

Étude comparative de la qualité de trois amendements organo-biologiques sur la production de tomate à Soala dans le Centre-Ouest du Burkina Faso

SAWADOGO Jacques^{1,*}, OUÉDRAOGO W. Bernadette Mounasse², COULIBALY Pane Jeanne d'Arc¹, SAVADOGO Claude Arsène³, KABORÉ Aminata¹, LEGMA Jean B.⁴

Résumé

Face à la baisse de la fertilité des sols entraînant une faible productivité agricole, la présente étude a été menée pour évaluer les effets de trois amendements organo-biologiques (Bokashi, compost simple, compost enrichi au *trichoderma harzianum*) sur le sol et sur le développement agromorphologique de la tomate à Soala. Les paramètres évalués étaient la croissance végétative, le rendement, l'état sanitaire des tomates et quelques paramètres chimiques du sol. Hormis les parcelles conventionnelles ayant reçu 300 kg ha⁻¹, les autres ont été fertilisées à la même dose de compost (30 t ha⁻¹). Les résultats des hauteurs, des diamètres et du nombre de plants à la récolte n'indiquaient aucune différence significative entre les différents fertilisants organiques et les parcelles témoins et conventionnelles. Par contre, une différence significative des hauteurs, des diamètres a été notée entre les amendements organo-biologiques (Bokashi et compost enrichi au *Trichoderma harzianum*) et les parcelles témoins et conventionnelles. En plus, l'attaque parasitaire (l'alternariose et la noctuelle) était moindre dans ces parcelles. L'analyse chimique des sols indiquait une augmentation de la teneur en matière organique qui est passée de 0,16 % à 12,81 %. Cette étude a mis en évidence l'importance des amendements organo-biologiques sur la fertilité du sol et sur la productivité de la tomate.

Mots-clés : Tomate, Amendement organo-biologique, NPK, Soala.

Comparative study of the quality of three organo-biological amendments on tomato production

Abstract

Regarding soil fertility decline and the decrease in crop production, this study was undertaken to assess the effect of three organo-biological amendments (Bokashi, simple compost, *trichoderma harzianum*-enriched compost) on soil and on the development of the tomato plant in Soala. The parameters assessed were vegetative growth, yield, health status of tomatoes and chemical parameters of the soil. The trial was performed on three blocks and according to five treatments. In each block, there were a plot of each type of

¹ Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique/ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (CNRST/INERA), Département de Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production (GRN-SP) 01 BP 476 Ouagadougou, Burkina Faso

² Institut Polytechnique Privé Shalom (IPS) de Ouagadougou, 11 BP 1435 CMS Ouagadougou 11 – Burkina Faso

³ BioProtect-Burkina, S/C ARFA 15 BP 15 Fada N'Gourma, Burkina Faso

⁴ Université Saint-Thomas-d'Aquin (USTA), Faculté des Sciences et Technologies, 06 BP 10212 Ouagadougou 06, Burkina Faso.

* Auteur correspondant : jacquischimie@gmail.com

organic amendment repeated three times, a conventional plot (NPK, Urea) and a control plot. Except for the conventional plots that received 300 kg ha⁻¹, the others were fertilized with the same amount of compost (30 t ha⁻¹). The results on stem heights, neck diameters and number of plants at harvest indicated no significant difference among the different organic fertilizers, compared to the control and conventional plots. However, a significant difference was noted on organobiological amendments (Bokashi and compost enriched with *Trichoderma harzianum*) compared to the control and conventional plots. In addition, parasitic attack was less in these plots. Soil chemical analysis indicated an increase in the amount of organic matter that moved from 0.16 % to 12.81 %. This study highlighted the importance of organo-biological amendments on soil fertility and tomato productivity.

Keywords: Tomato, Organo-biological amendment, NPK, Soala.

Introduction

Le Burkina Faso, à l'instar de beaucoup de pays d'Afrique, tire ses principales ressources alimentaires et économiques de l'agriculture. Cette agriculture occupe plus de 80 % de la population active et contribue avec l'élevage à près de 39 % du PIB (TOÉ, 2010). Cependant, le pays connaît une forte dégradation de ses ressources naturelles limitant ainsi sa capacité de production (JACQUES, 2019 ; THIOMBIANO, 2000). Malgré les efforts consentis dans le secteur, la population continue de sombrer dans l'insécurité alimentaire. Selon la FAO (FAO, 1987), l'amélioration rapide et durable de la sécurité alimentaire passe par un accroissement de la productivité agricole en prenant en compte, outre la production exclusive des céréales, les cultures susceptibles de générer des revenus substantiels (d'une importance considérable). Parmi ces cultures, les cultures maraîchères occupent une place importante. En effet, le maraîchage est devenu ces dernières années une activité répondant de façon efficace à la demande alimentaire urbaine (SINGBO *et al.*, 2004). Cependant, les cultures maraîchères telles que la tomate sont confrontées à de nombreux problèmes qui limitent fortement la production. La culture de la tomate (*Lycopersicon esculentum*) (TOUNDOU, 2016) constitue une activité génératrice de revenus pour de nombreux producteurs (HANSON *et al.*, 2001 ; M'SADAK *et al.*, 2013 et M'SADAK *et al.*, 2015) à cause de sa richesse en minéraux et représente une source prédominante en antioxydants bénéfiques pour la santé comme les caroténoïdes. En plus, le manque de restitution adéquate sur les sols sous culture continue entraîne une dégradation de leur fertilité et une baisse de leur pH (ILBOUDO, 1997 ; DJEUGAP *et al.*, 2016). Les pratiques actuelles de gestion agricole des terres et la pression démographique sont responsables de cette dégradation qui touche (BATIONO *et al.*, 2012), environ 24 % des terres burkinabè. Aussi, de nombreux résultats de recherche ont montré que les engrais minéraux ne garantissent pas à long terme le maintien de la fertilité des terres (OJETAYO *et al.*, 2011 ; JONES *et al.*, 2013). Ainsi, après trois à six années de culture continue, avec ou sans fumure minérale, le pH du sol baisse et le taux de matière organique chute, affectant directement le développement des plantes (ILBOUDO, 1997 ; M'SADAK *et al.*, 2015). Pour pallier à ce problème lié à l'utilisation des engrais minéraux, il est envisageable d'adopter les engrais organiques qui sont relativement moins coûteux et bénéfiques pour le sol et les cultures. Ils sont une source importante d'éléments nutritifs et peuvent être utilisés pour relever le niveau de productivité des sols. L'objectif de cette étude était de comparer la qualité fertilisante de trois amendements organo-biologiques (Bokashi, compost simple, compost enrichi au *trichoderma harzianum*) appliqués à la production de tomate (*Lycopersicon esculentum*) à Soala dans le Centre-Ouest du Burkina Faso.

I. Matériel et méthodes

1.1. Site de l'étude

Le site de l'étude est le village de Soala. Il est situé dans le département de Nanoro, Province du Boulkiemdé, Région du Centre-Ouest. Il est localité entre 12°39' et 12°18' de latitude Nord et entre 1°57' et 1°37' de latitude Ouest. Le site est à 62.8 km de la capitale Ouagadougou suivant l'axe Ouagadougou-Yako (figures 1 et 2). La vie économique du village de Soala est rythmée autour de trois secteurs d'activités que sont l'agriculture, l'élevage et le commerce, caractérisé par un climat soudano-sahélienne. Les principales formations végétales rencontrées sont la savane herbeuse, arbustive et la forêt-galerie le long des cours d'eau. En plus, La majeure partie du territoire est couvert de sols peu évolués et érodés sur matériaux gravillonnaire, de sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et de sols hydromorphes.



Figure 1. Zone de l'étude (Soala, Burkina Faso).

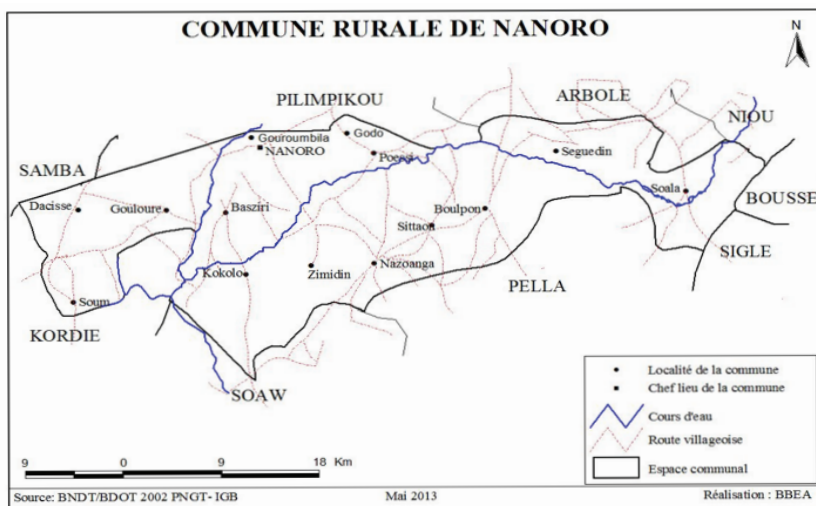


Figure 2. Carte de localisation de la zone d'étude (Source : BNDT/BDOT 2002 PNGT-IGB).

1.2. Matériels utilisés

1.2.1. Matériel végétal

La tomate, variété F1 Mongal a été utilisée. C'est une variété beaucoup adaptée dans la province du Boulkiemdé et notamment à Soala à cause de sa bonne performance agronomique.

1.2.2. Matériel de traitements phytosanitaires

Le matériel de traitement biologique utilisé était composé de : (i) Solsain : fongicide et biostimulant à base de trichoderma utilisé au moment du repiquage pour lutter contre les champignons du sol ; (ii) Plantsain : fongicide et biostimulant qui optimise la nutrition de la plante ; (iii) Limosain : biopesticide utilisé pour le contrôle des insectes à carapace et à corps mou ; (iv) Piol : insecticide biologique utilisé pour lutter contre les ravageurs des fruits ; (v) un mélange de Caïman et Capt : insecticides de synthèse puissants utilisés dans la lutte contre les insectes en pratique conventionnelle. Ce mélange est beaucoup utilisé par les producteurs maraichers dans ladite commune à cause de sa grande efficacité.

1.2.3. Fertilisants

Trois types de biofertilisants ont été utilisés : le compost simple, le compost enrichi au *trichoderma* et le Bokashi et le Bokashi. La fabrication des composts organo-biologiques a suivi le processus décrit par la FAO (MISRA *et al.*, 2005). Comme autres fertilisants, l'engrais minéral NPK de formule 14-23-14 combiné à l'urée titrée à 46 % ont aussi été utilisés.

1.2.4. Propriétés des composts

Les propriétés des différents composts sont consignées dans le tableau I.

1.3. Méthodes

1.3.1. Dispositif expérimental

Le dispositif 'expérimental est un bloc de Fisher complet à cinq sous blocs. Chacun d'eux est subdivisé en trois (03) parcelles élémentaires de 2 m × 10 m soit 20 m². L'écartement entre les parcelles élémentaires a été de 1 m × 0,8 m. L'essai a été conduit sur une superficie de 500 m² (figure 3).

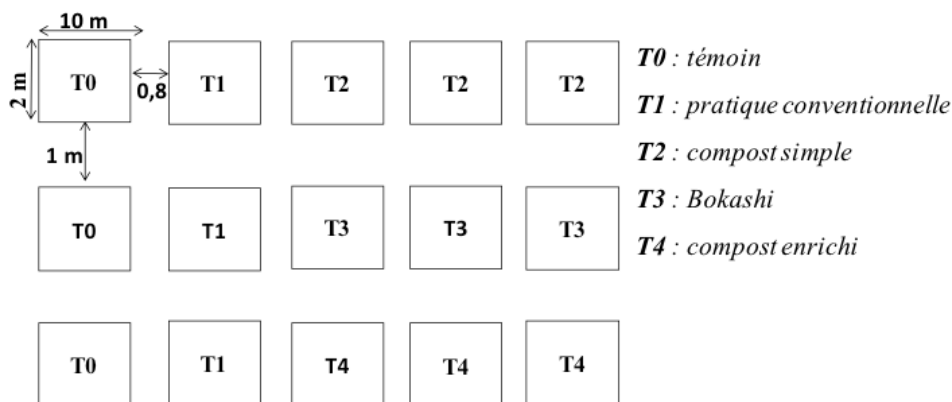


Figure 3. Dispositif expérimental

Tableau I. Analyse chimique des différents composts organo-biologiques.

Type d'amendement	Matière organique	Carbone total	Azote total (g kg ⁻¹)	Potassium total (mg kg ⁻¹)	Phosphore total (g kg ⁻¹)	C/N	pH	T (°C)
Bokashi (T3)	22,12 ^b	12,25 ^b	0,81 ^a	7,85 ^b	4,68 ^c	16	8,2 ^a	26,5 ^a
Compost enrichi (T4)	19,847 ^c	11,56 ^c	1,08 ^a	11,42 ^a	10,44 ^a	11	7,9 ^a	27 ^a
Compost simple (T2)	25,267 ^a	14,79 ^a	0,86 ^a	8,13 ^a	6,84 ^b	17	8,1 ^a	27,6 ^a
ddl				2				
P-Value				0,0001				
Signification (5 %)				***				

Test de Newman au seuil de 5 %. Les résultats sont les moyennes de trois répétitions. Les valeurs suivies d'une même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %. ***: très hautement significatif (P < 0,001). T2 : Compost simple ; T3 : Bokashi ; T4 : Compost enrichi.

1.3.2. Mise en place de la culture de la tomate

La mise en place s'est faite de façon manuelle. La parcelle a été défrichée à la machette ensuite labourée à une profondeur de 30 cm. Après a suivi la mise en place de 15 planches, avec des écartements de 40 cm x 80 cm. La distance entre ces planches était de 1 m et les espacements au niveau des différents côtés étaient de deux (02) mètres chacun. Pour la conduite de cette expérimentation, une pépinière a été mise en place dans des bacs (de 1 m² de surface et de hauteur 20 cm) ayant servi à la mise en place de la pépinière. Après le semis, la pépinière a été arrosée régulièrement. Trois semaines après semis en pépinière, les plants ont été repiqués dans les planches. Le repiquage s'est fait sur 3 lignes, et à un écartement de 0,5 m sur la ligne et 0,8 m entre les lignes soit 25 000 plants/ha.

1.3.3. Entretien de la parcelle

Pendant toute la période culturale, le champ expérimental était arrosé deux fois par jour, matin et soir avec une quantité d'environ 36 litres d'eau de robinet. Le désherbage a été effectué 2 fois, le premier désherbage au 15^e jour après repiquage et le deuxième un mois après repiquage afin d'éviter la concurrence des mauvaises herbes. Le sarclage a été effectué deux mois après le repiquage. Les cultures maraîchères sont des cultures très sensibles, de ce fait, les traitements phytosanitaires devraient les protéger contre les maladies (champignon, virus), les insectes et araignées et les nématodes (GROGA *et al.*, 2018).

1.3.4. Fertilisation des planches

La fertilisation a été faite avec des engrais minéraux (NPK + Urée) et organiques (Bokashi (matière organique fermentée), compost simple et compost enrichi au *trichoderma harzianum*). Deux semaines avant le repiquage des plants, les différents engrais organiques ont été enfouis dans le sol des parcelles élémentaires sous forme de fumure de fond, à raison de 30 tha⁻¹. L'épandage a été effectué à raison de 3 kg.m⁻² pour les engrais organiques et 300 kg. ha⁻¹ pour NPK et 100 kg. ha⁻¹ pour l'urée.

1.3.5. Observation et mesures des paramètres

Des observations et mesure du diamètre au collet, le nombre de fruits, le nombre de plants, ont été effectuées à 3 reprises : P0 = temps des premières observations et mesure, soit le 30^e jour du cycle végétatif. P1 temps des deuxièmes observations et mesure, soit le 45^e jour du cycle végétatif, P2 = temps des troisièmes observations et mesure, soit le 60^e jour du cycle végétatif et P3 = temps des quatrièmes observations et mesure, soit 80^e jour du cycle végétatif. Les composantes du rendement ont été déterminées à partir de la masse des fruits par plants au cours de la récolte. A la fin des récoltes, le rendement a été déterminé avec une densité de 35 500 plants/ha à partir de la masse moyenne par traitement.

1.3.6. Paramètres étudiés et méthodes de détermination

Les paramètres étudiés au niveau des sols sont : le pH (eau et KCl), le carbone total, l'azote total, le phosphore total, le potassium total et la matière organique.

pH des sols

Le pH des sols a été mesuré par la méthode électrométrique au pH-mètre. Le rapport sol/solution utilisé est de 1/2,5 selon les normes Afnor (1981). On pèse 20 g de sol dans un flacon et on n'y ajoute 50 ml d'eau distillée. Après 1 heure d'agitation, le pH de la solution est obtenu par lecture directe sur le pH-mètre.

Carbone total

Il a été déterminé par la méthode Walkley-Black (WALKLEY *et al.*, 1934) pour le sol qui consiste en une oxydation à froid du carbone du sol avec du bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) IN en présence de H_2SO_4 concentré. L'excès du bichromate est dosé par du sel de Mohr $Fe(SO_4)_2(NH)_2$ en présence d'indicateur coloré. Le pourcentage de matière organique (MO) est donné par l'expression suivante :

Azote total

La minéralisation de l'azote a été faite selon la méthode de Kjeldahl (BRADSTREET, 1954). Il s'agit d'une attaque acide H_2SO_4 concentrée en présence de catalyseur au sélénium et de H_2O_2 , ce qui convertit l'azote organique en sulfate d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$. L'ion ainsi formé est dosé par colorimétrie automatique au SKALAR, dont le principe est fondé sur la réaction modifiée de Berthelot. L'ammonium est chloré en chlorure d'ammonium qui réagit avec le salicylate pour former le 5-amminosalicilate. Après oxydation par couplage, il se forme un complexe vert dont l'absorbance est mesurée à 660 nm.

Phosphore total

La minéralisation est identique à celle de l'azote total. Le dosage est fait par colorimétrie automatique au SKALAR. Le molybdate d'ammonium et le potassium antimoine tartrate réagissent en milieu acide avec l'acide ascorbique en formant un complexe coloré en bleu en présence du phosphore dont l'absorbance est mesurée à 880 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de phosphore dans le milieu.

Potassium total

La méthode de minéralisation est identique à celle décrite précédemment. Le potassium est dosé par un spectrophotomètre à émission de flamme Jencons selon la méthode proposée par Walinga (WALINGA *et al.*, 2013).

1.3.7. Analyse des données

Les données collectées ont été saisies à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2016. Ces données ont été soumises à une analyse descriptive simple et à une analyse de variance ANOVA à un facteur à l'aide du logiciel Rstudio version 1.1.423 couplé au logiciel R 3.4.3. Lorsqu'une différence significative est observée entre les traitements pour un caractère, l'ANOVA est complétée par le test de Tukey. Les diagrammes ont aussi été réalisés à l'aide du même logiciel. La valeur X de chaque échantillon est assignée d'une lettre en exposant ($X^{(i)}$ où $i = a, b, c, \dots$). Pour cela, les moyennes ont été comparées en utilisant le test de Newman-Keuls dont le niveau de significativité choisi pour les analyses est de 5 % ($P = 0,05$). Le degré de liberté est $n-k$ ou n et k représentent les nombres d'observation et de groupe. Mais avant toutes analyses, les données ont été soumises à un test de normalité (SHAPIRO *et al.*, 1968 ; SHAPIRO *et al.*, 1972) et d'homogénéité de variance (BROWN *et al.*, 1974). L'hypothèse testée est par l'analyse de variance celle de la différence nulle entre les traitements, $H_0 : T_1 = T_2 = \dots = T_n$.

II. Résultats et discussion

2.1. Caractéristiques chimiques des sols du site de Soala

Les résultats des différentes analyses chimiques des sols sont consignés dans le tableau II. L'analyse de ce tableau montre que l'étude a été menée sur un sol à pH neutre très pauvre en matière organique. Il ressort que le pH et les éléments totaux ont plus ou moins été affectés par la présence de ces amendements organo-biologiques dans le sol. Pour ce qui concerne le pH, à part le compost enrichi, aucun effet considérable n'a été induit par les engrais organo-biologiques (le pH est resté neutre environ 7). Le compost enrichi, lui, a eu un effet négatif sur le pH, car il a contribué à acidifier le sol (pH = 5,7). Cette acidification peut provoquer une libération de l'aluminium présent dans le sol, celui-ci, toxique pour les plantes, provoque leur dépérissement. Quant aux éléments totaux (N, P, K), seul P n'a pas été significativement affecté par les trois amendements organo-biologiques. Le Bokashi a contribué à améliorer significativement la teneur en N total du sol, le compost enrichi lui, a contribué à augmenter la teneur en Phosphore total du sol. La pratique conventionnelle n'a ni influencé significativement le pH ni les éléments totaux du sol. Par contre, l'analyse de variance révèle un effet très significatif et positif des amendements organo-biologiques et de l'engrais minéral (pratique conventionnelle) sur la teneur en matière organique du sol. Ces traitements ont contribué à rehausser la teneur en MO du sol. En effet, un sol pauvre en matière organique est également pauvre en carbone et en azote (BRADY *et al.*, 2008), ce qui est justifié dans cette étude (tableau II). En effet, le carbone et l'azote sont les deux composants majeurs de la matière organique du sol. Une carence en matière organique dans le sol réduit la capacité de rétention en eau du sol, diminue la CEC du sol, conduisant à une mauvaise structuration du sol et à une baisse de disponibilité en nutriments en nutriments (BREVIK, 2013). La plus forte influence a été induite par le compost simple (MO \geq 9,5 %), avec cependant un C/N est très élevé à ce niveau (C/N \geq 18 %). Généralement, le rapport C/N détermine la capacité des micro-organismes à décomposer la matière organique du sol. Il est également souvent considéré comme un signe de la capacité de minéralisation de l'azote organique du sol (WU *et al.*, 2001). Selon certains auteurs (GE *et al.*, 2013), le rapport C/N est aussi utilisé pour indiquer la qualité du sol et pour évaluer l'équilibre nutritionnel en carbone et en azote des sols. Selon (GROGA *et al.*, 2018), C et N refléteraient le niveau de fertilité du sol et expliqueraient l'évolution du système écologique régional. Les rapports C/N élevés ralentiraient le taux de décomposition de la matière organique et de l'azote organique (WU *et al.*, 2001). Une fois que le taux de décomposition est ralenti, l'activité microbienne du sol est aussi limitée. De ces traitements, le plus faible rapport C/N a été noté au niveau du Bokashi (C/N = 11,5). Les rapports C/N faibles seraient les meilleurs, car ils accéléreraient le processus de décomposition microbienne de la matière organique et de l'azote du sol (WU *et al.*, 2001). Ce qui justifie la teneur élevée en azote dans le sol soumis au traitement T3 (Bokashi) (tableau II).

Tableau II. Analyse physico chimique des sols

Type d'amendement	Profondeur (cm)	Matière organique (%)	Carbone total (g kg ⁻¹)	Azote total (g kg ⁻¹)	Potassium total (mg kg ⁻¹)	Phosphore total (g kg ⁻¹)	C/N	pH (eau)	pH (KCl)
T0'	0-30	0,517 ^a	0,300 ^a	0,294 ^a	1,393 ^a	135,46 ^b	10	7,2 ^{cd}	7,3 ^d
T0	0-30	0,946 ^b	4,029 ^b	0,256 ^a	1,439 ^a	135,33 ^b	16	7,5 ^d	7,6 ^d
T1	0-30	7,150 ^b	4,147 ^b	0,307 ^a	1,445 ^a	130,55 ^{ab}	14	6,8 ^b	6,9 ^c
T2	0-30	9,545 ^c	5,537 ^c	0,298 ^a	1,363 ^a	136,79 ^b	19	7,4 ^d	6,8 ^c
T3	0-30	7,207 ^b	4,181 ^b	0,364 ^b	1,231 ^a	119,33 ^a	12	6,9 ^{bc}	6,3 ^b
T4	0-30	7,042 ^b	4,085 ^b	0,282 ^a	1,240 ^a	153,00 ^c	15	5,7 ^a	5,7 ^a
Ddl					05				
P-Value					0,0001				
Signification (5 %)					***				

Test de Newman au seuil de 5 %. Les résultats sont les moyennes de trois répétitions. Les valeurs suivies d'une même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

***: très hautement significatif (P < 0,001). T0' : Avant amendement ; T0 : Témoin ; T1 : Pratique conventionnelle ; T2 : Compost simple ; T3 : Bokashi ; T4 : Compost enrichi.

2.2. Effet des amendements organo-biologiques sur la croissance des plants de la tomate

L'effet des amendements organo-biologiques sur la hauteur et le diamètre des plants de la tomate a été évalué (figures 4 et 5). 30 JAS, une différence significative a été notée entre les traitements. Les diamètres moyens des plants de tomates traités avec le traitement T3 (Bokashi) sont plus élevés et significativement différents par rapport à ceux traités avec le compost simple (T2), le compost enrichi (T4), ainsi qu'avec la pratique conventionnelle (T1). Cette même tendance a été observée au 45^e jour après semis. De même, du 60^e au 80^e jour après semis, une évolution très remarquable du diamètre des plants de la tomate soumis au traitement T3 a été observée (figure 4). Aussi, au niveau de la hauteur (figure 5), la même tendance dans la croissance des plants était indiquée. Il est constaté une amélioration significative du développement des plants de tomate (hauteur et diamètre) induite par l'amendement organo-biologique, le Bokashi (T3) (figures 4 et 5) par rapport aux autres amendements. Ces deux figures indiquaient également une amélioration dans la croissance et le développement des plants induits par le compost enrichi (T3) après un mois et demi du cycle végétatif (60^e et 80^e JAS). Aussi, durant tout le cycle végétatif, une différence significative dans la croissance et le développement des plants traités par les amendements organo-biologiques par rapport au témoin T0 et la pratique conventionnelle T1 (NPK + urée) a été observée. Ce qui expliquerait l'importance du compost (matière organique) dans la culture de la tomate. En effet, des études menées par plusieurs auteurs ont montré l'action stimulante des composts (simple, enrichi au *Trichoderma harzianum*, Bokashi) sur la croissance des plantes de tomate (ABIDI *et al.*, 2017 ; GROGA *et al.*, 2018). Cela s'expliquerait par le fait que le compost améliore les qualités physico-chimiques et biologiques du sol, le rythme de diffusion des nutriments et la rétention en eau du sol. L'évolution tardive dans la croissance et le développement des plants de tomate par le compost enrichi, pourrait s'expliquer par le retard de la maturité de ce compost. Ce retard est très criard au niveau du compost simple qui ayant une teneur très élevée en matière organique n'a pas très influencé la croissance des plants de tomate par rapport aux autres composts. Aussi, ce retard de la maturité s'est traduit par un rapport C/N très élevé à ce niveau (tableaux I et II). Il a été établi (LARBI, 2006 ; GROGA *et al.*, 2018) qu'un rapport C/N voisin de 10-15 correspond à un compost mature qui peut amender considérablement les sols sur lesquels les plantes tirent leurs substances nutritives. La matière organique n'était donc pas suffisamment décomposée pour fournir l'azote nécessaire à la croissance des plants de tomate (BACYE, 1993 ; KITABALA *et al.*, 2016). Selon Larbi (2006), si le rapport C/N d'un compost est élevé, il risque d'immobiliser l'azote du sol, car ses microorganismes l'utilisent pour dégrader les substances ligneuses. L'azote n'était donc pas suffisamment disponible pour permettre le développement et la croissance des plants soumis au traitement T2. La maturité du compost enrichi est survenue après un mois et demi du cycle végétatif de la tomate, ce qui s'est traduit par une évolution importante de la croissance des plants aux 60^e et 80^e jours après semis. Le Bokashi, lui a une maturité précoce. Malgré la teneur moins élevée en MO dans ce compost par rapport au compost enrichi (tableau I), cette maturité précoce a favorisé la minéralisation rapide de la matière organique qui a libéré une teneur élevée en azote dans le sol et contribué à la croissance et le développement rapides des plants de la tomate du 30^e au 80^e jour après semis.

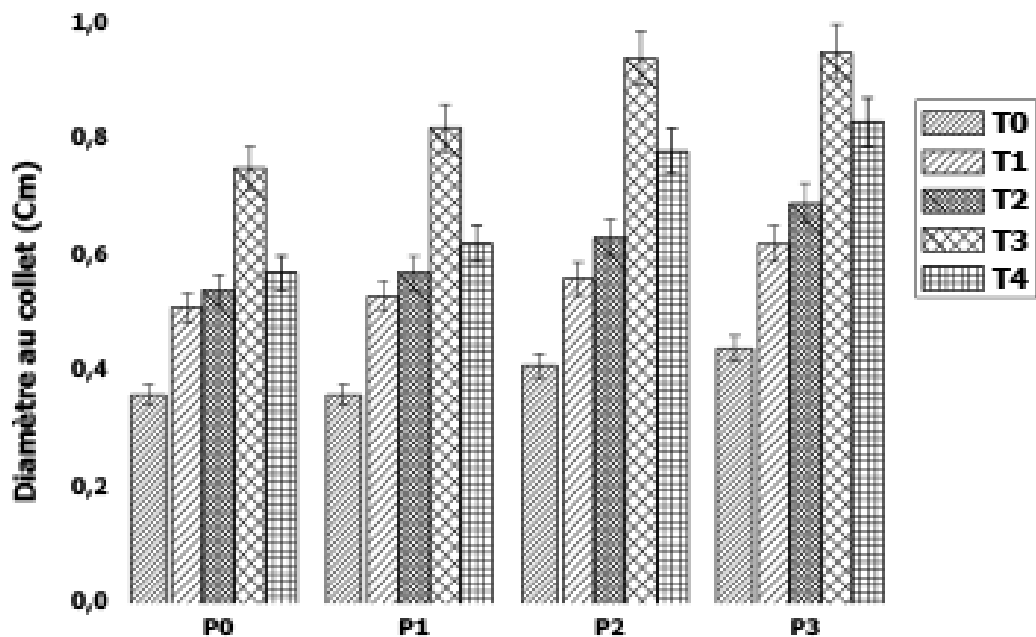


Figure 4. Effet des amendements organo-biologiques sur le diamètre au collet de la tomate.

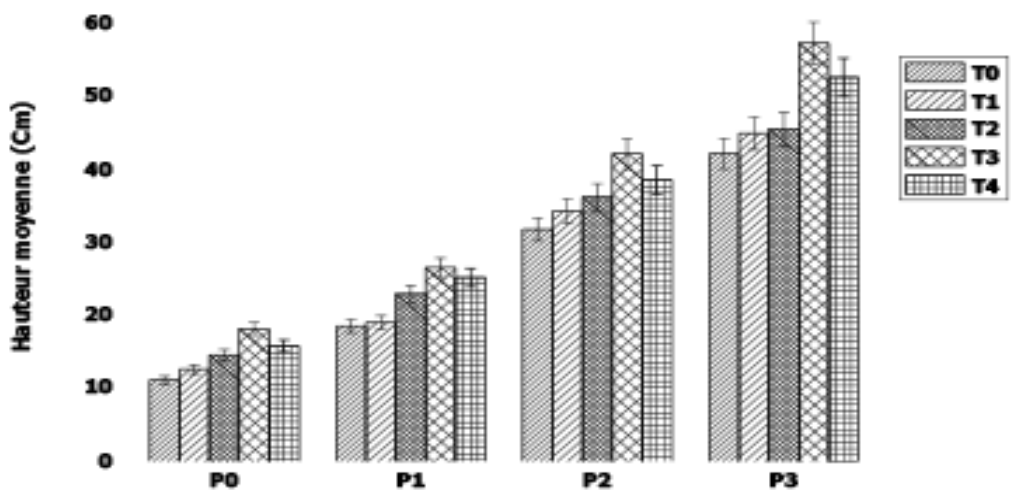


Figure 5. Effet des amendements organo-biologiques sur la hauteur de la tomate.

P0 temps des premières observations et mesure, soit le 30e jour du cycle végétatif. **P1** temps des deuxième observations et mesure, soit le 45e jour du cycle végétatif. **P2** temps des troisième observations et mesure, soit le 60e jour du cycle végétatif et **P3** temps des quatrième observations et mesure, soit 80e jour du cycle végétatif

2.3. Effet des amendements organo-biologiques sur le rendement de la tomate

La quantité de fruits (figure 6) portés par les plants de tomate a été déterminée durant tout le cycle végétatif de la tomate. Similairement à la croissance et au développement des plants, le compost Bokashi (T3) a induit le plus grand nombre de fruits au niveau des plants, suivi du compost enrichi (T4), du compost simple (T2), de la pratique conventionnelle (T1) puis du témoin (T0). De même, pour la quantité de fruits, l'amélioration du nombre de fruits par plant de tomate par le compost enrichi est intervenue après un mois et demi du cycle végétatif de la tomate (figure 6). Aux 30^e et 45^e jours après semis, une différence significative entre la quantité de fruits dans les traitements T3 et T4 a été observée. Cependant, entre 60^e et 80^e jours après semi, cette différence n'est plus significative. Ce résultat est observé sur le rendement (figure 7) où T0 enregistre le plus faible rendement et T3 le plus haut rendement. Le rendement observé au niveau des amendements organo-biologiques (T2, T3 et T4) est significativement supérieur à celui observé au niveau de la pratique conventionnelle (T1) ainsi que les plants témoin (T0). Tout comme indiqué plus haut, le compost a une grande importance et a des effets positifs dans la production de la tomate (rendement élevé de la tomate). De même au niveau du rendement, la précocité dans la maturité du compost Bokashi a contribué à améliorer le rendement (environ 28 t ha⁻¹) de la tomate au niveau du traitement T3. La maturité tardive du compost simple et du compost enrichi n'a pas permis aux plants de bénéficier de l'azote nécessaire pouvant augmenter la production de la tomate. Selon les traitements appliqués, les rendements moyens diffèrent d'un traitement à l'autre.

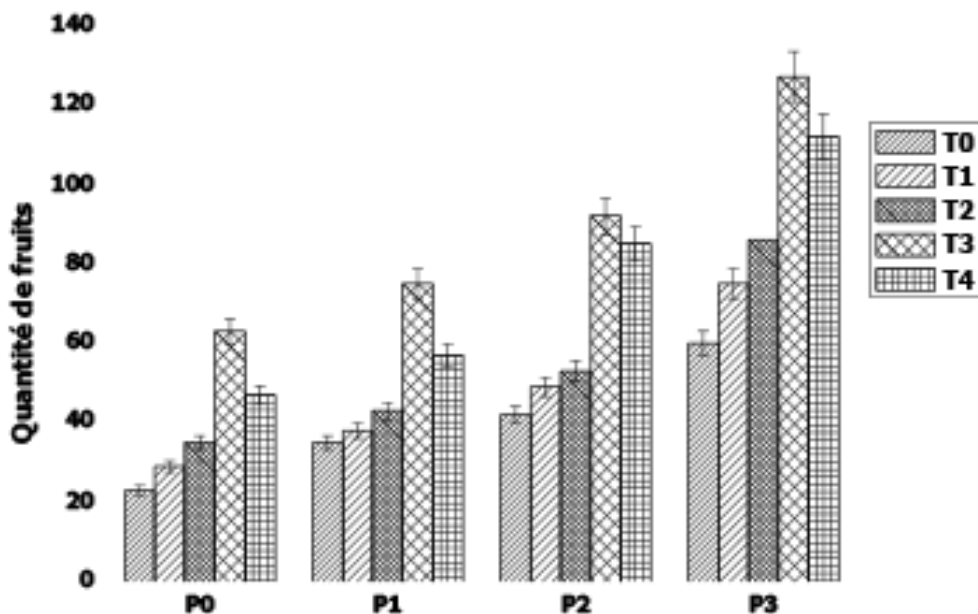


Figure 6. Effet des amendements organo-biologiques sur la quantité des fruits de la tomate.

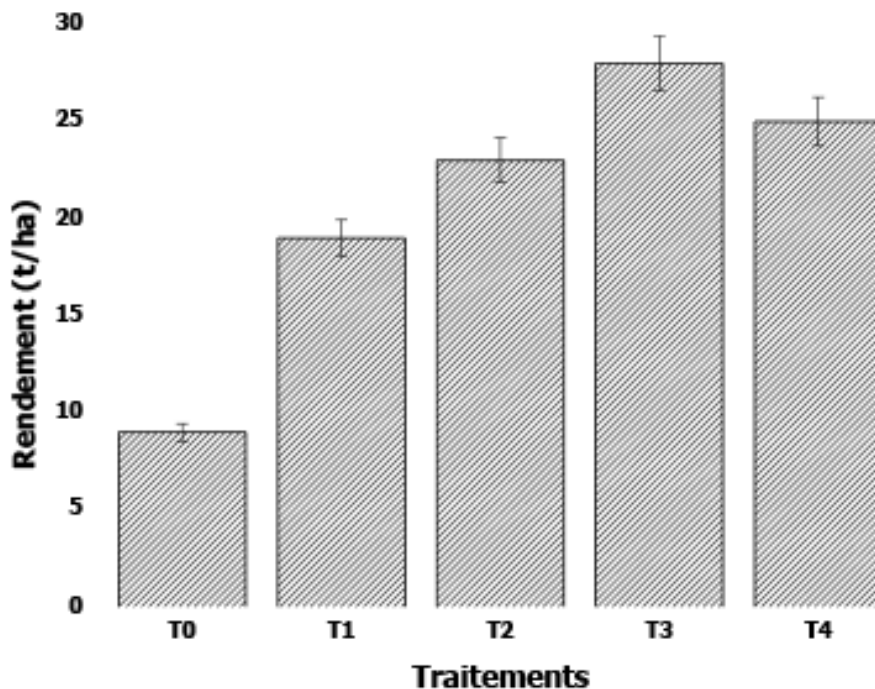


Figure 7. Effet des amendements organo-biologiques sur le rendement de la tomate.

2.4. Effet des amendements organo-biologiques sur l'état sanitaire des plants et fruits de la tomate

Les photos révèlent les différentes maladies observées sur les parcelles soumises à la pratique conventionnelle (NPK+ Urée). Ces parcelles présentaient plus de maladies que celles soumises aux amendements organo-biologiques (compost simple, compost enrichi au trichoderma, Bokashi). En plus, les fruits issus des parcelles soumises à la pratique conventionnelle présentaient une nécrose apicale. Cette nécrose était quasiment absente sur les fruits issus des parcelles soumises aux amendements organo-biologiques. Cela s'expliquerait par la résistance qui est induite par les micro-organismes du compost qui auraient rendu les plantes plus saines et vigoureuses. Cette nécrose est causée par un manque de calcium dans le milieu, lequel est lui-même causé par des conditions climatiques défavorables de la zone d'étude. Ces résultats corroborent ceux de GROGA (2018) qui reportait que les plantes, poussant dans la terre avec compost, étaient nettement moins attaquées par la maladie que les plantes poussant dans la terre sans compost. En plus de cette protection contre les agents pathogènes, certains auteurs (FUCHS, 2002 ; LARBI, 2006) affirment qu'un compost de bonne qualité peut aussi stimuler les défenses de la plante entière. Pour eux, cette aptitude à protéger la plante est due à des mécanismes de suppression quantitatifs ou généraux qui ne sont qu'une inhibition par les micro-organismes, de la synthèse d'enzymes essentiels chez les organismes antagonistes. Ces microorganismes concurrencent par leur nombre les agents pathogènes tels que le *Pythium* et le *Phytophthora* spp. (MANDELBAUM *et al.*, 1990 ; HARDY *et al.*, 1991).



Photos : plantes et fruits de tomate attequés par le TYLCV et l'alternariose

Conclusion

L'étude comparative de la qualité fertilisante des trois amendements organo-biologiques (Bokashi, compost simple, compost enrichi au *trichoderma harzianum*) a mis en évidence l'importance de ces amendements sur la fertilité du sol et sur la productivité de la tomate. De cette étude, il ressort que le pH et les éléments totaux du sol ont plus ou moins été affectés par la présence de ces matières organo-biologiques dans le sol. Le Bokashi a contribué à améliorer la teneur en N du sol et le compost enrichi a induit une augmentation de la teneur en P du sol. De ce fait, le Bokashi (T3) a induit le plus grand nombre de fruits au niveau des plants, suivi du compost enrichi (T4) et du compost simple (T2). Ces amendements organo-biologiques ont contribué à améliorer la production et la qualité de la tomate comparativement à la pratique conventionnelle (T1) et au témoin (T0). En plus, Les amendements organo-biologique particulièrement le Bokashi constituent une bonne source de matière organique. Ils peuvent permettre d'améliorer les propriétés chimiques et biologiques des sols. Leur utilisation dans la gestion durable de la fertilité des sols en culture de tomate pourrait être recommandée. Toutefois, des études sur de long terme devraient être menées.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'administrateur de BIOPROTECT-B, Monsieur SAVADOGO W. Arsène, pour avoir mis à leur disposition les amendements biologiques, les semences de tomate, le terrain d'expérimentation pour la réalisation des essais.

Références bibliographiques

ABIDI L., SNOUSSI S. A. et BRADEA M. S., 2017. Variation du taux de brix sous l'effet d'un biofertilisant. *Bulletin de Science de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso*, 79 (1): 135-144.

BACYE B., 1993. Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (Province du Yatenga, Burkina Faso). Doctorat Unique, Université d'Aix Marseille III, 243 pages.

- BATIONO B. A., KALINGANIRÉ A. et BAYALA J., 2012.** Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi arides de l'Afrique de l'Ouest: Aperçu de quelques systèmes candidats. *ICRAF Technical Manual*, 1 (17): 1-50.
- BRADSTREET R. B., 1954.** Kjeldahl method for organic nitrogen. *Analytical Chemistry*, 26 (1): 185-187.
- BRADY N. C. et WEIL R. R., 2008.** *The nature and properties of soils.* : Pearson Prentice Hall Upper Saddle River. 15 pages.
- BREVIK E., 2013.** The potential impact of climate change on soil properties and processes and corresponding influence on food security. *Agriculture*, 3 (3): 398-417.
- BROWN M. B. et FORSYTHE A. B., 1974.** The small sample behavior of some statistics which test the equality of several means. *Technometrics*, 16 (1): 129-132.
- DJEUGAP F. J., TCHATCHOUANG C. M. T., NKOUANKWI D. M. et DJOUGNE L. S., 2016.** Evaluation expérimentale de trois protocoles de traitement phytosanitaire et de l'effet de la fertilisation organo-minérale sur le mildiou et la rentabilité de la culture de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) à l'Est- Cameroun. *Revue Agriculture*, 11 (1): 29-79.
- FAO, 1987.** *Guide sur les engrais et de la nutrition des plantes.* Bulletin FAO: Engrais et Nutrition végétale. 190 pages.
- FUCHS J., 2002.** Practical use of quality compost for plant health and vitality improvement. *Microbiology of composting*, 1 (1): 435-444.
- GE S., XU H., JI M. et JIANG Y., 2013.** Characteristics of soil organic carbon, total nitrogen, and C/N ratio in Chinese apple orchards. *Open Journal of Soil Science*, 3 (05): 213.
- GROGA N., DIOMANDE M., BEUGRE G. A. M., OUATTARA Y. et AKAFFOU D. S., 2018.** Étude comparative de la qualité de la symbiose (*Anabaena azollae*, *Azolla caroliniana*), du compost et du NPK sur la croissance végétative et le rendement de la tomate (*Lycopersicon esculentum* mill. Solanacée) à Daloa (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 129 (1): 13004-13014.
- HANSON P., CHEN J., KUO C., MORRIS R. et OPEN R., 2001.** Suggestions sur les pratiques culturales de la tomate. Learning center, 1 (1): 1-9.
- HARDY G. S. J. et SIVASITHAMPARAM K., 1991.** Suppression of Phytophthora root rot by a composted Eucalyptus bark mix. *Australian Journal of Botany*, 39 (2): 153-159.
- ILBOUDO O., 1997.** Effets des fumures de fond sur l'acidité du sol et la croissance du cotonnier, Mémoire d'Ingénieur en agronomie. Institut du Développement Rural, Université de Ouagadougou, 88 pages.
- JACQUES S., 2019.** *Amendements organo-biologiques sur la production de la tomate « Une alternative à moindre coût pour la sécurité alimentaire en Afrique ».* : Editions Universitaires Européennes. 49 pages.
- JONES D. L., CLODE P. L., KILBURN M. R., STOCKDALE E. A. et MURPHY D. V., 2013.** Competition between plant and bacterial cells at the microscale regulates the dynamics of nitrogen acquisition in wheat (*Triticum aestivum*). *New Phytologist*, 200 (3): 796-807.
- KITABALA M.A., TSHALA U. J., KALENDA M. A., TSHIJIKA I. M. et MUFIND K. M., 2016.** Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba (RD Congo). *Journal of Applied Biosciences*, 102 (1): 9669-9679.
- LARBI M., 2006.** Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. Thèse de Doctorat Unique, Université de Neuchâtel, 161 pages.
- M'SADAK Y. et M'BAREK A. B., 2013.** Caractérisation qualitative du digestat solide de la bio méthanisation industrielle des fientes avicoles et alternative de son exploitation agronomique hors sol. *Revue des Energies Renouvelables*, 16 (1): 33-42.
- M'SADAK Y. et M'BAREK A. B., 2015.** Evaluation de la maturité et de la qualité chimique des substrats de croissance à base de methacompost avicole pour une meilleure exploitation. *LARHYSS Journal ISSN 1112-3680*, (23): 117-138.

- MANDELBAUM R. et HADAR Y., 1990.** Effects of available carbon source on microbial activity and suppression of *Pythium aphanidermatum* in compost and peat container media. *Phytopathology*, 80 (9): 794-804.
- MISRA R., ROY R. et HIRAOKA H., 2005.** *Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole*. FAO: FAO. ed. Rome. 51 pages.
- OJETAYO A., OLANIYI J., AKANBI W. et OLABIYI T., 2011.** Effect of fertilizer types on nutritional quality of two cabbage varieties before and after storage. *Journal of Applied Biosciences*, 48 (1): 3322-3330.
- SHAPIRO S. S. et WILK M., 1972.** An analysis of variance test for the exponential distribution (complete samples). *Technometrics*, 14 (2): 355-370.
- SHAPIRO S. S., WILK M. B. et CHEN H. J., 1968.** A comparative study of various tests for normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63 (324): 1343-1372.
- SINGBO A., NOUHOHEFLIN T. et IDRISOU L., 2004.** 'Etude des perceptions sur les ravageurs des légumes dans les zones urbaines et périurbaines du sud Bénin, Projet Légumes de qualité, Rapport d'activités, IITA-INRAB-OBEPAB, 21 pages
- THIOMBIANO L., 2000.** Etude de l'importance des facteurs édaphiques et pédopaysagiques dans le développement de la désertification en zone sahélienne du Burkina Faso, These d'État, université de Cocody, République de Côte d'Ivoire, 218 pages
- TOÉ A., 2010.** *Étude pilote des intoxications dues aux pesticides agricoles au Burkina Faso*. SCR: Secrétariat de la Convention de Rotterdam. 53 pages.
- TOUNDOU O. N., 2016.** Evaluation des caractéristiques chimiques et agronomiques de cinq composts de déchets et étude de leurs effets sur les propriétés chimiques du sol, la physiologie et le rendement du maïs (*Zea mays* L. Var. Ikenne) et de la tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Var. Tropimech) sous deux régimes hydriques au Togo. Doctorat Unique, Université de Limoges, 214 pages
- WALINGA I., VAN DER LEE J., HOUBA V. J., VAN VARK W. et NOVOZAMSKY I., 2013.** *Plant analysis manual, Dpt. Soil Sc. Plant Nutr. Wageningen Agricultural University. Syllabus, part 7. Springer Science & Business Media.* : Springer Science & Business Media. 200 pages.
- WALKLEY A. et BLACK I. A., 1934.** An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37 29-38.
- WU H., GUO Z. et PENG C., 2001.** Changes in terrestrial carbon storage with global climate changes since the last interglacial. *Quaternary Sciences*, 21 (4): 366-1373.