

Effets des fertilisants organiques sur la production de la tomate et les paramètres chimiques du sol au Centre Nord du Burkina Faso

Aboubacar COULIBALY^{1,2*}, Jean OUÉDRAOGO³, Sadya Roseline NACRO⁴ et Idriss SERME³

¹ Ecole Normale Supérieure, Ouagadougou, Burkina Faso

² Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

³ Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso

⁴ Institut du Développement Rural (IDR), Bobo Dioulasso, Burkina Faso

(Reçu le 12 Août 2022 ; Accepté le 29 Septembre 2022)

* Correspondance, courriel : coulouby@yahoo.fr

Résumé

Les amendements organiques sont indispensables au maintien de la matière organique du sol, élément essentiel pour l'accroissement de la production. Pour mieux apprécier l'impact de ces amendements organiques sur la production, une étude a été menée en milieu paysan afin d'évaluer l'effet de quatre fertilisants organiques de commerce sur la productivité de la tomate et la fertilité des sols. La valeur fertilisante et l'effet des fertilisants sur la croissance, le rendement, le goût, la longueur et la largeur des fruits des tomates ont été mesurés. Des analyses de sols ont été également faites pour évaluer l'évolution des paramètres chimiques du sol après culture. Les résultats ont montré que contrairement à Fertinova + Organova, Biodeposit élixir+ agro n'avait pas d'effet significatif sur les paramètres agronomiques de la tomate. Le traitement Fertinova+ Organova+ FMV a donné les meilleures croissances en hauteur des plantes (11,40 cm à 20 JAR, 38,44 cm à 40 JAR, et 46,84 cm à 60 JAR), et des tomates plus sucrées (4,3° Brix). Les meilleures croissances en diamètre et rendement de tomate ont été obtenues avec la FMV et les traitements Fertinova+ Organova+ FMV et Biodeposit élixir+ agro+ FMV avec respectivement 10,53mm et 26213kg/ha, 10,43 mm et 23728 kg/ha, 10,51 mm et 21226 kg/ha. Sur les paramètres chimiques du sol, contrairement à Biodeposit élixir+ agro, Fertinova+ Organova a diminué l'acidité du sol de départ et augmenter significativement la teneur en matière organique et en phosphore assimilable du sol par rapport au témoin. Fertinova et Organova semblent donc présenter des résultats agronomiques intéressants qu'il faudra confirmer avec d'autres types de culture.

Mots-clés : *tomate, fertilisants organiques, fumure minérale, rendement, fertilité du sol.*

Abstract

Effects of organic fertilizers on tomato production and soil chemical parameters in Central North Burkina Faso

Organic amendments are essential for maintaining organic matter in the soil, an essential element for increasing production. To better appreciate the impact of these organic amendments on production, a study was conducted in a farming environment to assess the effect of four commercial organic fertilizers on tomato

productivity and soil fertility. The fertilizing value and the effect of fertilizers on the growth, yield, taste, fruit length and width of tomatoes were measured. Soil analyzes were also made to evaluate the evolution of the chemical parameters of the soil after cultivation. The results showed that unlike Fertinova+ Organova, Biodeposit elixir+ agro had no significant effect on the agronomic parameters of tomato. The Fertinova+ Organova+ FMV treatment gave the best plant height growth (11.40 cm at 20 DAT, 38.44 cm at 40 DAT, and 46.84 cm at 60 DAT), and sweeter tomatoes (4.3 ° Brix). The best diameter growth and tomato yield were obtained with FMV and the Fertinova+ Organova+ FMV and Biodeposit elixir+ agro+ FMV treatments with respectively 10.53 mm and 26213 kg/ha, 10.43 mm and 23728 kg/ha, 10.51 mm and 21226 kg/ha. On the chemical parameters of the soil, unlike Biodeposit elixir+ agro, Fertinova+ Organova reduced the acidity of the starting soil and significantly increased the organic matter and assimilable phosphorus content of the soil compared to the control. Fertinova and Organova therefore seem to present interesting agronomic results that will need to be confirmed with other types of crop.

Keywords : *tomato, organic fertilizers, mineral fertilization, yield, soil fertility.*

1. Introduction

Le maraîchage occupe une place importante dans le secteur de l'agriculture au Burkina Faso. Il contribue à 16,5 % dans la production agricole, à 10,5% de celle du secteur primaire et à 4,5 % au produit intérieur brut [1]. C'est une activité principalement de contre saison pratiquée aussi bien en milieu rural, urbain et périurbain à proximité des retenues d'eau. Il permet de combler le déficit de production agricole de la saison pluvieuse et contribue également à la lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire dans notre pays. Parmi les cultures maraîchères, la tomate est la deuxième culture la plus importante après l'oignon. Le Plateau Central, le Centre Nord, et le Centre Ouest sont les principales zones de production au Burkina Faso [2]. La production nationale de la tomate pour la campagne 2011/2012 était estimée à 101 558 tonnes (t) soit 21,2 % de la production maraîchère, sur une superficie d'environ 4636 hectares (ha). Cette superficie représentait 17 % de la superficie totale des cultures maraîchères au niveau national [2]. Malgré la place de choix qu'occupe la culture de la tomate dans le système maraîcher du Burkina Faso, son rendement (22 t/ha) demeure très faible par rapport à celui du premier producteur mondial et africain qui est respectivement de 56 t/ha et 39 t/ha [3]. L'une des causes de ce faible rendement est la pauvreté des sols en matière organique et en phosphore qui sont principalement des contraintes à l'intensification de la production [4]. De plus, l'utilisation de formules d'engrais minéraux non adaptées aux cultures maraîchères conduit à des apports déséquilibrés et à long terme, à une accumulation de certains métaux lourds dans le sol [5]. En effet, de nombreuses études ont montré les effets négatifs des engrais minéraux à long terme sur la fertilité du sol à travers notamment leur effet acidifiant sur le sol [6 - 8]. Face à cette situation, la culture maraîchère doit s'orienter vers des systèmes de cultures plus durables et plus productifs. L'approche gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS) se présente alors comme une solution à cette baisse de fertilité des sols. Elle permet selon [9], une durabilité des systèmes de production et peut garantir une meilleure compétitivité des produits. Cette approche peut s'effectuer à travers l'utilisation des fertilisants organiques. En effet, plusieurs travaux ont montré l'effet bénéfique de la matière organique sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, et conséquemment sur les rendements de cultures [10]. Toutefois, les différentes sources de matières organiques tels que le fumier et le compost n'étant pas toujours disponibles en quantité et en qualité suffisante [4], certains industriels se sont lancés dans la production et la commercialisation de fertilisants organiques. Parmi ces fertilisants, on distingue les fertilisants Biodeposit, Organova et Fertinova qui sont des amendements organiques obtenus à partir de tourbe et sapropèle extrait de fonds marins pour les uns et issues de la valorisation des déchets d'animaux, de végétaux, et de l'agro-industrie pour les autres. Ils

contiennent en plus de la matière organique et des éléments nutritifs, des bactéries fixatrices d'azote et nitrifiantes, des vitamines, des acides aminés qui aident à accélérer le métabolisme et la croissance de la plante. C'est dans le but de déterminer les performances agronomiques de l'usage de ces fertilisants organiques encore nouveau dans l'agriculture Burkinabè que cette étude dont l'objectif général est de contribuer à l'accroissement de la production de la tomate au Burkina Faso a été conduite.

2. Matériel et méthodes

2-1. Zone d'étude

L'étude a été conduite dans le périmètre maraîcher de Zorkoum situé à 30 km au Nord-Ouest de la commune de Kaya (**Figure 1**) chef lieu de la région du Centre-Nord à 100 kilomètres de Ouagadougou. Le périmètre maraîcher de Zorkoum a été choisi pour l'essai par ce qu'il est situé dans une grande zone de production de la tomate au Burkina Faso (Sanmatenga) et aussi, il est facile d'accès. Le climat dans la zone est du type Nord-Soudanien avec des précipitations annuelles variant de 400mm à 900mm et une moyenne pluviométrique de 695,15 mm. Les relevés pluviométriques de 2008 à 2017 montrent que les précipitations sont faibles, irrégulières et mal réparties dans le temps et dans l'espace (**Figure 2**). La saison pluvieuse de la campagne de 2018 s'est étalée sur cinq (05) mois (**Figure 3**). Le réseau hydrographique s'organise autour du cours d'eau Napagba qui constitue le bassin supérieur du Nakambé. La végétation est dominée par la savane arborée ou arbustive avec quelques galeries forestières représentées par *Mitragyna inermis*, *Anogeissus leio carpus*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca* et une végétation des jachères [11]. Le relief se caractérise par deux unités géomorphologiques : la chaîne des collines birrimiennes sur roches cristallines d'une altitude comprise entre 300 et 350 m, et les plateaux latéritiques sur roches sédimentaires qui culminent entre 484m et 511m d'altitude [12]. Les sols dominants sont des lithosols, les sols peu évolués d'apport alluvial, les sols bruns eutrophes tropicaux, les sols ferrugineux tropicaux lessivés et les sols hydromorphes peu humidifiés à pseudogley.

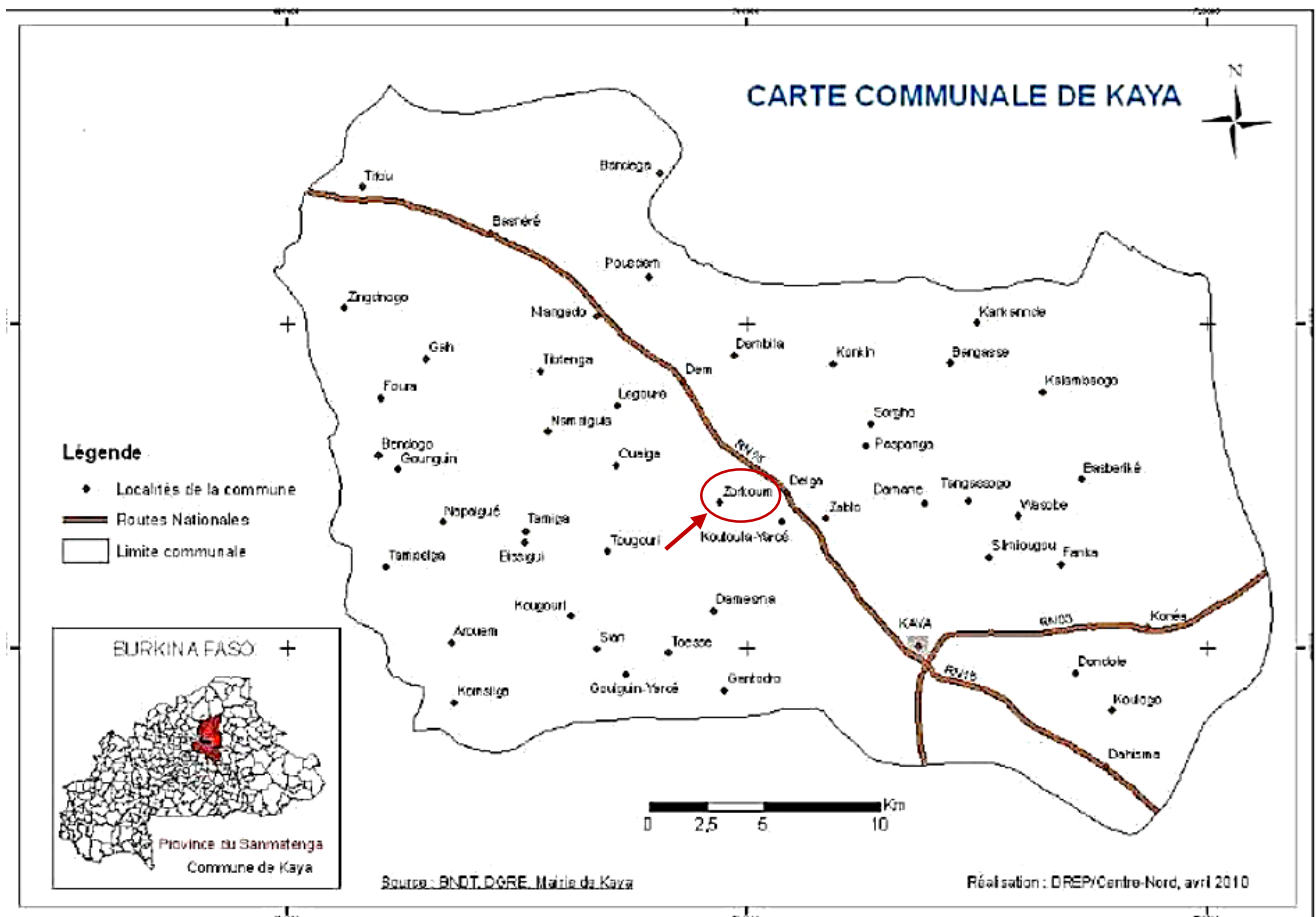


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

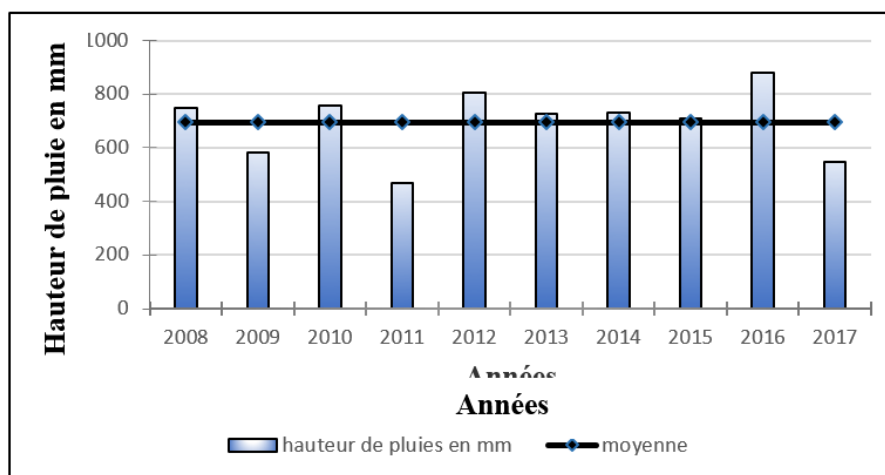


Figure 2 : Pluviosités des années 2008 à 2017 de Kaya (Source : DRAAH du Centre Nord)

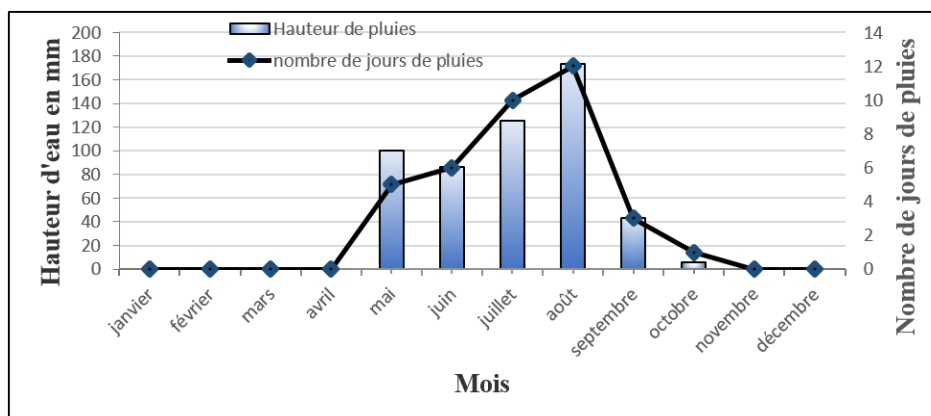


Figure 3 : Pluviosité de la campagne 2018 à Kaya (Source : DRAAH du Centre Nord)

2-2. Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est la variété de tomate FBT 3 fixée pour la saison chaude et humide. Les caractéristiques de cette variété sont présentées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Caractéristiques de la variété de tomate FBT3

Caractères	FBT3
Calibre moyen du fruit (cm)	7
Poids moyen du fruit (g)	90 - 95
Durée du cycle (jrs)	70
Rendement moyen (t /ha)	32

Source : [13]

2-3. Le sol

La caractérisation chimique du sol de départ dans le **Tableau 2** montre que les sols de Zorkoum sont acides surtout en profondeur ($pH < 6$), pauvre en éléments fertilisants majeurs (NPK) ainsi qu'en phosphore assimilable et avec des teneurs en M O inférieure à 0,6 % sur l'ensemble des deux horizons.

Tableau 2 : Caractéristiques chimiques du sol de départ

Horizon (cm)	pH eau	M O total %	N total (g/kg)	K total	P ass	P total (mg/kg)
0-10	5,5	0,6	0,46	0,88	1,8	53
10-20	5,3	0,5	0,42	1,05	0,7	56

2-4. Fertilisants organiques et minéraux

Les fertilisants organiques utilisés sont Biodeposit élixir, Biodeposit agro, Fertinova et Organova. Biodeposit élixir et Biodeposit agro sont des engrais organiques obtenus à partir de sapropèle et de tourbe extraits des fonds marins en Lettonie. Biodeposit Elixir est composé d'acides humiques (123 gr/ L) et fulviques, d'acides aminés, de macro et micro éléments et aide à accélérer le métabolisme et la croissance de la plante (Biodeposit.lv, 2017). Quand a Biodeposit agro c'est un engrais organique de fond. Il est composé de bactéries

fixatrices d'azote et nitrifiantes, de vitamines d'acides aminés, d'enzymes naturelles, un complexe humique, de microéléments, d'Azote (10000 mg/kg), de Phosphore (150 mg/kg), de Potassium (250 mg/kg), de Carbone organique (40 %), et de la matière organique (75 %) (Biodeposit.lv, 2017). Il est vendu sous forme de compost plus ou moins décomposé et crée un milieu de culture pour un développement complet et adéquat de la plante (Biodeposit.lv, 2017). Un plus grand effet est obtenu lorsque Biodeposit élixir est utilisé en conjonction avec Biodeposit agro (Biodeposit.lv, 2017). Fertinova est un biofertilisant riche en matière organique (25 %), Azote (4 %), Anhydride phosphorique (P₂O₅ 3 %), Oxyde de potasse (KOH 3 %), et Oligo-éléments (1 %) avec une teneur de 20 % d'humidité (éléphant-vert.com, 2017). Il est conçu pour subvenir aux besoins complémentaires des plantes en NPK (éléphant-vert.com, 2017) et est commercialisé sous forme de poudre. Organova est un amendement organique certifié biologique, 100 % naturelle issu de la valorisation des déchets animaux, végétaux et de l'agro-industrie. Il contient de la matière organique (30 %) avec une teneur de 30 % d'humidité et conditionné dans des sacs de 50kg sous forme de poudre avec une influence directement sur la structure des sols et améliore considérablement les échanges nutritionnels et hydriques entre la plante et le sol (Eléphant-vert.com, 2017). En plus des fertilisants organiques, les engrais minéraux NPKSB (14-23-14-5S-1B) et l'Urée à 46 % N ont été utilisés pour le test.

2-5. Méthodes

2-5-1. Dispositif expérimental

Le dispositif en milieu paysan a été des blocs dispersés en 5 répétitions ; chaque producteur étant considéré comme une répétition. Le choix des producteurs à tenu compte de l'implication des deux sexes (deux (2) femmes et trois (3) hommes), de la superficie emblavée (La superficie individuelle devrait être supérieure à la taille des blocs). Dans chaque répétition, huit (8) traitements ont été effectués, soit au total 40 parcelles élémentaires. La parcelle élémentaire mesure 6m de longueur sur 6m de largeur soit une superficie de 36m². Les écartements ont été de 80 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets. Dans chaque parcelle élémentaire, il y'a eu 8 lignes et 15poquets par ligne soit 120 poquets/parcelle élémentaire. Une distance de 1m sépare les parcelles élémentaires. Chaque producteur avait une superficie de $(6 \text{ m} \times 8 + 1 \text{ m} \times 7) \times 6\text{m} = 330 \text{ m}^2$. Les traitements comparés se résument comme suit (**Tableau 3**) en fonction des quantités de fertilisants apportés :

Tableau 3 : Quantités de fertilisants apportées suivant les traitements

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Biodeposit élixir (L/ha)	0	0	3,33	3,33	3,33	0	0	0
Biodeposit agro (kg/ha)	0	0	556	556	556	0	0	0
Fertinova (kg/ha)	0	0	0	0	0	3000	3000	3000
Organova (kg/ha)	0	0	0	0	0	2000	2000	2000
NPK (kg/ha)	0	350	0	350	175	0	350	175
Urée (kg/ha)	0	100	0	100	50	0	100	50

(0) : absence de fertilisant

2-5-2. Conduite de la culture

Les semences de tomate ont été d'abord mis en pépinière en pleine terre sur une planche de 7m de long sur 1m de large pour chaque producteur et chacune des planches a été divisée en trois parties avec une distance de 0,5 m entre chaque partie correspondant à :

- ✓ 1 m : sans traitement correspondant aux « témoins »,
- ✓ 3/2m correspondant aux traitements « Biodeposit élixir+ agro associé ou non à la FMV » :

semences ont été trempées dans une solution de Biodeposit élixir (1sachet dans 20l d'eau) pendant 12h puis détrempées pendant 30 à 40 minutes avant d'être semées. La pépinière mise en place a été arrosée ensuite avec le reste de la solution utilisée pour le trempage des semences pendant deux jours et

- ✓ 7/2m correspondant aux traitements « FMV et de Fertinova+ Organova associé ou non à la FMV » : à ce niveau, du compost a été incorporé au sol à raison de 2kg/m² avant le semis. Les semences ont été traitées avec du 20 % Thiamethoxam 20 % Métalaxyl-M, 2 % Difénoconazole avant le semis.

Le semis a été fait en ligne à des écartements de 10 à 15 cm à raison de 2 g de semences/m². La pépinière a été recouverte de paille jusqu'à la levée et a été arrosée chaque jour jusqu'au repiquage. Cinq (5) semaines après la mise en pépinière, les plants ont été repiqués sur les parcelles élémentaires préalablement préparées (labour manuel à la daba suivi de la confection des billons) en fonction des traitements qu'ils ont reçus au niveau de la pépinière. Le repiquage a été fait très tôt le matin après avoir arrosé abondamment la pépinière et le remplacement des pieds manquants a été fait une semaine après le repiquage. Les fertilisants organiques ont été apportés manuellement en Fumure de fond à la préparation du sol à raison de 556 kg/ha de Biodeposit agro, 3000 kg/ha de Fertinova et 2000 kg/ha d'Organova. Le fertilisant organique liquide Biodeposit élixir a été apporté à la dose de 3,33 l/ha à 1 JAR (Jours Après Repiquage) et 3,33l/ha tous les 14 jours pendant 8 semaines avec un arrosoir. Le NPK (14-23-14-5S-1B) a été apporté en deux fractions, à 14 JAR et 28JAR à la dose de 350 kg/ha. L'UREE (46 % N) a été apportée en dose unique de 100 kg/ha en début floraison. L'entretien des parcelles a consisté à irriguer les parcelles chaque trois jour, à désherber manuellement au besoin et à réaliser un traitement phytosanitaire contre les attaques de chenilles avec du Lambda-cyhalothrin à la dose de 400 ml/ha après l'apparition des premiers fruits. Les fruits ont été récoltés aux 75, 85, 98 et 106 JAR. Les récoltes ont concerné les pieds des quatre lignes du centre en éliminant les deux poquets externes (*Figure 4*).

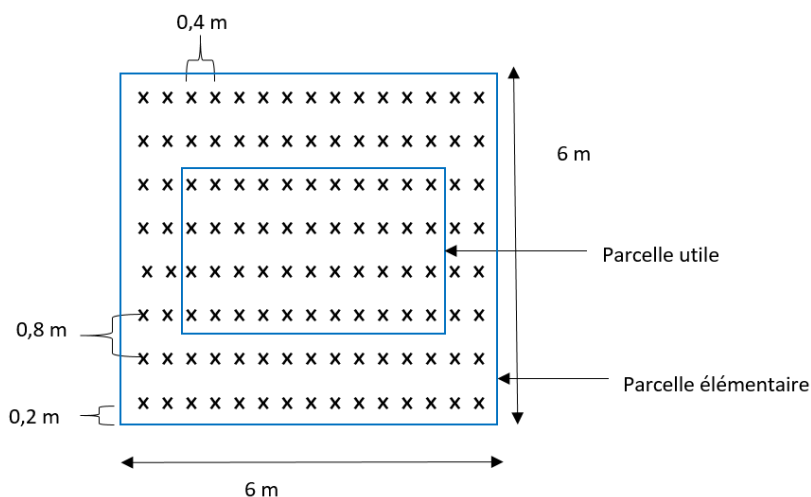


Figure 4 : Dispositif de récolte des données

2-5-3. Paramètres étudiés

La hauteur des plantes (HT) a été mesurée dans la parcelle utile sur 44 pieds au repiquage, 20, 40 et 60 JAR du collet au dernier bourgeon à l'aide d'un mètre ruban. Le diamètre au collet (Diam) a été mesuré sur dix pieds de tomate choisi de façon aléatoire dans la parcelle utile à 85 JAR, à l'aide d'un pied à coulisse électronique. Le rendement (Rdt)/ pieds quand a lui été calculé après chaque récolte dans la parcelle utile de chaque traitement. Celui-ci a été ensuite ramené en kg/hectare à l'aide de la formule (*Équation 1*) suivante :

$$\text{Rdt (kg/ha)} = \frac{\text{Rdt (g/pieds)} \times 31250}{1000} \quad (1)$$

avec, 31250 : nombre de pieds/ha et 1/1000 : facteur de conversion en kg.

Un échantillon de cinq (5) fruits a été prélevé dans la parcelle utile après chaque récolte pour mesurer la longueur (Lfrt) et la largeur (lfrt) des fruits à l'aide d'un pied à coulisse électronique. Sur ce même échantillon, le Brix qui représente la teneur en sucre que le jus de la tomate contient [14] a été déterminé à partir d'un réfractomètre. La méthode consiste à déposer une petite goutte du jus de chaque tomate sur l'écran du réfractomètre, puis de déterminer la valeur du Brix en lisant directement sur l'écran du réfractomètre. Les échantillons de sols ont été prélevés avant l'installation de la culture et à la fin des récoltes à l'aide d'une tarière dans les horizons 0-10 et 10-20 cm. Les prélèvements avant l'installation de la culture ont été effectués sur douze points dans chaque répétition. Après les récoltes, les sols ont été prélevés sur cinq points dans chaque parcelle élémentaire de chaque répétition. Des échantillons composites par répétition et par parcelle élémentaire ont été obtenus en mélangeant les sols de chaque horizon de prélèvement. Les échantillons composites ont été broyés puis tamisés à 2mm et 0,15 mm avant d'être analysés au laboratoire. Le pH a été mesuré par la méthode électrométrique utilisant un pH-mètre à électrode en verre par lecture directe après agitation d'1 heure de solution de sol préparée selon le rapport 1/ 2,5 sol/eau ou sol/KCl- (norme d'AFNOR). Le dosage du carbone total a été fait selon la méthode de Walkley-Black et celui de l'azote par la méthode de Kjeldah procédé qui convertit l'azote organique en sulfate d'ammonium (NH₄) SO₄ puis les ions ammoniums (NH₄⁺) ainsi formés sont déterminés directement par colorimétrie automatique sur le SKALAR. La minéralisation du phosphore total et du potassium total sont identiques à celle de l'azote tandis que le potassium total est dosé au spectrophotomètre à émission de flammes. Quand au phosphore assimilable le dosage a été fait par la méthode Bray I. Elle consiste à extraire le phosphore par une solution de fluor d'ammonium (NH₄F) 0,03 M et d'acide chlorhydrique 0,025 M dans un rapport sol/solution de 1/7. Le phosphore extrait est ainsi déterminé au spectrophotomètre par le bleu de molybdène.

2-5-4. Analyse statistique

Les données ont été soumises à une analyse de variance avec le logiciel STATITIX 10. La séparation des moyennes a été faite avec le test de Student Newman et Keuls au seuil de 5 % de probabilité. Les figures et les courbes ont été générées à partir du tableur Excel.

3. Résultats

3-1. Caractérisation chimique des fertilisants organiques

Il ressort de l'analyse du **Tableau 4** que la teneur de l'azote est relativement identique pour tous les fertilisants sauf Biodeposit élixir. Les fertilisants Fertinova et Organova contiennent des teneurs plus élevées dans les autres éléments nutritifs comparativement au Biodeposit agro et élixir. La teneur en carbone organique (52,4 %) et le rapport C/N (34) de Biodeposit agro indique une faible minéralisation de la matière organique. Par ailleurs, les teneurs en éléments N, P₂O₅ et K₂O des fertilisants organiques sont conformes aux normes françaises NFU 44051 appliquées aux amendements organiques. Selon cette norme, les produits dont la teneur en chacun des éléments N, P₂O₅, K₂O est inférieure à 3 % et N + P₂O₅ + K₂O < 7 % sont classés comme des amendements organiques.

Tableau 4 : Caractéristiques chimiques des fertilisants organiques

ENGRAIS	Fertinova	Organova	Biodeposit Agro	Biodeposit Elixir
C organique total (%)	16,2	14,4	52,4	Traces
N total (%)	1,6	1,5	1,5	0,18
C/N	10	10	34	Traces
P ₂ O ₅ total (%)	1,9	2,0	0,1	Traces
K ₂ O total (%)	1,0	1,4	0,1	0,06
CaO total (%)	0,4	0,5	0,1	0,03
MgO Total (%)	0,4	0,4	0,1	0,08

3-2. Effets de la fertilisation sur les paramètres agronomiques de la tomate

3-2-1. Variation de la hauteur des plantes en fonction de la fertilisation

La **Figure 5** présente les résultats relatifs à l'effet de la fertilisation sur la hauteur des plantes. La croissance des plantes a été marquée par deux phases : une phase stationnaire en début de repiquage et une phase de croissance active à partir de 20 jours après l'application des fertilisants. A 40 jours après repiquage (JAR), les plus grandes croissances en hauteur ont été obtenues avec les traitements T7 (Fertinova + Organova + FMV) ; T8 (Fertinova + Organova + ½ FMV) et T6 (Fertinova+ Organova) avec respectivement des valeurs de 38,40 cm, 33,18 cm, 31,85 cm. Un plateau a cependant été observé au niveau de T6 après le 40 JAR. A 60 JAR, les traitements se présentaient comme suit : T7 > T2 > T8 > T5 > T4 > T6 > T3 > T1. La hauteur des plants du T7 (46,84 cm) était 202 % supérieure à celle des plants du témoin T1 (15,47 cm). Indépendamment de la date de mesure, les traitements T1 (témoin) et T3 (Biodeposit élixir+ agro) ont toujours enregistré les plus faibles valeurs de croissance en hauteur des plantes par rapport aux autres traitements avec respectivement, 5,05 et 4,39 cm à 20 JAR ; 10,76 et 11,94 cm à 40 JAR ; 15,47 et 21,02 cm à 60JAR. A l'opposé le traitement T7 (Fertinova + Organova + FMV) a toujours affiché la plus grande croissance en hauteur des plantes avec respectivement 11,40 cm à 20 JAR ; 38,44 cm à 40 JAR et 46,84 cm à 60 JAR. L'analyse de la variance a révélé des différences très hautement significatives entre les traitements au seuil de 5 % aussi bien à 00 JAR, 20 JAR, 40 JAR et 60 JAR (P < 0,001).

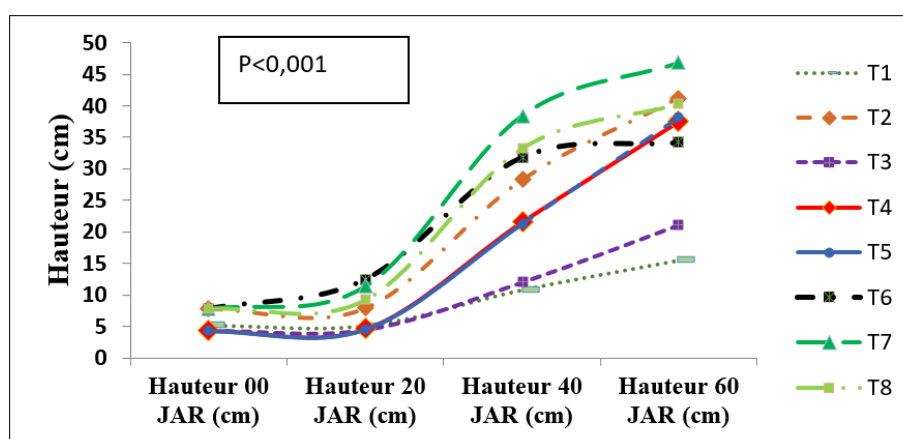


Figure 5 : Variation de la hauteur à 00 ; 20 ; 40 et 60 JAR en fonction de la fertilisation

Légende : T1 : témoin absolu ; T2 : FMV ; T3 : Biodeposit (élixir + agro) ; T4 : Biodeposit (élixir + agro) + FMV ; T5 : Biodeposit (élixir + agro) + ½ FMV ; T6 : (Fertinova + Organova) ; T7 : (Fertinova + Organova) + FMV ; T8 : (Fertinova + Organova) + ½ FMV. JAR : jour après repiquage.

3-2-2. Variation du diamètre des plantes en fonction de la fertilisation

Il ressort de la **Figure 6** que les plus grandes croissances du diamètre des plantes ont été obtenues avec les traitements T2 (FMV), T7 (Fertinova+ Organova+ FMV), et T4 (Biodeposit élixir + agro+ FMV) avec respectivement 10,53 mm ; 10,43 mm et 10,51 mm. Ces derniers forment le meilleur groupe homogène très significativement supérieur au deuxième groupe formé par T6 (Fertinova+ Organova), T8 (Fertinova + Organova+ ½ FMV), et T5 (Biodeposit élixir+ agro+ ½ FMV) avec respectivement 8,02 mm ; 8,75 mm et 8,92 mm. Tous les traitements sauf le T3 (Biodeposit élixir+ agro) ont très significativement augmenté le diamètre des plantes par rapport au témoin (5,8 mm).

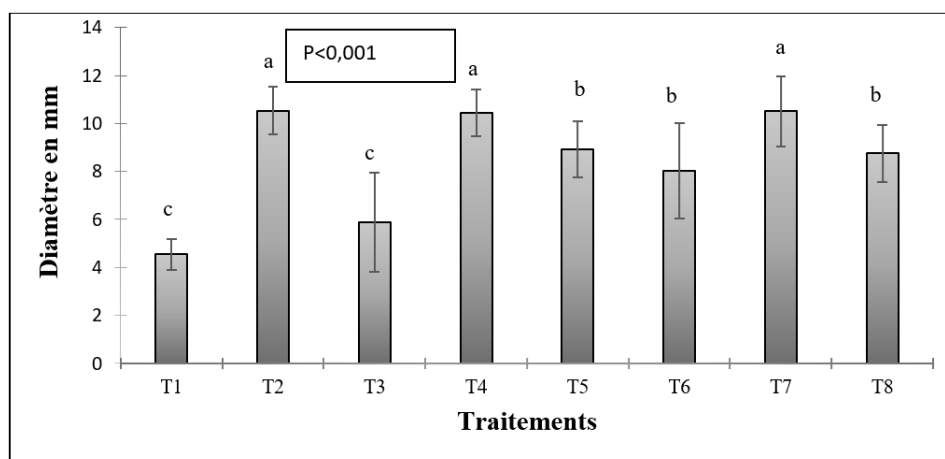


Figure 6 : Variation du diamètre au collet à 85 JAR en fonction de la fertilisation

Légende : T1 : témoin absolu ; T2 : FMV ; T3 : Biodeposit (élixir + agro) ; T4 : Biodeposit (élixir + agro) + FMV ; T5 : Biodeposit (élixir + agro) + ½ FMV ; T6 : (Fertinova + Organova) ; T7 : (Fertinova + Organova) + FMV ; T8 : (Fertinova + Organova) + ½ FMV. Les barres d'erreurs représentent les écarts types des différentes moyennes. Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

3-2-3. Variation du rendement des fruits en fonction de la fertilisation

Les résultats montrent dans la **Figure 7** que les rendements les plus élevés ont été obtenus au niveau des traitements T2 (FMV), T7 (Fertinova+ Organova+ FMV), et T4 (Biodeposit élixir+ agro+ FMV) avec respectivement 26213 kg/ha, 23728 kg/ha, et 21226 kg/ha. Ils sont très significativement supérieurs au deuxième groupe formé par T5 (Biodeposit élixir+ agro+ ½ FMV) ; T8 (Fertinova+ Organova+ ½ FM) et T6 (Fertinova + Organova) avec respectivement 16 368 kg/ha, 15985 kg/ha, et 12 871 kg/ha. Les plus faibles rendements ont été enregistrés avec T1 (témoin) et T3 (Biodeposit élixir + agro) qui sont respectivement de 4 826 kg/ha et 8 720 kg/ha.

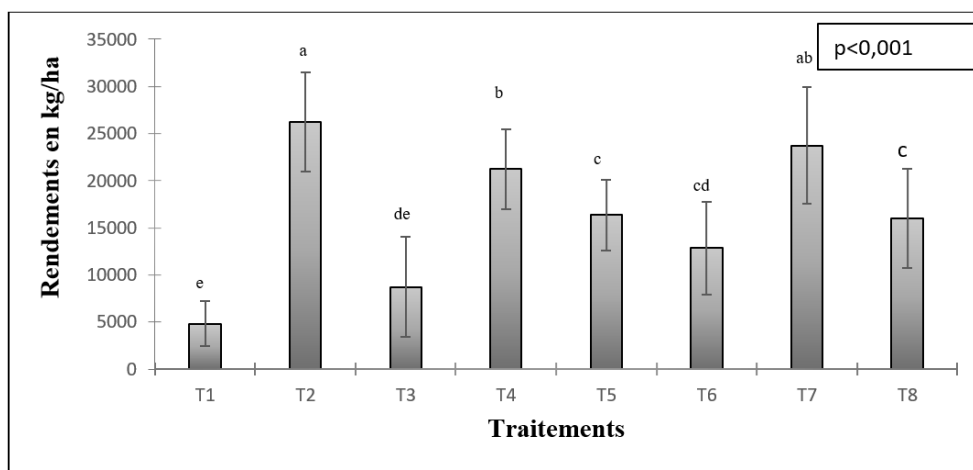


Figure 7 : Variation du rendement des fruits en fonction de la fertilisation

Légende : T1 : témoin absolu ; T2: FMV ; T3: Biodeposit (élixir + agro) ; T4: Biodeposit (élixir + agro) + FMV ; T5 : Biodeposit (élixir + agro) + ½ FMV ; T6: (Fertinova + Organova) ; T7: (Fertinova + Organova) + FMV ; T8 : (Fertinova + Organova) + ½ FMV. Les barres d'erreurs représentent les écarts types des différentes moyennes. Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %

3-2-4. Variation du Brix des fruits en fonction de la fertilisation

Il ressort de la **Figure 8** que les plus grandes valeurs du Brix ont été obtenues avec les traitements T7 (Fertinova+ Organova + FMV), T8 (Fertinova+ Organova+ ½ FMV), et T6 (Fertinova+ Organova) qui sont respectivement de 4,3 ; 3,9 ; 3,8. Le témoin et le traitement T5 (Biodeposit élixir+ agro+ ½ FMV) ont donné avec les traitements T3 (Biodeposit élixir+ agro) et T2 (FMV) les plus faibles valeurs avec respectivement 2,9 ; 3,2 ; 3,4 et 3,6.

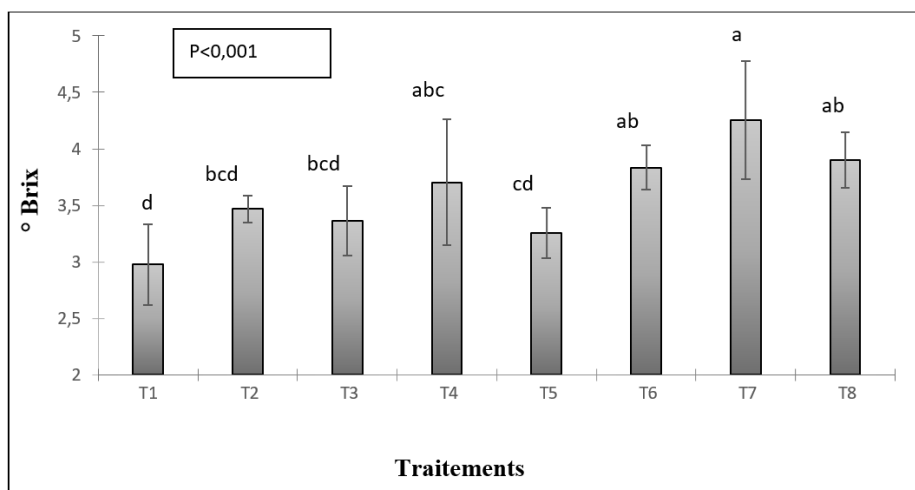


Figure 8 : Variation du Brix des fruits en fonction de la fertilisation

Légende : T1 : témoin absolu ; T2: FMV ; T3: Biodeposit (élixir + agro) ; T4: Biodeposit (élixir + agro) + FMV ; T5 : Biodeposit (élixir + agro) + ½ FMV ; T6: (Fertinova + Organova) ; T7: (Fertinova + Organova) + FMV ; T8 : (Fertinova + Organova) + ½ FMV. Les barres d'erreurs représentent les écarts types des différentes moyennes. Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

3-2-5. Variation de la longueur et la largeur des fruits en fonction de la fertilisation

Il ressort du **Tableau 5** que les plus longs fruits ont été observés avec les traitements T2 (FMV), T7 (Fertinova + Organova + FMV), et T8 (Fertinova + Organova + ½ FMV). Tous les traitements forment un groupe homogène et sont très significativement supérieurs au témoin. Concernant la largeur des fruits, le traitement T2 (FMV) a également produit le plus grand effet suivi de T6 (Fertinova + Organova), T7 (Fertinova + Organova + FMV), T8 (Fertinova + Organova + ½ FMV), et T5 (Biodeposit élixir + agro + ½ FMV) qui forment le meilleur groupe homogène significativement supérieur à T3 (Biodeposit élixir + agro), T4 (Biodeposit élixir + agro + FMV) et T1 (témoin).

Tableau 5 : Variation de la longueur et de la largeur des fruits en fonction de la fertilisation

Traitements	Longueur (cm)	Largeur (cm)
T1 : Témoin absolu	3,19 ^b ± 0,26	3,02 ^c ± 0,25
T2 : FMV	4,29 ^a ± 0,15	3,95 ^a ± 0,23
T3 : Biodeposit élixir + agro	3,75 ^a ± 0,10	3,46 ^{bc} ± 0,15
T4 : Biodeposit élixir + agro + FMV	3,79 ^a ± 0,51	3,42 ^{bc} ± 0,57
T5 : Biodeposit élixir + agro + ½ FMV	3,92 ^a ± 0,25	3,60 ^{ab} ± 0,28
T6 : Fertinova + Organova	3,87 ^a ± 0,17	3,62 ^{ab} ± 0,23
T7 : Fertinova + Organova + FMV	4,29 ^a ± 0,20	3,74 ^{ab} ± 0,37
T8 : Fertinova + Organova + ½ FMV	4,00 ^a ± 0,26	3,81 ^{ab} ± 0,30
Signification	THS	THS
Probabilité	< 0,001	< 0,001

Légende : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % THS = très hautement significatif (P < 0,001).

3-2-6. Corrélation entre les différentes variables

Le test de Pearson (n) indique qu'il existe une corrélation c'est-à-dire un lien entre les différentes variables étudiées. Les résultats de l'analyse sont présentés dans le **Tableau 6** de la matrice de corrélation. Il ressort des résultats qu'il existe une corrélation hautement positive entre la hauteur à 60 jours et le diamètre des plantes (R^2 : 0,861). Il existe également une forte corrélation positive entre la hauteur à 60 jours et le rendement d'une part (R^2 : 0,812) et d'autre part entre le diamètre et le rendement (R^2 : 0,852). Aussi, entre la longueur et la largeur du fruit (R^2 : 0,922) et entre la hauteur à 40 jours et le Brix.

Tableau 6 : Matrice de corrélation entre les différentes variables

Variabes	Ht40	Ht60	Diam	Rdt	Lfrit	lfrit	Brix
Ht40	1						
Ht60	0,780	1					
Diam	0,596	0,861	1				
Rdt	0,499	0,812	0,852	1			
Lfrit	0,524	0,583	0,567	0,585	1		
lfrit	0,482	0,550	0,488	0,550	0,922	1	
Brix	0,684	0,461	0,273	0,186	0,418	0,358	1

Légende : Ht40 : hauteur des plantes à 40 jours après repiquage (JAR) ; Ht60 : hauteur des plantes à 60 JAR ; Diam : diamètre des plantes ; Rdt : rendement ; Lfrit : longueur des fruits ; lfrit : largeur des fruits.

3-2-7. Effets de la fertilisation sur les propriétés chimiques du sol

Les résultats du **Tableau 7** montrent que sur l'horizon 0-10 cm, les traitements T8 (Fertinova+ Organova+ ½ FMV), T1 (témoin), T3 (Biodeposit élixir + agro), T6 (Fertinova + Organova), et T7 (Fertinova + Organova+ FMV) ont donné les valeurs élevées du pH_{eau}. Ils forment un groupe homogène supérieur à T5 (Biodeposit élixir + agro + ½ FMV). On note par ailleurs que les traitements T2 (FMV) et T4 (Biodeposit élixir + agro + FMV) ont un pH_{eau} très significativement inférieur au témoin. Sur l'horizon 10-20 cm, le même effet est observé au niveau des traitements T2 (FMV) et T4 (Biodeposit élixir + agro + FMV). Les plus grandes valeurs du pH_{eau} sont observés au niveau des traitements T1 (témoin), T6 (Fertinova + Organova), et T8 (Fertinova + Organova + ½ FMV) qui forment un groupe homogène numériquement supérieur à T7 (Fertinova+ Organova+ FMV), T5 (Biodeposit élixir + agro + ½ FMV), et T3 (Biodeposit élixir + agro). Pour le pH_{Kcl}, les traitements T8 (Fertinova + Organova + ½ FMV), T7 (Fertinova + Organova+ FMV), et T6 (Fertinova + Organova) présentent les plus grandes valeurs sur l'horizon 0-10 cm. Ils forment un groupe homogène très significativement supérieur à T1 (témoin), et T3 (Biodeposit élixir+ agro). Les traitements T2 (FMV) et T4 (Biodeposit élixir+ agro + FMV) affiche toujours un pH_{Kcl} très significativement inférieur au témoin. Sur l'horizon 10-20 cm, tous les traitements forment un groupe homogène, avec des valeurs du pH_{Kcl} cependant plus élevées au niveau des traitements T7 (Fertinova + Organova+ FMV), et T8 (Fertinova + Organova+ ½ FMV). Les plus fortes teneurs en M O sont observées au niveau des traitements T6 (Fertinova+ Organova), T7 (Fertinova + Organova + FMV), et T8 (Fertinova + Organova+ ½ FM) (**Tableau 6**).

Ils forment un groupe homogène très significativement supérieur aux autres traitements sur l'horizon 0-10 cm, tandis que sur l'horizon 10-20 cm, aucune différence significative n'est observée entre les traitements. La teneur en azote a augmenté par rapport au témoin dans tous les traitements sauf T3 (Biodeposit élixir+ agro) sur l'horizon 0-10 cm, et T2 (FMV) sur l'horizon 10-20 cm. Les plus grandes valeurs ont été observées au niveau des traitements T7 (Fertinova+ Organova+ FMV), T6 (Fertinova+ Organova), et T4 (Biodeposit élixir+ agro + FMV). L'analyse ne montre pas de différence significative entre les traitements sur les deux horizons (**Tableau 6**). Sur l'horizon 0-10 cm, seul le traitement T7 (Fertinova + Organova + FMV) a augmenté la teneur en potassium total par rapport au témoin, tandis que sur l'horizon 10-20 cm, ce sont les traitements T5 (Biodeposit élixir+ agro + ½ FMV), T7 (Fertinova + Organova+ FMV), et T8 (Fertinova + Organova+ ½ FMV). L'analyse ne montre pas de différence significative entre les traitements sur les deux horizons (**Tableau 6**). La teneur en phosphore total du sol a baissé par rapport au témoin au niveau des traitements T3 (Biodeposit élixir+ agro), et T5 (Biodeposit élixir+ agro+ FMV) sur l'horizon 0-10 cm, et dans tous les traitements sur l'horizon 10-20 cm. L'analyse ne montre pas de différence significative entre les traitements sur les deux horizons (**Tableau 6**). Les plus fortes teneurs en phosphore assimilable ont été observées au niveau des traitements T8 (Fertinova+ Organova+ ½ FMV), T6 (Fertinova+ Organova), et T7 (Fertinova+ Organova+ FMV). Ils forment un groupe homogène très significativement supérieur à T1 (témoin), T3 (Biodeposit élixir+ agro), et T5 (Biodeposit élixir+ agro + ½ FMV) qui ne diffèrent pas statistiquement de T2 (FMV), et T4 (Biodeposit élixir+ agro+ FMV). Les mêmes tendances sont observées sur l'horizon 10-20 cm.

Tableau 7 : Caractéristiques chimiques du sol en fin de campagne

Trait.	pH _{eau}		pH _{KCl}		M O (%)		N total (g/kg)		K total (g/kg)		P ass. (mg/kg)		P total (mg/kg)	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
T1	6,3 ^{ab} ±0,3	5,8 ^a ±0,2	5,5 ^c ±0,2	4,7 ^{ab} ±0,2	0,51 ^{cd} ±0,088	0,5 ±0,084	0,46 ±0,06	0,47 ±0,108	1,48 ±0,582	1,79 ±0,532	1,6 ^c ±0,5	0,82 ^c ±0,3	87,6 ±32	311,2 ±378
T2	5,5 ^{cd} ±0,4	5,3 ^c ±0,2	5,1 ^d ±0,1	4,6 ^{ab} ±0,2	0,53 ^{cd} ±0,070	0,53 ±0,074	0,52 ±0,075	0,42 ±0,020	1,37 ±0,358	1,66 ±0,537	14,5 ^{bc} ±6,1	4,37 ^{abc} ±1 ,7	96,7 ±25	193,1 ±125
T3	6,2 ^{ab} ±0,2	5,6 ^{bc} ±0,2	5,5 ^c ±0,3	4,7 ^{ab} ±0,3	0,42 ^d ±0,116	0,53 ±0,062	0,43 ±0,064	0,52 ±0,101	1,26 ±0,380	1,58 ±0,480	7,4 ^c ±7,3	1,22 ^c ±0,7	72,6 ±15	174,0 ±144
T4	5,5 ^d ±0,1	5,4 ^c ±0,1	5,0 ^d ±0,2	4,5 ^{ab} ±0,1	0,58 ^{bcd} ±0,104	0,54 ±0,068	0,58 ±0,061	0,55 ±0,169	1,43 ±0,425	1,79 ±0,631	11,4 ^{bc} ±4,0	3,10 ^{bc} ±1, 0	79,6 ±6	93,4 ±26
T5	5,9 ^{bc} ±0,2	5,5 ^{bc} ±0,1	5,6 ^{bc} ±0,2	4,7 ^{ab} ±0,2	0,63 ^{abc} ±0,120	0,51 ±0,053	0,52 ±0,092	0,49 ±0,079	1,47 ±0,516	1,70 ±0,508	7,2 ^c ±5,1	2,10 ^c ±1,1	115,9 ±50	93,0 ±17
T6	6,1 ^{ab} ±0,1	5,7 ^{ab} ±0,1	6,0 ^a ±0,1	4,8 ^{ab} ±0,1	0,81 ^a ±0,120	0,60 ±0,078	0,58 ±0,045	0,51 ±0,041	1,22 ±0,490	1,61 ±0,374	24,2 ^{ab} ±11,5	8,51 ^{ab} ±4, 8	93,4 ±15	113,4 ±42
T7	6 ^{ab} ±0,1	5,5 ^{bc} ±0,1	5,9 ^{ab} ±0,3	5,0 ^a ±0,3	0,74 ^{ab} ±0,058	0,59 ±0,103	0,59 ±0,084	1 ±0,656	1,75 ±0,877	1,90 ±0,458	22,3 ^{abc} ±9,9	8,59 ^{ab} ±3, 9	95,1 ±28	102,0 ±44
T8	6,3 ^a ±0,2	5,7 ^{ab} ±0,1	6,2 ^a ±0,2	4,9 ^a ±0,2	0,78 ^{ab} ±0,139	0,66 ±0,074	0,55 ±0,068	0,53 ±0,166	1,39 ±0,397	1,79 ±0,509	33,5 ^a ±15,3	10,02 ^a ±5 ,9	111,2 ±66	98,7 ±35
Significa tion	THS	THS	THS	THS	HS	NS	NS	NS	NS	NS	THS	HS	NS	NS
probabili té	< 0,001	<.0001	< 0,001	< 0,001	0.002	0.265	0,107	0.261	0,749	0.584	< 0.001	0.002	0.521	0.663

Légende : T1 : témoin absolu ; T2 : FMV ; T3 : Biodeposit (élixir + agro) ; T4 : Biodeposit (élixir + agro) + FMV ; T5 : Biodeposit (élixir + agro) + ½ FMV ; T6 : (Fertinova + Organova) ; T7 : (Fertinova + Organova) + FMV ; T8 : (Fertinova + Organova) + ½ FMV. THS : très hautement significatif. HS : hautement significatif. NS : non significatif. 0-10 = horizon 0-10 cm et 10-20 = horizon 10-20 cm.

4. Discussion

4-1. Effets de la fertilisation sur les paramètres agronomiques de la tomate

Les résultats montrent que le traitement Fertinova + Organova associé à la FMV a donné la plus grande croissance en hauteur des plantes. Ce résultat concorde avec ceux de [15 - 17] qui ont relevé les meilleures croissances en hauteur des plantes de tomates au niveau des fertilisants organiques associé à la fumure minérale. Cela s'expliquerait par le fait que la matière organique constitue une source supplémentaire d'éléments nutritifs et améliore l'efficacité des engrais minéraux, ce qui rend plus disponible les éléments nutritifs pour la croissance des plantes. La FMV a donné les meilleures croissances en diamètre et rendement des tomates. Son effet a été significativement plus élevé que Fertinova+ Organova seul et Biodeposit élixir + agro seul. L'effet de la FMV sur la croissance et le rendement des tomates concorde avec ceux de [18, 19] qui ont rapporté un effet significatif sur la croissance et le rendement de trois variétés de tomate (Roman, Mongal et Local) avec la fumure azoté/potassique. Ceci s'explique par le fait que l'engrais minéral apporte les éléments nutritifs qui sont directement utilisables par les plantes contrairement aux amendements organiques qui doivent d'abord se minéraliser avant de rendre disponible les éléments nutritifs pour les cultures. Les rendements obtenus avec Fertinova+ Organova dans notre étude (13 t/ha) sont inférieurs à ceux de [10] au Congo et [20] au Sénégal qui rapportent respectivement 15 t/ha et 27 t/ha de tomate avec le compost. Ces différences de rendements pourraient s'expliquer par la dose de la matière organique apportée. En effet ces auteurs ont apportés 30 t/ha de compost soit 6 fois plus que la dose apportée dans notre étude. Biodeposit élixir+ agro contrairement à Fertinova+ Organova n'a pas eu un effet significatif sur la hauteur des plantes. Ce résultat s'apparente à celui de [10] qui rapportait aucun effet significatif sur la hauteur des tomates à différentes doses de compost.

Ces auteurs expliquent cela par le fait que l'azote avait été apporté sous forme organique. Les résultats obtenus dans notre étude pourraient être dû au fait que Biodeposit agro est relativement pauvre en élément nutritifs, et son rapport C/N ne favorise pas la décomposition rapide de la matière organique pouvant satisfaire les besoins des plantes. La forte corrélation positive ($R^2 : 0,812$) entre la hauteur des plantes et le rendement observé dans le tableau (VII) expliquent probablement les faibles rendements obtenus aussi avec Biodeposit élixir+ agro. Il a été observé que Biodeposit élixir+ agro ou Fertinova+ Organova associé à la FMV avait un rendement numériquement inférieur à la FMV. Ces résultats contraires à ceux rapportés par de nombreux auteurs avec la fumure organo-minérale [21 - 23] pourraient s'expliquer dans le cas de Biodeposit agro à une immobilisation de l'azote dû à sa forte teneur en carbone, et dans le cas de Fertinova+ Organova à une mauvaise concordance avec les besoins de la plante dû à une minéralisation plus rapide de la matière organique. Le Brix est un critère très important généralement utilisé dans la transformation industrielle des tomates. Il représente la teneur en sucre que le jus de la tomate contient [14]. Les résultats ont montré dans notre étude que le traitement Fertinova + Organova+ FMV (T7) a donné la meilleure valeur du Brix des fruits qui est de 4,3 ° Brix. Cette valeur se rapproche du seuil de qualité du Brix défini par [24]. En effet ces auteurs, après avoir établi une forte corrélation positive entre l'appréciation des consommateurs et les analyses biochimiques des valeurs du Brix de trois variétés de tomate ont établi une valeur seuil de qualité du Brix supérieur à 4,5 ° Brix. Ce résultat proviendrait du fait que ces deux amendements sont riches en micronutriments surtout le calcium qui est un élément déterminant de la qualité des fruits [25].

4-2. Effet de la fertilisation sur les propriétés chimiques du sol en fin campagne

Les résultats des analyses du sol montrent que le témoin contrairement à nos attentes, a affiché une valeur élevée du pH_{eau} sur les deux horizons du sol. Etant donné que la production a été faible au niveau de ce traitement, on pourrait donc penser que les exportations d'éléments nutritifs n'ont pas été aussi intenses

pour faire baisser le pH du sol. Sur l'horizon 0-10 cm, le pH_{KCl} du sol, la matière organique, le phosphore assimilable ont augmenté significativement par rapport au témoin avec Fertinova + Organova. L'effet sur le pH et le phosphore assimilable est probablement dû à un meilleur fonctionnement du complexe argilo-humique grâce à la matière organique apportée par ces amendements. Fertinova + Organova améliore également l'efficacité de la FMV. En effet, l'apport de Fertinova+ Organova associé à la FMV a donné les meilleurs résultats sur le pH_{eau} et KCl du sol ainsi que les teneurs en azote, en potassium et phosphore disponibles. La FMV et le traitement Biodeposit élixir+ agro+ FMV ont affiché un pH très significativement inférieur au témoin sur les deux horizons du sol. L'effet de la FMV est probablement dû à l'effet de l'azote dans l'engrais qui aurait accéléré la minéralisation de la matière organique provoquant ainsi une acidification du sol [26].

5. Conclusion

L'objectif de cette étude était de caractériser quatre (04) fertilisants organiques de commerce, d'évaluer leur efficacité agronomique sur la tomate, ainsi que leurs effets sur l'évolution des paramètres chimiques du sol. Il ressort à la fin de cette étude qu'en termes de valeur fertilisante, excepté l'azote dont la teneur est relativement identique, Fertinova et Organova sont plus riches en éléments nutritifs (P_2O_5 , K_2O , MgO , CaO) que Biodeposit agro. Sur les paramètres agronomiques de la tomate, Biodeposit élixir+ agro contrairement à Fertinova+ Organova n'a pas eu un effet significatif sur la croissance, les rendements, le Brix, et le calibre des fruits de tomates. Son effet devient significatif lorsqu'il est associé à la FMV. Le traitement Fertinova+ Organova+ FMV (T7) a donné le meilleur résultat sur la croissance en hauteur et en sucre soluble (Brix) des tomates ($4,2^\circ$ Brix). La plus grande croissance en diamètre des plantes (10,53 mm) et le meilleur rendement (26213 kg/ha) ont été obtenus avec la FMV. Les paramètres chimiques tels que la teneur en matière organique et le phosphore assimilable ont significativement augmenté dans les deux horizons du sol par rapport au témoin avec Fertinova+ Organova en fin de culture. La FMV a baissé significativement le pH, et diminué les teneurs en azote, phosphore et potassium du sol par rapport au témoin.

Références

- [1] - MAHRH, "Analyse de la filière maraîchage au Burkina Faso", Rapport du Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Burkina Faso, (2007)
- [2] - MASA, "Rapport d'analyse du maraîchage campagne 2011/2012". Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire, Burkina Faso, (2014)
- [3] - FAOSTAT, "Situation de la production de tomates au Burkina Faso", <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>, (2016)
- [4] - F. LOMPO, Z. SEGDA, Z. GNANKAMBARY, et N. OUANDAOGO, "Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs" *Tropicultura*, 27 (2) (2009) 105 - 109
- [5] - D. I. KIBA, "Diversité des modes de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la qualité des sols et la production des cultures en zones urbaine, périurbaine et rurale au Burkina Faso", Thèse de doctorat. IDR/Bobo, (2012)
- [6] - P. M. SEDOGO, "Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité", Doctorat es Sciences Naturelles (Agro-éco-pédologie), Université Nationale de Côte d'Ivoire, (1993)
- [7] - B. V. BADO, M. P. SEDOGO, M. P. CESCAS, F. LOMPO et A. BATIONO, "Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso", *Cahiers Agricultures*, 6 (1997) 571 - 575

- [8] - M. BONZI, "Evaluation et déterminisme du bilan de l'azote en sols cultivés du centre Burkina Faso : Etude par traçage isotopique ^{15}N au cours d'essais en station et en milieu paysan", Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, (2002)
- [9] - A. BATIONO, B. WASWA, A. ABDU, B. V. BADO, M. BONZI, E. IWUAFOR, C. KIBUNJA, J. KIHARA, M. MUCHERU, D. MUGENDI, J. MUGWE, C. MWALE, J. OKEYO, A. OLLE, K. ROING and M. SEDOGO, "Overview of long term experiments in Africa" in "Lessons learned from long-term soil fertility management experiments in Africa" A. Bationo, B. Waswa, J. Kihara, I. Adolwa, B. Vanlauwe, S. Koala, Ed. Springer, New York London, (2012)
- [10] - M. A. KITABALA, U. TSHALA, M. A. KALENDA, I. M. TSHIJIKA et K. M. MUFIND, "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 (2016) 9669 - 9679
- [11] - B. BELEM, C. S. OLSEN, I. THEILADE, R. BELLEFONTAINE, S. GUINKO, A. M. LYKKE, A. DIALLO et J. I. BOUSSIM, "Identification des arbres hors forêt préférés des populations du Sanmatenga (Burkina Faso)", *Bois et forêts des tropiques*, 298 (4) (2008) 53 - 64
- [12] - MATD, "Plan communal de Développement de la commune de Kaya", Ministère de l'administration territoriale et de la décentralisation, (2017) 222 p.
- [13] - A. ROUAMBA, J. BELEM, W. V. TARPAGA, L. OTOIDOBIGA, L. OUEDRAOGO, Y. A. KONATE et G. KAMBOU, "Itinéraires techniques de production des tomates d'hivernage FBT" Fiche technique INERA Farako-Bâ, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, (2013) 4 p.
- [14] - M. BOUMENDJELI, M. HOUHAMDI, M. F. SAMAR, H. SABEG, A. BOUTEBBA et M. SOLTANE, "Effet des traitements thermiques d'appertisation sur la qualité biochimique, nutritionnelle et technologique du simple, double et triple concentré de tomate", *Sciences et Technologie*, 36 (2012) 51 - 59
- [15] - L. NANA, "Effet d'un fertilisant organo-minéral (Fertinova 4-3-3) sur les propriétés chimiques du sol et la production de quelques cultures maraichères en milieu paysan au Burkina Faso", Mémoire d'ingénieur agronome, ISEDR/Dédougou, (2016) 71 p.
- [16] - J. SAWADOGO, P. J. A. COULIBALY, B. TRAORE, M. S. D. BASSOLE, C. A. SAVADOGO, J. B. LEGMA, "Effets des fertilisants biologiques sur la productivité de la tomate en zone semi-aride du Burkina Faso", *Journal of Applied Biosciences*, 167 (2021) 17375 - 17390
- [17] - S. M. SADI, A. K. SAIDOU, M. BOUBE, J. B. AUNE, "Effets de la Fertilisation à Base de la Biomasse du *Sida cordifolia* L. sur les Performances Agronomiques et la Rentabilité Économique de la Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Culture Irriguée", *European Scientific Journal*, 16 (3) (2020) 1857 - 7881. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n3p127>
- [18] - J. M'PIKA, A. A. MAKOUNDOU et D. MINANI, "Influence d'un apport fractionné en potassium et en azote sur la croissance et le rendement de trois variétés de tomate de la zone périurbaine de Brazzaville en République du Congo", *Journal of Applied Biosciences*, 94 (2015) 8789 - 8800
- [19] - B. ANGUSSIN, P. M. MAPONGMETSEM, A. IBRAHIMA et G. FAWA, "Effet de la fertilisation organique à base de litière foliaire de *Jatropha curcas* L. et *Jatropha gossypifolia* L. sur la culture de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) à Guider (Nord/Cameroun)", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 15 (2) (2021) 524 - 535
- [20] - S. NGOM, I. DIEYE, M. B. THIAM, A. SONKO, R. DIARRA, K. DIARRA et M. DIOP, "Efficacité agronomique du compost à base de la Biomasse du « neem » et de l'anacarde sur des Cultures maraichères dans la zone des niayes au Sénégal", *Agronomie Africaine*, 29 (3) (2017) 269 - 278
- [21] - A. J. A. KOTAIX, P. T. K. ANGUI, C. Z. K. PIERRE, N. L. DIBY, D. DAO et B. BONFOH, "Effet de l'engrais organique liquide « dragon 1 » sur le développement de la tomate au Sud et au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire", *Agronomie Africaine*, 25 (1) (2013) 37 - 52
- [22] - M. B. POUYA, M. BONZI, Z. GNANKAMBARY, K. TRAORE, J. S. OUEDRAOGO, A. N. SOME et M. P. SEDOGO, "Pratiques actuelles de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la production du cotonnier

- et sur le sol dans les exploitations cotonnières du Centre et de l'Ouest du Burkina Faso", *Cahiers Agricultures*, 22 (4) (2013) 282 - 292
- [23] - B. SOMDA, B. OUATTARA, I. SERME, M. POUYA, F. LOMPO, J. B. TAONDA et M. SEDOGO, "Détermination des doses optimales de fumures organo-minérales en microdose dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso", *International Journal of Biological and Chemical Science*, 11 (2) (2017) 670 - 683
- [24] - A. GRANGES, V. GUNTHER, A. DEPREZ, J. DALIN et E. VERZAUX, "Mesure de la qualité organoleptique des tomates", *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, 35 (5) (2003) 9 - 12
- [25] - GMCP, "Fiche culture tomate. Compagnie marocaine de goutte à goutte et de pompage", Fiche technique de culture, (2016)
- [26] - D. I. KIBA, "Valorisation agronomique des excréta humains : utilisation des urines et fèces humains pour la production des aubergines (*Solanum melongena*) et du Maïs (*Zea mays*) dans la zone centre du Burkina Faso". Mémoire d'ingénieur agronome. IDR/Bobo, Burkina Faso, (2005)