



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## **Influence d'intrants innovants sur les propriétés du sol et la production de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) et d'aubergine (*Solanum melongena* L.) sur un sol ferrugineux tropical en zone soudano-sahélienne au Burkina Faso**

Zakaria KONFE<sup>1</sup>, Bienvenu ZONOU<sup>2</sup> et Edmond HIEN<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-agricoles, Direction Régionale du Centre-Nord, Burkina Faso.

<sup>2</sup>Institut du Développement Rural, Université Nazi Boni, BP 1091, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

<sup>3</sup>Université Joseph KI-ZERBO, UFR/SVT & IRD, LMI-IESOL, 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso.

\*Auteur correspondant ; E-mail : [edmond.hien@ird.fr](mailto:edmond.hien@ird.fr); Tel.: +226 70 26 36 36

### **RESUME**

La limitation des ressources en eau et la faible productivité des sols figurent parmi les contraintes majeures à la culture maraîchère au Burkina Faso. Dans ce contexte, la gestion efficace des ressources en eau et la fertilisation des sols s'avèrent nécessaires pour maintenir, voire améliorer les rendements des cultures. L'objectif de cette étude était de tester l'efficacité du Turbo Bio et du Polyter sur les propriétés du sol et la production de tomate et d'aubergine. La méthodologie a consisté à tester, sous serre, en vases de végétation, 12 traitements avec quatre répétitions, prenant en compte la fertilisation, la gestion de l'eau par le polyter et le stress hydrique. Le taux d'humidité, le pH et la respiration du sol ainsi que les composantes du rendement de la tomate et de l'aubergine ont été mesurés. Les résultats ont montré que l'application du turbo-bio et du polyter permettait de réduire l'acidité et d'améliorer l'activité biologique du sol. De plus, l'application du Polyter et du Turbo-Bio, a permis d'induire une production de biomasses plus importante et a également favorisé la floraison et la fructification. En condition de stress hydrique, le Polyter a permis un effet tampon, en optimisant la croissance et le développement des deux plantes testées, ouvrant ainsi des perspectives pour une meilleure gestion de l'eau notamment en cultures maraîchères.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés:** Turbo Bio, Polyter, cultures maraîchères, stress hydrique, propriétés du sol, composantes de rendement.

## **Influence of innovative inputs on soil properties and tomato production (*Solanum lycopersicum* L.) and eggplant (*Solanum melongena* L.) on a tropical ferruginous soil in Soudano-Sahelian Zone in Burkina Faso.**

### **ABSTRACT**

The limitation of water resources and low soil productivity are among the major constraints to market gardening in Burkina Faso. In this context, the efficient management of water resources and the fertilization of soils are necessary to boost crop yields. The objective of this study was to test the effectiveness of Turbo Bio and Polyter on soil properties and the production of tomato and eggplant. The methodology consisted in

testing, under greenhouse, in vases of vegetation, 12 treatments with four repetitions, taking into account the fertilization, the water management by the Polyter and the water stress. Moisture content, soil pH and respiration as well as yield components of tomato and eggplant were measured. The results showed that the application of Turbo-Bio and Polyter allowed to reduce the acidity and improve the biological activity of the soil. In addition, the application of Polyter and Turbo-Bio, led to a greater biomass production and also favored flowering and fruiting. Under conditions of water stress, the Polyter allowed a buffering effect, optimizing the growth and development of the two plants tested, thus opening up prospects for better water management, particularly in vegetable crops. The Turbo-Bio and the Polyter appear as innovative ecological inputs which, in addition to the organic and mineral manures make it possible to improve the properties of the soil and the production of the cultures.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Turbo Bio, Polyter, vegetable crops, water stress, soil properties, yield components.

## INTRODUCTION

Au Burkina Faso, le secteur agricole occupe 86% de la population active et contribue pour près de 40% à la formation de Produit Intérieur Brut (MASA, 2013). Cette agriculture est essentiellement de subsistance et basée sur les cultures vivrières (sorgho, mil, maïs, riz, niébé et fonio) avec des rendements moyens inférieurs à 850 kg.ha<sup>-1</sup> (DPSAA, 2011). Malgré cette dominance des cultures vivrières, la culture maraîchère constitue une composante majeure dans le secteur de la production agricole. En effet, le secteur maraîcher génère annuellement en valeur ajoutée, plus de soixante (60) milliards de FCFA (MAHRH, 2007). Cependant, la filière maraîchère se trouve confrontée à de nombreuses causes de baisse de rendements parmi lesquelles, la faible fertilité des terres et le problème de la disponibilité en eau. Aussi, la faible capacité de rétention en eau des sols et la forte évaporation placent les cultures en condition de stress hydrique. En effet, de nombreux travaux ont largement fait état du faible potentiel de productivité des sols au Burkina Faso (Sawadogo, 2006 ; Traoré et Toé, 2008). Ces sols sont caractérisés par un faible taux de matière organique, une pauvreté en bases échangeables, une carence en phosphore et azote, un complexe adsorbant médiocre et une faible capacité de rétention en eau.

Face à cette situation, l'utilisation des engrais et amendements organiques restent l'une des solutions efficaces pour améliorer la fertilité des sols, accroître les rendements des

cultures et l'ensemble de la production agricole (Bikienga, 2002). Mais cette utilisation doit permettre une agriculture durable tout en boostant les rendements des cultures (Kiba, 2005).

Dans un tel contexte, l'utilisation d'engrais biologiques pourrait donc être une alternative à la fertilisation des sols, tout en minimisant les risques de pollution de l'environnement, par l'amélioration de la nutrition minérale des plantes et la bonne gestion de l'eau à la parcelle, d'où l'intérêt de la vulgarisation d'intrants innovants tels que l'hydro-rétenteur (Polyter) et l'engrais liquide (turbo bio) pour améliorer d'une part, l'efficacité de l'irrigation et, favoriser la nutrition minérale pour booster les rendements des cultures maraîchères d'autre part.

En effet, plusieurs études ont montré l'importance des engrais organiques (Williams et al., 2004 ; Yorinori et al., 2004 ; Zougmore et al., 2008 ; Ouédraogo, 2011). Cependant, à notre connaissance, très peu de travaux scientifiques ont été conduits sur les effets combinés d'engrais biologiques et d'hydro-rétenteurs dans la zone sub-saharienne.

Cette étude visait globalement à tester en milieu contrôlé l'efficacité du turbo bio (fertilisant biologique, organique liquide) et du polyter (hydro-rétenteur) sur la production de deux cultures maraîchères (tomate et aubergine) et quelques paramètres du sol.

Il s'agissait plus spécifiquement d'évaluer l'impact du turbo bio et du polyter sur les composantes de rendement des deux

cultures et de mesurer leur effet sur l'humidité, l'acidité et la respiration du sol.

## MATERIEL ET METHODES

### Site de l'étude

L'essai a été conduit sous abris dans l'enceinte du centre IRD sis à Ouagadougou (12°22'11'' N, 1°30'46''W). Le climat, de type soudano-sahélien, est caractérisé par une pluviosité annuelle comprise entre 600 et 900 mm selon le découpage des domaines climatiques (1961-1990) de la Direction de la Météorologie (SP/CONEDD, 2007). La saison pluvieuse va de juin à octobre. Au cours de la période d'expérimentation (août -octobre 2015), la hauteur d'eau totale a été de 310 mm, avec des températures moyennes maximales et minimales respectives de 33,87 °C et 24,03 °C.

### Prélèvement et préparation des échantillons de sol

Les échantillons de sol ont été prélevés suivant la méthode de diagonales dans 8 parcelles principales de 18 m<sup>2</sup> (2 m x 9 m). Ces échantillons ont été collectés dans la couche 0-20 cm sur un site expérimental à Loumbila en climat soudano-sahélien délimité par les isohyètes 600 et 900 mm.

Pour chaque parcelle, un échantillon composite a été obtenu par le mélange de trois échantillons élémentaires. Les échantillons de sols prélevés ont par la suite été séchés puis tamisés à 2 mm pour la mise en place de l'essai sous serre. Une aliquote de chaque échantillon a été prélevée pour les différentes analyses (Tableau 1).

### Intrants testés

#### *Polyter*

Le polyter est un hydro-rétenteur spécifique pour les végétaux, enrichi en éléments fertilisants (Photo 1a). Il s'adapte à différentes pressions d'absorption et le pH est de 6,5 à 7. Le NPK total est à 3% minimum libérable, associé à des chaînes organiques composant l'essentiel de l'hydro-rétenteur fertilisant. Il se présente sous forme granulée, poudreuse ou gommeuse. Les caractéristiques du polyter utilisé au cours de notre expérimentation sont consignées dans le Tableau 2.

### *Turbo-bio*

Le Turbo Bio est un engrais organique liquide. Il est composé d'huile végétale, d'extraits de plante, de graines et de composés végétaux inertes. C'est un engrais à 100% biodégradable avec un impact négligeable sur l'environnement ; il peut être utilisé soit directement par pulvérisation sur les feuilles et/ou par arrosage au système racinaire. En outre, il contient un insectifuge naturel ainsi que des extraits pouvant éliminer les mauvais effets des virus et des bactéries. Ses caractéristiques chimiques sont présentées dans le Tableau 3.

### Amendement organique et engrais minéraux utilisés

Le fumier de bovin a été utilisé comme amendement organique (pH=8,6 N total =1,35%, C total=14,8%). Les engrais minéraux utilisés sont le NPK (14-23-14) et l'urée (46% N).

### Matériel végétal

La tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), variété Mongal F1 dont le rendement potentiel est estimé à 50 t.ha<sup>-1</sup> et l'aubergine violette (*Solanum melongena* L.), variété Kalenda F1 dont le rendement potentiel est estimé à 20 à 40 t.ha<sup>-1</sup> ont été utilisées.

### Dispositif expérimental et conduite de l'essai

Le dispositif a pris en compte les facteurs fertilisants (fumure minérale ; turbo-bio), l'apport ou non de Polyter et l'apport ou non d'eau pour les deux spéculations. Chaque pot constituait une unité expérimentale.

La combinaison de ces trois facteurs a donné douze (12) traitements qui ont été appliqués avec quatre répétitions pour chaque spéculations (Tableau 4), ce qui a donné au total 96 pots ou unités expérimentales distribuées de façon aléatoire dans la serre.

Le fond de chaque pot a été percé afin d'éviter un excès d'eau pouvant créer des conditions d'anaérobiose pour les racines. Toutefois, les apports d'eau étaient contrôlés afin d'éviter un drainage pouvant causer une perte des fertilisants apportés. Les pots ont été pourvus de 5 kg de sol tamisé à 2 mm. La

tomate et l'aubergine ont tout d'abord été cultivées dans une pépinière à Loumbila pendant 32 jours, avant d'être transplantées. Chaque plant a été transplanté dans un pot amendé avec du fumier en raison de 60 g.pot<sup>-1</sup> et le sol est humidifié à la capacité au champ (environ 950 ml d'eau). Les pots ont été disposés en blocs aléatoires. Avant le repiquage, 5 g de Polyter ont été appliqués aux pots devant recevoir le traitement avec Polyter. Les doses d'engrais minéraux NPK (14-23-14) et urée (46% N) ont été appliquées conformément à la recommandation de l'INERA à savoir 200 kg.ha<sup>-1</sup> pour le NPK et 100 kg.ha<sup>-1</sup> pour l'urée. Le NPK (5 g.pot<sup>-1</sup>) a été appliqué 14 jours après repiquage (JAR) et l'urée (2 g.pot<sup>-1</sup>) 30 JAR. Quant au turbo-bio, il a été appliqué chaque semaine par pulvérisation et par arrosage afin d'évaluer son effet sur les propriétés du sol. Durant la première semaine de repiquage, tous les plants ont été arrosés deux fois par jour, le matin et l'après-midi. Après la première semaine, la même fréquence d'arrosage a été appliquée aux plants soumis à un apport d'eau normal ; par contre, les plants soumis aux conditions de stress hydrique ont été arrosés une fois tous les 2 jours. Afin d'éviter tout apport d'eau extérieure dû aux précipitations, l'enceinte abritant les plants étaient protégée de jour comme de nuit avec des bâches transparentes en plastique en cas de pluie.

#### **Paramètres mesurés**

Pour ce qui est des paramètres végétatifs, le diamètre au collet et la hauteur des plants ont été mesurés, et le nombre de feuilles a été compté. Quant aux paramètres de production, le nombre de fleurs et de fruits par plante, les biomasses aérienne et racinaire ont été mesurées.

#### **Echantillonnage des sols après le dépotage**

Après dépotage des plants, un échantillon composite a été constitué pour chaque traitement en mélangeant les sols prélevés dans chacun des quatre (4) pots correspondant aux quatre (4) répétitions.

#### **Mesure des caractéristiques physique, chimique et biologique du sol**

L'humidité pondérale a été déterminée par la méthode gravimétrique. Elle a consisté à peser le poids humide des échantillons prélevés. Ces derniers ont ensuite été placés dans une étuve à 105 °C jusqu'à poids constant représentant le poids sec. La masse d'eau est déduite par différence entre la masse du sol humide et la masse du sol sec de l'échantillon et est rapportée à la masse du sol sec pour obtenir la teneur en eau ou humidité pondérale.

Le pH de l'eau a été mesuré par électrométrie à l'aide de pH-mètre dans une suspension sol/eau (rapport 2/5) après mise en agitation du sol avec de l'eau déminéralisée durant 1 heure (BUNASOLS, 1987).

La respiration du sol a été mesurée par respirométrie. La respiration du sol exprime l'activité biologique potentielle du sol qui dépend de la matière organique biodégradable présente. Pour sa mesure, deux grammes (2 g) de chaque échantillon de sol ont été placés dans un tube en verre et humectés avec 700 µl d'eau distillée. Les tubes fermés hermétiquement sont incubés à la température ambiante. Chaque échantillon est répété 3 fois. La première mesure du dégagement de CO<sub>2</sub> a été faite après quatre heures d'incubation. Les autres mesures ont été faites toutes les 96 heures pendant 16 jours. Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un respiromètre IRGA.

Toutes ces mesures ont été réalisées au Laboratoire d'Agro-pédologie, UMR Eco & Sols de l'IRD à Ouagadougou.

#### **Analyses statistiques**

Les résultats ont été exprimés en moyenne ± écart type et les comparaisons entre les variables dépendantes ont été déterminées avec l'analyse de variance à l'aide du logiciel XLSTATS version 2014. La séparation des moyennes a été faite par le test de Student Newman-Keuls (SNK) au seuil de 5%. Les histogrammes et les courbes ont été construits avec le tableur Excel 2012.

**Tableau 1 :** Caractéristiques chimiques du sol utilisé.

C organique (%)	N total (%)	C/N	P total (ppm)	P ass. (ppm)	K total (ppm)	K disp. (ppm)
0,524	0,051	10	140,0	3,2	863,0	56,1

ass. : Assimilable; disp. : disponible.

**Tableau 2:** Caractéristiques techniques du polyter.

Polyter	Granulés (Gr)
Granulométrie (%)	94
pH	6,5-7
Matière sèche (%)	88,5
Temps de saturation	3 heures environ
Taux de rétention	160 à 500 g
Fertilisants en % minimum libérables	0,5 d'azote total (0,15 azote ammoniacal 0,35 Nitrate d'azote) 0,8 acide phosphorique soluble 0,2 Potassium soluble.
Oligo-éléments	Bo, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn.
Température	Résiste aux températures extrêmes dans le sol

**Tableau 3:** Caractéristiques chimiques du turbo-bio.

pH	C (%)	N (%)	C / N	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
6,2	60	5	12	8	20	5,5	0,5

**Tableau 4:** Traitements appliqués pour chaque spéculation.

N°	Traitements	Apport en eau
T1	TA+SP+SH	Témoin + Sans Polyter
T2	FM+SP+SH	Fumure minérale (5 g NPK+2 g Urée) + Sans Polyter
T3	TB+SP+SH	Turbo-bio (2 ml/2 l d'eau) + Sans Polyter
T4	TA+AP+SH	Témoin + Avec Polyter (5g)
T5	FM+AP+SH	Fumure minérale (5 g NPK+2 g Urée) + Avec Polyter (5 g)
T6	TB+AP+SH	Turbo + Avec Polyter (5 g)
T7	TA+SP+AH	Témoin + Sans Polyter
T8	FM+SP+AH	Fumure minérale (5 g NPK+2 g Urée) + Sans Polyter
T9	TB+SP+AH	Turbo-bio (2 ml/2 l d'eau) + Sans Polyter
T10	TA+AP+AH	Témoin + Avec Polyter (5g)
T11	FM+AP+AH	Fumure minérale (5 g NPK+2 g Urée) + Avec Polyter (5 g)
T12	TB+AP+AH	Turbo + Avec Polyter (5 g)

TA : Témoin Absolu ; FM : Fumure minérale; TB : Turbo-Bio ; AP : Avec Polyter ; SP : Sans Polyter ; AH : avec stress hydrique ; SH : sans stress hydrique ; T1 à T12 : numéro des traitements de 1 à 12.

## RESULTATS

### Effets des traitements sur les paramètres physique, chimique et biologique du sol

#### *Effets des traitements sur l'humidité pondérale et le pH du sol*

Les résultats de l'humidité pondérale et du pH du sol des essais sous culture de tomate et d'aubergine révèlent une différence significative entre les traitements au seuil de 5% selon le test de Student Newman Keuls (SNK) (Tableau 5).

Pour le taux d'humidité, sous culture de tomate, le TB+AP, le TA+AP et la FM+AP enregistrent les meilleurs taux d'humidité qui sont respectivement de 19,30%, 18,60% et 14,70%. La plus faible valeur du taux d'humidité est enregistrée par le TB+SP (10,00%) suivi du TA+SP (11,00%) et du FM+SP (11,30%).

Sous culture d'aubergine, la plus grande valeur de taux d'humidité est observée au niveau du traitement TA+AP (20,70%) et la plus faible valeur avec FM+SP (10,40%).

Les valeurs du pH du sol ont présenté des différences statistiquement significatives au seuil de 5% selon le test de SNK, aussi bien sous culture de tomate que sous culture d'aubergine (Tableau 5).

Les pH des traitements TA et FM sont faiblement acides alors que ceux de TB tendent vers la neutralité. Sous culture de tomate, le pH varie entre 5,86 et 6,06. La Fumure Minérale (FM) a entraîné une tendance à l'augmentation de l'acidité du sol (pH = 5,86) alors que l'application du turbo-bio a entraîné de façon tendancielle une diminution de l'acidité (pH = 6,92). Par contre, lorsqu'on associe le polyter aux traitements (TB+AP et FM+AP) on note un relèvement du pH au niveau de la FM (pH = 6,13) et une légère diminution de celui du TB (pH = 6,74). Ces mêmes résultats sont observés sous culture d'aubergine où le pH varie entre 5,91 et 7,03. L'application du polyter a entraîné une diminution du pH des sols du traitement Turbo-bio qui est passé de

pH 6,92 à pH 6,74 chez la tomate et de pH 7,03 à pH 6,84 chez l'aubergine. Par contre, pour les traitements FM et témoin, l'application du polyter a entraîné une augmentation du pH. Pour le traitement FM, il est passé de pH 5,86 à pH 6,13 sous tomate et de pH 5,91 à pH 6,14 sous aubergine et pour le traitement TA, le pH est passé de 6,06 à 6,56 sous tomate et de 5,99 à 6,77 sous aubergine.

#### *Effets des traitements sur le dégagement de CO<sub>2</sub> du sol*

Les Figures 1a et 1b présentent les résultats du dégagement de CO<sub>2</sub> des échantillons de sol des différents traitements sous culture de tomate et d'aubergine.

Sous culture de tomate, les valeurs de CO<sub>2</sub> dégagé les plus élevées sont obtenues avec les traitements TB+AP (2143,33 mg.kg<sup>-1</sup> de sol) et FM+AP (2040 mg.kg<sup>-1</sup> de sol). Les traitements FM+SP (1643,33 mg.kg<sup>-1</sup> de sol) et TB+SP (1630 mg.kg<sup>-1</sup> de sol) enregistrent un dégagement de CO<sub>2</sub> moyennement élevé. Le plus faible dégagement de CO<sub>2</sub> est observé au niveau du traitement TA+SP avec une valeur de CO<sub>2</sub> dégagé de 1113,33 mg.kg<sup>-1</sup> de sol.

Sous culture d'aubergine, le traitement FM+AP enregistre la valeur la plus élevée de CO<sub>2</sub> dégagé (2433,33 mg.kg<sup>-1</sup> de sol). Il est suivi du traitement TB+AP (2226,67 mg.kg<sup>-1</sup> de sol). Tout comme chez la tomate, les traitements FM+SP (1596,67 mg.kg<sup>-1</sup> de sol) et TB+SP (1553,33 mg.kg<sup>-1</sup> de sol) enregistrent un dégagement de CO<sub>2</sub> moyennement élevé. La plus faible valeur de dégagement est observée avec le traitement TA+SP (990 mg.kg<sup>-1</sup> de sol).

### Effet des traitements sur le développement végétatif des plants

#### *Effet des traitements sur la croissance en hauteur des plants*

Sous tomate (Figures 3a et 3b), aucune différence significative n'a été observée au 21<sup>e</sup> jour après repiquage aussi bien en

condition de stress hydrique qu'en situation d'alimentation normale en eau. Cependant, au 42<sup>e</sup> jour, nous avons observé des différences significatives entre les traitements. A la dernière date de mesure, TB+AP+SH et TB+SH+SH ont induit les hauteurs significativement les plus élevées soient respectivement 102,75 et 101,17 cm. Ils sont suivis de FM+AP+SH (92,02 cm) et FM+SP+SH (86,25 cm) qui sont statistiquement différents de TA+AP+SH (66,25 cm) et TA+SP+SH (51,65 cm).

Sous aubergine (Figures 4a et 4b), l'effet significatif entre les différents traitements n'a été observé qu'à la dernière date de mesure (84<sup>e</sup> JAR). Ainsi, à cette date, TB+AP+SH (79,47 cm) et FM+AP+SH (77,45cm) ont induit significativement les hauteurs les plus élevées soit respectivement 21,25 et 19,23 cm de plus que le TA+SP+SH (58,22 cm).

### **Effet des traitements sur les paramètres de production**

#### ***Effet des traitements sur le nombre de fleurs et de fruits***

Les résultats du nombre de fleurs et de fruits sont consignés dans le Tableau 6.

Le nombre moyen de fleurs et de fruits par plante est supérieur au niveau des traitements avec TB comparé à ceux de FM et TA.

Chez la tomate, en absence de polyter et en condition de stress, les nombres moyens de fleurs et de fruits du traitement TB sont respectivement de 17,5 fleurs.plant<sup>-1</sup> et 11,25 fruits.plant<sup>-1</sup> contre 13,25 fleurs.plant<sup>-1</sup> et 8 fruits.plant<sup>-1</sup> du traitement FM et 11,5 fleurs.plant<sup>-1</sup> et 1,25 fruit.plant<sup>-1</sup> du traitement TA. Ces mêmes différences sont observées chez l'aubergine en ce qui concerne le nombre de fleurs.

Les résultats montrent également qu'il existe une différence significative ( $P <$

0,0001) entre le traitement sans polyter et soumis en condition de stress et ceux sans polyter sans stress aussi bien pour le nombre de fleurs chez les deux spéculations que pour le nombre de fruits sous tomate.

Les traitements avec polyter ont un nombre de fleurs plus élevé que les traitements sans polyter.

#### ***Effet des traitements sur la production de biomasses***

Le Tableau 7 montre les résultats de la production de biomasse aérienne des deux cultures (tomate et aubergine). Cette production a été significativement influencée par les différents traitements aussi bien sous tomate que sous aubergine ( $P < 0,001$ ).

FM avec polyter et sans stress hydrique forme le meilleur groupe qui diffère de façon très significative du groupe formé par le Témoin absolu sans polyter en condition de stress (TA+SP+AH). Le groupe intermédiaire est constitué des traitements avec polyter en condition de stress et ceux sans polyter et sans stress.

Par ailleurs, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements pour ce qui est de la biomasse racinaire (Tableau 7).

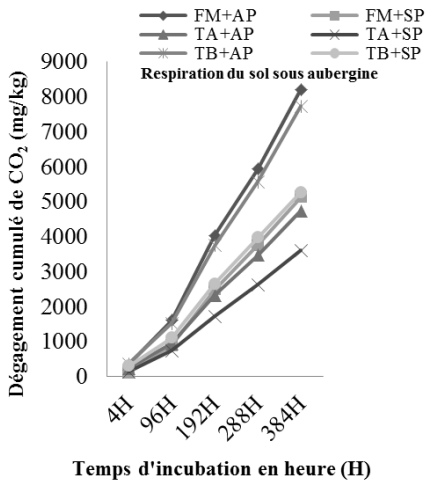
Sous aubergine, en absence de stress hydrique (SH) tout comme en présence de stress (AH), les traitements avec du polyter ont produit les biomasses aérienne et racinaire les plus élevées par rapport aux traitements sans polyter. A titre d'exemple, le TA+AP+SH a produit les biomasses aérienne (21,10 g/pot) et racinaire (1,86 /pot) les plus importantes comparativement au TA+SP+SH (15,42 g.pot<sup>-1</sup> et 1,40 g.pot<sup>-1</sup>).

Aussi, tout comme sous tomate, les traitements avec du turbo-bio (TB) ont produit plus de biomasses que ceux avec de la fumure minérale et du témoin.

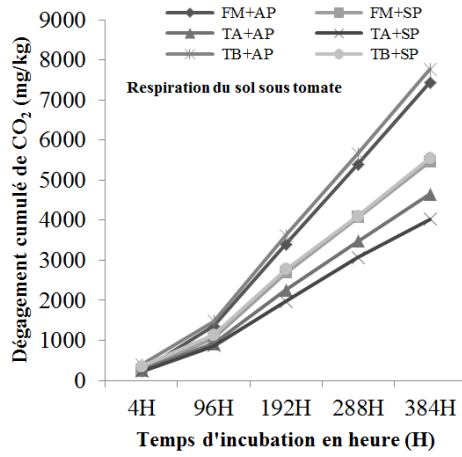
**Tableau 5:** Effet des traitements sur l'humidité pondérale et le pH du sol.

Traitements	Humidité pondérale (%)		pH du sol	
	Tomate	Aubergine	Tomate	Aubergine
TA + SP	11,00 ± 3,27 b	11,00 ± 4,44 b	6,06 ± 0,12 d	5,99 ± 0,04 d
TA + AP	18,60 ± 4,27 a	20,70 ± 4,29 a	6,56 ± 0,01 c	6,77 ± 0,03 b
TB + SP	10,00 ± 3,24 b	12,50 ± 3,77 b	6,92 ± 0,02 a	7,03 ± 0,06 a
TB + AP	19,30 ± 3,73 a	18,40 ± 4,66 a	6,74 ± 0,01 b	6,84 ± 0,03 b
FM + SP	11,30 ± 2,38 b	10,40 ± 2,67 b	5,86 ± 0,03 d	5,91 ± 0,03 e
FM + AP	14,70 ± 2,21ab	15,30 ± 3,70 ab	6,13 ± 0,03 d	6,14 ± 0,04 c

Dans une même colonne, les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls (SNK) au seuil de probabilité de 5%. TA : Témoin Absolu ; FM : Fumure minérale; TB : Turbo-Bio ; AP : Avec Polyter ; SP : Sans Polyter.

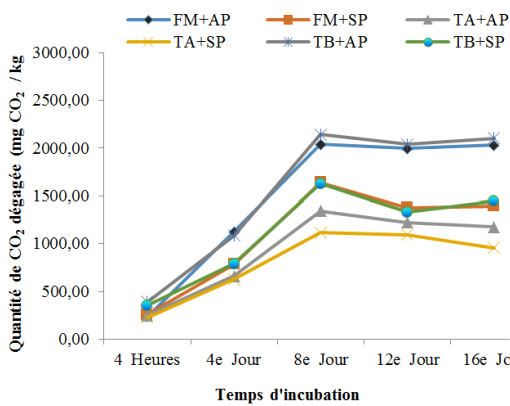


**Figure 1a :** Effets des traitements sur la respiration du sol sous tomate.

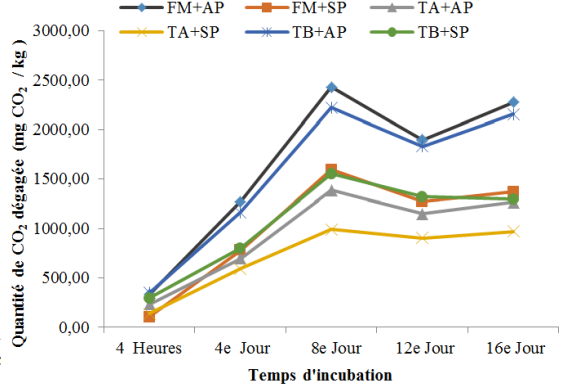


**Figure 1b :** Effets des traitements sur la respiration du sol sous aubergine.

TA : Témoin Absolu ; FM : Fumure minérale (NPK et Urée) ; TB : Turbo-Bio ; AP : Avec Polyter ; SP : Sans Polyter.



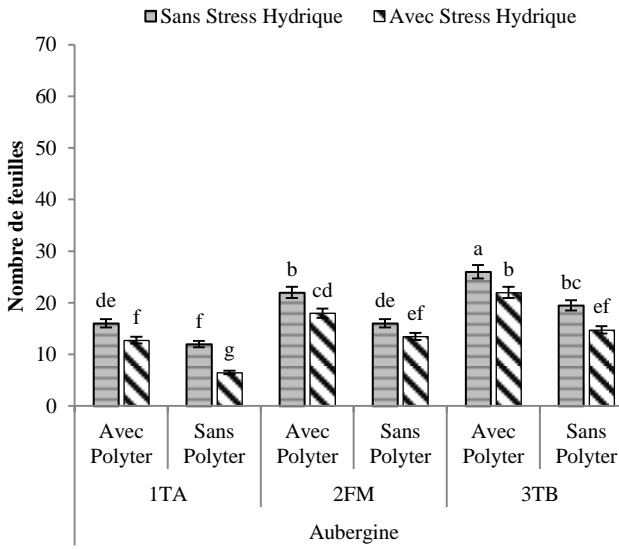
**Figure 2a :** Effets des traitements sur la respiration du sol sous culture de tomate.



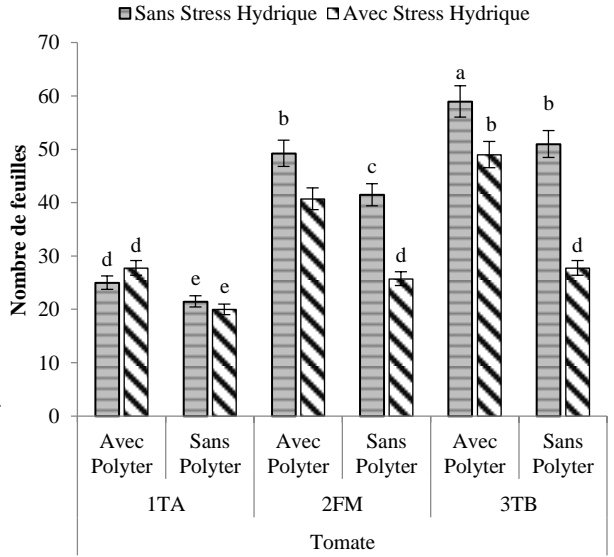
**Figure 2b :** Effets des traitements sur la respiration du sol sous culture d'aubergine.

TA : Témoin Absolu ; FM : Fumure minérale (NPK et Urée) ; TB : Turbo-Bio ; AP : Avec Polyter ; SP : Sans Polyter.

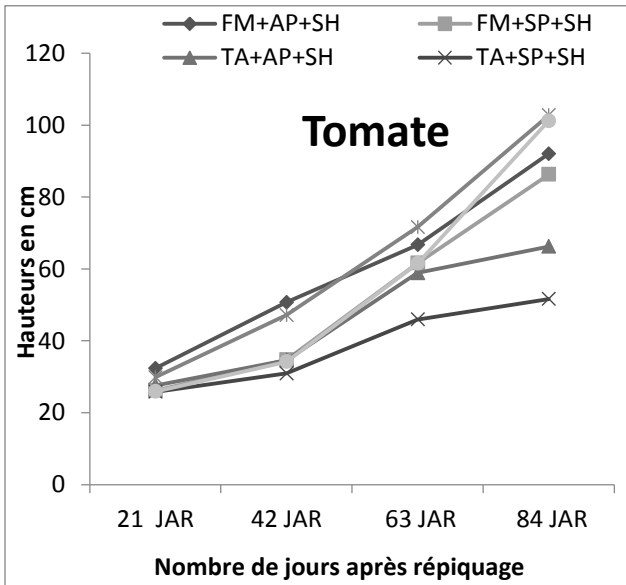




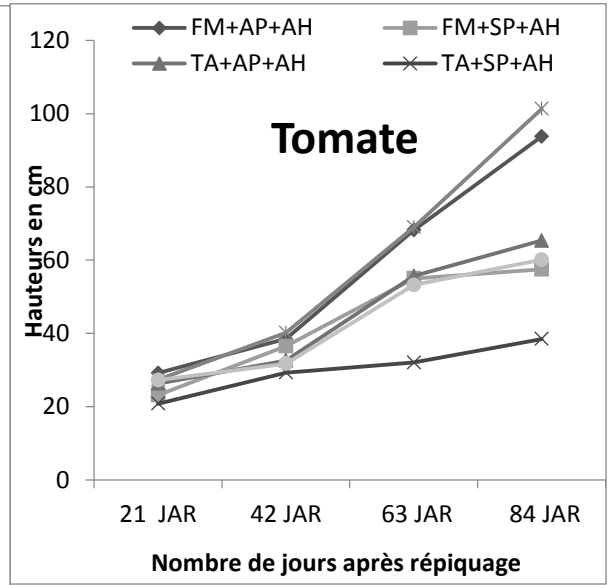
**Figure 3a:** Effet des traitements sur la formation de feuilles chez l'aubergine.



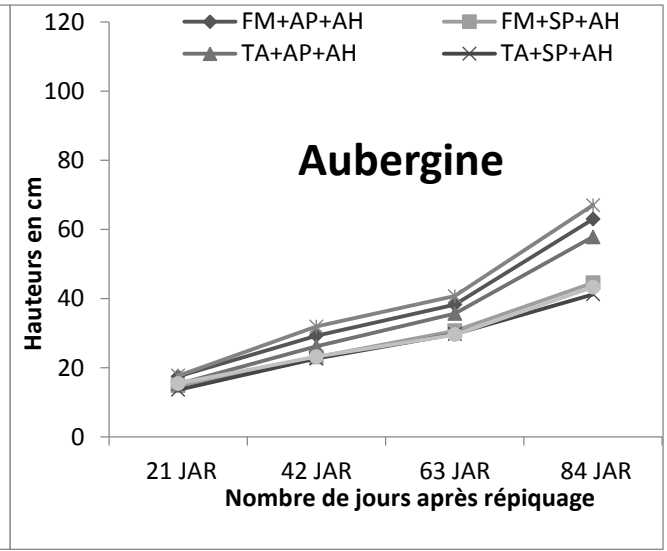
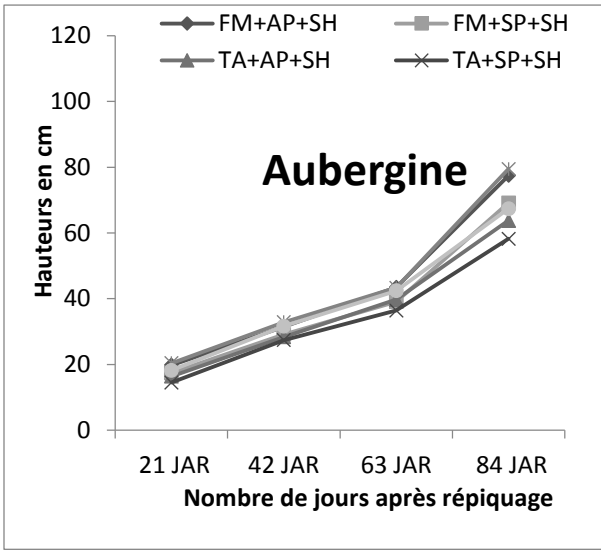
**Figure 3b:** Effet des traitements sur la formation de feuilles chez la tomate.



**Figure 4a :** Croissance en hauteur des plants de tomate soumis à un apport d'eau normal.



**Figure 4b :** Croissance en hauteur des plants de tomate soumis en condition de stress hydrique.



**Figure 5a :** Croissance en hauteur des plants d’aubergine soumis à un apport d’eau normal Hydrique.

**Figure 5b :** Croissance en hauteur des plants d’aubergine soumis en condition de stress.

TA : Témoin Absolu ; FM : Fumure minérale (NPK et Urée) ; TB : Turbo-Bio ; AP : Avec Polyter ; SP : Sans Polyter ; AH : avec stress hydrique ; SH : sans stress hydrique.

**Tableau 6:** Effet des traitements sur le nombre de fleurs (sous aubergine et tomate) et de fruits (sous tomate).

Traitements	Nombre de fleurs		Nombre de fruits
	Tomate	Aubergine	Tomate
TA+AP+SH	29,25 ± 2,25 ab	4,25 ± 0,75 bcd	9,00 ± 1,50 c
FM+AP+SH	33,25 ± 1,75 ab	6,75 ± 0,87 ab	21,25 ± 2,25 a
TB+AP+SH	36,00 ± 1,50 a	8,00 ± 0,50 a	23,00 ± 0,50 a
TA+AP+AH	29,50 ± 2,00 ab	3,00 ± 0,50 cde	10,00 ± 1,00 c
FM+AP+AH	32,00 ± 2,50 ab	6,25 ± 0,75 ab	16,50 ± 4,00 b
TB+AP+AH	35,25 ± 1,62 a	6,75 ± 0,87 ab	23,25 ± 0,75 a
TA+SP+SH	19,50 ± 4,00 cd	3,25 ± 0,75 cde	4,25 ± 1,37 d
FM+SP+SH	26,25 ± 2,25 bc	5,00 ± 1,50 bc	14,75 ± 1,37 b
TB+SP+SH	33,25 ± 1,75 ab	6,50 ± 0,50 ab	20,25 ± 1,25 a
TA+SP+AH	11,50 ± 1,00 e	1,50 ± 0,50 e	1,25 ± 0,75 d
FM+SP+AH	13,25 ± 1,87 de	2,00 ± 0,50 de	8,00 ± 2,00 c
TB+SP+AH	17,50 ± 1,50 de	3,00 ± 0,50 cde	11,25 ± 0,75 c

TA : Témoin Absolu ; FM : Fumure minérale (NPK et Urée); TB : Turbo-Bio ; AP : Avec Polyter ; SP : Sans Polyter ; AH : avec stress hydrique ; SH : sans stress hydrique.

**Tableau 7:** Effet des traitements sur la production de biomasses aérienne et racinaire.

Traitements	Tomate		Aubergine	
	Biomasse aérienne	Biomasse racinaire	Biomasse aérienne	Biomasse racinaire
<b>TA+AP+SH</b>	21,10 ± 1,31 ab	1,86 ± 0,82 a	18,77 ± 0,71 bc	2,54 ± 0,07 bcd
<b>FM+AP+SH</b>	24,62 ± 2,22 a	2,28 ± 1,69 a	25,82 ± 2,63 a	3,27 ± 0,89 ab
<b>TB+AP+SH</b>	25,95 ± 2,67 a	1,74 ± 0,36 a	25,42 ± 1,99 a	3,08 ± 0,29 abc
<b>TA+AP+AH</b>	14,32 ± 5,45 ab	2,31 ± 0,90 a	17,30 ± 1,42 cd	2,69 ± 0,54 bc
<b>FM+AP+AH</b>	20,95 ± 3,84 ab	2,11 ± 1,03 a	17,87 ± 1,30 bcd	2,40 ± 0,25 bcd
<b>TB+AP+AH</b>	23,60 ± 1,06 a	1,46 ± 1,29 a	20,80 ± 0,99 bc	2,37 ± 0,55 bcd
<b>TA+SP+SH</b>	15,42 ± 2,31 ab	1,40 ± 1,45 a	14,05 ± 1,18 de	2,53 ± 0,49 bcd
<b>FM+SP+SH</b>	18,15 ± 3,69 ab	1,71 ± 0,90 a	18,60 ± 1,44 bc	2,23 ± 0,30 cd
<b>TB+SP+SH</b>	25,25 ± 0,96 a	1,60 ± 0,30 a	22,30 ± 5,94 a	3,54 ± 0,50 a
<b>TA+SP+AH</b>	8,40 ± 5,94 b	0,85 ± 0,63 a	10,37 ± 1,18 e	1,33 ± 0,26 e
<b>FM+SP+AH</b>	16,70 ± 5,05 ab	2,08 ± 1,09 a	10,57 ± 1,12 e	1,27 ± 0,29 e
<b>TB+SP+AH</b>	14,57 ± 7,20 ab	0,97 ± 0,41 a	13,20 ± 1,86 e	1,67 ± 0,28 de

TA : Témoin Absolu ; FM : Fumure minérale (NPK et Urée) ; TB : Turbo-Bio ; AP : Avec Polyter ; SP : Sans Polyter ; AH : avec stress hydrique ; SH : sans stress hydrique.

## DISCUSSION

### Effets des traitements sur les paramètres physique, chimique et biologique du sol

En ce qui concerne le taux d'humidité, une différence significative a été observée entre les traitements. Les traitements ayant reçu du polyter présentent les meilleurs taux d'humidité comparativement à ceux n'ayant pas reçu du polyter. Cela est probablement dû à la propriété d'hydro-rétention du polyter. En effet, les particules de polyter, grâce à leur paroi semi-perméable, peuvent absorber des quantités d'eau de 160 à 500 fois leur poids sec ainsi que d'éventuels apports fertilisants pour constituer des réservoirs de stockage d'eau et de substances nutritives (Karimou et Bouzou, 2004). Aussi, le polyter a la capacité de modifier la structure du sol par l'accroissement de la porosité favorisant ainsi une plus grande infiltration de l'eau.

Pour ce qui est du pH, les analyses des sols étudiés ont présenté des différences statistiquement significatives au seuil de 5% selon le test de SNK, aussi bien sous culture de tomate que d'aubergine.

Les sols traités avec du turbo-bio ont eu un pH significativement plus élevé par rapport aux sols traités avec de la fumure minérale (NPK + urée). Nos résultats montrent donc que le Turbo-bio diminue l'acidité du sol alors que la FM l'augmente. L'élévation du pH du sol par l'application du turbo-bio, engrais organique liquide, est probablement dû au fait que la matière organique (MO) qu'il contient fixe certains éléments comme le fer et l'aluminium qui peuvent être source d'acidité. L'augmentation du pH des sols pourrait aussi s'expliquer par les apports de bases (Ca, Mg) contenues dans l'engrais organique. L'augmentation du pH du

sol par apport de matière organique a été rapportée par Hien (2004) et Toundou et al., (2014).

La faible baisse du pH due à l'application des engrais chimiques (NPK + urée) pourrait être due à l'effet acidifiant de l'urée sur le sol à cause des ions  $\text{NH}_4^+$ . Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Lambert (2000) qui a montré que les engrais dont l'azote est sous forme uréique pouvaient entraîner une acidification du sol. Soltner (2003) a également conclu que l'utilisation des engrais chimiques tels que l'urée et le NPK pouvait entraîner une baisse du pH du sol.

Sous témoin (TA), la faible baisse du pH sous culture d'aubergine pourrait s'expliquer par la minéralisation de la MO et l'exportation des bases par la culture avec désaturation du complexe adsorbant. En effet, Bado (2002) a montré qu'une légère acidification du sol peut être observée avec la mise en culture.

Les résultats montrent que le polyter est un régulateur de pH, car il diminue les pH élevés et augmente les pH faibles. Tous les traitements avec polyter ont un pH compris entre 6,13 et 6,84 ; C'est la plage où l'assimilabilité des éléments fertilisants du sol par les plantes est la meilleure (Crémer et al., 2008).

La production biologique du  $\text{CO}_2$  est fonction de la population microbienne, principalement des décomposeurs, de leur diversité et des enzymes métaboliques secrétées (Dabré et al., 2017).

Nous avons présenté le dégagement du  $\text{CO}_2$  en fonction du temps d'incubation. Les courbes montrent les différentes phases de minéralisation bien précises similaires à celles évoquées par Zombré (2006) ; Les faibles dégagements du  $\text{CO}_2$  après 4 heures d'incubation suggèrent une faible activité biologique. Les microorganismes du sol seraient toujours en état de dormance et seraient de fait peu actifs.

Les dégagements élevés au cours des quatre (4) premiers jours d'incubation correspondraient à la levée de la dormance amorçant l'activité biologique du sol et la

dégradation des produits facilement biodégradables. Les espèces microbiennes sortant donc de leur dormance après un apport d'eau, ont trouvé à cet effet des sources d'énergie en condition de pH favorable (Dabré et al., 2017). Cette phase de croissance correspondrait à la biodégradation des microorganismes morts pendant la phase de dessiccation et des composés labiles tels que les sucres et les composés protéiques (Zombré, 2006; Lompo et al., 2009). Ce phénomène se traduit par un pic de dégagement de  $\text{CO}_2$  culminant dès le 4<sup>e</sup> jour dont l'importance varie selon la spéculation et les traitements.

Il ressort de nos résultats que, quelle que soit la spéculation, l'engrais organique liquide (turbo-bio) et la fumure minérale (NPK+ urée) favorisent le dégagement du  $\text{CO}_2$  comparativement au témoin, mais ce dégagement est plus important sous polyter que sans polyter.

La composition en azote (N) et en phosphore (P) de ces fertilisants pourrait expliquer les quantités plus importantes de  $\text{CO}_2$  dégagé. L'effet positif de phosphore et de l'azote sur la minéralisation de la matière organique a été rapporté par plusieurs auteurs (Gnankambary et al., 2008 ; Diarra, 2009 ; Lompo et al., 2009).

Le dégagement de  $\text{CO}_2$  se traduisant par la réponse biologique à une modification du milieu, l'application du polyter stimulerait donc plus la minéralisation de la matière organique, provoquée par de meilleures conditions hydriques et de pH favorable (dues à son action). Ce qui expliquerait l'importance du dégagement de  $\text{CO}_2$  dans les traitements ayant reçu du polyter.

Ces résultats corroborent ceux de Karimou et Bouzou (2004) qui avaient conclu que le polyter stimulait la minéralisation de la fumure organique.

La phase descendante observée à partir du 8<sup>e</sup> jour d'incubation traduirait la baisse de l'activité biologique justifiée par la baisse du niveau des substances facilement biodégradables. Cette baisse du dégagement de  $\text{CO}_2$  pourrait aussi être due à la présence de composés récalcitrants pouvant inhiber la

croissance microbienne (Lompo et al., 2009). L'apparition ultérieure de pics de minéralisation s'expliquerait par la minéralisation de composés hydrosolubles, de celluloses et de lignine (Zombré, 2006 ; Lompo et al., 2009).

La succession des pics relevés durant les périodes d'incubation pourrait s'expliquer par la diversité des microorganismes du sol, les teneurs en éléments fertilisants et les propriétés physiques du sol (Zombré, 2006).

### **Effet des traitements sur le développement végétatif des plants**

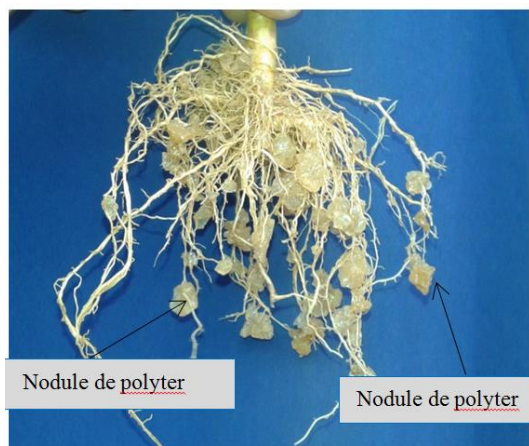
Les résultats sur les paramètres végétatifs ont permis d'évaluer la croissance et le développement des plants en fonction des traitements. Le test de SNK au seuil de 5% a révélé une différence significative entre les traitements pour ce qui est du nombre de feuilles, le diamètre au collet et la hauteur des plants.

La culture de tomate et d'aubergine sans apport d'engrais ne favorise pas la croissance et la vigueur des plants et consécutivement a un impact sur la production. Ce qui pourrait expliquer la faible croissance observée sous témoin. Par contre, une très bonne croissance et une bonne vigueur ont été observées chez les plants ayant reçu du turbo-bio et de la fumure minérale. Cette performance pourrait être due à la quantité non négligeable d'éléments tels que l'azote et le phosphore que contiennent ces fertilisants, éléments qui sont indispensables à la croissance et au développement des plantes et qui agissent immédiatement sur le développement du feuillage et sur la production des plantes en culture. L'azote stimule la croissance des plantes. Le rapport C/N observé chez le turbo-bio (C/N=12 ; Tableau 3), traduit une disponibilité potentielle en azote (N). En effet, selon le Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ, 2003), un C/N compris entre 10 et 20 favorise une minéralisation et une bonne disponibilité de N pour la plante. Ce résultat corrobore ceux de Thieuleux (2006) qui avait conclu que l'azote

est le principal élément nutritif, responsable de la croissance quantitative du végétal.

Les plants soumis en condition de stress hydrique ont enregistré une faible croissance et ont été moins vigoureux par rapport à celles ayant reçu des apports normaux d'eau. Ce manque de vigueur et la faible croissance pourraient être dus à l'effet néfaste du stress hydrique sur la croissance des plants. En effet, le stress hydrique se traduit par un ensemble de perturbations (modifications) d'ordre morphologique, anatomique, physiologique et biochimique ayant des répercussions sur la croissance, le développement et le rendement des cultures (Kambale, 2006). Celebi (2014) avait observé les mêmes résultats. Il avait montré que le déficit hydrique avait réduit la photosynthèse et la transpiration et par conséquent la croissance des plants chez la tomate. Des résultats similaires ont été observés par Kirnak et al., (2001). Ils avaient montré que le stress hydrique provoquait une diminution significative du contenu en chlorophylle, le contenu relatif en eau des feuilles et la croissance végétative des plants chez l'aubergine.

Les plants soumis en condition de stress hydrique et ayant du polyter ont eu une bonne croissance et un nombre important de feuilles par rapport aux plants ayant reçu des apports d'eau normale. Cela pourrait s'expliquer par la capacité de rétention en eau du polyter. Le polyter est constitué de particules possédant des parois semi-perméables lui permettant d'absorber l'eau (160 à 500 fois de son poids initial) constituant ainsi une réserve à la disposition des végétaux (Frémon et Torchin, 2003). Après le dépotage des plants, nous avons constaté une pénétration des racines dans les granules de polyter, permettant un contact direct entre la plante et le produit. Il y'a une formation de "nodules" de polyter autour de la racine (Photo 1a et 1b), constituant une réserve d'eau et de sels minéraux directement accessibles à la racine, à l'image des colloïdes du sol. Ce qui pourrait expliquer l'optimisation de la croissance et de la vigueur des plantes.



**Photo 1a :** Racine d'aubergine avec polyter.



**Photo 1b :** Racine d'aubergine sans polyter.

Le Polyter optimise donc la croissance et la vigueur des plants en limitant les effets du stress hydrique. Ces résultats corroborent ceux de Frémon et Torchin (2003) qui avaient montré que la taille au collet et le diamètre des tiges des plants de blé soumis à des apports d'eau faibles au contact de polyter sont supérieurs à ceux des plantes sans polyter. Des résultats similaires ont été observés en 2003 par l'Association Ecole pour l'Afrique (AEA) sur des essais en plein champ sur la tomate, le manioc et l'ananas. Au bout de 15 jours, l'AEA avait observé que les plants de tomates avec polyter étaient en moyenne deux à trois fois plus grands que ceux du témoin avec NPK.

Ces résultats pourraient confirmer notre hypothèse qui stipule que la croissance et le développement des plants en condition de stress sont favorisés par l'application du polyter.

#### **Effet des traitements sur les paramètres de production**

Le turbo-bio et la fumure minérale ont plus induit la formation de fleurs, des fruits et de biomasses (aérienne et racinaire) par rapport au témoin. Aussi, l'effet de ces fertilisants est plus important avec polyter que sans polyter. Ces résultats d'une manière générale confirment les présents résultats sur la croissance et le développement des plants de tomate et d'aubergine.

La croissance végétative (étant aussi marquée par l'émission de branches végétatives et fructifères (Traoré, 2012)) pourrait expliquer le nombre de fleurs et de fruits élevés chez les traitements (TB et FM) ayant eu une bonne croissance. Fondio et al. (2008) avaient trouvé que le bon développement végétatif avait permis à de nombreux plants d'aubergine d'entrer en production.

Aussi, la richesse de ces engrais en éléments nutritifs, surtout le K et P qui sont des éléments essentiels à la floraison et à la fructification, pourrait expliquer la bonne performance observée chez le TB et la FM.

Les traitements avec du Turbo-bio présentent un nombre de fruit et de fleurs plus élevé par rapport aux traitements avec FM bien que le test SNK ne montre pas de différence significative entre les deux. En effet, le turbo-bio (engrais organique liquide) est applicable au niveau des feuilles et au niveau des racines. Il peut donc être plus soluble et par conséquent présenter des aptitudes adéquates pour être facilement absorbé par la plante par rapport à l'engrais minéral (Kotaix et al., 2013). Ce résultat est corroboré par ceux de Deoré et al. (2010) qui avaient trouvé les mêmes résultats par application d'un engrais organique liquide sur le piment. L'application avait augmenté le poids frais et sec des fruits, le nombre de fruits et le rendement par plante. Des résultats

similaires ont été également obtenus par Patil et al. (2004). Pour ce qui concerne la biomasse, les résultats montrent également que le TB et la FM ont induit une production de biomasse plus élevée que le témoin.

La meilleure production de biomasse, observée chez les traitements avec TB et FM, pourrait être due au bon développement végétatif lié à la bonne disponibilité des éléments nutritifs et leur utilisation par la plante. Ce résultat est corroboré par les conclusions de Bado (2002), qui a indiqué que la production de biomasse est l'un des premiers indicateurs de l'état nutritionnel des plantes puisqu'elle reflète la disponibilité des éléments nutritifs et leur utilisation par la plante.

Une faible floraison et fructification a été observée chez les plants soumis en condition de stress hydrique. Le stress hydrique influence négativement la production de fleurs et de fruits. En effet, il peut agir sur les régulateurs de croissance (auxines, gibbérellines, cytokines, éthylène, acide abscissique) au niveau des plantes, entraînant ainsi des implications physiologiques de nature diverse comme l'abscission (des feuilles, fleurs, fruits, bourgeons), la dormance (des bourgeons), l'inhibition ou la stimulation de la floraison, la fermeture des stomates, l'inhibition de la croissance (Kambale, 2006). Shankara et al. (2005) et Konaté et al. (2016) avaient conclu que le stress causé par une carence en eau et les longues périodes arides font tomber les bourgeons et les fleurs et provoquent le fendillement des fruits. Aussi, selon les mêmes auteurs, le stress hydrique réduit la production de la matière sèche de tous les organes par suite de la fermeture des stomates, ce qui pourrait expliquer la faible production de biomasse observée chez les plants soumis en condition de stress sans apport de polyter.

Mais chez les plants soumis en condition de stress hydrique avec polyter, on note une bonne floraison, une bonne fructification et une meilleure production de biomasse par rapport à ceux sans polyter et sans stress. Cette bonne performance de ces plants pourrait s'expliquer par la propriété

d'hydro-rétention du polyter permettant de réduire l'effet du stress et favoriser ainsi la floraison, la fructification et la production de biomasse. En plus d'être hydro rétenteur, le polyter contient des fertilisants équilibrés (N, P, K) et des oligo-éléments (Bo, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) indispensables au bon développement des plantes (Fremon et Torchin 2003). Le turbo-bio et la fumure minérale en présence du polyter donnent la meilleure production de biomasse et de formation de fruits. Le polyter renforcerait donc l'effet du turbo-bio et de la fumure minérale en générant un accroissement du nombre de fruits et des biomasses. Un tel résultat pourrait aussi être lié à la stimulation de la minéralisation du fumier (préalablement amendé au sol), provoquée par de meilleures conditions hydriques dues à l'action du polyter, entraînant ainsi une meilleure mobilisation des éléments nutritifs à la disposition des plantes. Au Niger, des résultats similaires ont été trouvés par Karimou et Bouzou (2004) sur un essai au champ avec du mil en culture sur des demi-lunes. En effet, dans des conditions de faible pluviosité, l'association du fumier et du polyter avait permis l'accroissement du rendement en paille chez le mil.

## Conclusion

Cette étude a permis de tester l'efficacité du turbo bio (fertilisant biologique, organique liquide) et du polyter (hydro-rétenteur) sur la production de la tomate et de l'aubergine. Au vu des résultats de cette étude, le polyter et le turbo-bio semblent constituer des alternatives à la production optimale dans des zones soumises à d'importants aléas climatiques, notamment le manque d'eau. Il ressort qu'ils améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et de ce fait améliorent la production de la tomate et de l'aubergine. Le polyter favorise la nutrition hydro-minérale des plantes même en condition de stress hydrique.

Le turbo-bio et le polyter apparaissent donc comme des intrants innovants

écologiques qui, en association avec les fumures organiques et minérales permettent d'améliorer significativement les propriétés du sol et la production des cultures.

#### CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

#### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

EH a assuré la direction scientifique de ce travail de bout en bout. Le travail de correction du manuscrit a été également assuré par lui. Il est d'ailleurs l'auteur correspondant de cet article. BZ a participé à la correction du présent manuscrit soumis à votre journal pour publication.

#### REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre profonde gratitude à la société Agritech-Faso et particulièrement à son Administrateur Dr Makido OUEDRAOGO pour nous avoir facilité l'accès aux intrants agricoles, au Dr Der SOME pour la relecture, au Directeur Général du BUNASOLS, Dr Zacharia GNANKAMBARY et aux techniciens Moussa BARRY et Prosper Sadaré SAWADOGO pour leur franche collaboration et leur appui aux travaux de laboratoire.

#### REFERENCES

Association Ecole pour l'Afrique. 2003. Résultats des essais polyter en plein champ. Association Ecole pour l'Afrique, Isbama, Congo, 2p.

Bado BV. 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec, p. 197.

Bikienga MI. 2002. Policy Reform to Enhance Trade of Agricultural Inputs in West Africa. The African Trade Investment Program, 31p.

BUNASOLS. 1987. Méthodes d'analyse physique et chimique des sols, des eaux et des plantes. Document technique BUNASOLS n° 3, 159 p.

Celebi M. 2014. The effect of water stress on tomato under different emitter discharges and semi-arid climate condition. *Bulg. J. Agric. Sci.*, **20**: 1151-1157. <https://www.agrojournals.org/20/05-21.pdf>.

Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2003. Guide de référence en fertilisation, 1<sup>è</sup> édition. CRAAQ, 15p. [http://pub.craaq.qc.ca/abon/Contenu\\_global.pdf](http://pub.craaq.qc.ca/abon/Contenu_global.pdf)

Crémer S, Knoden D, Luxen P. 2008. Les amendements basiques ou chaulages des prairies. Fourrages Mieux asbl, 7p. [http://www.fourragesmieux.be/Documents\\_telechargeables/Le\\_chaulage\\_des\\_prairies\\_def.pdf](http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/Le_chaulage_des_prairies_def.pdf)

Dabré A, Hien E, Somé D, Devron J. 2017. Effets d'amendements organiques et phosphatés sous *zai* sur les propriétés chimiques et biologiques du sol et la qualité de la matière organique en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(1): 473-487. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.38>

Deoré GB, Limaye AS, Shinde BM, Laware SL. 2010. Effect of Novel Organic Liquid Fertilizer on Growth and Yield in Chilli (*Capsicum annum* L.). *Asian J. Exp. Biol. Sci. Spl.*, **2010**: 15-19 <http://ajebcs.com/special/SP-3.pdf>

Diarra BG. 2009. Influence du phosphore, de l'azote et du houppier sur les rendements du sorgho (*Sorghum bicolor*), les fractions du phosphore et l'activité des microorganismes du sol d'un parc agroforestier de la zone soudanienne du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 70p.

Direction de la Prospective et des Statistiques Agricoles et Alimentaires (DPSAA). 2011. Article de la direction des DPSAA à des conférences scientifiques. DPSAA-MAAH, Burkina Faso, 211p.



- Frémon AS, Torchin H. 2003. Influence du polyter sur la croissance des plantes en situation de stress hydrique. 10p.
- Gnankambary Z, Ilstedt U, Nyberg G, Hien V, Malmer A. 2008. Nitrogen and phosphorus limitation of soil respiration in two tropical agroforestry park lands in the south-Sudanese zone of Burkina Faso: the effects of tree canopy and fertilization. *Soil Biology and Biochemistry*, **40**(2): 350-359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.08.015>
- Fondio L, N'Tamon L, Hala FN, Dijdji H. 2008. Evaluation agronomique de six cultivars d'aubergine africaine (*Solanum spp.*) de la nouvelle collection des plantes légumières du CNRA. *Agronomie Africaine*, **20**(1): 69-79. DOI: <https://www.ajol.info/index.php/aga/article/download/1737/635>
- Hien E. 2004. Dynamique du carbone dans un Acrisol ferrique du Centre Ouest Burkina: Influence des pratiques culturales sur le stock et la qualité de la matière organique. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier, 138p.
- Heller R. 1981. Physiologie végétale. 244p.
- Inckel M, De Smet T, Tersmette T, Veldkamp T. 2005. *La fabrication et l'Utilisation du Compost*. Agrodok 08, Fondation Agromisa : Wageningen.
- Kambale CV. 2006. Étude du comportement physiologique et agronomique de la tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en réponse à un stress hydrique précoce. Thèse de doctorat, Université de Louvain, 196p.
- Karimou JMA, Bouzou IM. 2004. Expériences de récupération de sols sahéliens dégradés grâce à l'incorporation de doses variables de fumier et d'un hydrorétenteur fertilisant. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, **15**(1):49-55. [http://www.jle.com/fr/revues/sec/e-docs/experiences\\_de\\_recuperation\\_de\\_sols\\_saheliens\\_degrades\\_grace\\_a\\_lincorporation\\_de\\_doses\\_variables\\_de\\_fumier\\_et\\_dun\\_hydroreteur\\_262273/article.phtml?tab=texte](http://www.jle.com/fr/revues/sec/e-docs/experiences_de_recuperation_de_sols_saheliens_degrades_grace_a_lincorporation_de_doses_variables_de_fumier_et_dun_hydroreteur_262273/article.phtml?tab=texte)
- Kiba DI. 2005. Valorisation agronomique des excréta humains : utilisation de fèces humaines et des urines pour la production de l'aubergine (*Solanum melongena L.*) et du maïs (*Zea mays L.*) dans la zone centre du Burkina Faso. Mémoire de Fin d'études, Institut de Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, 79p.
- Kirnak H, Kaya C, Tas I, Higgs D. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. *Bulg. J. Plant Physiol.*, **27**(3-4): 34-46. DOI: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.399.2781&rep=rep1&type=pdf>
- Konaté B, Nana R, Nanema SL, Badié B, Sawadogo M, Tamini Z. 2016. Réponse morphophysiologique du gombo [*Abelmoschus esculentus (L.) Moench*] soumis à la biofertilisation et à des stress hydriques. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(5): 2108-2122. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.14>
- Kotaix AJA, Angui PTK, Pierre CZK, Diby NL, Dao D, 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. [http://www.csr.ch/publications/\[CSRS\\_Publication\]\\_bdc2b061ecca0101d55873758c5e52d0.pdf](http://www.csr.ch/publications/[CSRS_Publication]_bdc2b061ecca0101d55873758c5e52d0.pdf)
- Lambert L. 2000. *Acides, engrais et mystères*. MAPAQ St-Rémi : Québec. <https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/Documents/Acidengtab%202000%20FINAL29nov00.pdf>
- Lompo F, Segda Z, Gnankambary Z, 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. <http://www.tropicultura.org/text/v27n2/105.pdf>
- Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

- (MAHRH). 2007. Analyse de la filière maraîchage au Burkina Faso. Rapport d'étude MAHRH, 217p. [http://www.fao.org/docs/up/easypol/887/analyse-filiere-maraichage\\_107fr.pdf](http://www.fao.org/docs/up/easypol/887/analyse-filiere-maraichage_107fr.pdf)
- Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire (MASA). 2013. Politique nationale de sécurité alimentaire et nutritionnelle. MASA, Ouagadougou, Burkina Faso, 61p. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bkf141993.pdf>
- Patil MB, Mohammed RG, Ghade MP. 2004. Effect of organic and inorganic fertilizers on growth, yield and quality of tomato. *J. Maharashtra Agric. Univ.*, **29**: 124-127
- Sawadogo H. 2006. Fertilisation organique et phosphatée en système de culture zaï en milieu soudano-sahélien du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 232p.
- Shankara N, Marja DG, Martin H, Barbara VD, Joep VL. 2005. *La Culture de la Tomate: Production, Transformation et Commercialisation*. Fondation Agromisa et CTA, Série Agrodok No. 17 : Wageningen. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/64598/AD17fr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soltner D. 2003. *Les bases de la production végétale, tome1 : Le sol et son alimentation* (23e éd). Collection Sciences et techniques agricoles.
- SP/CONEDD. 2007. Programme d'Action National d'Adaptation à la Variabilité et aux Changements Climatiques (PANA du Burkina Faso). MECV, Burkina Faso, 76p. <http://unfccc.int/resource/docs/napa/bfa01f.pdf>
- Thieuleux L. 2006. Biodisponibilité de l'azote en cultures bananières sur nitisol application à la gestion de la fertilisation azotée. Thèse de doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, 117p.
- Toundou O, Tozo K, Feuillade G, Pallier V, Tchegueni S, Dossou SSK. 2014. Effets de composts de déchets sur les propriétés chimiques du sol et la solubilité d'éléments minéraux sous deux régimes hydriques en conditions contrôlées au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(4): 1917-1926. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i4.51>
- Traoré K, Toé AM. 2008. Capitalisation des initiatives sur les bonnes pratiques agricoles au Burkina Faso. DVRD/DPV/MAHRH. 99p. [https://www.doc-developpement-durable.org/file/Outils-&-bonnes-pratiques-travail-de-la-Terre/bonnes-pratiques-agricoles/BonnesPratiquesAgricoles\\_Burkina.pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Outils-&-bonnes-pratiques-travail-de-la-Terre/bonnes-pratiques-agricoles/BonnesPratiquesAgricoles_Burkina.pdf)
- Traoré SSH. 2012. Effets agro-pédologiques des modes de gestion à long terme des nutriments sous système de production à base de coton au Burkina Faso : cas des essais longs durés de Saria et de Farako-Bâ. Mémoire de fin de cycle, UPB-Bobo Dioulasso, 59p.
- Zombré N. 2006. Variation de l'activité biologique dans les zipella (sols nus) en zone subsahélienne du Burkina Faso et impact de la technique du zaï (techniques des poquets). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **10**(2): 139-148. <http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=1235>.