

Impact des techniques de récupération des terres dégradées sur la productivité du mil (*Pennisetum Glaucum* (L.) R. Br.) au Niger

[Impact of techniques for recovering degraded land on millet (*Pennisetum Glaucum* (L.) R. Br.) productivity in Niger]

*Abdou Maman Manssour*¹, *Hassimi Moussa*¹, *Abdou Amani*², *Abdoulkadri Ali*³, *Maazou Abdoulaye Ibrahim*¹, and *Alzouma Mayaki Zoubeirou*¹⁻⁴

¹Département Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Boubakar Bâ de Tillabéri, Niger

²Département Gestion des Ressources Naturelles, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger

³Département des productions végétaux, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

⁴Département de Biologie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Copyright © 2020 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: This study was conducted at Intchimia's recovered site. Its objective is to determine the impact of land reclamation techniques on millet productivity. The experimental device used is a randomized block with four treatments (DL half-moon, CP stony cords, half-moon + stony cords DL-CP and control T) and three repetitions. Parameters monitored were phenological growth and components of millet yield. Results showed that water and soil conservation techniques have a better influence on the development and productivity of millet. The best results were obtained in the DL treatments (plant height: 229.46 cm; grain weight: 1936.11 kg / ha and biomass weight: 6.24 t / ha) and CP-DL (height of plant: 226.93 cm; grain weight: 1692.83 kg/ha and biomass weight: 5.65 t/ha). These results made it possible to demonstrate that DL and DL-CP are the most suitable as a promoted area for the production of millet at the level of the recovered soils.

KEYWORDS: Soil, degradation, restoration, half-moon, stony cords.

RESUME: Cette étude a été conduite au niveau du site récupéré d'Intchimia. Elle a pour objectif de déterminer l'impact des techniques de récupération des terres sur la productivité du mil. Le dispositif expérimental utilisé est celui en bloc randomisé avec quatre traitements (demi-lune DL, cordons pierreux CP, demi-lune + cordons pierreux DL-CP et témoin T) et trois répétitions. Les paramètres suivis étaient la croissance phénologique et les composantes du rendement du mil. Les résultats obtenus ont montré que les techniques de conservation des eaux et des sols ont une meilleure influence sur le développement et la productivité du mil. Les meilleurs résultats ont été observés au niveau des traitements DL (hauteur de plant: 229,46 cm; poids en grain: 1936,11 kg/ha et poids en biomasse: 6,24 t/ha) et CP-DL (hauteur de plant: 226,93 cm; poids en grain: 1692,83kg/ha et poids en biomasse: 5,65 t/ha). Ces résultats ont permis de mettre en évidence que les ouvrages à DL ou DL-CP sont les mieux appropriés comme zone promue pour la production du mil au niveau des sols récupérés.

MOTS-CLEFS: Sol, dégradation, restauration, demi-lune, cordons pierreux, Intchimia.

1 INTRODUCTION

Au Niger, l'agriculture constitue la principale activité économique du pays, employant plus de 80% de la population. Cette agriculture est essentiellement pluviale, dominée par les céréales et cultures de rente. Cependant, les sols destinés à l'agriculture pluviale sont à 85% dunaires, peu productifs, fragiles et très sensibles à l'érosion hydrique et éolienne [1]. A cela s'ajoute un climat très défavorable caractérisé par des précipitations faibles et irrégulières, l'encroûtement de la surface du sol et les faibles capacités de rétention en eau [2]. Ce qui a pour conséquence, une dégradation des sols et une production agricole en déclin [3]. Pour inverser cette tendance, plusieurs pratiques ont été entreprises mais souvent difficiles à mettre en œuvre par la population [4]. Parmi ces pratiques, figurent le paillage [5] et l'épandage de fumier et/ou d'engrais [1] car présentant des effets très bénéfiques sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol [6]. En effet, le paillage permet de réduire l'impact de l'érosion sur les propriétés physico-chimiques du sol tout en améliorant la teneur en matière organique du sol ([7], [5], [2]). Il contribue aussi à rehausser les valeurs de pH, de capacité d'échange cationique et de phosphore assimilable dans les horizons de surface du sol ([8], [9]). Quant à l'épandage de fumier et/ou d'engrais, les agriculteurs ne disposent pas de moyens financiers suffisants pour l'achat d'engrais ni de ressources en fumure organique en quantité pour mettre en œuvre ces pratiques ([3]; [10]). C'est ainsi que des auteurs tels que [11] et [12] ont suggéré que la solution à ce problème de dégradation de sol, pourrait venir des techniques de restauration de sol. En effet, ces techniques de récupération des terres et eaux de ruissellement permettent de restaurer la fertilité des sols encroûtés dégradés ([13]). Ces techniques, principalement les demi-lunes, cordons pierreux et leurs combinaisons pourraient contribuer à la récupération des terres dégradées, à travers la réduction du ruissellement et des pertes de terres ([14]). Ces ouvrages permettraient ainsi, d'atténuer les effets néfastes de dégradation des sols, par l'augmentation de l'infiltration des eaux de ruissellement, la régénération du couvert végétal mais aussi une amélioration de la productivité de ces terres ([15]). D'où l'importance de cette étude qui a pour objectif d'évaluer l'efficacité de quelques techniques de conservation des eaux et du sol (la demi-lune, les cordons pierreux et leur combinaison) sur la productivité du mil. Les objectifs spécifiques assignés à cette étude sont d'une part d'évaluer l'impact de ces ouvrages sur la croissance phénologique de la culture du mil pour chaque traitement et d'autre part de déterminer l'impact de ces ouvrages sur les composantes du rendement de cette culture.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

L'expérimentation a été conduite sur le site de récupération des terres dégradées de Intchimia (Latitude Nord: 14°46'27,2", Longitude Est: 05°50'43,8") au Niger. Le matériel végétal est constitué d'une variété améliorée du mil (*Pennisetum glaucum*) appelée H80-10GR. La durée moyenne de son cycle fait 80 à 85 jours. Les fertilisants utilisés sont le paillage et fumier appliqués par épandage au niveau des différents traitements.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental utilisé est en bloc randomisé constitué de trois blocs avec quatre traitements (Figure 1). Les blocs sont séparés d'une distance de 15 m et les parcelles au sein du même bloc sont distantes de 10 m. Les parcelles élémentaires ont une superficie de 1000 m² (20 m * 50 m) chacune. Les traitements appliqués consistent à la combinaison de deux facteurs:

- La gestion du sol avec quatre niveaux qui sont: (i) demi-lunes, (ii) témoin sans aucune structure de collecte d'eau de ruissellement; (iii) cordons pierreux et (iv) combinaison demi-lunes +cordons pierreux;
- La gestion des cultures comportant un niveau, le mil.

Chaque bloc comporte les traitements suivants: demi-lunes (DL), cordons pierreux (CP), association demi-lunes + cordons pierreux (DL-CP) et témoin (T).

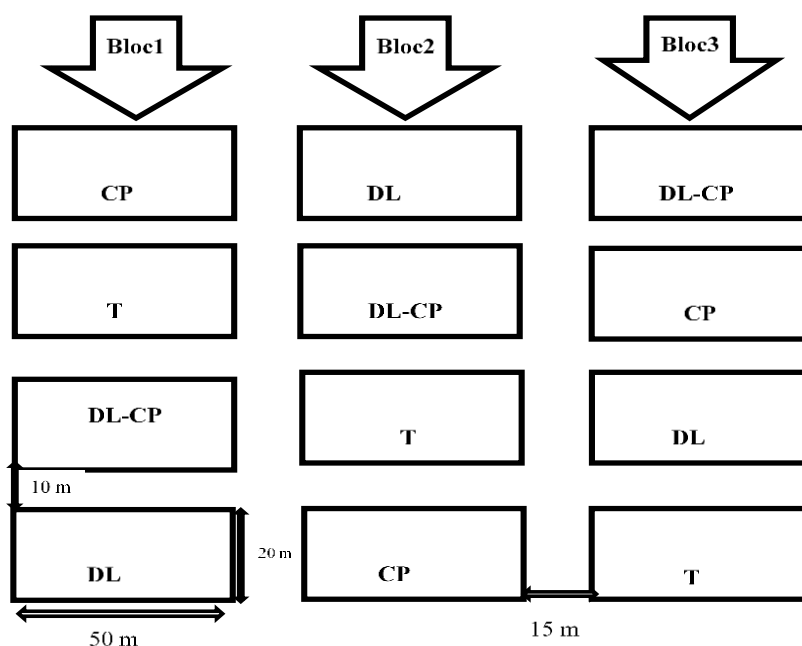


Fig. 1. Dispositif expérimental

2.2.2 VARIABLES SUIVIES

Les variables concernant la croissance des plantes sont la hauteur des plants, le nombre de feuilles et le nombre d'épis apparus ont été suivies et mesurées par semaine. Celles concernant le rendement ont été évaluées à la récolte à travers le poids de la biomasse sèche, le rendement en grains et le poids de 1000 graines.

2.2.3 CARRÉS DE RENDEMENT

Des carrés de rendement de superficie 1 m^2 ($1\text{m} \times 1\text{m}$) ont été placés au niveau des différents traitements afin d'évaluer les rendements (figures 2).

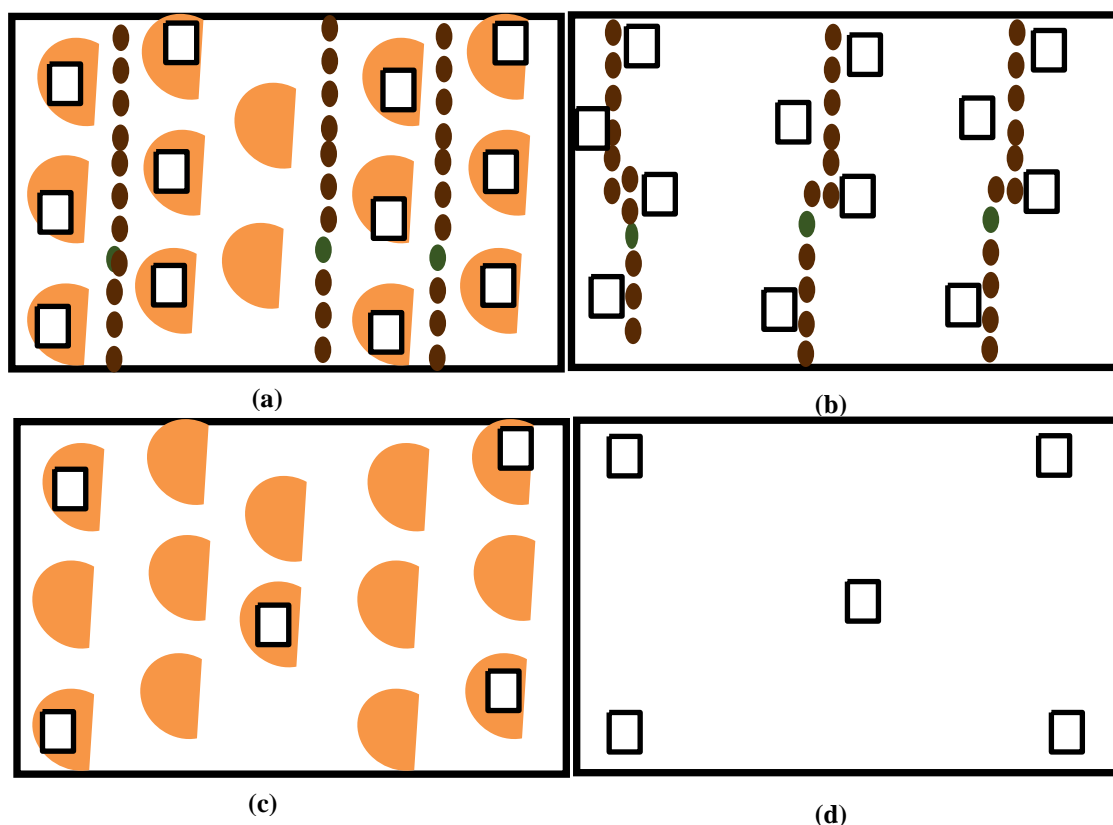
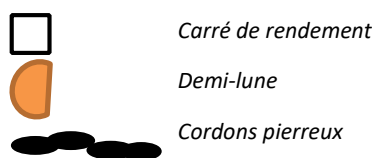


Fig. 2. Carrés de rendement au niveau des traitements demi-lune+cordons pierreux (a) et cordons pierreux (b) demi-lunes (c) et témoins (d)



2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les moyennes des paramètres de croissance et de la production ont été calculées avec Excel. L'analyse statistique (ANOVA) de ces valeurs moyennes a été réalisée avec le logiciel XLSTAT (version 2016) et comparée à partir du test de Fisher au seuil de 5%.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

3.1.1 PARAMÈTRES DE CROISSANCE

Les variables portant sur les paramètres de croissance des plants du mil sont: le nombre de feuilles, l'évolution de la hauteur, l'évolution du nombre d'épis et la taille des épis.

3.1.2 NOMBRE DE FEUILLES

Cette variable a été mesurée tout au long de la phase de croissance des plants du mil, c'est-à-dire jusqu'à l'arrêt de l'élongation de l'épi. L'analyse de données issues des mesures de ce paramètre a permis de ressortir un nombre moyen variant

entre 14 et 18 feuilles selon les différents traitements (DL, CP, DL-CP et T) (figure 4). Ainsi, les plants cultivés au niveau des traitements DL ont enregistré un nombre de feuilles relativement plus élevé que celui des autres traitements, tandis que le nombre le plus bas a été observé au niveau de T. Cependant, on remarque qu'il y a une différence significative ($P=0,006$) au seuil de 5% du test de Fisher entre le nombre de feuilles au niveau des traitements DL et DL-CP (respectivement 18 et 17,2 feuilles) comparativement au témoin T (13,9 feuilles). Quant au traitement CP, il a présenté un nombre moyen de feuilles très proche (14 feuilles) de celui des parcelles T.

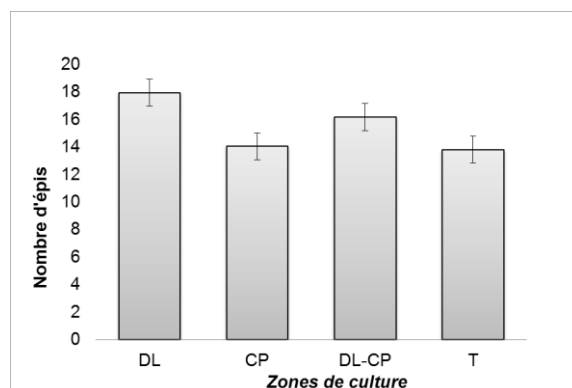


Fig. 3. Nombre moyen de feuilles par tige dans les différentes zones de culture

DL: demi-lunes; CP: cordons pierreux; DL-CP: demi-lunes combinées à cordons pierreux; T: témoins

3.1.3 EVOLUTION DE LA HAUTEUR DES PLANTS

Depuis les semis jusqu'au 59^{ème} jour après (JAS), on constate que la différence de taille n'a pas été significative entre les différentes zones de culture ($P>0,05$) (figure 4). Ce n'est qu'à partir du 73^{ème} JAS qu'on a observé une différence significative (au seuil de 5% du test de Fisher) entre les différents traitements. En effet, la taille des plants de mil a été significativement plus élevée au niveau des traitements DL (229,46 cm) et DL-CP (227,92 cm) comparativement à celle observée au niveau de CP (170,94 cm) et T (151,29 cm). Par ailleurs l'évolution de la hauteur des plants a gardé cette tendance jusqu'à l'émergence de l'épi ou arrêt de croissance (87^{ème} JAS).

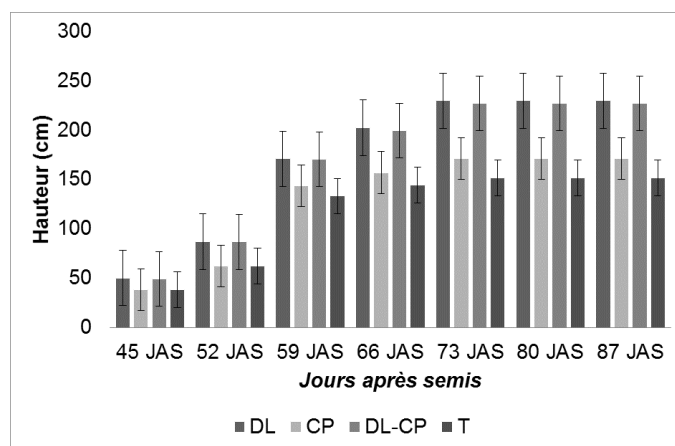


Fig. 4. Evolution de la taille des plants de mil dans les zones de cultures

DL: demi-lunes; CP: cordons pierreux; DL-CP: demi-lunes combinées à cordons pierreux; T: témoins

3.1.4 EVOLUTION DU NOMBRE D'ÉPIS

Le comptage du nombre d'épis a été effectué à 3 reprises pendant le stade d'épiaison (figure 5). Le premier relevé ne révèle pas une différence significative ($P > 0,05$) entre les différents traitements. Néanmoins, le deuxième et le troisième comptage ont présenté de différence significative (au seuil de 5% du test de Fisher) entre les traitements DL (27,52 épis) et DL-CP (25,49 épis) comparativement aux autres traitements CP (12,96 épis) et T (12,55 épis). Cependant il n'y a eu de différence significative d'une part entre DL et DL-CP et d'autre part entre CP et T.

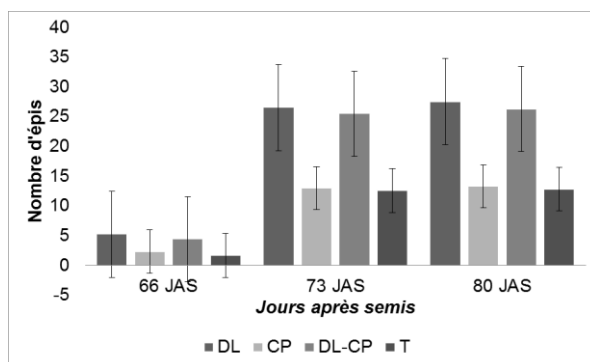


Fig. 5. Evolution du nombre d'épis pendant la phase d'épiaison

DL: demi-lunes; CP: cordons pierreux; DL-CP: demi-lunes combinées à cordons pierreux; T: témoins

Les mesures de la taille des épis ont été effectuées pendant le stade de grenaison, période correspondante à l'atteinte de leur taille maximale. Les résultats ont montré que la taille moyenne des épis est comprise entre 48,9 cm et 55,6 cm (figure 6). L'analyse de ces résultats montre que la taille moyenne la plus élevée a été enregistrée au niveau de DL (55,63 cm) suivi respectivement de DL-CP (55,15 cm), CP (52 cm) et T (48,85 cm). Par ailleurs, une différence significative au seuil de 5% du test de Fisher entre les traitements DL et DL-CP comparativement à T a été observée ($P=0,003$). Cependant, cette différence n'a pas été significative entre CP et T au seuil de 5%.

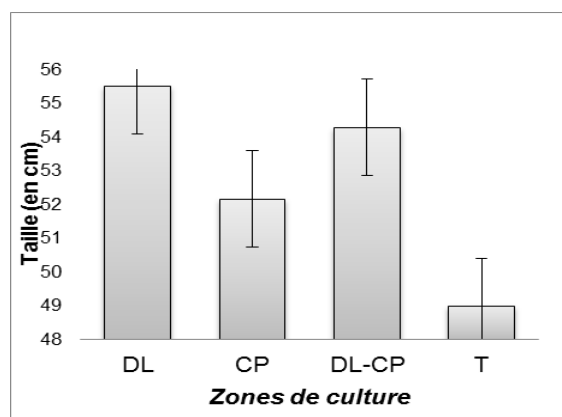


Fig. 6. Taille moyenne des épis selon les différents traitements

Avec: DL: demi-lunes; CP: cordons pierreux; DL-CP: demi-lunes combinées à cordons pierreux; T: témoins

3.1.5 COMPOSANTES DU RENDEMENT

Les composantes du rendement du mil au niveau des différents traitements ont été évaluées à travers le rendement en grains, le poids de la biomasse sèche le poids 1000 graines (Tableau1).

Tableau 1. Composantes rendements du mil selon les différents traitements

Traitements	Rdt BS (kg/ha)	Rdt grains (kg/ha)	Poids 1000 grains (g)
DL	6244,44 ^a	1838,89 ^a	11,34 ^a
DL-CP	5652,72 ^a	1692,84 ^a	9,48 ^b
CP	2849,47 ^b	831,69 ^b	8,51 ^c
T	2452,78 ^b	597,22 ^b	8,49 ^d

Sur une colonne, les valeurs suivies de la même lettre en indice ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% du test de Fisher. Avec **Rdt BS**: rendement biomasse sèche; **Rdt grains**: rendement grains.

Les résultats montrent que les rendements en graines et en biomasse sèche ont été significativement différentes entre les traitements DL et DL-CP ($P < 0,05$ au seuil de 5% du test de Fisher). En effet, DL a présenté le rendement en grains le plus élevé (1838,89 kg/ha), suivie respectivement de DL-CP (1692,84 kg/ha), CP (831,69 kg/ha) et T (597,22 kg/ha). La même tendance a été observée pour le rendement en biomasse sèche où le traitement DL a présenté le rendement le plus élevé (6244,44 kg/ha) contrairement à CP (2849,47 kg/ha) et T (2452,78kg/ha). Quant au poids de 1000 graines, des différences significatives ont été observées entre tous les traitements (DL > DL-CP > CP > T).

3.2 DISCUSSION

Les résultats de cette étude ont montré que les variables de croissance (nombre de feuilles, hauteur des plants, nombre d'épis et longueur des épis) ont été plus élevées au niveau des traitements DL et DL-CP comparativement aux parcelles témoins T. Les traitements DL et DL-CP auraient ainsi amélioré de façon significative la croissance et le développement des plants de mil par rapport aux CP (simple) et au témoin T. En effet, la hauteur la plus élevée a été enregistrée au niveau du traitement DL (229,46 cm) et la plus faible a été enregistrée au niveau de T (151,293 cm). Ceci s'expliquerait par la présence de fumure organique et résidus de récolte dans les ouvrages de demi-lune. C'est ainsi que [16] et [17] affirment que les arbustes et les surfaces irrégulières du sol piègent d'importantes quantités de matières organiques telles que les litières végétales animales, ce qui entraîne la croissance alternative et le développement des cultures par rapport aux zones dénudées. Ceci montre que lorsque les niveaux de ces facteurs sont améliorés, cela entraîne une amélioration de la croissance et du développement des plants. En effet, l'accumulation de la matière organique autour des ouvrages antiérosifs et des arbres est facilitée par les vents et les eaux de ruissellements. Cette accumulation améliore la fertilité des sols de façon localisée. Les travaux de [18] et [17] ont montré des résultats similaires sur la croissance du mil sous les arbres autour desquels s'accumule de la litière végétale. Aussi, les traitements DL et DL-CP permettent d'améliorer la disponibilité des éléments nutritifs et l'eau dans le sol. L'apport de la matière organique dans le sol améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et crée un environnement propice à la croissance et au développement des plants de mil [19]. indique que l'apport de matière organique dans les poquets entraîne un regain de l'activité biologique du sol favorisant la croissance des plantules qui profitent alors de la minéralisation de la fumure organique apportée, de la perforation de la croûte par les termites et de l'amélioration de la structure du sol. Selon [20], la demi-lune permet de concentrer l'humidité et les nutriments sous les plants de céréales dans les poquets. Cela favorise une bonne alimentation en eau et en éléments minéraux des plants et leur permet d'avoir une meilleure croissance. En effet, selon [21], les ouvrages de récupération de sol permettent d'atténuer l'effet des périodes de sécheresse durant la croissance des plantes et une utilisation efficiente de l'eau environ 2 fois par rapport aux semis traditionnels. Ce qui expliquerait une meilleure croissance des plants au niveau des DL et DL-CP. Ainsi, la disponibilité des éléments nutritifs serait le facteur essentiel, à l'origine des effets positifs induits par les traitements DL et DL-CP sur la croissance des plants de mil.

Concernant le rendement en grains, il a été significativement plus élevé au niveau des traitements DL et DL-CP comparativement à ceux obtenus autour des CP et T. Ces valeurs élevées de rendement du mil au niveau des traitements DL et DL-CP peuvent être liées à la disponibilité de l'eau et des éléments nutritifs du sol pour les plants de mil au niveau de ces ouvrages. Ces résultats corroborent ceux de [22] ayant obtenu des rendements plus élevés au niveau du traitement DL comparativement au témoin T. Ils ont également été conformes à ceux de [23] qui ont trouvé des rendements assez satisfaisants au niveau des cordons pierreux, tandis que ceux du témoin ont été médiocres. Des résultats similaires ont aussi été mis évidence par [14] sur l'effet positif des Zaï sur les rendements en grains du mil. Ainsi, les meilleures influences des DL et DL-CP sur les composantes du rendement ont pour cause essentielle la meilleure croissance végétative des plants. Ces faibles rendements en grains pourraient être dus à une faible croissance de l'appareil végétatif durant la période semis-floraison. En effet, les traitements DL et DL-CP se sont montrés plus efficace par rapport aux cordons pierreux simples et aux témoins T.

Cette efficacité est liée à la fertilité du sol induit par l'apport de matière organique issue du dépôt des résidus de récolte, litières des arbres et herbacées et fèces d'animaux amenés par le vent et le ruissellement des eaux de pluie. L'accumulation localisée de ces éléments nutritifs aurait contribué à l'amélioration de la structure du sol notamment sa capacité de rétention de l'eau ayant permis un bon développement des cultures et ainsi des rendements satisfaisants au niveau de ces traitements. Ces résultats sont conformes à ceux de [1], qui a montré que l'augmentation des rendements est imputable à l'amélioration de ses propriétés et la libération des éléments nutritifs.

Pour ce qui est de la biomasse du mil, la même tendance que le rendement grains a été observée, c'est-à-dire qu'elle a été plus importante au niveau du traitement DL. Ce rendement en matière sèche résulterait d'une accumulation d'éléments minéraux (amenés par le vent et le ruissellement des eaux de pluies) piégés au niveau du traitement DL qui en plus conservent l'humidité plus longtemps. Ces résultats sont conformes à ceux de [24]. Cette amélioration de la productivité des sols serait due à la décomposition des résidus des herbes mais aussi à la poussière atmosphérique emprisonnée par ces herbes. S'agissant du poids de 1000 grains, il a été significativement différent d'un traitement à un autre avec toutefois le meilleur résultat enregistré au niveau de DL suivi respectivement de DL-CP, CP et T. Ceci s'expliquerait par l'importance des éléments nutritifs contenus dans les sols des ouvrages. Ces résultats corroborent ceux de [25] pour qui, l'apport en matière organique entraîne une augmentation du poids de 1000 grains en utilisant le mil ou le sorgho comme culture.

4 CONCLUSION

La présente étude visait à tester l'efficacité des techniques de récupération des terres sur les composantes du rendement du mil. La démarche suivie reposait sur l'évaluation de stade de la croissance phénologique de mil, et de composantes du rendement. Il ressort de cette étude, de l'impact positif de ces différentes techniques sur la productivité et le rendement du mil. Les traitements DL et DL-CP, améliorent significativement le rendement du mil comparativement au témoin. Il serait nécessaire de prendre en compte la vocation d'une zone à récupérer avant la réalisation des ouvrages. Ainsi, pour des terres à vocation agricole, les ouvrages DL et DL+CP seraient une alternative pour non seulement récupérer mais aussi optimiser la productivité des sols encroutés et/ou dégradés.

REFERENCES

- [1] Abdou M.M., Laouali A., Malam B.A.H., Elhadji S.D., Abdoukadi A., Alzouma M.Z., 2020a. Impact de la combinaison régénération naturelle assistée (RNA) et engrais en microdose sur la productivité du mil (*pennisetum glaucum* (L.) R. BR.) au Niger. *European Scientific Journal*, Vol.16 (9), pp. 82-94.
- [2] Bationo A. et Buerkert A., 2001. Soil Organic carbon measurement for sustainable land use in Sudano-Sahelian West Africa, *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 61, 131–142.
- [3] Wezel A., 2000. Scattered shrubs in pearl millet fields in semiarid Niger: Effect on millet production, *Agroforestry Systems* 48: 219-228.
- [4] Bodo B. S., Ambouta J.M.K., ISSA O.M., Tidjani A.D., Morvan X., Conreux A., Marin B., Ponthieu M., Fronteau G., 2019. Effets de la mobilité de l'habitat dans les champs cultivés sur la qualité physico-chimique des sols dans l'Ouest nigérien, *EWASH & TI Journal*, 2019 Volume 3 Issue 1, pp 60-68.
- [5] Ambouta J.M.K., Moussa B.I., Ousmane S.D., 2000. Réhabilitation de jachère dégradée par les techniques de paillage et de zaï au Sahel. In: *La jachère en Afrique tropicale: Rôles, Aménagement, Alternatives*, Floret et Pontanier (éd.), John Libbey Eurotext, Paris, pp. 751-759.
- [6] Vanlauwe B., Giller K.E., 2006. Popular myths around soil fertility management in sub-Saharan Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 116: 34–46.
- [7] Wezel A. et Boecker R., 1998. Fallow plant communities and site characteristics in semi-arid Niger, West Africa. *Journal of Arid Environments* 40 (3), 269–280.
- [8] Buerkert, A., Bationo, A., & Dossa, K., 2000. Mechanisms of Residue Mulch-Induced Cereal Growth Increases in West Africa. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 346-358.
- [9] Iijima, M., Lumbanraja, J., Yuliadi, E., Izumi, Y., & Watanabe, A., 2004. Soil chemical properties of an Indonesian red acid soil as affected by land use and crop management. *Soil and Tillage Research*, 76 (2), 115-124.
- [10] Bagayoko M, Maman N., Palé S., Sirifi S., Taonda SJB., Traore S., Mason SC., 2011.
- [11] Microdose and N and P fertilizer application rates for pearl millet in West Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (5): 1141 -1150.

- [12] Zougmoré R., Ouattara K., Mando A. et Ouattara B., 2004. Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso. *Sécheresse*, 15 (1), 1-8.
- [13] Rezaei, E. E., Gaiser, T., Siebert, S., Sultan, B., & Ewert, F., 2014. Combined impacts of climate and nutrient fertilization on yields of pearl millet in Niger. *European Journal of Agronomy*, 55, 77-88.
- [14] Bouzou I. M. et Dan Lamso N., 2004. Le « Tassa »: une technique de conservation des eaux et des sols bien adaptée aux conditions physiques et socioéconomiques des glacis des régions semi-arides (Niger). *Géographie alpine*, 92, 61-70p.
- [15] Moussa M.B., 2016. Caractérisation des stades de dégradation des écosystèmes de l'Ouest du Niger et proposition de techniques simples de restauration des stades dégradés. Thèse de doctorat unique, Université Abdou Moumouni de Niamey, 149 P.
- [16] Michel E., & Guero Y., 2000. Conservation et gestion des eaux et des sols au Niger: Durabilité écologique du système de production agricole Nord-sahélien. 119 p.
- [17] Dan Lamso N., Guero Y., Tankari DA., Rabah L., Andre BB., Patrice D., Tidjani AD., Ado MN., Ambouta JMK., 2015. Variations texturales et chimiques autour des touffes d'Hyphaene thebaica (mart) des sols dans la région de maradi (Niger). *Algerian journal of arid environment*, vol. 5 (1), 40-55.
- [18] Ali A., Aichatou A., Maman M.A., Issoufou H.B.A, Djibo E.S., Zoubairou M.A., 2019. Improvement of the productivity of millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Intercropped with the Arabic gum tree (*Acacia senegal* (L.) Willd.) in agroforestry parkland in Niger. *Advances in Agricultural Science*, Vol. 7 (2019), Issue 01, pp. 74-84.
- [19] Abdou M.M., Elhadji S.D., Assoumane A, Abdoukadi A, Alzouma M.Z., 2019. Impact de l'association céréale-Acacia senegal (L.) Willd. sur la productivité agricole du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) et du sorgho (*Sorghum bicolor*) au Niger. *Annales de l'Université Abdou Moumouni*, Tome XXVI, Série A, pp. 9-23.
- [20] Mando A., 1997. The role of termites and mulch in the rehabilitation of crusted sahelian soil, tropical resources management. *Theses Wageningen Agriculture University*. 101p.
- [21] Roose E., Kaboré V., Guenat c., 1999. Zaï practice: A West African traditional rehabilitating system for semi-arid degraded lands, a case study in Burkina Faso. *ORSTOM*.16p.
- [22] Fatondji D., Martius C., Biolders C. L., Vlek P. L. G., Bationo A., & Gerard B., 2006. Effect of planting technique and amendment type on pearl millet yield, nutrient uptake, and water use on degraded land in Niger. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 76, 203- 217.
- [23] Izza I. et Baba., 2017. Relation entre les variables d'états et le rendement agricole en fonction des pratiques culturales: cas de bassin versant de Tougou (nord du Burkina Faso). *Mémoire de fin d'étude*, 36p.
- [24] Adama B. et Ziga., 2008. Evaluation des impacts biophysiques et socioéconomiques des investissements dans les actions de gestion des ressources naturelles au Nord du plateau centrale du Burkina Faso. *Etude sahel B.F*. 40P.
- [25] El Tahir B. A., Ahmed D. M., Ardo J., Gaafar A. M., Salih A. A., 2009. Changes in soil properties following conversion of *Acacia senegal* plantation to other land management systems in North Kordofan State, Sudan. *Journal of Arid Environments*, 73 (2009): 499-505.
- [26] Breman H., Kessler J.J., 1995. *Woody Plants in Agro-Ecosystems of Semi-Arid Regions (With an Emphasis on the Sahelian Countries)*. Springer-Verlag, Berlin.