

Effet du placement profond du NPK super granulé sur la productivité de la tomate sous irrigation et l'efficacité d'utilisation des nutriments en zone semi-aride du Burkina Faso.

**OUEDRAOGO Jean^{1*}, SAWADOGO Achille¹,
POUYA Mathias Bouinzemwendé¹,
OUEDRAOGO Moctar¹, SERME Idriss¹**

Titre courant : Placement profond de l'engrais en production de tomate

Résumé

La faible fertilité inhérente des sols, la cherté des intrants combinée à leur mauvaise gestion limitent la productivité de la tomate au Burkina Faso. La présente étude avait pour objectif d'évaluer l'effet du NPK super granulé sur la productivité 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 de NPK et d'urée, la forme perlée d'urée et le chlorure de potassium ont été comparés. Les paramètres agromorphologiques et l'efficacité agronomique des nutriments ont été évalués. Les résultats indiquent que le traitement 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg.ha⁻¹ de perlurée (46%) + 37 kg.ha⁻¹ KCl (60%) a enregistré le poids fruit le plus élevé (39,27 g) et le meilleur rendement en fruits (18,30 t/ha) soit un gain de rendement de 37,21% par rapport au témoin. Toutefois, il n'existe pas de différences significatives ($P > 0,05$) entre les traitements concernant l'efficacité d'utilisation des nutriments. Ces résultats montrent que le placement profond des engrais NPK améliore la productivité de la tomate mais nécessiterait une intégration de la matière organique pour une gestion durable de systèmes de culture.

Mots clés : Efficacité agronomique ; Placement profond de NPK ; tomate ; Burkina Faso.

¹ Centre 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

* Auteur de correspondance : jeanouedraogo84@yahoo.fr

Effect of deep placement of NPK supergranule on irrigated tomato productivity and nutrient use efficiency in the semi-arid zone of Burkina Faso.

Abstract

Inherent low soil fertility, high input costs and poor input management limit tomato productivity in Burkina Faso. This study aimed at assessing the effect of NPK supergranule on tomato productivity in the semi-arid zone of Burkina Faso. To this end, a Fisher block design was carried out in farmer field with three replications. Five treatments combining the super-granulated forms of NPK and urea, the pearl form of urea and potassium chloride were compared. The agromorphological parameters and agronomic efficiency of the nutrients were assessed. The results indicate that the treatment with 5 granules of NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg.ha⁻¹ of perlurea (46%) + 37 kg.ha⁻¹ KCl (60%) recorded the highest fruit weight (39.27 g) and the highest fruit yield (18.30 t/ha). It increased tomato yield by 37.21% over the control. However, there were no significant differences ($P > 0.05$) between the treatments in terms of nutrient use efficiency. These results show that deep placement of NPK fertilizers improves tomato productivity but would require integration of organic matter for sustainable management of cropping systems.

Key words: Agronomic efficiency; NPK deep placement; tomato; Burkina Faso.

Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) est l'une des plus importantes cultures maraîchères au niveau mondial. Au Burkina Faso, sa culture constitue une activité lucrative pour de nombreux producteurs (OUEDRAOGO *et al.*, 2019) ; et permet d'accroître la résilience et la nutrition des ménages. Elle est la deuxième culture maraîchère la plus importante après l'oignon (SON *et al.*, 2017) ; et l'une des spéculations cultivées dans tout le pays (OUEDRAOGO *et al.*, 2019). Cependant, son offre se trouve limitée par le faible rendement obtenu en production dont plusieurs facteurs biotiques et abiotiques sont à la base. Les études récentes de la FAO montrent une baisse des rendements de 11,3 t/ha en 2010 et de 10,861 t/ha en 2019 (FAO, 2020). Parmi les facteurs responsables de cette recrudescence, on note la pénurie croissante de terres cultivables, la dégradation progressive des surfaces cultivées et surtout la faible fertilité initiale des sols, la cherté des engrais minéraux corrélée à leur application inadéquate. Une étude menée par OUEDRAOGO *et al.* (2019) montre que les apports d'azote par les producteurs varient de 125 à 654 kg N ha⁻¹ par cycle de production. Pourtant, selon D'ARONDEL de HAYES et TRAORE (1990) (1990),

la dose nécessaire pour les légumes en zone soudano-sahélienne varie de 70 à 140 kg N ha⁻¹ selon les cultures. Cet excès d'apport d'azote est préjudiciable à la qualité des eaux souterraines et des cours d'eau et pourrait entraîner des déséquilibres alimentaires pour les consommateurs de légumes feuilles. Cependant, dans un environnement de plus en plus mondialisé et changeant sur le plan climatique, le défi majeur auquel est confronté le Burkina Faso est d'assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle pour une population en forte croissance (2,8%) tout en préservant durablement ses ressources naturelles (TAPSOBA, 2022). Face à cette situation, de plus en plus d'initiatives de fertilisation émergent afin de promouvoir des technologies agricoles plus productives, respectueuses de la santé humaine et de l'environnement. Le placement profond des engrais super granulé figure parmi ces technologies. Cette technologie employée avec l'urée a permis d'enregistrer des augmentations d'efficacités agronomiques de l'azote allant de 12 à 30 % (BANDAOGO et al., 2015; 2016), et d'augmenter le rendement paddy de plus de 21% (BANDAOGO et al., 2016 ; SHARNA et al., 2021 ; DHAKAL et al., 2020) en production rizicole. Employée avec le NPK super granulés elle a permis d'améliorer le rendement paddy de 12,66% et l'absorption du phosphore de 202,6% par rapport à la pratique du producteur (SAWADOGO, 2023). Cependant, la synthèse bibliographique révèle que peu d'études se sont intéressées à l'effet de cette technologie en culture maraîchère encore moins avec les solanacées qui sont des cultures très exigeantes en éléments nutritifs ; pourtant, elle pourrait induire une augmentation des rendements des cultures maraîchères à travers l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation des nutriments et la réduction des quantités apportées. La présente étude vise à évaluer l'effet de la technologie du placement profond de l'engrais NPK sur la productivité de la tomate en culture maraîchère. Spécifiquement, il s'agit :

- ✓ d'évaluer l'effet du placement profond de NPK super granulé sur les paramètres agromorphologiques de la tomate ;
- ✓ d'évaluer l'effet du placement profond de de NPK super granulé sur l'efficacité d'utilisation des nutriments.

I. Matériel et méthodes

I.1. Description du site d'étude

I.1.1. Localisation du site

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 300m 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.

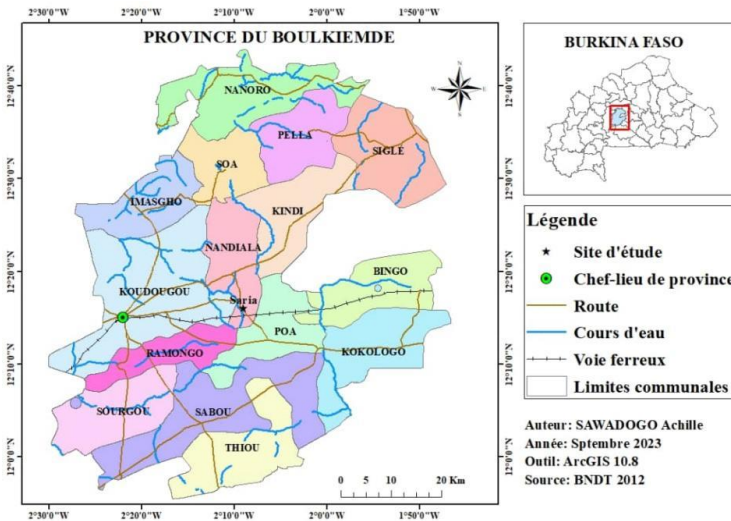


Figure 1 : Localisation du site d'étude.

I.1.2. Le climat

Le climat de Saria est de type Nord-Soudanien. Il est caractérisé par une alternance de saison pluvieuse (Juin à Octobre) et d'une saison sèche (Novembre à Mai). Le régime éolien est caractérisé par la mousson de direction Sud-Ouest, responsable des pluies et de l'harmattan, vent sec continental qui souffle pendant la saison sèche. La moyenne pluviométrique des dix dernières années est de 859,6 mm. Toutefois, la zone de Saria fait souvent face à des déficits hydriques causés par l'irrégularité de la répartition spatio-temporelle des précipitations. Les températures moyennes annuelles de Saria sont de l'ordre de 28°C. Les

mois de décembre et janvier sont les plus froids avec 12°C en moyenne. Des températures de l'ordre de 40°C sont enregistrées en mars et avril. L'amplitude thermique journalière fluctue entre 5 et 12°C selon la période de l'année. On enregistre en saison pluvieuse des températures modérées d'environ 25° à 35°C. En 2021, la pluviométrie de la zone au cours de la période d'avril à octobre a été de 756,8 mm d'eau répartie en 66 jours de pluie.

I.2. Les fertilisants utilisés

Les engrais minéraux utilisés sont :

- ✓ Les super granules de NPK 16-26-12-4,5 S-0,3 Zn ;
- ✓ Les super granules de d'urée 46%N ;
- ✓ L'Urée perlée 46%N.
- ✓ Le KCl (60%)

I.3. Matériel végétal

La variété F1 Cobra de tomate (*Lycopersicon esculentum*. Mill) 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.

I.4. Dispositif expérimental

Un dispositif en bloc complètement randomisé avec trois répétitions et cinq traitements a été utilisé. Chaque traitement constitue une ligne de 6 m, distantes entre elles de 0,8 m. la superficie de chaque ligne est de 4,6 m². Les différents traitements sont :

- **T1** : Témoin absolu
- **T2** : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn (soit 281 kg.ha⁻¹) + 111 kg.ha⁻¹ d'urée perlée (46%)
- **T3** : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn (soit 281 kg.ha⁻¹) + 2 granules d'urée (46%) (soit 112,5 kg.ha⁻¹)
- **T4** : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn (soit 281 kg.ha⁻¹) + 111 kg.ha⁻¹ d'urée perlée (46%) + 37 kg.ha⁻¹ KCl (60%)
- **T5** : 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn (soit 281 kg.ha⁻¹) + 2 granules d'urée (46%) (soit 112,5 kg.ha⁻¹) + 37 kg.ha⁻¹ KCl (60%)



Figure 2 : Fertilisants utilisés : super granules de NPK (a), super granules d'urée (b), urée perlée (c), chlorure de potassium (d)

Tableau I : Récapitulatif des quantités de fertilisants (g/parcelle élémentaire), de nutriments N, P et K ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) apportés traitement.

Traitements	Quantité/parcelle (g)				Dose des nutriments ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)		
	Urée super Granule	Perlurée	NPK Super Granule	Kcl	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	-	-	-	-	-	-	-
T2	-	53	135	-	96,06	73,125	33,75
T3	54	-	135	-	96,75	73,125	33,75
T4	-	53	135	18	96,06	73,125	55,95
T5	54	-	135	18	96,75	73,125	55,95

Légende : 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%).

I.5. Conduite de l'essai

I.5.1. Préparation de la parcelle

Un labour à traction bovine a été fait pour la préparation des parcelles. Un concassage des mottes et un nivellement des parcelles ont été réalisés afin d'obtenir un lit de semis approprié.

I.5.2. Mise en place de la pépinière

La pépinière a été installée le 14 juin 2023 en pleine terre sur une planche de 2 m de long sur 1 m de large, préalablement ameublie et nivelée. Le semis a été réalisé en lignes distantes de 15 à 20 cm, à raison de 1 g de semences par m². La pépinière a été recouverte de paille jusqu'à la levée des plants et arrosée quotidiennement jusqu'au repiquage

I.5.3. Repiquage

Le repiquage a été effectué manuellement, en poquet (un plant de tomate par poquet) et en ligne, aux écartements de 80 cm x 40 cm ; après 21 JAS (jour après semis) en pépinière, soit au total 15 pieds par ligne. Des opérations de sarclage ont été réalisées manuellement au besoin.

I.5.4. Apport d'engrais

Les apports d'engrais ont été faits de façon localisée au pied de la plante pour tous les traitements. Le KCl a été apportée à 10 jours après repiquage (JAR) en une fraction. Les granules de NPK ont été apportées en deux fractions : 3 granules à 10 jours après repiquage et 2 granules 30 jours après repiquage. L'urée perlée a été apportée en 2 fractions : une première moitié à 30 jours après repiquage et la deuxième moitié à 50 jours après repiquage. Les granules d'urée ont été apportées à raison de 02 granules à 30 jours après repiquage. Les engrais granulés ont été apportés à une profondeur de 7 à 10 cm à environ 5 cm des plants de tomates. Une irrigation des parcelles était faite tous les deux jours. L'eau était distribuée à l'aide d'arrosoir.

I.5.5. Traitement phytosanitaire

Un traitement phytosanitaire a été effectué contre les attaques de chenilles avec Lambda-cyhalothrin à la dose de 400 ml/ha après l'apparition des premiers fruits.

I.5.6. Récolte

Les récoltes ont débuté lorsque les 2/3 de la parcelle ont atteint la maturité physiologique et ont été effectuées à une fréquence d'une semaine. Au total, 03 récoltes ont été effectuées.

I.6. Paramètres mesurés

La collecte des données a porté essentiellement sur les paramètres tels que :

- ✓ **Hauteur des plants** : c'est la hauteur moyenne de 05 plants. Les mesures ont été faites du 20 jours après repiquage (JAR) à 40 jours après repiquage à des intervalles de temps de 10 jours. Elle a été mesurée à partir de la base de la plante jusqu'à l'extrémité de la dernière feuille à l'aide d'une règle graduée.
- ✓ **Diamètre des plants** : c'est la moyenne de mesures effectuées sur les cinq (05) plants ayant servi à la mesure de la hauteur. Il est mesuré au collet à l'aide d'un pied à coulisse. Les mesures ont débuté 20 jours après repiquage à 40 jours après repiquage à des intervalles de temps de 10 jours également.
- ✓ **Poids fruits et rendement** : les fruits ont été récoltés et pesés aux 68, 75, et 82 jours après repiquage. Dans chaque bloc, les récoltes ont été effectuées sur tous les pieds de tomate de chaque ligne représentant chacune, un traitement.

Le gain de rendement et l'efficacité agronomique des nutriments (DOBERMANN, 2007) ont été aussi calculés.

Tableau II : Paramètres calculés

Indice agronomique	Formule
Rendement fruit (kg/ha)	$\frac{[\text{poids fruit}(\text{g}) * 31250]}{1000}$
Gain de rendement (%)	$\frac{[(\text{RdF}_i - \text{RdF}_0)]}{\text{RdF}_0} * 100$
Efficacité agronomique (AE) (g fruit/g de nutriment appliqué)	$\frac{[(\text{RdF}_i - \text{RdF}_0)]}{Y} * 1000$

Avec **31250** : nombre de pied/ha, **1/1000** : le facteur de conversion en kg ; **Y** : dose du nutriment appliquée ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) ; **RdF_i** : Rendement fruit obtenu pour une dose **i** de nutriment appliquée ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) ; **RdF₀** : Rendement fruit obtenu sans apport de fertilisant ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

I.7. Traitement et analyse des données

Les données collectées ont été saisies avec le tableur Excel version 2021 puis soumises à une analyse de variance au seuil de 5% à l'aide du logiciel statistique GenStat 12^e édition. Le test de Student Newman-Keuls a été utilisé pour comparer les moyennes lorsque les différences étaient significatives.

II. Résultats

II.1. Effet des traitements sur la hauteur des plants de tomate

L'analyse de variance a révélé des différences statistiquement significatives entre les traitements sur la hauteur des plants de tomate à 20 JAR et 30 JAR ($P < 0,05$) (Tableau III).

Les plus grandes hauteurs des plants à 20 JAR ont été enregistrées avec le traitement T4 (17,50 cm) et le témoin non fertilisé T1 (17,31 cm) alors que la plus petite croissance en hauteur des plants a été obtenue avec le traitement T5 (13 cm) (figure 3). À 30 JAR, ce sont les traitements T4 (28 cm) et T3 (27,12 cm) qui ont obtenu les plus grandes hauteurs des plants alors que les plus petites croissances en hauteur des plants ont été obtenues les traitements T5 (23,06 cm) et T2 (23 cm). À 40 JAR, aucune différence significative n'a été observé entre les traitements ($P > 0,05$) (Tableau III).

Tableau III : Analyse de variance sur la hauteur des plants de tomate

	Hauteur des plants (cm)		
	20 JAR	30 JAR	40 JAR
LSD	1,921	2,137	6,528
Probabilité	0,013	0,008	0,091
Significativité	S	S	NS

LSD : plus petite différence significative ; NS : Non significatif ; S : significatif

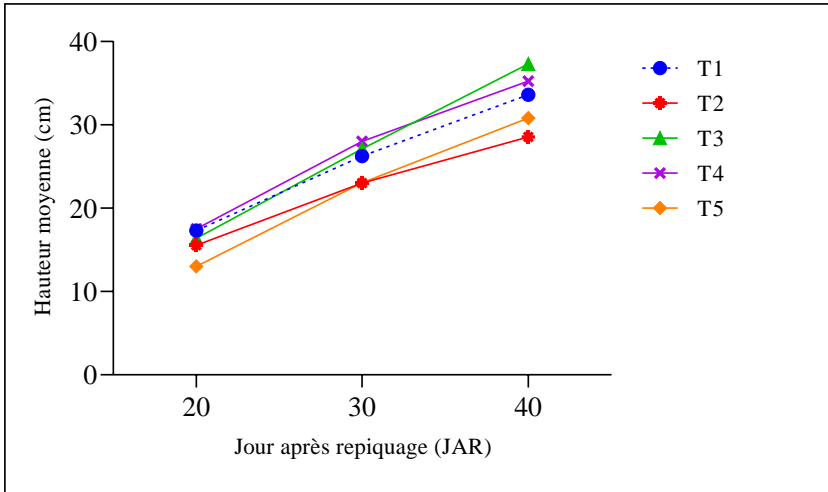


Figure 3 : Évolution de la hauteur des plants de tomate en fonction des traitements

Légende : 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%).

II.2. Effet des traitements sur le diamètre des plants de tomate

Les résultats de l'analyse de variance sur l'évolution du diamètre des plants de tomate aux 20^{ème}, 30^{ème} et 40^{ème} JAR sont présentés dans le Tableau IV. Il ressort que les traitements ont induit des différences statistiquement significatives sur le diamètre des plants tant au 20^{ème} JAR qu'au 40^{ème} JAR ($P < 0,05$). Par contre, à 30 JAR, l'effet des traitements sur cette variable a été non significatif ($P > 0,05$). Les plus grandes croissances en diamètre des plants à 20^{ème}JAR ont été obtenues avec les traitements T4 et le témoin non fertilisé T1, avec respectivement 0,51 cm et 0,44 cm, et la plus petite croissance en diamètre des plants a été obtenue avec le traitement T5 avec 0,41 cm (figure 4). Mais à la 40^{ème}JAR, les plus grandes croissances en diamètre des plants ont été obtenues par les traitements T3 (0,78 cm) et T4 (0,72 cm) alors que la plus petite croissance en diamètre des plants a été obtenue par le traitement T2 (0,65 cm).

Tableau IV : Analyse de variance du diamètre des plants

	Diamètre des plants (cm)		
	20 JAR	30 JAR	40 JAR
LSD	0,4097	0,8090	0,4100
Probabilité	0,015	0,154	0,005
Significativité	S	NS	S

LSD : plus petite différence significative ; NS : Non significatif ; S : significatif ; JAR : Jour après repiquage

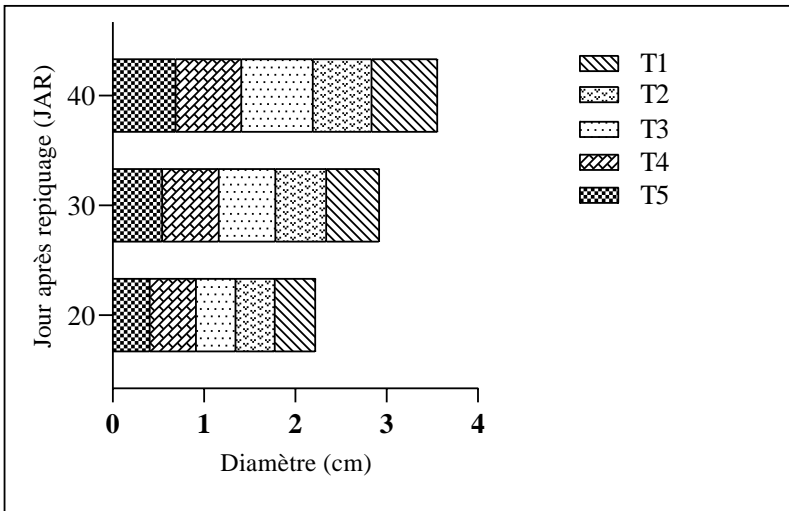


Figure 4 : Évolution du diamètre de la tige principale des plants de tomate en fonction des traitements.

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%)

II.3. Effet des traitements sur le poids en fruits commercialisables de la tomate

Les traitements ont induit des différences significatives ($P < 0,05$) sur le poids fruit de la tomate (Tableau V). Les meilleurs poids fruit ont été observés avec les traitements T4 (39,27 g) et T2 (37,03 g). Ces traitements forment un même groupe homogène et sont très significativement supérieurs au traitement T3, T5 et au témoin non

fertilisé (T1) qui ont enregistré un poids de 35,53g ; 29,19 g et 28,62 g, respectivement.

Tableau V : Effet des traitements sur le poids en fruits commercialisable de la tomate

Traitement	Poids fruit (g)
T1	28,62 ^b
T2	37,03 ^a
T3	35,53 ^{ab}
T4	39,27 ^a
T5	29,19 ^b
CV (%)	5,8
Probabilité	0,017
Significativité	S

Les moyennes affectées de la ou les même (s) lettres ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité 5% par le test de Student-Newman-Keuls. S : Significatif ; HS : Hautement 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%).

II.4. Effet des traitements sur le rendement en fruits commercialisable de la tomate

L'analyse de variance a montré une différence hautement significative, statistiquement, ($P < 0,01$) entre les traitements pour le rendement en fruits de la tomate (Tableau VVI). Le rendement le plus élevé a été obtenu avec l'application du traitement T4 (18,30 t/ha) et le plus bas, avec les traitements T5 (8,39 t/ha) et le témoin non fertilisé (6,71 t/ha) qui sont statistiquement identiques. Les rendements en fruits induits par les différents traitements par rapport au témoin non fertilisé a permis de les hiérarchiser dans l'ordre suivant : $T4 > T2 > T3 > T5$. Le meilleur gain de rendement en fruits par rapport au témoin non fertilisé, soit 37,21%, a été obtenu avec l'application du traitement T4 (Tableau VVI). Il est suivi des traitements T2 et T3, avec respectivement des suppléments de rendement de 29,39% et 24,17%.

Tableau VI : Effet des traitements sur le rendement en fruits commercialisables de la tomate

Traitements	Rendement en fruits (t/ha)	Gain de rendement (%)
T1	6,71 ^c	-
T2	15,08 ^{ab}	29,39
T3	13,78 ^{bc}	24,17
T4	18,30 ^a	37,21
T5	8,39 ^c	1,99
CV (%)	11,20	
Probabilité	0,003	
Significativité	HS	

Les moyennes affectées de la ou les même (s) lettres ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité 5% par le test de Student-Newman-Keuls. S : Significatif ; HS : Hautement 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%).

II.5. Effet des traitements sur l'efficacité d'utilisation des nutriments

L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative ($P > 0,05$) entre les traitements pour l'efficacité agronomique des éléments nutritifs N, P et K (Tableau VVII). Néanmoins, on peut noter que les traitements T4 et T5 se distinguent en enregistrant les plus grandes valeurs d'efficacité agronomique des éléments nutritifs (respectivement, figure 5a, 5b, 5c). Par rapport au traitement T5, le traitement T4 s'est particulièrement illustré en permettant une amélioration de l'efficacité agronomique de l'azote, l'efficacité agronomique du phosphore et de l'efficacité agronomique du potassium de 63,14%, 60%, et 61,97%, respectivement. On note également une corrélation positive entre le rendement fruit et l'exportation de l'azote ($R^2 = 0,740$) et du phosphore ($R^2 = 0,738$). Cette relation est relativement faible entre le rendement fruit et l'efficacité agronomique du potassium ($R^2 = 0,429$) (figure 6, respectivement a, b et c).

Tableau VII : Analyse de la variance de l'efficacité agronomique

	Efficacité agronomique (g fruit/g nutriment)		
	Azote	Phosphore	Potassium
CV (%)	27,50	18,80	26
Probabilité	0,086	0,088	0,490
Significatif	NS	NS	NS

CV : coefficient de variation ; NS : Non significatif

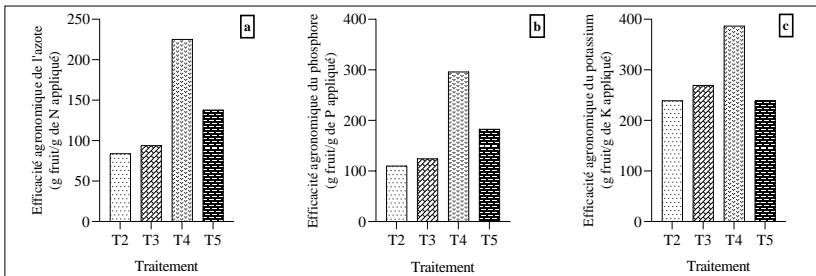


Figure 5 : Effet des traitements sur l'efficacité agronomique du N, P et K

Légende : 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%).

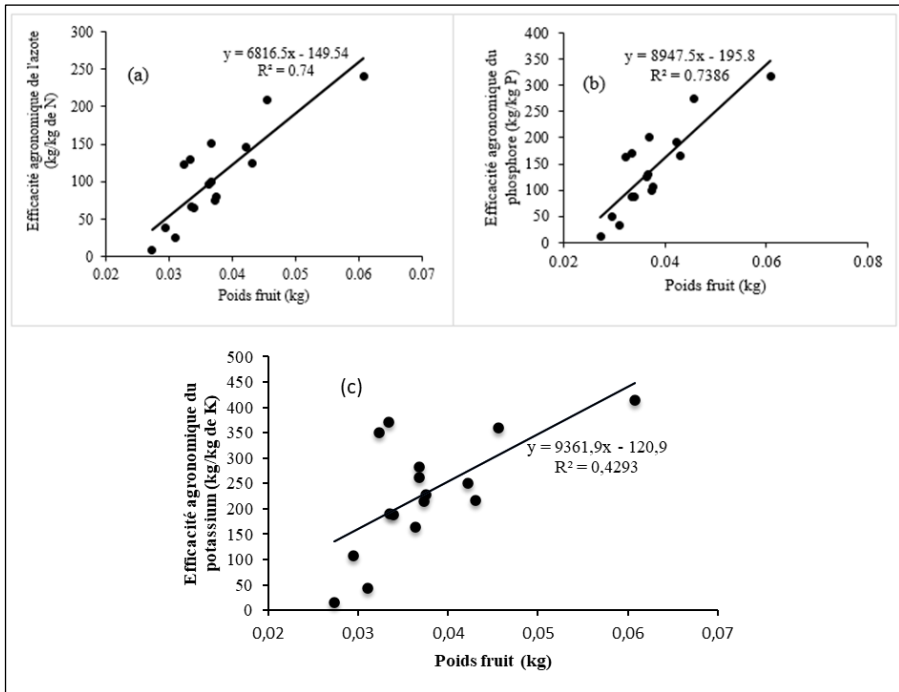


Figure 6: Relation entre l'efficacité agronomique et le poids fruits

III. Discussion

Le poids fruit par pied a présenté des variations significatives en fonction des traitements appliqués. Par rapport au témoin absolu, les différentes formes de fertilisation minérale, plus particulièrement 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%)) ont amélioré ce paramètre mesuré. Ce résultat pourrait s'expliquer par l'augmentation de la disponibilité des nutriments dans la zone racinaire due à des niveaux de nutrition optimaux. Ce qui aurait permis une plus grande absorption et la translocation des minéraux et des éléments nutritifs et enfin une accumulation accrue de photosynthétats par la plante (NAIR *et al.*, 2020). Un rendement frais et commercialisable de la tomate significativement plus élevé a été également enregistré par le traitement T4 (18,30 t/ha) soit un accroissement de 37,21% par rapport au témoin. Des accroissements plus importants ont été rapportés par OUEDRAOGO *et al.*, (2023) sur la tomate (198,3%) et SAWADOGO (2023) sur le riz (45,05%), par rapport au témoin, avec les briquettes de NPK. Ces résultats concordent aussi avec les augmentations de

rendement signalés par KADAM et SAHANE (2001), KADAM et *al.* (2005) sur la tomate lorsque des briquettes de NPK sont utilisées. Des études antérieures menées par BHATTARAI et *al.* (2011) ont montré également que les briquettes de NPK permettent d'obtenir des rendements de tomate, de concombre et de haricot long plus élevés que la pratique conventionnelle. Ces résultats pourraient être expliqués par la libération immédiate des éléments nutritifs à proximité des plantes de tomate, tels que l'azote et le phosphore assimilable, qui jouent un rôle crucial dans leur croissance. En plaçant ces briquettes en profondeur, elles peuvent demeurer dans la zone racinaire pendant une période prolongée, assurant ainsi un apport continu en nutriments (SARKER et *al.*, 2015). KE et *al.* (2018) ont montré que la fertilisation profonde augmente le temps de libération de l'engrais N en conservant plus le NH_4^+ dans le sol sous forme de NH_4^+ non échangeable. Cette approche favorise une interaction positive entre l'azote, le phosphore, qui stimule la croissance et le développement racinaires des plants augmentant ainsi l'absorption de K^+ , la translocation et les réponses à la disponibilité de K^+ fournie par le KCl (SHIN, 2014). Par ailleurs, la capacité d'absorber le K^+ du sol est une condition préalable à la survie des plantes et la capacité d'absorber, de transporter et d'utiliser efficacement le K^+ est directement liée à la qualité et au rendement des cultures (SHIN, 2014). Des études sur la fraise ont aussi montré qu'un apport adéquat en potassium augmente le taux de matière sèche des fruits (WUZONG, 2002). De plus, cette augmentation de l'efficacité peut être attribuée à une réduction des pertes d'éléments nutritifs par lixiviation et par les eaux d'irrigation, grâce à une diffusion lente des nutriments (HOU et *al.*, 2019 ; LIU et *al.*, 2020 ; KE et *al.*, 2017). Par ailleurs, les travaux menés sur le chou par FIRAKE et *al.* (2004) concluaient que le placement des briquettes de NPK à 10 cm de profondeur de sol maintient un niveau élevé de $\text{NH}_4\text{-N}$ pendant la période d'absorption active par la culture de chou. Des études réalisées par KORUCU et *al.* (2018) aussi ont estimé que les pertes de potassium (K) dans des conditions d'application à la volée étaient d'environ 12 kg/ha, alors que ce macroélément représente près de 10% la biomasse sèche totale de la plante (SALIM et RAZA, 2019). Des recherches ont également démontré que l'insuffisance en potassium entrave la photosynthèse foliaire ainsi que le transport des composés assimilés, ce qui engendre une réduction significative de la biomasse de tous les organes de la tomate (KANAI et *al.*, 2007). Cette constatation met en évidence l'importance de minimiser les pertes de nutriments pour maximiser leur disponibilité pour les plantes et optimiser leur croissance et leur

développement. En favorisant une libération lente et contrôlée des nutriments, on peut améliorer leur utilisation par les cultures et réduire les pertes potentielles, ce qui entraîne une utilisation plus efficace des ressources et une productivité accrue des cultures.

L'efficacité agronomique des nutriments majeurs a été plus élevée avec le traitement T4 (225,3 kg fruit/kg N appliqué ; 296 kg fruit/kg P appliqué ; 386,8 kg fruit/kg K appliqué, respectivement). Toutefois ce traitement ne diffère pas statistiquement des autres. Ces résultats pourraient s'expliquer par la grande disponibilité des nutriments dans le sol entraînant une consommation de luxe et limitant par ailleurs l'efficacité d'utilisation interne des nutriments (OUEDRAOGO et *al.*, 2022). Or l'efficacité agronomique, indice basé sur les engrais, est intrinsèquement liée à l'efficacité interne et à l'efficacité physiologique des nutriments (FIXEN et *al.*, 2014). Cette disponibilité accrue des nutriments pourrait être expliquée par le fait que la parcelle où le dispositif a été implanté était en jachère (HOEFSLOOT et *al.*, 1993, ROOSE, 1993). Des différences d'efficacité agronomiques de N statistiquement non significatives ont été aussi obtenues par SAWADOGO (2023) lorsque les briquettes de NPK sont utilisées en riziculture de basfonds. Cependant ces résultats diffèrent des conclusions tirées par KABTI et *al.* (2012). Ces auteurs ont obtenu des différences d'efficacité agronomique des nutriments significatives sur la tomate et le concombre lorsque les super granules de NPK sont combinés avec le perlurée.

Cependant les résultats montrent une forte relation entre l'efficacité agronomique de N et P avec le poids fruit. Cette relation est relativement faible avec l'efficacité agronomique de K. Ces résultats mettent en évidence l'importance capitale des nutriments N et P dans le rendement fruitier, tandis que l'influence du K semble moins prépondérante. PANDIT et *al.*, (2022) ont par ailleurs conclu que l'azote est le facteur limitant en culture de tomate. La faible prépondérance du K a été démontrée également en culture céréalière par OUEDRAOGO et *al.* (2022) à travers des essais soustractifs, classant le K parmi les éléments nutritifs non limitatifs en production rizicole.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'évaluer les effets des engrais minéraux sous deux formes sur la productivité de la tomate en saison sèche. Il ressort de cette étude que les formes d'engrais ont eu un effet

statistiquement significatif ($P < 0,05$) sur le poids fruit par plant et sur le rendement. Le traitement T4 a enregistré aussi bien le plus grand poids fruit que le rendement le plus élevé (18,30 t/ha). Ainsi, au regard des résultats obtenus la fumure composée de 5 granules de NPK 16-26-12-4.5S-0.3Zn + 111 kg/ha d'urée perlée (46%) + 37 kg/ha KCl (60%) pourrait être recommandée pour une amélioration de la productivité de la tomate en culture maraîchère. Toutefois, ce système de culture ne permettrait pas une gestion optimale et durable des nutriments.

Remerciement

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.

Références bibliographiques

BANDAOGO A., BIDJOKAZO F., & YOUL S., 2016. Increasing Nitrogen Availability for Rice Growth in Irrigated System in Sourou Valley (Burkina Faso). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 1(3), 491–498. <https://doi.org/10.22161/ijaers/3.10.27>

BANDAOGO A., BIDJOKAZO F., YOUL S., SAFO E., ABAIDOO R., & ANDREWS O., 2015. Effect of fertilizer deep placement with urea supergranule on nitrogen use efficiency of irrigated rice in Sourou Valley (Burkina Faso). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 102(1), 79–89. <https://doi.org/10.1007/s10705-014-9653-6>

BHATTARAI S. P., PALADA M. C., MIDMORE D. J., WU D., & SALAS R., 2011. On-farm evaluation of fertilizer briquettes and low-cost drip irrigation for smallholder vegetable production in Cambodia. *Irrigation and Drainage*, 60(3), 318–329. <https://doi.org/10.1002/ird.571>

D'ARONDEL de HAYES, J., & TRAORE, G. (1990). Culture maraîchères en zone soudano-sahélienne, Burkina Faso. INERA-CIRAD.81p

DHAKAL K., BARAL B., POKHREL K. R., PANDIT N. R., THAPA S. B., GAIHRE Y. K., & VISTA S. P., 2020. Deep placement of briquette urea increases agronomic and economic efficiency of maize in sandy loam soil. *Agrivita*, 42(3), 499–508. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v42i3.2766>

FAO, 2020. The State of Food and Agriculture: Overcoming Water Challenges in Agriculture. In *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*.

FIRAKE N. N., DEOLANKAR K. P., & D.P I., 2004. Effect of irrigation methods, forms and level of NPK movement and uptake of NPK in entisols. *J. Maharashtra Agril. Univ.*, 29(2), 325–327. <https://eurekamag.com/research/012/209/012209780.php>

HOEFSLOOT B., VAN DER POL F., ROELEVELLED L., 1993. Jachères améliorées. Option pour le développement de systèmes de production en Afrique de l'Ouest. Bulletin 333. Institut Royal des Tropiques. Amsterdam Kit développement agricole, 86 p.

HOU P., XUE L., ZHOU Y., LI G., YANG L., & XUE L., 2019. Yield and N utilization of transplanted and direct-seeded rice with controlled or slow-release fertilizer. *Agronomy Journal*, 111(3), 1208–1217. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.03.0192>

KADAM J. R., & SAHANE J. S., 2001. Studies on water use efficiency and yield of tomato as influenced by NPK fertilizer briquette. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 26(3), 231–233. <https://eurekamag.com/research/003/949/003949567.php>

KADAM J. R., SAHANE J. S., & KAREPPA S. M., 2005. Effect of NPK briquette on the movement and availability of nutrients in soil and yield of tomato. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 30(2), 131–134. <https://eurekamag.com/research/004/418/004418990.php>

KANAI S., OHKURA K., ADU-GYAMFI J. J., MOHAPATRA P. K., NGUYEN N. T., SANEOKA H., & FUJITA K., 2007. Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. . . *J. Exp. Bot*, 5(8), 2917-2928.

KE J., HE R., HOU P., DING C., DING Y., & WANG S., 2018. Agriculture , Ecosystems and Environment Combined controlled-released nitrogen fertilizers and deep placement effects of N leaching , rice yield and N recovery in machine-transplanted rice. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 265(June), 402–412. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.06.023>

KE J., XING X., LI G., DING Y., DOU F., WANG S., LIU Z., TANG S., DING C., & CHEN L., 2017. Effects of different controlled-release

nitrogen fertilisers on ammonia volatilisation, nitrogen use efficiency and yield of blanket-seedling machine-transplanted rice. *Field Crops Research*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.027>

KORUCU T., SHIPITALO M. J., & KASPAR T. C., 2018. Soil & Tillage Research Rye cover crop increases earthworm populations and reduces losses of broadcast , fall-applied , fertilizers in surface runoff. *Soil & Tillage Research*, 180(February), 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.03.004>

LIU T. Q., LI S. H., GUO L. G., CAO C. G., LI C. F., ZHAI Z. B., ZHOU J. Y., MEI Y. M., & KE H. J., 2020. Advantages of nitrogen fertilizer deep placement in greenhouse gas emissions and net ecosystem economic benefits from no-tillage paddy fields. *Journal of Cleaner Production*, 263, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121322>

NAIR A. K., HEBBAR S. S., PRABHAKAR M., SENTHILKUMAR M., & RAJESHWARI R. S., 2020. Performance of Cabbage (*Brassica oleracea L. var. capitata*) in Relation to Fertigation using Variable Rates and Sources of Fertilizers. 9(11), 940–950.

OUEDRAOGO J., KPODA C. K., POUYA M. B., SERME I., & YOUL S., 2022. Diagnostic de la fertilité chimique des principaux sols rizicoles de la Vallée du Sourou au Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 38(2), pp 470-480. <https://www.researchgate.net/publication/365805820%0ADiagnostic>

OUEDRAOGO J., SAWADOGO A., POUYA M. B., OUEDRAOGO M., & SERME I., 2023. Performances agroéconomiques du npk super granule sur la productivité de la tomate sous irrigation en zone semi-aride du Burkina Faso. *Agronomie africaine*, 35(3), 1–13.

OUEDRAOGO R. A., KAMBIRE F. C., KESTEMONT M., & BIELDERS C. L., 2019. Caractériser la diversité des exploitations maraîchères de la région de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso pour faciliter leur transition agroécologique. *Cah. Agric.* pp 2-9. <https://doi.org/10.1051/cagri/2019021>

PANDIT N. R., CHOUDHARY D., MAHARJAN S., DHAKAL K., VISTA S. P., & GAIHRE K., 2022. La dose optimale et l' enfouissement profond de l' engrais azoté améliorent l' efficacité de l' utilisation de l' azote et le rendement des tomates au Népal. 0–19.

ROOSE E., 1993. Capacité de la jachère à restaurer la fertilité des sols

pauvres en zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. In: La jachère en Afrique de l'Ouest. Colloques et séminaires, ORSTOM, Paris, pp233-244.

SALIM N., & RAZA A., 2019. Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production : a review. *Journal of Plant Nutrition*, 0(0), 1–19. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1676907>

SARKER B. S., ALI M. G., MRIDHA M. A. J., & MIAH M. A. M., 2015. Effect of deep placement of NPK briquette for rice yield maximization during Boro , T Aus and T Aman seasons at different locations in Bangladesh. *Proceedings of the 17th ASA Conference*, 20 – 24 September 2015, September, 15–18.

SAWADOGO A., 2023. Effet de différents types de fertilisation minérale sur l'efficacité de l'utilisation de l'azote et du phosphore et la productivité du riz (*Oryza sativa* L.) de bas-fonds en zone soudano-sahélienne : cas de Nassoulou dans le Centre Ouest du Burkina Faso. Université de Dedougou 75p.

SHARNA S. B. Z., ISLAM S., HUDA A., JAHIRUDDIN M., & ISLAM M. R., 2021. Effects of Prilled Urea , Urea Briquettes and NPK Briquettes on the Growth , Yield and Nitrogen use Efficiency of BRR1 Dhan48. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 7(3), 19–27. <https://doi.org/10.9734/AJSSPN/2021/v7i330114>

SHIN R., 2014. Strategies for Improving Potassium Use Efficiency in Plants. 37(8), 575–584.

SON D., SOMDA I., LEGREVE A., & SCHIFFERS B., 2017. Pratiques phytosanitaires des producteurs de tomates du Burkina Faso et risques pour la santé et l'environnement. *Cahiers Agricultures*, 26(2). <https://doi.org/10.1051/cagri/2017010>

TAPSOBA P. K., 2022. Heliyon Diversity of market gardening farms in western Burkina Faso . Nexus between production environment , farm size , financial performance and environmental issues. 8(December). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12408>

WUZONG R., 2002. Yield and quality of fruits of solanaceous crops as affected by potassium fertilization. *Better Crops International*, 16(6), 308–312. <https://eurekamag.com/research/000/117/000117917.php>

