

EFFET DU COMPOST À BASE DE RÉSIDUS DE BANANIERS ET CACAO SUR LA CROISSANCE ET LE DÉVELOPPEMENT DES VIVO PLANTS DE TROIS VARIÉTÉS DE BANANIERS PLANTAIN

**Olivier Guy Joël ATSIN¹, Adélaïde N'GUETTA¹,
Vanessa Carine Flora N'DA², Siaka TRAORE^{1*}, N'goran ABY¹
et Kouman KOBENAN¹**

¹ *Station de Recherche de Bimbresso, Centre National de Recherche Agronomique, 01 BP 1536 Abidjan 01, Côte d'Ivoire*

² *Laboratoire de Physiologie Végétale, l'Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire*

* Correspondance, e-mail : traoresk8@gmail.com

RÉSUMÉ

Les techniques nouvelles de production en masse de matériel végétal de bananier plantain sont limitées par l'absence de substrat de qualité et la difficulté d'accès à la tourbe. Pour résoudre ce problème, une étude a été menée, à Anguédédou dans le Sud de la Côte d'Ivoire, pour déterminer l'effet de différents substrats à base de compost de résidus de bananier ou de coques de cacao sur des plantules de bananiers plantain issus de la culture *in vivo*. Six substrats renfermant différentes proportions de compost de résidus (50, 75 ou 100 %) et de terre noire (25 ou 50 %) et un témoin constitué de tourbe ont été testés sur les variétés Corne 1, PITA 3 et FHIA 21 en blocs complets randomisés. Les paramètres mesurés ont concerné la croissance, le développement et le système racinaire. Sept semaines après le repiquage des plants, les résultats ont montré que les substrats constitués de 50 et 75 % de compost ont enregistré des hauteurs et circonférences moyennes similaires et plus élevées sur les trois variétés de bananiers comparées à celles obtenus avec le mélange de tourbe ou le compost seul. Le nombre de feuilles émises et la surface foliaire ont été également plus élevés sur ces substrats excepté la variété PITA 3. Le substrat n'a pas influencé le développement du système racinaire des plants. Les substrats contenant donc 50 ou 75 % de compost de coques de cacao ou de résidus de bananier (S4-S7) et 25 ou 50 % de terre noire sont de bons milieux de croissance et de développement des vivo plants de bananiers dans le contexte expérimental choisi.

Mots-clés : *substrat, compost, bananier plantain, paramètre de croissance et de développement, Côte d'Ivoire.*

ABSTRACT**Effect of compost based on crop residues on the growth and development of the in vivo plants of three banana plantain varieties**

The new techniques of mass production of plantain planting material are limited by the lack of quality substrate and the difficulty of access to the peat. To solve this problem, a study was conducted at Anguededou in southern Côte d'Ivoire to determine the effect of different substrates based on compost of banana residues and cocoa husks on the behavior of seedlings plantains derived from in vivo culture. Six substrates containing different proportions of compost of residues (50, 75 or 100 %) and black earth (25 or 50 %) and a peat control were tested on the varieties Horn 1, PITA 3 and FHIA 21. The parameters measured concerned growth, development and the root system. Seven weeks after transplanting the plants, the results showed that the 50- and 75-percent compost substrates recorded similar and higher mean heights and circumferences compared to those obtained with the peat mixture and compost alone. The number of leaves and the leaf area were also higher on these substrates except the variety PITA 3. The substrate did not influence the development of the root system of the plants. Substrates containing 50 or 75 % compost of cocoa husks or banana residues (S4-S7) and 25 or 50 % of black earth are good media for the growth and development of banana vivo plants in the chosen experimental context.

Keywords : *substrate, compost, plantain, growth and development parameter, Côte d'Ivoire.*

I - INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, la culture du bananier plantain revêt un intérêt socio-économique majeur. C'est la troisième culture vivrière en termes de production avec 1,7 millions de tonnes [1]. Cette production reste insuffisante et peine à couvrir les besoins de la population en perpétuelle croissance. Cela est dû à la faible productivité du bananier plantain liée à la mauvaise qualité du matériel de plantation. Pour pallier cela, des techniques de production de matériel végétal telles que les techniques de plants issus de fragments de tiges (PIF) et de multiplication sur souche décortiquée (MSD) ont été mises au point. Cependant, à l'absence de substrat standardisé pour l'acclimatation des vivo plants et la difficulté d'accès à la tourbe obligent les producteurs à avoir recours à des supports dont les caractéristiques et la présence d'agents pathogènes affectent négativement la qualité des plants. Le compost est un produit stable riche en humus issus de la fermentation du mélange de résidus d'origine végétale et/ou animale. Il a été longtemps utilisé comme engrais ou

amendement. Avec l'avènement des engrais synthétiques ou minéraux, le compost a été délaissé. Les préoccupations relatives à la baisse de la fertilité des terres, à la pollution des eaux liées à l'utilisation irrationnelle des engrais synthétiques ont conduit à un regain de l'emploi du compost. En effet, le compost, à travers sa forte teneur en matière organique, améliore la structure, la porosité, la rétention en eau et en nutriments des sols [2 - 4] et indirectement le rendement des cultures [5]. Ces caractéristiques font que le compost est, aujourd'hui, très utilisé comme support de culture en remplacement de la tourbe ou du terreau forestier en pépinière afin de préserver ces écosystèmes [6, 7]. De nombreuses études ont montré l'influence des caractéristiques physiques et chimiques du substrat sur la croissance des plants en pépinière et leur performance plus tard au champ [8 - 11]. Cette étude a donc été initiée pour rechercher le ou les substrats adéquats à base de compost de résidus de récolte de bananier ou de coques de cacao pouvant améliorer la croissance et le développement des plants de bananier plantain issus de culture *in vivo* et limiter ainsi l'emploi de la tourbe et d'engrais minéraux.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Conditions et site de l'expérimentation

L'expérimentation a été conduite à la station de recherche de Bimbresso sur le site d'Anguédedou située dans le sud de la Côte d'Ivoire, à 25 km à l'Ouest d'Abidjan. Les coordonnées géographiques du site sont 5°25' de latitude Nord, 4°08' de longitude Ouest et 25 m d'altitude. Le climat est de type subéquatorial avec deux saisons de pluies et deux saisons sèches.

II-2. Matériel végétal

Trois variétés de bananiers plantain ont été utilisées : une variété locale Corne 1 (AAB) majoritairement cultivée en Côte d'Ivoire et deux hybrides FHIA 21 (AAAB) et PITA 3 (AAAB) en cours de vulgarisation. Les jeunes plants ont été obtenus par la technique de multiplication sur souche décortiquée (MSD).

II-3. Préparation des substrats

Le substrat témoin était constitué de sable, de tourbe et de terre noire aux proportions de 1/3 chacun. La terre noire a été mélangée en proportions variables à deux types de compost (résidus de bananier, coques de cacao). Des substrats composés uniquement de compost ont été également utilisés. La composition des substrats testés est la suivante :

- S1 : substrat témoin (sables + tourbe + terre noire)
- S2 : 100 % de compost de coques de cacao
- S3 : 100 % de compost de résidus de bananier
- S4 : 50 % de compost de coques de cacao + 50 % de terre noire
- S5 : 50 % de compost de résidus de bananier + 50 % de terre noire
- S6 : 75 % de compost de coques de cacao + 25 % de terre noire
- S7 : 75 % de compost de résidus de bananier + 25 % de terre noire

II-4. Conduite de l'expérimentation

Après la première phase d'acclimatation, les plants ayant quatre feuilles ont été sélectionnés puis repiqués dans des sachets à fond perforés de dimension 20 cm x 20 cm. Les sachets ont été au préalable remplis de substrat et arrosés la veille du repiquage. Ils ont été ensuite disposés sous une ombrière pour l'élevage. Pour lutter contre l'attaque des chenilles sur les jeunes feuilles, l'insecticide Cyperméthrine 'CYPERCAL' à la dose de 4 mL. L⁻¹ d'eau a été utilisé en un passage toutes les deux semaines. Les plants ont été arrosés tous les deux jours avec de l'eau de robinet.

II-5. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental retenu pour l'étude a été un bloc complet randomisé avec trois blocs et comportant deux facteurs (substrats et variétés). Les traitements au nombre de 21 (3 variétés x 7 substrats) sont représentés dans chaque blocs par six répétitions (plants). Au total, 378 vivo plants ont été utilisés, soit 126 plants par bloc.

II-6. Paramètres mesurés

Les observations et mensurations ont commencé le lendemain du repiquage et se sont poursuivies jusqu'à la 7^{ème} semaine. Les observations et mensurations effectuées chaque semaine ont porté sur les paramètres de croissance (la hauteur et la circonférence des plants) et les paramètres de développement (le nombre de feuilles émises et la surface foliaire ($S_f = \text{longueur de la feuille} \times \text{largeur de la feuille} \times 0,83 \times \text{nombre de feuilles} \times 0,662$). Après la 7^{ème} semaine, les plants ont été dépotés. Le nombre et le poids frais des racines ont été évalués.

II-7. Analyses statistiques

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS version 16.0. Les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance. La comparaison des moyennes, en cas de résultats significatifs, a été faite par le test de Newmann et Keuls au seuil de 5 %.

III - RÉSULTATS

III-1. Hauteur du pseudo tronc des plants

La hauteur des bananiers Corne 1 (*Tableau 1*), FHIA 21 (*Tableau 2*) et PITA 3 (*Tableau 3*) a significativement varié ($p < 0,001$) selon le substrat après sept semaines. Le substrat S7 (75 % de compost de résidus de bananier + 25 % de terre noire) a induit la hauteur moyenne la plus élevée (26,3 cm) suivi des substrats S4 et S5 avec des moyennes de 25,11 cm et 23,11 cm chez la variété Corne 1 (*Tableau 1*). Chez les variétés FHIA 21 (*Tableau 2*) et PITA 3 (*Tableau 3*), c'est le substrat S4 (50 % de compost de coques de cacao + 50 % de terre noire) qui a enregistré la hauteur moyenne la plus élevée (soit 23,65 cm et 20,97 cm respectivement). Le substrat témoin, constitué de sable, tourbes et de terre noire, a induit les plus faibles hauteurs moyennes des plants des trois variétés de bananiers plantain (12,19 cm pour la variété Corne 1 ; 13,7 cm pour FHIA 21 et 17,18 cm pour PITA 3). Les substrats S2 et S3 constitués uniquement de compost de coques de cacao et de bananier ont donné des hauteurs moyennes plus faibles que celles des autres substrats renfermant du compost surtout avec la variété Corne 1 (20,13 cm et 19,71 cm respectivement).

III-2. Circonférence du pseudo tronc des plants

Tout comme la hauteur, l'analyse de variance a montré un effet significatif du substrat sur la circonférence du pseudo tronc ($p < 0,001$). Les plants de la variété Corne 1 (*Tableau 1*) repiqués sur le substrat S7 ont donné la plus grande circonférence du pseudo tronc (1,97 cm) qui n'est pas statistiquement différente de celles obtenues sur les substrats S4 (1,88 cm) et S5 (1,72 cm). Chez l'hybride FHIA 21 (*Tableau 2*), les plants produits dans les substrats témoin (S1) et compost de coques de cacao (S2) ont enregistré les plus faibles valeurs de circonférence moyenne (1,21 cm et 1,25 cm respectivement) par comparaison aux autres substrats (S3 à S7). Les plants de la variété PITA 3 élevés sur les substrats contenant du compost (S4 à S7) ont présenté les plus grandes circonférences moyennes (1,72 à 2,08 cm) par rapport au substrat témoin (1,37 cm) et aux substrats constitués uniquement de compost (1,48 cm et 1,06 cm respectivement pour S2 et S3).

III-3. Nombre de feuilles des plants

L'effet substrat n'exerce aucune action significative ($p = 0,05$) sur le nombre de feuilles des plants de la variété PITA 3 (*Tableau 3*) contrairement aux variétés Corne 1 ($p < 0,0001$) (*Tableau 1*) et FHIA 21 ($p = 0,0045$) (*Tableau 2*). Les plants de la variété Corne 1 repiqués dans les substrats renfermant du

compost (S4 à S7) ont produit un plus grand nombre de feuilles (10 à 12 feuilles) que ceux évoluant dans les substrats 100 % compost (8 à 9 feuilles) et témoin (8 feuilles). Quant aux plants de la variété FHIA 21 (**Tableau 2**), seul le substrat témoin (S1) a produit le plus petit nombre de feuilles (7 feuilles) comparé aux autres substrats (8 à 9 feuilles).

Tableau 1 : *Effet des substrats sur des paramètres de croissance et de développement des vivo plants de bananier plantain Corne 1*

Substrat	Hauteur (cm)	Circonférence (cm)	Nombre de feuilles	Surface foliaire (cm ²)
S1	12,19d	1,33d	8,67cd	988,49c
S2	20,13c	1,58bc	9,33c	2113,67b
S3	19,71c	1,48c	8,17d	1863,99b
S4	25,11ab	1,88ab	12,42a	3724,88a
S5	23,11abc	1,72abc	11,08b	2431,53b
S6	22,09bc	1,59bc	11,25b	2682,60b
S7	26,36a	1,97a	10,67b	2656,59b
P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Les moyennes dans chaque colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newmann et Keuls au seuil de 5 %.

Tableau 2 : *Effet des substrats sur des paramètres de croissance et de développement des vivo plants de bananier plantain FHIA 21*

Substrat	Hauteur (cm)	Circonférence (cm)	Nombre de feuilles	Surface foliaire (cm ²)
S1	13,7c	1,21b	7,08b	1072,71a
S2	15,23bc	1,25b	8,33a	1105,39a
S3	18,81ab	1,54a	9,08a	1798,92a
S4	20,97a	1,61a	8,92a	1996,01a
S5	17,61abc	1,63a	8,58a	1947,04a
S6	19,66ab	1,67a	8,42a	1864,21a
S7	19,43ab	1,83a	8,50a	1896,91a
P	<0,001	<0,0001	0,0045	0,065

Les moyennes dans chaque colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newmann et Keuls au seuil de 5 %.

Tableau 3 : Effet des substrats sur les paramètres de croissance et de développement des vivo plants de bananier plantain PITA 3

Substrat	Hauteur (cm)	Circonférence (cm)	Nombre de feuilles	Surface foliaire (cm ²)
S1	17,18b	1,37c	9,92a	1400,08bc
S2	20,77a	1,48c	10,17a	1952,50ab
S3	15,38b	1,06d	8,92a	1141,37c
S4	23,65a	2,08a	9,25a	2907,76a
S5	22,69a	1,72b	9,08a	1920,45ab
S6	23,27a	1,9a	8,92a	2543,60a
S7	22,85a	1,97a	9,75a	2811,91a
P	< 0,0001	< 0,0001	0,0500	< 0,0001

Les moyennes dans chaque colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newman-Keuls au seuil de 5 %.

III-4. Surface foliaire

L'analyse statistique montre un effet hautement significatif des substrats sur la surface foliaire des plants des variétés Corne 1 ($p < 0,001$) et PITA 3 ($p < 0,001$) (**Tableau 1 et 3**). Les plants produits dans le substrat témoin (S1) ont les surfaces foliaires les plus faibles (988,49 cm²) tandis que le substrat mélange de compost de coques de cacao et terre noire (S4) a donné la surface foliaire la plus importante (3724,88 cm²) chez la variété Corne 1 (**Tableau 1**). Chez la variété PITA 3 (**Tableau 3**), le substrat S4 a également donné la plus importante surface foliaire (2907,76 cm²) mais cette moyenne ne diffère pas de celles obtenues avec les substrats S2 (1952,5 cm²), S5 (1920,45 cm²), S6 (2543,6 cm²) et S7 (2811,91 cm²). Les substrats testés n'ont eu aucun effet ($p = 0,065$) sur la surface foliaire des plants de la variété FHIA 21 (**Tableau 2**).

III-5. Nombre et poids frais des racines

Les substrats testés n'ont eu aucun effet ($p > 0,05$) sur le nombre et le poids frais des racines des bananiers CORNE 1, FHIA 21 et PITA 3 (**Tableau 4**). Le nombre de racines a varié de 6 à 11 et le poids frais de 7 à 14 g chez la variété Corne 1. Avec la variété FHIA 21, le nombre a varié de 8 à 11 et le poids de 4 à 14 g. quant à la variété PITA 3, les valeurs de poids frais sont comprises entre 9 et 18 g.

Tableau 4 : *Nombre et poids frais des racines des vivo plants de bananier plantain Corne 1, FHIA 21 et PITA 3*

Substrats	Corne 1		FHIA 21		PITA 3	
	Nombre de racines	Poids frais des racines (g)	Nombre de racines	Poids frais des racines (g)	Nombre de racines	Poids frais des racines (g)
S1	6,40a	7,00a	8,20a	3,86a	7,80a	12,92a
S2	9,00a	9,24a	8,20a	5,67a	10,60a	8,54a
S3	7,20a	8,54a	9,00a	11,69a	8,00a	6,04a
S4	10,00a	13,62a	9,80a	8,86a	10,80a	14,49a
S5	11,20a	10,59a	11,40a	14,08a	10,60a	13,44a
S6	9,40a	11,44a	8,20a	7,55a	11,00a	15,40a
S7	10,40a	12,09a	8,40a	10,99a	12,00a	18,00a
p	0,1000	0,463	0,8150	0,0800	0,2620	0,1280

Les moyennes dans chaque colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Student Newmann et Keuls au seuil de 5 %.

IV - DISCUSSION

IV-1. Effets des substrats sur la hauteur et la circonférence des bananiers

La croissance en hauteur et en circonférence des bananiers est plus importante dans les substrats à base de compost par rapport au substrat témoin qui est un mélange de tourbe, de sable et terre noire. Ce résultat suggère que ces substrats (S4, S5, S6 et S7) possèdent les qualités physiques et chimiques favorables à la croissance des plants. La matière organique du compost aurait donc amélioré les caractéristiques de ces substrats. En effet, le pH, la CEC (caractéristiques chimiques), la granulométrie et la porosité (caractéristiques physiques) sont des facteurs qui influent sur la disponibilité des éléments nutritifs et leur absorption [12, 13]. Ces facteurs influencent également la mobilité de l'eau dans le milieu permettant ainsi aux plants de se développer en hauteur et épaisseur. Ce résultat diffère de ceux de [6], qui ont obtenu avec 75 % de tourbe des variables de croissance nettement supérieures à celle des substrats à base de compost. En effet, en pépinière la tourbe est un substrat de référence pour la production de jeunes plants. La présence de sable qui a une faible capacité d'aération tout comme la tourbe [14], en proportion égale avec cette dernière dans le substrat témoin (S1) pourrait avoir provoqué une moins bonne aération des racines et une mauvaise absorption des éléments minéraux par celles-ci. Ceci serait à l'origine de la moins bonne croissance des bananiers sur ce support (S1).

IV-2. Effets des substrats sur le nombre de feuilles et la surface foliaire des bananiers

Tout comme les paramètres de croissance, les paramètres de développement (nombre de feuilles et surface foliaire) ont été affecté par la nature du substrat. Les résultats obtenus révèlent que les substrats contenant 50 et 75 % (S4, S5, S6 et S7) de compost auraient une meilleure porosité, une meilleure capacité de rétention en eau et seraient donc mieux pourvus en matière organique. Ce qui a favorisé l'émission et la croissance foliaire des plants rempotés sur ces substrats. Les composts de résidus de bananier et de coques de cacao sont donc des sources de matière organique. Ces plants ont également une bonne capacité photosynthétique d'autant que le nombre de feuilles constitue un indice d'une bonne activité photosynthétique [15]. Des résultats similaires ont été trouvés par [16, 17] qui ont souligné l'effet significatif des substrats à base de matériaux organiques sur le nombre de feuilles et la surface foliaire.

IV-3. Effets des substrats sur le nombre et le poids des racines

L'émission et la croissance des racines des jeunes bananiers n'ont pas été affectées par les substrats de culture montrant ainsi que les plants étaient dans les mêmes conditions du point de vue hydrique. Ces deux variables sont, en effet, fortement influencées par les conditions hydriques [18].

V - CONCLUSION

L'objectif général de cette étude est de déterminer l'effet de différents substrats de culture sur les paramètres de croissance et de développement des vivo plants de bananiers plantains en phase d'acclimatation. Le mélange de terre noire et de compost de coques de cacao ou de résidus de bananier (S4, S5, S6 et S7) a favorisé la croissance et le développement des plants des trois variétés de bananiers. La hauteur moyenne avec ces substrats a varié de 22 à 26,36 cm, et la circonférence moyenne de 1,59 à 1,88 cm chez la variété Corne 1. Par contre, le nombre de feuilles (12) et la surface foliaire (3724,88 cm²) ont été statistiquement plus importants avec le substrat S4 (50 % de compost cacao et 50 % de terre noire). Le nombre de feuille a été de 8 à 9 chez la variété FHIA 21. Ces résidus sont donc d'excellentes sources de matière organique qui ont amélioré les caractéristiques physiques et chimiques des substrats S4, S5, S6 et S7. Afin de proposer un substrat standard qui pourrait être utilisé pour la production de plant de bananier plantain, il serait judicieux de caractériser les différents substrats du point de vue physique (porosité totale, porosité d'aération et porosité de rétention, densité apparente) et chimique (pH, conductivité électronique, matière organique, azote, potassium).

RÉFÉRENCES

- [1] - FAOSTAT, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et Agriculture. Division de la statistique, (2013). Disponible auprès de : <http://www.faostat3.fao.org/>
- [2] - A. C. CHANG, A. L. PAGE and J. E. WARNEKE, Soil Conditioning Effects of Municipal Sludge Compost. *Journal of Environmental Engineering*, 109, 3 (1983) 574 - 583
- [3] - M. AGASSI, WFA. KIRTEEN, A. H. LOOCK and P. FINE, Percolation and leachate composition in a disturbed soil layer mulched with sewage biosolids. *Soil and Tillage Research*, 45 (1998) 359 - 372
- [4] - S. EDWARDS and A. HAILU, How to make compost and use. In L. L. Ching, S. Edwards and H. S. Nadia (Eds), *Climate Change and Food Systems Resilience in Sub-Saharan Africa*. FAO, Italy, (2011) 379 - 436
- [5] - N. G. HUSSAIN, M. HASSAN, M. ARSHADULLAH and F. MUJEEB, Evaluation of amendments for the improvement of physical properties of Sodic soil. *International Journal of Agriculture and Biology*, 3(2001) 319 - 322
- [6] - Y. AMMARI, M. S. LAMHAMEDI, A. Z. EL ABIDINE et N. AKRIMI, Production et croissance des plants résineux dans différents substrats à base de compost dans une pépinière forestière moderne en Tunisie. *Revue Forestière Française*, 59, 4 (2007) 339 - 358
- [7] - M. BENITO, A. MASAGUER, R. DE ANTONIO and A. MOLINER, Use of pruning waste compost as a component in soil-less growing media. *Bioresource Technology*, 96 (2005) 597 - 603
- [8] - B. ALSANIUS, P. JENSÉN and H. ASP (Eds), Proceedings of the International Symposium on Growing media and Hydroponics. Acta Horticulturae, Belgium : *International Society for Horticultural Science*, (2004) 644 p.
- [9] - K. P. BAIYERI, Response of *Musa* species to macro-propagation: The effects of genotype, initiation and weaning media on sucker growth and quality in the nursery. *African Journal of Biotechnology*, 4, 3 (2005) 229 - 234
- [10] - Y. M'SADAK, M. A. ELOUAER et M. DHAHRI, Caractérisation physique des substrats de croissance pour une meilleure adaptation à la filière horticole en Tunisie. *Revue Nature & Technologie*, 09 (2013) 27 - 34
- [11] - Y. M'SADAK, A. EL AMRI, R. MAJDOUB et L. EL GHORBALI, Comportements physique et hydrique des substrats de culture destinés aux pépinières forestières modernes (Sahel Tunisien). *Algerian journal of Arid Environment*, 6, 1 (2016) 96 - 107
- [12] - J-M. GOBAT, M. ARAGNO et W. MATTHEY, *Le sol vivant*. 3^{ème} Edition, Lausanne : Presse Polytechniques et Universitaires Romandes, (2010)
- [13] - Y. M'SADAK et L. TAYACHI, Valorisation agronomique hors sol de la biométhanisation industrielle avicole en Tunisie. *Revue des énergies renouvelables*, Vol. 17, 3 (2014) 447 - 464
- [14] - F. LEMAIRE, Influence des caractéristiques physiques du substrat sur les systèmes racinaires de plantes ornementales cultivées en conteneurs ou en pots. *Agronomie*, N°9 (1989) 795 - 801

- [15] - M. S. LAMHAMEDI, J. A. FORTIN, Y. AMMARI, S. BEN JELLOUN, M. POIRIER, B. FECTEAU, A. BOUGACHA et L. GODIN, Évaluation des composts, des substrats et de la qualité des plants élevés en conteneurs. Tunis, Tunisie, Direction générale des forêts et Pampev International, Projet Bird n° 3601. Rapport technique, (1997) 121 p.
- [16] - Y. SHAHINA, Y. ADNAN, R. ADNAN, R. ATIF and S. SAIRA, Effect of Different Substrates on Growth and Flowering of *Dianthus caryophyllus* cv. 'Chauband Mixed'. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 12, 2 (2012) 249 - 258
- [17] - Y. HAMIDI, S-A. SNOUSSI et C. CHAOUIA, Effet de quelques mélanges des substrats sur la production des portes greffes du pistachier vrai *Pistaciavera* en pépinière. *Revue Agrobiologia*, 7, 1 (2017) 218 - 224
- [18] - A. LASSOUDIÈRE, Le bananier et sa culture. Montpellier, Editions Quæ, (2007) 383 p.