

Production des plants de Tomate (*Lycopersicon esculentum*) sur substrats de culture à base de parche de café à différents gradients de désinfection dans une pépinière maraîchère hors sol au Gabon

[Production of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum*) on different substrate made from coffee husks at different disinfection gradients in a vegetable nursery above ground in Gabon]

Ephrem Nzengue^{1,4}, Donald Midoko Iponga¹, Youssef M'Sadak², Gladys Stéphanie Assong Owona³, Christophe Roland Zinga-Koumba¹, ASSANI Soulaïmana⁵, Bertrand M'batchi⁴, and Jacques François Mavoungou^{1,3}

¹Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), Centre Nationale de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST), BP : 13 354, Libreville, Gabon

²Institut Supérieur Agronomique (ISA), BP : 47, 4042 Chott Mariem, Université de Sousse, Tunisia

³Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB), Université des Sciences et Technique de Masuku (USTM), BP : 941, Franceville, Gabon

⁴Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), BP : 941, Franceville, Gabon

⁵Société d'Horticulture, d'Arboriculture et d'Agronomie (HORTA), Gabon

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Coconut fiber is the substrate of choice for the production of plants in vegetable nursery above ground Gabon. However, procurement and production costs of the material remain high. This study conducted in the experimental area of the company Horta Gabon, located in the town of Akanda north of Libreville in Gabon, with the aims to test the possibility of substituting coconut fiber imported by coffee husks produced locally. Thus, through monitoring of the germination and vegetative behavior of Tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum*) subject to various disinfection treatments, which have focused on the nature of disinfectant and the volumes applied, have showed that plants of tomato products on coffee husks disinfected 1.5 L of Metam Sodium (MS) and washed have better returns in terms of germination and development of tomato seedlings. These results indicate that the coffee husk could be an alternative substrate of coconut fiber without causing major imbalances.

KEYWORDS: Substrate culture; coconut fiber; coffee husks; treatment; germination; plant height; number of leaves per plant.

RESUME: La Fibre de coco constitue le substrat par excellence pour la production des plants en pépinière maraîchère hors sol au Gabon. Cependant, l'approvisionnement et les coûts de production de ce matériau restent encore élevés. Cette étude conduite dans le domaine expérimental de la société Horta Gabon, située dans la commune d'Akanda au nord de Libreville, au Gabon, a pour but de tester la possibilité de substituer la fibre de coco importée par la parche de café produite localement. Ainsi, à travers un suivi du comportement germinatif et végétatif des plants de Tomate (*Lycopersicon esculentum*) soumis à divers traitements de désinfection, qui ont portés sur la nature du désinfectant et les volumes appliqués, nos résultats ont montré que les plants de Tomate produits sur parche de café désinfecté à 1,5 L de Metam

Sodium (MS) et lavée présentent des meilleurs rendements en termes de germination et de développement des plants. Ces résultats indiquent que la parche de café pourrait constituer partiellement un substrat alternatif à la fibre de coco sans entraîner des déséquilibres importants.

MOTS-CLEFS: Substrat de culture ; Fibre de coco ; parche de café ; traitement ; germination ; hauteur des plants ; nombre de feuilles par plant.

1 INTRODUCTION

Le monde connaît, actuellement, une croissance impressionnante de sa population urbaine [1]. En Afrique, cette population qui était de 377 millions en 2000, s'élèvera à 1 milliard 271 millions d'habitants en l'an 2025 [2]. Ainsi, pour satisfaire les besoins alimentaires de cette population en forte croissance, la production agricole devra doubler d'ici à 2030 et quintupler à l'horizon 2050 [3], [4]. Aussi, pour relever ce défi, les gouvernants doivent faire face à l'occupation urbaine des terres arables et l'érosion des sols [4], [5], [6].

Par ailleurs, la culture hors sol représente actuellement une mutation technique importante permettant d'optimiser les facteurs de production agricole tout en améliorant les rendements [7]. Ce mode agricole est réalisé en milieu urbain sur des espaces confinés, tels que les balcons des immeubles, les toitures et les serres [6]. Dans les pays développés, elle contribue à la sécurité alimentaire [6]. Cette technique occupe plus de 772.940 ha en Asie et 201.570 ha en Europe [8], [9], [10]. Le principe cultural de cette technique est basé sur l'utilisation d'un milieu reconstitué, détaché du sol dans lequel l'alimentation racinaire des plantes se fait par le biais d'une solution nutritive et minérale [11]. Ainsi, dans le système de production hors sol, les substrats de culture jouent un rôle physique primordial. Bien qu'ils n'entrent pas dans les échanges cationiques, ils interviennent dans la modulation de l'environnement physico-chimique racinaire, en créant des conditions plus ou moins favorables au développement et à la nutrition des plants [12], [13], [14], [15].

En Afrique, la culture hors-sol est très peu développée. Elle ne représente que 30.740 ha des terres agricoles [16], [9]. L'essentiel des efforts réalisés se retrouvent en Egypte, au Maroc, en Tunisie et en Côte d'Ivoire. Cela a probablement été favorisé par la production locale de certains substrats comme la fibre de coco [17], [8]. Au Gabon, les connaissances portant sur l'agriculture en hors sol et l'utilisation des substrats de culture, en particulier, demeurent encore fragmentaires [18], [19], [20]. En effet, malgré les subventions publiques allouées, entre 1980 et 1986, pour le développement de cette technique, l'agriculture sur substrat reste quasi inexistante [19]. Par ailleurs, les coûts de production liés à l'importation de la fibre de coco comme substrat de culture semblent être l'une des contraintes majeures au développement de la culture hors sol au Gabon. De plus, compte tenu du coût élevé de la fibre de coco, les produits résultants sont chers et ne peuvent supporter la compétition [21]. Pourtant, plusieurs travaux ont montré des gains de croissance susceptibles d'être obtenus en pépinière par optimisation du substrat et de la fertilisation [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29]. Afin de réduire les coûts liés à l'achat de la fibre de coco, une étude basée sur l'utilisation de la parche de café peu onéreuse et disponible localement a été conduite en utilisant *Lycopersicon esculentum* comme espèce légumière. Dans cette perspective, nous avons envisagé d'étudier la germination, la croissance en hauteur et la production foliaire de *Lycopersicon esculentum* sur divers substrats confectionnés à base de parche de café locale.

2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRESENTATION DU MILIEU

Les essais de culture ont été entrepris dans le domaine expérimental de la société Horta Gabon située dans la commune d'Akanda (0°31'40.69"N et 9°23'39.10"E) au nord de Libreville capitale politique du Gabon.

2.2 CONDITIONS EXPERIMENTALES

Nos travaux ont été menés sous une serre expérimentale, de 7 m de long, 60 m de large et 2,80 m de haut pour une superficie total de 420 m². La serre était couverte de tôles translucides pour piéger la lumière. Tous les côtés étaient recouverts d'une toile dont les mailles étaient de 1,400 µ, étanches aux insectes, mais perméables au climat ambiant, favorable au développement végétatif. Les températures moyennes mensuelles maximales et minimales dans la serre

expérimentale variaient respectivement de 28°C (juillet-août) à 31°C (janvier- mai) ; et de 22°C (juillet-août) à 24°C (décembre-mai). L'insolation oscillait, en moyenne, entre 1500 et 1650 heures/an.

2.3 MATERIEL VEGETAL ET SUBSTRATS DE CULTURE

Les semences de *Lycopersicon esculentum* ont été utilisées pour étudier la réponse des plants à différents substrats. Cette espèce appartient à l'ordre des *Malvales* de la famille des *Malvaceae*. Ces semences de variété *Yaara* sont importées de la société Hazera Genetics située en Israël et spécialisée dans la production des semences.

Deux types de substrat ont été utilisés à savoir la fibre de coco (FC) comme témoin et la parche de café (PC) produite localement. Pour la désinfection du substrat témoin, 340 L de fibre de coco (FC) ont été homogénéisées à 5 L de formaldéhyde (4%) dilué dans 11 L d'eau pure. Le mélange fibre de coco et formol a été remué pendant 30 mn à l'aide d'une raclette en bois. L'homogénat a été recouvert d'une bâche en plastique pendant 48 heures pour permettre la fumigation du MS. Ensuite, le substrat a été lavé avec l'eau du robinet pendant 10 mn puis séché à la température ambiante pour éliminer les résidus du désinfectant. Par ailleurs, trois essais ont été retenus pour comprendre l'effet de la parche de café traitée sur la germination et la croissance des plants de tomate.

Dans le premier essai (essai 1), le but était de suivre les variables de germination et de développement (germination, allongement des tiges et nombre de feuilles par plant) des semis de tomate de variété *Yaara* pendant 23 jours de culture sur la parche de café suivant un gradient de désinfection au Metam Sodium. En pratique, la parche de café (PC) a été tamisée à 1 cm. Après humidification, le substrat recueilli a été désinfecté par homogénéisation de 75 L de PC, suivant un gradient de désinfection au Metam Sodium (MS) à 380g.L⁻¹. Le temps de fumigation était de 45 jours. Au total quatre substrats ont été utilisés, à savoir : S_{1a} = FC témoin; S₂ = PC + 0,5 L MS; S₃ = PC + 1 L MS ; S₄ = PC + 1,5 L MS.

Dans le deuxième essai (essai 2), le but était de suivre la germination et le développement (allongement des tiges et nombre de feuilles par plant) des semis de tomate de variété *Yaara* pendant 23 jours de culture sur la parche de café désinfectée à 1,5 L de MS suivant un gradient de lavage. De ce fait, comme précédemment, la PC a été désinfectée au MS. Après le temps de fumigation, le substrat a été lavé à grande eau et aéré (Lav_{aé}). Au total quatre substrats ont été utilisés, à savoir : S_{1b} = FC témoin ; S₅ = PC + 1,5 L MS + 1 Lav_{aé} ; S₆ = PC + 1,5 L MS + 2 Lav_{aé} ; S₇ = PC + 1,5 L MS + 0 Lav_{aé}.

Dans le troisième essai (essai 3), le but était de suivre la germination et le développement (allongement des tiges et nombre de feuilles par plant) des semis de tomate de variété *Yaara* pendant 23 jours de culture sur la parche de café suivant un gradient de désinfection à l'hypochlorite de sodium. En pratique, 4 L de PC ont été désinfectés à différents niveaux de dilution à l'hypochlorite de sodium (NaClO) à 12%. La dilution a été réalisée par dissolution d'une masse de NaClO dans 10 L d'eau pure. Le temps de désinfection a été de 60 mn. Au total, cinq substrats ont été utilisés, à savoir : témoin (S_{1c}) ; PC + 10 g NaClO (S₈) ; PC + 20 g NaClO (S₉) ; PC + 30 g NaClO (S₁₀) ; PC + 40 g NaClO (S₁₁).

2.4 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental adopté est en blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Pour chacun des essais 1 et 2, 12 plateaux alvéolés (contenant chacun 150 alvéoles) ont été remplis manuellement par quatre substrats. Tandis que, dans l'essai 3, 15 plateaux alvéolés ont été remplis par cinq substrats. Le semis a été réalisé manuellement, à raison d'une graine par alvéole.

2.5 TRAVAUX DE PEPINIERE

L'hydratation des semis a été effectuée tous les matins à 7h, pendant 2 semaines à l'aide d'un pulvérisateur. Les plateaux étaient aspergés d'une solution de 45g de calcium dilué dans 15 L d'eau. Ensuite, la solution de calcium a été remplacée par une solution nutritive (Solveg 20-10-10 + 2MgO + OE) durant trois semaines.

2.6 ANALYSE DES DONNES

Le nombre de semences germées a été relevé pendant trois semaines après le semis. Le pourcentage (%) de germination de semis sur les différents substrats a été calculé selon la formule suivante:

$$\% \text{ Germination} = \frac{\text{Nombre de semis germés sur le substrat}}{\text{Nombre total de semis du substrat}}$$

Le développement végétatif a été déterminé sur 40 plantules marquées dans chaque substrat, en mesurant la hauteur des plants et le nombre des feuilles, tous les sept jours pendant trois semaines.

L'analyse de la variance (ANOVA) par comparaison multiple des moyennes, a été utilisée pour comparer les taux de germination et de développement par substrat après un test de la normalité des données, suivi du Test de Tukey, pour la séparation des différences significatives entre substrats sur les différentes variables mesurées. Le logiciel utilisé pour cette étude était XL STAT, version 2016.

3 RÉSULTATS

3.1 PARAMETRES DE GERMINATION ET DEVELOPPEMENT DES DIFFERENTS ESSAIS

Le tableau 1 présente les intervalles de variation des valeurs des paramètres de croissance et de développement des plants de tomate sur les différents substrats testés.

Tableau 1 : Intervalles de variation des paramètres de croissance et de développement de la tomate sur les différents substrats testés

Paramètres de croissance			
Substrats	Taux de germination (%)	Allongement moyen des tiges (cm)	Nombre moyen des feuilles/plant
Fibre de coco (S ₁)	[42,7 ; 95,6] ^a	[7 ; 12,3] ^a	[1,8 ; 4,4] ^a
Parche de café à 0,5L de Métam Sodium (S ₂)	[0,4 ; 90,9] ^a	[4,6 ; 7,3] ^b	[2 ; 3,9] ^b
Parche de café à 1L de Métam Sodium (S ₃)	[21,6 ; 88,2] ^a	[3,9 ; 5,1] ^c	[1,9 ; 3,1] ^c
Parche de café à 1,5L de Métam Sodium (S ₄₋₇)	[0,2 ; 39,8] ^b		
Parche de café à 1,5L de Métam Sodium lavée une fois (S ₅)	[53,6 ; 92,7] ^a	[6,1 ; 15,5] ^a	[1,3 ; 4,1] ^{ad}
Parche de café à 1,5L de Métam Sodium lavée deux fois (S ₆)	[62 ; 92,4] ^a	[5,9 ; 15,1] ^a	[1,5 ; 4,0] ^{ad}
Parche de café à 10g d'hypochlorite de Sodium (S ₈)	[28,6 ; 97,3] ^a	[4,5 ; 8,2] ^e	[2,2 ; 5,6] ^e
Parche de café à 20g d'hypochlorite de Sodium (S ₉)	[28,6 ; 95,8] ^a	[4,1 ; 7,2] ^{ef}	[1,9 ; 4,4] ^{af}
Parche de café à 30g d'hypochlorite de Sodium (S ₁₀)	[20 ; 94,4] ^a	[3,9 ; 6,2] ^{fg}	[1,4 ; 4,1] ^f
Parche de café à 40g d'hypochlorite de Sodium (S ₁₁)	[4,2 ; 92,9] ^a	[3,8 ; 6] ^{gh}	[1,7 ; 3,7] ^{af}

Les intervalles de variation suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de Tukey appliqué au seuil de 0,05.

Dans l'ensemble, les paramètres de germination et de développement de la tomate présentent la même cinétique sur les différents substrats.

3.2 GERMINATION ET DEVELOPPEMENT DES PLANTS DE TOMATE SUR PARCHE DE CAFE DESINFECTEE AU METAM- SODIUM

La figure 1 montre l'évolution du taux cumulé de germination des semences de tomate installées sur : la fibre de coco (S_{1a}), la parche de café désinfectée à 0,5 L de Metam Sodium (S₂), la parche de café désinfectée à 1 L de Metam Sodium (S₃) et la parche de café désinfectée à 1,5 L de Metam Sodium (S₄). Les résultats obtenus ont montrés que la désinfection de la parche de café au seuil de 1,5 L de Metam Sodium a un effet significatif sur la germination de la tomate. Par ailleurs, en

dessous de ce niveau de désinfection, les taux cumulés de germination de la tomate ne présentent pas de différence significative par rapport aux témoins. En effet, les moyennes des taux de germination les plus élevés ont été enregistrés sur les témoins ($S_{1a}=93,3\%$). Elles ont été respectivement suivies de celles de la parche de café désinfectée à 0,5 L ($S_2=90,9\%$), et de la parche de café désinfectée à 1 L ($S_3=88,2\%$). Les substrats à base de parche de café désinfectée à 1,5 L, ont présenté les taux de germination les plus faibles ($S_4=39,5\%$).

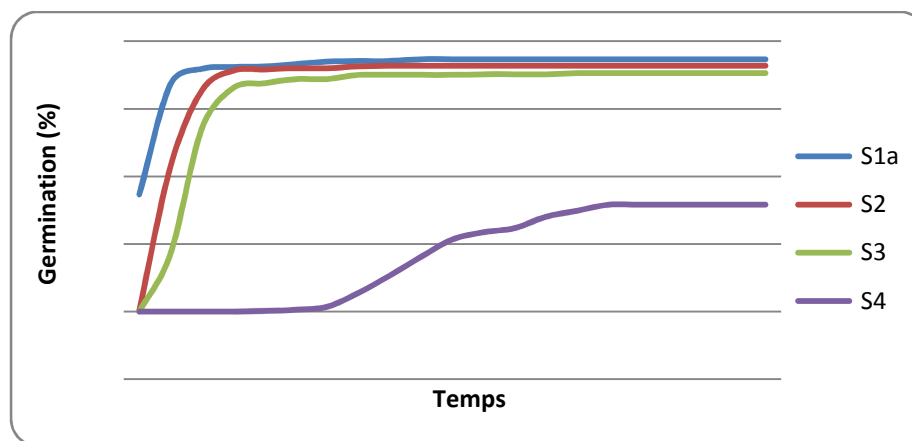


Figure 1 : Évolution du taux de germination des plants de tomate cultivés sur différents substrats.

Légende : Fibre de coco (S_{1a}) ; Parche de café désinfectée à 0,5 L de Métam Sodium (S_2) ; Parche de café désinfectée à 1 L de Métam Sodium (S_3) ; Parche de café désinfectée à 1,5 L de Metam Sodium (S_4).

La figure 2 illustre l'évolution de la hauteur moyenne des plants de tomate sur les substrats testés. Par ailleurs, les tests ANOVA sur l'allongement moyen des plants de tomate cultivés sur les différents substrats ont montré qu'il existe des différences significatives par rapport au témoin. En effet, les plants cultivés sur le témoin (S_1) ont enregistré la meilleure élévation (10,77 cm). Elles ont été suivies de ceux cultivés sur les substrats S_2 (7,29 cm). Alors que les autres substrats ont présenté des élévements très faibles par rapport aux témoins.

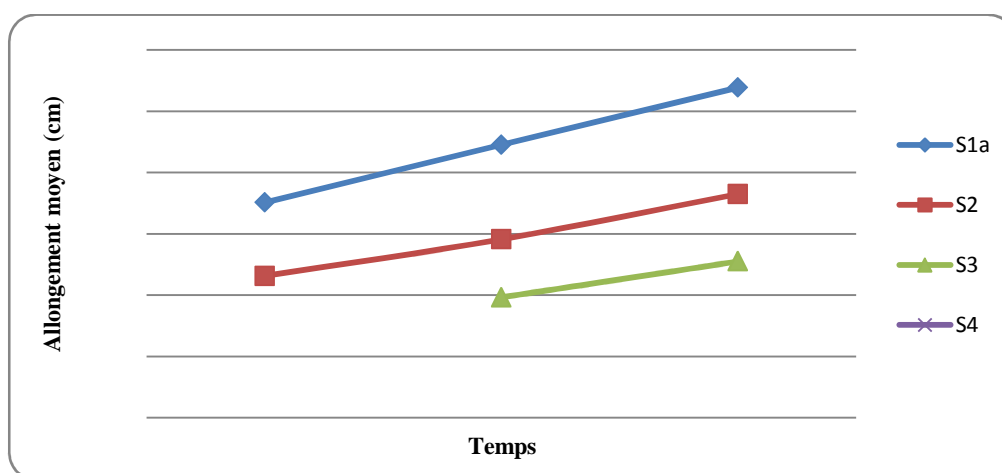


Figure 2 : Allongement hebdomadaire des plants de tomate sur parche de café désinfectée au Metam Sodium.

De même, les émissions de feuilles par plant de tomate cultivé sur ces substrats ont présenté une différence significative par rapport au témoin. En effet, durant la première semaine, les plants cultivés sur les substrats S_2 et S_3 ont émis chacun 2 feuilles. Les autres substrats ont accusé un retard. Aussi, pendant la troisième semaine, les moyennes des feuilles émises les

plus importantes ont été enregistrées sur le substrat témoin (avec 5 feuilles) suivis par les substrats S_2 (avec 4 feuilles) et S_3 (3 feuilles). Les émissions moyennes des feuilles des plants cultivés sur les substrats S_4 étaient nulles.

3.3 GERMINATION ET DEVELOPPEMENT DES PLANTS DE TOMATE SUR PARCHE DE CAFE DESINFECTEE AU METAM SODIUM ET LAVEE

La figure 3 présente l'évolution du taux cumulé de germination des semences de tomate installées sur : la fibre de coco (S_{1b}), la parche de café désinfectée à 1,5 L de Metam Sodium et lavée une fois (S_5), la parche de café désinfectée à 1,5 L de Metam Sodium et lavée deux fois (S_6) et la parche de café désinfectée à 1,5 L de Metam Sodium sans lavage (S_7). L'analyse des résultats a montré que les substrats lavés après désinfection au Métam Sodium ne présentent pas de différence significative par rapport au témoin (Tableau 1). Lorsque la tomate est cultivée sur parche de café désinfectée à 1,5 L de Métam Sodium, les taux de germination sont faibles ($S_7 = 40,2\%$) et significativement, différent du témoin ($S_{1b} = 95,6\%$). Toutefois, le lavage du substrat après désinfection a permis d'augmenter les taux de germination. En effet, dans les substrats lavés une fois et deux fois, les pourcentages de germination atteignent respectivement 92,7% (S_5) et 92,4% (S_6). Ces valeurs sont significativement proches de celles obtenues sur le substrat témoin.

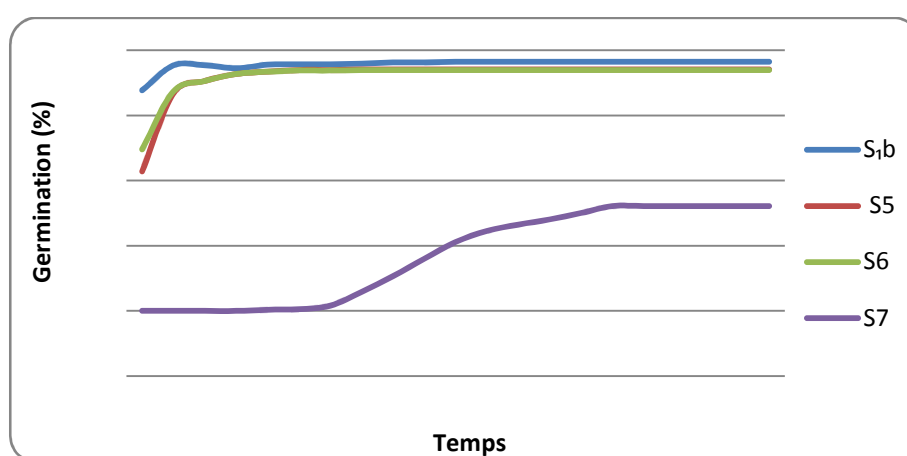


Figure 3: Évolution du taux de germination des graines de tomate cultivée sur parche de café désinfectée à 1,5 L de Metam Sodium et lavée.

Légende : Fibre de coco (S_{1b}); Parche de café désinfectée à 1,5L de Metam Sodium lavée une fois (S_5); Parche de café désinfectée à 1,5L de Métam Sodium lavée deux fois(S_6); Parche de café désinfectée à 1,5L de Métam Sodium sans (S_7).

La figure 4 présente l'évolution de la hauteur moyenne des plants de tomate sur les substrats testés. Ces résultats ont montré que les allongements moyens des plants ne présentent pas de différences significatives entre les substrats lavés après désinfection et le témoin. Néanmoins ces substrats ont enregistré des allongements moyens légèrement plus importants ($S_5 = 15,50$ cm ; $S_6 = 15,13$ cm) que celui du témoin (13,81 cm). Cependant, l'allongement moyen des plants du substrat S_7 non lavé est nul.

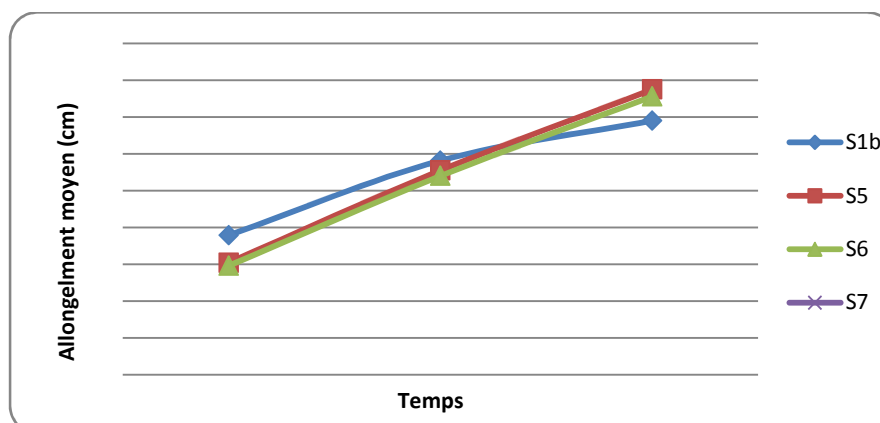


Figure 4 : Allongement hebdomadaire des plants de tomate sur parche de café désinfectée au Metam Sodium et lavée.

De même, sur les substrats lavés après désinfection, les émissions de feuilles par plant de tomate ont présenté des différences non significatives par rapport au témoin. De plus, les substrats non lavés n'ont pas émis de feuilles.

3.4 GERMINATION ET DEVELOPPEMENT DES PLANTS DE TOMATE SUR PARCHE DE CAFE DESINFECTEE AU METAM SODIUM ET LAVEE

La figure 5 montre l'évolution du taux cumulé de germination des semences de tomate installées sur Fibre de coco (S_{1c}), la parche de café désinfectée à 10 g d'hypochlorite de sodium (S_8), la parche de café désinfectée à 20 g d'hypochlorite de sodium (S_9), la parche de café désinfectée à 30 g d'hypochlorite de sodium (S_{10}) et la parche de café désinfectée à 40 g d'hypochlorite de sodium (S_{11}). Ces résultats ont montré que les taux de germination des plants cultivés sur parche de café désinfectée à l'hypochlorite de sodium n'ont pas de différences significatives par rapport au témoin. Par ailleurs, l'utilisation de l'hypochlorite de sodium pour la désinfection de la parche de café a donné des résultats très proches des valeurs témoins ($S_{1c} = 93,3\%$). De même, les taux cumulés de germination les plus élevés ont été enregistrés sur le substrat parche de café désinfecté à 10 g de NaClO ($S_8 = 97,3\%$). Ils ont été suivis des résultats obtenus sur parche de café désinfectée à 20 g de NaClO ($S_9 = 95,8\%$). Les plants cultivés sur les deux autres substrats (S_{10} et S_{11}) ont enregistré respectivement 94,4% et 92,9 % de germination.

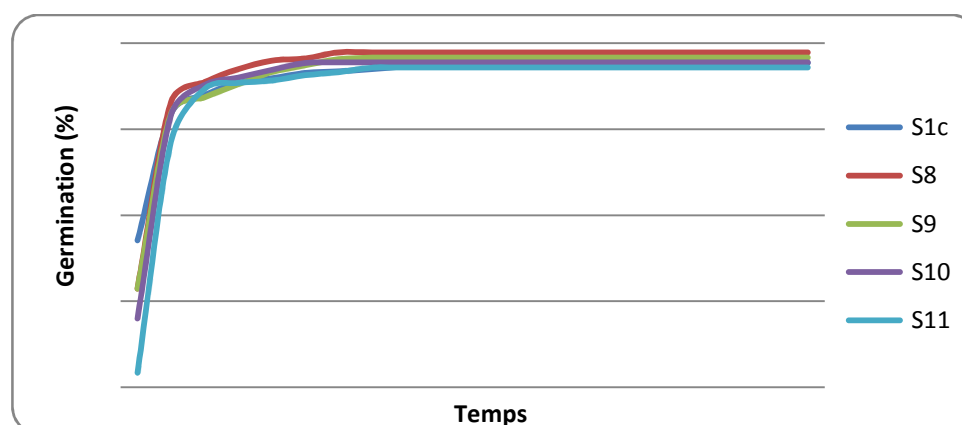


Figure 5: Évolution du taux de germination des graines de tomate cultivée sur parche de café désinfectée à l'hypochlorite de sodium.

Légende : Fibre de coco (S_{1c}); Parche de café désinfectée à 10g d'hypochlorite de sodium (S_8); Parche de café désinfectée à 20g d'hypochlorite de sodium(S_9); Parche de café désinfectée à 30g d'hypochlorite de sodium(S_{10}); Parche de café désinfectée à 40 g d'hypochlorite de sodium(S_{11}).

La figure 6 présente l'évolution de la hauteur moyenne des plants de tomate sur les substrats testés. Les tests ANOVA sur l'allongement moyen des plants de tomate, cultivés sur les différents substrats ont présenté des différences significatives par rapport au témoin. En effet, les plants cultivés sur les témoins (S1c) ont enregistré la meilleure élévation (12,29 cm). Les autres substrats ont présenté des élévations plus faibles que celles des témoins.

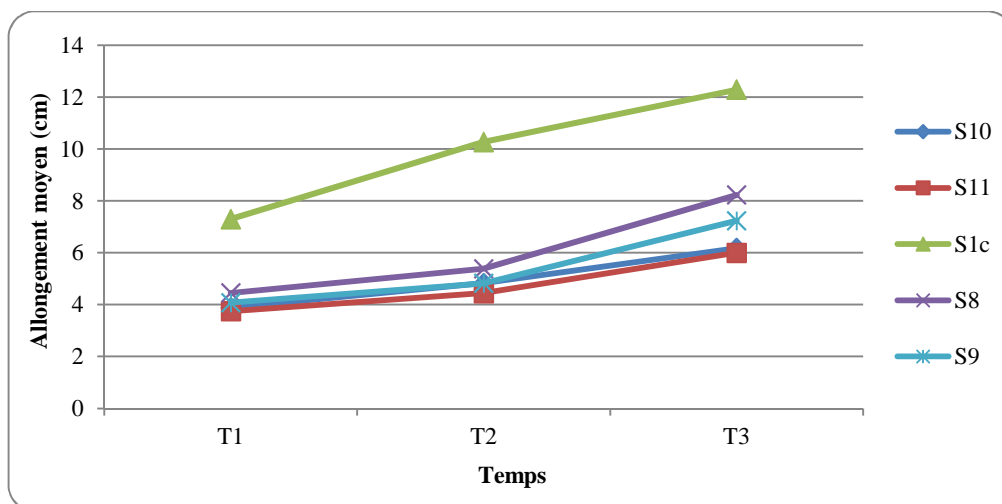


Figure 6 : Allongement hebdomadaire des plants de tomate sur parche de café désinfectée à l'hypochlorite de sodium.

Par ailleurs, sur les différents substrats, les émissions de feuilles par plant ont présenté une différence significative par rapport au témoin (5 feuilles/plant). Les plants cultivés sur les substrats désinfectés à 10 g d'hypochlorite de sodium (S₈) ont enregistré les émissions de feuilles les plus élevées, soit 6 feuilles/plant. Les plants produits sur les autres substrats ont émis en moyenne 4 feuilles/plant.

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus dans cette étude constituent des données préliminaires sur l'utilisation de la parche de café en culture hors sol au Gabon. Aussi, la méthodologie utilisée pour la caractérisation morphologique des plants a touché la hauteur et le nombre de feuilles, considérés parmi les variables de prédiction de la performance des semis en pépinière [30]. La hauteur constitue un bon indicateur de la capacité photosynthétique et de la surface de transpiration qui sont étroitement corrélées avec la surface foliaire. Cependant, la hauteur ne révèle pas une corrélation systématique avec la survie, mais plutôt une bonne relation avec la croissance en hauteur [31]. De plus, le nombre de feuilles constitue un bon indicateur du développement des jeunes plants pendant la phase d'implantation de la culture [32], [33], [34]. Par exemple, chez les plantes adultes, ce paramètre doit être corrélé à la surface foliaire pour permettre la détermination de l'indice foliaire et l'appréciation de la capacité photosynthétique [25]. Toutefois, chez les plantes juvéniles, la fragilité des organes végétatifs et la taille de la surface foliaire rendent caduque la surface foliaire au profit du nombre de feuilles émises en pépinière. De ce fait, cette étude pourrait servir de base pour des études complémentaires sur l'utilisation des substrats locaux dans la production d'autres cultures maraîchères en pépinière hors sol au Gabon.

Les résultats obtenus lors de l'essai 1 sur les taux de germination cumulés ont présenté une différence non significative par rapport au témoin, à l'exception de la parche de café désinfectée à 1,5 L de Metam Sodium. Par ailleurs, bien que cette différence soit non significative, l'utilisation d'un gradient de désinfection au Metam Sodium semble réduire les rendements cumulés des taux de germination de la tomate cultivée sur la parche de café. Au seuil de désinfection de 1,5 L de Metam Sodium, les taux cumulés de germination de la tomate (39,5%) atteignent des valeurs significativement inférieures au témoin (93,3%). De même, du point de vue des allongements moyens des plants de tomate et du nombre moyen des feuilles par plant, les valeurs enregistrées sont significativement inférieures au témoin. En effet, selon le [36], ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que le Metam Sodium se dégrade dans le sol pour produire des gaz désinfectants du sol à large spectre d'action. De plus, ces gaz entraîneraient l'élimination de tous les agents responsables de la fonte de semis et d'autres maladies des plantes. Leur action non ciblée peut également avoir un effet néfaste sur les graines présentes dans le sol au moment de leur diffusion. De ce fait, la fumigation du désinfectant doit être faite avant le semis des graines avec un temps

approprié pour permettre son élimination totale. Le dosage et les paramètres d'application doivent être strictement respectés [37]. Lorsque ces conditions ne sont pas respectées, le principe actif peut persister au niveau du sol et avoir un effet résiduel sur les semis [37], [38], [36]. En ce sens, les travaux, de [39], [40] et de [41] ont montré que la fumigation au Metam Sodium a un effet phytotoxique et de diminution du rendement en fruits chez le fraisier. Ces effets sont survenus lorsque les conditions, le dosage et le délai de bio-désactivation du principe actif du fumigène n'ont pas été respectés au cours des expériences. Dans le cadre de notre travail, l'effet phytotoxique pourrait expliquer, d'une part, la diminution non significative des taux de germination des semis de tomate cultivés sur parche de café, et, d'autre part, la diminution significative de l'allongement des tiges et du nombre de feuilles émis par chaque plant cultivé sur les substrats S_2 et S_3 . Par ailleurs, au seuil de la désinfection de la parche de café à 1,5 L de Metam Sodium, cette phytotoxicité résiduelle a entraîné la mort de plus de 50% des plants de tomate et a inhibé l'allongement et l'émission des feuilles.

Par ailleurs, lors de l'essai 2, lorsque la parche de café désinfectée à 1,5 L de Metam Sodium est graduellement lavée, les taux cumulés de germination ont augmenté pour atteindre des valeurs importantes ($S_5 = 92,7\%$; $S_6 = 92,4\%$) dont les différences sont non significatives par rapport au témoin. Ces résultats ont été confirmés par ceux obtenus sur les paramètres de développement des plants de tomate ($S_5 = 15,50$ cm et 4,1 feuilles; $S_6 = 15,13$ cm et 4 feuilles) dont les valeurs ont été semblables à celles du témoin. Les valeurs obtenues sur ces substrats pourraient s'expliquer par l'élimination de l'effet phytotoxique du fait du lavage de la parche de café. Selon [42] et [43], après application dans le sol, le Metam Sodium réagit avec l'humidité du sol pour se dissocier en isothiocyanate de méthyle gazeux, puis en soufre et en azote. En effet, ces substances ont deux propriétés importantes à savoir : une faible pression de vapeur et une forte affinité pour l'eau. La diffusion de ces gaz, actifs sur les parasites du sol, se fait verticalement à partir de l'endroit où ils ont été produits. Après cette réaction, l'hydratation permet le lavage et/ou une décomposition rapide des résidus de Metam Sodium dans le sol [44]. Ainsi, dans le cadre de cet essai, le lavage de la parche de café aurait permis une réaction et une diffusion des substances chimiques résiduelles et leur élimination. Par ailleurs, le Metam Sodium est un biocide fumigène à large spectre d'action. Son action sur les substrats en plein champ ou en hors sol, lui confère des propriétés phytosanitaires herbicides, et fongicides [38]. Son application sur les substrats de culture, à base de parche de café permet de lutter contre les pathogènes responsables des fontes de semis ou des nécroses racinaires [45]. En outre, elle occasionne chez les jeunes plants un gain de croissance en hauteur, du fait de l'absence des agents pathogènes qui pourraient ralentir la germination des semis [46]. Ainsi, dans le cadre de notre étude, ces propriétés semblent justifier la qualité des taux de germinations obtenus avec les substrats S_5 et S_6 , dont les rendements sont approximativement équivalents à ceux obtenus avec la fibre de coco.

Lors de l'essai 3, la culture de la tomate sur parche de café suivant un gradient de désinfection à l'hypochlorite de sodium a présenté des taux de germination significativement non différents du témoin. Les taux relevés semblent présenter des valeurs très similaires et parfois meilleures que le témoin. Néanmoins, l'allongement moyen des plants sur les substrats testés sont significativement inférieurs aux valeurs témoins. Du point de vue du nombre de feuilles par plant, seul les substrats S_9 et S_{11} ont enregistré des valeurs dont la différence est non significative par rapport au témoin. Selon le [47], l'hypochlorite de sodium est bactéricide et fongicide très volatil et pas toxique. Son principe actif s'élimine facilement au bout de 2 heures. En outre, les valeurs des taux de germination obtenus sur les substrats désinfectés à ce produit pourraient s'expliquer par son spectre d'action (bactéricide et fongicide). Toutefois, sur le plan de l'allongement moyen des plants et du nombre moyen de feuilles par plant, la désinfection est inefficace. Le spectre d'action de ce désinfectant semble ne pas agir sur les agents pathogènes qui ralentissent le développement des plants de tomate.

De manière générale, les résultats des essais de germination sur les différents substrats de culture hors sol ont montré que les pourcentages et les cinétiques de germination de la tomate ont la même allure sur tous les essais. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par [30] qui ont montré l'importance de la production et de la croissance des plants d'Acacia sur des substrats à base de tamisât de compost dans une pépinière hors sol (Tunisie). Par ailleurs, par rapport au témoin, les taux cumulés de germination ont révélé une différence significative dans certains cas et non significative dans d'autres cas, suivant les traitements utilisés sur la parche de café. En effet, lorsque l'on compare les taux de germination cumulés obtenus sur la fibre de coco à ceux obtenus sur les substrats $S_{2-3-6-8-9-10}$ et S_{11} , les différences sont non significatives. Les taux cumulés de ces substrats ont atteint des valeurs maximales très proches des valeurs témoins; comprises dans l'intervalle [92,4% - 97,3%]. Ainsi, cette étude, bien que ponctuelle, permet d'envisager la possibilité d'une substitution du témoin par des substrats dont l'effet sur la germination est approximativement équivalent à celui de la fibre de coco. Cependant, ces résultats ne sont valables que pour la culture de la tomate sur parche de café en pépinière. Des études supplémentaires doivent être menées pour déterminer l'effet de la parche de café sur la croissance, le développement et la fructification de la tomate et des autres cultures.

5 CONCLUSION

La présente étude a été consacrée à une comparaison indirecte des substrats de culture hors sol à travers le suivi des paramètres de germination et de croissance des plants de tomate cultivés sur divers substrats à base de fibre de coco et de parche de café.

Cette étude a permis de montrer que le substrat de référence, à savoir : la fibre de coco importée, présente des résultats très satisfaisants sur le plan de la germination et du développement des plants de tomate. En ce qui concerne les autres substrats à base de parche de café ; les résultats obtenus sont sensiblement similaires à ceux obtenus avec la fibre de coco. Aussi, en tenant compte de l'ensemble des résultats obtenus et des moyens financiers liés à l'importation de certains substrats de culture, la parche de café pourrait constituer partiellement un substrat alternatif à la fibre de coco sans entraîner des déséquilibres importants. Cependant, des précautions doivent être prises pour utiliser le désinfectant le mieux approprié pour améliorer la qualité des plants de tomate sur parche de café.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB), à travers son appel à projet sur les "*Scénarios de la biodiversité en Afrique subsaharienne*", qui a permis de financer le projet Coforset. Nos remerciements vont également à l'endroit de l'Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET), via le projet EU-ACP « Establishment of a Forestry Research network for ACP countries » projet (9 ACP RPR 91 # 1- FORENET). Le Laboratoire d'Écologie Vectorielle (LEV-IRET) et l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB) de l'Université des Sciences et Technique de Masuku (USTM) sont remerciés pour leur appui technique.

REFERENCES

- [1] Ondo J. A., Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon (région de Libreville) : acidification et mobilité des éléments métalliques. Thèse de Doctorat, Université de Provence, France, 324p, 2011.
- [2] Organisation de l'Unité Africaine (OUA, Commission Économique pour l'Afrique (CEA), Population et Développement en Afrique, Population Information Network (POPIN) of the United Nations (UN) Population Division, 2010. <http://www.un.org/popin/icpd/conference/bkg/afrique.html>.
- [3] Griffon M. Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ? Versailles : Éditions Quae, 224 p, 2013.
- [4] Mougeot J.A.L., Moustier P., Introduction, Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone. Enjeux, concepts et méthodes. Ed. Olanrewaju B S., Moustier P., Mougeot A.J.L., Fall A., CIRAD/CRDI, 173 p, 2004.
- [5] Kouadio Oura R., Extension urbaine et protection naturelle : La difficile expérience d'Abidjan, Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 12 Numéro 2 septembre 2012, mis en ligne le 31 octobre 2012, consulté le 03 mai 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/12966> ; DOI : 10.4000/vertigo.12966, 2012.
- [6] Aubry C. et Pourias J., L'agriculture urbaine fait déjà partie du « métabolisme urbain ». Le Démeter, Économie et Stratégies agricoles, Éditeur Club Demeter, p. 135 -155, 2013.
- [7] Bernier P., Vers la construction d'un discours critique de l'agriculture urbaine commerciale en serres sur les toits. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en sociologie. Université du Québec à Montréal, 183 p, 2015.
- [8] Padilla M., Hamimaz R., El Dahr H., Zurayk R., Moubarak F., Le développement des produits protégeant la santé et l'environnement en Méditerranée. Les notes d'analyse du Centre International des Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes, N° 5, 22 p, 2006.
- [9] Boulard T., Peut-on concilier production sous serre et développement durable ? Serres horticoles et énergie. Acte de colloque, Brest-France, 37 p, 2008.
- [10] Urban L. et Urban I, La production sous serre, tome 1 : la gestion du climat (2ième édition). Édition Tec et Doc, Paris, 356 p, 2010.
- [11] M'Sadak Y. et Ben M'Barek A., Évaluation de la maturité et de la qualité chimique des substrats de croissance à base de méthacompost avicole pour une meilleure exploitation. Larhyss Journal, N° 23, p. 117-138, 2015a.
- [12] André J.P., Propriétés chimiques des substrats. In les cultures hors sol. Ed. D. Blanc. 2eme édition Lavoisier. INRA Paris, p. 127-147,1987.
- [13] Gras R., Propriétés physiques des substrats. Ln : Cultures Hors Sol. D. Blanc, Edition INRA-Paris, p. 79-126,1987.

- [14] M'Sadak Y., Elouaer M.A., El Kamel R., Comportement physique des composts, des tamisats et des mélanges pour une meilleure exploitation en pépinière. Caractérisation physique des composts bruts, criblés et en mélange. E-Revue de Génie Industriel, N° 8, p. 44-54, 2012.
- [15] M'Sadak Y., Elouaer M.A., Dhahri M., Caractérisation physique des substrats de croissance pour une meilleure adaptation à la filière horticole en Tunisie, Revue Nature & Technologie, N° 9 (B), p. 27-34, 2013a.
- [16] Moustier P. et Pagès J., Le péri-urbain en Afrique : une agriculture en marge ? Économie rurale. Courrier de l'Environnement de l'INRA N° 32, p. 48-45, 1997.
- [17] Lassina F., Djidji A. H., N'gbesso Mako F., Tahouo O., L'agriculture hors-sol pour produire des légumes de qualité en zone urbaine de Côte d'Ivoire. Edition du Centre National de Recherche Agronomique, Côte d'Ivoire, p. 8-9, 2012.
- [18] Pourtier R., Agro-industrie et développement rural au Gabon : une contradiction ?, in " Le développement rural en questions " Collection Mémoires N° 9, 106, ORSTOM-Paris, p.447-460, 1984.
- [19] Magnagna N. V., L'agriculture du Gabon : Entre décolonisation et ajustements structurels (1960-2000). Édition Karthala, Paris, 304 p, 2006.
- [20] Nguema Ndoutoumou P., Ondo-Azi A. S., Mbeang Beyeme A. M., Ondo Ovono P., Ignanga Ignanga A. W., Campa C., Essais de propagation de *Pseudospondias microcarpa* A. Rich. dans les conditions climatiques de Franceville (Sud-Est du Gabon). Biosciences Proceedings, 2013, Vol. 19. ISSN 1019-7702, 131, p. 131-137, 2013.
- [21] Makita-Ngadi J., M'Batchi B., Kilbertus G., Étude sur les possibilités de valorisation agricole des écumes de canne à sucre et de la bagasse de SOSUHO (Gabon), Vol. 11 n° 1, p. 20-24, 1993.
- [22] Garbaye J. et Le Tacon F., Production de plants de chêne et de hêtre sur tourbe fertilisée. Revue Forestière Française 30 (6), p. 445-452, 1978.
- [23] Riedacker A., Premiers essais d'élevage de plants de chêne et de hêtre sur tourbe et sous tunnel plastique. Rev. For. Fr. 30 (6): p. 453- 458, 1978.
- [24] Lemaire F, Dartigues A., Riviere L.M., Properties of substrates with ground pine bark. Acta Hort. 99, p. 67-80, 1980.
- [25] Garbaye J., La production rapide de plants feuillus sur tourbe fertilisée. Les bases de la technique. Revue forestière française 38 (3), p. 213-219, 1986.
- [26] M'Sadak Y., Elouaer M.A., Dhahri M., Production et croissance des plants de Gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) sur substrats de culture issus d'un mélange de Tourbe et de Compost dans une pépinière maraîchère hors sol en Tunisie. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2) 5, p. 5-11, 2013b.
- [27] M'Sadak Y. et Ben M'Barek A., Valorisation agricole d'un digestat avicole solide issu de la Biométhanisation industrielle en Tunisie. J. Fundam. Appl. Sci., 7 (3), p. 298-321, 2015b. <http://www.jfas.info/index.php/jfas>.
- [28] M'Sadak Y., Bouallegue A., Study of opportunities of use of composts cunicoles for the aboveground production of tomato plants in Tunisia. J. Fundam. Appl. Sci., 7 (2), p. 244-259, 2015. <http://www.jfas.info/index.php/jfas>.
- [29] M'Sadak Y., Fhima F., Potentialités de substitution de la tourbe importée par un substrat à base de compost ou Co-compost en pépinière maraîchère hors sol (Tunisie). Revue Agriculture. 10, p. 31-37, 2015.
- [30] M'Sadak Y., Hamdi W., Zaalani Ch., Production et croissance des plants d'Acacia sur des substrats à base de tamisat de compost dans une pépinière hors sol (Tunisie). Revue Agriculture. n°06, p. 29-34, 2013c.
- [31] Lamhamedi M. S., Fecteau B., Godin L., Gingras CH., El Aini R., Gader G.H. et Zarrouk M.A., Guide pratique de production en hors sol de plants forestiers, pastoraux et ornementaux en Tunisie. Projet : ACDI E4936-K061229. Direction Générale des Forêts, Tunisie et Pampev Internationale Ltée, Canada, 114 p, 2006. mrn.gouv.qc.ca/./forets/./Guide-production-hors-sol-Tunisie.pdf.
- [32] Simon J.C., Gastal F., Lemaire G., Compétition pour la lumière et morphologie du trèfle blanc (*Trifolium repens* L.) : émission des feuilles et des ramifications. Agronomie, EDP Sciences, p. 383-389, 1989. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00885208>.
- [33] Tuo S., Amari L. D. G. E., Camara B., Kassi F. M., Ouédraogo S. L., Traoré S., Lorn J-P., Kouakou A. E., Koné D., Effet de l'association de différents cultivars de bananiers (*Musa spp.*) Tolérants sur l'incidence de la cercosporiose noire chez le cultivar sensible "orishele" en Côte d'Ivoire. European Scientific Journal. Edition volume 11, Numéro 24. ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431, 2015.
- [34] Mpika J., Attibayeba, Makoundou A., Minani D., Influence d'un apport fractionné en potassium et en azote sur la croissance et le rendement de trois variétés de tomate de la zone périurbaine de Brazzaville en République du Congo. Journal of Applied Biosciences. ISSN 1997-5902, Vol. 94 : p. 8789-8800, 2015.
- [35] Selmi W., Évaluation des services écosystémiques rendus par les arbres urbains. Document réalisé dans le cadre l'étude de l'effet des arbres sur l'environnement urbain, résultats de l'application du modèle i-Tree Eco à la ville de Strasbourg, 24 p., 2016.
- [36] MAAARO, Guide de la Floriculture en Serre. Publication 370F. Document réalisé par le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales (MAARO). Ontario (Toronto-Canada), 188 p., 2014.

- [37] El hadiri N., Ammati M., Chgoura M., Alternatives au bromure de méthyle : amélioration des conditions d'application du Metam Sodium au Maroc. Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc) 2002, Vol. 22 (1), p 39-46, 2002.
- [38] Cox C., Metam Sodium. Journal of pesticide reform/Spring. Volume 26, Numéro 1, 5 p., 2006.
- [39] Baujard P., Larry W., Duncan, Parisell A. et Sarr E., Étude des effets de quatre nématocides fumigants sur les nématodes et l'arachide au Sénégal. Laboratoire de Nématologie, ORSTOM, Dakar-Sénégal. Revue Nématol volume 10 numéro 3, p. 355-360, 1987.
- [40] PNUE, Floriculture et environnement : Culture des fleurs sans bromure de méthyle. Publication réalisée par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, Division Technologie, Industrie et Economie (PNUE DTIE) dans le cadre du Programme Action Ozone sous l'égide du Fonds Multilatéral, 126 p., 2001.
- [41] Desaegeer, J.A., Seebold, K.W. et Csinos A.S., Effet de calendrier d'application et la méthode sur l'efficacité et la phytotoxicité de 1,3D, chloropicrine et Métam Sodium combinaisons squash plasticulture. Pest. Manag. Sci, 64: doi: 10.1002/ps.1503, p. 230-238., 2008.
- [42] Izard D., Fraise. Désinfection du sol par micro irrigation. Mode opératoire. Traitam Sol, 4 p., 2006.
- [43] Trueman C., Le Boeuf J., Conn K., Verhallen A., Les fumigants de sol et la production de tomates, partie I : Que sont-ils, quel est leur mode d'action et que nous disent les recherches récentes effectuées en Ontario à leur sujet? Article publié par le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales (MAARO). Ontario (Toronto-Canada), 3 p., 2013.
- [44] Laineco, Raisan 51, Désinfectant de sols, Informations techniques. Barcelona-Espagne. 13 p., 2015.
<http://www.lainco.es>.
- [45] Poncet M., Matwyschuk J., Colmar I., Fraisier, Les alternatives à la désinfection chimique des sols. Publié par la Chambre d'Agriculture de l'Isère, Grenoble-France. 4 p., 2005.
- [46] Le Tacon F. et Garbaye J., La maîtrise des associations mycorhiziennes en pépinière forestière. Station de Recherches sur le sol, la microbiologie et la nutrition des arbres forestiers Centre de Recherches Forestières de l'INRA, 9 p., 1978.
- [47] RAP, Le nettoyage et la désinfection des serres en fin de saison. Bulletin d'information du Réseau d'Avertissements Phytosanitaires du Québec 14, 7 p., 2012.