

Performance technico-économique de la motorisation de la gestion durable de l'eau agricole: Cas de la pratique zaï dans la région du centre au Burkina Faso

[Techno-economic performance of motorization for sustainable agricultural water management: Case of zaï practice in the central region of Burkina Faso]

Beteo Zongo¹, Albert Barro², Sandrine Moyenga¹, and Saidou Simporé²

¹Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement, Université de Dédougou, Burkina Faso

²Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Saria, Koudougou, Burkina Faso

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Burkina Faso, farmers have adopted the practice of manual zaï and mechanized zaï for the rehabilitation of the productivity of degraded lands to meet the water needs of rainfed crops through the making of pockets. The arduousness of the work for making the pockets remains the major constraint to the adoption of the zaï practice. The objective of this study is to analyze the technical and economic performance of zaï. Using a block device, the practice of making pockets with the Zaïner is compared to those made manually with the *daba* and mechanized using animal traction. The technical and economic performance of the practice of motorized zaï is evaluated based on yield, investment, working time and net margin. The results show that sorghum yields from motorized zaï (1844 kg/ha) are higher than those from manual (1413 kg/ha) and mechanized (625 kg/ha) zaï. The practice of mechanized zaï requires less work time than motorized and manual zaï. The net margin is estimated at 176,871 FCFA/ha, 263,548 FCFA/ha and 56,025 FCFA/ha respectively for manual, motorized and mechanized zaï. The implementation of motorized zaï makes it possible to generate a higher net margin than other practices. However, it is necessary to continue testing the motorized zaï in a peasant environment depending on the agro-climatic zones to guide decision-making on its scale-up.

KEYWORDS: Dry spells, profitability, rainfed agriculture, sorghum, Zaïner.

RESUME: Au Burkina Faso, des agriculteurs ont adopté la pratique du zaï manuel et du zaï mécanisé pour la réhabilitation de la productivité des terres dégradées afin de satisfaire les besoins en eau des cultures pluviales à travers la confection des poquets. La pénibilité du travail pour la confection des poquets demeure la contrainte majeure à l'adoption de la pratique zaï. L'objectif de cette étude est d'analyser les performances technico-économiques du zaï. À l'aide d'un dispositif en blocs, la pratique de confection des poquets avec le Zaïner est comparée celles manuelle à la *daba* et mécanisée en traction animale. Les performances technico-économiques de la pratique du zaï motorisé est évaluée à partir du rendement, l'investissement, le temps de travail et la marge nette. Les résultats montrent que les rendements de sorgho à partir du zaï motorisé (1844 kg/ha) sont supérieurs à ceux du zaï manuel (1413 kg/ha) et mécanisé (625 kg/ha). La pratique du zaï mécanisé nécessite moins de temps de travail que le zaï motorisé et manuel. La marge nette est évaluée à 176 871 FCFA/ha, 263 548 FCFA/ha et 56 025 FCFA/ha respectivement pour le zaï manuel, motorisé et mécanisé. La mise en œuvre du zaï motorisé permet de dégager une marge nette supérieure à ceux des autres pratiques. Toutefois, il est nécessaire de poursuivre les tests du zaï motorisé en milieu paysan en fonction des zones agro-climatiques afin d'orienter la prise de décision de sa mise à l'échelle.

MOTS-CLEFS: Agriculture pluviale, proches de sécheresse, rentabilité, sorgho, Zaïner.

1 INTRODUCTION

Au sahel, l'agriculture demeure essentiellement pluviale et soumise aux aléas climatiques, en occurrence les poches de sécheresse, avec pour conséquence l'insécurité alimentaire [1]. Face aux conséquences des poches de sécheresses sur les cultures pluviales, les agriculteurs ont recours à plusieurs stratégies parmi lesquelles figurent les techniques de conservation des eaux et du sol [2], l'irrigation de complément à partir des bassins de collecte des eaux de ruissellement [3], l'adoption des variétés de cultures adaptées et la prévision saisonnière [4; 5; 6].

Au Burkina Faso, des agriculteurs ont adopté la pratique du zaï manuel qui est une pratique traditionnelle de réhabilitation de la productivité des terres et de maintien de l'humidité du sol pour satisfaire les besoins des cultures pendant les poches de sécheresse de moins de deux semaines [7; 8]. La pratique a été développée par des agriculteurs au début des années 1960 [9] et largement mis à l'échelle dans plusieurs pays [10; 11; 12].

La pratique du zaï manuel consiste à creuser manuellement des poquets de 20 à 40 cm de diamètre avec une profondeur de 10 à 20 cm à tous les 70-100 cm pour concentrer les eaux de ruissellement et les matières organiques dans les exploitations agricoles [13]. Les poquets creusés pendant la saison sèche piègent des sables, des limons et des matières organiques emportés par les vents. Dès les premières pluies, le paysan dépose de la matière organique (300 à 600 g/ poquet équivalant d'une à deux poignées de fumier/compost par poquet de semis) dans ces poquets qui sont par la suite recouverts d'une fine couche de terre (5 cm). La technique du zaï permet de concentrer localement l'eau enrichie par le ruissellement et les nutriments transformés par les termites.

Le zaï présente de nombreux avantages en termes de restauration des sols dégradés et de la biodiversité [14]. L'apport localisé de matière organique et l'accroissement du stock d'eau dans le sol induit un meilleur fonctionnement du système racinaire des plantes. L'alimentation hydrique et minérale des plantes est ainsi améliorée [15]. L'augmentation de la rugosité de la surface du champ permet de ralentir le ruissellement et le vent au ras du sol, de capturer au fond des cuvettes les débris organiques et les particules fines et de protéger les jeunes plantules. Cette pratique apporte encore un regain des activités biologiques du sol, notamment une reprise de l'activité des micro-organismes: avance de croissance des plantules qui profitent de la minéralisation du fumier apporté en fin de saison sèche, perforation de la croûte par les termites et régénération de la végétation ligneuse [16]. La matière organique contient en effet les graines des diverses espèces consommées par le bétail, qui préparées par les acides gastriques des ruminants, germent rapidement et profitent de l'apport exceptionnel d'eau et de nutriments ainsi que de la protection des tiges de céréales, pour réinstaller un taillis agro-sylvo-pastoral. Le zaï crée donc des conditions favorables à la revégétalisations des terres dégradées. Enfin, le zaï permet d'augmenter les surfaces cultivées et les rendements des céréales en particulier les années où les cultures ont à subir le stress de périodes déficitaires pendant les périodes sensibles de leur cycle (tallage, épiaison, floraison, remplissage des grains): le zaï peut ainsi réduire l'impact négatif des aléas climatiques et sécuriser la production [13].

Selon le mode réalisation des poquets, il existe plusieurs variantes de la pratique du zaï, en occurrence le zaï manuel et mécanique. Le zaï manuel consiste à creuser les poquets utilisant une daba ou pioche. La force de travail humain détermine le nombre de poquets journaliers. Le besoin en travail est plus de 300 heures hommes/ha [17]. Le pratique du zaï mécanique se distingue par l'utilisation de la traction bovine, asine ou équine pour la réalisation des poquets. Elle requiert plus de 36 hommes/ha [17]. La pénibilité du travail dans la pratique du zaï manuel et mécanique implique la recherche d'innovation comme la motorisation à travers la conception d'un nouvel outil de réalisation des poquets [18; 19].

L'objectif général de cette étude est d'analyser les performances technico-économiques de la motorisation de la pratique du zaï. Il s'agit spécifiquement de comparer les temps de réalisations des poquets, évaluer les rendements et rentabilité économique de la pratique du zaï motorisé. La démarche méthodologique a consisté à conduire des expérimentations du zaï motorisé. La suite de l'article présente les matériels et méthodes, les résultats suivis de la discussion et la conclusion.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE

L'étude est conduite dans le village de Saria à la station de Recherches Agricoles située à 23 km à l'Est de Koudougou et à 80 km à l'Ouest de Ouagadougou (figure 3). Cette station a été créée en 1920 et implantée sur le site actuel et s'étend sur une superficie de 400 hectares. Les coordonnées géographiques sont les suivantes: latitude 12°16'N, longitude 2°9'W, altitude 300 m environ.

Le climat de Saria est de type nord-soudanien caractérisé par une alternance de saison pluvieuse (Juin à octobre) et par d'une saison sèche [20]. Le régime éolien est caractérisé par la mousson de direction Sud-ouest, responsable des pluies et de

l'harmattan, vent sec continental qui souffle pendant la saison sèche. En une année, le village de Saria enregistre en moyenne une pluviosité de 800 mm.

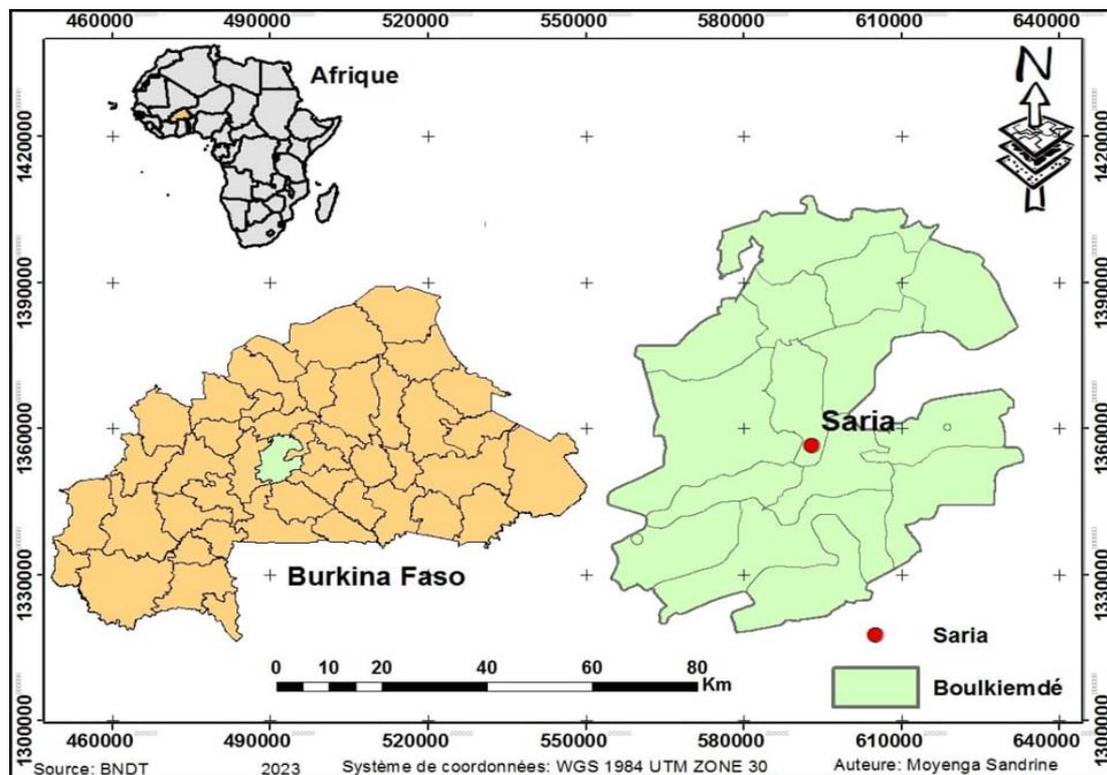


Fig. 1. Situation géographique du village de Saria

2.2 EVOLUTION DE LA PRATIQUE DU ZAÏ

Dans la pratique du zaï, les outils utilisés pour la réalisation des poquets ont connu une évolution à travers la mécanisation et la motorisation. Cette évolution est marquée par l'utilisation de la daba, puis la traction animale et le Zaïner (photo 1; 2 et 3).

Les poquets du zaï manuel ont été réalisés avec la daba. La traction animale est utilisée pour la confection des poquets du zaï mécanisé. Elle peut être réalisée avec le bâtît d'une charrue à traction bovine et sur laquelle le corps de labour est remplacé par un étançon portant une lame fer de 12 mm (IR12) d'épaisseur biseautée à ses deux bouts [17].

Le Zaïner est un outil motorisé conçu pour la réalisation des poquets. Il permet la confection des poquets de zaï par la rotation d'une sorte de tarière foreuse sous les mancherons. Il est composé d'une foreuse à axe vertical entraîné par un moteur, de mancherons, et de roulettes montées sur un axe placé en dessous du bloc moteur. L'outil est muni d'un moteur essence à refroidissement par air. Le moteur met la foreuse en rotation à partir d'une courroie et d'un renvoi d'angle. La tarière peut être facilement remplacée pour s'adapter à la dureté du sol et aux dimensions des poquets souhaités.

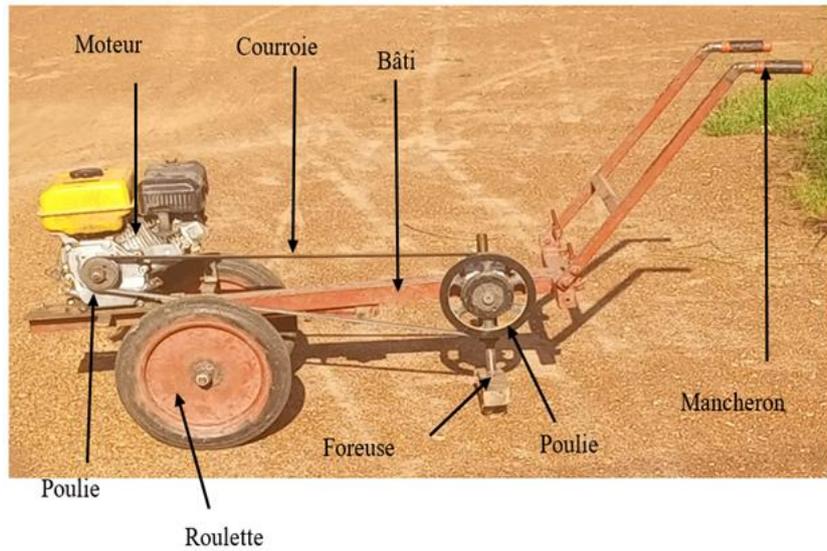


Photo 1. Equipment Zainer pour la réalisation du zai motorisé

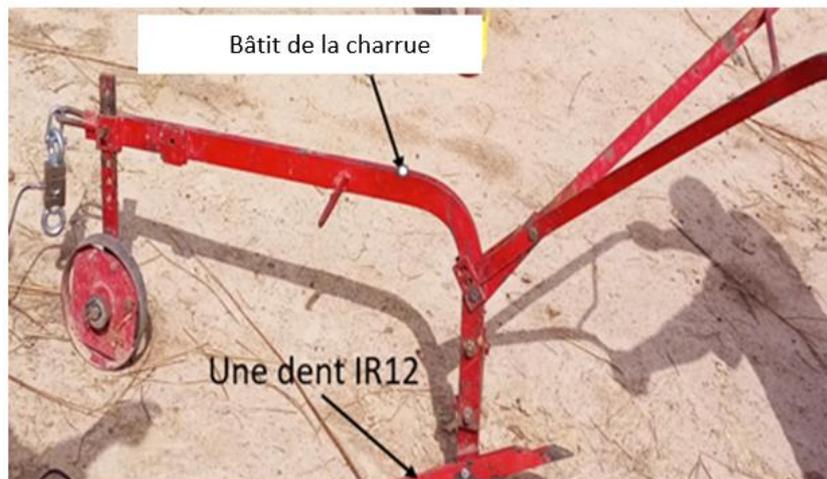


Photo 2. Une dent IR12 montée sur le bâtir de la charrue bovine



Photo 3. Une daba

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental est composé de 3 blocs (1003 m²) constituant chacun un traitement dont le zaï manuel (T1), le zaï avec le Zaïner (T2) et le zaï mécanisé (T3). Chaque bloc comprend trois répétitions séparées par une allée de 1 m (figure 2).

Le matériel végétal utilisé au cours de l'étude est composé de la variété de sorgho Kapèlga. C'est une variété ayant un cycle semis-maturité de 90-100 jours qui se cultive dans les isohyètes de 500-850 mm. La variété possède un rendement potentiel de 2,8 t/ha.

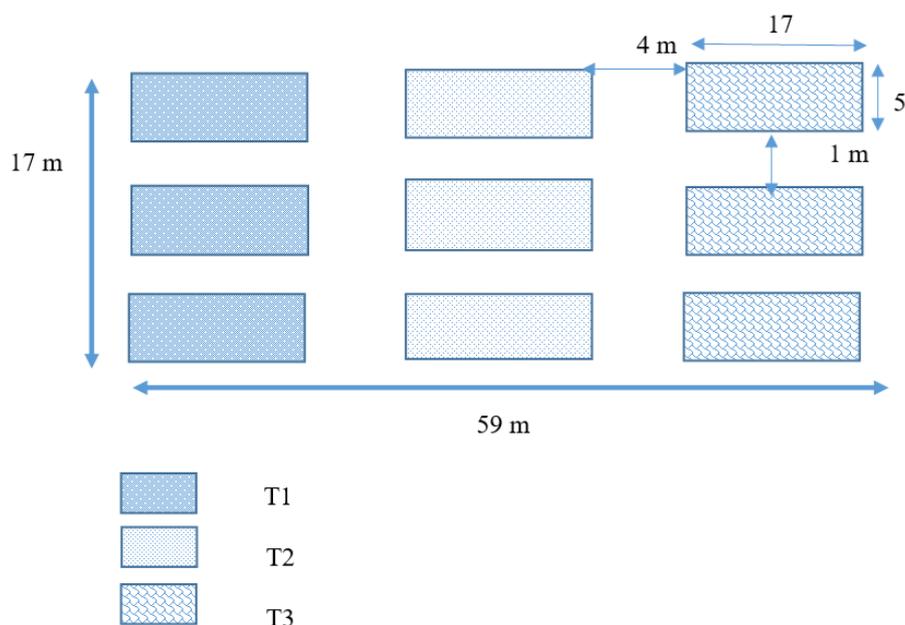


Fig. 2. Dispositif expérimental de l'essai en station

Dans chaque répétition, l'application de la fumure organique a consisté à déposer 300 grammes de matière organique dans chaque poquet dès la première pluie utile. Les semis ont été conduits dans les poquets les 22 juin 2023. Les doses de NPK et d'urée sont respectivement de 62,50 kg/ha le 9 juillet 2022 et 31,25 kg/ha le 10 août 2022. Les sarclages sont menés le 14ème jour après semis (8 juillet) et le 45ème jour après semis (10 août 2022).

2.4 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNÉES

La collecte des données a concerné les rendements, la force de traction bovine, le temps de confection des poquets, les prix des intrants et de la production de sorgho. Ces données sont collectées en fonction des types de pratique du zaï.

La force de traction bovine a été mesurée pendant la réalisation des poquets de zaï mécanisé à l'aide d'un dynamomètre. Le dynamomètre est accroché au point de prise de force (Photo 5) et la force de traction s'affiche sur l'écran lors de la réalisation des poquets du zaï.

Le temps de travail humain est la durée consacrée à la confection d'un poquet. Cette durée est mesurée sur toute la parcelle élémentaire pour la technique manuelle et motorisé. La mesure du temps de travail par poquet a été réalisée à l'aide de chronomètre au cours de la confection d'un poquet.

Les rendements grains et paille ont été déterminés sur les parcelles utiles de 75 m² puis ramenés à l'hectare. Dans chaque parcelle élémentaire, la récolte a été effectuée sur vingt-cinq mètre carré (25 m²) répété trois fois. Après séchage et battage, les grains et la biomasse obtenues ont été pesées avec une balance électronique pour obtenir le rendement par parcelle.

La rentabilité économique de la pratique du zaï est évaluée à partir de l'investissement, les charges intermédiaires (intrants agricoles, carburant), la main d'œuvre et la marge nette. La valeur ajoutée nette, le délai de retour sur l'investissement et le taux interne de rentabilité ne sont pas déterminés dans la mesure où l'expérimentation n'a porté que sur une campagne agricole [21], [22].

L'investissement (I), correspond aux dépenses relatives à l'acquisition du Zaïner, l'achat d'une houe manga et une daba dont les durées de vie (t) sont respectivement estimées à 5 ans, 10 ans et 4 mois. L'annuité (A), est déterminée suivant la formule:

$$A = \frac{I}{t} \quad (1)$$

Les charges intermédiaires (CI) représentent les dépenses relatives l'achat de l'urée (C_u), du NPK (C_n), le carburant (C_a) l'huile de vidange (C_h) et à l'entretien et réparation (C_e).

$$CI = C_u + C_n + C_a + C_h + C_e \quad (2)$$

Avant de procéder à la réalisation des poquets, le réservoir du Zaïner est rempli de carburant (essence). Le Zaïner est ensuite mis en marche pour la réalisation des poquets sur une superficie donnée. La quantité de carburant consommé sur cette superficie est évaluée après usage en remplissant de nouveau le réservoir avec une quantité connue de carburant. Le coût du carburant est calculé à partir de la quantité (Q) et du prix (Pa).

$$C_a = Q_a * P_a \quad (5)$$

Le coût de la main d'œuvre (CO), est évaluée en tenant en compte le nombre d'actifs (N_a), le coût journalier (C_j), de la main d'œuvre et le nombre de jours travaillés (N_t).

$$CO = N_a * C_j * N_t \quad (6)$$

Le coût d'utilisation de la traction animale est noté C_t .

La marge nette (MN) obtenue à partir de la formule suivante:

$$MN = PB - CI - C_0 - A \quad (7)$$

$$PB = Rd * P_s \quad (8)$$

Rd: rendement du sorgho $\frac{kg}{ha}$; P_s =Prix de vente du sorgho $\left(\frac{kg}{ha}\right)$; PB: Produit brut

La marge nette est calculée pour le zaï manuel (MN_{ma}), mécanisé (MN_{meca}) et motorisé (MN_{zainer}). Une comparaison entre les marges nettes permet d'apprécier les différents types de pratiques du zaï.

3 RÉSULTATS

3.1 EVALUATION DU TEMPS DE TRAVAIL

Le tableau 1 présente les résultats du temps de travail. La mesure du temps de travail a montré que la réalisation des poquets du zaï mécanisé nécessite moins de temps que le zaï mécanisé et manuel. En effet, pour la traction animale, la durée du travail sur la parcelle élémentaire de 272 m² a été de 58 mn; soit 35 h/ha. L'utilisation du Zaïner pour la même superficie a nécessité 1 h 30 mn; soit 61 h/ha; pour la technique manuelle le travail a été réalisé en 3 h 04 mn sur la parcelle élémentaire de 272 m² soit 336h/ha. Le zaï mécanisé permet donc un regain en temps moyen de 26 h/ha sur le Zaïner et de 301h/ha sur le zaï manuel. L'analyse statistique a montré une différence très hautement significative entre les différents traitements ($p < 0,001$).

Tableau 1. Temps de réalisation des cuvettes de zaï selon les différentes techniques en station

Traitement	Temps de réalisation sur 272 m ² (heure)	Temps par ha (heure)
Zaï manuel	3,06	330
Zaï motorisé	1,5	61
Zaï mécanisé	0,97	35

3.2 DIMENSIONS DES POQUETS

Le tableau 2 présente l'effet des méthodes de réalisation du zaï sur les caractéristiques des poquets. La pratique du zaï manuel a enregistré la plus grande largeur de poquet (27,06 cm) ainsi que la profondeur (12,00 cm), suivie du zaï motorisé et mécanisé; soit un écart respectif de 5,39 cm de largeur et de 3,49 cm de profondeur entre le zaï manuel et le zaï mécanisé. L'analyse de variance a révélé une différence très hautement significative ($P < 0,001$) en ce qui concerne la largeur et la profondeur des poquets.

Tableau 2. *Variation des dimensions des poquets en fonction des types de zaï*

Traitement	Profondeur (cm)	Largeur (cm)
Zaï manuel	12,00a	27,06a
Zaï motorisé	11,84b	22,00b
Zaï mécanisé	8,51b	21,67b
Probabilité	<0,001	<0,001
Signification	THS	THS

NB: THS=très hautement significatif. Les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

3.3 EVALUATION DES RENDEMENTS

Le tableau 3 montre les rendements grain et paille du sorgho en fonction des types de pratiques du zaï. L'analyse statistique montre que les différents modes de réalisation du zaï ont divers effets sur les rendements. Les plus fortes moyennes statistiques des rendements grains et pailles ont été obtenues par le zaï mécanisé (1844 kg/ha et 5400 kg/ha respectivement pour le poids grain et poids paille). Les rendements grains issus du zaï manuel (1413 kg/ha et 3407 kg/ha) et zaï mécanisé (625 kg/ha et 1631 kg/ha) sont inférieurs du zaï motorisé.

Tableau 3. *Rendements grains et paille de sorgho en fonction des pratiques de zaï en station*

Traitement	Rendement grain (kg/ha)	Rendement paille (kg/ha)
Zaï manuel	1413a	3407a
Zaï motorisé	1844a	5400a
Zaï mécanisé	625b	1631a

3.4 EVALUATION DE LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE DE LA PRATIQUE DU ZAÏ

Les charges fixes sont évaluées en fonction du coût d'achat des matériels et de leurs durées de vie (Tableau 4). Le zaï motorisé présente une charge fixe à l'hectare (42000 FCFA/ha) supérieure à celui du zaï mécanisé et manuel. Les charges variables du zaï manuel (125 750 FCFA/ha) sont supérieures à ceux des autres pratiques. La marge nette du zaï motorisé, mécanique et manuel est respectivement évaluée à 263548 FCFA/ha, 56025 FCFA/ha et 176871 FCFA/ha. Le zaï motorisé est plus rentable que le zaï manuel et mécanique.

Tableau 4. Evaluation économique de la pratique du zaï

Désignation	Unité	Zaï mécanisé	Zaï motorisé	Zaï manuel
Coût d'achat de l'outil	FCFA	110000	600000	1000
Durée de vie de l'outil	Année	10	5	0,25
Temps d'utilisation	Mois	2	2	3
Amortissement	FCFA/Année	11000	120000	4000
Entretien réparation	FCFA/Année	8250	90000	-
Amortissement	FCFA/ha	2200	24000	4000
Entretien réparation	FCFA/Année	1650	18000	-
Charge fixes annuelles	FCFA/année	19250	210000	4000
Charges fixes	FCFA/ha	3850	42000	4000
Semence	FCFA/ha	4500	4500	4500
NPK	FCFA/ha	27500	27500	27500
Urée	FCFA/ha	13750	13750	13750
Carburant	FCFA/ha	-	5350	-
Huile de vidange	FCFA/ha	-	6000	-
Main d'œuvre	FCFA/ha	30000	40000	80000
Charges variables	FCFA/ha	75750	97100	125750
Charges totales	FCFA/ha	78600	139100	129750
Prix de vente de la production graine	FCFA/Kg	117	117	117
Production brut	FCFA/ha	135625	400148	306621
Marge nette	FCFA/ha	56025	263548	176871

4 DISCUSSION

La pratique du zaï connaît une dynamique du temps de travail pour la confection des poquets [13; 7]. L'analyse montre que le temps de travail diminue avec l'amélioration du zaï manuel. Le temps de travail est estimé en station à 330 h/ha, 60 h/ha et 35 h/ha respectivement pour le zaï manuel, le zaï motorisé, et le zaï mécanisé. Ces résultats corroborent ceux de [23] qui montré que le besoin en temps de travail est de 300 h/ha pour le zaï manuel et 50 h/ha pour le zaï mécanisé. La réduction du temps de travail pour la confection des poquets pourrait accroître le niveau d'adoption et une mise à l'échelle de la pratique du zaï [19]. Cette mise à l'échelle dépend cependant des zones climatiques [24] et des caractéristiques socioéconomiques des agriculteurs [15; 19].

Le zaï motorisé permet d'accroître les rendements grains et paille par rapport au zaï manuel et mécanisé. Ces résultats sont liés à la poudrette reversée dans les poquets lors de la réalisation des poquets qui a permis une meilleure rétention en eau, un bon enracinement des plants, et une activation optimum de l'activité de la microbiologie du sol au profit des plants et du sol [25]. Cependant, lorsque la matière organique est appliquée dans les poquets avant la saison des pluies, le taux de libération des éléments nutritifs des amendements organiques dépasse largement l'absorption des éléments nutritifs par les plantes; ce qui pourrait entraîner d'importantes pertes de lessivage au cours des 4 à 6 premières semaines suivant le semis, en particulier pour l'azote et, dans une moindre mesure, pour le potassium Selon [26].

Le traitement zaï mécanisé a engendré une réduction du rendement grains et paille respectivement de 890 kg/ha et 1800 kg/ha comparativement aux rendements issus de la pratique du zaï manuel. L'effet du zaï mécanisé sur les rendements comparativement au zaï manuel est contraire aux résultats des travaux de [17]. Ces derniers auteurs ont trouvé que le zaï mécanisé permettait d'accroître les rendements par rapport au zaï manuel. La force de travail du bœuf de trait utilisé détermine la profondeur des poquets où la fumure organique est apportée pour satisfaire les besoins en éléments minéraux des cultures. Les dimensions des poquets du zaï mécanisé sont inférieures à celles du zaï manuel lorsque la force de traction animale est faible avec pour conséquences une baisse des rendements [27].

Le coût de réalisation du zaï varie en fonction de l'outil utilisé [17]. Le coût de réalisation zaï motorisé est supérieur à celui du zaï mécanisé et manuel. Toutefois, l'analyse de la rentabilité économique montre le revenu généré est de 176000 F CFA/ha, 263000 F/CFA et 56000 F CFA/ha CFA/ha respectivement pour le zaï manuel, motorisé et mécanisé. Elle révèle que la pratique

du zaï motorisé est économiquement plus avantageux. La motorisation du travail du sol permet d'améliorer la fertilité et l'humidité du sol avec pour effet une amélioration des revenus agricoles [13; 26]. Des études antérieures ont montré que la combinaison de la motorisation agricole et l'amélioration de la fertilité des sols aboutit à l'accroissement des revenus [28; 16].

5 CONCLUSION

L'étude révèle que la motorisation du zaï permet d'accroître les rendements du sorgho comparativement aux autres de pratiques. Le rendement grain du sorgho obtenu à partir du zaï motorisé est évalué à 1844 kg/ha alors que ceux du zaï manuel et mécanisé sont respectivement de 1413 kg/ha et 625 kg/ha. Le besoin en temps de travail du zaï mécanisé est inférieur à celui du zaï motorisé et manuel. L'investissement est évalué à 3850 FCFA/ha, 42000 FCFA/ha et 4000 FCFA/ha respectivement pour le zaï mécanisé, motorisé et manuel. La marge nette est évaluée à 176 871 FCFA/ha, 263 548 FCFA/ha et 56 025 FCFA/ha respectivement pour le zaï manuel, motorisé et mécanisé. La mise en œuvre du zaï motorisé permet de dégager une marge nette supérieure à ceux des autres pratiques. Des tests du zaï motorisé dans les exploitations agricoles sont nécessaires avant une éventuelle mise à l'échelle.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Fondation Practica pour la conception et la mise à disposition du Zaïner dans le cadre de cette recherche

REFERENCES

- [1] FAO, «La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2021,» Rome, Italie, 2021.
- [2] R. Zougmore *et al.*, «Toward climate-smart agriculture in West Africa: A review of climate change impacts, adaptation strategies and policy developments for the livestock, fishery and crop production sectors,» *Agriculture and Food Security*, vol. 5, no. 1, pp. 1–16, 2016.
- [3] B. Zongo, A. Diarra, B. Barbier, M. Zorom, H. Yacouba, and T. Dogot, «Farmers' practices and willingness to adopt supplemental irrigation in Burkina Faso,» *International Journal of Food and Agricultural Economics*, vol. 3, no. 1, pp. 101–117, 2015.
- [4] J. Marchal, «Vingt ans de lutte antiérosive au nord du Burkina Faso,» *Cahier Orstom, Sér. Pédol.*, vol. XXII, no. 2, pp. 173–180, 1986.
- [5] P. Jouve, «Secheresse au Sahel et strategies paysannes,» *Sécheresse*, vol. 2, pp. 61–69, 1991.
- [6] W. M. Sweileh, «Bibliometric analysis of peer-reviewed literature on food security in the context of climate change from 1980 to 2019,» *Agriculture and Food Security*, vol. 9, no. 1, pp. 1–15, 2020.
- [7] E. Roose, V. Kaboré, and C. Guénat, «Zai practice: A west african traditional rehabilitation system for semiarid degraded lands, a case study in Burkina Faso,» *Arid Soil Research and Rehabilitation*, vol. 13, pp. 343–35, 1999.
- [8] J. C. J. Wildemeersch *et al.*, «Assessing the Constraints to Adopt Water and Soil Conservation Techniques in Tillabéri, Niger,» *Land Degradation and Development*, vol. 26, no. 5, pp. 491–501, 2015.
- [9] C. Reij, I. Scoones, and C. Toulmin, *Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique*, Edition KA. Wageningen, Pays Bas, 1996.
- [10] M. I. Bouzou and L. N. Dan, «Le « Tassa » : une technique de conservation des eaux et des sols bien adaptée aux conditions physiques et socio-économiques des glacis des régions semiarides (Niger) / The « tassa », a soil and water conservation technique well adapted to the physical an,» *Revue de géographie alpine*, vol. 92, no. 1, pp. 61–70, 2004.
- [11] H. T. Ndah *et al.*, «Adoption potential of conservation agriculture practices in Sub-Saharan Africa: Results from five case studies,» *Environmental Management*, vol. 53, no. 3, pp. 620–635, 2014.
- [12] B. Y. Karidjo, Z. Wang, Y. Boubacar, and C. Wei, «Factors influencing farmers' Adoption of Soil and Water Control Technology (SWCT) in Keita valley, a semi-arid Area of Niger,» *Sustainability (Switzerland)*, vol. 10, no. 2, 2018.
- [13] A. Maatman, H. Sawadogo, C. Schweigman, and A. Ouedraogo, «Application of zaï and rock bunds in the northwest region of Burkina Faso: Study of its impact on household level by using a stochastic linear programming model,» *Netherlands Journal of Agricultural Science*, vol. 46, no. 1, pp. 123–136, 1998.
- [14] E. Roose, i M. Arab, K. Brahama, R. Chebbani, M. Mazour, and B. Morsli, «Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne : réduction des risques érosifs et intensification de la production agricole par la GCES : synthèse des campagnes 1984-1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion - fdi: 010009097 -,» *Cahiers ORSTOM.Série Pédologie*, vol. 28, no. 2, pp. 289–308, 1993.

- [15] G. Danso-Abbeam, G. Dagunga, and D. S. Ehiakpor, «Adoption of Zai technology for soil fertility management: evidence from Upper East region, Ghana,» *Journal of Economic Structures*, vol. 8, no. 1, pp. 1–14, 2019.
- [16] T. Amede, M. Menza, and S. B. Awlache, «Zai improves nutrient and water productivity in the Ethiopian highlands,» *Experimental Agriculture*, vol. 47, no. S1, pp. 7–20, 2011.
- [17] A. Barro, R. Zougmore, and J.-B. Taonda, «Mécánisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride,» *Agricultures (Montrouge)*, vol. 14, no. 6, pp. 549–559, 2005.
- [18] S. W. K. Muchai, F. K. Ngetich, M. Baaru, and M. W. Mucheru-Muna, «Adoption and utilisation of Zai pits for improved farm productivity in drier upper eastern Kenya,» *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, vol. 121, no. 1, pp. 13–22, 2020.
- [19] B. Zongo, O. S. Combarry, S. Ouédraogo, and P. Toé, «Diffusion of water harvesting for rainfed agriculture in sub-Saharan Africa : Case of zaï practice in Burkina Faso,» vol. 14, no. June, pp. 50–59, 2022.
- [20] SP/CONEDD, «Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques,» Ouagadougou, 2011.
- [21] B. Panigrahi, S. N. Panda, and B. C. Mal, «Rainwater conservation and recycling by optimal size on-farm reservoir,» *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 50, no. 4, pp. 459–474, 2007.
- [22] B. Zongo *et al.*, «Economic analysis and food security contribution of supplemental irrigation and farm ponds : evidence from northern Burkina Faso,» *Agriculture & Food Security*, vol. 11, no. 4, pp. 1–18, 2022.
- [23] D. Clavel, A. Barro, T. Belay, R. Lahmar, and F. Maraux, «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,» *Vertigo*, no. Volume 8 Numéro 3, pp. 1–19, 2009.
- [24] M. A. Slingerland and V. E. Stork, «Determinants of the Practice of Zaï and Mulching in North Burkina Faso,» *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 16, no. 2, pp. 53–76, 2000.
- [25] B. Koulibaly, O. Traoré, D. Dakuo, and P. N. Zombré, «Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans culturaux dans un système de rotation coton-maïs dans l'ouest du Burkina Faso,» *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, vol. 13, no. 1, pp. 103–111, 2009.
- [26] D. Fatondji, C. Martius, R. Zougmore, P. L. G. Vlek, C. L. Biielders, and S. Koala, «Decomposition of organic amendment and nutrient release under the zai technique in the Sahel,» *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 85, no. 3, pp. 225–239, 2009.
- [27] R. A. Pearson and E. Vall, «Performances et conduite des animaux de trait en Afrique sub-saharienne : une synthèse,» *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, vol. 51, no. 2, pp. 155–163, 1998.
- [28] C. É. D. Da, «Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur le rendement du sorgho au centre-nord du Burkina Faso,» *Cahiers d'Outre-Mer*, vol. 61, no. 241–242, pp. 99–110, 2008.