



Original Paper

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

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

Effets de différentes modalités de trempage de semences sur le rendement du maïs dans l'agriculture de décrue à Yélimané en zone sahélienne du Mali

Oumar SAMAKE^{1*}, Kalifa TRAORE², Aboubakar BENGALY³, Aune YENS⁴,
Bouya TRAORE¹ et Fotigui CISSE¹

¹Institut d'Economie Rurale, Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, Laboratoire Sol –Eau-Plante BP 262 Bamako Mali.

²Institut d'Economie Rurale, Direction Générale BP 258 Bamako Mali.

³Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/ IFRA de Katibougou BP 06 Koulikoro.

⁴Université des sciences et de la vie, Aas, Norvège.

*Auteur correspondant, E-mail : oumarsamake2001@yahoo.fr; Tel (+223)76639647ou 66957744

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements au Royaume de Norvège à travers le projet ACC2 « Adaptation de l'Agriculture et de l'Elevage au Changement Climatique » pour le financement de cette étude.

Received: 21-09-2022

Accepted: 20-12-2022

Published: 31-12-2022

RESUME

En agriculture de décrue, l'alimentation hydrique des plantes est assurée par l'humidité résiduelle du sol. Cette étude avait pour but d'améliorer la productivité du maïs en vue de contribuer à l'atteinte de la sécurité alimentaire. Un essai factoriel (modalités de trempage X fertilisation) a été mis en place dans un dispositif en split plot. Les parcelles principales étaient constituées par quatre modalités de trempages (trempage à l'eau, trempage à l'eau fertilisée en NPK, trempage double enrobage NPK +PNT (Phosphate Naturel de Tilemsi), et le témoin absolu). Les parcelles secondaires étaient composées de trois niveaux de fertilisation (0 g/poquet d'engrais, 2,5 g/poquet d'engrais NPK et 5 g/poquet d'engrais NPK). Le gain en rendement grain était de 90% pour le trempage à l'eau, 145% pour celui à l'eau fertilisée et de 202% concernant le trempage à double enrobage comparativement au témoin. L'augmentation du rendement tiges était respectivement de 81%, 126% et 137% pour le trempage à l'eau simple, à l'eau fertilisée et avec le double enrobage. Ces augmentations en grain ont été valorisées par l'effet d'apport d'engrais avec respectivement +87% et +57% pour la dose 5 g/poquet d'engrais NPK et 2,5 g/poquet d'engrais NPK. Ces technologies éprouvées doivent être proposées aux producteurs.
© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Trempage des semences, fertilisation, maïs, système de décrue, zone sahélienne, Mali

Effects of different methods of seed priming on maize yield in flood recession agriculture in Yélimané in the Sahelian zone of Mali

ABSTRACT

In floodplain agriculture, the plants are supplied with water from residual soil moisture. The aim of this study was to improve maize yields in a sustainable manner in order to contribute to food security. A factorial trial (priming modalities X fertilization) was set up in a split plot design. The main plots were constituted by four

seed priming modalities (priming with single water, priming with NPK dissolved in water, double coated with NPK +PNT (Phosphate Naturel de Tilemsi) and the control priming) and secondary plots by three levels of micro-dose fertilization (0 g/hill of fertilizer, 2.5 g/hill of NPK fertilizer and 5 g/hill of NPK fertilizer). Grain yield gain was about 90% for the single priming with water, 145% for the priming using fertilized water and 202% for the double-coated compared to the control. The increase in straw yield was 81%, 126% and 137% for the single priming with water, priming with fertilized water and double coating, respectively. These increases in grain yield were enhanced by the effect of fertilizer application leading to +87% for the treatment with 5 g/hill of NPK and +57% for the one with 2.5 g/hill of NPK. These proven technologies should be offered to producers. © 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: seed priming, fertilization, maize, recession system, Sahelian zone, Mali.

INTRODUCTION

La population du Sahel est en augmentation exponentielle alors que les ressources naturelles disponibles s'épuisent de façon drastique. Une des stratégies pour s'adapter à cette contrainte est la culture de décrue (Penda et al., 2020). Ainsi, le défi d'augmenter la production de 70% pour nourrir la population en 2050 est de plus en plus difficile à cause du changement climatique et ses impacts négatifs sur la production agricole dans cette région où la pauvreté et la faim demeurent constantes (Beddington et al., 2011). La culture de décrue dans les zones inondables du cercle de Yélimané, est une pratique très ancienne et importante, dans les stratégies de sécurité alimentaire des populations. Cette culture est possible grâce aux pointes de crue des lacs Térékolé, Kolombiné et Magui (TKM) et des grands marigots Babassaga, Gari, Babarakole et Krigou, qui inondent une vaste plaine alluviale de 70 000 hectares incluant le cercle de Yélimané et les parties sud de la Mauritanie soit 0,2% des superficies cultivées au Mali (Traoré et al., 2016). Ces pointes de crue sont tributaires des quantités de pluies enregistrées sur les flancs des montagnes et les plaines inondables, qui déterminent les surfaces inondées et donc l'envergure des cultures à mettre en place montrant ainsi la sensibilité de l'agriculture de décrue aux variabilités climatiques

Ainsi, les manifestations des changements climatiques à travers ces effets néfastes constituent un grand handicap pour le développement de l'agriculture. Si plusieurs stratégies ont été développées dans divers

domaines par les agriculteurs pour s'y adapter (l'utilisation des variétés améliorées, l'assistance agro-météorologique au monde rural, le respect des calendriers culturels, etc.) en culture pluviale, peu d'entre elles ont concerné la culture de décrue. L'alimentation hydrique étant assurée entièrement ou en partie par l'humidité résiduelle des sols soumis à 3-4 mois d'inondations. Ces sols situés dans les zones lacustres, aux abords des lits mineurs des lacs ou des mares sont le siège des cultures vivrières dont le maïs. Selon le savoir local, la fertilité des sols de décrue ne serait pas une contrainte, car elle serait annuellement restaurée par des processus naturels de sédimentation (Traoré et al., 2016). Cependant, les rendements obtenus sont faibles (500 kg/ha) et s'expliquent en partie par une baisse de la fertilité des sols de décrue et un mauvais établissement des cultures (Traoré, 2017. Ouedraogo et al., 2022). Il faut aussi, noter les dégâts occasionnés par les oiseaux, surtout sur la principale culture qui est le sorgho. Cette contrainte pourrait expliquer la légère tendance à abandonner cette culture au profit du maïs. Face à ces contraintes majeures, il s'avère nécessaire de développer de nouvelles technologies permettant d'améliorer la productivité du maïs et réduire la variabilité du rendement dans des conditions climatiques défavorables. Parmi ces technologies figure le trempage des semences. Cette technologie consiste à tremper les semences de maïs dans l'eau ordinaire pendant 12 heures de temps puis récupérées et séchées pendant 2 heures sur un sac en jute ou en tissu ordinaire à l'ombre avant de procéder au semis. Les effets bénéfiques immédiats du trempage sont multiples, à savoir le raccourcissement de la durée de germination

de 1 à 3 jours contre 4 à 5 jours sans trempage, l'amélioration de la production des cultures (maintien de la densité de semis), la bonne vigueur des plants, le temps entre le semis et la récolte est réduit, la résistance aux attaques d'insectes, de mildiou et de champignons est améliorée. Le gain de temps en germination fait partie des facteurs déterminants de la production. D'où l'intérêt de la présente étude, qui a pour objectif d'étudier localement quatre modalités de trempage des semences de maïs combinées à la fertilisation minérale.

MATERIEL ET METHODES

Sites d'expérimentation

La Figure 1 montre les sites expérimentaux que sont les villages de Dougoubara (010° 3542.2 longitude et 15°0749.6 latitude nord), Yaguiné (010°4418.3 longitude et 15°0918.3 latitude nord), Kemala (010°4344.1 longitude et 15°1005.9 latitude nord) et Gory (010°4637.7 longitude et 15°0840.0 latitude nord) Ces villages sont situés dans le cercle de Yélimané (14° et la 16° latitude nord et la 10° et 12° longitude ouest) qui couvre une superficie de 5 805 km² et située en zone sahélienne. Celle-ci est caractérisée par deux saisons contrastées : une saison des pluies de juin à octobre avec un maximum de précipitations en août et une saison sèche de novembre à mai. La saison sèche est subdivisée en saison sèche froide (décembre à février) et en saison sèche chaude (mars à mai)

Matériel

Le matériel végétal était constitué par la variété de maïs Dembagnuman créé par l'Institut d'Economie Rurale (IER) dont le cycle varie de 105 à 110 jours avec un rendement potentiel de 4 à 5 t/ha et un rendement moyen de 2 300 kg/ha. Les intrants utilisés étaient composés, d'urée, de NPK (17-17-17) et du Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT).

Conduite des expérimentations

Prélèvement d'échantillons de sol

Des prélèvements d'échantillons composites de sol ont été réalisés en plein champs dans les horizons 20-40 de profondeur suivant un dispositif en Astérix (cinq points de

prélèvement). Au total, seize (16) échantillons de sol composites correspondant au nombre de répétition ont été constitués pour les analyses. Ces échantillons de sol ont été soigneusement étiquetés et envoyés au laboratoire Sol-Eau-Plante du Centre Régional de Recherche Agronomique de l'Institut d'Economie Rurale à Sotuba, pour déterminer les caractéristiques physiques et chimiques. La classification suivant la composition granulométrique a été faite à partir du triangle des textures.

Installation de l'essai

Le dispositif expérimental était en split-plot composé de deux facteurs qui sont le trempage avec 4 modalités et la fertilisation avec 3 modalités, soit 12 traitements installés chez 16 paysans, chacun constituant une répétition. Les modalités des deux facteurs qui sont : trempage et fertilisation qui s'articulent comme suit.

Modalités de trempage de semences :

Tp1 : Sans Trempage

Tp2 : Trempage à l'eau ordinaire

Tp3 : Trempage à l'eau Fertilisée (NPK)

Tp4 : Trempage à l'eau ordinaire suivi du double enrobage PNT + NPK

Fertilisation

D1 = 0 g/poquet d'engrais (témoin)

D2 = 2,5 g/poquet d'engrais NPK soit 25 kg/ha¹

D3 = 5 g/poquet d'engrais NPK soit 50 kg/ha¹

Les parcelles principales étaient constituées par les modalités de trempage (Tp1, Tp2, Tp3, Tp4) distantes de 1 m les unes des autres et les doses de fertilisation (D1 ; D2 ; D3) les parcelles secondaires qui étaient contiguës (Figure 2). La parcelle élémentaire était constituée de 5 lignes de 5 m (4 m x 5 m) avec un écartement de 0,8 m entre les lignes et de 1m entre les poquets. La superficie totale des parcelles d'essai était de 255 m².

Avant de procéder au trempage, un nettoyage systématique du lot de semence a été effectué par le vannage, le tamisage (au tamis de diamètre moyen de 5 mm pouvant retenir les bonnes graines de maïs) suivi du traitement phytosanitaire à l'Apron star de matière active Thiaméthoxan 200 g/kg, Mefenoxan 200 g/kg et Difenoconazole). A la mise en eau, toutes les graines flottantes ont été éliminées du lot. Les semences prévues pour le semis des essais ont

été soumises aux différentes modalités de fertilisation ci-dessus mentionnées. En effet, les semences trempées dans l'eau simple ou ordinaire et à l'eau fertilisée NPK, l'ont été pendant 12 heures de temps ensuite ont été étalées pour séchage à l'ombre pendant deux heures avant le semis. Le trempage suivi du double enrobage NPK + PNT a été effectué à travers un premier enrobage de la semence trempée avec du NPK puis 30 minutes plus tard un second enrobage avec le Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) (Figures 3 et 4). Les semences trempées ont été traitées avec l'insecticide apron star avant le semis. Les semences trempées ont été conservées à l'ombre dans un endroit aéré, non ensoleillé et étalées sur une bâche en cotonnade pendant 72 heures sans perdre les pouvoirs germinatif et productif de la culture.

L'urée (46 -0) a été apportée 15 jours après semis (JAS) en microdose à raison de 50

kg/ha soit 5 g/poquet. Les observations ont été effectuées sur les 3 lignes centrales de chaque parcelle élémentaire. Elles ont porté sur le nombre de jours avant la levée, la vigueur des plants au stade 5 feuilles a été notée sur une échelle de 1 à 9 (1 étant la plus faible et 9 la plus élevée), le nombre de plants récoltés, le poids paille sèche, le poids grain et le poids de 1000 grains. En ce qui concerne le diamètre des plants, il a été mesuré sur 12 plants choisis au hasard dans la parcelle utile à l'aide d'un pied à coulisse et marqués par un ruban rouge.

Analyse des données

Le logiciel GEN-STAT, 12.1 a été utilisé pour l'analyse de la variance. La différence entre les traitements et la comparaison des moyennes ont été déterminées par le test de PPds à 5%.



Figure 1 : Carte de la localisation des sites d'expérimentation dans le cercle de Yélimané (Traoré et al., 2016).

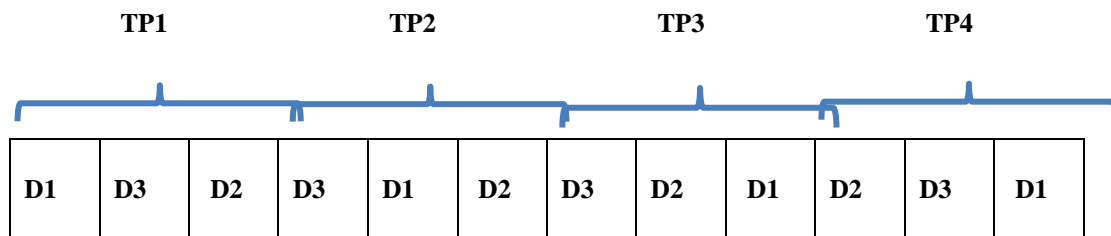


Figure 2 : Plan de masse de l'expérimentation représentant les 12 traitements d'une répétition mise en place chez chaque agriculteur.



Figure 3: Types de trempage des semences.

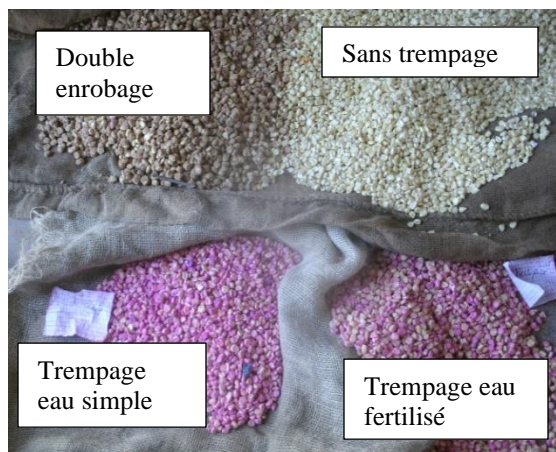


Figure 4: Semences trempées et traitées à l'insecticide apron star.

RESULTATS

Caractéristiques physico-chimiques des sols

Le Tableau 1 montre les résultats d'analyse granulométrique effectuée au laboratoire Sol-Eau-Plante du Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRA) de Sotuba sur des proportions en limon, sable et en argile variables. Les types de sol rencontrés dans les parcelles expérimentales à Gory, Yaguiné, Kemala et Dougoubara sont tous des limons fins (L.f). Ils sont très faiblement acides avec des valeurs de pH eau variant de 6,15 à 6,72. Le taux de matière organique est faible dans les sols avec des valeurs comprises entre 0,32 et 0,66%. Le rapport C/N qui témoigne du degré de minéralisation de la matière organique varie d'un site à l'autre et est compris entre 11,63 et 17% qui représentent des valeurs acceptables. En fait, il est plus élevé dans les

sols de Yaguiné avec 17% contre 15%, 14% et 11,63%, respectivement, pour Gory, Dougoubara et Kemala.

Les sols sont pauvres en azote où les taux sont compris entre 0,02% et 0,03% et cela dans tous les sites. Le taux de phosphore assimilable qui est compris entre 13,02 à 18,93 ppm respectivement illustre la richesse de ces sols en cet élément nutritif. Le taux de sodium échangeable est très faible il n'y a donc pas de risque de sodicité.

Effet du trempage sur le développement du maïs de décrue

L'analyse des résultats groupés des trois années d'expérimentation ont montré de façon générale une bonne germination des poquets semés avec des modalités de trempages de semence (Tableau 2) qui ont émergé en 3,5

jours après semis contre 8 jours après semis pour les semences non trempées.

Il apparait que la vigueur des plants au stade 5 feuilles issus des modalités de trempage de semence étaient plus élevée et ils croissaient plus rapidement que ceux issus du non trempage. L'analyse des résultats a montrés que la croissance en diamètre des plants issus des modalités de trempages ne différait pas statistiquement, cependant le diamètre des plants avec des semences trempées était supérieur à celui des plants issus de semence non trempée d'environ 36%. L'évolution du diamètre des plants observés était variable d'une année à l'autre et montrait la même tendance. Pour la hauteur des plants, une différence significative a été observée entre les modalités de trempage et à l'utilisation d'engrais ($P < 0,001$). L'augmentation de la hauteur des plants issus de la semence trempée était respectivement supérieure de 28,04%, 30,94% et 40,92% pour le trempage à l'eau ordinaire, le trempage à l'eau fertilisée et le trempage à l'eau ordinaire suivi du double enrobage comparé aux plants issus de la semence non trempée (témoin). La vitesse d'émergence qui influence la vigueur et la croissance de même que le poids de 1000 grains était plus élevé avec les modalités de trempages par rapport au témoin.

Effets des modalités de trempages des semences sur le rendement du maïs

L'analyse statistique globale des résultats des différentes techniques de trempage de maïs (Tableau 3) montre une différence hautement significative pour le nombre de plants, les rendements paille et grains, ($p < 0,001$ et $p < 0,001$). Les modalités de trempage ont permis une augmentation significative de rendement par rapport au témoin. Le meilleur rendement grain a été obtenu avec le trempage double enrobage. L'augmentation du rendement grain était

respectivement de 202% pour le trempage avec un double enrobage, 145% pour le trempage à l'eau fertilisée et 90% en faveur du trempage à l'eau simple comparés au témoin sans trempage.

La productivité du maïs avec l'apport de fumure vulgarisée en microdose est hautement significative ($p < 0,001$). L'apport de l'engrais minéral en microdose (D3) a augmenté de manière significative le rendement paille et grain du maïs de 63 et 87% par rapport au témoin (D1). Le trempage à l'eau fertilisée suivi de l'apport d'engrais minéral en microdose (D2) a également eu un effet positif sur le rendement paille et grain du maïs plus élevé de 41% et 57%, respectivement, en comparaison du témoin (D1). Il a été observé une augmentation progressive de rendement en fonction des doses apportées et des modalités de trempages. Le trempage agirait donc sur la vigueur et la croissance des jeunes plantes.

Concernant le rendement tiges, l'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les biomasses produites par modalité de trempage, avec une moyenne générale de 5189 kg ha⁻¹. Les traitements T4 (trempage +double enrobage) et T3 (trempage à l'eau fertilisée) sont statistiquement équivalents et ont été supérieurs au traitement T2 (trempage à l'eau simple) et sont tous supérieurs au témoin sans trempage. L'analyse a révélé que le poids de 1000 grains est plus élevé avec les modalités trempage, ce qui est en relation avec augmentation des rendements grains comparé au témoin sans trempage qui est la pratique paysanne. L'interaction trempage x microdose a induit une différence significative sur les rendements paille, grain et le poids de 1000 grains avec, respectivement, $p < 0,015$, $p < 0,025$ et $p < 0,006$. Ainsi, les rendements des traitements avec les semences trempées avec application d'engrais étaient supérieurs à celui du témoin sans trempage.

Tableau 1 : Récapitulatif des résultats d'analyse au laboratoire des échantillons de sol des sites expérimentaux.

Producteurs (20-40cm) villages	pH eau	% de terre fine			Texture de sol	M.O	Azote %	Phosphore - ppm	C/N	CEC meq/10 0g
		S	L	A						
Gory	6,15	37,5	58,5	4	L.f	0,44	0,03	14,75	15	25,82
Yaguiné	6,37	39	57	4	L.f	0,66	0,02	18,93	17	16,23
Kemala	6,38	18	78	4	L.f	0,32	0,03	13,02	11,6 3	19,98
Dougoubara	6,72	35	62	3	L.f	0,42	0,03	16,29	14	20,81

NB : L.f= Limon fin, L.t.f = Limon très fin, L.s =Limon-sableux, MO= Matière Organique, CEC = Capacité d'Echange Cationique, C/N=Carbone /Azote, PH =Potentiel Hydrogène

Tableau 2 : Jours moyens de germination, vigueur des plants, hauteur des plants et diamètre des plants 30 jours après semis.

Modalités de trempages	Germination Moyenne des poquets (jours)	Vigueur des plants au stade 5 feuilles	Diamètre des plants (cm)	Hauteur des plants (cm)
Tp1 sans trempage	8	3 (passable)	9,78 b	62,73 c
Tp2 Trempage à eau	3,5	9 (très bonne)	13,20 a	80,32 b
Tp3 trempage à eau fertilisée	4	7 (bonne)	13,25a	82,14 b
Tp4 trempage double enrobage	4	7 (bonne)	13,28 a	88,40 a
Probabilité			P<0,001	P<0,001

Légende : Les moyennes, de la même colonne, suivies de la même lettre (a, b, c..) ne sont pas significativement différentes au seuil de signification de 5% selon le test de la PPds

Tableau 3 : Effets des modalités du trempage et de la microdose sur la densité, le rendement grains, tiges et le poids de 1000 grains (2019, 2020 et 2021).

Technologies (Tous sites regroupés)	Nbres plants ha ⁻¹	Poids tiges kg ha ¹ sèches	Poids grains kg ha ¹	Poids (g) 1000 graines
T1= Sans trempage	32570 b	2765 c	913 d	127 c
T2= trempage à eau simple	40398 a	5015 b	1743 c	175 b
T3= trempage à eau Fertilisé	37799 a	6222 a	2239 b	210 a
T4= trempage Double enrobage	38160 a	6755 a	2764 a	224 a
Probabilité	<0,001	<0,001	<0,001	0,004
Signification	HS	HS	HS	S
Fertilisation				
D1	35239 c	3847 c	1295 c	137 b
D2	39756 a	5446 b	2033 b	226 a
D3	36643 b	6275 a	2417 a	239 a

Probabilité	0,008	<.001	< 0001	0.012
Interaction tremp*Fert	0,324	0,015	0,025	0.006
Moyenne générale	37214	5189	1915	201
Signification	S	HS	HS	S
CV %	22,4	36,6	23,9	20,7

Légende : Les moyennes, de la même colonne, suivies de la même lettre (a, b, c..) ne sont pas significativement différentes au seuil de signification de 5% selon le test de la PPds. D1, D2, D3, = Doses de fertilisations. T1, T2, T3, T4 Traitement. HS = hautement significatif, NS = non significatif. CV% = coefficient de variation. Tremp*Fert = trempage Fertilisation.

DISCUSSION

Les sols des vastes plaines inondables aptes aux cultures de décrue présentent d'une manière générale plusieurs contraintes importantes du point de vue agronomique qui limitent encore leurs potentiels productifs. Les 1 à 1,8 millions d'hectares de terres (Issoufou, 2017) cultivés annuellement sont marqués par un niveau de fertilité moyen à faible, avec des carences en matière organique et en azote, par un fort dépôt d'alluvions suite à des pertes en terres arables par érosion hydrique des unités de paysage situés en amont et le charriage par les eaux des lacs TKM pendant leur ruissellement vers le fleuve Sénégal. Le rapport C/N qui est un indice de qualité des produits par minéralisation de la matière organique dans le sol est compris entre 11,63 et 17 permet aux plants de bénéficier des éléments nutritifs du sol pour leurs croissance et développement, est en accord avec les travaux de Traoré et al. (2016) qui mentionnaient que des rapports C/N < à 16 libèrent les éléments nutritifs à court terme pour une meilleure croissance des cultures. Des résultats analogues ont été obtenus et rapportés par Traoré et al. (2017) dans des conditions similaires au Mali. Les teneurs en limon (57-78%) et sable (18-39%) ont permis de classer les sols de la zone d'étude de limoneux fins. En effet, la texture fine de ces sols en surface permet de conserver les plaines inondées pendant 3 à 4 mois dans la zone. Ces conclusions sont corroborées par celles de Traoré et al. (2017) qui mentionnaient que les cultures de décrue doivent se développer avec les seules réserves d'eau du sol alors qu'il est le plus souvent cultivé sur des sols à prédominance limoneux ou de vertisols comme dans la présente étude. La teneur en phosphore

dans notre étude qui varie de 13 à 19 ppm explique que les sols sont pourvus en cet élément. Ce résultat est en accord avec celui de Bationo et al. (2015) qui ont rapporté que la probabilité de déficience en phosphore est remarquable lorsque son niveau est inférieur à 15 mg/kg. Traore et al. (2020) ont rapporté que le niveau critique du phosphore pour les sols maliens est de 7 mg kg⁻¹, donc le phosphore ne semble pas être un facteur limitant pour les sols en culture de décrue dans la zone de Yélimané.

Les opérations de semis ont été effectuées dans des conditions favorables pour les cultures de décrue en octobre (après 3, 5 mois d'inondation). En effet, lorsqu'une graine germe, la plantule est, pendant un certain temps, extrêmement fragile et sa survie dépend des conditions du milieu. Cette observation a été également rapportée par les travaux de Traoré et al. (2016) suite à leur étude sur l'évaluation des effets de la matière organique sur l'amélioration de la productivité du sorgho dans la même zone. En fait, ils ont argumenté que l'humidité du sol constitue un facteur important pour le développement et la croissance des plantes en culture de décrue et est gage d'un bon rendement. Les rendements obtenus dans la présente étude avec l'utilisation des modalités de trempage des semences, ainsi que le trempage suivi du double enrobage étaient plus élevés que ceux de la pratique paysanne (témoin trempage sans fertilisation). Cette augmentation des rendements pourrait s'expliquer par un meilleur établissement des cultures en réduisant le temps d'émergence des graines du sol, une meilleure vigueur des plants à la levée grâce à la qualité de la semence mais aussi la

fertilisation minérale apportée en microdose. A cela il faut ajouter un poids de 1000 graines plus élevé conduisant à un rendement plus élevé de 72% en moyenne. Ce résultat est en accord avec les travaux de Traore et al. (2020) qui ont montré que le trempage des semences a permis une augmentation de rendement grâce à un meilleur remplissage des grains et un poids de 1000 grains de 16% plus élevé que celui du témoin. Dans le même ordre ces résultats sont supérieurs à ceux rapportés par Zeromé et al. (2019) selon lesquels le trempage des semences augmente le rendement du sorgho de 22% à 55%. Cette différence pourrait résider dans le fait que leurs expérimentations ont été réalisées en cultures pluviales. Toutefois, ils sont situés dans l'intervalle de rendement obtenu par Traoré et al. (2017) qui était de l'ordre de 60% à 130% lorsque l'engrais est appliqué à 2gr poquet⁻¹ à la levée (soit 50 kg ha⁻¹ de complexe céréale 16 -16 -16) et de 43% pour une application d'engrais de 0.5gr poquet⁻¹ (soit 12.5kg ha⁻¹) au semis pour le sorgho en culture de décrue.

Le trempage des semences suivi d'apport d'engrais en minéral en micro dose assure une croissance plus rapide des cultures et accélère le développement à partir de l'accumulation des éléments nutritifs. Cette situation permet aux plantes d'échapper à l'infestation précoce des nuisibles, ce qui conduit à de meilleurs rendements du maïs en comparaison de la pratique paysanne. Ces résultats corroborent ceux de Harris et al. (2004), Twomlow et al. (2010) ; qui ont rapporté que la microdose a augmenté le rendement du sorgho et du maïs dans le système de décrue au Zimbabwe en réduisant l'infestation des plantes par les nuisibles. Dans le même ordre d'idées, les travaux de Traore et al. (2017) ont montré que le trempage améliore la productivité en assurant une rapide croissance due à une émergence rapide, et une bonne vigueur des plantes due à la fertilisation en micro dose montrant des plants avec un bon aspect végétatif et un meilleur rendement. Ces résultats confirment les travaux d'Aune (2011) et Kouadio et al. (2020) ; qui ont montré les avantages du trempage des semences dans

l'eau et de la microdose sur la culture du sorgho et en agro foresterie. Par ailleurs nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par Lepengue et al. (2010) qui ont montré que les taux de germination, de croissances et la production de biomasse du maïs ont significativement augmenté après le trempage des grains de maïs dans une solution saline (NaCl) de 1 g/litre. Les résultats obtenus dans notre étude montrent une interaction positive des modalités du trempage suivi d'application d'engrais en micro dose sur les paramètres rendement. Cet état de fait a favorisé l'augmentation significative des paramètres du rendement

Les résultats obtenus avec les modalités des techniques de trempage de semences permettent une bonne production et peuvent réduire l'insécurité alimentaire des producteurs dans la zone de décrue à Yélimané. Ce résultat est en accord avec les travaux de Traore al. (2022) qui ont mentionné que la combinaison des techniques de production améliorées a permis de réduire de quatre le nombre de mois d'insécurité alimentaire.

Conclusion

Les modalités de trempage des semences montrent à suffisance qu'elles sont des technologies qui permettent une amélioration durable de la productivité du maïs dans les conditions de l'agriculture de décrue où les plantes ne disposent que de l'humidité résiduelle du sol. Cette humidité bien que fortement influencée par les paramètres climatiques tels que les vents, la température qui accélère l'évapotranspiration et donc le dessèchement rapide des sols, permet aux plantes de boucler leur cycle grâce aux technologies de trempage. C'est cela qui permet aux agriculteurs de s'adapter aux effets néfastes du changement climatique. L'adoption par les producteurs de la technologie de trempage combinée à un double enrobage pourrait être proposée à la vulgarisation agricole en vue de booster la production du maïs dans l'agriculture de décrue à Yélimané et dans d'autres zones à écologie similaire pour l'amélioration de la

sécurité alimentaire et nutritionnelle et du revenu des agriculteurs.

CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'existe aucun conflit d'intérêts pour cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

OS a conduit l'essai sur le terrain et a rédigé l'article ; KT a encadré la réalisation des activités. Il a lu et amélioré la qualité de l'article ; AB a supervisé les activités et contribué à l'amélioration de l'article ; FTC a assuré le suivi rapproché des parcelles d'essai et la collecte des données ; AY a lu et amélioré la qualité de l'article ; BT a participé à la réalisation des activités sur le terrain.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement tous ceux qui nous ont apporté leur appui scientifique dans la réalisation des travaux de recherche et la production du présent article. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre très haute reconnaissance.

REFERENCES

- Aune JB, Abdelrahman O. 2011. Effect of seed priming and micro-dosing of fertilizer on sorghum and pearl millet in western Sudan. *Experimental Agriculture*, **47**(3): 419-430. DOI: 101017/S0014479711000056d.
- Bationo A, Fairhurst T, Giller K, Kelly V, Lunduka R, Mando A, Mapfumo P, Oduor G, Romney D, Vanlauwe B, Wairegi L, Zginore S. 2015. *Manuel de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols* Fairhurst T (ed). Consortium Africain pour la Santé des Sols : Nairobi.
- Beddington JR, Asaduzzaman M, Bremauntz FA, Clark ME, Guillou M, Jahn M, Wakhungu J. 2011. Atteindre la sécurité alimentaire dans le contexte du changement climatique : Résumé de la Commission sur l'agriculture durable et le changement climatique à l'attention des décideurs politiques. Rapport technique,

[en ligne] <https://hal.inrae.fr/hal-02809528>

- Harris D, Rashid A, Ali S, Hollington PA. 2004. On farm seed priming with maize in Pakistan. In *Proceedings of the 8th Asian regional maize workshop: New Technologies for the New Millennium*, Srinivasan G, Prasanna BM, Gonzalez F, Lesnick K. (eds). Kasetsart University, Department of Agriculture, CIMMYT: Bangkok, Thailand; 316-324.
- Issoufou SM. 2017. Analyse économique du changement climatique sur les productions agricoles de céréales sèches en zone sahélienne malienne : cas de Yélimané. *ROASEG., (Revue Ouest Africaine de Sciences Economiques et de Gestion)*, **9**(1): 29-46.
- Kouadio K, Sanogo S, Kouassi EK, Doffou CS. 2020. Effet des durées de conservation et du traitement à l'eau sur la germination des graines de *Tieghemella heckelii* Pierre ex A. Chev. (Sapotacées) en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(8): 2880-2892. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i8.18>
- Lepengue AN, Mouaragadja JE, M'batchesi B. 2010. Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la germination et la croissance du maïs (*Zea mays* L. Poacée) au Gabon. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(5): 1602-1609. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v4i5.65541>
- Ouedraogo A, Kabore F, Kabore O. 2022. Perception de la fertilité des sols et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles à Samandéni (Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **16**(4): 1536-1553. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i4.15>
- Penda S, Synnevåg G, Moro S, Madian DY, Laban K, Fatou T, Sali. O. 2020. Perceptions paysannes des impacts du changement climatique sur les ressources et les systèmes de production : cas du cercle de Yélimané au Mali. Dans *Adaptation de l'Agriculture et de l'Élevage au Changement Climatique au*

- Mali : Résultats et leçons apprises au Sahel*, N'Diaye I (ed). Institut d'Economie Rurale : Bamako, Mali ; 139-150
<https://hdl.handle.net/11250/2687372>.
- Traoré K, Jens BA, Traoré. B. 2016. Effect of Organic Manure to Improve Sorghum Productivity in Flood Recession Farming in Yélimané, Western Mali. *American Scientific Research Journal for Engineering Technology and Sciences (ASRJETS)*, **23**(1): 232-251.
- Traoré B. 2017. Amélioration des techniques de production du sorgho de décrue dans le cercle de Yélimané. Thèse de doctorat, Institut des Sciences de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA) de Bamako, p. 187.
- Traoré B, Traoré K, Aune JB, Famanta M, Togo D, Traoré B, Coulibaly B. 2020. Détermination des dépôts de terre et de nutriments par la crue dans la zone de Yélimané en zone sahélienne au Mali. Dans *Adaptation de l'Agriculture et de l'Élevage au Changement Climatique au Mali : Résultats et leçons apprises au Sahel*, N'Diaye I (ed). Institut d'Economie Rurale : Bamako, Mali ; 159-169.
<https://hdl.handle.net/11250/2687372>.
- Traoré K, Traoré B, Noussourou M, Hamadoun A, Aune JB, Traoré B, N'Diaye I. 2020. Amélioration de la productivité du sorgho de décrue par une meilleure installation des cultures dans le cercle de Yélimané. Dans *Adaptation de l'Agriculture et de l'Élevage au Changement Climatique au Mali : Résultats et leçons apprises au Sahel*, N'Diaye I (ed). Institut d'Economie Rurale : Bamako, Mali ; 173-189.
<https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2687897>
- Traoré K, Traoré B, Diallo A, Synnevåg G, Aune JB. 2022. Farmer Participatory Evaluation of Sorghum Varieties in Flood Recession Agriculture Systems in North – Western Mali. *Agronomie*, **12**(6): 1379. DOI :
<https://doi.org/10.3390/agronomy12061379>
- Twomlow S, Rohrbach D, Dimes J, Rusike J, Mupangwa W, Ncube B, Hove L, Moyo M, Mashingaidze N, Mahposa P. 2010. Micro-dosing as a pathway to Africa's Green Revolution: evidence from broad-scale on-farm trials. In *Innovations as Key to the Green Revolution in Africa*, Bationo A, Waswa B, Okeyo J, Maina F, Kihara J. (ed). Springer: Dordrecht; 1101–1113. DOI:
https://doi.org/10.1007/978-90-481-2543-2_113
- Zeromé M, Traore K, Famanta M, Samake O, Togo M. 2019. Effets de l'aménagement en courbe de niveau avec différentes doses de fertilisation sur les rendements du sorgho dans les localités de Kolokani et de Diéma au Mali. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **13**(3) : 1547-1557. DOI:
<https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i3.27>