



Original Paper

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

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

Effets de différentes doses d'engrais inorganiques sur le rendement et la performance économique du cotonnier

Aliou Badara KOUYATE*, Souleymane KONE, Sidiki Gabriel DEMBELE et Mahamoudou FAMANTA

Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA).

Laboratoire des sols Heinz Imof. / BP 06 Koulikoro, Mali.

**Auteur correspondant ; E-mail : aloubadarakouyate@yahoo.fr*

Received: 08-09-2023

Accepted: 24-11-2023

Published: 31-12-2023

RESUME

La baisse constante de la fertilité des sols est la contrainte abiotique majeure qui limite la productivité du coton au Mali. L'objectif de cette étude était d'identifier une formule de fertilisation adéquate pour la culture du coton sur sol ferrugineux tropical. Pour ce faire un dispositif factoriel en bloc randomisé complet en 3 répétitions a été installé. Le facteur étudié était la formule de fertilisation minérale avec 4 niveaux de variation. Les résultats ont montré une corrélation positive entre la hauteur des plants, le nombre de ramifications et le rendement grain avec l'apport de dose croissante de nutriments au cours des deux années de l'expérimentation. La formule de fertilisation minérale pour un rendement coton grain supérieur à 1000 kg ha^{-1} est de 30 kg ha^{-1} d'azote, 20 kg de P_2O_5 ha^{-1} et 20 kg de K_2O ha^{-1} associée à une dose d'engrais organique de 2,5 t ha^{-1} en apport annuel est techniquement performant et économiquement rentable. Il est nécessaire de tester cette formule avec les agriculteurs pour la confirmation de son efficacité.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Coton, Dose, Formule, Rendement, Rentabilité économique.

Effects of different doses of inorganic fertilizers on cotton yield and economic performance

ABSTRACT

The steady decline in soil fertility is the major abiotic constraint that limits cotton productivity in Mali. The objective of this study was to identify an adequate fertilization formula for cotton cultivation on tropical ferruginous soil. To do this, a complete randomized block design in 3 replications was carried out. The factor studied was the mineral fertilization formula with 4 levels of variation. The results showed a positive correlation between plant height, number of branches and grain yield with the increasing dose of nutrients during the two years of the experiment. The mineral fertilization formula for cotton grain yield greater than 1000 kg ha^{-1} is 30 kg ha^{-1} of nitrogen, 20 kg of P_2O_5 ha^{-1} and 20 kg of K_2O ha^{-1} associated with a rate of organic fertilizer of 2.5 t ha^{-1} in annual input is technically efficient and economically profitable. There is need for testing this technology further together with farmers to evaluate its effectiveness.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Cotton; rate; Formulae; Mali; Ferruginous soil.

INTRODUCTION

La culture du coton (*Gossypium hirsutum* L.) est la locomotive de l'agriculture dans la zone cotonnière du Mali. Elle joue un rôle important dans l'économie du pays (Camara, 2015). La culture du coton est pratiquée par de nombreuses petites exploitations agricoles familiales principalement dans le Sud du pays. Près de 4 millions de producteurs vivent des revenus du coton et bénéficient des arrières effets du système et il représente 8,2% du Produit Intérieur Brut (PIB) (FAO, 2013). Si les rendements en coton-grain sont passés de 225 kg ha⁻¹ en 1961-1962 à 1344 kg ha⁻¹ en 1990-1991. Aujourd'hui, une baisse des rendements est constatée avec une moyenne de 921 kg ha⁻¹ (Camara, 2015). Les facteurs susceptibles d'expliquer cette baisse de rendement sont entre autres le faible niveau de fertilité des sols, la faible densité des plants à l'hectare, le changement climatique (baisse et irrégularité des pluies), le manque de main d'œuvre, la faible maîtrise des itinéraires techniques, la résistance des ravageurs aux insecticides.

Parmi ces contraintes la baisse constante du niveau de la fertilité des sols est la cause principale de la diminution des niveaux de productivité des cultures (Saïdou et al., 2012). Ce faible niveau de fertilité des sols est dû en partie à l'érosion du sol, mais aussi le faible niveau d'utilisation des engrais causant la détérioration et la perte d'éléments nutritifs des sols. Cette dernière s'exprime à son tour par une diminution brusque ou graduelle de rendement selon le type de sol.

Pour la restauration de la fertilité des sols, les systèmes de culture en zone cotonnière se caractérisaient dans un passé récent, par un temps de mise en culture de trois à cinq ans, alternant avec un temps de jachère qui dépassait généralement dix ans, pour permettre la restauration naturelle du couvert végétal et de la fertilité des sols (Fairhurst, 2015). De nos jours, le système de jachère de longue durée n'est plus possible avec la pression démographique. La solution à la baisse de la capacité de production des terres passe nécessairement par des

investissements dans la fertilité des terres (Kanté, 2001). La fumure minérale est une des solutions d'amélioration chimique des sols proposées pour la compensation des pertes en nutriments et des carences nutritionnelles observées au niveau des systèmes de production.

De nombreuses études ont démontré que l'utilisation judicieuse d'engrais minéraux conduit à une augmentation des rendements (Buerkert et al., 2001 ; Traoré et al., 2007) à condition qu'aucun autre facteur de croissance, tel que l'eau et le rayonnement, ne devienne restrictif.

Amonmide et al. (2021) ont rapporté des accroissements des rendements par les engrais minéraux de 484 kg ha⁻¹ de coton grain et de 571 kg ha⁻¹ de maïs grain. Par rapport au témoin sans engrais la plus faible dose d'engrais minéraux (75 kg ha⁻¹ NPKSB +25 kg ha⁻¹ d'urée), a permis des suppléments de production de 205 à 318 kg ha⁻¹ de coton grain et de 219 kg ha⁻¹ de maïs grain. Les résultats ont montré une réponse positive du cotonnier quelle que soit la pratique de fertilisation minérale considérée notamment l'application exclusive de l'azote (N) ou les combinaisons azote-phosphore (N-P) ou azote phosphore potassium (NPK) (Amonmide et al., 2021). Au Sénégal, Guiro (2005) a montré un effet hautement significatif de la fertilisation minérale sur le rendement du cotonnier et ses composantes suite à l'application de doses croissantes (50, 100, 150 et 200 kg ha⁻¹) du complexe N14-P23-K14-S5 B1. Les gains de rendement sont proportionnels aux quantités d'engrais minéraux. Cela signifie que toute réduction de la dose d'engrais minéral entraîne une baisse de rendement d'autant plus importante que la dose appliquée est plus faible.

Bien que l'apport des engrais minéraux soit incontournable pour améliorer la production du cotonnier, son utilisation seule ne permet pas le maintien du potentiel productif à long terme. L'apport de matière organique est indispensable pour maintenir la capacité de production des sols. Les engrais organiques ont pour rôle d'améliorer la

structure des sols, les enrichir en éléments fertilisants et limiter la consommation de l'eau par les plantes. Cependant, l'application simple de fumure organique ne permet pas de couvrir de façon efficace les besoins nutritionnels des cultures et garantir aux producteurs un bon rendement bien qu'elle permette à la longue une bonne fertilité du sol et une protection contre la pollution. L'utilisation combinée des engrais organiques et minéraux est une alternative car permettant non seulement de satisfaire les besoins nutritionnels à court terme des cultures mais aussi assurer une durabilité du système de production tout en améliorant le rendement et la qualité des produits récoltés. La présente étude avait pour objectif de déterminer les effets d'une fertilisation organo-minérale à base de compost et d'engrais minéraux, sur le rendement et la rentabilité économique du cotonnier.

MATERIEL ET METHODES

Site de l'étude

L'étude a été conduite pendant 2 ans (2022 à 2023) sur la parcelle expérimentale de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) à Katibougou au Centre d'Innovation Vert (C.I.V). Ce site est situé entre 12°56' de latitude Nord et 7°37' de longitude Ouest et à une altitude de 326 m. Le climat est de type Soudano Sahélien avec une longue saison sèche qui s'étend d'octobre à mai et une courte saison des pluies de juin à septembre. La moyenne annuelle des pluies varie entre 745 et 1042 mm avec une moyenne annuelle de 857,91 mm. Le sol de l'essai est de type ferrugineux tropical à texture limoneuse. Les caractéristiques physico-chimiques du sol du site d'étude sont indiquées dans le Tableau 1.

Matériel végétal

La variété améliorée coton de NTA MS 334 R3 avec un cycle de 120 jours et un rendement de 1504,90 kg ha⁻¹ et une hauteur moyenne de 129,6 cm a été le matériel végétal utilisé au cours de l'étude.

Composition chimique des fertilisants

La composition chimique des engrais utilisés est indiquée dans le Tableau 2.

Dispositif expérimental

L'essai a été conduit sur un dispositif factoriel en bloc de Fisher (bloc randomisé complet). Le facteur ayant fait l'objet de l'étude est la formule de fertilisation prise à 4 niveaux de variation que sont :

- T1 : 50 kgha⁻¹ d'urée + 200 kgha⁻¹ de complexe coton (fumure minérale vulgarisée (FMV) ;
- T2 : 25 kgha⁻¹ d'urée +100 kgha⁻¹ de complexe coton (1/2 de la FMV) ;
- T3 : 75 kgha⁻¹ d'urée + 300 kgha⁻¹ de complexe coton (1,5 fois la FMV) ;
- T4 : 100 kgha⁻¹ d'urée +400 kgha⁻¹ de complexe coton (2 fois la FMV).

NB : un apport de 2,5 tonnes par hectare de compost a été fait sur l'ensemble des traitements. La dose de nutriment apportée pour les macroéléments pour les engrais minéraux est indiquée dans le Tableau 3.

Les dimensions des parcelles élémentaires sont 6m de long et 2,4 m de largeur et le bloc 11,6 m x 6 m soit une superficie de 69,6 m². Le semis de la variété NTA MS 334 R3 de coton a été réalisé après une irrigation de la parcelle à la capacité au champ. L'écartement de semis était 0,8 cm x 0,4 cm. Deux semaines après le semis, le démariage a été effectué en laissant deux plants par poquet Les entretiens de la parcelle sarclo-binage, irrigation, traitement phytosanitaire ont été faits uniformément sur l'ensemble des parcelles élémentaires et au besoin. Pour les observations sur les paramètres agronomiques un échantillonnage aléatoire systématique a permis de retenir 13 plants d'observation par traitement. A la maturité, les fibres de coton ont été récoltées sur une surface utile de 14,4 m². Les paramètres suivants ont été évalués :

Le diamètre au collet des plants (DCP) : le diamètre au collet a été mesuré à l'aide du pied à coulisse au 60^{ème} jour après semis (JAS) ;

La hauteur des plants (HP) : la hauteur des plants a été mesurée et porte sur une tige du collet à l'extrémité supérieure de la dernière feuille à l'aide d'un mètre ruban au 60^{ème} jour après semis (JAS) ;

Le nombre de feuilles par plant (NF/P) : le nombre de feuilles par plants a été compté par plants d'observation au 60^{ème} jour après semis (JAS) ;

Le nombre de ramifications par plant (NR/P) : le nombre de ramifications par plants a été compté par plants d'observation au 60^{ème} jour après semis (JAS) ;

Evaluation du rendement coton grain : la récolte a été effectuée manuellement et de façon échelonnée après ouverture des capsules. Cette opération se faisait par traitement et a été réalisée à partir du 135 JAS.

Le rendement (Rdt) coton grain par unité expérimentale a été extrapolé en kg ha⁻¹ en utilisant la formule suivante :

Rdt coton grain (kg ha⁻¹) = Rdt coton grain en kg m⁻² x 10 000 m².

Analyse économique

L'analyse économique a porté sur la détermination du Ratio Bénéfice sur Coût (RBC). Selon Biaou et al. (2016) le ratio bénéfice/coût exprime le gain financier total obtenu par l'investissement d'une unité

monétaire (1 franc CFA par exemple). Ainsi, on a :

$$RBC = \frac{PBV}{CT}$$

Avec :

PBV : produit brut en valeur ;

CT : Coûts totaux.

En analyse de rentabilité économique, l'interprétation du B/C se fait en le comparant à la valeur 1.

(1) Lorsque RBC >1, on conclut qu'un franc investi génère plus d'un franc CFA comme bénéfice, et l'activité est dite économiquement rentable.

(2) Si par contre RBC < 1 alors 1 franc investi génère moins d'un franc CFA comme bénéfice, et l'activité est jugée économiquement non rentable, car le producteur gagne moins qu'il n'investit.

Analyses statistiques

Les données collectées ont été soumises à l'Analyse de la Variance (ANOVA) avec le logiciel # Genstat 12th édition #. En cas de différence significative, la séparation des moyennes a été faite en utilisant le test de Newman and Keuls. L'analyse de la corrélation et de régression a été faite entre les formules de fertilisation et les paramètres du coton à la récolte.

Tableau 1: Résultats d'analyses du sol (0 - 20 cm) de l'essai.

Caractéristiques	Teneur	
Physique	Argile (%)	17,25
	Limon (%)	57,39
	Sable (%)	25,81
	Texture	Limoneuse
Chimique	pH (eau)	5.34
	pH (KCl)	5.09
	M.O (%)	0.7
	N(%)	0.03
	P (mg/kg)	2.11
	K (mg/kg)	6.04

M.O : matière organique ; N : Azote ; P : Phosphore ; K : Potassium

Tableau 2 : Composition chimique des engrais utilisés.

Engrais	Composition (%)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B
Complexe coton	14	18	18	6	1
Urée	46	0	0	0	0
Compost	1.74	0.33	1.51	-	-

Tableau 3 : Quantité de nutriment apportée par traitement.

Traitements	Doses de nutriments (kg/ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	50.22	35	35
T2	25.11	17.5	17.5
T3	75.33	52.5	52.5
T4	100.44	70	70

RESULTATS

Effet des formules de fertilisation sur les paramètres de croissance et de développement du coton

L'apport des différentes formules de fertilisation a eu un impact significatif ($P < 0.05$) sur la hauteur des plants en 2023 (deuxième année d'expérimentation) et le nombre de ramifications durant les deux années de l'expérimentation (Tableau 4). Les résultats indiquent que les traitements T3 (1,5 FMV) et T4 (2 FMV) entre lesquels on n'observe pas de différence significative ont cependant enregistré une hauteur des plants significativement supérieure aux traitements T1(FMV) et T2 (1/2 FMV) en 2022. Le traitement T2 (1/2 FMV) a enregistré un nombre de ramifications significativement inférieur aux autres traitements en 2022, tandis que en 2023 les traitements T1(FMV) et T2 (1/2 FMV) ont enregistré un nombre de ramifications significativement inférieur aux traitements T3 (1,5 FMV) et T4 (2 FMV).

Effet des formules de fertilisation sur le rendement coton grain

L'apport des différentes formules de fertilisation a influencé significativement ($P < 0,05$) le rendement coton grain durant les deux (2) années de l'étude (Figure 1). On

observe en première année d'expérimentation (2022) que le traitement T4 (2 FMV) a enregistré un rendement coton grain significativement supérieur aux autres traitements, aussi le traitement T3 (1,5 FMV) a donné un rendement coton grain significativement supérieur aux traitements T2 (1/2 FMV) et T1(FMV) entre lesquels on n'observe aucune différence significative. Les résultats obtenus en 2023 montrent que le traitement T4 (2FMV) a obtenu un rendement grain significativement supérieur aux traitements T2 (1/2FMV) et T1 (FMV), cependant entre ces derniers et le traitement T3 (1,5 FMV) on n'observe aucune différence significative (Figure 1).

Relation entre les différents traitements et les paramètres agronomiques du cotonnier

Les relations entre les formules de fertilisation et les paramètres agronomiques sont décrites grâce à l'analyse en composantes principales (ACP) (Figure 2). En 2022 l'analyse montre que les axes F1 et F2 portent respectivement 99,99% et 0.01% des informations, soit un total de 100% des explications. L'analyse en ACP a montré une corrélation positive entre le rendement grain, la hauteur des plants et le nombre de ramifications d'un côté, et de l'autre entre le

diamètre au collet et le nombre de feuilles. Les biplots ont permis l'évaluation des corrélations des paramètres agronomiques et les formules de fertilisation. Ainsi le rendement grain, la hauteur des plants et le nombre de ramifications sont fortement corrélés entre eux et aux formules de fertilisation T3 (1,5 FMV) et T4 (2 FMV) tandis que le diamètre au collet et le nombre de feuilles sont positivement corrélés entre eux et à la formule de fertilisation T2 (1/2 FMV) (Figure 2a).

En 2023 l'analyse montre que les axes F1 et F2 portent respectivement 88,75% et 10,62% des informations, soit un total de 99,37% des explications. L'analyse en ACP a montré une corrélation positive entre le rendement grain, la hauteur des plants et le nombre de ramification le diamètre au collet et le nombre de feuilles. Ces différents paramètres sont fortement et positivement corrélés entre eux et aux formules de fertilisation T3 (1,5 FMV) et T4 (2 FMV) (Figure 2b)

Réponse du cotonnier à la fertilisation minérale (azote phosphore et potassium)

Il existe une forte et positive corrélation entre le rendement coton et la dose d'azote au cours des deux années de l'expérimentation. Un résultat similaire a été observé entre le rendement coton et la dose d'apport du phosphore et du potassium. En effet on observe une corrélation forte et positive entre le rendement coton et la

fertilisation azotée, phosphatée et potassique avec des coefficients de détermination R² variant de 0,97 à 0,99 .Les résultats de la régression montrent que pour le rendement coton grain supérieur à 1 tonne ha⁻¹ le niveau optimum de l'azote est de 30 kg N ha⁻¹, celui du phosphore est de 20 kg P₂O₅ ha⁻¹ et le potassium est de 20 kg K₂O ha⁻¹ (Figures 3 , 4 et 5). Cette formulation suggère une amélioration de la dose d'apport de potassium et de phosphore comparé à la formule en vigueur au Mali pour la production du coton.

Performance économique des différents traitements

L'analyse sur la performance économique des différents traitements montre que le produit brut en valeur (PBV) significativement élevé (P<.001) a été enregistré par le traitement T4 (2FMV) suivi du traitement T3 (1,5FMV). Par contre les plus faibles PBV ont été enregistrés par les traitements T1 (FMV) et T2 (1/2FMV) qui sont statistiquement égaux (Tableau 5).

Quant au ratio bénéfice/coût moyen des différents traitements il est supérieur à 1. Ceci indique que les traitements sont économiquement rentables. Toutefois, la production du coton est plus bénéfique avec les traitements T1 (FMV) et T2 (1/2FMV) que les traitements T3 (1,5FMV) et T4 (2 FMV) (Figure 6).

Tableau 4 : Effet des formules de fertilisation sur les paramètres de croissance et de développement.

Traitements	2022				2023			
	DC	NF	NR	HP	DC	NF	NR	HP
T1	0.757	27.5	7.74a	61.2	0.89	23.9	5.89b	49.64b
T2	0.843	30.2	5.12 b	57.30	0.79	27.0	6.76ab	52.44b
T3	0.743	27.6	7.38a	67.1	0.91	29.9	7.71a	57.32a
T4	0.763	26.3	7.00a	68	0.98	33.4	8.40a	60.51a
FPr	0.738	0.656	0.03	0.25	0.11	0.12	0.017	0.002
CV(%)	14	12	12	14	8.6	14.30	9.4	3.7

DC : Diamètre au collet ; NF : Nombre de feuilles ; HP : Hauteur des plants ; CV : Coefficient de variation, les moyennes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

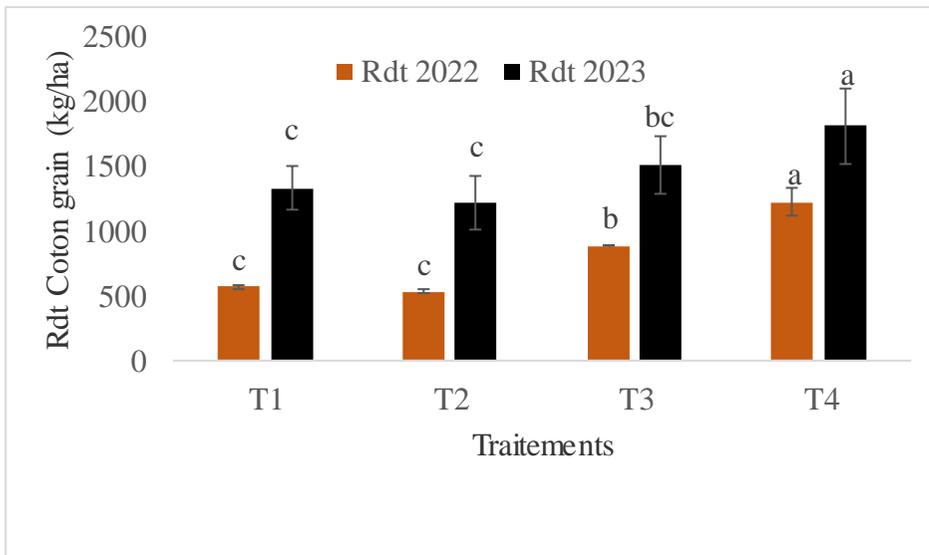


Figure 1 : Effet des formules de fertilisation sur le rendement coton grain.

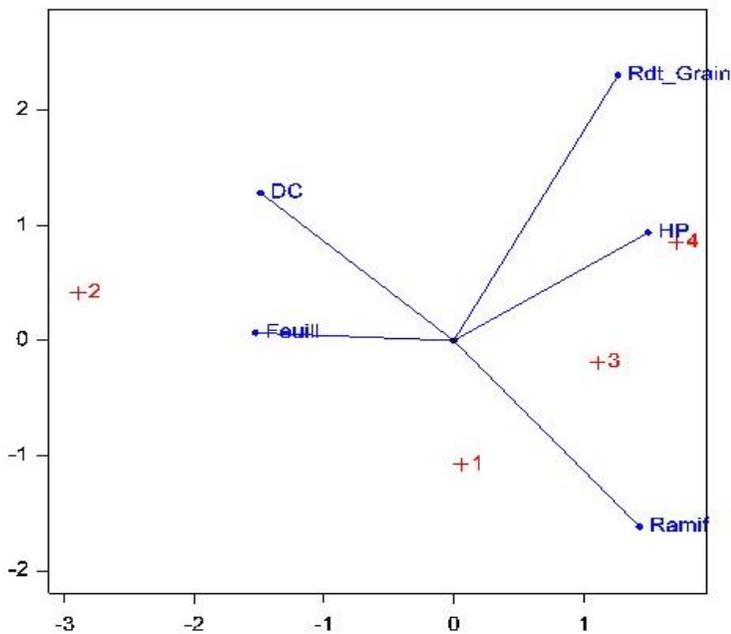


Figure 2a: Relation entre les formules de fertilisation et les paramètres agronomiques du cotonnier 2022.

Feuille : nombre de feuilles ; Ramif : Nombre de ramification ; HP : hauteur des plants ; Rdt : rendement.

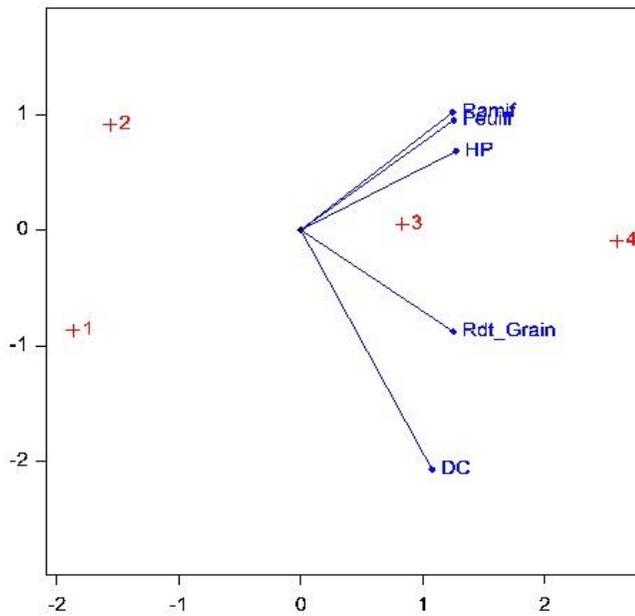


Figure 2b: Relation entre les formules de fertilisation et les paramètres agronomiques du cotonnier 2023.

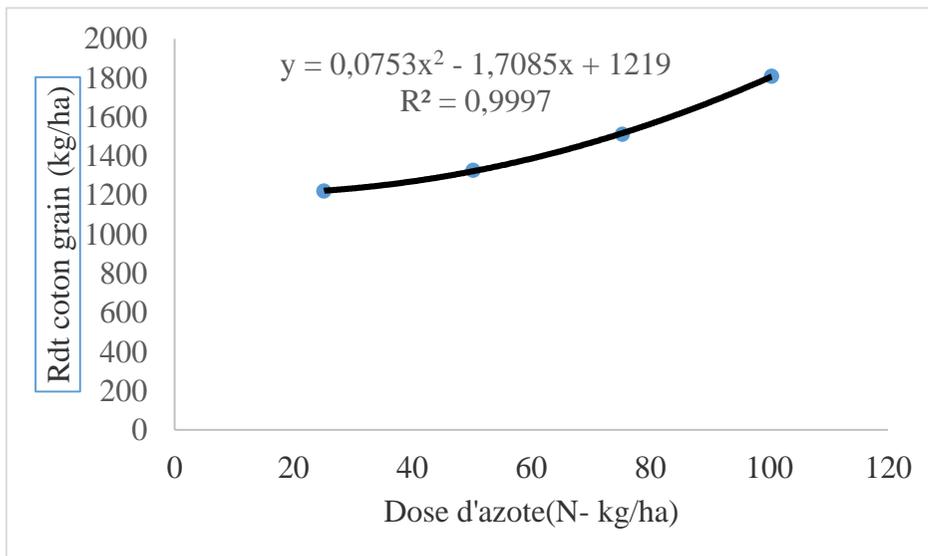


Figure 3 : Réponse du cotonnier à la fertilisation azotée 2023.

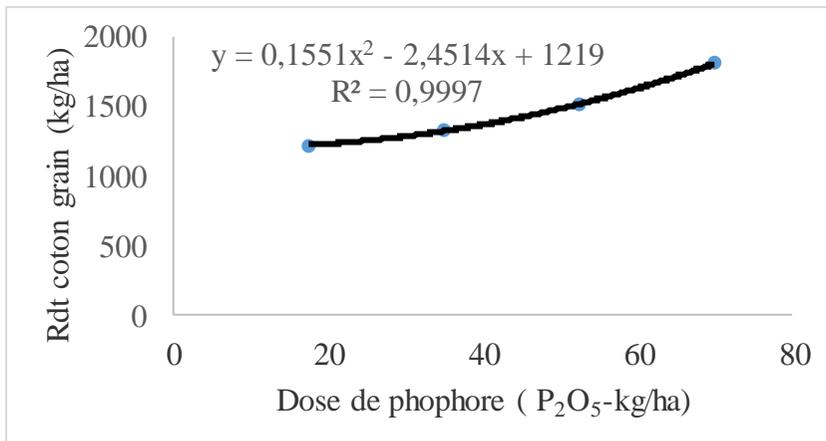


Figure 4 : Réponse du cotonnier á la fertilisation phosphatée 2023.

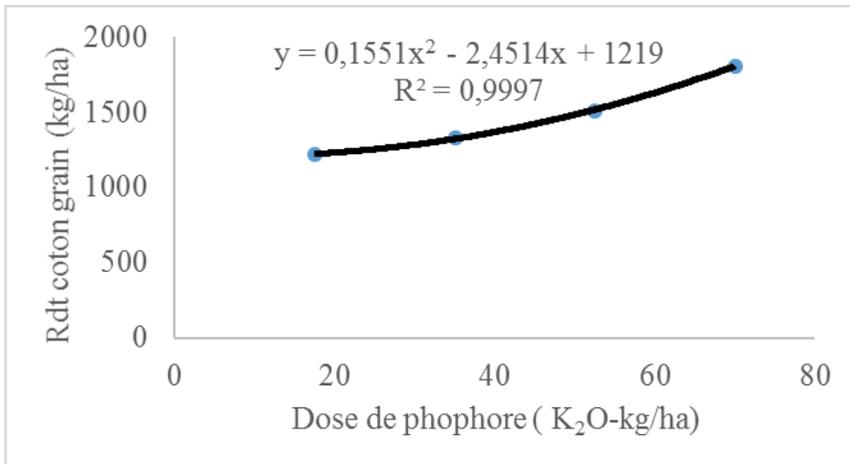


Figure 5: Réponse du cotonnier a la fertilisation potassique.

Tableau 5 : Valeur de la production brute (PBV).

Traitements	PBV
T1 (FMV)	260361 c
T2 (1/2FMV)	240572 c
T3 (1,5 FMV)	329736 b
T4 (2 FMV)	417034 a
Fpr	<.001
CV(%)	6.7

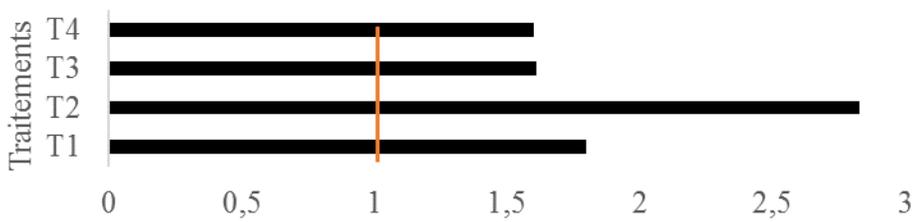


Figure 6 : Ratio bénéfice/cout des différents traitements.

DISCUSSION

Les résultats ont montré une réponse positive du cotonnier à la fertilisation organo-minérale. En effet on remarque que l'application de dose élevée de nutriments T3 (1,5FMV) et T4 (2FMV) a un effet significatif sur les paramètres de croissance (hauteur des plants et le nombre de ramifications) et le rendement du cotonnier au cours des deux années d'expérimentation. Ce qui montre que l'efficacité de la fertilisation du cotonnier est proportionnelle à la dose de nutriment apportée. Cela signifie que toute réduction de la dose des nutriments entraîne une baisse de rendement qui sera beaucoup faible lorsque la dose de nutriment apportée par les fertilisants est plus réduite. Au Sénégal, Guiro (2005) a montré un effet hautement significatif de la fertilisation minérale sur le rendement du cotonnier et ses composantes suite à l'application de doses croissantes (50, 100, 150 et 200 kg.ha⁻¹) du complexe N14P23K14S5 B1. L'accroissement des rendements suite à l'apport de dose élevée de nutriments dénote une bonne réponse du sol suite à l'application de la fertilisation organo-minérale. Amonmide et al. (2021) ont rapporté une réponse positive des différentes pratiques de fertilisation minérale sur la culture du cotonnier par l'insuffisance des réserves minérales ou la non disponibilité de certains nutriments du sol pour couvrir les besoins en nutriments du cotonnier. Le sol du site a une faible fertilité qui se traduit par une faible disponibilité des éléments nutritifs. Ainsi tout apport de nutriment sur ce sol conduit à l'amélioration du rendement des cultures et la fertilité du sol résultant de la

disponibilité des éléments nutritifs dans la solution du sol.

Les relations entre les différents paramètres et les formules de fertilisation sont éclaircies par l'analyse en composante principale (ACP). L'ACP montre au cours de la première année d'étude une corrélation forte entre le rendement, la hauteur des plants et le nombre de ramifications d'une part et entre ces paramètres et les formules de fertilisations T3 (1,5 FMV) et T4 (2 FMV). Une tendance similaire est observée en 2023 ou l'ACP montre une corrélation forte entre le rendement la hauteur des plants, le nombre de feuilles, le nombre de ramifications d'une part et entre les formules de fertilisation T3 (1,5 FMV) et T4 (2FMV) d'autre part. La corrélation positive entre le rendement grain et le et le nombre de feuilles peut s'expliquer par une utilisation efficace des nutriments par la plante, elle dénote aussi de l'importance des feuilles dans la nutrition des plantes grâce au phénomène de la photosynthèse. Khan et al. (2018) ont rapporté qu'une meilleure accumulation d'hydrate de carbone n'est possible que lorsque l'activité photosynthétique est intense.

La corrélation positive entre la hauteur des plants et le rendement résulte de la dépendance entre ces deux paramètres. La productivité en grains est plus importante chez les variétés à tige haute par rapport à celle à tige courte (Monneveux, 1989). Koffi et al. (2021) ont montré une corrélation positive et significative entre le rendement et la taille des plants avec le cotonnier. La relation forte et positive qui lié le rendement et le nombre de ramifications pourrait s'expliquer par le fait que ce dernier est une composante du

rendement dont dépend le nombre de capsules par plant. En définitif, l'ACP a montré une forte influence des formules avec une dose élevée de nutriments T3 (1,5 FMV) et T4 (2 FMV) sur les paramètres de croissance et de rendement, grâce à une corrélation positive observée entre eux.

La régression polynomiale effectuée a montré une forte corrélation entre le rendement en coton grain et les doses de nutriments (azote, phosphore et potassium) au cours des deux années d'expérimentation. Les résultats de l'étude montrent que le rendement de coton grain varie en fonction de la variation des doses de N, P et K. L'azote favorise la croissance rapide des tissus végétaux, les racines se développent plus rapidement, entraînant une absorption plus grande en eau et en minéraux. Le déficit en azote, surtout pendant la période de fructification du cotonnier, réduit l'activité photosynthétique des feuilles, le transfert des assimilés des feuilles vers les organes fructifères, conduisant à la réduction du nombre de capsules et du rendement final (Tekalign et Kebedeb, 2011). Le phosphore stimule la croissance des racines, favorise la floraison et le développement des fruits la maturation des capsules et l'accélération de leur ouverture (Carvalho et al., 2011). Ainsi les macronutriments ont un rôle primordial dans la production du coton et leur carence se traduit par une baisse significative du rendement. Les résultats de la régression montrent que pour un rendement élevé de coton (de l'ordre de 1000 kg ha⁻¹) dans les conditions de culture le niveau optimum de l'azote est de 30 kg N ha⁻¹ celui du phosphore est de 20 kg P₂O₅ ha⁻¹ et celui du potassium 20 kg K₂O. Ces doses sont supérieures à ceux en vigueur à la culture du coton au Mali pour le phosphore et le potassium.

L'analyse des performances économiques montre que les PBV sont significativement élevés pour les traitements T3 (1,5 FMV) et T4 (2 FMV) et faibles pour les traitements T1(FMV) et T2 (1/2 FMV). Cependant le Ratio bénéfice/cout (RBC) des différents traitements est supérieur à 1

indiquant que ceux-ci sont économiquement rentables. Toutefois cette rentabilité reste en faveur des traitements T1 (FMV) et T2 (1/FMV) comparativement aux T3 (1,5FMV) et T4 (2FMV). La faible performance économique des traitements T3 (1,5FMV) et T4 (2FMV) en ce qui concerne le RBC peut s'expliquer par le coût élevé des engrais minéraux. On observe que l'apport des fortes doses des engrais minéraux réduit sensiblement la rentabilité de l'emploi des engrais. Plusieurs travaux de recherche (Kouame et al., 2014 ; Mankoussou et al., 2017) ont montré que l'utilisation de l'engrais minéral améliore la performance technique du producteur, mais ne lui permet pas de rentabiliser son exploitation. Cet état de fait s'expliquerait respectivement par leur utilisation efficace et du coût d'achat des engrais minéraux nécessaire à la production. Sanon et al. (2021) ont rapporté qu'une fertilisation adéquate des engrais minéraux sous culture est nécessaire pour améliorer leurs rendements. Cependant les charges liées à sa pratique et le faible coût des produits de récolte sur le marché expliquent en partie la faible rentabilité de l'utilisation des engrais minéraux dans la production du coton. Par conséquent, on peut réduire les doses d'engrais recommandées sans affecter, la productivité des cultures.

Malgré cette performance économique des traitements T1 (FMV) et T2 (1/2FMV) il faut noter que l'apport de dose réduite des engrais minéraux entraîne une dégradation à long terme des sols. Ainsi la capacité des traitements (T1 et T2) à augmenter le rendement et améliorer la performance économique des exploitations agricoles est souvent mise en cause. L'apport de dose réduite d'engrais comme le cas de la micro-dose favorise l'exploitation par la plante des éléments nutritifs du sol consécutif à un bon développement racinaire des plantes (Saba et al., 2017). Ce phénomène entraîne un appauvrissement du sol et des bilans négatifs pour les différents macroéléments nécessaires à la production végétale (Ibrahim et al., 2017).

Conclusion

Ce travail a porté sur l'évaluation des formules de fertilisation sur la production du coton. Au terme de cette étude, il ressort que les traitements T3 (1,5 FMV) et T4 (2 FMV) augmentent significativement les rendements en coton grain. Dans les conditions de l'essai, le traitement T4 (2FMV) est techniquement plus efficace. Il a permis d'augmenter significativement le rendement par rapport aux autres traitements. Bien que le traitement T4 (2FMV) soit économiquement performant, il est moins rentable que les traitements T1 (FMV), T2 (1/2FMV) et T3 (1,5 FMV). On observe que l'application de doses croissantes de nutriments a un effet significatif sur le rendement coton grain et les paramètres de croissance du cotonnier. Toutefois la formule de fertilisation minérale proposée par cette étude (30 kg de N par ha⁻¹, 20 kg de P₂O₅ par ha⁻¹ et 20 kg de K₂O par ha⁻¹) associée à 2, 5 t d'engrais organique par ha⁻¹ en apport annuel est techniquement performant et économiquement rentable pour la production du coton. Cette formulation pourrait être recommandée en culture de coton sur sol ferrugineux tropical pour les producteurs du Mali.

CONFLITS D'INTERETS

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

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

ABK est l'auteur qui a élaboré le protocole et conduit les travaux de terrain. SK a participé aux travaux de terrain ABK et SK ont effectué les analyses statistiques et ont produit le 1er draft de l'article. SGD et MF ont supervisé les travaux et ont participé à la rédaction finale du manuscrit de l'article.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la direction et l'ensemble du personnel du Laboratoire des sols (Heinz Imof) de l'IPR/IFRA de Katibougou pour la facilité accordée lors des analyses de sol.

REFERENCES

- Amonmidé I, Bienvenu P, Akponikpè I, Dagbénobakin G D.2021. Réponse du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) à la fertilisation minérale dans diverses zones agro écologiques : revue quantitative. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **25**(2) : 89-108. DOI : <https://popups.uliege.be/1780-4507/index-php?id=1901&file=1>
- Biaou D, Yabil JA, Yegbemey RN, Biaou G. 2016. Performances technique et économique des pratiques culturales de gestion et de conservation de la fertilité des sols en production maraîchère dans la commune de Malanville, Nord Bénin. *International Journal of Innovation and Scientific Research.*, **21**(1): 201-211. DOI: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.2007&rep=rep1&type=pdf>
- Buerkert A, Moser M, Kumar AK, Furst P, Becker K. 2001. Variation in grain quality of pearl millet from Sahelian West Africa. *Field Crops Res.*, **69**(1): 1-11. DOI : 10.1016/S0378-4290(00)00127-1
- Camara M. 2015. Atouts et limites de la filière coton au Mali. Economies et finances. PhD thesis, Université de Toulon, p.306.
- Carvalho MCS, Ferreira GB, Staut LA. 2011. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: Amonmidé I, Bienvenu P, Akponikpè I, Dagbénobakin G D.2021. Réponse du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) à la fertilisation minérale dans diverses zones agro écologiques : revue quantitative *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **25**(2) : 89-108. DOI : <https://popups.uliege.be/1780-4507/index-php?id=1901&file=1>
- Fairhurst T. 2015. *Manuel de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols*. Consortium Africain pour la Santé des Sols : Nairobi.
- FAO. 2013. Revue des Politiques Agricoles et Alimentaires au Mali. Rapport pays, p.217.
- Guiro AT. 2005. Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal. Technical report. ISRA, ITA, CIRAD.

- Ibrahim A, Abaidoo RC, Fatondji D, Opoku A. 2015. Hill placement of manure and fertilizer microdosing improves yield and water use efficiency in the Sahelian low input millet based cropping system. *Field Crops Research.*, **180**: 29-36. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.04.02>
- Kanté S. 2001. Gestion de la fertilité des sols par classe d'exploitation au mali-sud. PhD thesis Université Wageningen, n°38, p.236.
- Khan A, Pan X, Najeeb U, Tan DKY, Fahad S, Zahoor R, Luo H. 2018. Coping with drought: stress and adaptive mechanisms, and management through cultural and molecular alternatives in cotton as vital constituents for plant stress resilience and fitness. *Biol. Res.*, **51**(1): 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40659-018-0198-z>
- Koffi ZK, Gnofam N, Akantetou KP, Aziadekey M, Tozo K .2021. Caractérisation de 118 variétés de cotonnier (*Gossypium hirsutum*) en condition de déficit hydrique au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **15**(5): 2072-2086. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i5.30>
- Kouame K, Severin A, Wongbé Y, Doumbia S, Eugene Konan KK, Kouassi N A, Kone B, Diabate S. 2014. Détermination de la dose de fumure potassique sous culture de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) dans les conditions du sud-est de la cote d'Ivoire : cas du matériel végétal en cours de vulgarisation. *European Scientific Journal*, **10** (18) : 1857- 7881. DOI : <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n18p%25p>
- Mankoussou M, Mialoundama F, Diamouangan J. 2017. Évaluation économique de quelques niveaux de fertilisation du maïs (*Zea mays* L. variété Espoir) dans la Vallée du Niari, République du Congo. *Journal of Applied Biosciences.*, **111**: 10894-10904. DOI : <https://doi.org/10.4314/jab.v11i1.7>
- Monneveux P. 1989. Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. Journées Scientifiques du Réseau "Biotechnologies végétales" (hal-02774167).
- Saba F, Taonda SJB, Serme I, Bandaogo AA, Sourwena AP, Kabr A.2017. Effets de la microdose sur la production du niébé, du mil et du sorgho en fonction la toposéquence. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(5): 2082-2092. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.12>
- Saïdou A, Kossou D, Acakpo C, Richards P, Kuyper TW. 2012. Effects of farmers' practices of fertilizer application and land use types on subsequent maize yield and nutrient uptake in Central Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6**(1): 363-376. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i1.32>
- Sanon A, Gomgnimbou APK, Sigue H, Coulibaly K, Bambara C A, Sanou W, Fofana S Nacro HB. 2021. Performances économiques et financières de la fertilisation en riziculture pluviale stricte dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **15**(4): 1581-1594. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i4.22>
- Tekalign A T Kebedeb F.2011. Effect of Nitrogenous Fertilizer on the Growth and Yield of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Varieties in Middle Awash, Ethiopia. *Journal of the Drylands*, **4**(1): 248-258. DOI: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:13844866>
- Traoré O, Koulibaly B, Dakuo D. 2007. Effets comparés de deux formes d'engrais sur les rendements et la nutrition minérale en zone cotonnière au Burkina Faso. *Tropicultura*, **25**(4) : 200-203. DOI : <https://www.tropicultura.org/text/v25n4/200.pdf>.