

BURKINA FASO

Unité- Progrès- Justice

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION (MESRSI)

UNIVERSITE NAZI BONI (UNB)

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT RURAL (IDR)



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DÉVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

Thème :

**EFFETS DES FERTILISANTS ORGANIQUES SUR LA
PRODUCTION DE LA TOMATE ET LES PARAMETRES
CHIMIQUES DU SOL AU CENTRE NORD DU
BURKINA FASO**

Présenté par : **NACRO Sadya Roseline**

Directeur de mémoire : Pr. Hassan Bismarck NACRO

Co-directeurs de mémoire : Dr. Idriss SERME

Dr. Kalifa COULIBALY

N :2018/AGRO

Novembre 2018

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES PHOTOS	VIII
SIGLES ET ABREVIATIONS	IX
RESUME	X
ABSTRACTS	XI
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I.1 - GENERALITE SUR LA TOMATE	4
I.1.1 Origine et systématique.....	4
I.1.2 Description de la plante de tomate.....	4
I.1.3 Cycle végétatif et Exigence écologique de la tomate.....	5
I.1.4 Importance de la production de la tomate.....	6
I.1.5 Composition biochimique et importance nutritionnelle de la tomate.....	7
I.1.6 Contraintes de la production de la tomate.....	7
I.1.7 Rôle des engrais minéraux sur la production de la tomate.....	8
I.2 NOTION DE FERTILITE DU SOL	8
I.2.1 Définition de la notion de fertilité du sol.....	8
I.2.2 Rôle de la matière organique sur la fertilité du sol.....	9
I.2.3 Rôle des amendements organiques sur les rendements des cultures maraîchères.....	9
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES	11

II.1 PRESENTATION DU SITE DE L'ETUDE	12
II.1.1 Situation géographique	12
II.1.2 Relief	14
II.1.3 Climat	14
II.1.4 L'Hydrographie	15
II.1.5 Végétation et sol	15
II.2 MATERIELS	16
II.2.1 matériel végétal	16
II.2.2 sol	16
II.2.3 Fertilisants organiques et minéraux	17
II.3 METHODE.....	18
II.3.1 Choix du site et des producteurs	18
II.3.2 Dispositif expérimental	18
II.3.3 Conduite de la culture	19
II.3.4 Paramètres étudiés	21
II.3.5 Prélèvement et préparation des échantillons de sol	22
II.3.6 Analyse des échantillons de sol	22
II.3.7 Caractérisation des fertilisants organiques	23
II.3.8 Analyse statistique	24
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	25
III.1 RESULTATS	26
III.1.1 Caractéristiques chimiques des fertilisants organiques	26
III.1.2 Effets de la fertilisation sur les paramètres agronomiques de la tomate	26
III.1.3 Effets de la fertilisation sur les propriétés chimiques du sol	32
III.2 DISCUSSIONS.....	35
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	37
BIBLIOGRAPHIE.....	38
ANNEXES	44

Je dédie ce travail :

A la mémoire de mon père, arraché à mon affection depuis mon plus jeune âge ;

A ma mère ZABRE Gisèle, pour tout l'effort qu'elle a fourni dans mon éducation aussi bien scolaire, morale que spirituelle ;

A mes frères NACRO Abdoulaye et NACRO Faïshal pour leur amour fraternel ;

A TCHIEKOUNOU Chanolle, pour son aide, son soutien et ses encouragements ;

A Monsieur NONGUIERMA Gabriel pour son appui inestimable.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au soutien de plusieurs personnes envers qui nous resterons à jamais reconnaissantes.

Nos remerciements à :

L'ensemble du personnel de l'Institut du Développement Rural (IDR) pour nos trois (03) années de formation d'ingénieurs agronomes.

Au Pr. Hassan Bismarck NACRO, notre directeur de mémoire qui malgré son carnet très chargé a accepté d'être le président du jury de cette soutenance et d'avoir apporté une amélioration scientifique à notre document.

Au Dr. Korodjouma OUATTARA, directeur du Centre de Recherche Environnemental et Agricole et de Formation de Kamboinsé (CREAF/Kamboinsé) et coordonnateur du projet FERTORAO qui a répondu favorablement à notre demande de stage auprès de sa structure et grâce à qui nous avons pu avoir un thème de recherche.

Au Dr. Idriss SERME, notre Co - directeur de stage qui a accepté de nous suivre pendant ces dix mois de stage malgré ses occupations multiples. Un grand merci pour vos corrections, vos conseils et vos encouragements.

Au Dr. Kalifa KOULIBALY, notre Co- directeur de stage qui a accepté malgré toutes ses charges professionnelles d'apporter des corrections scientifiques à notre document

Aux chercheurs du Centre de Recherche Environnemental et Agricole et de Formation de Kamboinsé (CREAF/Kamboinsé) en particulier ceux du laboratoire Sol- Eau-Plante pour leurs encouragements. Nous pensons tout particulièrement à Dr. Innocent KIBA, Dr. Jacques Sawadogo, M. Noufou OUANDAOGO, M. Martin RAMDE, M. Nongma ZONGO, et M. Bassirou SANON qui ont suivi de près nos travaux de terrain et qui ont toujours répondu volontiers à toutes nos questions de compréhension.

A M. MOYENGA Mimouni, M. KABORE Jean Paul, M. Filbert DABILGOU, Mme OUEDRAOGO Antoinette pour les travaux de laboratoire ainsi qu'à Mrs. SAKANDE Ali et SAKANDE Lassané, Mme Jeanne NIKIEMA pour les travaux de terrain.

A nos aînés Nestor, Isabelle, Charif, pour leurs encouragements et leurs soutiens et à nos camarades stagiaires Amine et Armand qui nous ont aidés dans la mise en place de la pépinière.

A tous nos amis de l'IDR pour les bons moments que nous avons passés ensemble et particulièrement à Issaka, Epiphane et Alexandre qui étaient avec nous au CREAF/Kamboinsé.

Aux producteurs du périmètre maraîcher de Zorkoum dans la commune de Kaya, qui ont fait confiance à la recherche en acceptant avec grand plaisir de suivre avec nous cette expérimentation sur leurs champs.

A tous ceux dont les noms n'ont pas pu être cités, sachez que le bienfait ne se perd jamais !

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Caractéristiques de la variété de tomate FBT3 créée par l'INERA	15
Tableau II : Caractéristiques chimiques du sol de départ	16
Tableau III : Quantités de fertilisants apportées suivant les traitements.....	18
Tableau IV : Caractéristiques chimiques des fertilisants organiques	25
Tableau V : Variation de la longueur et de la largeur des fruits en fonction de la fertilisation	30
Tableau VI : Matrice de corrélation entre les différentes variables	30
Tableau VII : Caractéristiques chimiques du sol en fin de campagne	33

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude	12
Figure 2 : Pluviosités des années 2008 à 2017 de Kaya	13
Figure 3 : Pluviosité de la campagne 2018 à Kaya	14
Figure 4 : Dispositif de récolte des données	20
Figure 5 : Variation de la hauteur à 00 ; 20 ; 40 et 60 JAR en fonction de la fertilisation	26
Figure 6 : Variation du diamètre au collet à 85 JAR en fonction de la fertilisation	27
Figure 7 : Variation du rendement des fruits en fonction de la fertilisation	28
Figure 8 : Variation du Brix des fruits en fonction de la fertilisation	29

LISTE DES PHOTOS

- Photo 1 : Appareil végétatif et reproducteur de la tomate (A : plant de tomate ; B : fleur de la tomate ; C : fruit de la tomate)..... 5**
- Photo 2:Les fertilisants organiques utilisés dans l'expérimentation (A : Biodeposit élixir, B : Biodeposit agro, C : Fertinova, D : Organova).....45**

SIGLES ET ABREVIATIONS

CIRAD :	Centre International de Recherche en Agriculture et de Développement durable
CNABio :	Conseil National de l'Agriculture Biologique du Burkina Faso
CORAF :	Conseil Ouest et Centre Africain pour le Développement Agricole
DRAAH :	Direction Régionale de l'Agriculture et des Aménagements Hydrauliques
FAO :	Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FAOSTAT :	Statistiques de la FAO
FMV :	Fertilisation Minérale vulgarisée
GMCP :	Compagnie marocaine de goutte-à-goutte et de pompage
GRET :	Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques
JAR :	Jour Après Repiquage
MAHRH :	Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
MASA :	Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire
MATD :	Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation
RGA :	Recensement General de l'Agriculture

RESUME

Les amendements organiques sont indispensables au maintien de la matière organique du sol, élément essentiel à l'accroissement de la production. Pour contribuer à augmenter leur production en quantité suffisante, une étude a été menée en milieu paysan afin d'évaluer l'efficacité agronomique de quatre fertilisants organiques de commerce dont *Biodeposit élixir* et *Biodeposit agro* de la Société Industrielle et Agricole d'Afrique de l'Ouest (SIAAO) et *Fertinova*, *Organova* du groupe « Eléphant vert » sur la variété de tomate FBT3. Le dispositif expérimental était des blocs dispersés en 5 répétitions avec 8 traitements par répétition : T1 : Témoin sans apport de fertilisant, T2 : Fertilisation minérale vulgarisée (FMV), T3 : Biodeposit Elixir + Biodeposit Agro, T4 : Biodeposit Elixir + Biodeposit Agro + Fertilisation minérale vulgarisée, T5 : Biodeposit Elixir + Biodeposit Agro + ½ Fertilisation minérale vulgarisée, T6 : Fertinova + Organova, T7 : Fertinova + Organova + Fertilisation minérale vulgarisée et T8 : Fertinova + Organova + ½ Fertilisation minérale vulgarisée. 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, 10,43mm 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.

ABSTRACTS

Organic amendments are essential for the maintenance of soil organic matter, which is essential for increasing production. To help increase their production in sufficient quantity, a study was conducted in the farm to assess the agronomic efficiency of four commercial organic fertilizers including Biodeposit Elixir and Biodeposit Agro Industrial and Agricultural Company of West Africa (SIAAO) and Fertinova, Organova from the "Green Elephant" group, on the tomato variety FBT3. The experimental setup was dispersed blocks in 5 repetitions with 8 treatments per repetition: T1: the control without fertilizer, T2: the Popularized Mineral Fertilization (FMV), T3: Biodeposit elixir + agro, T4: Fertinova + Organova, T5: Biodeposit elixir + agro + FMV, T6: Biodeposit elixir + agro + $\frac{1}{2}$ FMV, T7: Fertinova + Organova + FMV, and T8: Fertinova + Organova + $\frac{1}{2}$ FMV. The fertilizing value and the effect of fertilizers on the growth, yield, taste, length and breadth of tomato fruits were measured. Soil analyzes were also done to see their effects on the soil chemical parameters after cultivation. The results showed that unlike Fertinova + Organova, Biodeposit elixir + agro had no significant effect on the agronomic parameters of the tomato. Fertinova + Organova + FMV gave the best plant height growths (11.40 cm at 20 JAR, 38.44 cm at 40 JAR, and 46.84 cm at 60 JAR), and sweeter tomatoes (4.3° Brix). The best growth in diameter and tomato yield were obtained with FMV and Fertinova treatments + Organova + FMV and Biodeposit elixir + agro + FMV with respectively 10.53mm and 26213kg / ha, 10.43mm and 23728kg / ha, 10.51mm and 21226kg / ha. On the soil chemical parameters, unlike Biodeposit elixir + agro, Fertinova + Organova decreased 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 seems to show interesting agronomic results that will have to be confirmed with other types of crops.

Key words: Tomato, organic fertilizers, mineral fertilization, yield, soil fertility.

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 (MAHRH, 2007). 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 (MASA, 2014). 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 (MASA, 2014).

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 (FAOSTAT, 2016). 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 (Lompo *et al.*, 2009). 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 (Kiba, 2012). 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 (Sedogo, 1993 ; Bado *et al.*, 1997 ; Bonzi, 2002).

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 Bationo *et al.* (2012), 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 (Kitabala *et al.*, 2016).

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 (Lompo *et al.*, 2009), 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 le CORAF à travers son projet intitulé « *Accroissement durable de la productivité agricole par la gestion intégrée des fertilisants organiques en Afrique de l'Ouest* » a initié cette étude qui a pour thème: « **Effets des fertilisants organiques sur la production de la tomate et les paramètres chimiques du sol au centre nord du Burkina Faso** ».

L'objectif général de l'étude est de contribuer à l'accroissement de la production de la tomate au Burkina Faso.

Les objectifs spécifiques sont :

- o évaluer l'effet des fertilisants organiques sur la croissance et le rendement de la tomate ;
- o évaluer l'effet des fertilisants organiques sur la qualité des fruits obtenus ;
- o évaluer l'effet des fertilisants organiques sur les propriétés chimiques du sol.

Afin d'atteindre les objectifs de l'étude, les hypothèses suivantes ont été formulé:

H1 : Les fertilisants organiques améliorent la croissance et le rendement de la tomate ;

H2 : Les fertilisants organiques améliore le goût de la tomate ;

H3 : Les fertilisants organiques améliorent les propriétés chimiques du sol.

Le présent mémoire se compose d'une introduction, un premier chapitre portant sur la synthèse bibliographique, un deuxième chapitre montrant les matériels et méthodes utilisées, un troisième chapitre présentant les résultats et discussions, et enfin une conclusion avec des perspectives.

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 - GENERALITE SUR LA TOMATE

1.1.1 Origine et systématique

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. 1753) est une plante herbacée originaire de l'Amérique du Sud (Elattir *et al.*, 2003 ; Benard, 2009 ; Chougar, 2012). Domestiquée au Mexique, elle a été introduite en Europe à partir des années 1544 (Shankara *et al.*, 2005). Puis de l'Europe, la culture s'est répandue en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et au Moyen-Orient (Shankara *et al.*, 2005).

Elle appartient à la famille des solanacées. Cette famille comprend 94 genres repartis en 2950 espèces parmi lesquels on retrouve le genre *Lycopersicon* auquel appartient l'espèce *esculentum* (Ranc, 2010).

1.1.2 Description de la plante de tomate

La tomate est une plante à l'état naturel vivace et annuel en culture (Benard, 2009). Elle a une racine principale qui est pivotante pouvant aller jusqu'à 50 cm de profondeur et à partir de laquelle part une haute densité de racines latérales et adventives (Shankara *et al.*, 2005).

La tige pleine, fortement poilue et glandulaire peut atteindre 2 à 4 m de hauteur (Shankara *et al.*, 2005). Elle peut être de forme érigée ou prostrée (Shankara *et al.*, 2005).

Les feuilles sont alternes, longues de 15 à 50 cm et large de 10 à 30 cm. Elles sont imparipennées, composées de 5 à 7 folioles aux lobes découpées (Ranc, 2010). Les folioles sont recouvertes de poils glandulaires et le pétiole mesure entre 3 et 6 cm de long (Koussoubé, 2011).

Les fleurs sont bisexuées, de formes régulières avec un diamètre compris entre 1,5 et 2 cm (Shankara *et al.*, 2005). Le tube du calice est court et velu, les sépales persistants et les pétales de couleurs jaunes et courbées peuvent atteindre 1 cm de long à maturité (Shankara *et al.*, 2005). L'androcée est composé de 5 étamines d'une déhiscence latérale et introrse (Ranc, 2010). Les anthères de couleur jaune vif entourent le style dont l'extrémité est stérile et allongée (Shankara *et al.*, 2005). La plante en général est autogame mais la fécondation croisée peut se faire à partir des abeilles et des bourdons qui sont les principaux pollinisateurs (Shankara *et al.*, 2005).

Le fruit est une baie charnue, de forme et de couleurs variables en fonction des variétés (sphérique, oblongue, allongée, blanches, rose, rouge, jaune, orange, verte,) (Renaud, 2003). Les pigments caroténoïdes contenus dans la chair du fruit sont responsables de la couleur rouge du fruit (Messiaen, 1975). Les plus abondants sont le lycopène et le Bêta-carotène (Messiaen, 1975). La photo 1, représente l'appareil végétatif et reproducteur de la tomate.

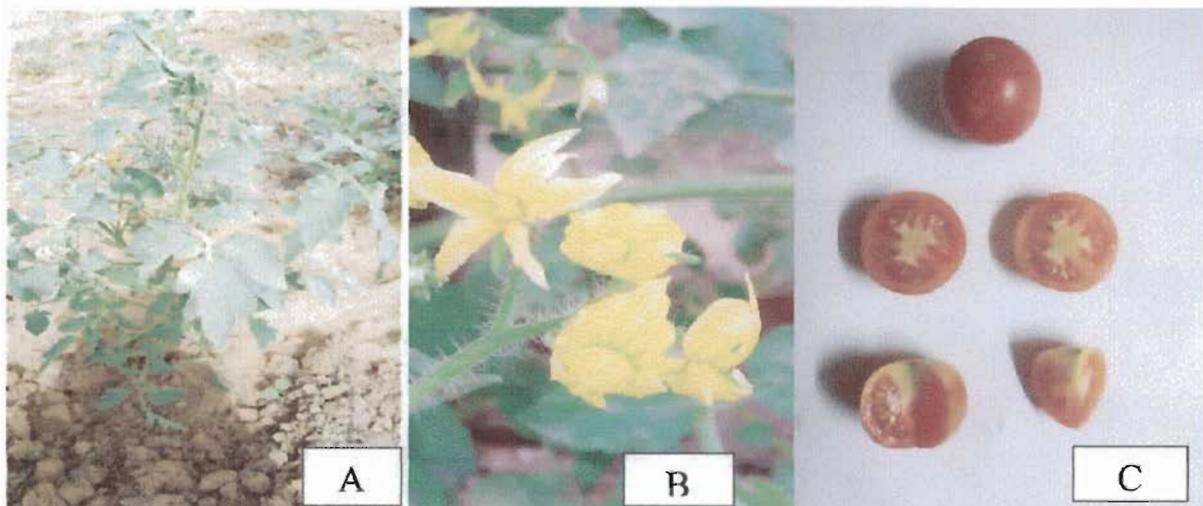


Photo 1 : Appareil végétatif et reproducteur de la tomate (A : plant de tomate ; B : fleur de la tomate ; C : fruit de la tomate).

Source : Nacro S. R.

L1.3 Cycle végétatif et Exigence écologique de la tomate

1.1.3.1 Cycle végétatif de la tomate

La tomate a un cycle végétatif qui dure entre 90 à 120 jours (Messiaen, 1975). Lorsque le sol à une température comprise entre 20 et 25°C, la levée se fait entre 3 à 5 jours (D'Arondel et Traore, 1990). Il s'écoule 50 à 65 jours entre le semis et la floraison qui se produit après une croissance végétative de 7 à 14 feuilles composées (Dore et Varoquaux, 2006). Chez certaines variétés «variétés à croissance indéterminée», la tige continue de croître après la floraison et chez d'autres, la plante produit selon la variété, 2 à 6 bouquets floraux et la tige arrête sa croissance par une inflorescence terminale «variétés à croissance déterminée» (Chougar, 2012).

La maturité commerciale du fruit intervient entre 45 à 55 jours après l'épanouissement de la fleur (Messiaen, 1975).

1.1.3.2 Exigence écologique

La tomate se développe bien pendant les périodes fraîches et sèches avec des températures comprises entre 21 et 24°C (Shankara *et al.*, 2005). Elle est exigeante en intensité lumineuse et peu sensible au photopériodisme (CIRAD et GRET, 2002). Un rayonnement lumineux faible affecte la fécondation en réduisant le nombre de fleurs par bouquet (CIRAD et GRET, 2002). De fortes températures du jour combinées à des températures tièdes la nuit (écart jour/nuit < 10°C), provoquent l'avortement des fleurs et des fruits (CIRAD et GRET, 2002).

La tomate a des préférences pour des sols à texture limoneuse, perméable, bien aéré et libres de sels (Shankara *et al.*, 2005). Les sols de 15 à 20 cm de profondeur et dont le pH est compris entre 5,5 et 6,8 favorisent une bonne croissance d'une culture de tomate saine (Shankara *et al.*, 2005).

Les quantités d'eau nécessaires pour un repiquage de début novembre sont de 700 à 750 mm en 110 jours soit 700 à 750 litres d'eau/m² ou 7000 à 7500 m³ d'eau /hectare en 110 jours (D'Arondel et Traore, 1990). L'alimentation en eau détermine le nombre de fruits sains au m², le poids moyen des fruits et le pourcentage de nécrose apicale (D'Arondel et Traore, 1990).

1.1.4 Importance de la production de la tomate

La tomate vient en troisième position des espèces les plus cultivées au monde derrière la pomme de terre et la patate douce, en termes de volume de production (Chanforan, 2010). En 2016, la FAO avait estimé à 177 042 359 t/ha production mondiale de tomate cultivée sur une superficie de 4 782 753 ha soit, un rendement moyen de 37,01 t/ha. La Chine détient le premier rang mondial (plus de 30% de la production) suivi par l'Inde, les Etats-Unis, la Turquie et l'Egypte (FAOSTAT, 2016).

Le continent africain produit 11,2% de la tomate mondiale (19 792 182 t) sur une superficie de 1 269 456 ha, avec un rendement moyen de 15,59 t/ha (FAOSTAT, 2016). 18,5% de la production africaine de tomate provienne de l'Afrique de l'Ouest (16 128 027 t) (FAOSTAT, 2016). L'Egypte est le premier producteur africain suivi du Nigeria, de l'Algérie, le Maroc, et de la Tunisie (FAOSTAT, 2016).

Au Burkina Faso, la tomate est la deuxième culture maraîchère les plus produite après l'oignon. La production nationale pour la campagne 2011/2012 était estimée à 101 558 t sur une superficie d'environ 4636 ha, soit un rendement moyen de 22 t/ha (MASA, 2014). La

tomate constitue le principal produit de vente au Burkina Faso, elle rapporte à elle seule 45% de la valeur totale des ventes des produits maraîchers évaluée à environs de 41 milliards FCFA (MASA, 2014). Elle est beaucoup exportée vers le Ghana, le Togo, et la Côte d'Ivoire (MAHRH, 2007). Les principales zones de production sont le Plateau Central, le Centre Nord, et le Centre Ouest (MASA, 2014).

1.1.5 Composition biochimique et importance nutritionnelle de la tomate

Cultivée principalement pour ses fruits, la tomate peut être consommée frais ou transformée en conserve (CIRAD et GRET, 2002). Le taux de matière sèche soluble, la couleur, le pH et la fermeté sont des paramètres importants pour la conservation (CIRAD et GRET, 2002). Lorsqu'il contient une teneur en eau très élevée, le fruit est très périssable et moins apte à l'entreposage et à la conservation en température ambiante (Dossou *et al.*, 2007).

La tomate a un goût qui varie de l'acide au très sucré (Tindall, 1968). La matière sèche totale est composée à 48% de sucres qui sont pratiquement tous réducteurs, tels que le glucose (0,88-1,25%) et le fructose (1,08-1,48%) (Granges *et al.*, 2003).

Les fruits dont la consommation donne un régime alimentaire sain et équilibré sont enrichies en minéraux, en vitamines, en acides aminés essentiels, en sucres ainsi qu'en fibres alimentaires et contiennent beaucoup de vitamines B et C, de fer et de phosphore contribuant à réduire les carences en micro nutriments chez le consommateur (Shankara *et al.*, 2005 ; Dossou *et al.*, 2007). Ils contiennent également des antioxydants (le lycopène et le Bêta-carotène) dont la consommation alimentaire aide à diminuer les risques de maladies chroniques telles que le cancer et les maladies cardiovasculaires (Agarwal et Rao, 2000).

1.1.6 Contraintes de la production de la tomate

La culture de la tomate fait face à de nombreuses contraintes qui peuvent limiter sa production. Ces contraintes sont biotiques ou abiotiques.

Les contraintes abiotiques proviennent essentiellement des déséquilibres alimentaires (eau ou éléments fertilisants) ou des facteurs naturels défavorables tels que la profondeur du sol ou le drainage insuffisant (Courchinoux, 2008). Les conséquences sont la nécrose apicale, les fentes de croissance et la déformation nécrotique de la tige (Courchinoux, 2008).

Les contraintes biotiques sont liées aux attaques des ravageurs et la concurrence avec les mauvaises herbes pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs (Shankara *et al.*, 2005).

Ces mauvaises herbes abritent parfois des organismes (insectes, champignons parasites, nématodes) qui provoquent des maladies à la tomate.

Les principales maladies sont la fusariose, l'alternariose, le flétrissement bactérien, les fontes des semis et la Tomato Yellow Leaf Curl Virus (Son *et al.*, 2017).

Les principaux ravageurs sont *H. armigera*, *T. absoluta*, *B. tabaci*, *Tetranychus urticae*, *Aculops lycopersici* et *Meloidogyne spp* (Son *et al.*, 2017).

I.1.7 Rôle des engrais minéraux sur la production de la tomate

La tomate réagit bien aux engrais, en particulier ceux qui sont appliqués sous forme liquide (Kotaix *et al.*, 2013). Elle a énormément besoin de nutriments surtout d'azote et de potassium (Kotaix *et al.*, 2013). Une alimentation adéquate en azote donne un feuillage abondant, coloré avec un pouvoir d'assimilation accru, contrairement à l'excès qui fait gonfler les fruits et provoque des nécroses apicales (Doucet et Malenfant, 1985). Mpika *et al.* (2015) au Congo ont rapporté que la croissance et le rendement de la tomate augmentaient significativement avec la fumure azotée et potassique. L'azote participe à la formation des protéines qui sont des constituants essentiels de la matière vivante des plantes (M'pika *et al.*, 2015).

Le potassium qui représente le constituant minéral principal des fruits constitue l'élément majeur dans un plan de fumure de la tomate sous serre (GMCP, 2016). Le calcium est l'élément déterminant de la qualité des fruits et de leur fermeté (GMCP, 2016).

La tomate exige le phosphore pour une floraison rapide (Gouba, 2002). Il est un élément important pour la croissance, le développement, le métabolisme et le transport de l'énergie dans la plante (Ouédraogo *et al.*, 2014).

I.2 NOTION DE FERTILITE DU SOL

I.2.1 Définition de la notion de fertilité du sol

Selon Delville (1996), la notion de fertilité du sol renvoie à la fois aux caractéristiques du sol et à ce qu'en fait l'agriculteur (cultures et techniques).

Du point de vue économique, la fertilité du sol est la capacité d'un milieu à favoriser durablement, et à des coûts aussi limités que possible, une production utile et particulière (Serpantié et Ouattara, 2001).

Au plan agronomique, la fertilité d'un sol selon Vallerie (1969) est l'aptitude naturelle ou acquise de ce sol à fournir des récoltes plus ou moins abondantes et régulières d'une ou plusieurs espèces végétales déterminées, les conditions extrinsèques au sol étant supposées favorables. Selon cet auteur, la fertilité du sol n'est pas une donnée statique. Elle peut se dégrader, se conserver ou s'améliorer en fonction des interventions humaines. Elle est la résultante de ses bonnes propriétés physiques, chimiques et biologiques.

I.2.2 Rôle de la matière organique sur la fertilité du sol

La matière organique joue un rôle clé sur la productivité des sols en zone soudano-sahélienne (Bacyé *et al.*, 1998). Une baisse de la matière organique du sol conduit à une diminution des bases échangeables, de la CEC et une acidification suivie d'une augmentation de l'aluminium échangeable (Bado *et al.*, 1997). Il s'ensuit une baisse des rendements.

La matière organique du sol augmente l'efficacité des engrais minéraux (Bado *et al.*, 1997). Un seuil en dessous de 0,6 % devient un facteur limitant à la réponse des cultures aux engrais minéraux (Bado *et al.*, 1997).

La matière organique du sol influence l'activité biologique potentielle du sol et contribue à la stabilité structurale, au bon état de structure du sol et à la capacité de rétention en eau du sol (Landais et Lhoste, 1993 ; Taonda *et al.*, 1995).

Les résidus de récoltes, le compost, les fumiers de ferme, les fèces humaines, les jachères naturelles sont des amendements organiques qui sont une importante source de matières organiques pour le sol. Leurs effets sur l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol et sur les rendements des cultures ont été montrés par de nombreux auteurs (Bationo et Mokwunyé, 1991 ; Sedogo, 1993 ; Bado, 2002 ; Kiba, 2005 ; Soma, 2010).

I.2.3 Rôle des amendements organiques sur les rendements des cultures maraîchères

La matière organique augmente la croissance et la diffusion des éléments nutritifs aux plantes permettant ainsi une amélioration de la production des cultures (Toundou, 2016).

De nombreux travaux dont celui de Kitabala *et al.* (2013) au Congo rapporte que l'apport de compost induit des variabilités importantes sur le diamètre au collet des tomates. Ces auteurs notent également un effet significatif sur le nombre de fruit par plante avec les doses de compost

Ngom *et al.* (2017) au Sénégal rapportent également des rendements plus élevés par rapport à ceux des témoins sur plusieurs spéculations maraîchères (tomate, oignon, chou, poivron, pomme de terre) avec des doses de compost à base de biomasse de neem et d'anacarde.

Biaou *et al.* (2017) rapporte aussi au Bénin un effet positif du compost à base de fiente de volaille et le compost enrichi avec les déjections d'ovins sur le rendement de la carotte.

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

II.1 PRESENTATION DU SITE DE L'ETUDE

II.1.1 Situation géographique

Cette étude a été conduite en milieu paysan dans le périmètre maraîcher de Zorkoum situé à 30 km au Nord-Ouest de la commune de Kaya (figure1). Kaya est située dans la province du Sanmatenga à 100 kilomètres de la capitale du Burkina Faso, Ouagadougou. La principale voie d'accès à la commune, est la Route Nationale 3 (RN3) bitumée et praticable en toute saison, reliant Ouagadougou et Dori. La commune est située entre 13°5' Latitude Nord et 1°05' Longitude Ouest. Elle couvre une superficie de 7741 Km². Elle est limitée :

- au Nord par la commune de Barsalogho,
- au Nord-Ouest par la commune de Namissiguima,
- au Sud-Ouest par les communes de Sabcé (Bam) et Mané,
- à l'Ouest par la commune de Nasséré (Bam),
- au Sud par la commune de Boussouma,
- à l'Est par la commune de Pissila.

II.1.2 Relief

Le relief de la commune de Kaya 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 (MATD, 2017).

II.1.3 Climat

Le climat de la commune de Kaya est du type Nord-Soudanien marqué par deux saisons : une longue saison sèche de huit mois qui s'étale d'octobre à mai chargée des vents chauds et secs poussiéreux et une courte saison pluvieuse de quatre (04) mois chargée de vents humides qui s'étale de Juin à septembre (Guinko, 1984). Les relevés pluviométriques des dix dernières années dans la commune de Kaya montrent que les précipitations sont faibles, irrégulières et mal réparties dans le temps et dans l'espace (figure 2). Les précipitations annuelles varient de 400mm à 900mm avec une moyenne pluviométrique de 695,15 mm. La saison pluvieuse de la campagne de 2018 s'est étalée sur cinq (05) mois, de Mai à Octobre (figure 3). Le mois d'Août a été le plus orageux (173 mm) et le mois d'Octobre le moins orageux (6 mm).

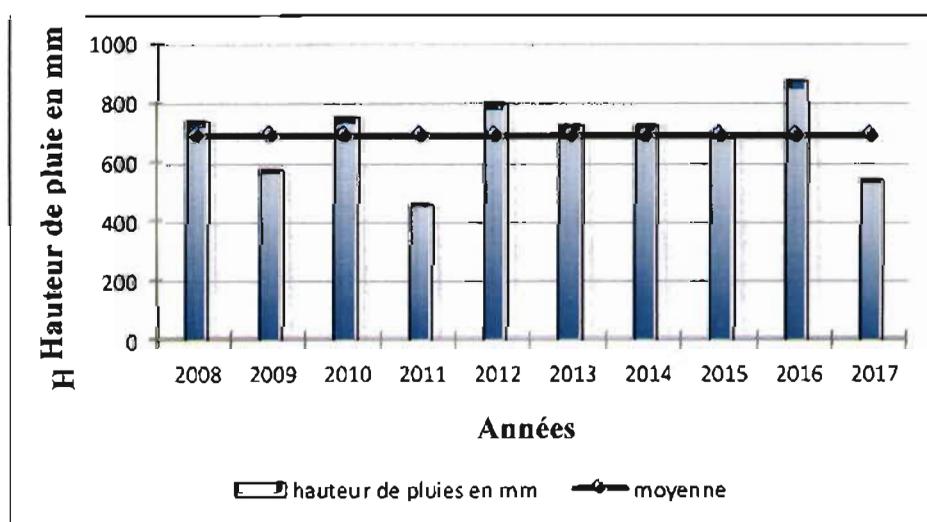


Figure 2 : Pluviosités des années 2008 à 2017 de Kaya

Source : DRAAH (Centre Nord)

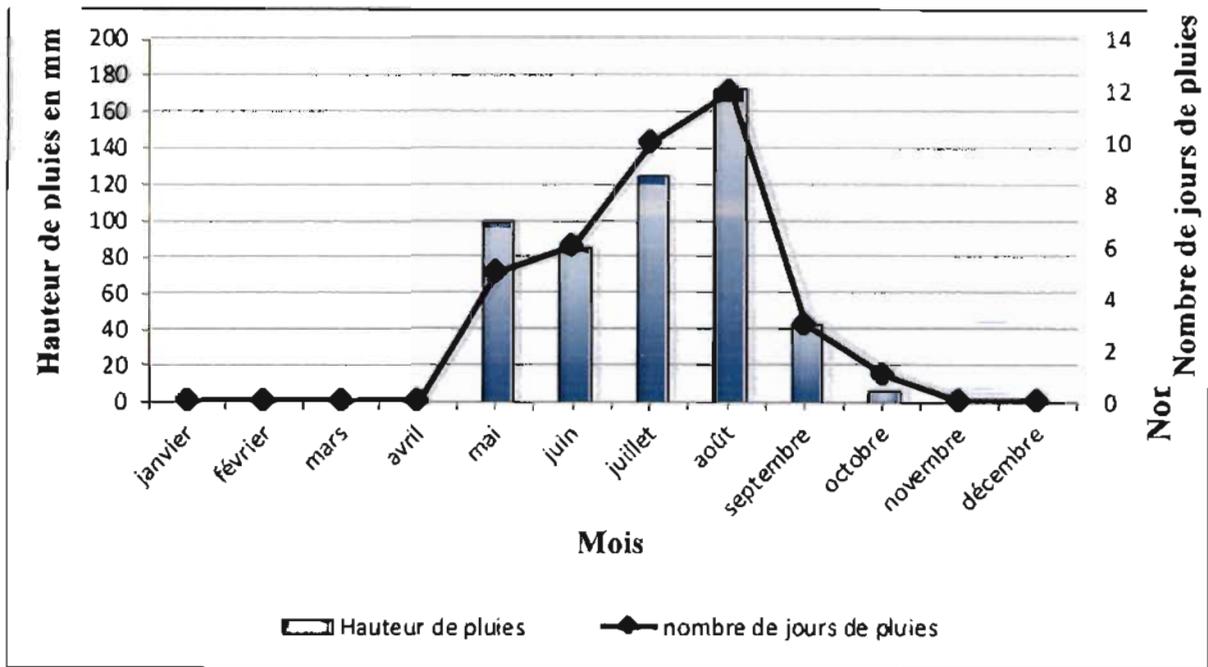


Figure 3 : Pluviosité de la campagne 2018 à Kaya

Source : DRAAH (Centre Nord).

II.1.4 L'Hydrographie

Le réseau hydrographique s'organise autour du cours d'eau Napagba qui constitue le bassin supérieur du Nakambé. Les plans d'eau se composent de barrages, de mares et de boulis (MATD, 2017).

La commune dispose de plusieurs points d'eau de surface permanents (le lac de Dem (4 millions de m³), le barrage de Kaya-Dimassa (1 million de m³), le lac de Sian (2 millions de m³), les barrages de Wosentenga/Kougri, Sogdin et Kalambaogo), de nombreux points d'eaux de surfaces temporaires, des retenues d'eaux qui tarissent durant le mois de mars, des boulis qui tarissent durant le mois de février, et des marigots dont l'eau n'est plus disponible au-delà du mois de novembre (MATD, 2017).

II.1.5 Végétation et sol

La végétation est dominée par la savane arborée ou arbustive avec quelques galeries forestières représentées par *Mitragyna inermis*, *Anogeissus leiocarpa*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca* et une végétation des jachères (Belem *et al.*, 2008). Les principales espèces rencontrées sont : *Vitellaria paradoxa*, *Anogeissus leiocarpa*, *Balanites aegyptiaca*,

Bombax costatum, *Acacia seyal*, *Pterocarpus lucens*, *Sclerocarya birrea*, *Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, *Khaya senegalensis*, *Parkia biglobosa*, *Diospyros espiliformis*, *Piliostigma reticulatum* (Belem et al., 2008),

Les différents types de sols existants dans la commune sont :

- les lithosols,
- les sols peu évolués d'apport alluvial,
- les sols bruns eutrophes tropicaux,
- les sols ferrugineux tropicaux lessivés,
- les sols hydromorphes peu humidifiés à pseudogley.

II.2 MATERIELS

II.2.1 matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour le test est la variété de tomate FBT 3. La FBT 3 est une variété nouvelle fixée pour la saison chaude et humide mise au point par l'Institut National de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA) de Farakoba (Bobo). Les caractéristiques de cette variété sont présentées dans le tableau I.

Tableau I: Caractéristiques de la variété de tomate FBT3 créée par l'INERA

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 : Tarpaga et Rouamba, 2013

II.2.2 sol

Les sols de la commune de Zorkoum sont de types ferrugineux tropicaux. La caractérisation chimique du sol de départ dans le Tableau II montre qu'ils sont acides surtout en profondeur (pH<6). Ils sont pauvres en éléments totaux (NPK) ainsi qu'en phosphore assimilable, avec des teneurs en M O inférieur à 0,6% sur l'ensemble des deux horizons.

Tableau II : Caractéristiques chimiques du sol de départ

Horizon (cm)	pH eau	M O total	N total	K total	P ass	P total
		(g/kg)			(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

II.2.3 Fertilisants organiques et minéraux

Les fertilisants organiques Biodeposit élixir, Biodeposit agro, Fertinova et Organova. Selon les différentes fiches techniques :

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 (Biodeposit.lv, 2017). Il est vendu sous forme liquide dans des sachets de 12ml (Annexe 2 ; photo2.A). Il aide à accélérer le métabolisme et la croissance de la plante (Biodeposit.lv, 2017).

Biodeposit agro 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 (10000mg/kg), de Phosphore (150mg/kg), de Potassium (250mg/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 dans des sacs de 10kg (Annexe 2 ; photo 2.B). Il 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 (P_2O_5 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). Il est vendu sous forme de poudre conditionné dans des sacs de 50kg (Annexe 2 ; photo 2.C).

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 (éléphant-vert.com, 2017) (Annexe 2 ; photo 2.C). Organova influence directement sur la structure des sols et améliore considérablement les échanges nutritionnels et hydriques entre la plante et le sol (éléphant-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.

II.3 METHODE

II.3.1 Choix du site et des producteurs

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.

Cinq producteurs volontaires ont été identifiés après un entretien de groupe sur la pertinence des essais à mettre en place. Le choix desdits producteurs a tenu compte des superficies emblavées par chacun d'eux tenant compte de la taille des parcelles élémentaires et des différents blocs à installer. La superficie individuelle devrait être supérieure à la taille des blocs.

II.3.2 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 a tenu compte de l'implication des deux sexes. Deux (2) femmes et trois (3) hommes ont été donc identifiés. 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 15 poquets par ligne soit 120 poquets/parcelle élémentaire. Une distance de 1m sépare les parcelles élémentaires. Chaque producteur avait une superficie de $(6m \times 8 + 1m \times 7) \times 6m = 330m^2$.

Les traitements comparés étaient :

T1 : Témoin sans apport de fertilisant

T2 : Fertilisation minérale vulgarisée (FMV)

T3 : Biodeposit Elixir + Biodeposit Agro

T4 : Biodeposit Elixir + Biodeposit Agro + Fertilisation minérale vulgarisée

T5 : Biodeposit Elixir + Biodeposit Agro + ½ Fertilisation minérale vulgarisée

T6 : Fertinova +Organova

T7 : Fertinova +Organova + Fertilisation minérale vulgarisée

T8 : Fertinova +Organova + ½ Fertilisation minérale vulgarisée. Les quantités de fertilisants apportés en fonction des traitements sont présentés dans le tableau III.

Tableau III : 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

II.3.3 Conduite de la culture

– Mise en place de la pépinière

Le semis a été réalisé le 22 septembre 2017 en pleine terre sur une planche de 7m de long sur 1m de large pour chaque producteur. La planche a été divisée en trois parties : 1 m sans traitement, 3/2 m, et 7/2 m avec. Les parties étaient séparées d'une distance de 0,5 m. Les semences de tomate sur les 3/2 m, ont été trempées dans une solution de Biodeposit élixir (1 sachet dans 20 l d'eau) pendant 12 h puis détremées 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.

Au niveau du 7/2m, 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 2g de semences/m². La pépinière a été recouverte de paille jusqu'à la levée et a été arrosée chaque jour jusqu'au repiquage.

- **Repiquage des plants**

Le repiquage des plants de tomate a été effectué 5 semaines après la date de semis. Le travail du sol avant repiquage a consisté d'abord à un désherbage du terrain, ensuite un labour manuel à la daba, puis la délimitation des superficies (essai et parcelles élémentaires), et enfin la confection des billons.

Les plants ont été repiqués sur les parcelles élémentaires en fonction des traitements qu'ils ont reçus au niveau de la pépinière comme suit :

- Les plants non traités sur les parcelles témoins ;
- Les plants dont les semences, ont été trempées au Biodeposit sur les parcelles de Biodeposit élixir+ agro associé ou non à la FMV ;
- Les plants du sol amendé ont été repiqués sur les parcelles de FMV et de Fertinova+ Organova associé ou non à la FMV.

Le repiquage a été fait très tôt le matin après avoir arrosé abondamment la pépinière. Le remplacement des pieds manquants a été fait une semaine après le repiquage.

- **Application des fertilisants**

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 litres/ha à 1 JAR (Jours Après Repiquage) et 3,33 litres/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 28 JAR à la dose de 350 kg/ha.

L'UREE (46%N) a été apportée en dose unique de 100 kg/ha en début floraison.

- **Entretien des parcelles**

L'irrigation des parcelles était faite chaque trois jour. L'eau était distribuée de façon gravitaire par des canaux secondaires et tertiaires à partir d'un bassin de distribution principale.

Toutes les opérations de sarclage ont été réalisées manuellement en fonction du niveau d'enherbement.

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

- **Récolte**

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).

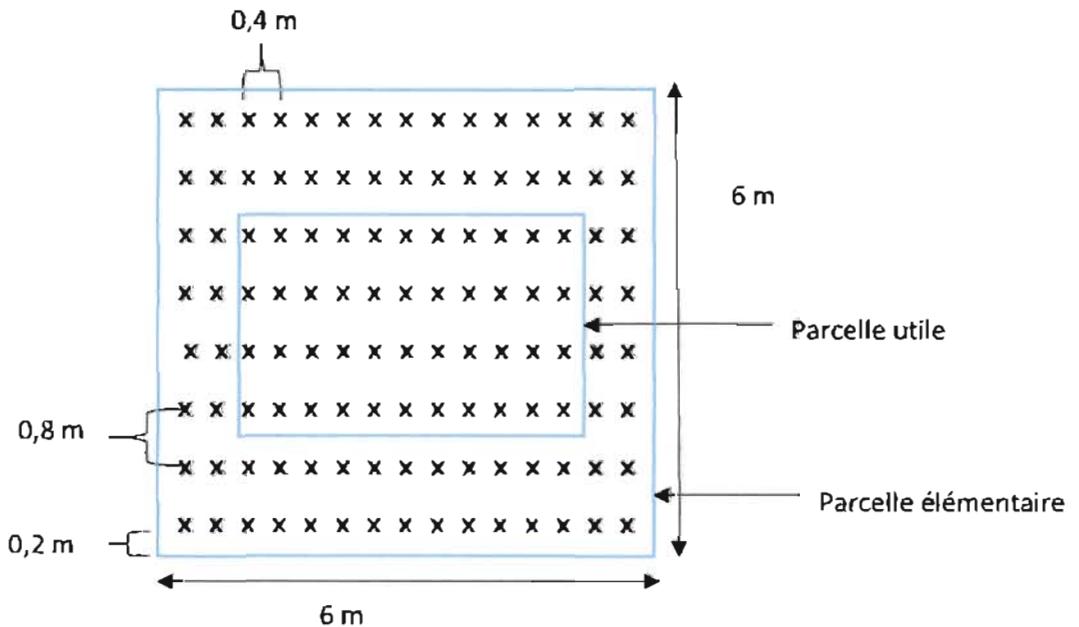


Figure 4 : Dispositif de récolte des données

II.3.4 Paramètres étudiés

- **La hauteur des plantes (HT)** : elle a été mesurée dans la parcelle utile sur 44 pieds au repiquage, à 20, 40 et 60 JAR du collet de la plante jusqu'au dernier bourgeon à l'aide d'un mètre ruban.
- **Le diamètre au collet (Diam)** : il a été mesuré sur dix pieds de tomate choisis de façon aléatoire dans la parcelle utile à 85JAR, à l'aide d'un pied à coulisse électronique.

- **Le rendement (Rdt) / pieds** : il a 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 suivante :
$$\text{Rdt (kg/ha)} = \frac{\text{Rdt (g/pieds)} \times 31250}{1000}$$
 (31250: nombre de pieds/ha ; 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 a été déterminé à partir d'un réfractomètre (Annexe 2, photo 3.). Il représente la teneur en sucre que le jus de la tomate contient (Boumendjel *et al.*, 2012). 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.

II.3.5 Prélèvement et préparation des échantillons de sol

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. A la fin des 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.

II.3.6 Analyse des échantillons de sol

* Mesure du pH :

Les mesures du pH ont été faites par la méthode électrométrique utilisant un pH-mètre à électrode en verre par lecture directe. Le rapport 1/ 2,5 selon la norme d'AFNOR (1981) a été utilisé pour la préparation de la solution de lecture. La solution a été préparée avec de l'eau distillée pour le pH (eau), et avec du chlorure du potassium (KCl) à 1, 86g pour le pH KCL. La lecture est faite après agitation d'1 heure de la solution.

*Dosage du carbone total :

Le dosage du carbone total a été fait selon la méthode de Walkley Black (1934). Le carbone est oxydé à froid par un excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) 1N en milieu acide sulfurique concentré (H_2SO_4). L'excès de bichromate est dosé par le sel de Mohr $Fe(SO_4)_2(NH)_2$ en présence d'un indicateur coloré (la phénolphthaléine). Les taux de carbone et de matière organique sont obtenus par les formules suivantes :

$$C \text{ (g/kg)} = [N \cdot (V_1 - V_2) \cdot 3,9] / PE$$

$$MO \text{ (\%)} = C \text{ (g/kg)} \cdot 0,1724$$

V_1 =volume de sel de Mohr utilisé pour le blanc ; V_2 = volume de sel de Mohr utilisé pour doser l'échantillon de sol ; N = normalité de la solution de sel de Mohr; et PE est le poids de la prise d'essai.

***Dosage de l'azote, du phosphore et du potassium total**

La minéralisation de l'azote a été faite selon la méthode de Kjeldah par attaque à l'acide sulfurique concentré (H_2SO_4) additionné de l'acide salicylique. Le tout est porté à ébullition et en présence du sélénium comme agent catalyseur. Ce qui convertit l'azote organique en sulfate d'ammonium (NH_4) SO_4 . Les ions ammoniums (NH_4^+) 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. Le phosphore total est dosé par colorimétrie automatique sur le SKALAR. Le potassium total est dosé au spectrophotomètre à émission de flammes.

***Dosage du phosphore assimilable**

Le dosage du phosphore assimilable a été fait par la méthode Bray I (Bray and Kurtz, 1945). Elle consiste à extraire le phosphore par une solution de fluor d'ammonium (NH_4F) 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.

II.3.7 Caractérisation des fertilisants organiques

La méthode utilisée pour la détermination de la teneur matière organique, en azote, phosphore et potassium des fertilisants organiques est identique à celle utilisée pour analyser les échantillons de sol. La minéralisation du Ca et du Mg des fertilisants a été faite selon la méthode de Kjeldah et l'extraction par absorption atomique au SKALAR.

II.3.8 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 logiciel Excel.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 RESULTATS

III.1.1 Caractéristiques chimiques des fertilisants organiques

Il ressort de l'analyse du tableau IV 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 IV : 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

III.1.2 Effets de la fertilisation sur les paramètres agronomiques de la tomate

3.1.2.1 *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 38,40cm, 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).

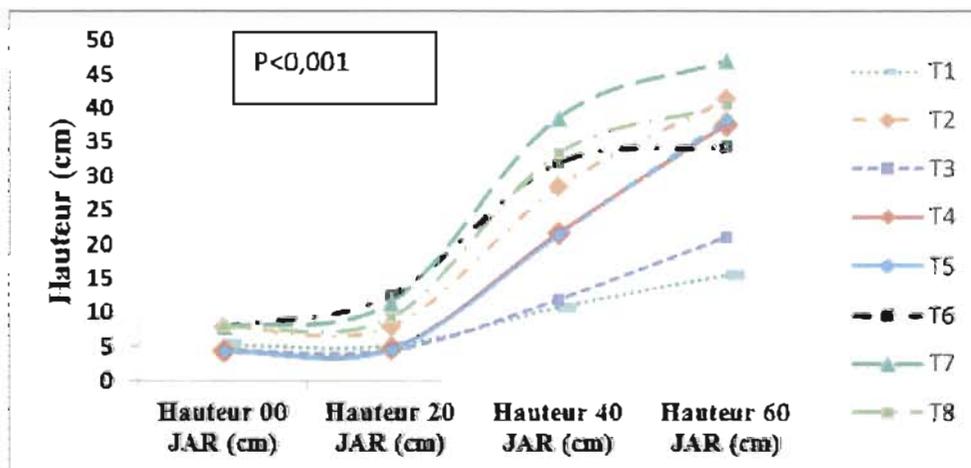


Figure 5 : Variation de la hauteur à 0 ; 20 ; 40 et 60 JAR en fonction de la fertilisation

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.

3.1.2.2 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 10,53mm ; 10,43mm 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).

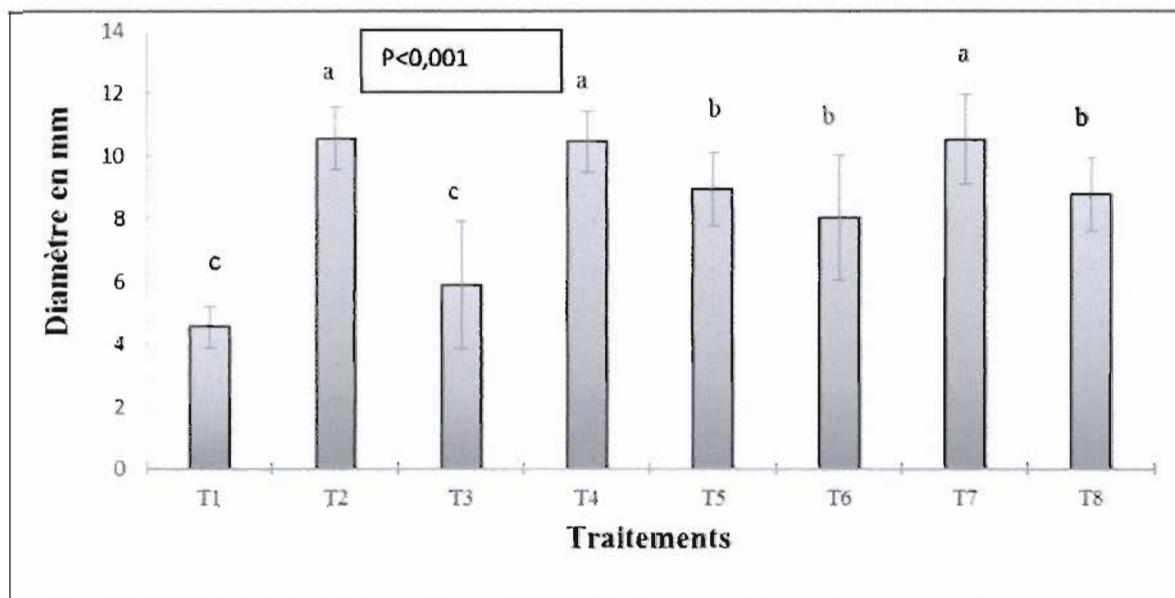


Figure 6 : Variation du diamètre au collet à 85 JAR en fonction de la fertilisation

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%.

3.1.2.3 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.

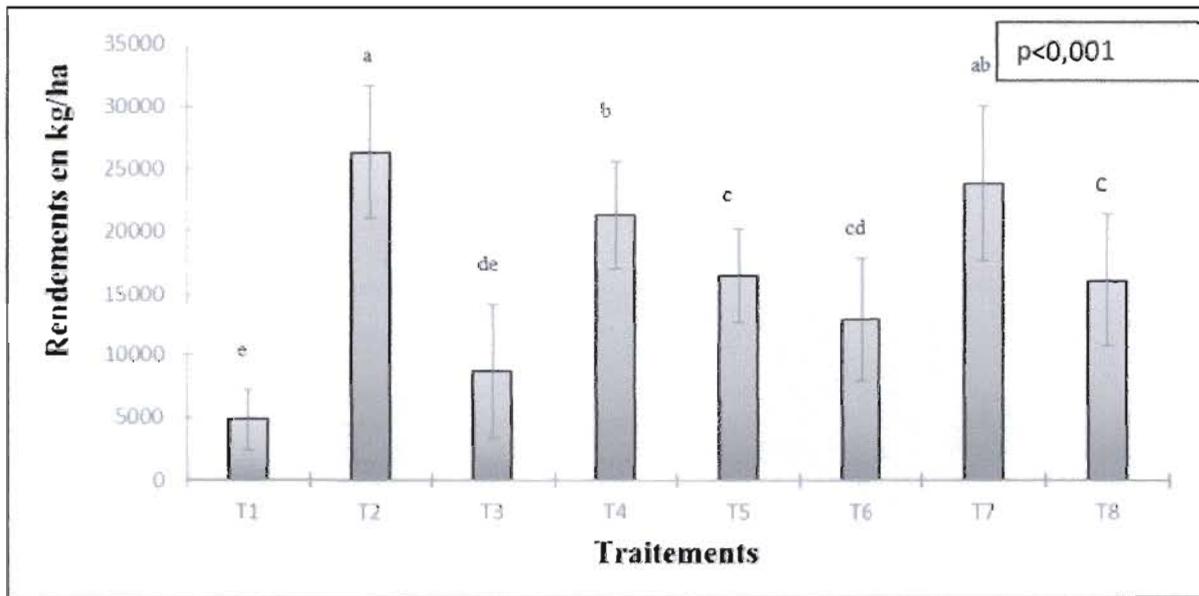


Figure 7 : Variation du rendement des fruits en fonction de la fertilisation

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%

3.1.2.4 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.

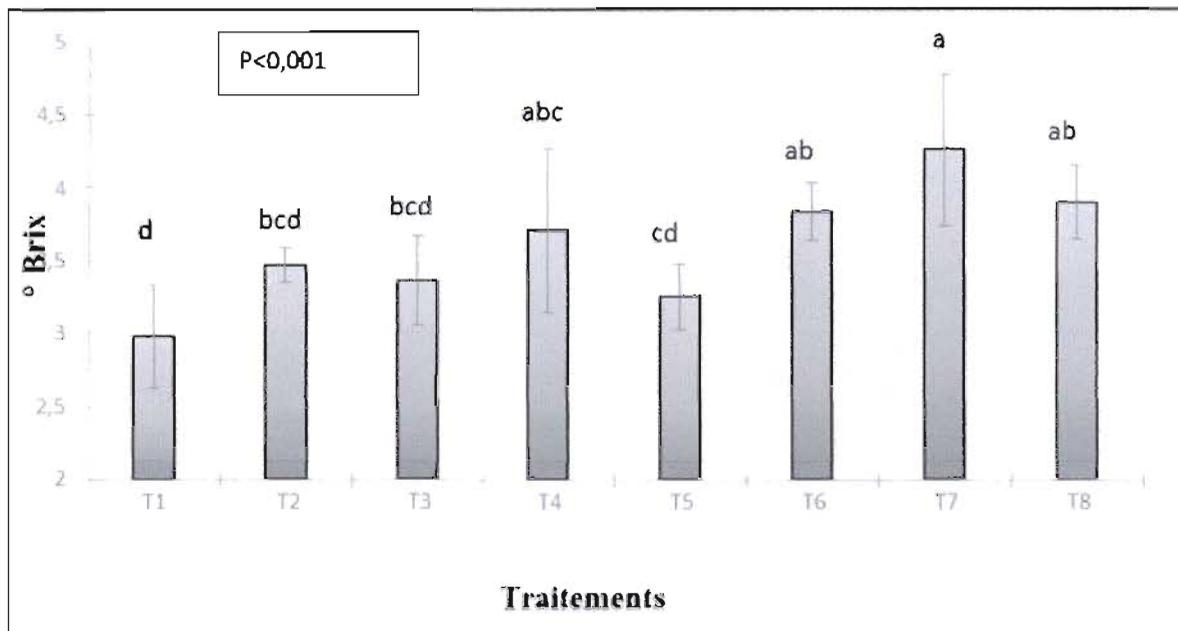


Figure 8 : Variation du Brix des fruits en fonction de la fertilisation

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%.

3.1.2.5. Variation de la longueur et la largeur des fruits en fonction de la fertilisation

Il ressort du tableau (V) 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 V : 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).

3.1.2.6. 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 VI 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 VI : Matrice de corrélation entre les différentes variables

Variables	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.

III.1.3 Effets de la fertilisation sur les propriétés chimiques du sol

Les résultats du tableau VII 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 VII). 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 VII).

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 VII).

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 VII).

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 VII : Caractéristiques chimiques du sol en fin de campagne

Trait.	pH _{eau}		pH _{KCl}		M O (%)		N total (g/kg)		K total		P ass.		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
Signifi- cation	THS	THS	THS	THS	HS	NS	NS	NS	NS	NS	THS	HS	NS	NS
probab- ilité	<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.

III.2 DISCUSSIONS

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 celui de Nana (2016) qui a relevé les meilleures croissances en hauteur des tomates avec Fertinova (4-3-3) associé 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 M'pika *et al.* (2015) 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 Kitabala *et al.* (2016) au Congo et Ngom *et al.* (2017) au Sénégal qui rapporte 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 apporté. 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 Kitabala *et al.* (2016) qui ne 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 (VI) 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 (Kotaix *et al.*, 2013 ; Pouya *et al.*, 2013 ; Somda *et al.*, 2017) 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 (Boumendjel *et al.*, 2012). 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 Granges *et al.* (2003). 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 (GMCP, 2016).

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 apporté 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 accélérer la minéralisation de la matière organique provoquant ainsi une acidification du sol (Kiba, 2005).

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

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 terme 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° Brix). La plus grande croissance en diamètre des plantes (10,53mm) et le meilleur rendement (26213kg/ha) ont été obtenu 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.

En perspective, nous proposons :

- évaluer les effets phytosanitaires des fertilisants organiques sur les ravageurs et maladies de la tomate ;
- poursuivre les études pour voir la rentabilité économiques de l'usage de ces fertilisants pour le producteur ;
- étudier l'impact environnemental de l'usage de ces fertilisants organiques ;
- analyser la composition minérale des fruits de tomate.

BIBLIOGRAPHIE

Agarwal S and Rao A.V., 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Canadian Medical Association Journal* 163(6): 39-744.

Bacyé B., Moreau R., Feller C., 1998. Décomposition d'une poudrette de fumier incorporée dans un sol sableux de versant et un sol argilo-limoneux de bas-fond en milieu soudano-sahélien. *Etude et Gestion des Sols* 5 (2): 83-92.

Bado B. V., 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudaniennes du Burkina Faso. Thèse de Ph. D. Université Laval, Canada. 166p.

Bado B.V., Sedogo M. P., Cescas M. P., Lompo F., et Bationo A., 1997. Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures* 6: 571-575.

Bationo A., Mokwunye A.U., 1991. Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production: with special reference to the sahelian and soudanian zones of West Africa. *Fertilizer Research* 29: 117-125.

Belem B., Olsen C.S., Theilade I., Bellefontaine R., Guinko S., Lykke A. M., Diallo A., et Boussim J. I., 2008. Identification des arbres hors forêt préférés des populations du Sanmatenga (Burkina Faso). *Bois et forêts des tropiques* 298 (4): 53-64.

Bénard C., 2009. Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine, France. 206p.

Biaou O. D. B., Saidou A., Bachabi F-X., Padonou G. E., et Balogoun I., 2017. Effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota L.*) Sur sol ferrallitique au sud Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Science* 11(5): 2315-2326.

Bonzi M., 2002. Evaluation et déterminisme du bilan de l'azote en sols cultivés du centre Burkina Faso: Etude par traçage isotopique ¹⁵N au cours d'essais en station et en milieu paysan. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine, France. 127p.

Boumendjell M., Houhamdi M., m. Samar F., Sabeg H., Boutebba A., Soltane M., 2012. Effet des traitements thermiques d'appertisation sur la qualité biochimique, nutritionnelle et technologique du simple, double et triple concentré de tomate. *Sciences et Technologie* N°36: 51-59.

Caburet A., Daly P., De Bon H., Huat J., Langlais C., Lyannaz J.P., et Ryckewaert P., 2002. Les légumes. *In* Memento de l'agronome, CIRAD ET GRET, Montpellier, France. P 1023-1049.

Chanforan C., 2010. Stabilité de microconstituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformations : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. Doctorat en Chimie. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, France. 388p.

Chougar S., 2010. Bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (MEYRICK, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie. 106 p.

Cissé L., 1988. Influence d'apports de matière organique sur la culture de mil et d'arachide sur un sol sableux du Nord Sénégal. II. Développement des plantes et mobilisations minérales. *Agronomie* 8 (5): 411- 417.

Courchinoux J.P., 2008. La culture de la tomate. Fiche technique Tomate, 8p.

D'Arondel De Hayes J., Traoré G., 1990. Cultures maraichères en zone soudano-sahélienne : Recueil de fiches techniques. CIRAD- IRAT, INERA- CNRST, 79 p.

Delville P.L., 1996. Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel (diagnostic et conseil aux paysans). Collection le « Point sur ». Ministère de la coopération CTA, Paris, 397p.

Dore C. et Varoqaux F., 2006. Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées, Paris, France, INRA, 698p.

Dossou J., Soulé I., et Montcho M., 2007. Evaluation des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles de la purée de tomate locale produite à petite échelle au Bénin. *Tropicultura* 25 (2): 119-125.

Doucet R. Malenfant., 1985. Culture de la tomate de transformation. Bulletin technique 9.

P 10-38.

Elattir H., Skiredj A., et Elfadl A., 2003. La tomate, l'aubergine, le poivron, le gombo. Fiche technique V. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. 4 p.

GMCP, 2016. : Fiche culture tomate. Compagnie marocaine de goutte à goutte et de pompage. 5p.

Gouba A., 2002. Efficacité biologique d'extraits de neem (*Azadirachta indica* A. Jus) sur des populations de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae) en cultures du cotonnier et de la tomate. Mémoire d'ingénieur agronome. IDR/ Bobo, Burkina Faso. 79p.

Granges A., Gunther V., Deprez A., Dalin J., et Verzaux E., 2003. Mesure de la qualité organoleptique des tomates. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 35 (5): 000-000.

Guinko S., 1984. Végétation de la Haute-Volta. Thèse de doctorat d'Etat. Université Bordeaux III, France. 318p.

Kiba. D.I., 2005. 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. 58 p.

Kiba D.I., 2012. 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, Burkina Faso. 120p.

Kitabala M.A., Tshala U., 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: 9669 – 9679.

Kotaix A. J. A., Angui P. T. K., Pierre C. Z. K., Diby N. L., Dao D., et Bonfoh B., 2013. 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): 37 – 52.

Koussoubé, S., 2011. Inventaire des insectes ravageurs de la tomate, Importance des populations, effet des variétés et de la fumure. Mémoire de master II. Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 56p.

Landais., Lhoste P., 1993. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines. *Cahiers Agricultures 2*: 9-25.

Lompo F., Segda Z., Gnankambary Z., et Ouandaogo N., 2009. Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs. *Tropicultura 27* (2): 105-109.

MAHRH, 2007. Analyse de la filière maraîchage au Burkina Faso, Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Burkina Faso, 127p.

MASA, 2014. Rapport d'analyse du maraichage campagne 2011/2012. Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire, Burkina Faso, 42 p.

Messiaen C.M., 1975. Le potager tropical- Tome II, Paris, France, Presses universitaires de France, 580 p.

Mpika J., Makoundou A.A. et Minani D., 2015. 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*: 8789 – 8800.

Nacro S., Ouédraogo S., Traore K., Sankara E., Kabore C., et Ouattara B., 2010. Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Science 4*(4): 1044-1055.

Naika S., Lidt de Jeude J.V., Goffau De M., Hilmi M., et Van Dam B., 2005. La culture de la tomate: production, transformation et commercialisation. Fondation Agromisa et CTA Wageningen, Agrodok 17. 105p.

Nana L., 2016. Effet d'un fertilisant organo-minéral (Fertinova 4-3-3) sur les propriétés chimiques du sol et la production de quelques cultures maraîchères en milieu paysan au Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur agronome. ISEDR/Dédougou, Burkina Faso. 71 p.

Ngom S., Dieye I., Thiam M. B., Sonko A., Diarra R., Diarra K., et Diop M., 2017. 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): 269 – 278.

Ouandaogo N., Ouattara B., Pouya M.B., Gnankambary Z., Nacro H.B., Sedogo M.P., 2016. Effets des fumures organo-minérales et des rotations culturales sur la qualité des sols. *International Journal of Biological and Chemical Science* 10 (2): 904- 918.

Ouédraogo J., Nacro H. B., Ouédraogo E., Youl S., et Sedogo M. P., 2014. Amélioration de la disponibilité du phosphore par la gestion de la macrofaune du sol : cas d'un lixisol en zone semi-aride du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Science* 8(4): 1838-1846.

MATD, 2017. Plan communal de Développement de la commune de Kaya, Ministère de l'administration territoriale et de la décentralisation. 222p.

Pouya M. B., Bonzi M., Gnankambary Z., Traoré K., Ouédraogo J. S. Somé A. N., et Sedogo M. P., 2013. 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): 282-292.

RANC N., 2010. Analyse du polymorphisme moléculaire de gènes de composantes de la qualité des fruits dans les ressources génétiques sauvages et cultivées de tomate: recherche d'associations gènes/QTL. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, France. 217 p.

Renaud V., 2003. Tous les légumes: courants, rares ou méconnus, cultivables sous nos climats. Paris, France, Ulmer, 224p.

Sedogo P. M., 1993. 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, Côte d'Ivoire. 295p.

Serpantié G. et Ouattara B., 2001. Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest *In* La jachère en Afrique tropicale, Ch. Floret, and R. Pontanier Ed., Paris, France, John Libbey Eurotext, pp. 21-83.

Soma D. M., 2010. Effet des apports répétés de diverses sources d'amendements organiques dans un sol ferrugineux tropical lessivé (Saria, Burkina Faso) sur la biodisponibilité du phosphore et la production du sorgho. Diplôme d'études approfondies. IDR/Bobo, Burkina Faso. 47p.

Somda B., Ouattara B., Serme I., Pouya M., Lompo F., s. Taonda J. B., et Sedogo M., 2017. 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): 670-683.

Son D., Somda I., Legreve A., et Schiffers B., 2017. Pratiques phytosanitaires des producteurs de tomates du Burkina Faso et risques pour la santé et l'environnement. *Cahiers Agricultures* 26: 25005.

Taonda S.J-B., Bertrand R., Dickey J., Morel J-L., et Sanon K., 1997. Dégradation des sols en agriculture minière au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures* 4: 363-9.

Tindal H. D., 1968. Commercial Vegetable Growing. Royaume-Uni, Oxford University Press, 300p.

Toundou O., 2016. Evaluation des caractéristiques chimiques et agronomiques de cinq composts de déchets et étude de leur effet 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. Thèse de doctorat. Université de Lomé, Togo. 183 p.

Vallerie M., 1969. Fertilité et fertilisation des sols tropicaux. Cours donné à l'Ecole Fédérale Supérieure d'Agriculture, Cameroun, 194 p.

Yameogo J.T., Somé A.N., Lykke A. M., Hien M., Nacro H.B., 2013. Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et des cordons pierreux à l'Ouest du Burkina Faso. *Tropicultura* 31(4): 224-230.

Zougmoré R., Korodjouma O., Mando A., Ouattara B., 2004. Rôle es nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi- lunes) au Burkina Faso. *Science et changements planétaires/ Sécheresse* 15 (1): 41-48.

Webographie

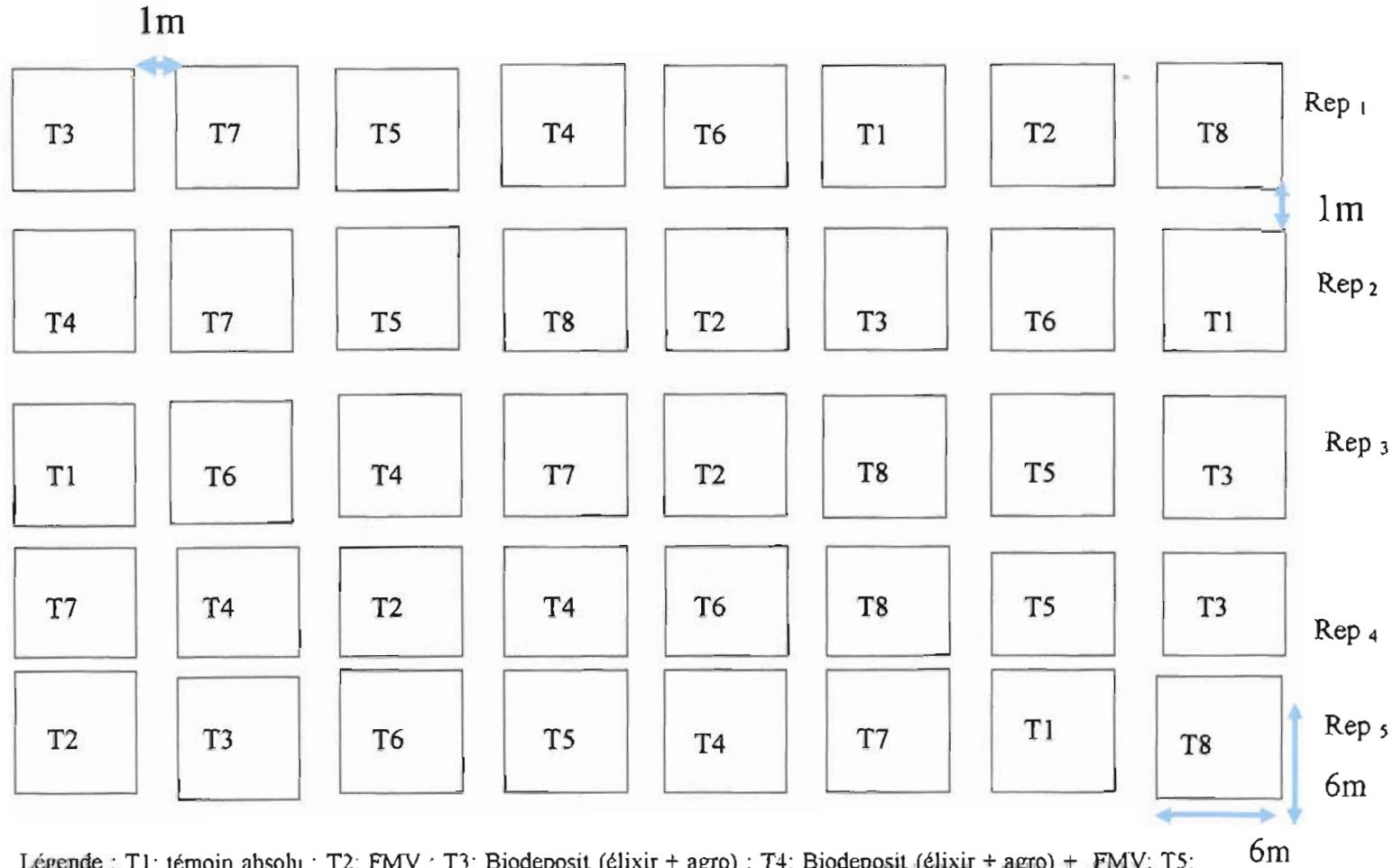
Biodeposit.lv consulté le 25 novembre 2017.

Www éléphant-vert.com consulté le 25 novembre 2017.

FAO. 2016. FAO Statistic. Wwww faostat.fao.org. Consulté le 27 janvier 2018.

ANNEXES

Annexe 1 : schémas du dispositif expérimental



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

Annexe 2 : Photo des fertilisants organiques utilisés dans l'expérience



Photo 2: Les fertilisants organiques utilisés dans l'expérience (A : Biodeposit élixir, B : Biodeposit agro, C : Fertinova, D : Organova).