ou des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (SNK) au seuil de probabilité de 5%. HS : Différence hautement significatif, S : Différence significative ; NS : Différence non significative.

Z : *zaï* ordinaire ; ZR30 : *zaï* rectangulaire de poquet long de 30 cm ; ZR35 : *zaï* rectangulaire de poquet long de 35 cm ; ZR40 : *zaï* rectangulaire de poquet long de 40 cm ; ZR45 : *zaï* rectangulaire de poquet long de 45 cm ; C : apport de compost ; CN : apport compost et NPKSB ; N : apport NPKSB ; S : sans apport.

Tableau 8a: Bénéfice net de production et ratio bénéfique sur coût en fonction des facteurs.

Facteurs	Bénéfice net (F.CFA/ha)		RBC	
	2019	2020	2019	2020
Z	-171916 b	123677 d	-0,15 a	4,06 cd
ZR30	-365191 d	98059 d	-0,33 a	2,92 d
ZR35	-282899 c	182189 c	-0,15 a	4,84 c
ZR40	-208678 b	232202 b	-0,19 a	6,55 b

ZR45	-106017 a	300748 a	0,05 a	9,20 a
F pr	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	0,121 (NS)	<0,001 (HS)
C	-535518 d	255482 b	-0,62 c	7,77 a
CN	-459655 c	297268 a	-0,50 bc	7,96 a
N	136502 a	149691 c	0,79 a	4,15 b
S	-49090 b	47059 d	-0,27 b	2,18 c
F pr	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)
Zone sahélienne	-123747 a	212678 a	0,163 a	5,6 a
Zone soudano-sahélienne	-330133 b	162072 b	-0,467 b	5,5 a
F pr	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	<0,001 (HS)	0,745 (NS)

NB : Dans une même colonne, les valeurs affectées de la même lettre ou des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (SNK) au seuil de probabilité de 5%. HS : Différence hautement significatif, S : Différence significative ; NS : Différence non significative.

Z : *zai* ordinaire ; ZR30 : *zai* rectangulaire de poquet long de 30 cm ; ZR35 : *zai* rectangulaire de poquet long de 35 cm ; ZR40 : *zai* rectangulaire de poquet long de 40 cm ; ZR45 : *zai* rectangulaire de poquet long de 45 cm ; C : apport de compost ; CN : apport compost et NPKSB ; N : apport NPKSB ; S : sans apport.

Tableau 8b: Bénéfice net de production et ratio bénéfique sur coût en fonction des facteurs.

Interactions des facteurs	Bénéfice net (F.CFA/ha)		RBC		
	2019	2020	2019	2020	
ZC	-252372 ghijk	173589 defg	-0,41 efgh	4,71 efgh	
ZCN	-192252 fghij	209535 defg	-0,31 efgh	7,13 bcdefgh	
ZN	145897 bcde	183058 defg	1,12 abcd	5,52 defgh	
ZR30C	-485269 klmn	119834 efg	-0,53 efgh	2,70 fgh	
ZR30CN	-556530 lmno	135674 efg	-0,53 efgh	3,07 fgh	
ZR30N	150668 bcde	61950 fg	0,78 bcdefg	1,37 h	
ZR30S	20894 cdef	45764 g	0,14 cdefgh	1,53 gh	
ZR35C	-582457 mno	286671 cdef	-0,63 fgh	6,84 bdefgh	
Zone sahélienne	ZR35CN	-457591 klmn	248505 defg	-0,47 efgh	4,74 efgh
	ZR35N	284769 ab	137799 efg	1,49 ab	2,85 fgh
	ZR35S	35518 cdef	47318 g	0,29 bcdefgh	1,75 gh
	ZR40C	-341249 ijklm	380097 cd	-0,38 efgh	8,79 bcdef
	ZR40CN	-318868 hijkl	449124 bc	-0,36 efgh	10,97 bcd
	ZR40N	211042 abc	198057 defg	1,25 abc	3,99 efgh
	ZR40S	-64543 defg	58519 fg	-0,40 efgh	3,20 fgh
	ZR45C	-388406 jklmn	535000 ab	-0,48 efgh	19,22 a
	ZR45CN	-77877 defg	627793 a	-0,10 defgh	12,71 bc
	ZR45N	365702 a	241899 defg	2,09 a	5,89 defgh

	ZR45S	-26627 cdefg	80941 fg	-0,19 defgh	3,18 fgh
	ZS	54607 cdef	32427 g	0,89 bcdef	1,37 h
	ZC	-510196 lmn	86823 fg	-0,84 gh	2,58 fgh
	ZCN	-527734 lmn	228323 defg	-0,81 gh	8,19 bcdefgh
	ZN	-44697 defg	51261 g	-0,30 efgh	1,73 gh
	ZR30C	-963601 r	137319 efg	-0,87 h	4,55 efgh
	ZR30CN	-915096 pr	129537 efg	-0,76 gh	4,54 efgh
	ZR30N	-28479 cdefg	108687 fg	-0,12 defgh	3,59 fgh
	ZR30S	-144113 fghi	45704 g	-0,78 gh	2,01 fgh
	ZR35C	-757834 opq	248577 defg	-0,77 gh	7,21 bcdefgh
	ZR35CN	-742698 op	262519 defg	-0,72 gh	7,85 bcdefgh
Zone soudano-sahélienne	ZR35N	66046 cdef	188460 defg	0,35 bcdefgh	5,85 defgh
	ZR35S	-108947 efgh	37664 g	-0,71 gh	1,67 gh
	ZR40C	-628878 no	251449 defg	-0,73 gh	8,44 bcdefg
	ZR40CN	-477797 klmn	341669 cde	-0,52 efgh	10,19 bcde
	ZR40N	43261 cdef	134957 efg	0,28 bcdefgh	3,92 efgh
	ZR40S	-92388 efg	43743 g	-0,65 fgh	2,87 fgh
	ZR45C	-444921 klmn	335459 cde	-0,58 efgh	12,71 b
	ZR45CN	-330102 hijkl	340003 cde	-0,41 efgh	10,20 bcde
	ZR45N	170814 bcd	190781 defg	0,94 bcde	6,74 bdefgh
	ZR45S	-116720 fgh	54108 g	-0,83 gh	2,90 fgh
	ZS	-48580 defg	24402 g	-0,50 efgh	1,27 h
	F pr	0,016 (S)	0,023 (S)	0,029 (S)	0,026 (S)

NB : Dans une même colonne, les valeurs affectées de la même ou des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (SNK) au seuil de probabilité de 5%. HS : Différence hautement significatif, S : Différence significative ; NS : Différence non significative.

Z : *zai* ordinaire ; ZR30 : *zai* rectangulaire de poquet long de 30 cm ; ZR35 : *zai* rectangulaire de poquet long de 35 cm ; ZR40 : *zai* rectangulaire de poquet long de 40 cm ; ZR45 : *zai* rectangulaire de poquet long de 45 cm ; C : apport de compost ; CN : apport compost et NPKSB ; N : apport NPKSB ; S : sans apport.

DISCUSSION

La charge de travail liée aux activités agricoles dépend de la pénibilité de chaque opération culturale et des outils dont disposent les agriculteurs. La présente étude a montré que cette charge de travail est fondamentalement liée au temps de réalisation du *zai*, qui est fonction de la longueur des poquets et de la consistance des sols. En effet, les poquets longs du *zai* réduisent le nombre de poquets à réaliser, dont le temps de travail. Ce qui expliquerait le fait que le temps de réalisation

des poquets a été fonction du nombre de poquets du *zai* et du type de *zai*. La réalisation des 17 265 poquets de *zai* rectangulaire de poquets longs de 30 cm a nécessité plus de temps (923,5 h /ha) contre 838,1 h/ha pour la réalisation de 19 275 poquets de *zai* ordinaire. En plus de ce facteur, le nombre des poquets et d'opérations culturales menées au cours de la campagne influence le temps mis global, donc la charge totale de production. C'est ainsi que la charge a été plus importante sous le *zai* rectangulaire de poquets longs de 30 cm ayant

bénéficié de l'apport de compost et de NPK. Du fait du temps important accordé à la réalisation de ce nombre élevé de poquets de 30 cm de long, l'apport combiné du compost et de l'engrais aurait contribué à augmenter le temps de travail. A l'analyse, cette contribution à la hausse de la charge de production, reste minime par rapport au coût d'achat de ces fertilisants, étroitement lié à la quantité utilisée. Plus le nombre de poquets réalisés augmente, plus la quantité de fertilisants s'accroît, et par conséquent, le coût d'investissement. Malgré un prix d'achat de 100 F.CFA.kg⁻¹ de compost contre 360 F.CFA.kg⁻¹ de NPK, sa quantité apportée à l'hectare a été telle qu'il a contribué à hausser la charge de production. Une relation entre la taille des poquets et la quantité de matière organique apportée a déjà été prouvée. Les grands poquets reçoivent en moyenne 542 g.poquet⁻¹ contre 230 g.poquet⁻¹ pour les petits poquets, correspondant respectivement à 12,6 t.ha⁻¹ et 7,8 t.ha⁻¹ (Kaboré et al., 2006). Pour éviter cette variation, 250 g ont été apportés dans les poquets de *zai* ordinaire et 500 g dans les poquets rectangulaires du *zai* pour tenir compte de l'aspect volumétrique des poquets. Ce qui explique une charge de production élevée sous ZR30CN qui a connu une diminution suivant que la longueur de poquets évoluait. C'est pourquoi, lorsque ces opérations ne sont pas réalisées, la charge baisse jusqu'à atteindre environ 52 102 F.CFA par hectare. Des résultats antérieurs ont montré qu'il faut à un actif, 68 jours et 52 jours pour réaliser entre 22 000 à 35 000 poquets.ha⁻¹ du *zai*, respectivement sur une grande et une petite exploitation. Ces poquets réalisés étaient de 30 à 34 cm de diamètre et de 9 à 11 cm de profondeur (Kaboré et al., 2006). Bien que le nombre de poquets par hectare ait été inférieur (13 302 et 17 265 poquets) à celui du *zai* ordinaire, leur réalisation a nécessité plus de temps compris entre 88,7 et 115,4 jours par hectare au cours de cette étude. Cette différence serait liée à la consistance des sols en fonction du site, au niveau de maîtrise de la réalisation de ce nouveau type de *zai*, à l'âge des agriculteurs engagés, aux longueurs des poquets et à la méthode de mesure du temps.

Dans les communes d'étude, la presque totalité des jeunes n'a été disponible pour participer aux travaux du fait de l'orpaillage dont les sites sont à environ 02 kilomètres. Leur participation aurait dû contribuer à améliorer la qualité de la main d'œuvre et réduire le temps de travail, donc la charge de travail. L'économie de Arbolé est basée principalement sur les bénéfices tirés de l'agriculture (agriculture, élevage), l'artisanat et l'orpaillage. Etant une économie de Arbolé étant une économie sous-développée avec peu de ressources naturelles et une forte dépendance des activités du secteur primaire (agriculture, élevage et l'orpaillage), l'orpaillage peut constituer une source de moyen de subsistance en plus de l'agriculture de subsistance (Márquez Rivero, 2017). Ainsi, l'apport de compost augmenterait significativement la charge de production sous les *zai* rectangulaire et ordinaire. Conséquence, l'évolution de la charge a suivi la tendance des quantités d'intrants apportés et leur cherté. Ce résultat confirme que la réalisation des poquets et la cherté des intrants sont les principaux facteurs déterminants des investissements agricoles pour la récupération des sols dénudés. Les coûts des intrants peuvent varier en fonction de la nature de l'intrant et de la localité. Des études ultérieures ont indiqué que le prix de l'engrais était de 270 F.CFA.kg⁻¹ pour l'urée, 280 F.CFA.kg⁻¹ pour le NPK, 40 F.CFA.kg⁻¹ pour le fumier (Abdou et al., 2017). Pour réduire les coûts de production, il serait conseillé aux agriculteurs d'adopter le *zai* rectangulaire de poquets longs d'au moins 40 cm tout en rationalisant la quantité de compost à apporter. Lorsque les poquets du *zai* rectangulaire sont moins longs, cela conduirait à augmenter le nombre de poquets dont la charge de production.

Des études ont montré qu'après les récoltes, 24% des fanes d'arachide, 19% de niébé et 17% de pailles de sorgho sont commercialisés et utilisés pour l'alimentation de bétail (Kaboré et al., 2006). Le produit brut résultant de la vente de la paille et du rendement grain du sorgho, les prix d'achat de ces récoltes au marché local ont été considérés tout juste un mois après la récolte. Les résultats

ont montré que la valeur monétaire de la vente des produits sous le *zai* rectangulaire de poquets longs de 45 cm (ZR45) a été plus importante et significative par rapport à celle observée sous le *zai* ordinaire (Z). Ce produit a bien varié en fonction de la longueur des poquets et en fonction de la campagne agricole. Il a été significativement plus élevé sous ZR45 que sous ZR40, ZR35 et ZR30 quel que soit l'année de production par rapport au *zai* ordinaire. En y apportant le compost et le NPK, le *zai* rectangulaire de poquets longs de 45 cm produirait suffisamment de biomasse et de rendement grain ayant contribué à un meilleur produit brut surtout dans la zone agroclimatique sahélienne. Du fait de sa longueur de poquet, ce *zai* aurait une grande capacité de mobilité des eaux de ruissellement pour répondre efficacement aux besoins hydriques du sol. Ce constat a été confirmé par le fait que ce produit brut a diminué au fur et à mesure que les longueurs des poquets du *zai* rectangulaire diminuent. C'est pourquoi, avec la présence du compost et du NPK, ZR45 réunissait les conditions hydriques pour atteindre de tel résultat par rapport au *zai* rectangulaire de poquets longs de 40 cm, de 35 cm, de 30 cm, et comparativement au *zai* ordinaire. Le *zai* ordinaire tout comme le *zai* rectangulaire de poquets longs de 30 à 35 cm semble donc moins performants du fait que ces longueurs de poquets et le *zai* ordinaire ne seraient pas à mesure de collecter suffisamment les eaux de ruissellement pour répondre efficacement aux besoins hydriques du sorgho. La minéralisation du compost étant assez lente et progressive justifierait le fait que son apport unique dans les poquets de *zai* semble être moins performant que lorsqu'il est associé au NPK. Ainsi, les éléments nutritifs sont fournis aux plants par ce processus de minéralisation qui s'épuise au fil du temps pendant que le NPK répondrait aux premiers besoins de la plante. Ce qui explique la baisse de produits obtenus à la deuxième année de production liée à une réduction de production de biomasse et de rendement grain. De même, la réduction de la capacité de rétention d'eau du *zai* peut expliquer ce résultat. Au cours des

ruissellements des eaux, les particules fines du sol se sont déposées dans les poquets et deviennent de plus en plus importantes au fil de la saison. Ces dépôts vont réduire progressivement la profondeur utile de ces poquets et, par conséquent la réduction de leur capacité de mobilisation des eaux. De plus, il a été constaté une baisse drastique de produits sous tous les traitements ayant bénéficiant de l'engrais NPK. Le NPK est un engrais minéral et par conséquent, sa solubilité est rapide pour fournir immédiatement les éléments nutritifs à la plante. Quant au compost, il se minéralise progressivement pour libérer ces éléments à la plante. Ces résultats ont été légèrement inférieurs à ceux d'une évaluation de la commercialisation des fourrages dans la zone urbaine de Bobo Dioulasso (Sanou et al., 2011). Cela pourrait s'expliquer par le fait que ce produit brut annuel a été calculé chez les vendeurs, les préleveurs-vendeurs, et non directement auprès des producteurs de fourrages. La différence de produit brut entre les deux groupes de vendeurs a été expliquée par la cherté des fanes de légumineuses par rapport aux fourrages naturels vendus (Sanou et al., 2011). Dans notre cas, cette évaluation a été faite auprès des producteurs en utilisant des sols dénudés. Et, les investissements ont porté sur la main d'œuvre permettant de réaliser toutes les opérations culturales et l'achat des intrants agricoles (semences et amendements) dans le but d'évaluer la rentabilité économique de l'aménagement des sols dénudés par le *zai* rectangulaire sans prise en compte des amortissements.

L'importance du calcul d'amortissement n'est pas très perçue par les agriculteurs. C'est la récolte annuelle qui compte selon les conclusions des entretiens opérés avec ces agriculteurs. Pour ce faire, au cours de cette étude, les pratiques selon lesquelles les agriculteurs réalisent les poquets de *zai* et n'appliquent le compost ou le fumier que chaque deux ans. Ce mode d'exploitation a conduit à des pertes quel que soit les longueurs des poquets et le type de *zai* réalisé sans prise en compte des amortissements. Seul, l'apport de l'engrais NPK dans les poquets n'engendre

un bénéfice net de 136 502 francs FCA. Ce bénéfice net a évolué en fonction de la capacité de collecte des eaux de ruissellement. Ainsi, les résultats ont montré que son application dans les poquets rectangulaires longs de 45 cm a généré plus de bénéfice en zone sahélienne qu'en zone soudano-sahélienne qui reçoit beaucoup plus de pluviométrie. Ce résultat s'explique du fait que toutes les charges ont été soustraites des produits à la première année sans tenir compte de l'amortissement. C'est pourquoi, à la deuxième année, les bénéfices nets ont été tous positifs et ont considérablement augmenté. Ces bénéfices ont été significativement plus élevés sous le *zai* rectangulaire de poquets longs de 45 cm amendés avec l'apport combiné de compost et de NPK, surtout dans la zone sahélienne.

En définitive, au cours de la première année, 1 franc CFA investit dans le *zai* rectangulaire de poquets longs de 45 cm et amendés avec le NPK a procuré 2,09 francs CFA de bénéfice. L'adoption des traitements tels ZR45N, ZR35N, ZR40N et ZN dans la zone sahélienne ont été rentables mais non rentables dans la zone soudano-sahélienne. Une étude conduite sur les composantes de la microdose a abouti aux résultats supérieurs aux nôtres dès la première campagne du fait que le taux d'amortissement n'a pas été pris en compte (Sigue et al., 2019). Et, les résultats de cette étude sont légèrement plus élevés que ceux de l'analyse biologique, nutritionnelle et économique de l'association maïs-haricot (Kaboneka et al., 2020), qui s'expliquerait par la différence de mode de culture.

Mais, à la deuxième année de production, la réalisation de *zai* rectangulaire de poquets longs de 45 cm et fertilisés par le compost a été plus rentable ou 1 franc CFA investi rapport 19,22 F.CFA.ha⁻¹ à cause de la forte diminution des charges de production en zone sahélienne. Cet investissement a par contre rapporté 12,71 dans la zone soudano-sahélienne tout comme l'apport combiné de compost et de NPK dans les poquets rectangulaires longs de 45 cm en zone

sahélienne. Ces résultats sont bien supérieurs aux conclusions de l'analyse économique de l'association maïs-haricot (Kaboneka et al., 2020) mais similaires à ceux d'autres études (Sigue et al., 2018; Silué et al., 2019). N'ayant pas appliqué le compost ni le NPK à la deuxième année en plus du gain lié à la réalisation des poquets, la réduction drastique de la charge de production pendant cette campagne, justifierait de tels résultats. Des études ultérieures ont indiqué qu'un investissement dans l'achat de fourrage pour la commercialisation a rapporté 5 F.CFA tandis que le même investissement rapporte environ 21 F CFA aux préleveurs-vendeurs (Sanou et al., 2011). Contrairement à ce résultat, l'étude a porté sur l'évaluation de la rentabilité économique de la récupération d'une terre dégradée et non à l'achat des produits de récoltes à but commercial.

Conclusion

L'étude visait à évaluer la performance économique de 4 longueurs de poquets de *zai* rectangulaire réalisé sur des sols dénudés sous culture de sorgho dans deux zones agroclimatiques du Burkina Faso. Les paramètres mesurés ont montré que le *zai* rectangulaire de poquets longs de 45 cm amendés avec l'engrais NPK est rentable dès la première année. Sans tenir compte des amortissements, c'est au cours de la deuxième campagne que l'application du compost ou du compost associé au NPK dans les poquets rectangulaires de 45 cm et réalisés dans la zone sahélienne est très rentable comparativement aux autres traitements. Ces résultats atteints avec ce nouveau type de *zai* confirment l'importance de la capacité de mobilisation des eaux de ruissellement par les ouvrages de conservation des eaux et des sols surtout en zone sahélienne et de la qualité de la matière organique pour améliorer la rentabilité des exploitations agricoles. Dans les zones d'étude, les agriculteurs doivent tenir compte des amortissements de leurs investissements afin de mieux apprécier les bénéfices réels tirés de

leurs exploitations après chaque campagne agricole. Au regard de ces résultats, nous suggérons d'intégrer le *zaï* rectangulaire comme nouveau type de *zaï* dans la liste des paquets technologiques à vulgariser auprès du monde rural et dans les écoles de formation des agents d'agriculture en vue de récupérer durablement les sols dégradés et, par conséquent, lutter contre l'insécurité alimentaire.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a pas de conflit d'intérêt.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AD, PS, HBN ont conçu les idées de cette recherche. AD a financé les travaux sur fonds propres, collecté les données. AD, PS, LS et HBN ont déterminé les paramètres clés afin d'affiner les analyses des données. AD, PS, LS et HBN ont identifié les résultats pertinents ayant l'objet de rédaction de ce manuscrit. PS et HBN ont assuré la direction scientifique de ce travail. Tous les auteurs ont amélioré et approuvé le manuscrit.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les producteurs SALOU Prosper à Toyendé, OUEDRAOGO Ali à Arbolé, KABRE Abdoulaye et KABRE Madi à Saria, YARO Madou et YARO Adama à Gouéré. Nous disons également merci aux agents d'agriculture Pascal OUATTARA et Marou YANGANE respectivement d'agent d'agriculture de Kiembara et d'Arbolé pour leur appui à la collecte des données.

REFERENCES

Abdou MM, Issa S, Gomma AD, Sow A, Sawadogo GJ. 2017. Estimation des Rendements et de la Rentabilité Economique de Production de trois cultures: le Sorgho, le Niébé et la Dolique à Djirataoua (Maradi–République du Niger). *Journal of Applied Biosciences*, **117**: 11642–11650. URL:

<https://www.ajol.info/index.php/jab/article/download/163464/152950>

- Barro A, Lahmar R, Zougmore RB, Rabdo A, Clavel D, Maraux F, Dugué P. 2009. Perception paysanne des effets du *zaï* dans la société Mossi du nord du Burkina Faso. CTA annual seminar, Brussels, Belgium, 12-16 October 2009.
- Barro A, Zougmore R, Taonda SJ. 2005. Mécanisation de la Technique du *Zaï* Manuel en zone semi-aride. *Cahiers agricultures*, **14**(6): 549-559. URL: <https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/download/30550/30310>
- Barry B, Olaleye AO, Zougmore R, Fatondji D. 2008. Rainwater Harvesting Technologies in the Sahelian Zone of West Africa and the Potential for Outscaling. Colombo, Sri Lanka: *International Water Management Institute*; 2008. IWMI Working Paper 126.
- Bayen P, Traoré S, Bognounou F, Kaiser D, Thiombiano A. 2012. Effet du *Zaï* amélioré sur la Productivité du Sorgho en zone Sahélienne. *VertigO: la revue électronique en sciences de l'environnement*, **13**(3). URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1015054ar>
- Clavel D, Barro A, Belay T, Lahmar R, Maraux F. 2008. Changements techniques et dynamique d'innovation agricole en Afrique sahélienne : le cas du *zaï* mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie. *La Revue Electronique en Sciences de l'Environnement*, **8**(3). URI: <https://id.erudit.org/iderudit/039595ar>
- Gnoumou XN, Yaméogo JT, Traoré M, Bazongo G, Bazongo P. 2017. Adaptation aux Changements Climatiques en Afrique Sub-Saharienne: impact du *Zaï* et des Semences Améliorées sur le Rendement du Sorgho dans les villages de Loaga et Sika (province du Bam). *International Journal of Innovation and Applied*

- Studies*, **19**(1): 166-174, URL: <http://www.ijias.issr-journals.org>
- Kaboneka S, Ntukamazina N, Gacoreke S, Butoki N. 2020. Analyse Biologique, Nutritionnelle et Economique de l'association maïs-haricot. *Série-Sciences Exactes et Naturelles*, **29**(2020): 23-33. URL: www://ub.edu.biUB
- Kaboré WT, Masse D, Dugué P, Hien E, Lepage M. 2006. Pratiques Innovantes d'Utilisation de la Fumure Organique dans les systèmes de culture et viabilité des Agrosystèmes en zone Soudano-Sahélienne: cas de Ziga (Yatenga, Burkina Faso). URL: https://agritrop.cirad.fr/536613/1/document_536613.pdf
- Lahmar R, Bationo BA, Lamso ND, Guéro Y, Tittone P. 2012. Tailoring conservation agriculture technologies to West Africa semi-arid zones: building on traditional local practices for soil restoration. *Field Crops Research*, **132**(14): 158-167 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.09.013>
- Lassègue P. 1975. *Gestion de l'entreprise et comptabilité* (7eme edn). Dalloz.
- Márquez Rivero MN. 2017. Proyecto de Instalación de Energía Solar Térmica y Solar Fotovoltáica para la Población de Arbolé (Burkina Faso) Curso Académico: 2016-17. Valencia. URL: <http://hdl.handle.net/10251/88644>
- Masse D, Hien E, Kaboré T, Bilgo A, Hien V, Chotte J-L. 2011. Evolution of Farming Practices in Sub-Saharan Region Confronted by Demographic and Climatic Changes: Runoff Control and Organic Matter Resources Management. *Procedia Environmental Sciences* **9**: 124–129. DOI: [t0.10t6/j Èoen.2011.11.020](https://doi.org/10.1016/j.Èoen.2011.11.020)
- Paraïso A, Sossou ACG, Yegbemey RN, Biaou G. 2011. Analyse de La Rentabilité de la Production du Fonio (*Digitaria exilis* S.) dans la Commune de Boukombe au Benin. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé (Togo) Série A*, **13**(1): 27–37. URL: <https://www.researchgate.net/profile/Armand-Paraiso/publication/233988415>
- Sanou KF, Nacro S, Ouédraogo M, Ouédraogo S, Kaboré-Zoungana C. 2011. La Commercialisation de Fourrages en zone urbaine de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso): pratiques Marchandes et Rentabilité Economique. *Cahiers Agricultures*, **20**: 487-493. DOI: [10.1684/agr.2011.0530](https://doi.org/10.1684/agr.2011.0530)
- Sawadogo H. 2006. Fertilisation Organique et Phosphatée en Système de Culture Zaï en milieu Soudano-Sahélien du Burkina Faso. Thèse de doctorat, faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gem-bloux, Belgique, p. 219.
- Sawadogo H, Bock L, Lacroix D, Zombré NP. 2008. Restauration des Potentialités de Sols Dégradés à l'aide du Zaï et du Compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 2008 **12**(3): 279-290. URL: <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/33221/1/279.pdf>
- Schuler J, Voss AK, Ndah HT, Traore K, De Graaff J. 2016. A Socioeconomic Analysis of the Zaï Farming Practice in Northern Burkina Faso. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, **40**: 988–1007. DOI: <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.121018>
- Sigue H, Labiyi IA, Yabi JA, Biaou G. 2019. Effet des composantes de la Technologie Microdose sur la Performance Economique et Financière des Exploitations Agricoles du Kouritenga et du Zondoma au Burkina Faso. *African Crop Science Journal*, **27**: 331–349. DOI: [10.4314/acsj.v27i3.2](https://doi.org/10.4314/acsj.v27i3.2)
- Sigue, H., Labiyi, I.A., Yabi, J.A., Biaou, G., 2018. Facteurs d'Adoption de la technologie" Microdose" dans les zones Agroécologiques au Burkina Faso. *International Journal of Biological and*

- Chemical Sciences*, **12**: 2030–2043. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i5.6>
- Silué NZ, Dao D, Kouame HV, Koné M. 2019. Analyse de la Rentabilité Economique des Systèmes de Production à base d'igname : cas des sites de Leo et Midebdo au Burkina Faso. *Agronomie Africaine*, **31**(1): 59–68. URL: <https://www.ajol.info/index.php/aga/article/download/186714/175989>
- Traore A, Yameogo LP, Djindiere Olivier KT, Bazongo P, Traore O. 2021. Effets comparés du Tourteau de Neem [*Azadirachta indica* (A. Juss)] et du Compost sur le rendement du Sorgho [*Sorghum bicolor* (L. Moench)] en zone Sud-Soudanienne du Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, **163**: 16834–16845. DOI: <https://doi.org/10.35759/JABs.163.3>
- Wouterse F. 2017. Empowerment, Climate Change Adaptation, and Agricultural Production: Evidence from Niger. *Climatic Change* **145**: 367–382. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2096-8>
- Yabi AJ, Paraïso A, Ayena RL, Yegbemey R. 2012. Rentabilité Economique de Production Agricole sous Pratiques Culturelles de gestion de la Fertilité des sols dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques*, **16**(2): 229–242. URL: <https://www.ajol.info/index.php/asab/article/view/106744>
- Yaméogo JT, Somé AN, Mette Lykke A, Hien M, Nacro HB. 2013. Restauration des Potentialités de Sols Dégradés à l'aide du Zai et des Cordons Pierreux à l'Ouest du Burkina Faso. *Tropicultura*, **31**(4): 224-230 URL: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56766534/Yameogo_2013_Tropicultura-libre.pdf?1528640875