

Effets du zaï et du nombre de plants par poquet sur la croissance et le rendement du mil (*Pennisetum glaucum*) en milieu sahélien au Niger

Younoussou RABO^{1*}, Idi Saidou SANI¹, Ali MAHAMANE²

(Reçu le 30/01/2024; Accepté le 05/03/2024)

Résumé

Le mil est l'une des plantes alimentaires les plus cultivées au Niger. Cette étude, menée dans le village de Digargo au Niger, a pour objectif d'évaluer les effets combinés du zaï et du nombre de plants par poquet sur les paramètres de croissance et de rendement du mil. Un dispositif expérimental en randomisation totale avec trois (3) répétitions a été mis en place et deux (2) facteurs ont été étudiés. Le facteur (A) a deux (2) niveaux A1 et A2 où le mil est semé respectivement sur un sol traité en zaï et sur un sol témoin et le facteur (B) nombre de plants par poquet avec cinq (5) niveaux (B1, B2, B3, B4 et B5). Les meilleurs rendements en grains ont été obtenus sur les sols traités en zaï avec trois (3) et quatre (4) plants par poquet, notamment A1B3 et A1B4, avec respectivement 2523 et 2187 kg/ha. D'autre part, l'ACP montre que les traitements A1B3 et A1B4 se caractérisent par un bon rendement en épis, en grains et un poids élevé des mille grains. Le traitement en zaï contribue à améliorer les rendements des cultures et peut être proposé pour une gestion agroécologique de la fertilité des sols.

Mots clés: Mil, zaï, croissance, rendement, Niger

Effects of zaï and the number of plants per pocket on growth and yield of millet (*Pennisetum glaucum*) in a Sahelian farming environment in Niger

Abstract

Millet is one of the most widely grown food crops in Niger. This study, conducted in the village of Digargo in Niger, aims to evaluate the combined effects of zaï and the number of plants per pocket on millet growth and yield. A randomization experimental design with three (3) replicates was set up and where two (2) factors were studied. Factor (A) has two (2) levels A1 and A2 where millet is sown on zaï treated soil and control soil respectively and factor (B) has 5 levels of number of plants per pocket. The best grain yields were obtained on soils treated with zaï with three (3) and four (4) plants per pocket, particularly A1B3 and A1B4, with respectively 2523 and 2187 kg/ha. On the other hand, treatments A1B3 and A1B4 are characterized by a good yield of ears, grains and a high thousand kernel weight. The zaï treatment helps to improve crop yields and can be recommended for agroecological management of soil fertility.

Keywords: Millet, zaï, growth, yield, Niger

INTRODUCTION

Le Niger est un pays sahélien à vocation agrosylvopastorale où l'agriculture est pratiquée par 80% des populations et contribue à hauteur de 40% au Produit Intérieur Brut (PIB) (Zakari et al., 2016). Cependant, cette agriculture tout comme la sécurité alimentaire est largement tributaire des conditions climatiques (Guerrero et al., 2022) et pédologiques (Zakari et al., 2016). En effet, les sols utilisés pour l'agriculture sont confrontés à une baisse de la fertilité consécutive non seulement aux érosions hydrique et éolienne mais aussi à une surexploitation des terres (Delhoume et al., 1998; Lionel et al., 2002; Charles et al., 2004). L'érosion constitue l'une des plus grandes menaces pour la sécurité alimentaire (Vanmaercke et al., 2011; Panagos et al., 2015). Ainsi, les pertes en terre par érosion éolienne peuvent dès lors conduire à des pertes en nutriments très élevées en proportion du stock de nutriments disponibles et contribuer ainsi à la baisse rapide du potentiel de production végétale (Bielders et al., 2002; Bachirou et al., 2020). La perte de sol à la surface de la terre par l'érosion hydrique et éolienne a été identifiée comme l'un des éléments majeurs de la dégradation des sols cultivables. De ce fait, elle peut affecter négativement les attributs fonctionnels des pores de transmission et de conservation de l'eau et constituer un obstacle majeur pour produire suffisamment de nourriture pour satisfaire la demande alimentaire de la population mondiale en croissance (Pimentel, 2006; Avakoudjo et al., 2015). En effet, la

baisse de la fertilité se révèle par la chute des rendements agricoles (Agadjihouédé, 2008) et l'envahissement des champs par des espèces végétales indicatrices de pauvreté des terres (Agadjihouédé, 2008; Avakoudjo et al., 2011). Les conséquences du processus de perte en terre et de la fertilité des sols sont entre autres la perte de productivité en culture pluviale, la baisse de la productivité et de la rentabilité des investissements en irrigué et la réduction de la biodiversité. Face aux problèmes de dégradation des terres, plusieurs stratégies et pratiques de gestion et de restauration de la fertilité des sols ont vu le jour. C'est ainsi que l'on assiste à une introduction de mesures de Conservation des eaux et des sols / Défense et restauration des sols (CES/DRS) dans les actions de récupération et de restauration des terres dégradées. Les mesures de CES/DRS constituent un moyen efficace pour mieux gérer l'eau et réduire la dégradation des sols, de la végétation et de la biodiversité en augmentant et en stabilisant les rendements agricoles, sylvicoles et fourragers (Sabine et Dieter, 2012). Selon ces auteurs, ces mesures visent plusieurs buts à la fois: (i) une meilleure gestion de l'eau, (ii) l'augmentation de la productivité des espaces agricoles, sylvicoles et pastoraux et (iii) une gestion durable sur le plan environnemental, social et économique. Parmi les techniques utilisées figurent celle du zaï dont le développement pourrait constituer une solution au problème d'insuffisance de terres cultivables et contribuer à la réduction de l'insécurité alimentaire des populations. Les zaïs sont de trous de semis dont la

¹ Faculté des Sciences de l'environnement, Université de Diffa, Niger

² Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

disposition en quinconce permet de collecter les eaux de ruissellement de façon optimale et freiner l'écoulement de l'eau sur le terrain. La technique du zaï permet de concentrer et de conserver les éléments nutritifs et l'eau à proximité des racines des plantes cultivées. L'apport de fumure organique directement au pied des plants est une utilisation économique d'un facteur de production limité pour la plupart des paysans. L'application de la fumure organique dans les trous contribue à restaurer l'activité biologique, à améliorer la fertilité et à ameublir du sol (Roose et al., 1993; Sabine et Dieter, 2012). Elle permet par conséquent une amélioration des rendements des cultures. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets du zaï et du nombre de plants sur la croissance et le rendement du mil dans le terroir communal de Digargo.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation du site d'étude (360 mm en 2021)

Les essais ont été conduits dans le site de Digargo qui est un village situé environ à cinq (5) kilomètres au Nord-Ouest de Diffa et à deux (2) kilomètres de Awaridi dans la commune de Diffa. Elle couvre une superficie de 26 km² et sa situation géographique est de 13°21'56" de latitude Nord et 12°34'58" longitude Est (Figure 1). Son climat est désertique et la température diurne est chaude à très chaude, alors qu'elle peut aussi être froide la nuit.

Dispositifs expérimentaux

Cette étude a porté sur une variété améliorée de mil, le HKP. Pour ce faire, deux (2) facteurs sont étudiés: le facteur ouvrage (A) et le facteur nombre de plants par poquet (B).

Ainsi, le facteur A comprend deux (2) niveaux:

- Le niveau 1 (A1): le mil est semé sur un sol traité en zaï;
- Le niveau 2 (A2): le mil est semé sur un sol non traité en zaï (témoin);

Le facteur B, quant à lui, comprend cinq (5) niveaux:

- Le niveau 1 (B1): un (1) plant par poquet après démarrage;
- Le niveau 2 (B2): deux (2) plants par poquet au démarrage;
- Le niveau 3 (B3): trois (3) plants par poquet au démarrage;
- Le niveau 4 (B4): quatre (4) plants par poquet au démarrage;
- Le niveau 5 (B5): cinq (5) plants par poquet au démarrage.

Chaque niveau du premier facteur a été combiné à chacun des niveaux du deuxième facteur donnant ainsi 10 traitements. Le dispositif expérimental est un dispositif en randomisation totale avec quatre (4) répétitions. Chaque unité expérimentale a eu pour dimensions 3 m * 3 m.

Conduite de la culture du mil

Installé le 11 juillet 2021, le champ où le dispositif a été installé a bénéficié de deux sarclages. Le premier sarclage a été effectué 3 semaines après le semis et suivi de démarrage à 1,2,3,4 et 5 plants par poquet. La culture a été conduite pour une période de 97 jours après le semis. La récolte a été faite au couteau pour les épis et à la daba pour la biomasse du mil 2021.

Paramètres étudiés

Les paramètres suivants ont été étudiés:

La hauteur de la tige principale, le nombre de talles, le nombre de talles fertiles, le diamètre de la tige principale, la longueur des feuilles, la largeur des feuilles, la longueur des épis, le diamètre des épis, la quantité de biomasse produite, le rendement en épis, le rendement en graines, et le poids des mille grains.

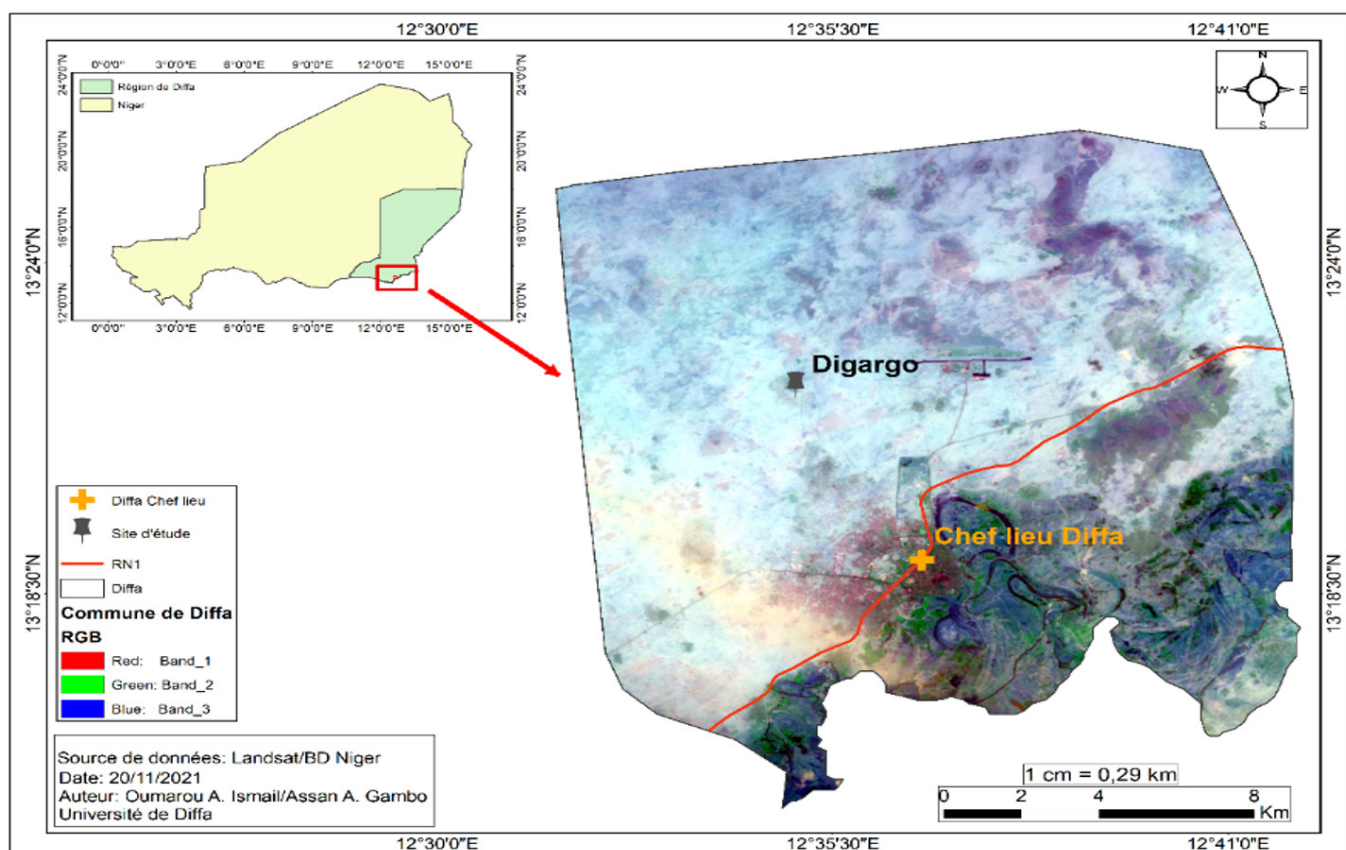


Figure 1: Présentation du site d'étude

Collecte et traitement des données

Les données ont été collectées tous les trois (3) jours. En vue d'éviter l'effet bordure, les observations ont été faites sur les quatre (4) poquets contenus dans les carrés obtenus à partir du point de concours des deux (2) diagonales de chaque unité expérimentale. Les observations ont régulièrement porté sur les paramètres de croissance et de rendement du mil. La quantité de biomasse a également été évaluée.

Les données collectées ont été traitées avec le tableau Excel et le logiciel Minitab 18. Elles ont été soumises au test de Shapiro-Wilks et celui de Levens pour vérifier normalité et l'homogénéité des variances respectivement avant de les soumettre à l'analyse de la variance (ANOVA). Une analyse en composante principale (acp) a été réalisée en vue de trouver un lien entre les traitements et les paramètres étudiés.

RÉSULTATS

Effet des traitements sur la longueur des feuilles

Le tableau 1 illustre la longueur moyenne des feuilles de mil en fonction des traitements. Il ressort de l'analyse de ce tableau qu'il y a une différence statistiquement significative entre les traitements au seuil de 5% (p = 0,045). Ainsi, le traitement A1B1 avec une longueur moyenne de 50,7 cm a eu le meilleur résultat. Par contre, le traitement A2B5 a eu la longueur moyenne la plus faible avec une moyenne de 37,0 cm.

Effet des traitements sur la largeur des feuilles

L'analyse de la variance (Tableau 1) montre qu'il y a une différence statistiquement significative (p=0,019) entre les traitements, sur la largeur des feuilles, au seuil de 5%. En effet, le traitement A1B1 a eu la largeur moyenne la plus élevée (3,9 cm). Par contre, le traitement A2B5 a eu la plus faible largeur moyenne des feuilles (2,6 cm).

Effet des traitements sur la hauteur de la tige principale

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence très hautement significative (p=0,0001) entre les différents traitements au seuil de 5% (Tableau 1). Les traitements A1B2, A1B3 et A1B4 ont les hauteurs moyennes les plus élevées à l'opposé d'A2B5 qui a eu la hauteur moyenne la plus faible. La hauteur moyenne de la tige principale varie de 170 (obtenue en A1B2) à 102 cm (obtenue A2B5).

Effet des traitements sur le diamètre de la tige principale

Le diamètre moyen de la tige principale en fonction des traitements est donné par le tableau 1. Il ressort de l'analyse de ce tableau qu'il n'y a pas de différence significative (p = 0,052) entre les traitements au seuil de 5%. Le diamètre moyen de la tige principale varie de 1,33 à 1,08 cm obtenus respectivement en A1B1 et A2B5.

Effet des traitements sur le nombre de talles par poquet

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence statistique très hautement significative entre les différents traitements au seuil de 5% (P= 0,0001) (tableau 1). Ainsi, les traitements A1B3 et A1B4 sont ceux qui ont eu le nombre moyen de talles le plus élevé contrairement à A2B1. Le nombre moyen de talle varie de 5,75 à 13,1 respectivement pour les traitements A2B1 et A1B4.

Effet des traitements sur la longueur de l'épi

La longueur moyenne de l'épi de mil en fonction des traitements est consignée dans le tableau 1. Il ressort de l'analyse de ce tableau qu'il existe une différence très hautement statistiquement significative (p=0,0001), au seuil de 5%. Le traitement A1B1 a ainsi eu la longueur moyenne de l'épi de mil la plus élevée (24,7 cm) contrairement au traitement A2B5 qui a eu la longueur moyenne la plus faible (11,1 cm).

Tableau 1: Paramètres de croissance et de rendement du mil

Traitement	Longueur des feuilles (cm)	Largeur des feuilles (cm)	Hauteur de la tige principale (cm)	Diamètre de la tige principale (cm)	Nombre de talles par poquet	Longueur des épis (cm)	Diamètre des épis (cm)	Rendement en épis (Kg/ha)	Rendement en grains (Kg/ha)	Poids des mille grains (g)	Rendement en biomasse (Kg/poquet)
A1B1	50,7±7,14 ^a	3,96±1,03 ^a	160±32,9 ^{ab}	1,33±0,30 ^a	6,75±3,23 ^{bc}	24,7±12,2 ^a	2,14±0,31 ^a	973±461 ^{bc}	940±921 ^{bc}	164±64 ^a	0,45±0,43 ^{6bc}
A1B2	47,2±7,13 ^{ab}	3,48±1,02 ^{ab}	170±55,8 ^a	1,21±0,24 ^a	9,50±2,56 ^{abc}	23,8±8,44 ^{ab}	2,02±0,19 ^a	2253±1146 ^{ab}	1853±1106 ^{ab}	114±99 ^{ab}	1,0±0,26 ^{ab}
A1B3	47,8±15,4 ^{ab}	3,84±1,29 ^{ab}	168±38,4 ^a	1,29±0,24 ^a	12,3±2,83 ^a	24,4±10,5 ^{ab}	2,21±0,29 ^a	3380±1756 ^a	2523±320 ^a	107±90 ^{ab}	1,3±0,43 ^a
A1B4	46,2±6,13 ^{ab}	3,43±0,84 ^{ab}	168±58,4 ^a	1,23±0,23 ^a	13,2±2,45 ^a	23,2±9,16 ^{ab}	2,16±0,31 ^a	3393±1867 ^a	2187±743 ^a	104±5 ^{ab}	1,1±0,25 ^{ab}
A1B5	44,6±7,53 ^{ab}	3,32±0,80 ^{ab}	154±45,2 ^{ab}	1,24±0,30 ^a	11,4±6,21 ^{ab}	20,2±4,38 ^{abc}	1,98±0,36 ^{ab}	2790±1760 ^{ab}	1747±1468 ^{ab}	102±2,9 ^b	1,70±0,27 ^a
A2B1	44,6±7,04 ^{ab}	3,44±1,19 ^{ab}	110±18,0 ^{bc}	1,17±0,18 ^a	5,75±2,62 ^c	21,4±5,22 ^{ab}	1,90±0,66 ^{abc}	627±150 ^c	413,3±75 ^c	73±47 ^c	0,43±0,30 ^c
A2B2	40,6±7,96 ^{ab}	2,69±1,04 ^{ab}	153±28,3 ^{abc}	1,18±0,23 ^a	8,25±5,26 ^{abc}	19,0±4,85 ^{abc}	1,87±0,66 ^{ab}	795±516 ^c	585±38 ^c	62±59 ^c	0,88±0,50 ^b
A2B3	43,8±13,0 ^{ab}	2,95±1,25 ^{ab}	136±39,6 ^{abc}	1,14±0,31 ^a	10,5±3,84 ^{abc}	16,3±8,19 ^{abc}	1,44±0,75 ^{abc}	1357±1287 ^{bc}	1080±393 ^{bc}	47±45 ^c	0,9±0,18 ^b
A2B4	44,4±10,3 ^{ab}	3,42±0,75 ^{ab}	150±25,2 ^{abc}	1,07±0,29 ^a	9,75±3,75 ^{abc}	14,5±2,67 ^{bc}	1,65±0,80 ^{bc}	900±618 ^c	570 ^c	61±58 ^c	0,85±0,75 ^b
A2B5	37,0±7,92 ^b	2,61±0,64 ^b	102±28,3 ^d	1,08±0,32 ^a	9,50±3,22 ^{abc}	11,0±4,26 ^c	1,05±0,97 ^c	750±70 ^c	563±346 ^c	47±46 ^c	1,1±0,69 ^{ab}
P-value	0,045	0,019	0,0001	0,052	0,0001	0,0001	0,0001	0,021	0,0278	0,0415	0,031

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes

A1B1: Le mil est semé sur un sol traité en zaï avec un plant par poquet; **A1B2:** Le mil est semé sur un sol traité en zaï avec deux plants par poquet; **A1B3:** Le mil est semé sur un sol traité en zaï avec trois plants par poquet; **A1B4:** Le mil est semé sur un sol traité en zaï avec quatre plants par poquet; **A1B5:** Le mil est semé sur un sol traité en zaï avec cinq plants par poquet; **A2B1:** Le mil est semé sur un sol non traité en zaï avec un plant par poquet; **A2B2:** Le mil est semé sur un sol non traité en zaï avec deux plants par poquet; **A2B3:** Le mil est semé sur un sol non traité en zaï avec trois plant par poquet; **A2B4:** Le mil est semé sur un sol non traité en zaï avec quatre plant parpoquet; **A2B5:** Le mil est semé sur un sol non traité en zaï avec cinq plants par poquet

Effet des traitements sur le diamètre de l'épi

Le diamètre moyen de l'épi, en fonction des traitements, est donné dans le tableau 1. Il ressort de l'analyse de ce tableau qu'il y a une différence significative ($p = 0,0001$) entre les traitements au seuil de 5%. En effet, les traitements A1B1, A1B2, A1B3 et A1B4 ont eu les diamètres moyens de l'épi les plus élevés. Par contre, le traitement A1B1 a eu le diamètre moyen le plus faible. Le diamètre moyen de l'épi varie de 1,05 (en A2B5) à 2,21 cm (en A1B3).

Effet des traitements sur le rendement en épis

Le rendement moyen en épis en fonction des traitements est consigné dans le tableau 1. Il ressort de l'analyse de ce tableau qu'il y a une différence statistiquement significative entre les traitements au seuil de 5% ($p = 0,021$). Les traitements A1B4 et A1B3 ont eu les meilleurs rendements en épis avec respectivement 3393 et 3380 kg/ha. Par contre, le rendement moyen en épis le plus faible est obtenu avec le traitement A2B1 avec une moyenne de 627 kg/ha.

Effet des traitements sur le rendement en grains

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence statistique significative entre les différents traitements au seuil de 5% ($p = 0,0278$) (Tableau 1). Ainsi, les traitements A1B3 et A1B4 sont ceux qui ont eu le rendement moyen en grains le plus élevé avec respectivement 2523 et 2187 kg/ha. Par contre le traitement A2B1 est celui qui a eu le rendement moyen en grain le plus faible avec une moyenne de 413,3 kg/ha.

Effet des traitements sur le poids des mille grains

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence statistiquement significative entre les traitements au seuil de 5% ($p = 0,0415$) (Tableau 1). Les traitements A1B1 est celui qui a eu le poids moyen des mille grains le plus élevé (163,7 g) contrairement aux traitements A2B1, A2B2, A2B3, A2B4 et A2B5. Le poids moyen des mille grains le plus faible est obtenu avec le traitement A2B3 (47,0 g).

Effet des traitements sur le rendement en biomasse par poquet

L'étude a aussi porté sur la biomasse de mil. Le tableau 1 donne le rendement moyen en biomasse en fonction des traitements. Il ressort de l'analyse de ce tableau qu'il y a une différence statistiquement significative entre les différents traitements au seuil de 5% ($p = 0,031$). En effet, les traitements A1B5 et A1B3 sont ceux qui ont eu les meilleurs rendements moyens en biomasse avec une moyenne de 47 kg/poquet. Par contre, le traitement A2B1 est celui qui a eu le rendement en biomasse le plus faible avec un rendement moyen de 0,433 kg/poquet.

Relation entre les traitements et les différents paramètres étudiés

Le résultat d'analyse en composante principale montre que les deux (02) premiers axes concentrent à eux seuls plus de 87,6% de l'information. C'est qui est suffisant pour interpréter les données. L'analyse du tableau 2 montre que les variables Largeur des feuilles, Longueur des feuilles, Hauteur et Diamètre de la tige principale, Longueur des épis, Diamètre de l'épis, Rendement en grain et Poids de 1000 mille sont positivement corrélés à l'axe 1 et donc caractérisent cet axe. Par ailleurs, l'axe 2 est caractérisé par les variables Nombre des talles par poquet, Rendement

Tableau 2: Corrélation des variables avec les axes

Variable	PC1	PC2
LF	0,333	-0,232
I_F	0,314	-0,231
HTP	0,321	0,078
DTP	0,345	-0,120
NTP	0,157	0,520
LE	0,349	-0,163
DE	0,351	-0,118
RE	0,294	0,365
RG	0,314	0,317
PMG	0,325	-0,215
RBP	0,087	0,530

en épis, Rendement en grain et Rendement en biomasse par poquet, quant à elles, étant donné qu'elles lui sont positivement corrélées.

Parallèlement, l'analyse de la figure 2 fait ressortir que les traitements A1B2, A1B3, A1B4 A1B5 sont positivement fortement corrélés à l'axe 1 et faiblement à l'axe 2 et donc se caractérisent par des feuilles larges et longues, une tige principale avec une bonne hauteur et un bon diamètre, des épis longs et gros et un bon rendement en grain et Poids de 1000 mille élevé et dans une moindre mesure par un Nombre de talles par poquet passable, un Rendement en épis et en biomasse par poquet acceptable. Par contre, les traitements A2B2, A2B3, A2B4 et A2B5 sont négativement corrélés à l'axe 1 et se caractérisent, par conséquent, par des feuilles moins larges et moins longues, une Hauteur et un Diamètre de la tige principale faible, des épis moins longs avec un faible Diamètre et Rendement en grain et un Poids de 1000 mille faibles.

DISCUSSION

Effet des traitements sur les paramètres de croissance du mil

Les terres agricoles de Digargo sont caractérisées par des sols pauvres. Pour améliorer les rendements des cultures il serait impératif d'utiliser des engrais minéraux ou au mieux réaliser des ouvrages de CES/DRS comme c'est le cas dans la présente étude. Dans le cadre de cette étude, il a été déterminé les effets du zaï et du nombre de plants sur les paramètres de croissance et de rendement du mil. En effet, les zaïs ont permis une amélioration des paramètres de croissance. Ainsi, les paramètres longueurs et largeur des feuilles, la hauteur de la tige principale et le nombre de talle par poquet ont observé une différence statistiquement significative. Cette amélioration concerne surtout les traitements sous zaï. La longueur moyenne de la feuille, le diamètre et la longueur moyens de la tige principale ont été obtenues par le traitement A1B1 et A2B2. Ces résultats pourraient se justifier par le fait qu'avec un ou deux plants par poquet, la concurrence pour tous les facteurs est faible, voire nulle. Les plants peuvent bien s'épanouir, sous ces conditions, et permettre une amélioration subséquente des paramètres de croissance. En effet, la hauteur moyenne de la tige principale peut atteindre 170 cm. Ces résultats sont en déphasage avec ceux de Mansour et al. (2020). En déterminant l'impact des techniques de récupération des terres sur la productivité du

mil, ces auteurs ont rapporté une hauteur de la tige principale de 229 cm dans les ouvrages traités avec demi-lune. Cette différence de hauteur pourrait s'expliquer par la variété utilisée H80-10GR qui est une variété améliorée.

Étudiant l'effet de la date et de la densité de semis sur la croissance et le rendement en grain du mil tardif dans les zones sud-est et sud du Sénégal, Bamba *et al.* (2019) ont obtenu une meilleure croissance en hauteur des plantes avec un retard de semis dans tous les sites en 2015 et par le semis précoce à Séfa et à Vélingara en 2016. Ces résultats pourraient s'expliquer par les conditions pluviométriques observées pendant les saisons de pluies. Par ailleurs, les résultats de cette étude sont dans la fourchette de celles trouvées par Pandey *et al.* (2001) qui ont montré que dans la zone semi-aride que la taille de la tige du mil se situe entre 0,5 et 3,5 mètres. D'après Alhassane (2009), les valeurs potentielles des hauteurs des plantes sont d'origine génétique. La croissance se traduit aussi par le nombre de talle par poquet. Dans le cadre de cette étude, le nombre de talle varie de 13,2 à 5,75 par poquet. Le nombre de talles le plus élevé n'est pas forcément obtenu avec les poquets ayant reçu le plus de plants par poquet. Ces résultats ne sont pas en conformité avec ceux de Bamba *et al.* (2019) qui ont rapporté en moyenne 4,0 talles par plante en 2015 et 3,2 talles par plante en 2016. En effet, ces auteurs stipulent que la production de talles est influencée par la densité de semis. Zounon *et al.* (2020) ont obtenu en moyenne 10 talles/poquet dans les zones agro-écologiques du centre sud du Niger, ce qui est en phase avec les résultats de cette étude.

Effet des traitements sur les paramètres de rendement du mil

Les paramètres de rendement pris en compte par la présente étude sont la longueur et le diamètre des épis, le rendement en épis, en grain et en biomasse et le poids des mille grains. La longueur de l'épis varie de 11,0 à 24,7 cm. Cette longueur est plus importante avec les traitements A1B1,

A1B2, A1B3, A1B4 et A1B5 autrement les traitements sous zaï. Les ouvrages ont agi favorablement sur le rendement en épis du mil. Il en est de même non seulement sur le diamètre de l'épi mais également sur les autres paramètres de rendement du mil. Moustapha (2019) a obtenu des résultats similaires, car les zaï ont donné le meilleur rendement en épis, en graine et en biomasse qui sont respectivement de 3231 kg/ha, 1323 kg/ha et 4304 kg/ha. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que cette étude a été conduite sur un site aménagé en RNA (Régénération Naturelle Assistée) dans la commune de Gabi (Maradi). Le traitement A1B1 a eu le plus grand poids de milles graine (163,7 g). Les nombres de plants par poquet a eu un effet sur tous les paramètres d'après les résultats obtenus. Des résultats similaires ont été rapportés par Mansour *et al.* (2020). D'après les résultats de ces auteurs, la DL (Demi Lune) a présenté le rendement en grains le plus élevé (1839 kg/ha), suivie respectivement de DL-CP (Demi Lune-Cordon Pierreux) (1693 kg/ha), CP (832 kg/ha) et T (597 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 kg/ha) contrairement à CP (2849 kg/ha) et T (Témoin) (2453 kg/ha). Quant au poids de 1000 graines, des différences significatives ont été observées entre tous les traitements (DL > DL-CP > CP > T). En effet, ces auteurs stipulent que cette efficacité est liée à la fertilité du sol induite 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 en déphasage avec ceux de Bamba *et al.* (2019) qui ont rapporté une longueur moyenne de l'épi qui oscille entre 33 et 39 cm mais similaires à ceux de Moussa

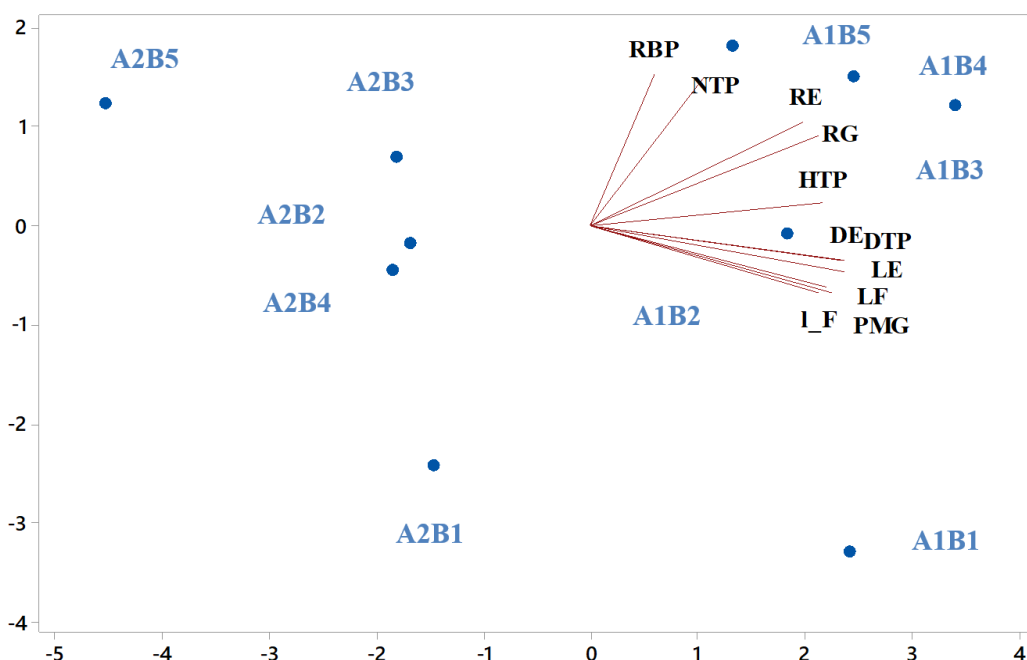


Figure 2: Analyse en composantes principales des paramètres étudiés

LF: Longueur des feuilles, en cm; I_F: Largeur des feuilles, en cm; HTP: Hauteur de la tige principale, en cm; DTP: Diamètre de la tige principale, en cm; NTP: Nombre de talles par poquet; LE: Longueur des épis, en cm; DE: Diamètre des épis, en cm; RE: Rendement en épis, en Kg/ha; RG: Rendement en grains, en Kg/ha; PMG: Poids des mille grains, en g; RBP: Rendement en biomasse, en Kg/poquet.

et al. (2017) qui ont trouvé des épis de mil dont la longueur a varié de 15 à 45 cm.

Les résultats de cette étude sont conformes à ceux de Abdou et al., (2020a), qui ont montré que l'augmentation des rendements est imputable à l'amélioration des propriétés du sol et la libération des éléments nutritifs. D'après les résultats de Bamba et al. (2019) les poids des mille grains du mil tardif qui est moyenne de 5,9 grammes n'est pas affecté ni par la densité ni par la date de semis dans tous les sites et sont inférieures à ceux trouvés par Fofana (1997). Ces auteurs ont obtenu des valeurs variant entre 8,0 et 9,3 grammes pour la variété Souna 3 et entre 10 et 12 grammes pour l'écotype Sanio. Cela peut être dû à un déficit hydrique intervenu pendant la phase de maturation qui a entraîné un faible remplissage des épis, ce qui justifie cette différence entre les résultats de ces auteurs et ceux de cette étude.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'évaluer les effets des ouvrages combinés au nombre de plant par poquet sur la production du mil en milieu paysan. Il ressort de l'étude que le traitement avec la technique de zaï sur le mil a eu des effets significatifs sur tous les paramètres de croissance et de rendements du mil. En effet, les meilleurs rendements en épis et en grains ont été obtenus avec les traitements A1B3 et A1B4. Par ailleurs, le traitement A1B1 a eu les meilleurs résultats sur la longueur et la largeur des feuilles et ainsi que sur la longueur et la diamètre des épis. D'autre part, l'ACP a montré que les traitements A1B3 et A1B4 se caractérisent par un bon rendement en épis, en grains et un poids élevé des mille grains. Par contre, les traitements A1B5 et A1B3 sont ceux qui ont eu les meilleurs rendements moyens en biomasse. Le traitement en zaï contribue à améliorer les rendements des cultures et peut être proposé aux paysans pour une meilleure gestion agroécologique de la fertilité des sols.

RÉFÉRENCES

Abdou M.M., Laouali A., Malam B.A.H., Elhadji S.D., Abdoukadri 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*, 16: 82-94.

Alhassane A. (2009). Effets du climat et des pratiques culturales sur la croissance et le développement du mil (*Pennisetum glaucum*) au Sahel: contribution à l'amélioration du modèle SARRA-H de prévision des rendements. UFR Biosciences, Laboratoire de physiologie végétale-Université de Cocody-Abidjan. 236 p.

Agadjihouédé H. (2008). Zones dégradées des terroirs riverains du Parc National du W du Niger dans la Commune de Karimama et les potentialités de reboisement avec les essences locales d'intérêt socio-économique pour les populations locales. Mémoire de DESS Protection de l'environnement et amélioration des systèmes Agraires sahéliens. Université Abdou Moumouni, Faculté d'Agronomie, 80 p.

Avakoudjo J., Kindomihou V., Sinsin B. (2011). Farmers' perception and response to soil erosion while abiotic factors are the driving forces in Sudanian Zone of Benin. *Agricultural Engineering Research Journal*, 1: 20-30.

Avakoudjo J., Kouelo A. F., Kindomihou V., Ambouta K., Sinsin B. (2015). Effet de l'érosion hydrique sur les caractéristiques physicochimiques du sol des zones d'érosion (dongas) dans la Commune de Karimama au Bénin. *Agronomie Africaine*, 27: 127-143.

Bachirou H.Y., Tahirou H.Y., Amadou A.T., Abdoukader M. I., Boubba H., Zibo G. (2020). Dynamique récente et actuelle de l'érosion en nappe aux abords du fleuve Niger. *Afrique Science*, 16: 247 - 259.

Bamba B., Gueye M., Badiane A., Ngom D., Ka S.L. (2019). Effet de la date et de la densité de semis sur la croissance et le rendement en grain du mil tardif [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] dans les zones sud est et sud du Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 138: 14106 - 1412.

Biolders C.L., Rajot J.L., Amadou M. (2002). Transport of soil and nutrients by wind in bush fallow land and traditionally-managed cultivated Relds in the Sahel. *Geoderma*, 109: 19-39.

Charles L.B., Jean-Louis R., Karlheinz M. (2004). L'érosion éolienne dans le Sahel nigérien: influence des pratiques culturales actuelles et méthodes de lutte. *Sécheresse*, 15: 19-32.

Delhoume J., Lamourdia T., Bakiono G., Gathelier R., Kaboré O. (1998). L'interrelation érosion hydrique/érosion éolienne en milieu sahélien: cas de la zone nord du Burkina Faso. Enregistrement scientifique 1905, Symposium 31, Présentation: poster.

Fofana A., (1997). Fiches descriptives des principales variétés de mil. ISRA/CRZ de Kolda. 6 p.

Lionel M., Marc R. L., Claude B. (2002). L'érosion hydrique: méthodes et études de cas dans le Nord de la France. *Cahiers Agricultures*, 11: 195-206.

Manssour A.M., Moussa H., Amani A., Ali A., Ibrahim M.A., Zoubeirou A.M. (2020). Impact des techniques de récupération des terres dégradées sur la productivité du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) au Niger. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 29: 1264-1272.

Moussa H., Soumana I., Chaïbou M., Souleymane O., Kindomihou V. (2017). Potentialités fourragères du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br): Revue de littérature. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 34: 5424-5447.

Moustapha S.M. (2019). Caractérisation de la végétation ligneuse issue de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) et évaluation de son effet combiné aux fertilisants sur la culture associée mil-niébé dans la commune de Gabi (Maradi). Mémoire Master en Écologie et Environnement (EE), Université de Diffa. 88p.

Panagos P., Borrelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewell C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*, 54: 438 -447.

Pimentel D. (2006). Soil erosion: A food and environmental threat. *Environ. Dev. Sustain.*, 8: 119 - 137.

Roose É., Kabore V., Guenat C. (1993). Le Zaï, Fonctionnement, limites et amélioration d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (Burkina Faso). *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, 13: 159-173.

Sabine D.S., Dieter N. (2012). Bonnes pratiques de CES/DRS. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs Les expériences de quelques projets au Sahel. BMZ, GIZ, KfW, 57p.

Vanmaercke M., Poesen J., Verstraeten G., de Vente J., Ocakoglu F. (2011). Sediment yield in Europe: Spatial patterns and scale dependency. *Geomorphology*, 130: 142-161.

Zakari A.H., Mahamadou K.B., Toudou A. (2016). Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique: défis et perspectives. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10: 1262-1272.

Zounon C.S.F., Abasse A.T., Massaudou M., Habou R., Bado V., Didier T., Ambouta K. (2020). Effet de la combinaison régénération naturelle assistée (RNA) et microdose d'engrais sur la production du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br) dans les zones agro-écologiques du centre-sud du Niger. *European Scientific Journal*, 16: 1857-7881.