

Influence des hydrolysats de coproduits de poisson et leurs actions sur les paramètres morphologiques des plantes de tomates

Andréa Marcelline OBELLA^{1,2,3,4*}, Jean-Pascal BERGE², Laurette NGO NKOT⁴
et Dieudonné NWAGA¹

¹ University of Yaounde I, Biotechnology Center, Laboratory of Soil Microbiology, BP 842 Yaoundé, Cameroon

² Institut Français de Recherche et Exploitation de la Mer (IFREMER), Unité de Biotechnologie et Ressources Marines, Laboratoire de Science et Technologie de la Biomasse Marine, BP 44311 Nantes, France

³ Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST), Institut de Recherches Agronomiques et Forestières (I.R.A.F), Laboratoire de Biotechnologie Végétale, BP 2246 Libreville, Gabon

⁴ Université de Douala, Faculté des Sciences, Département de Biologie des Organismes Végétaux, Laboratoire de Biologie des Organismes Végétaux, BP 24157 Douala, Cameroun

(Reçu le 27 Janvier 2021 ; Accepté le 22 Avril 2021)

* Correspondance, courriel : andreagouygou@gmail.com

Résumé

Ce travail porte sur les déchets de poisson broyés hydrolysés et utilisés pour fertiliser les plantes de tomates. Deux types de substrat stérilisé et non stérilisé ont été utilisés. Les résultats obtenus montrent que les hydrolysats de poisson présentent des effets bénéfiques comme bio fertilisants. Utilisés seul ou en combinés avec d'autre engrais on observe la croissance des plants de tomates et le rendement. Ainsi les traitements à base de CO (hydrolysats de poisson) ont montré des différences significatives par rapport aux traitements mycorhizes combiné au NPK, de même que les traitements combinés CO + NPK, CO + CMA et CMA + NPK sur deux types de substrat. La caractérisation des feuilles émises a permis d'observer la couleur verte foncée des feuilles, ce qui témoigne du bon comportement de la plante. Les traitements hydrolysats de poisson CO donnent les mêmes résultats que les traitements NPK et traitements combinés. L'analyse statistique ne présente pas de différence significative entre les témoins et les traitements CMA (mycorhizés), mais on observe des différences significatives avec les autres traitements au seuil de signification 5 %. Le rendement en fruits de tomate des plants traités à partir des hydrolysats de poisson CO est meilleurs que les plants inoculés par les bio-fertilisants mycorhiziens.

Mots-clés : *Ethmalosa fimbriata*, hydrolysats de poisson, mycorhizes, rendements, tomate.

Abstract

Influence of hydrolysates of fish by-products and their actions on the morphological parameters of tomato plants

This work focuses on the hydrolyzed ground fish wastes were used to fertilize two types of sterilized and unsterilized substrate. The results obtained show that the hydrolysates have beneficial effects as biofertilizers used alone or in combination with other fertilizers allowed to observe the growth tomato plants.

CO treatments (fish hydrolysates) showed significant differences compared to mycorrhizal treatments combined with NPK, as did the combined CO + NPK, CO + CMA and CMA + NPK treatments on two substrate. The characterization of the leaves emitted made it possible to observe the dark green color of the leaves, which testifies to the good behavior of the plant whether on sterilized or unsterilized soil. The CO fish hydrolysates treatments give essentially the same results as the NPK treatments and combined treatments. Statistical analysis does not show a significant difference between controls and CMA (mycorrhizal) treatments, but significant differences are observed with other treatments at the 5 % significance level. The tomato fruit yield of plants treated with CO fish hydrolysates is better than plants inoculated with mycorrhizal bio fertilizers.

Keywords : *Ethmalosa fimbriata, hydrolysates, mycorrhizas, yields, tomato.*

1. Introduction

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) appartient à la famille de Solanacées. C'est la culture vivrière la plus utilisée dans le monde [1, 2]. La tomate est une plante herbacée, la production de tomate est très élevée et évaluée à 142,42 millions de tonnes/an dans le monde [3]. La consommation moyenne annuelle est d'environ 4,2 kg/ habitant [4]. La tomate peut se cultiver toute l'année et partout au Cameroun car cette plante a des grandes capacités d'adaptation. L'augmentation de la production de la tomate a entériné un développement de l'industrie agro-alimentaire. Au Cameroun la productivité moyenne va de 20 à 30 tonnes à l'hectare suivant les variétés, le milieu et les conditions de culture [5]. A cet effet, de nouvelles techniques de fertilisations des cultures sont mises au point dans le monde et l'accent est mis sur la fertilisation biologique non agressive pour les sols, les plantes et l'environnement. Cette fertilisation exige un apport important des éléments nutritifs de N95 P20 K 160 avant la plantation et de N90 K50 en cours de culture [6]. La tomate répond bien sur un sol riche en matière organique. La production de 20 à 30 tonnes par hectare nécessite : 50 à 100 kg d'azote, environ 200 kg de phosphore, environ 200 kg de potassium. La productivité moyenne va de 20 à 30 tonnes à l'hectare suivant les variétés, le milieu et les conditions de culture) [7]. Il faut enfouir beaucoup de fiente de poule dans le sol, soit environ 500 g à 1 kg par pied. Cette dose est complétée par le nitrate de calcium (15,5 % N + 26,5 % CaO) comme engrais de couverture [5]. L'objectif de notre étude est de montrer que les biofertilisants obtenus à partir des hydrolysats des déchets de poisson peuvent améliorer de manière significative la croissance, le rendement de la plante et les revenus des producteurs de tomates.

2. Matériel et méthodes

Le site de l'expérimentation était le Campus de l'Université de Yaoundé I : Les étagères avaient été au préalable construites afin d'éviter les contaminations avec le sol, puis les plantes étaient disposées sur les étagères. Les précipitations à Yaoundé sont beaucoup plus importantes en été. Le site expérimental se situe en zone urbaine (t : 23,5-25 °C et 831,7 mm de pluie). Les sols utilisés sont de type ferrallitique. Les semences de tomate utilisées, sont de la variété Rio grande. Nous avons testé trois types de fertilisants il s'agit d'un fertilisant à base d'hydrolysat poisson (CO) à des doses de 0,5 mL, 1 mL, 1,5 mL, 2 mL en comparaison avec un bio-fertilisant mycorrhizien appelé « Myco 4 », à base des souches de champignons *Glomus clarum* et *Gigaspora margarita* à 30 spores/g de substrat [8] et l'engrais chimique complet le NPK aux doses de 1,7 g par traitement. L'inoculation des mycorrhiziens a eu lieu en pépinière et au moment du repiquage des plantules dans les pots. La germination des graines a eu lieu en pépinière et le repiquage a eu lieu 3 semaines après le semis. Le dispositif expérimental est un bloc complètement randomisé. La croissance des plants, le nombre de fruits par plant et les diamètres sont des paramètres observés au cours de la croissance. La récolte des

fruits mûrs est effectuée 3 mois après le semis. Pour les besoin d'hydrolyse dix (10) kilogrammes de déchets de poisson ou coproduits essentiellement *Ethmalosa fimbriata*, préalablement achetés au port de pêche de Libreville, puis l'enzyme d'origine microbien (Protamex) ont été utilisés [9].

2-1. Préparation du substrat de culture (sol)

Le substrat utilisé est un mélange terre/ sable (2 /1) préalablement tamisé à l'aide d'un tamis 2 mm de diamètre. Une partie de ce mélange a été stérilisé à l'autoclave à 120 °C pendant 20 minutes et l'autre partie utilisée sans être stérilisée. Les sachets noirs, perforés de dimension 30 x 20 cm sont remplis du mélange terre/sable. Le dispositif est constitué de 2 volets : sol stérilisé et non sol stérilisé. Au total 480 plants de tomate pour chaque type de sol. Les plants sont mis dans des sachets de 2 litres, soit 2,5 kg de terres par pot et plus d'une tonne de terre a été utilisé. Les co-produits ont été broyés dans un mixeur à environ dix (10 kg) de produit ave 5 l d'eau, puis hydrolysés en deux temps, soit environ 5 kg dans un ballon de 6 l, le tout mis dans une étuve préalablement chauffée à 50 °C. L'agitation se faisait de manière mécanique toutes les 15 à 30 mn en secouant le contenu fortement. La réaction a duré 6 heures le temps nécessaire pour obtenir une bonne hydrolyse. Une petite quantité de ces hydrolysats va être utilisée pour les analyses chimiques, seul 13 litres d'hydrolysat va être appliqué aux cultures tous les 3 jours et le reste est conservé au congélateur.

Tableau 1 : Pépinière des graines de tomate

Graines de tomates + CMA	Graines de tomates
Graines de tomates	Graines de tomates + CMA

Les jeunes plants qui présentent des tiges mesurant entre 2 à 8 cm, les feuilles sont de couleur vertes foncées elles sont sélectionnées et mises en pots étiquetés selon le traitement des substrats préalablement préparés. L'arrosage est quotidien deux fois par jour.

Tableau 2 : Paramètres de croissance

Paramètres	Partie évaluer	Nombre d'échantillons/Total
Taille	Partie aérienne	24/24
Diamètre	Collet	24/24
Nombre de feuilles	Partie aérienne	Toutes les feuilles par plantes
Colonisation racinaire	Partie racinaire	12/24
Sporulation	Sol de la rhizosphère	12/24
Rendement de la tomate	Rendement cumulé par traitements	Tous les plants ayant produits

2-2. Influence des hydrolysats de poisson sur les performances de la tomate sur sol stérilisé (T0-T4), sol non stérilisé (T5-T9)

Le dispositif est constitué de 2 volets: sol stérilisé et non stérilisé. Le dispositif est un bloc complètement randomisé constitué de trois (3) blocs qui contiennent 8 parcelles élémentaires. Au total nous aurons besoin de 480 plants de tomate pour les types de sol regroupé. Les plants seront mis dans des sachets de 2 litres 2,5 kg de terre soit plus d'une tonne de terre utilisée. Ces expérimentations en serre ont été répétées pour deux enzymes Co (co-produit) PT (Protamex) et PP (Propaïne). Les traitements se présentent de la manière suivante :

- T0 : Témoin sans engrais (eau uniquement),
- T1 : 0,5 mL d'hydrolysat de CO /plant soit 6 mL sur 12 semaines ;
- T2 : 1 mL d'hydrolysat de CO/plant soit 12 mL sur 12 semaines ;
- T3 : 1,5 mL d'hydrolysats de CO/plant soit 24 mL sur 12 semaines ;
- T4 : 2 mL d'hydrolysat de CO/plant soit 48 mL sur 12 semaines ;
- T0 : Témoin (même témoin) pour les combinaisons ;
- T5 : CMA: Plants de tomate traités aux mycorhizes 12 semaines ;
- T3 : 2 mL d'hydrolysats de CO/plant soit 24 mL ;
- T6 : NPK (Hydrochem ou Yara) Plants de tomate traités au NPK ;
- T7 : (T3 50 % de la dose optimale de CO) Plants de tomate qui vont recevoir 50 % de 1,5 mL d'hydrolysat de CO et 50 % de NPK ;
- T8 : Plants de tomate traités aux mycorhizes (CMA) plus 50 % du NPK ;
- T9 : T3 (50 % de la dose de CO) plus CMA.

Toutes les données obtenues seront analysées statistiquement à l'aide du logiciel EXCEL 2010, et du logiciel XLSTAT 2015 qui permet de faire l'évaluation statistique du pourcentage de germination, la taille, le développement racinaire, le rendement. Le seuil de signification choisi sera de 5 % pour ces tests.

3. Résultats

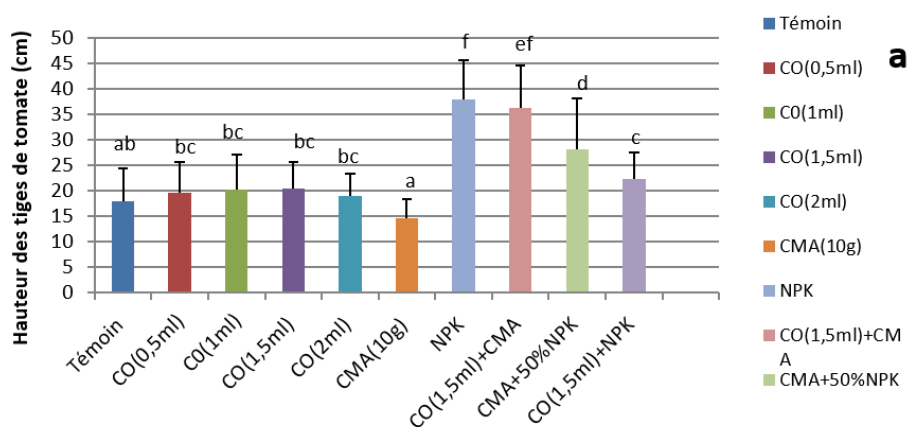
3-1. Analyse chimique du substrat des sols utilisés avant culture

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence les éléments chimiques des sols utilisés. Les résultats (*Tableau 3*) montrent que le pH est le même quelque soit le traitement [10], Protamex 2 (PT2) présente un meilleur Ca, Mg et K et de P respectivement $3,1 \pm 0,07$; $1,1 \pm 0,02$ et $0,6 \pm 0,01$ (cmol/kg) et $4,68 \pm 0,16 \mu\text{g/g}$. Tous les traitements présentent les mêmes quantités de Na, par contre on observe une augmentation anormale du phosphore sur le traitement (PP1) de $6,1 \pm 0,08$ est deux fois plus que le témoin ce résultat influencerait le rapport C/N de ce traitement PP1. Le reste des résultats montrent que le traitement PT2 donne de bons résultats dans l'ensemble avec une quantité de phosphore égale à $4,7 \mu\text{g/g}$ de produit et présente quand même un rapport C/N plus faible que les autres traitements ce qui lui permettrait d'être facilement disponible pour la plante. Les résultats obtenus sont une importante source de protéines, donc une source d'azote non négligeable [9].

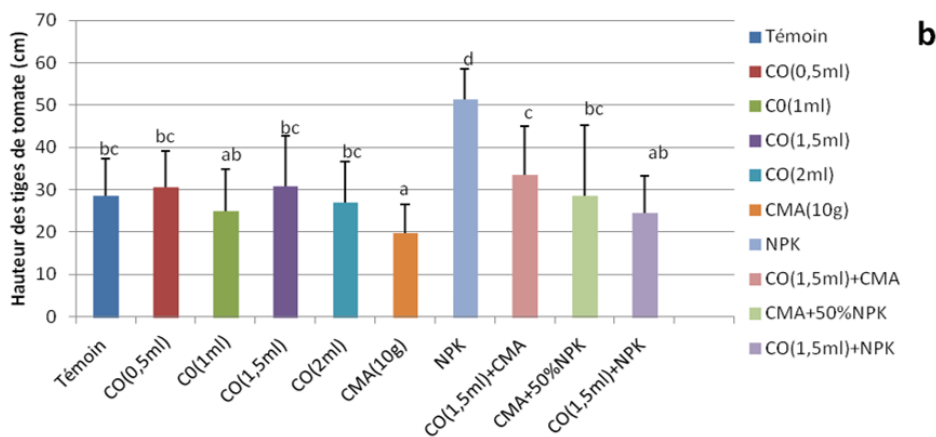
Tableau 3 : Analyse chimique du substrat des sols utilisés après culture

Paramètres	pH	Ca	Mg	K	Na	Bray P	C	N	C/N	
	H2O	-----cmol(+) kg-1-----					µg/g	%	%	
Témoin	5,99 ± 0,17	1,21 ± 0,01	0,35 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,33 ± 0,02	2,09 ± 0,05	2,72 ± 0,07	0,28 ± 0,01	9,79 ± 0,37	
PP1	6 ± 0,17	1,23 ± 0,01	0,31 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,32 ± 0,02	6,09 ± 0,08	2,67 ± 0,14	0,11 ± 0,01	25,1 ± 3,64	
PP2	5,95 ± 0,19	1,11 ± 0,02	0,33 ± 0,01	0,06 ± 0,02	0,32 ± 0,01	1,86 ± 0,12	2,58 ± 0,18	0,20 ± 0,02	12,86 ± 0,43	
PT1	6,383 ± 0,10	1,13 ± 0,01	0,37 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,34 ± 0,01	2,09 ± 0,05	2,64 ± 0,21	0,19 ± 0,02	14,36 ± 2,34	
PT2	5,79 ± 0,12	3,06 ± 0,07	1,06 ± 0,02	0,26 ± 0,01	0,37 ± 0,02	4,68 ± 0,16	2,71 ± 0,04	0,34 ± 0,03	7,96 ± 0,71	

3-2. Variation des réponses aux paramètres de croissance des plants de tomate



SNS 8 semaines après semis



SS 8 semaines après semis

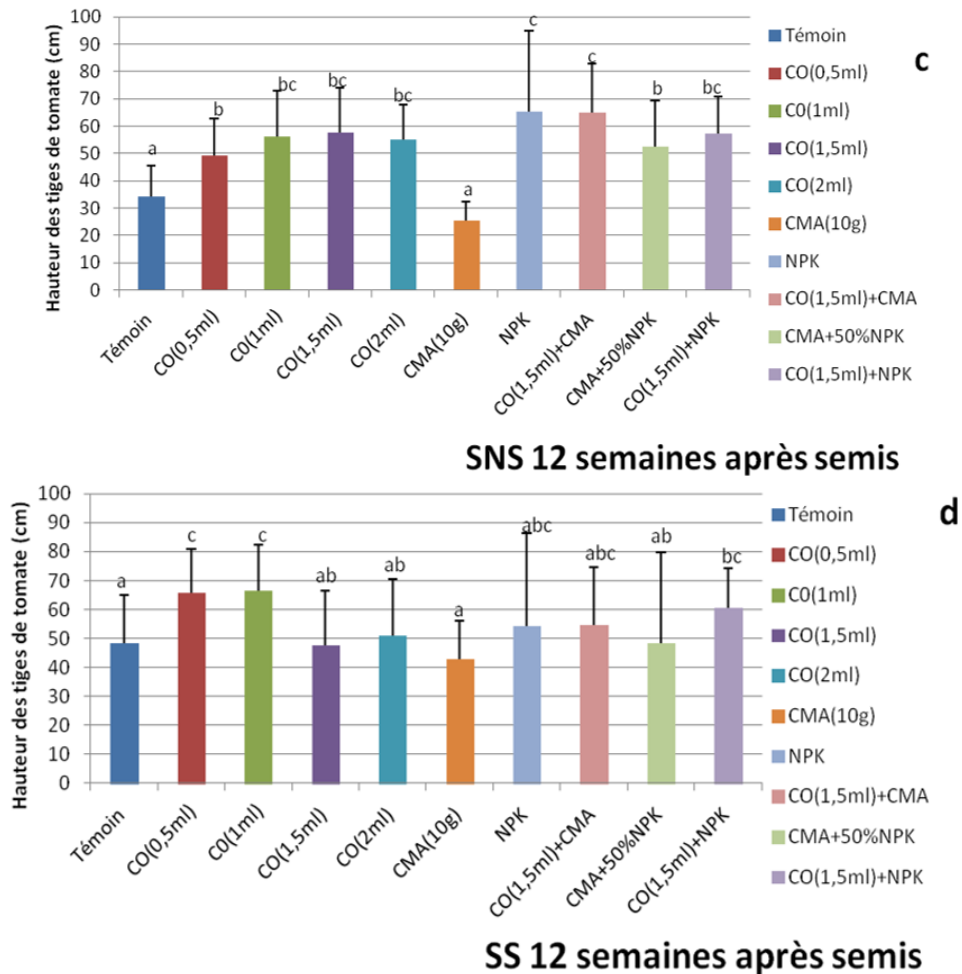


Figure 1 : Représente les moyennes des différents paramètres de la taille des tiges sur la croissance de la plante de tomate (a,b,c,d)

Les résultats obtenus après analyse des données sur la taille des tiges par plants de tomate après traitement montrent des différences significatives entre les traitements hydrolysats de poisson simplement CO (1ml) et CO (2ml) et les traitements combinés NPK, CO + CMA, CO+NPK, quel que soit le substrat utilisé par rapport au témoin (**Figure 1a**). La hauteur des plants témoins est inférieure à celle des plants traités aux hydrolysats, mais est comparable aux plans mycorhizés. La taille des plants traitements hydrolysats combinés avec les mycorhizes (CMA) et les engrais minéraux (NPK) est aussi différentes des plants combinés CMA+NPK. Toutefois l'on observe des différences hautement significatives du traitement NPK, CO + CMA par rapport au témoin et au CMA à la 8^{ème} semaine sur sol non stérilisé. La hauteur des plants hydrolysés CO est de 20 cm pour 0,5ml d'hydrolysat et de 37 cm pour les combinés CO + CMA sur le substrat sol non stérilisé alors que CMA et le témoin ont une taille de 14 et 17 cm (Figure 1a). Au bout de 12 semaines après culture il apparaît clairement que les tailles des plants hydrolysées sont plus élevées ($49 \pm 0,08$; $59 \pm 0,03$; $55 \pm 0,07$). La croissance en taille des plants témoins et CMA reste largement inférieure aux autres de 8 semaines à 12 jours. Les traitements CO (1ml) ; CO (1,5ml) ; CO (2ml) ne présentent aucune différence significative entre eux mais présentent des différences par rapport au témoin (**Figure 1c**). En revanche sur sol stérilisé, l'on observe plutôt un meilleur traitement du résultat NPK (50cm) par rapport aux autres traitements (**Figure 1b**). Mais il y a une différence significative entre les traitements hydrolysés CO (1ml) et CO (1,5ml) qui est de 70 cm par rapport aux autres traitements combinés ou non, alors que le traitement témoin et CMA sont très inférieurs à tous les traitements (**Figure 1d**). Par ailleurs l'action combinée entre le CO + CMA sur le sol non stérilisé

boosterait d'avantage la croissance en hauteur du pseudo tronc 8 semaines après la date de semis. En effet, ces hydrolysats riches en élément azoté permettraient une bonne disponibilité de substances azotées par rapport aux plantes et à la première campagne [11].

3-3. Evolution de la quantité des feuilles émises en fonction du temps

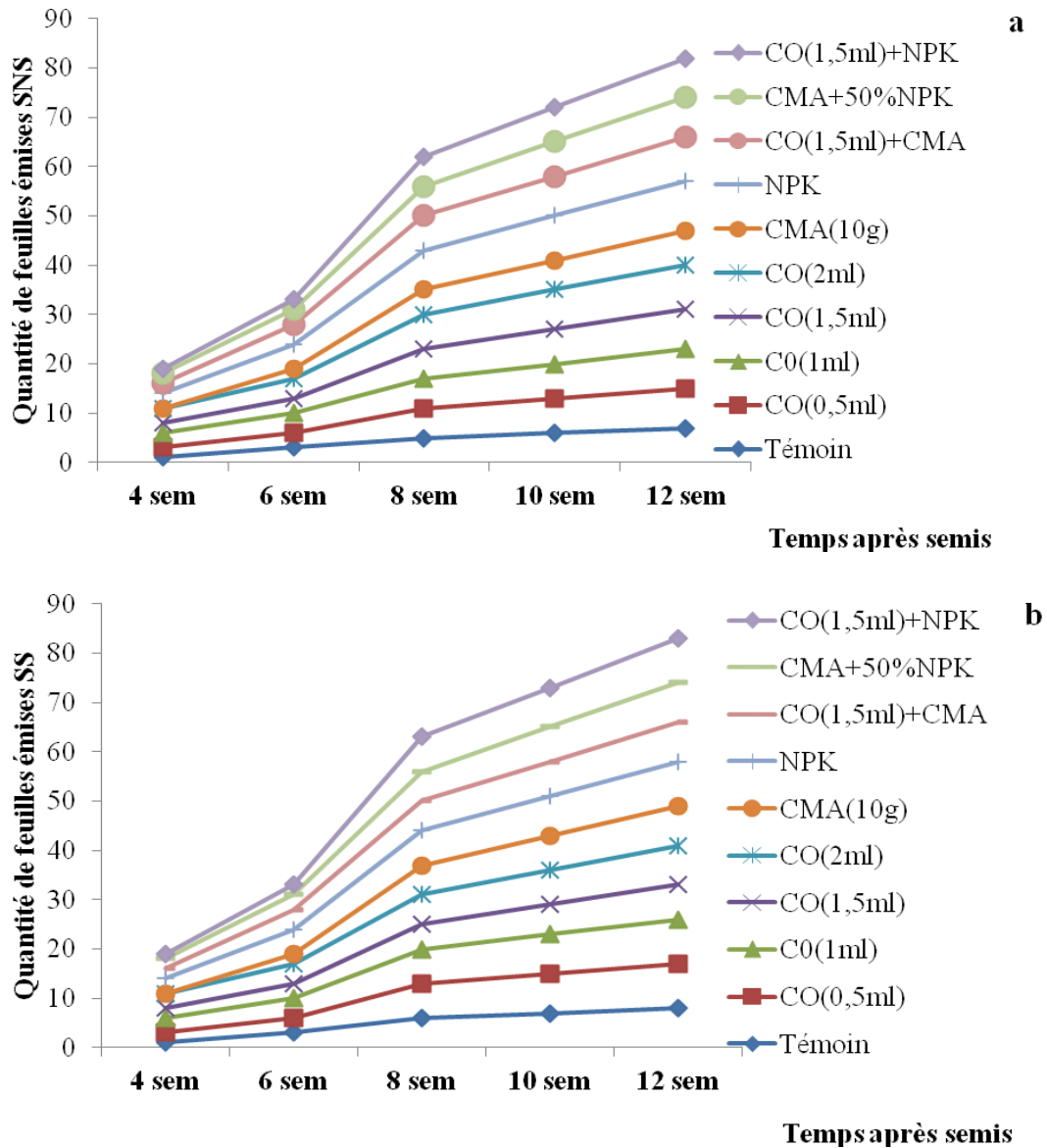
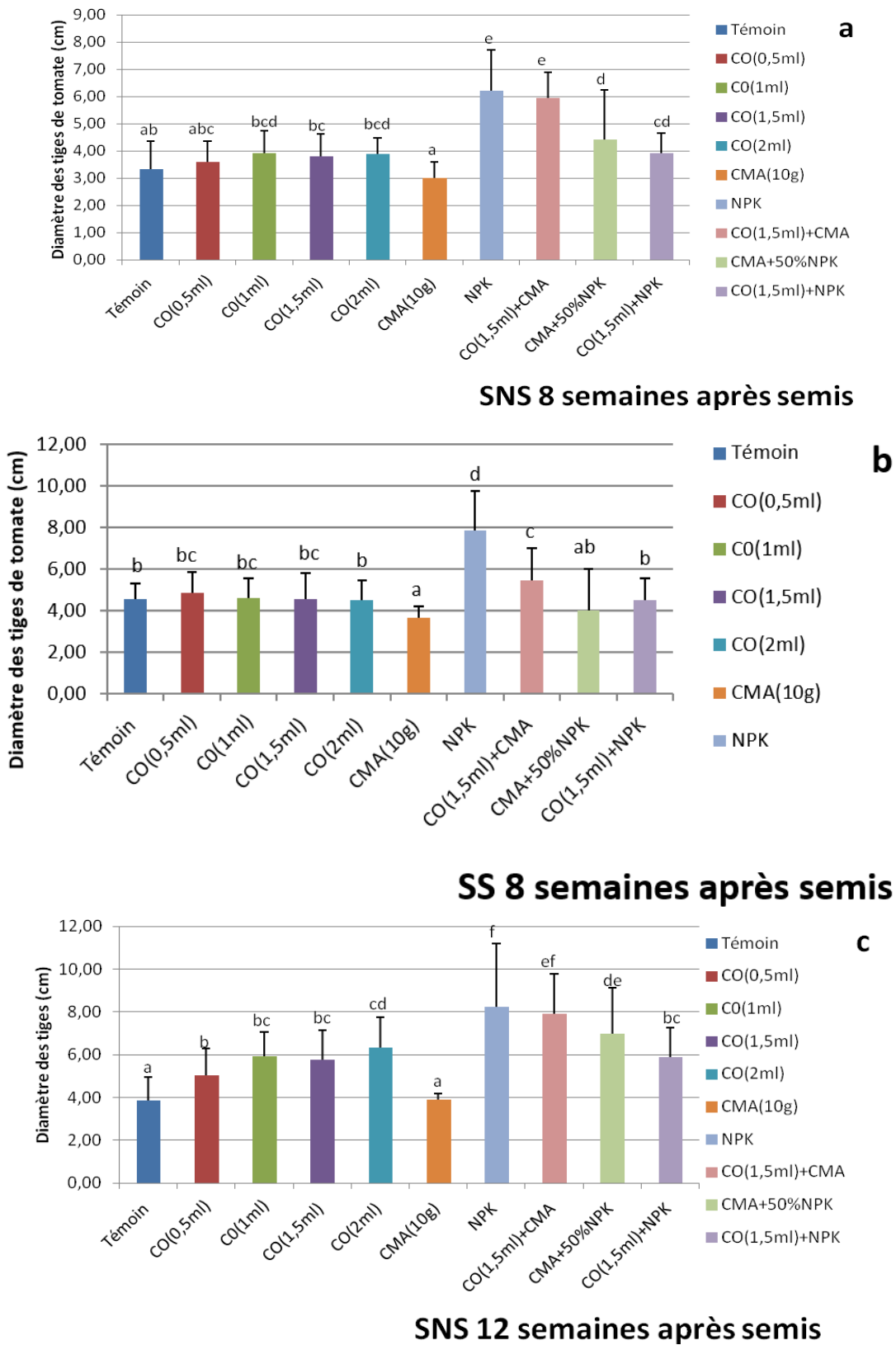


Figure 2 : Synthèses des moyennes du nombre de feuille de tomate (a,b)

Les traitements comprenant deux substrats SNS et SS, les plants ont été repiqués 3 semaines après pépinière et récoltés au bout de 3 mois. L'analyse statistique ne présente pas de différences significatives entre plusieurs traitements selon ANOVA et le test de Fischer pour $p < 0,05$. Mais les traitements CO (1,5 mL) + CMASNS, CO (2 mL) SNS, NPKSNS présentent des différences significatives aux traitements NPKSS, CO (1,5 mL) + CMASS, CO (1,5 mL) + NPKSNS, CO (0,5 mL) SNS et les traitements témoins et CMA ne sont pas différents selon ANOVA et le test de Fischer pour $p < 0,05$. Nous n'observons pas de différences significatives entre le témoin SNS et le traitement CMASNS.

3-4. Influences des hydrolysats de poisson sur le diamètre de la croissance



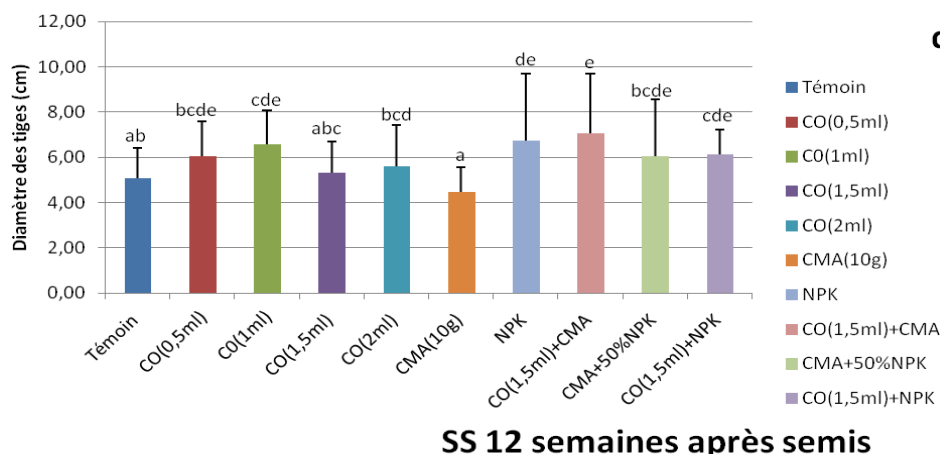


Figure 3 : Effet des hydrolysats de poisson sur le diamètre des tiges de tomate (a,b,c,d)

Les paramètres de diamètre de la tige (**Figure 3**) montrent les réactions des plantes après les traitements en fonction du temps. Les traitements comprenaient trois types de fertilisants dont un fertilisant chimique (NPK), un fertilisant organique (CMA) et un bio-organique (CO) sur deux types de substrats sol non stérilisé. La croissance en diamètre des plants de tomate en fonction des traitements montrent que dès 8 semaines les traitements ayant reçus les hydrolysats des coproduits de poisson CO (0,5 mL) SS, CO (1 mL) SS, CO (2 mL) SNS, NPKSNS, CO (1 mL) SS, CO (1,5 mL) SNS, NPKSS et les traitement combinés CO (1,5 mL) + CMASNS, CMA+ 50 % NPK SS, CO (1,5 mL) + CMA SS et CO (1,5 mL) SS améliorent le diamètre des plants de tomate, les mêmes améliorations sont aussi observé chez les traitements NPKSNS et NPK SS. Les plus faibles diamètres sont mesurés sur les plants témoin et les plants mycorhizés. Mais il n'y pas de différences significatives entre les traitements témoins et CMA quel que soit le type de sol au test de Fisher pour $p < 0,05$.

Tableau 4 : Influence des différents types de substrat sur la hauteur, le nombre de feuilles et le diamètre des plants de tomate

Tomate		Hauteur de la plante			
Substrat		8 sem	10 sem	12 sem	14 sem
Campagne I	Sol stérilisé	29 ± 12,3c	46,4 ± 21,1b	53,9 ± 21,3a	Nd
	Sol non stérilisé	23,4 ± 9,8c	44 ± 8,1b	51,23 ± 20a	nd
Campagnell	Sol stérilisé	8,7 ± 3,03d	10,9 ± 5,8c	13,4 ± 9,2b	15,52 ± 11,3a
	Sol non stérilisé	9,8 ± 3,7d	14,2 ± 7,4c	19,1 ± 10,5b	21,2 ± 13,2a
		Nombre de feuilles des plants			
Campagne I	Sol stérilisé	5,01 ± 1,4c	5,5 ± 1,8b	6,6 ± 1,6a	nd
	Sol non stérilisé	5,1 ± 1,5c	5,7 ± 2,01b	6,38 ± 1,4a	nd
Campagnell	Sol stérilisé	4,7 ± 2,2c	5,3 ± 2,5b	5,4 ± 2,4b	6,01 ± 3a
	Sol non stérilisé	5,8 ± 3,2c	6,1 ± 2,3b	7,04 ± 1,2a	7,1 ± 3,01a
		Diamètre des plants de tomate			
Campagne I	Sol stérilisé	4,72 ± 1,5b	5,48 ± 1,9a	5,87 ± 1,9a	nd
	Sol non stérilisé	4,2 ± 1,42b	5,65 ± 2,1a	5,94 ± 2,1a	nd
Campagne II	Sol stérilisé	0,24 ± 0,01b	0,28 ± 0,1b	0,3 ± 0,1a	0,35 ± 0,1a
	Sol non stérilisé	0,08 ± 0,3c	0,3 ± 0,1b	0,41 ± 0,2a	0,44 ± 0,1a

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil 5 % des tests de Student- Newman- Keuls

L'effet des substrats sur les paramètres de croissance des plants de tomate est variable d'une période à une autre. L'évolution de la croissance est diversifiée pour les deux campagnes. Le taux de croissance est particulièrement élevé à 10-12 semaines après semis pour la taille sur sol stérilisé (46,4b), par rapport au sol non stérilisé (44b) campagne I. Durant la campagne II les résultats sur sols stérilisés (10,9c) sont significativement différents de ceux sur sols non stérilisés (14,2c) à dix semaines. Le taux de croissance du nombre de feuilles montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les deux types de sol, les moyennes pour les deux étant de (5,66b et 5,7b) à la campagne I. A la campagne II les moyennes montrent que les sols non stérilisé (6,1b) sont meilleurs que les sols stérilisés (5,3b). Les moyennes de croissance des diamètres si elles ne présentent pas de différence significative au seuil de signification 0,05 %, à la campagne I pour les deux sols, mais présentent des différences à la deuxième campagne (0,34b) sol non stérilisé et (0,28b) sol stérilisé (*Tableau 4*).

3-5. Effet des hydrolysats sur les paramètres morphologiques des plants de tomate sur sol non stérilisé



Figures 4 : Réponse des plants de tomate traités aux hydrolysats de co-produits de poisson, champignon mycorhiziens et engrais chimiques (observez la production des fruits sur substrat non stérilisé)

Les croissances des plants de tomate 12 semaines après semis sur SNS et SS, **Figures 4** présentes une croissance hétérogène. Les hydrolysats des co-produits de poisson ont été reconnus comme étant un engrais destiné aux plantes cultivées en raison de leur réponse favorable [12]. On peut observer le développement croissant des plants traités avec les hydrolysats de poisson et des traitements combinés hydrolysats avec les champignons mycorhiziens et les engrais minéraux face au témoin. Certaines études [13] ont suggérer que le choix du substrat était important et il devrait permettre de fournir des éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes cultivées. Les meilleurs résultats obtenus et les taux de croissance des plantes ayant reçus des engrais organiques sont proches du niveau du NPK qui est un engrais conventionnel [14].

3-6. Effet des hydrolysats sur le rendement des fruits de tomate

Les résultats obtenus dès la première campagne montrent que quelque soit le type de sol tous les traitements CO (0,5 mL), CO (1 mL), CO (1,5 mL) et CO (2 mL) donnent de bons résultats ainsi que les traitements combinés CO (1,5 mL) + CMA, CO (1,5 mL) + NPK et NPK seul sur les deux types de sol (*Figure 5a*). Les hydrolysats de co-produits de poisson améliorent les rendements des cultures des fruits de tomate. Seul le témoin sol non stérilisé n'a pas donné de fruit. Les traitements CO (1 mL), CO (1,5 mL) et CO (2 mL) donnent de bons résultats sur sol stérilisé par rapport au témoin et CMA qui n'ont pas donné de résultats sur sol non stérilisé mais sur sol stérilisé. La production des fruits de tomate est nettement meilleure sur le substrat sol non stérilisé qui

profite de l'effet résiduel des microorganismes dans le sol. Les analyses faites lors de la deuxième campagne montrent qu'en dehors des traitements CMA et le témoin qui n'ont pas donné de résultats escomptés sur les deux types de sol, les traitements hydrolysats des co-produits de poisson améliorent le rendement en fruits des plants de tomate cultivés en sachet sur sol non stérilisé. Par contre sur sol stérilisé en dehors de Co (0,5 mL) les autres traitements n'améliorent pas le rendement, à part les hydrolysats combinés aux champignons mycorhiziens et aux engrais minéraux. Le manque de résultats de ces trois traitements peut être dû à la stérilisation du substrat qui ne favoriserait pas le rendement. La production des fruits de tomate est nettement meilleure sur le substrat sol non stérilisé qui profite de l'effet résiduel des microorganismes dans le sol (**Figure 5b**).

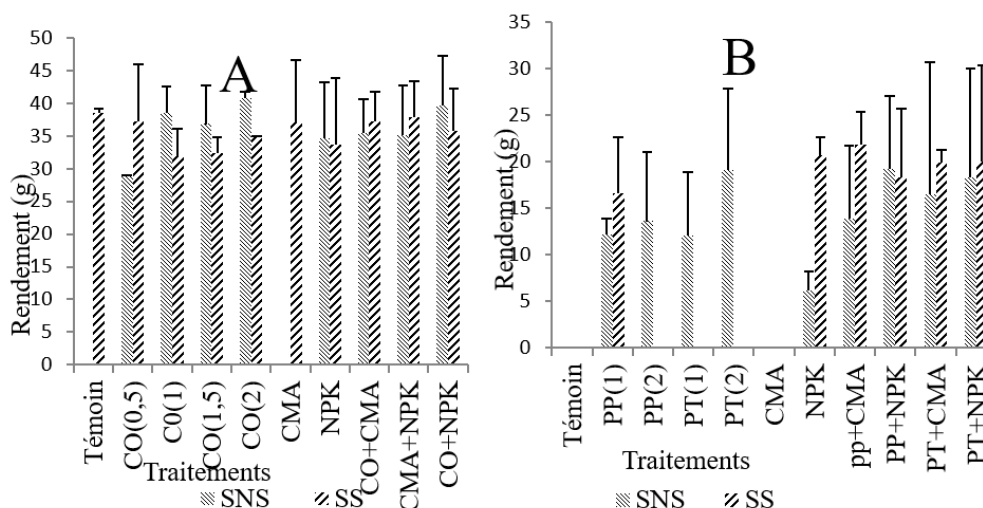


Figure 5 : Influence des hydrolysats de poisson sur le rendement de la culture de tomate cultivé en sachet

3-7. Diamètre des fruits

Les résultats obtenus montrent (**Figure 6a**) la précocité de la maturité des fruits du traitement Co (2 mL), cela indique la force des hydrolysats des co-produits de poisson. Nous observons des réponses relativement quasi similaires sur les différents traitements sur les deux substrats par rapport au diamètre des fruits. Sur sol non stérilisé les hydrolysats améliorent les diamètres des fruits par rapports au témoin et au CMA. Sur sol stérilisé les traitements Co (0,5 mL) et le traitement combiné Co+ CMA donnent des résultats similaires par rapport au témoin et au traitement CMA. Même si le traitement CMA qui n'a pas réagi dans les substrats sol non stérilisé mais améliore le diamètre des fruits de tomate. Le choix de deux substrats et le fait de poser les plants sur des planches a permis d'éviter les contaminations par interaction avec le sol dues aux mauvaises herbes et ravageurs. Ainsi on observe au niveau des diamètres des fruits que les hydrolysats co-produits de poisson dès la première année donnent les mêmes résultats que les traitements chimiques NPK et traitement mycorhiziens CMA sur sol stérilisé SS par contre sur SNS le témoin et CMA n'ont pas donné de résultats. Pour la deuxième année en dehors des hydrolysats, du témoin et CMA qui n'ont pas donné des résultats tous les traitements combinés ont donnés des résultats identiques au NPK sur le substrat SNS (**Figure 6b**).

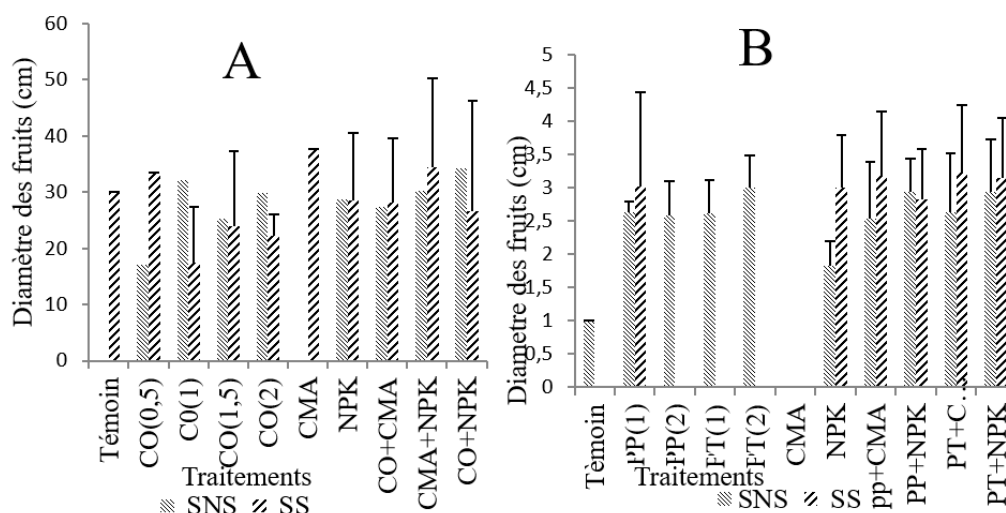


Figure 6 : Influence des hydrolysats de co-produits de poisson sur les diamètres des fruits de tomate cultivé en sachet

3-7-1. Effet des hydrolysats de co-produits de poisson sur le développement et le rendement de la tomate en sac



Figure 7 : Production des fruits de tomate de l'expérimentation en sac la variété Rio Grande et de la variété Cerise

Nous pouvons observer la production abondante des fruits de tomate traités aux hydrolysats cultivés dans des sacs.

4. Discussion

4-1. Evaluation de la texture des sols après culture

Les analyses effectuées sur les échantillons de substrat ont permis de vérifier les critères de fertilité en fonction des différents éléments chimiques du sol. Les substrats utilisés venant d'Olembe l'analyse chimique du sol a montré que les valeurs du pH étaient de 6,38 ce qui indique que ce sol serait moins acide et idéal pour les cultures de tomate. Le rapport C/N (8 %) est un indicateur qui permet de juger du degré d'évolution de la matière organique. Les plantes traitées au CMA consomment 2/3 du carbone pour l'énergie transformé en dioxyde de carbone. Les quantités d'azote sont aussi quasiment les mêmes que ce soit les traitements

avec les hydrolysats qu'avec les mycorhizes avec une forte proportion pour les traitements avec les mycorhizes ($CMA = 0,342$) contre 0,278 pour le traitement CO (0,5 mL). Par contre les traitements hydrolysats CO (1,5 mL) et CO (2 mL) sont fortes et les quantités d'azote qui est disponibilité dans le sol sont importantes. Le résultat utilisé montre que les sols traités aux hydrolysats présentent un excellent potentiel de fertilité [13]. Les résultats [15, 16] montrent des teneurs de Mg voisine de 1-2 %, en prenant aussi en compte les ligands organiques, pour l'interaction entre Mg et le sulfate ($MgSO_4$). L'application de la chaux n'a donc pas d'incidence sur la spéciation de Ca et Mg dans la solution de sol [15]. Autrement dit, les analyses faites avant culture montrent une Mg de 0,92 voisine de 1, mais après culture trois des quatre traitements hydrolysats de poisson présentent un Mg 2 fois plus faible, mais ces résultats n'ont pas influencé la croissance des plantes. Les résultats de cette étude montrent que l'effet des hydrolysats de poisson améliore la fertilité en apportant les éléments organiques pour palier au manquement. L'ion libre des éléments Ca, Mg, K et Na est la forme prépondérante dans la solution du sol. Les bases échangeables sont donc bien disponibles pour la plante dans les sols agricoles, le fait de maintenir le pH 6 des hydrolysats de poisson proche de la neutralité entraîne l'augmentation de leur concentration et donc un bon moyen pour l'amélioration de la fertilité. L'action du pH influence la survie de la plante et du rendement [9, 10]. Le Ca intervient dans la transmission des signaux au niveau cellulaire en réponse à une infection par un pathogène au niveau cellulaire en réponse à une infection par un pathogène [14].

4-2. Evaluation de la croissance des plantes

Les effets positifs des traitements hydrolysats de poisson se remarquent sur la croissance en hauteur des plantes, les quantités de feuilles émises, des différents diamètres, chez les plants de tomate. La croissance de la tomate était systématiquement plus élevée lorsqu'elles sont cultivées sur sol non stérilisé dès la 8^{ème} semaine de la récolte à la 12^{ème} semaine. Les plants de tomate ayant reçus les hydrolysats de poisson ne présentent pas de différence entre elles mais sont différentes aux autres traitements. La hauteur des plantes de tomate, diamètre de la tige et la quantité des feuilles émises cultivées sur sol non stérilisé diffèrent statistiquement de celles cultivées sur sol stérilisé. Leurs croissances étaient bien élevées lorsqu'elles avaient reçu les traitements à base des hydrolysats de poisson tout seul ou en combiné. Ces résultats corroborent ceux obtenu [17], le constat présente les plantes plus vigoureuse après traitements à base d'engrais organique par rapport à d'autres traitements.

4-3. Apport des hydrolysats et l'influence sur la croissance des tomates

Les hydrolysats de poisson utilisés proviennent des petits poissons non comestibles (tels que l'*Ethmalosa fimbriata*) qui ont été broyé au mixeur et chauffé en présence d'enzyme dans un réacteur. Les fractions liquides et solides n'ont pas été séparées pour la fertilisation, elles contiennent (10 à 14 % de N) qui servira d'engrais. L'huile de poisson précieuse est conservée de la fraction liquide pour donner une certaine résistante au sol afin d'empêché le lessivage par l'eau. Les produits sont conservés au congélateur pour empêcher la fermentation et éviter une décomposition prématurée. L'odeur des produits de poisson peut être désagréable dans un environnement fermé comme une serre. La minéralisation des produits à base de poisson est généralement rapide et permet d'être directement disponible à la plante [9].

4-4. Evaluation du rendement

Le rendement en fruits de tomate des plants traités à partir des hydrolysats de poisson et des plants inoculés par les bio-fertilisants mycorhiziens sont identique à celui de l'engrais chimiques complet NPK. Par ailleurs l'analyse des différents paramètres de croissance montre que l'hydrolysat étant un engrais liquide il est directement assimilé par la plante. Les meilleurs résultats obtenus pour les taux de croissance des plantes montrent que ces résultats se rapprochent aux résultats obtenus avec le NPK engrais conventionnels, ce qui

corrobore les résultats [18]. En moyenne, les engrais organiques solubles (les hydrolysats de poisson) sont ajoutés directement dans le sol sur une base deux fois par semaine pour maintenir leurs effets et parce qu'ils contiennent suffisamment d'éléments nutritifs pour soutenir le développement de la plante. Les résultats [19] montrent que le poisson et ses produits dérivés ont été reconnus comme un engrais destiné aux plantes en raison de réponses favorables de récolte. Ceux [20] suggèrent qu'un mélange de substrat organique idéal devrait fournir la plupart des éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes et limiter le recours à d'autres nutriments solubles. En résumé, les paramètres de croissance, la taille des plantes, le nombre de feuilles émises, le diamètre des tiges des plants de tomate cultivées dans du substrat SNS et SS montrent une croissance plus forte en général de tous les plants. Le rendement en fruits de tomate des plants traités à partir des hydrolysats de poisson et des plants inoculés par les bio-fertilisants mycorhiziens sont identique à celui de l'engrais chimiques complet NPK.

5. Conclusion

De l'analyse des paramètres de croissance et développement et de production des plants de tomate, il ressort que les biofertilisants issus des hydrolysats de poisson ont un effet très positif sur les de croissance de la tomate en serre et sur le terrain. Il y a un manque important de recherche scientifique sur l'utilisation des déchets de poisson comme bio fertilisants pour soutenir la production agricole. Les informations actuelles disponibles pour les hydrolysats de poisson sont limitées et basée sur l'utilisation des émulsions à base de poisson dont on a extrait les lipides pour autres utilisations. Sur la base des résultats de ce travail, l'efficacité des hydrolysats sur les cultures de tomates est très intéressante. Cela permet aux agriculteurs d'avoir d'autres sources de fertilisation accessibles non seulement pour aider à découvrir comment traiter les apports en déchet de poisson et ce qu'ils peuvent apporter, mais surtout pour améliorer les rendements des cultures de tomate. De plus, on parlait peu de l'importance de nourrir le sol par des apports de matière organique issus des déchets de poisson afin de favoriser une bonne structure du sol et une activité biologique intense. Ce qui améliore les problèmes de dégradation de sol, de pollution la gestion des déchets de poisson dans les marchés et les ports de pêches. En plus les hydrolysats de poisson permettent fortement la nutrition à long terme du sol par des apports d'azote et autres matières organiques de manière continue pendant la culture.

Références

- [1] - D. D. BREJNEV, P. F. KONONKOV, Cultures légumières dans les zones subtropicales et tropicales. Edition « Kolss », Moscou, (1979) 251 p.
Centre DE Biotechnologie (1998). Biofertilisant mycorhizien (Myco). Presses Universitaires de Yaoundé, Université de Yaoundé I, 2e édition, 2 p.
- [2] - AGRIGUIDE, Les meilleures méthodes de production biologique, (2 août 2012)
- [3] - AGRESTE INFOS RAPIDES, - Légumes - Tomate - N°1/4. (mai 2017)
- [4] - L. TEMPLE, Rapport du Projet Fruits et Légumes au Cameroun. IRAD/CIRAD, (1999) 152 p.
- [5] - ANONYME, Tomate : Réussir la culture en 9 étapes. La voix du paysan. Cameroun, (2011)
- [6] - ANONYME, Memento de l'agronome. Ministère de la Coopération Française, édition Quae., (2009)
- [7] - ANONYME, Direction Générale des pêches et de l'aquaculture. Gabon, (2011)
- [8] - D. NWAGA, Agriculture biologique et alternative de la bio fertilisation, In L'utilisation des biofertilisants microbiens pour une agriculture biologique, Université de Yaoundé I, UMAB, (1983) 23 - 29 p.

- [9] - A. M. OBELLA, C. DONNAY-MORENO, S. BRUSAC, D. NWAG et J. P. BERGE, Potentiel des hydrolysats d'un clupéidé esturien, l'*Ethmalosa fimbriata* comme source de nutriments pour la fertilisation des plantes cultivées. *Afrique SCIENCE*, 13 (6) (2017) 34 - 48
- [10] - YING JI, Z. GUOZENG, XINGTAI LI, BUDIAZA and Z. SUMEI, Enzymatic hydrolysis of protein from small yellow croaker (*psendoscieana polyactis*) and evaluation of its antioxidant activity. *Journal of food. Biochem*, 37 (2013) 278 - 285
- [11] - P. HARLAUT, Fabriquer son engrais de poisson maison. Carences et Compléments en aquaponie. Fiche technique, (2017)
- [12] - M. CHALAMAIAH, KUMAR, B. DINESH, R. HEMALATHA, Fish protein hydrolysates : Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications : *Food Chem*, Vol. 135, (2012) Issue : 4 Pages : 3020 - 3038
- [13] - K. L. NIELSEN and K. THORUP-KRISTENSEN, Growing media for organic tomato plantlet production. *Acta Hort.*, 644 (2004) 183 - 187
- [14] - J. MILES et M. PEET, Le maintien des équilibres nutritionnels dans les systèmes utilisant des engrais organiques solubles. *Res Organiques agricoles. Fondation projet Rpt. p. 00-23.*, (2002)
- [15] - Anonyme, www.ademe.fr/expertises/dechets/.../valorisations-energetiques-biogaz-gaz-synthese, (2018)
- [16] - L. H. AUNG, J. B. HUBBARD et G. J. FLICK JR, Mineral composition of vegetable crops fertilized with fish-soluble nutrients. *J. Agric. Food. Chem.*, 32, 1259 (1262) 1983
- [17] - F. C. B. ZAMBROSI, L. R. F. ALLEONI, E. F. CAIRES, Liming and ionic speciation of an oxisol under no-till system. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)*, 65 (2) (2008) 190 - 203 p.
- [18] - A. A. NOGUEIRA, MOZETO, Interações químicas do sulfato e do carbonato de cálcio em seis solos paulistas sob vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 14 (1990) 1 - 6
- [19] - C. R. JOHNSON and J. A. MENGE, Mycorrhizae may save fertilizer dollars. *American Nurseryman*, 15 (1982) 79 - 81 p.
- [20] - P. VIDHYASEKARAN, Fungal Pathogenesis in plant and crops, *Molecular Biology and Host Defense Mechanisms*. CRC Press, Taylor & Francis group, (2008)