

PERFORMANCES AGROECONOMIQUES DU NPK SUPER GRANULE SUR LA PRODUCTIVITE DE LA TOMATE SOUS IRRIGATION EN ZONE SEMI-ARIDE DU BURKINA FASO

J. OUEDRAOGO^{1*}, A. SAWADOGO², M. B. POUYA¹, M. OUEDRAOGO¹, I. SERME¹

¹Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles. Laboratoire Ressources Naturelles et Innovations Agricoles. 01 BP 476 Ouagadougou 01 Burkina Faso

²Université de Dédougou, BP 176 Dédougou, Burkina Faso

* Auteur de correspondance : Cel. (+226) 70 63 43 60; e-mail: jeanouedraogo84@yahoo.fr

RESUME

La gestion de la fertilisation minérale est devenue un enjeu majeur dans le contexte de flambée des prix des engrais minéraux. Cette étude visait à évaluer l'effet du NPK super granulé sur la productivité et la rentabilité économique de la tomate en zone semi-aride du Burkina Faso. Pour ce faire, un dispositif expérimental en bloc de Fisher a été installé en milieu paysan avec trois répétitions. Cinq traitements combinant les formes super granulées et perlées du NPK et de l'urée ont été comparés. Les paramètres de croissance et de rendement ont été évalués. Le Ratio Valeur sur Coût (RV/C) a été utilisée pour évaluer la rentabilité économique des traitements. Les résultats ont montré que les meilleurs rendements fruits ont été enregistrés par le traitement 5 granules de NPK 16-26-12-4,5 S-0,3Zn + 111 kg/ha urée perlée (33,4 t/ha). Il a augmenté le rendement de la tomate de 15 % à 297 % comparé aux autres traitements. Ce traitement a été également le plus rentable avec un RV/C de 3,49. Le témoin a enregistré les plus faibles rendements fruits (8,38 t/ha). Ces résultats montrent que le placement profond des engrais NPK représente une bonne option pour augmenter les performances agroéconomiques de la tomate.

Mots clés : Placement profond de NPK, Rentabilité économique, tomate, Burkina Faso.

ABSTRACT

AGRO-ECONOMIC PERFORMANCE OF NPK SUPER GRANULE ON IRRIGATED TOMATO PRODUCTIVITY IN THE SEMI-ARID ZONE OF BURKINA FASO

Mineral fertilization management has become a major issue in the context of soaring mineral fertilizer prices. This study was aimed at assessing the effect of super granulated NPK on tomato productivity and economic profitability in the semi-arid zone of Burkina Faso. To achieve this, a Fisher block design with three replications was set up. Five treatments combining super-granulated and pearled forms of NPK and urea were compared. Growth and yield parameters were evaluated. The Value/Cost Ratio (V/CR) was used to assess the economic profitability of the treatments. The results showed that the best fruit yields were recorded by the treatment 5 granules of NPK 16-26-12-4.5 S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (33.4 t/ha). It increased tomato yield by 15% to 297% compared with other treatments. This treatment was also the most profitable, with an V/CR of 3.49. The control recorded the lowest fruit yields (8.38 t/ha). These results show that deep placement of NPK fertilizers is a good option for increasing the agro-economic performance of tomatoes.

Key words: NPK Deep placement, Economic profitability, tomato, Burkina Faso.

INTRODUCTION

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est produite dans plus de 170 pays, avec une production annuelle estimée à 163 963 770 tonnes, soit un rendement moyen de 34,69 t/ha (FAO, 2013). Elle constitue, après la pomme de terre, le deuxième légume frais ou transformé, le plus consommé (FAO, 2020). Les cultures horticoles, dominées par l'oignon, la tomate, le chou, le haricot vert et la pomme de terre, occupent environ 17 % de la production agricole (World Bank, 2015). Au Burkina Faso, la tomate constitue une culture importante pour accroître la résilience et la nutrition des ménages. Elle est la première culture maraîchère la plus importante en milieu rural et l'une des cultures maraîchères cultivées dans tout le pays (Ouedraogo et Tapsoba, 2022). La production nationale de tomate en 2019 s'élevait à 19 539 tonnes (FAO, 2021) ; avec des rendements estimés à 10 861 kg/ha. Toutefois, les données récentes montrent une baisse des rendements de 11,3 t/ha en 2010 à 10,86 t/ha en 2019 (FAO, 2021). Cette baisse est liée à des contraintes biotiques et abiotiques que fait face cette culture. En effet, Bationo et Fening (2018) estiment que la faible fertilité des sols est l'une des principales causes de la chute des rendements des cultures en Afrique Sub-saharienne. Cette situation contraint la majeure partie des exploitants maraichers à l'utilisation des fertilisants minéraux, principalement l'urée et le NPK (Ouedraogo et Tapsoba, 2022). Selon Ouedraogo *et al.*, (2019), les apports d'azote varient de 125 à 654 kg.ha⁻¹ par cycle de production en fonction des cultures ; la tomate faisant partie des cultures, les plus fertilisées. Aussi, les engrais minéraux sont-ils surtout apportés à la volée. Des études antérieures ont cependant montré que cette méthode d'apport peut entraîner des pertes d'environ 70 % de l'azote apporté dans les systèmes irrigués, du fait de sa forte mobilité dans le sol, de sa volatilisation, de la dénitrification et par les eaux

(Yaméogo *et al.*, 2013). Le taux de recouvrement de l'azote est très faible en milieu paysan et ne dépasse pas 30 % (Faye *et al.*, 2020). Dans un contexte international défavorable marqué par la rareté et la flambée des prix des engrais, il est devenu urgent de développer des technologies permettant d'améliorer l'efficacité de l'utilisation des engrais. L'introduction du NPK super granulés s'inscrit dans cette problématique. A l'image de l'urée super granulée qui a augmenté les rendements du riz et sa rentabilité économique (Yaméogo *et al.*, 2013; Faye *et al.*, 2020), cette technologie pourrait induire une augmentation des rendements des cultures à travers l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation des nutriments. Cependant, elle n'a pas encore été testée en culture maraîchère, encore moins avec les solanacées qui sont des cultures très exigeantes en éléments nutritifs. C'est dans ce cadre que la présente étude, dont l'objectif général est de contribuer à l'amélioration de la productivité de la tomate, a été initiée. Plus spécifiquement, il s'est agi (i) d'évaluer l'effet des différents types de fertilisation minérale sur la productivité de la tomate ; (ii) d'évaluer la rentabilité économique de ces types de fertilisation minérale.

MATERIEL ET METHODES

DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE

L'expérimentation a été conduite dans le village de Saria, dont les coordonnées géographiques sont : 12°16' Nord de latitude, 2°9' Ouest de longitude et 300 m d'altitude. Situé à 23 km de Koudougou, ce village est limité à l'Est par le village de Niankadogo (7 km), à l'Ouest par le village de Villy (3 km), au Sud par le village de Godin (2 km) et au Nord par la commune de Nandiala (7 km). Le sol ayant abrité l'expérimentation est du type ferrugineux tropical lessivé induré (Ouedraogo, 2013). Les producteurs y produisent de la tomate et d'autres spéculations à l'aide puits maraichers.

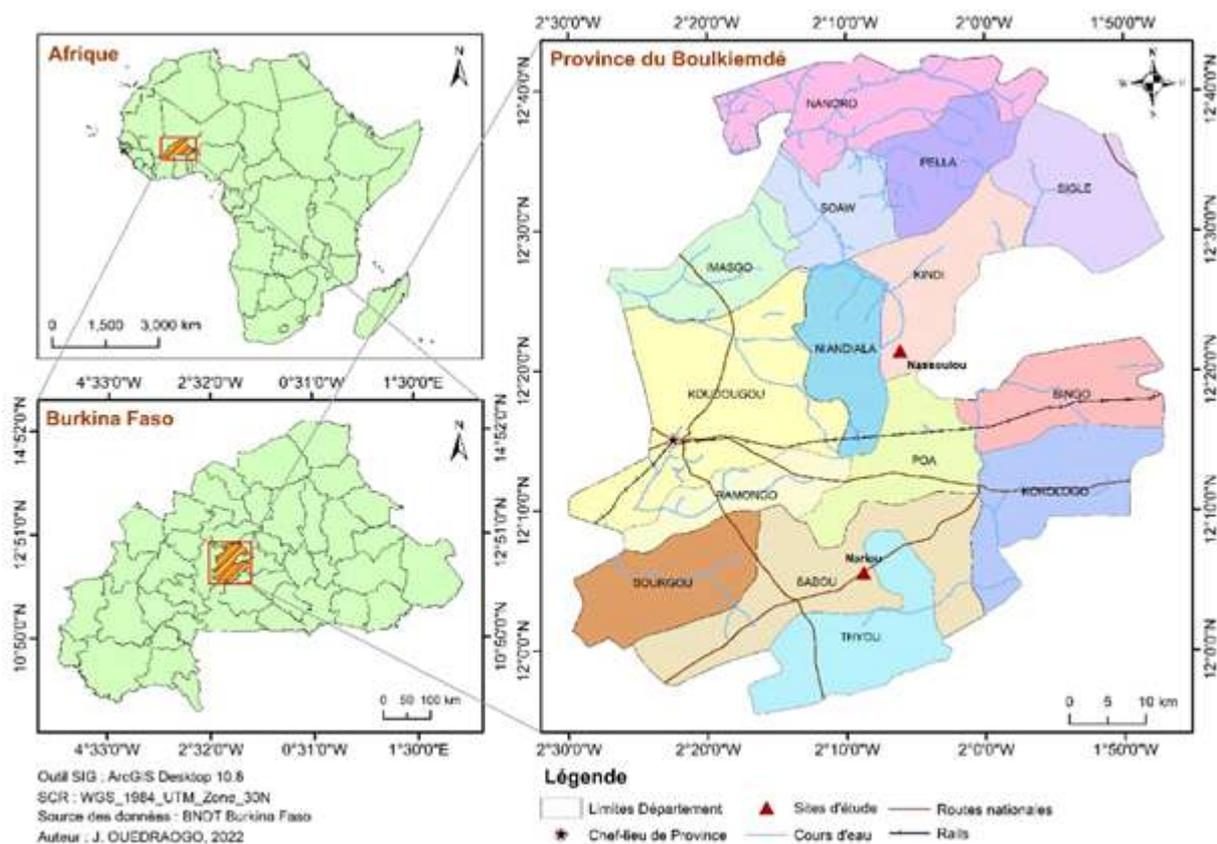


Figure 1 : Localisation du site d'étude.

Location of study site.

FERTILISANTS UTILISES

Les engrais minéraux utilisés sont : les granules de 1,8 g NPK 16-26-12-4,5 S-0,3 Zn, les super granules de 1,8 g d'urée 46 % N, l'urée perlée 46 % N et le KCl (60 %).

MATERIEL VEGETAL

La variété F1 Cobra de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) a été utilisée dans le cadre de cette expérimentation. Elle a un cycle de maturité de 65-70 jours avec un poids moyen du fruit de 80-90 g. Cette variété est adaptée aux conditions climatiques de la zone d'étude et peut être cultivée en toute période de l'année.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Un dispositif en bloc complètement randomisé avec trois répétitions a été utilisé. Les différents traitements comparés étaient :

T1 : Témoin absolu

T2 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %)

T3 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %)

T4 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)

T5 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)

CONDUITE DE L'ESSAI

L'essai a été conduit en campagne sèche. Les parcelles ont été préparées en effectuant un labour à traction bovine, suivi d'un nivellement et d'un ameublissement des mottes de terre pour obtenir un lit de semis adéquat. Le repiquage manuel des plants de tomate a été réalisé avec un espacement de 80 cm x 40 cm, à l'aide de plants de 21 jours. Les sarclages manuels ont été effectués à la demande. Les apports d'engrais

ont été ciblés et réalisés au niveau du pied de chaque plante selon les traitements. Le KCl a été apporté en une seule fraction, 10 jours après le repiquage. Les granules de NPK ont été divisés en deux fractions : 3 granules à 10 jours après le repiquage, puis 2 granules à 30 jours après le repiquage. L'urée perlée a été apportée en deux fractions également : la moitié à 30 jours après le repiquage, et l'autre moitié à 50 jours après le repiquage. En ce qui concerne les granules d'urée, les 2 granules ont été apportées à 30 jours après le repiquage. L'irrigation des parcelles a été effectuée tous les deux jours, à l'aide d'arroseurs. Un traitement phytosanitaire à base de Lambda-cyhalothrin, à la dose de 400 ml/ha, a été appliqué après l'apparition des premiers fruits pour contrôler les attaques de chenilles. Les récoltes ont débuté lorsque les 2/3 de la parcelle ont atteint leur maturité physiologique et ont été réalisées tous les deux jours.

PARAMETRES MESURES

Les paramètres agromorphologiques tels que le diamètre au collet, la hauteur des plants de tomates, le nombre de fruits par plant et le rendement fruits ont été collectés. La hauteur des plants a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban depuis le collet jusqu'à l'extrémité du bourgeon terminal sur cinq (05) plants choisis de manière aléatoire par parcelle élémentaire. Le diamètre au collet a été mesuré sur les mêmes plants que ceux servant à la hauteur, à l'aide d'un pied à coulisse à un (01) centimètre du sol. Toutes les mesures ont été effectuées à 20, 30, et 40 jours après repiquage (JAR). Pour le nombre de fruits par plant, le poids de fruits par récolte et le rendement, il s'est agi de compter le nombre de fruits de 5 plants par ligne et peser à chaque récolte. Le rendement a été obtenu en extrapolant le poids moyen des fruits par pied à l'hectare suivant la formule ci-dessous.

$$\text{Rendement (kg/ha)} = \frac{\text{Poids fruits (g/pied)} * 31250}{1000}$$

Avec 31250 : nombre de pied/ha et 1/1000 le facteur de conversion en kg.

GAIN DE RENDEMENT

Le gain de rendement correspond au gain

additionnel de rendements dû à un fertilisant par rapport au témoin absolu. Elle a été déterminée comme suit :

$$\text{Gain de rendement (\%)} = \frac{R_i - R_0}{R_0}$$

Avec R_i : Rendement du traitement i ; R_0 : Rendement du traitement témoin

RENTABILITE ECONOMIQUE

Un ratio valeur sur coût (RV/C) a été calculé pour identifier le meilleur traitement facilement

adoptable par les producteurs. C'est le rapport entre le gain monétaire brut et les coûts totaux des fertilisants calculés suivant la formule de Delville (1996).

$$\text{Ratio Valeur sur Coût} = \frac{X - Y}{Z}$$

Où X : Bénéfice net du traitement (FCFA/ha) ; Y : Bénéfice net du témoin absolu (FCFA/ha) et Z = Coûts variables Totaux.

Ainsi, une technologie ne peut être facilement adoptée que si la valeur du RV/C est égale ou supérieure à 2. L'adoption se fait avec réticence si cette valeur est entre 1,5 et 2 et en dessous de 1,5 il y a rejet (Delville, 1996).

RETOUR SUR INVESTISSEMENT (RSI)

Pour l'évaluation des bénéfices, les charges suivantes ont été prises en considération : l'achat des fertilisants, les frais liés au transport et à

l'enfouissement dans le sol, l'achat de pesticides, l'achat des semences, les opérations culturales et la récolte des fruits de tomate. La main d'œuvre a été évaluée en coût d'opportunité (Crawford et Kamuanga, 1987). Le prix moyen

du kg de tomate au champ est d'environ 200 F CFA. Le retour sur investissement permet de voir si les bénéfices obtenus après la vente de la tomate ont permis de combler les dépenses faites au cours de la production. Il est calculé à l'aide de l'équation suivante.

$$\text{Retour Sur Investissement (\%)} = \frac{X - Z}{Z}$$

Où X : Bénéfice net (FCFA) et Z : Coût variables Totaux (FCFA).

TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Les données collectées ont été saisies avec le tableur Excel version 2019 puis soumises à une analyse de variance au seuil de 5%, à l'aide du logiciel statistique GenStat 12e édition. Le test de Student Newman-Keuls a été utilisé pour séparer les moyennes lorsque les différences étaient significatives. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a servi à sélectionner les différents traitements fertilisants pour lesquels les plants ont eu les meilleures caractéristiques agromorphologiques.

RESULTATS

EFFET DES TRAITEMENTS SUR LA HAUTEUR DE LA PLANTE DE TOMATE

Les résultats présentés sur la figure 2 montrent

la variation de la hauteur moyenne des plantes en fonction du traitement. L'analyse de cette figure révèle que l'apport d'engrais a entraîné une meilleure croissance en hauteur des plantes par rapport au témoin absolu (T1). La plus grande hauteur moyenne (57,7 cm) a été obtenue avec le traitement T3 (5 granules de NPK 16-26-12-4,5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %)). Ce traitement a augmenté la hauteur de la tomate de 9 % par rapport au témoin absolu au 40^{ème} JAR. Il est suivi respectivement de T2 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %)) avec une hauteur moyenne de 57,2 cm et du traitement T5 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) avec 56,8 cm de hauteur moyenne. Toutefois l'analyse de la variance a montré que les traitements n'ont pas eu un effet significatif sur cette variable

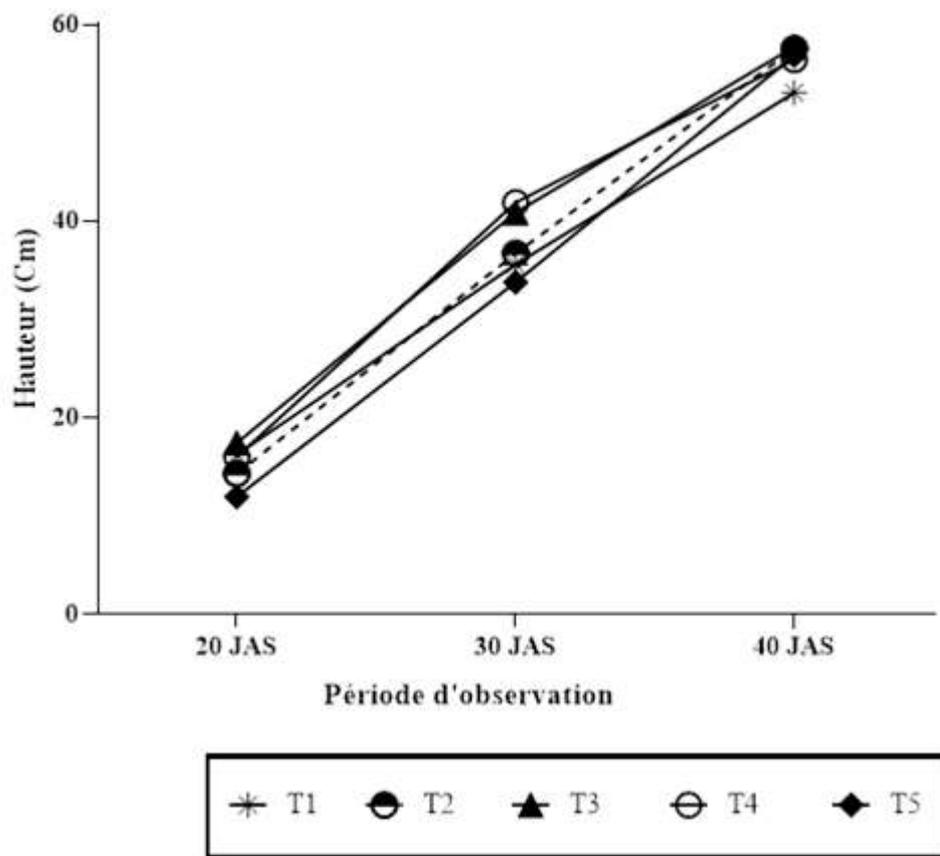


Figure 2 : Evolution de la hauteur de la plante de tomate en fonction des traitements.

Evolution of tomato plant height according to treatments.

NB : T1 : Témoin absolu ; T2 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) ; T3 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) ; T4 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %) ; T5 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %) ; JAR : Jours Après Repiquage.

NB: T1: Absolute control; T2: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%); T3: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%); T4: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%); T5: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%); JAR: Days After Transplanting.

EFFET DES TRAITEMENTS SUR LE DIAMETRE DE LA PLANTE DE TOMATE

Le figure 3 présente l'évolution du diamètre de la tige principale du plant de la tomate selon la fertilisation minérale. Les résultats indiquent que l'apport d'engrais a permis d'améliorer la croissance en diamètre de la tige de la tomate par rapport au témoin. Les diamètres moyens maximum sont de 1,21 cm pour les plants du

traitement T4 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) ; 1,17 cm pour les plants du traitement T2 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %)) et de 1,16 cm pour les plants du traitement T5 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) au 40^{ème} JAR. L'analyse de variance a montré des différences non significatives selon les dates de suivi entre les traitements.

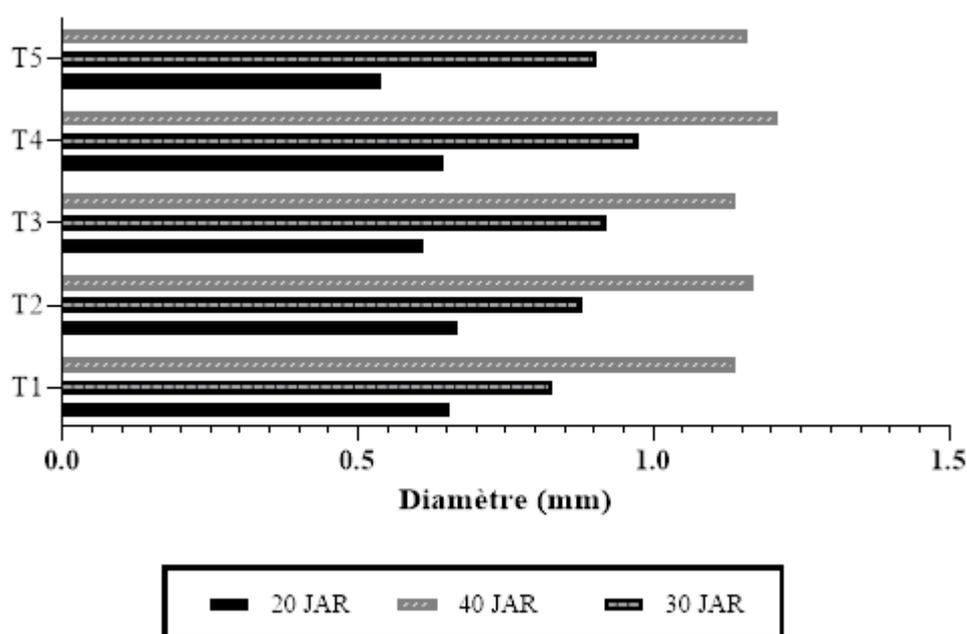


Figure 3 : Evolution du diamètre de la tige principale des plantes en fonction des traitements.

Changes in main stem diameter according to treatments.

NB : T1 : Témoin absolu ; T2 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) ; T3 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) ; T4 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %) ; T5 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %) ; JAR : Jours Après Repiquage.

NB: T1: Absolute control; T2: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%); T3: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%); T4: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%); T5: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%); JAR: Days After Transplanting.

EFFET DES TRAITEMENTS SUR LE RENDEMENT DE LA TOMATE

Les résultats du tableau 1 ont montré que tous les traitements ont amélioré le nombre de fruit par plant par rapport au témoin. Le nombre moyen de fruit le plus élevé (18,6) a été obtenu avec le traitement T4 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)), suivi du traitement T5 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) avec 14,77 fruits. Le traitement T4 a induit une augmentation de 151 % du nombre de fruits par rapport au témoin absolu. L'analyse statistique des résultats a révélé une différence hautement significative entre les traitements.

Les résultats ont montré que tous les traitements ayant reçu de l'engrais ont un rendement en fruits qui ne diffèrent pas statistiquement entre eux ; mais ces traitements diffèrent du témoin. Le meilleur rendement fruit a été obtenu avec le traitement T4 (33,24 t/ha). Le traitement témoin est celui ayant présenté le plus faible rendement fruit avec 8,38 t/ha (Tableau 1). Le gain de rendement engendré par l'utilisation des fertilisants a varié entre 86,9 % avec le traitement T2 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %)) à 198,3 % avec le traitement 4 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) par rapport au témoin absolu (Tableau 1).

Tableau 1 : Effets des fertilisants sur le nombre de fruits par plante, le rendement et le gain de rendement.*Effects of fertilizers on the number of fruits per plant, yield and yield gain.*

Traitements	Nombre de fruits par plante	Rendement fruits (t/ha)	Gain de rendement (%)
T1	7,43 ^c	8,38 ^b	-
T2	10,37 ^{bc}	19,66 ^{ab}	86,9 ^b
T3	10,93 ^{bc}	28,78 ^{ab}	128,1 ^b
T4	18,6 ^a	33,24 ^a	198,3 ^a
T5	14,77 ^{ab}	24,96 ^{ab}	92,1 ^b
CV (%)	8,2	17,3	56
Probabilité	0,002	0,05	0,008
Significativité	HS	S	HS

NB : Les valeurs affectées des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité.

HS : Hautement Significatif ; S : Significatif ; CV : Coefficient de Variation ; T1 : Témoin absolu ; T2 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) ; T3 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) ; T4 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %) ; T5 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)

NB: Values with the same letters in the same column are not significantly different at the 5% probability level. HS: Highly Significant; S: Significant; CV: Coefficient of Variation; T1: Absolute control; T2: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha of pearl urea (46%); T3: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%); T4: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%); T5: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%)

REPARTITION DES FERTILISANTS EN FONCTION DES PARAMETRES AGROMORPHOLOGIQUES

Une sélection des traitements fertilisants étudiés a été réalisée grâce à une Analyse en Composantes Principales (ACP), en se basant sur les paramètres de croissance et de production des plants (Figure 4). Les axes 1 et 2 ont servi à caractériser les traitements évalués en termes de paramètres agromorphologiques. Ces axes ont contribué à hauteur de 85,69 % à la variation observée. Le diamètre des fruits et les paramètres de rendement tels que le nombre et le poids moyen des fruits ainsi que le rendement global ont été fortement corrélés de manière positive avec l'axe 1. Par conséquent, l'axe 1 a permis de regrouper les traitements

fertilisants en trois ensembles homogènes. Les traitements T4 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) et T5 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)), qui se sont distingués par des croissances végétatives et des rendements supérieurs, forment le premier groupe (A). Le deuxième groupe est constitué des traitements T2 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %)) et T3 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %)), caractérisés par une meilleure croissance en hauteur et une production intermédiaire (B). Enfin, le témoin sans fertilisant T1 (témoin absolu) forme le dernier groupe, avec les paramètres agromorphologiques les plus faibles (C).

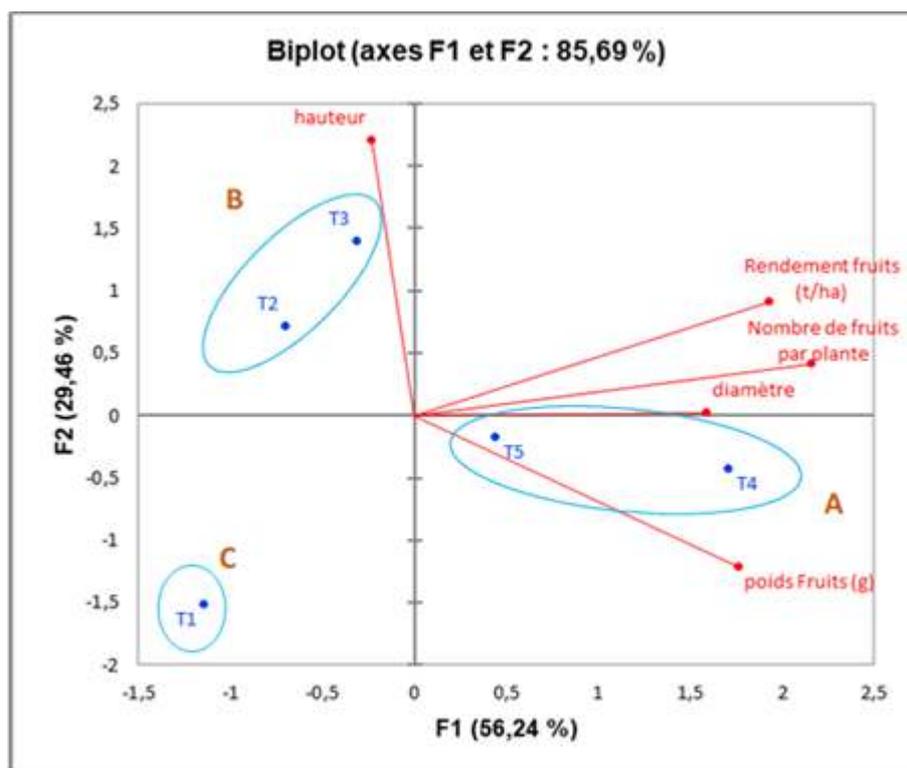


Figure 4 : Répartition des fertilisants en fonction des paramètres agromorphologiques selon l'axe 1 et 2 d'une Analyse en Composantes Principales.

Distribution of fertilizers as a function of agromorphological parameters according to axis 1 and 2 of a Principal Component Analysis.

NB : T1 : Témoin absolu ; T2 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) ; T3 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) ; T4 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %) ; T5 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %).

NB: T1: Absolute control; T2: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%); T3: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%); T4: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%); T5: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%).

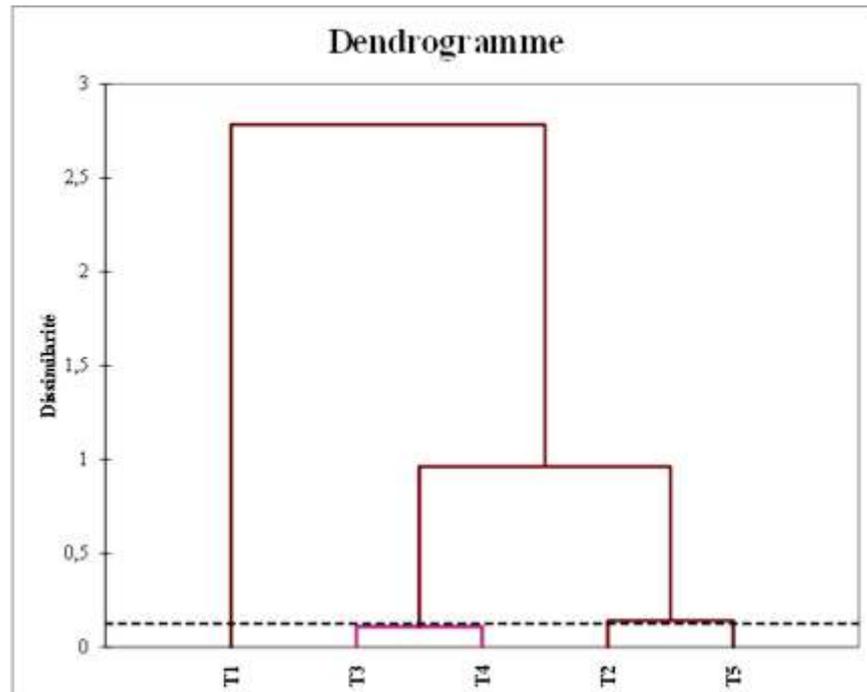


Figure 5 : Partition des traitements fertilisants de tomate selon leur rentabilité financière.

Distribution of tomato fertilizer treatments according to financial profitability.

NB : T1 : Témoin absolu ; T2 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) ; T3 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) ; T4 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %) ; T5 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %).

NB: T1: Absolute control; T2: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha of pearl urea (46%); T3: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%); T4: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%); T5: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%).

EVALUATION DE LA PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TRAITEMENTS

Les données relatives aux coûts variables et aux résultats de la rentabilité économique de l'étude sont consignées dans les tableaux 2 et 3. Les résultats de l'analyse de la valeur ajoutée, présentés dans le tableau 3 révèlent que les traitements T4 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) et T3 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %)) ont engendré un effet bénéfique, car les gains de production qu'ils ont engendré couvrent les dépenses liées à la culture de tomates. Les bénéfices nets s'élèvent respectivement à 5 331 680 FCFA et 4 503 640 FCFA. Le traitement témoin, quant à lui, a généré la marge

bénéficiaire la plus basse (738 500 FCFA). La classification hiérarchique des traitements en fonction de leur rentabilité financière, réalisée à l'aide d'un dendrogramme, a permis de distinguer quatre catégories. Le premier groupe comprend les traitements T3 et T4 qui ont montré les meilleures rentabilités financières avec des ratios valeur sur coût de 3,01 et 3,49, respectivement. La deuxième et la troisième classe sont représentées respectivement par le traitement T5 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) et T2 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %)), affichant une rentabilité intermédiaire à très faible. Enfin, le traitement témoin absolu (T1) forme le dernier groupe (0,60) traduisant un investissement à perte.

Tableau 2 : Coût des variables (FCFA) de 1 hectare de tomate selon les traitements.*Variable costs (FCFA) for 1 hectare of tomato, by treatment.*

Traitements	Coûts des intrants (FCFA)					Charges Totales (FCFA)
	Urée 46 % N	USG	SG-NPK	KCl	Coût d'application	
T1	-	-	-	-	-	937 500
T2	57 460	-	191 360	-	40 000	1 226 320
T3	-	63 500	191 360	-	60 000	1 252 360
T4	57 460	-	191 360	80 000	50 000	1 316 320
T5	-	63 500	191 360	80 000	70 000	1 342 360

NB : T1 : Témoin absolu ; T2 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) ; T3 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) ; T4 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %) ; T5 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %). USG ? SG-NPK ?

NB: T1: Absolute control; T2: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%); T3: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%); T4: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%); T5: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%).

Tableau 3 : Analyse économique de 1 ha de tomate selon les traitements.*Economic analysis of 1 ha of tomato according to treatments.*

Traitement	Charges variables (FCFA)	Rendement (kg/ha)	Revenu brut (FCFA)	Bénéfice Brut (FCFA)	RV/C	RSI
T1	937500	8 380	1 676 000	738 500	0	-0,21
T2	1 226 320	19 660	3 932 000	2 705 680	1,60	1,21
T3	1 252 360	28 780	5 756 000	4 503 640	3,01	2,60
T4	1 316 320	33 240	6 648 000	5 331 680	3,49	3,05
T5	1 342 360	24 960	4 992 000	3 649 640	2,17	1,72

NB : T1 : Témoin absolu ; T2 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) ; T3 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) ; T4 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %) ; T5 : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %). RV/C ? RSI ?

NB: T1: Absolute control; T2: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%); T3: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%); T4: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha pearl urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%); T5: 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules of urea (46%) + 37 kg/ha KCl (60%).

DISCUSSION

Les résultats ont montré que la hauteur moyenne de la tomate a varié entre 53,04 cm et 57,7 cm. Cette hauteur est proche du potentiel génétique de la plante. En effet, selon Marques et Moreau (2007), les plantes de tomate à croissance déterminée ne peuvent dépasser une hauteur de 60 à 80 cm selon les variétés et les conditions du milieu. Les granules n'ont pas eu d'effet significatif sur la hauteur et le diamètre de la plante de tomate. Des résultats similaires ont été obtenus par Faye *et al.*, (2020) qui n'ont également pas obtenus des effets significatifs sur la biomasse du riz lorsque les briquettes d'engrais sont utilisées.

Le rendement fruit a été sensible à l'application des nutriments mais l'ampleur de la réponse variait avec la forme. Le meilleur rendement a été enregistré par le traitement T4 (5 granules de NPK + 111 kg d'urée perlée + 36 kg KCl) avec un gain de rendement par rapport au témoin (198,3 %). L'accroissement des rendements observé pourrait s'expliquer par l'amélioration du statut nutritionnel du sol par la technologie de placement profond de briquettes multi nutriments qui s'est traduit par une amélioration du nombre de fruits. En effet, l'application d'engrais NPK dans des proportions appropriées et au bon moment a un impact significatif sur le rendement (Salim et Raza, 2019). Pandit *et al.* (2022) ont observé une réponse de la tomate à l'application de doses croissantes d'azote. Akter

et al. (2015) ont conclu qu'une disponibilité adéquate d'azote augmente le rendement commercialisable des légumes. Or, le placement profond des granules de NPK qui se traduit par une solubilisation lente améliore la synchronisation entre la disponibilité des nutriments dans la zone racinaire et les besoins de la plante (Cobo *et al.*, 2002 ; Lu *et al.*, 2018). Aussi, le placement profond des briquettes de NPK permet-il de réduire les pertes environnementales des éléments nutritifs par lixiviation, volatilisation et surtout limité la fixation du phosphore assimilable par les oxydes de fer et d'aluminium (Gaihre *et al.*, 2016 ; Liu *et al.*, 2020 ; Sarker *et al.*, 2021 ; Ebbisa, 2022). Ainsi, on enregistre une amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote et du phosphore grâce aux briquettes de NPK, outre l'amélioration faite par l'application du KCl. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Choudhury *et al.* (2015) sur le concombre ; Akter *et al.* (2015) sur la courge amère. Les faibles rendements observés sur le témoin sont sans doute liés à la faible fertilité des sols (Ouedraogo, 2013).

Le bénéfice net le plus important a été obtenu avec le traitement T4 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) suivi de T3 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %)) avec un retour sur investissement respectif de 3,05 et 2,60 et un RV/C supérieur à 2. Selon la FAO/IFA (2000), le RV/C doit être au moins égal à 2 pour permettre aux producteurs de couvrir les frais directs liés à l'utilisation des fertilisants. Des résultats similaires ont été obtenus par Miah *et al.* (2016) et Sarker *et al.* (2021). Ces résultats s'expliqueraient par le fait que les charges supplémentaires d'achat des engrais minéraux sont compensées par les augmentations de rendements (Faye *et al.*, 2020) liées à une efficacité d'assimilation des éléments nutritifs.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets du NPK super granulés sur la performance agroéconomique de la tomate en saison sèche. Les résultats de cette étude indiquent que les différentes modalités de fertilisation ont exercé un effet significatif ($P < 0,05$) sur les rendements fruits. Le traitement T4 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) a permis d'obtenir le

meilleur rendement (33,24 tonnes/ha), entraînant ainsi une augmentation du rendement de 198,3 % par rapport au témoin. Les performances économiques les plus remarquables ont été observées avec les traitements T4 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) + 37 kg/ha KCl (60 %)) et T3 (5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 2 granules d'urée (46 %)), présentant des retours sur investissement supérieurs à 1. Au vu des résultats obtenus, il est envisageable de recommander l'utilisation d'une fertilisation composée de 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0,3Zn, accompagnée d'une dose de 111 kg/ha d'urée perlée (46 %) et de 37 kg/ha de KCl (60 %), afin d'améliorer la productivité et la rentabilité économique de la tomate en saison sèche au Burkina Faso.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article remercient Monsieur Arouna ZONGO et sa famille, pour leur précieux appui depuis les travaux de mise en place de l'essai jusqu'aux récoltes.

REFERENCES

- Akter H., Tarafder S., Huda A. and A. Mahmud. 2015. Effect of Prilled Urea, Urea and NPK Briquettes on the Yield of Bitter Gourd in Two Upazillas of Jessore District. *J. Environ. Sci. Nat. Resour.* 8 (1): 157-160. DOI:10.3329/jesnr.v8i1.24691
- Bationo A. et J. O. Fening. 2018. Soil Organic Carbon and Proper Fertilizer Recommendation. In Bationo A., Ngaradoum D., Youl S., Lompo F., et J. O. Fening (eds.). *Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients Through Site Specific Fertilizers Recommendation in West Africa*. Agro-Ecosystems, Volume 1 : Springer, pp. 1-10.
- Choudhury A. K., Sarker J. U. and H. Rashid. 2015. Response of Vegetables to NPK Briquette Deep Placement. *Kasetsart J. Nat. Sci.* 11: 1-11.
- Crawford E. et M. Kamuanga. 1987. L'analyse économique des essais agronomiques pour la formulation des recommandations aux paysans. Michigan State University & Michigan (eds.). Department of Agricultural Economics, Michigan State University, East Lansing, Michigan 1188211-1039 U.S.A.

- Delville P. L. 1996. Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel. Diagnostic et conseil aux paysans. Collection Le PONT SUR, Coopération française, CTA, GRET, France, 397 p.
- Ebbisa A. 2022. Toward the Recent Advances in Nutrient Use Efficiency (NUE): Strategies to Improve Phosphorus Availability to Plants. In Meena V. S., Choudhary M., Yadav R. P. and S. K. Meena (Eds). Sustainable Crop Production - Recent Advances. IntechOpen : pp. 225-240.
- FAO. 2020. The State of Food and Agriculture: Overcoming Water Challenges in Agriculture. <http://www.fao.org/3/cb1447en/CB1447EN.pdf>
- FAO. 2021. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook. <https://doi.org/10.4060/cb4477en>
- FAO/IFA, 2000. Fertilizers and their use - A pocket guide for extension officers. Fourth edition. FAO, Rome. 34 p.
- Faye B., Sow S., Fall M. D. et B. Wade. 2020. Les Performances Agro-Economiques De L'urée Super Granulé?: Cas Du Riz Au Sénégal. Eur. Sci. J. 16 (13): 364-383. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n13p364>
- Kanda M., Akpavi S., Wala K., Djaneye-Boundjou G. et K. Akpagana. 2014. Diversité des espèces cultivées et contraintes à la production en agriculture maraîchère au Togo. Int. J. Biol. Chem. Sci. 8 (1): 115-127. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i1.11>
- Liu T. Q., Li S. H., Guo L. G., Cao C. G., Li C. F., Zhai Z. B., Zhou J. Y., Mei Y. M. and H. J. Ke. 2020. Advantages of nitrogen fertilizer deep placement in greenhouse gas emissions and net ecosystem economic benefits from no-tillage paddy fields. J. Clean. 263: 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121322>
- Lu D., Jiang S., Chen X., Wang H. and J. Zhou. 2018. Wheat Growth as Affected by Combinations of Phosphate Dose and Patch Size. Agron. J. 110 (2): 1-8. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.05.0267>
- Marques A. et M. Moreau. 2007. La tomate sous abri. BTSA PC 2005- 2007, 3 p.
- Miah M. A. M., Gaihre Y. K., Hunter G., Singh U. and S. A. Hossain. 2016. Fertilizer deep placement increases rice production: Evidence from farmers' fields in southern Bangladesh. Ag Agron. J. 108 (2): 805-812. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0170>
- Ouédraogo A. R. 2013. Détermination des options de fertilisation organo-minérale et densité de semis pour une intensification de la production du sorgho dans le plateau central du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de Master en science du sol ; option : Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 54 p.
- Ouédraogo F. et P. K. Tapsoba. 2022. Diversity of market gardening farms in western Burkina Faso. Nexus between production environment, farm size, financial performance and environmental issues. Heliyon 8: e12408. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12408>
- Ouédraogo R. A., Kambiré F. C., Kestemont M.-P. et C. L. Biolders. 2019. Caractériser la diversité des exploitations maraîchères de la région de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso pour faciliter leur transition agroécologique. Cah. Agric. 28 (20): 1-9
- Pandit N. R., Choudhary D., Maharjan S., Dhakal K., Vista S. P. and Y. K. Gaihre. 2022. Optimum Rate and Deep Placement of Nitrogen Fertilizer Improves Nitrogen Use Efficiency and Tomato Yield in Nepal. Soil Syst. 6: 72. <https://doi.org/10.3390/soilsystems6030072>
- Salim N. and A. Raza. 2019. Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production?: a review. J. Plant Nutr. 43(2): 297-315. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1676907>
- Sarker A.B.S., Mridha A.J. and M.A. Mazid Miah. 2021. Deep placement of NPK briquette in rice: environment friendly technology for sustainable rice production. Bangladesh Agron. J. 24 (2): 127-136.
- World Bank. 2015. Rapport thématique sur les filières en agriculture irriguée au sahel Initiative pour l'Irrigation au Sahel - Lead Analytical Consultant Services de consultation pour la Banque Mondiale. 71 p.
- Yaméogo P. L., Traoré M., Segda Z., Mando A., Dakouo D. et M. P. Sedogo. 2013. Placement profond de l'urée (PPU) et amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote en riziculture irriguée dans le périmètre rizicole de Karfiguela au Burkina Faso. J. Appl. Biosci. 70:5523- 5530, <https://doi.org/10.4314/jab.v70i1.98749>