



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Efficacité et Rentabilité de L'utilisation du Compost à Base de Fiente de Poulet dans la Production de Plants d'hévéa de Pépinière en Sac

Essehi Jean Lopez

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Laboratoire Central Sols, Eaux et Plantes, Côte d'Ivoire

Adolphe Mahyao Germain

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de Gagnoa, Côte d'Ivoire

Adou Bini Yao Christophe

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de La Mé, Côte d'Ivoire

Obouayeba Samuel

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de Bimbresso, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p366](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p366)

Submitted: 09 May 2022

Accepted: 27 August 2022

Published: 31 August 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Essehi J.J., Adolphe M.G., Adou B.Y.C. & Obouayeba S. (2022). *Efficacité et Rentabilité de L'utilisation du Compost à Base de Fiente de Poulet dans la Production de Plants d'hévéa de Pépinière en Sac*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 366.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p366>

Résumé

La raréfaction du terreau, horizon humifère de surface, qui constitue le substrat de culture pour la production des plants d'hévéa en sac, amène les pépiniéristes d'hévéa à recourir à divers types de fertilisants dont le compost, pour améliorer la croissance des plants. Cependant, très peu d'études ont été consacrées à l'évaluation de l'effet de l'utilisation du compost en pépinière d'hévéa. Cette étude a été initiée en vue d'évaluer les effets de l'utilisation du compost à base de fiente de poulet sur la production et la rentabilité de plants d'hévéa en pépinière dans les zones agro-écologiques du sud-est et du centre de la Côte d'Ivoire. Le dispositif expérimental utilisé est un bloc complet randomisé à six milieux de culture (substrats + fertilisants) répétés trois fois. Des données agronomiques et du calcul économique du rendement

ont été collectés et analysés. Les résultats obtenus en station et milieu paysan, ont montré que l'utilisation des substrats de culture à base de compost favorise une nette amélioration de la croissance des plants d'hévéa avec de faibles doses de compost comparativement au substrat témoin, non fertilisé. Sur les deux sites d'étude, la production des plants d'hévéa a été optimale et économiquement rentable avec la dose de compost de 300 g/plant, au sud-est et la dose 300 g/plant combinées à l'application fractionnée de 2 ; 3,5 et 5 g d'urée, au centre de la Côte d'Ivoire. Cependant, les doses plus élevées de compost (600 g/plant) ont eu un effet dépressif sur la croissance végétative des plantes d'hévéa, quel que soit le site. Les faibles doses de compost à base de fiente de poulet de 300 g/plant combinées ou non à l'application fractionnée d'urée peuvent donc être, dans les conditions de la présente étude, recommandées pour une production rentable de plants d'hévéa de pépinière en sac.

Mots-clés: Compost, pépinière d'hévéa, rentabilité économique, Côte d'Ivoire

Efficiency and Profitability of Using Chicken Dung-based Compost in the Production of Bagged Rubber Tree Nursery

Essehi Jean Lopez

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Laboratoire Central Sols, Eaux et Plantes, Côte d'Ivoire

Adolphe Mahyao Germain

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de Gagnoa, Côte d'Ivoire

Adou Bini Yao Christophe

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de La Mé, Côte d'Ivoire

Obouayeba Samuel

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de Bimbresso, Côte d'Ivoire

Abstract

The scarcity of topsoil, the humus-bearing surface horizon that constitutes the substrate for the production of bagged rubber tree nursery, has led rubber nurserymen to resort to various types of fertilizers, including compost, to improve seedling growth. However, very few studies have been conducted to evaluate the effect of compost use in rubber nurseries. This study was initiated to evaluate the effects of using chicken manure-based

compost on the production and profitability of rubber seedlings in nurseries in the agro-ecological zones of southeastern and central Côte d'Ivoire. The experimental set-up used is a complete randomized block with 6 growing media (substrates + fertilizers) repeated in 3 times. Agronomic data and economic yield calculations were collected and analyzed. The results, obtained on station and on-farm, showed that the use of compost-based substrates favored a clear improvement in the growth of rubber seedlings with low doses of compost compared to the unfertilized control substrate. At both study sites, rubber plant production was optimal and economically profitable with the 300 g/plant compost dose in the southeast and the 300 g/plant dose combined with the split application of 2, 3.5 and 5 g urea in central Côte d'Ivoire. However, the higher doses of compost (600 g/plant) had a depressive effect on vegetative growth of rubber plants at all sites. The low doses of chicken droppings-based compost of 300 g/plant combined or not with the fractional application of urea can thus be, under the conditions of the present study, recommended for a profitable production of bagged rubber tree nursery plants.

Keywords: Compost, rubber tree nursery, economic profitability, Côte d'Ivoire

Introduction

L'hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) ou arbre à caoutchouc est une plante à latex de la famille des Euphorbiaceae originaire du bassin amazonien au Brésil (Bouychou, 1963). Cette espèce, pouvant être exploitée de manière continue, est cultivée pour son latex dont la composition permet un traitement plus facile du caoutchouc, avec un rendement nettement supérieur à toutes les autres espèces végétales à latex connues (Compagnon, 1986). Il a été introduit en Côte d'Ivoire vers 1950, dans le cadre de la diversification des revenus des agriculteurs (Canh, 1999).

La production mondiale de caoutchouc estimée à plus de 13 millions de tonnes en 2020. Cette production est actuellement assurée par le continent asiatique qui détient plus de 93 % de la production totale, avec la Thaïlande au premier rang (Chantuma et Thasanasakul, 2018). Le reste de la production est assuré par l'Afrique pour 5 % et l'Amérique Latine pour 2 %. La Côte d'Ivoire en a produit 950 000 tonnes en 2020, soit 80 % du caoutchouc du continent et occupe, dorénavant, le 4^e rang mondial et le 1^e rang africain depuis 1997, avec l'un des meilleurs rendements au monde, soit 1650 kg.ha⁻¹.an⁻¹ (Kéli *et al.*, 1997).

L'hévéaculture, occupant une place importante au sein du secteur agricole ivoirien « moteur du développement économique » du pays, représente pour les planteurs des gains substantiels et réguliers (mensuels)

sur une longue période de vie de la plantation. C'est aussi, un précieux moyen de lutte contre la pauvreté en milieu rural par la création d'emplois : pépiniériste, greffeur, gestionnaire de jardin à bois de greffe, saigneur, régisseur et agent technique de plantation etc. (Toguila *et al.*, 2016). Aujourd'hui, l'hévéaculture revêt un intérêt économique considérable qui suscite un engouement sans cesse croissant chez de nombreuses populations en Côte d'Ivoire. A cet effet, nous assistons, à une extension remarquable de l'hévéaculture vers de nouvelles aires agroécologiques (centre, centre-est, nord-ouest de la Côte d'Ivoire) de moins en moins favorables à l'hévéa, qualifiées de zones marginales. L'expansion de cette aire hévéicole part nécessairement, de la pépinière qui, occupant une position charnière dans le cycle de production de matériel de plantation, est à l'origine de tout projet de création de plantation d'hévéa. Aussi, les pépinières d'hévéa restent-ils le seul moyen efficace d'obtenir du matériel de plantation de qualité, à même de garantir une exploitation rentable et durable. Les pépiniéristes d'hévéa sont confrontés à la raréfaction du terreau utilisé comme substrat de culture pour la production des plants d'hévéa de pépinière en sac (Essehi *et al.*, 2021). Dans certaines régions, il faut parcourir de longues distances pour trouver cette qualité de terre qui a pratiquement disparue du fait du raccourcissement de la durée des jachères. Ce qui amène les pépiniéristes à avoir de plus en plus recours à des produits fertilisants chimiques pour accélérer la croissance végétative des plants.

Or, l'utilisation intensive des engrais chimiques augmente certes, le rendement immédiat, mais déstructure et dégrade, progressivement, le sol (Cattan *et al.*, 2001) et l'environnement (Sohounou *et al.*, 2016). L'emploi excessif et non contrôlé de ces engrais de synthèse est souvent à l'origine du déséquilibre physico-chimique et microbiologique des sols, et parfois une sensibilité accrue des plantes aux maladies (Mouria *et al.*, 2010). Au regard des inconvénients des engrais chimiques de synthèse, il s'avère nécessaire de proposer une alternative, notamment en pépinière d'hévéa.

Le compostage, une technique de conversion biologique de matières organiques sous conditions contrôlées en un produit stable, hygiénique, riche en humus (Mustin, 1987), est une excellente solution alternative à l'emploi des engrais chimiques de synthèse. En effet, il est respectueux de l'environnement, viable à la fois techniquement et économiquement. Le compost joue un rôle très important dans l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques des sols. Cette amélioration pourrait se manifester par la réduction des risques pour la santé des plantes, ainsi que celles des dépenses des agriculteurs pour l'achat d'engrais minéraux (Misra *et al.*, 2005). En plus de l'atteinte d'une meilleure croissance, d'un bon développement pouvant garantir un bon rendement qualitatif et quantitatif

des plants d'hévéa en pépinière, tout compost produit devrait être économiquement rentable avant sa recommandation aux pépiniéristes.

Cette étude vise à déterminer la ou les dose(s) optimale(s) de compost qui rentabilise(ent) la production de plants d'hévéa de pépinière en sac.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'étude a été conduite dans deux zones agroécologiques de la Côte d'Ivoire : l'une, sur la Station de Recherche du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bimbresso, dans le sud-est (N 05° 18' 45,2" et W 004° 9' 18,9") et l'autre en milieu paysan, à Kimoukro au centre de la Côte d'Ivoire (N 06° 33' 0" et W 005° 15' 0"). Les climats, du sud-est de type subtropical humide et du centre de type équatorial de transition, sont caractérisés par quatre saisons nettement différenciées par leur régime pluviométrique bimodal (Brou, 2005). Les pluviométries moyennes annuelles sont estimées à 1 800 mm au sud-est et à 1200 mm au centre de la Côte d'Ivoire (Brou, 2005 ; Bakayoko *et al.*, 2012).

Le sol à Bimbresso, de type Ferralsol selon la WRB (Base de référence mondiale pour les ressources en sol, 2014) sur sables tertiaires, est profond et caractérisé par une texture sablo-argileuse dans les horizons de surface (Essehi, 2019). Sur le site de Kimoukro, le profil de sol ouvert appartient à la classe des Cambisols. Ces sols ont une structure générale grumeleuse à massive dans les horizons de surface et fragmentaire polyédrique en profondeur (Essehi, 2019). Le choix de ces deux sites tient compte de la forte représentativité de l'hévéaculture dans la zone du sud (aire traditionnelle de la culture de l'hévéa) et de l'orientation de cette culture vers le centre (Omont, 1982).

Matériel végétal et fertilisant

Le matériel végétal utilisé est constitué de plantules issues de graines d'hévéa du clone GT 1. Ce clone a été sélectionné en Indonésie dans la région de Gondang Tapen d'où il tire son nom et est considéré comme le clone de référence en Côte d'Ivoire (Anonyme, 1993). Sur le plan physiologique, le clone GT 1 est un clone primaire et est naturellement caractérisé par un excellent taux de réussite au greffage.

Le compost utilisé a été issu de couches de matières organiques mises en décomposition dans une fosse (4 m de long ; 2 m de largeur et 1,25 m de profondeur). Chaque couche a été composée de 10 kg de paille sèche de *Panicum*, 60 kg de fiente de poules pondeuses, 6 kg de cendre de bois de chauffe et de 1 kg d'urée à 46 % d'azote. Afin d'assurer une bonne aération et de permettre une fermentation aérobie, le contenu de la fosse a été

retourné et arrosé une fois par mois jusqu'à maturité du compost, 18 mois après sa mise en place.

La fertilisation minérale des plantules d'hévéa a été réalisée avec de l'urée [CO (NH₂)₂] titrant 46 % d'azote.

Dispositif expérimental et suivie de l'essai

L'essai a été mis en place selon un dispositif en bloc complet randomisé (BCR). La fertilisation organo-minérale a été le seul facteur étudié avec 6 milieux ou substrats de culture (Tableau 1). Chaque substrat ou traitement, répété 3 fois, est constitué de 40 plants. Le nombre de plants utiles pour l'expérimentation a été de 720 sur un total de 1152 plants.

Par ailleurs, deux parcelles expérimentales d'une superficie de 300 m² (20 m × 15 m) chacune, ont été défrichées manuellement et débarrassées des débris végétaux. Huit (8) tranchées séparées d'un mètre les unes des autres ont été ouvertes (largeur : 0,2 m ; longueur : 4 m, profondeur : 0,2 m) pour accueillir les sachets de pépinière. Ces sachets, de dimension 40 cm de longueur et 10 cm de largeur, remplis de la terre sortie des tranchées, ont été enterrés au 2/3 de la hauteur et disposés en tétrades discontinues. Chaque tranchée contenant 56 sachets a constitué une micro-parcelle. Des plantules âgées de 30 jours obtenus après semis de graines du clone GT 1 dans un germe ont été utilisées pour le repiquage.

Les applications de compost ont été effectuées en une seule fois, au remplissage des sachets (Tableau 1). Trois applications d'urée (46 % N) ont été effectuées (Tableau 1). La première a été appliquée comme fumure de fond. La deuxième, à partir du deuxième étage foliaire mûr et la dernière application, un mois après le deuxième passage. L'urée a été dissoute dans l'eau (50 ml d'eau par plant) avant d'être apportée aux plants.

Les besoins en eau des jeunes plants d'hévéa en pépinière sont estimés à 120 mm d'eau par mois, en l'absence de pluies (Compagnon, 1986). En complément de la pluie, un arrosage des plants a été effectué manuellement à l'aide d'un arrosoir de capacité de 15 l. Les plants ont été arrosés trois fois par semaines à raison de 15 l d'eau pour 100 plants, à chaque passage, aux heures les moins chaudes de la journée (en début de matinée ou enfin d'après-midi). Le désherbage des pépinières a été fait manuellement, à chaque repousse de mauvaises herbes.

Tableau 1. Doses d'engrais minéral et de compost constituant les différents traitements

Milieu de culture	Engrais minéral (kg.ha ⁻¹)			Compost (t.ha ⁻¹)
	Fumure de fond	2 ^e étage foliaire mûr	3 ^e étage foliaire mûr	
S0	0	0	0	0
S1	360 (4 g/plant)	630 (7 g/plant)	990 (11 g/plant)	0
S2	0	0	0	27 (300 g/plant)
S3	0	0	0	54 (600 g/plant)
S4	180 (2 g/plant)	315 (3,5 g/plant)	495 (5,5 g/plant)	27 (300 g/plant)
S5	90 (1 g/plant)	157,5 (1,75 g/plant)	247,5 (2,75 g/plant)	54 (600 g/plant)

S0 : Témoin sans engrais ; **S1** : apport fractionné d'urée ; **S2, S3, S4 et S5** : Milieux ou substrats à base de compost avec ou sans apport fractionné d'urée

Collecte des données

Afin d'évaluer la performance des milieux de culture (substrats + fertilisants) utilisés, des mesures des paramètres de croissance ont été mesurées mensuellement durant le cycle de la pépinière, du premier au sixième mois après repiquage. Ces mesures ont porté sur la hauteur et le diamètre au collet des plants. La hauteur totale H (mm) du plant a été mesurée du collet jusqu'à l'extrémité apicale de la plante, à l'aide d'une règle graduée. Le diamètre au collet de la tige DC (mm) du plant, a été déterminé à 5 cm du sol à l'aide d'un pied à coulisse de type Stainless Hardened.

L'appréciation de l'impact des substrats de culture sur le développement racinaire des plants a été faite par des observations de la densité de la rhizosphère (profil racinaire). Elle a été basée sur les mesures de la longueur du pivot dominant (LP) et de la biomasse sèche racinaire (BSR) effectuées six (6) mois après le repiquage des plants à partir d'échantillons destructifs de neuf (9) plants pris au hasard dans chaque parcelle élémentaire (Figure 1). Pour chaque substrat de culture, la biomasse sèche racinaire (BSR) des plants a été obtenue par la détermination du poids sec du système racinaire (pivot + racines) des plants après séchage à 70 °C à l'étuve, pendant 48 H (Figure 1).

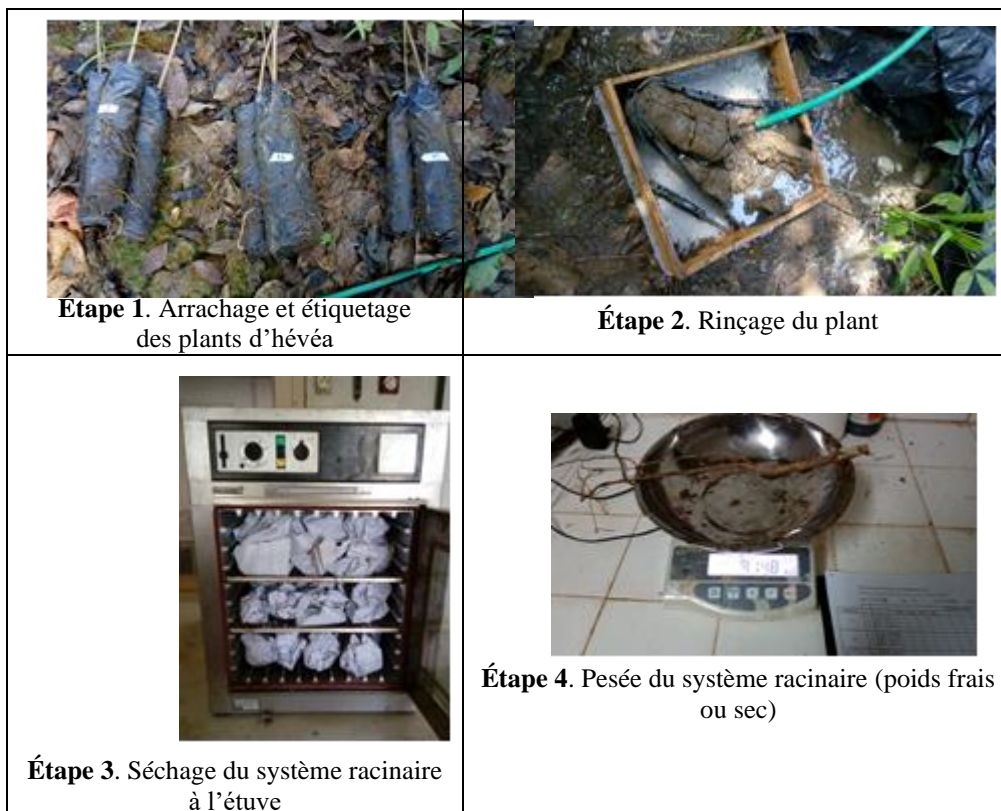


Figure 1. Observation et mesure de la densité racinaire de quelques plants d'hévéa

Pour évaluer la performance des substrats de culture confectionnés sur la qualité des plants d'hévéa obtenus, un greffage « en vert » a été réalisé avec des plants très jeunes, âgés de 4 à 6 mois. La greffe a été considérée définitivement réussie, lorsque 42 jours après le greffage, le greffon était toujours vivant (Compagnon, 1986). Les mesures de diamètre au collet (DC), effectuées deux mois (60 jours) après le greffage, ont également permis de déterminer le taux de plants transférables au champ (TxPT). Ce taux représente le pourcentage de plants réussis au greffage ayant un diamètre supérieur à 20 mm (voir formule 1).

$$\text{TxPT}(\%) = \frac{\text{NbPt}(20)}{\text{NbPtT}} \times 100$$

(1)

TxPT (%) : Taux de plants Transférables au champ après greffage ;
NbPt(20) : Nombre de Plants réussis au greffage ayant un diamètre supérieur ou égal à 20 mm ;
NbPtT : Nombre Total de Plants réussis au greffage.

L'analyse de rentabilité a été basée sur le calcul du rapport valeur/coût (R_i) (FAO, 2000). Le rapport R_i est obtenu par le quotient de la variation de la recette (VR_i) sur le Coût Total de la fertilisation (CTF_i). Ce rapport permet d'identifier le ou les meilleur(s) substrat(s) de culture facilement adoptable(s) par les pépiniéristes hévéaculteurs. La Marge Bénéficiaire (MB_i) est la différence entre la Variation de Recette (VR_i) et le Coût Total de Fertilisation (CTF_i). Le CTF prend en compte les Charges Fixes (CF), amortissement du matériel, et les Charges Variables (CV), main d'œuvre et intrants, de la production du compost à base de fiente de poulet. Les coûts totaux de la fertilisation des plants en pépinière en sac ont été estimés sur la base d'apports de 300 g/plant et 600 g/plant avec ou sans apport fractionné d'urée respectivement pour les milieux de culture (S2, S3, S4 et S5).

L'étude a considéré un coût de 15 000 F CFA/kg pour l'achat du kilogramme de l'urée et 2 000 F CFA/Homme-Jour pour la main d'œuvre agricole. L'analyse économique a été faite sous l'hypothèse *Ceteris Paribus*, supposant que toutes choses sont égales par ailleurs pour les éléments de coûts (achat de sachets pépinières, remplissage des sachets, arrosage des plants, greffage, etc.) communs aux substrats ou traitements. Les paramètres économiques (Re_i , B_i et R_i) sont obtenus à partir des formules 2, 3 et 4 suivantes :

$$Re_i = T_xPT \times 90\,000 \times PVPt \quad (2)$$

$$MB_i = VR_i - CTF_i \quad (3)$$

$$R_i = [VR_i / CTF_i] \quad (4)$$

Avec :

R_i = Rapport valeur/coût

Re_i = Recettes (en F CFA/ha/an)

CTF_i = Coût Total Fertilisation (en F CFA/ha/an)

MB_i = Marge Bénéficiaire (en F CFA/ha/an)

T_xPT = Taux de Plants Transférables au champ après greffage (en %)

$PVPt$ = Prix Vente Plant transférable au champ (250 F CFA/plant, Prix non subventionné)

i = milieu de culture (S0; S1; S2; S3; S4 et S5).

Analyse des données

Les données ont été collectées, d'une part, sur la croissance végétative et production des plants d'hévéa et, d'autre part, sur le calcul économique du rendement de l'utilisation des fertilisants. Ces données ont été saisies et traitées à l'aide du tableur Excel. Des analyses de variance

(ANOVA) à un facteur ont été utilisées pour évaluer les effets des substrats de culture sur les paramètres de croissance végétative. Les valeurs moyennes ont été classées selon la méthode de la plus petite différence significative (*ppds* ou *Lsd*) de Fisher. Les probabilités ont été évaluées au seuil de $\alpha = 5$ p.c. et Le logiciel Statistica version 7.1 a servi pour toutes ces analyses et le logiciel R version 4.1.2 pour les représentations graphiques.

Résultats

Détermination des caractéristiques physico-chimiques du compost mûr

Après analyse chimique réalisée au Laboratoire, les caractéristiques physico-chimiques du compost mûr sont mentionnées dans le tableau 2. L'analyse du tableau 2 montre que les caractéristiques physico-chimiques du compost qui a servi à fertiliser les plants ont été distinguées par une fraction granulométrique ($\emptyset \leq 10$ mm) de 95,54 avec un pH eau neutre (7,2). Ce compost a été plus riche en carbone total (7,72 %) comparativement au potassium qui a affiché la plus faible teneur en élément minéral (0,39 %).

Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques du compost à la maturité

Caractéristiques physico-chimiques			Caractéristiques chimiques (% ms)						
pH eau	% H	$\emptyset \leq 10$ mm	C _{tot}	N _{tot}	C/N	P _{tot}	K	Ca	Mg
7,2	30,16	95,54	7,72	0,64	12,06	0,68	0,39	1,99	0,87

% H : Humidité relative ; \emptyset : Fraction granulométrique ; % ms : pourcentage de matière sèche

Effets de substrats de culture sur l'évolution des paramètres de croissance végétative aérienne des plants d'hévéa en pépinière en sac en fonction des zones agro-écologiques de Côte d'Ivoire

L'analyse de l'évolution des paramètres de croissance végétative aérienne (Hauteur et Diamètre au Collet) des plants d'hévéa en pépinière au sud-est est présentée par la Figure 2. L'analyse des résultats sur les six (6) mois de croissance indique que sur les deux (2) premiers mois, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'existe entre les substrats de culture pour tous les deux paramètres mesurés (hauteur et du diamètre au collet). Les valeurs moyennes à ces stades d'observations ont varié de 256,39 à 481,22 mm, pour la hauteur des plants et de 3,73 à 5,33 mm pour le diamètre au collet. A partir du troisième mois, des différences hautement significatives ($p < 0,01$) ont été enregistrées entre les substrats de culture, pour les deux paramètres de croissance évalués. D'une manière générale, les substrats à base de compost S2 (dose de 300 g/plant), S3 (dose de 600 g/plant) et S4 (dose de 300 g/plant combiné à un apport fractionné d'urée de 2 ; 3,5 et 5,5

g/plant) ont été plus performants par rapport le substrat témoin S0 (terreau seul, sans apport de compost ou d'urée), avec des différences statistiquement significatives pour les paramètres de croissance végétative étudiés sur toute la durée de l'expérimentation. Les valeurs moyennes de la croissance en hauteur à la fin de l'expérimentation, ont été de 1344,35 mm, 1281,10 mm et 1248,03 mm, respectivement, pour les substrats S2, S3 et S4 contre 1126,81 pour le substrat témoin S0 (terreau seul). Par ailleurs, ces mêmes tendances ont été observées au niveau du diamètre au collet des plants. Les plus fortes valeurs moyennes, observées, ont été de 13,84 mm, 13,41 mm, et 13,00 mm, respectivement pour les substrats S2, S3 et S4, contre 11,54 mm pour le substrat témoin S0.

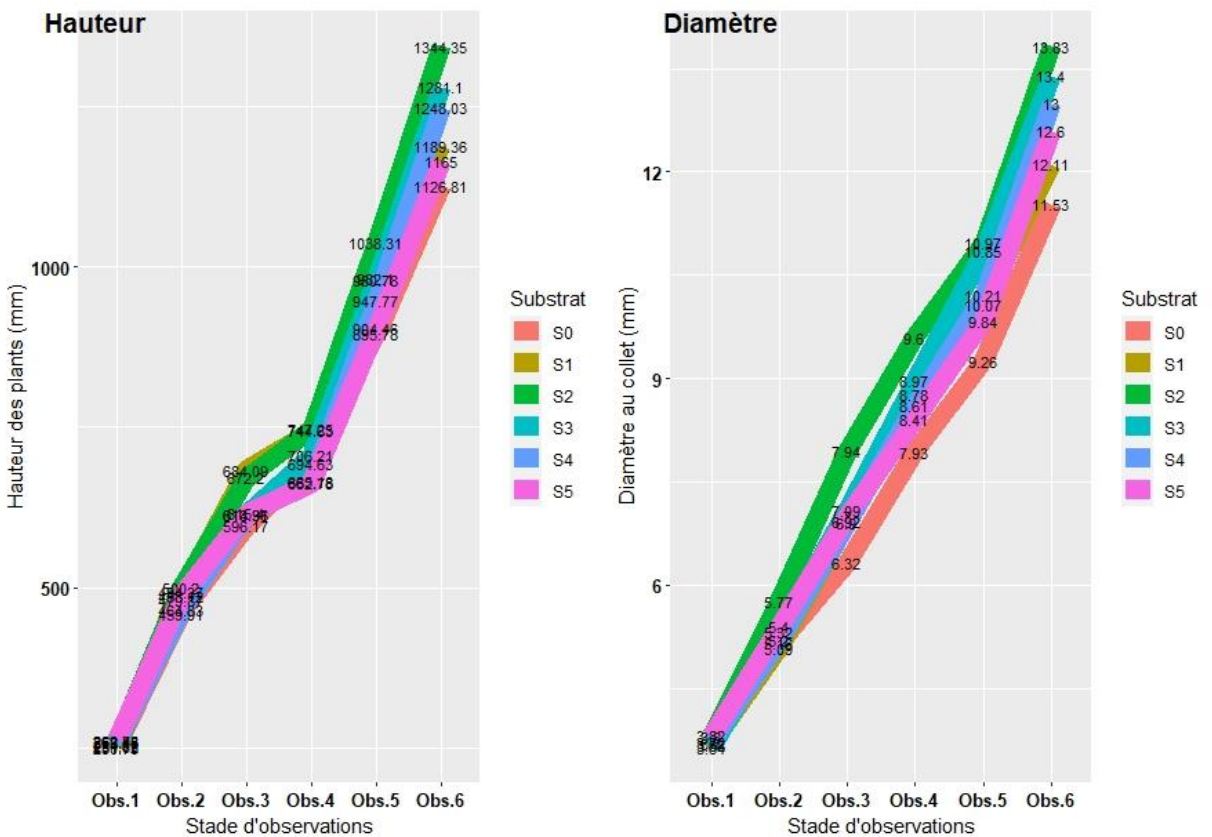


Figure 2 . Evolution de la hauteur et du diamètre au collet des plants d'hévéa à Bimbresso situé au sud-est de la Côte d'Ivoire

L'évolution des paramètres de croissance végétative (H et DC) des plants d'hévéa en pépinière sur le site de Kimoukro est présentée par la figure 3. L'analyse des quatre (4) premiers mois de croissance montre que l'évolution de la hauteur et du diamètre au collet des plants d'hévéas a été

statistiquement identique pour tous les traitements. Des différences significatives ($p < 0,05$) entre les substrats de culture ont été observées du 5^e au 6^e mois pour les paramètres mesurés. Ce sont les milieux ou substrats S4 (300 g/plant de compost combiné aux apports fractionnés de 2, 3,5 et 5,5 g d'urée) et le substrat S2 (apport fractionné de 4, 7 et 11 g d'urée seul) qui ont amélioré significativement la croissance végétative des plants d'hévéas en pépinière. Les valeurs moyennes de la croissance en hauteur à la fin de l'expérimentation, ont été de 1046,32 mm et de 1042,02 mm, respectivement, pour les substrats S4 et S1, contre 926,60 mm et 835,71 mm respectivement pour le substrat S0 (terreau seul sans apport d'engrais) et le substrat S5 (600 g/plant de compost combiné à un apport fractionné 1, 1,75 et 2,75 g d'urée). Au niveau du diamètre au collet, les plus fortes valeurs moyennes ont été obtenues avec les substrats S4 (10,59 mm) et S2 (10,13 mm).

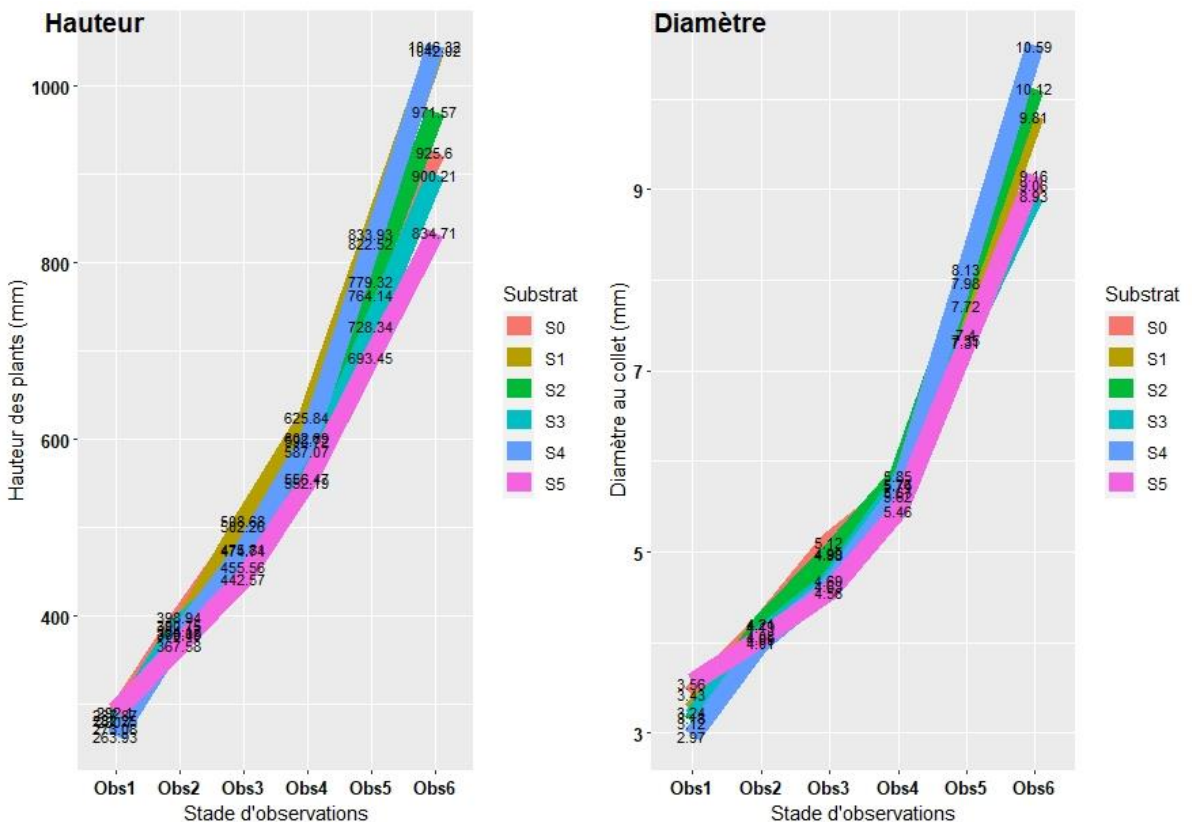


Figure 3. Evolution de la hauteur et du diamètre au collet des plants d'hévéa à Kimoukro situé au centre de la Côte d'Ivoire

Effet des substrats de culture sur les paramètres de croissance végétative souterraine

L'effet du substrat de culture sur la densité de la rhizosphère six mois après le repiquage des plants à Bimbresso et à Kimoukro est présenté par la figure 4. L'analyse de la longueur moyenne du pivot montre que la croissance du pivot des plants a été statistiquement identique pour tous les substrats de culture et ce quel que soit le site d'étude. Par contre, pour la production de la matière sèche racinaire, des différences significatives ($p < 0,05$) ont été observées entre les substrats de culture. Les substrats avec du compost, notamment, S2 à Bimbresso et S4 à Kimoukro, ont significativement amélioré la production de la biomasse racinaire avec des valeurs respectives de 14,83 et 8,17 g.ms⁻¹. Les plus faibles productions de matières sèches racinaires (9,05 g.ms⁻¹ à Bimbresso et 3,26 g.ms⁻¹ à Kimoukro) ont été obtenues avec le substrat S5.

Taux de plants transférables au champ 60 jours après le greffage

Les substrats de culture à base du compost ont eu des effets remarquables sur le taux de plants transférables (TxPT) au champ ($\varnothing \geq 20$ mm) 60 jours après greffage (Figure 5). Les taux moyens de plants transférables au champ les plus élevés ont été obtenus avec les substrats de S2 (60,00 % à Bimbresso) et S4 (41,11 % à Kimoukro) comparativement aux taux du substrat témoin S0, qui ont été de l'ordre de 18,33 % et 16,67 %, respectivement à Bimbresso et Kimoukro. Par ailleurs, les taux moyens de plants transférables au champ pour tous les substrats à base de compost confondus (54,37 % à Bimbresso et 24,72 % à Kimoukro), ont été significativement supérieurs aux taux moyen des substrats témoin S0 (17,50 %) et apport fractionné d'urée S1 (21,80 %) sur les sites de Bimbresso et Kimoukro.

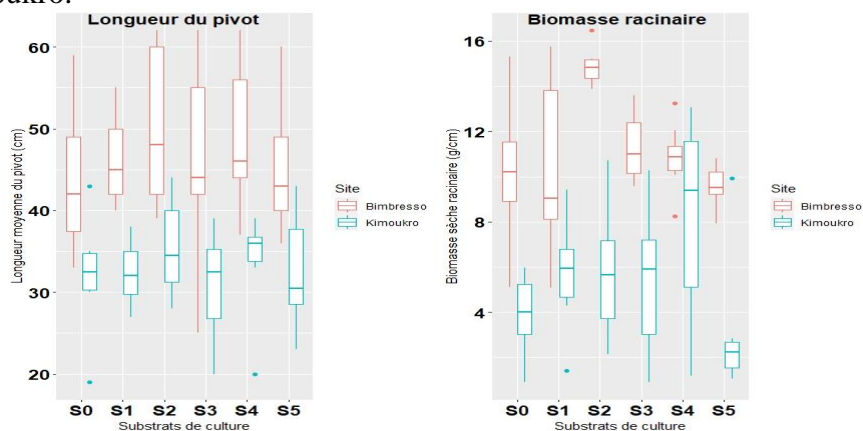


Figure 4. Longueur du pivot et biomasse racinaire sèche en fonction des substrats de culture six mois après le repiquage

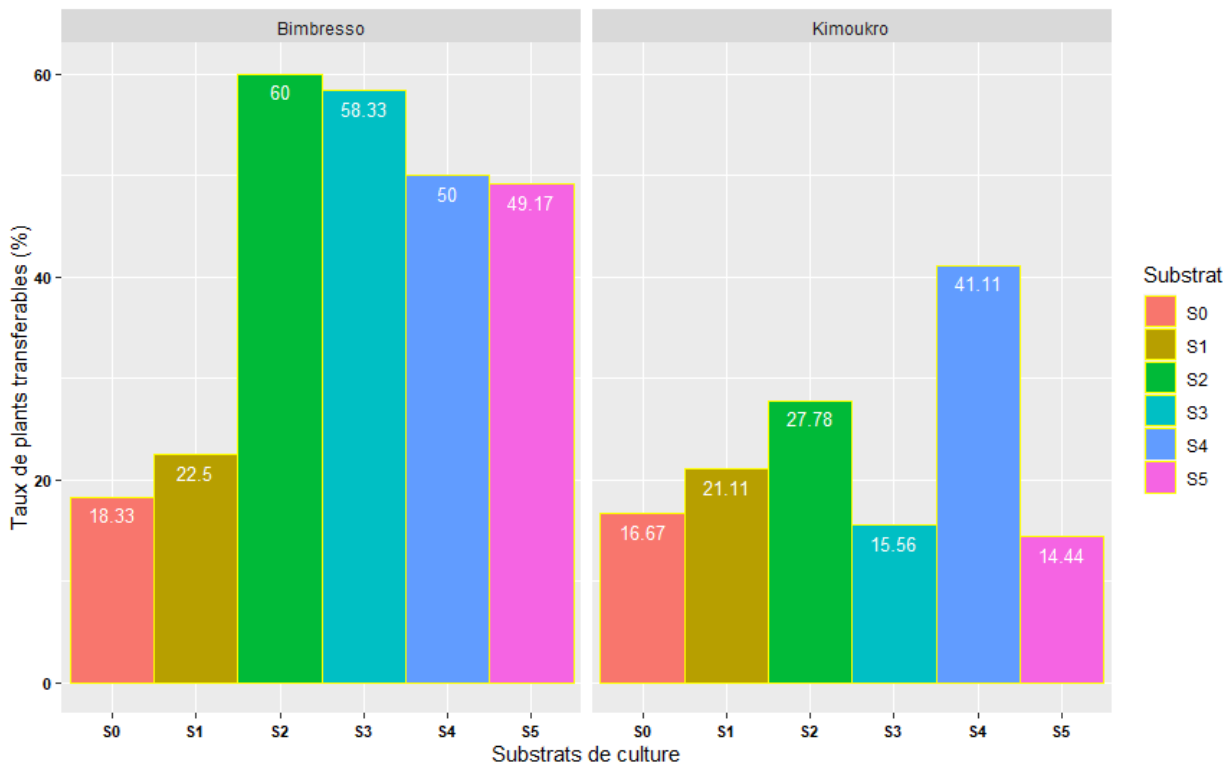


Figure 5. Taux de plants transférables au champ à 60 jours après greffage à Bimbresso et à Kimoukro

Rentabilité économique de la production de plants d'hévéa en pépinière en sac en fonction des zones agro-écologiques de Côte d'Ivoire

Le tableau 3 présente le nombre de plants transférables au champ par hectare (NPT/ha), les coûts totaux de fertilisation (CTE_i), les recettes (Re_i) et marges bénéficiaires (MB_i) tirés de la vente des plants dix (10) mois après la mise en place de la pépinière. Sur le site de Bimbresso, le nombre de plants transférables au champ a varié de 44 250 à 54 000 plants/ha pour les substrats à base de compost (S2, S3, S4 et S5) comparativement aux substrats S0 (16 500 plants/ha) et S1 (20 250 plants/ha). Sur le site de Kimoukro, le nombre de plants transférables le plus élevé a été obtenu avec le substrat S4 (37 000 plants/ha). Les recettes (Re_i) liées à la vente des plants d'hévéa ont varié de 4 125 000 à 13 500 000 F CFA/ha/an à Bimbresso et de 3 250 000 à 9 250 000 F CFA/ha/an à Kimoukro. Les variations de la recette (VR_i) enregistrées vont de 937 500 à 9 375 000 F CFA/ha/an à Bimbresso et de - 250 000 à 5 500 000 F CFA/ha/an. Les rapports valeur/coût (R_i) ont été supérieurs à deux (2) pour tous les milieux de culture avec ou sans compost/urée à Bimbresso [4,85 (S2), 2,26 (S3), 2,98 (S4)] et seulement

pour le milieu S4 (Urée ½ dose normale + 300 g/plant de compost) à Kimoukro [2,30 (S4)]. L'analyse du rapport R_i révèle que l'utilisation du compost est plus rentable avec les milieux de culture S3 (300 g/plant de compost) pour un gain annuel de 9 375 000 FCFA/ha en station de Recherche (Bimbresso, sud-est de la Côte d'Ivoire) et S5 (urée ½ dose normale + 300 g/plant de compost pour 5.500.000 FCFA/ha en milieu paysan (Kimoukro, centre de la Côte d'Ivoire).

Tableau 3. Récapitulatif des coûts de production des recettes et des bénéfices après apport des différents traitements

Sites d'étude	Traitements ou milieux	NP T/ha	R_{ei} (F CFA/ha /an)	VR_i	CTF_i (F CFA/ha /an)	MB_i (F CFA/ha/ an)	R_i
Bimbresso (Sud-est)	S0 (témoin, sans engrais)	16 500	4 125 000	0	0	0	0
	S1 (urée, dose recommandée)	20 250	5 062 500	937 500	665 000	272 500	1,40
	S2 (300 g/plant de compost)	54 000	13 500 000	9 375 000	2 016 500	7 358 500	4,65
	S3 (600 g/plant de compost)	52 500	13 125 000	9 000 000	3 987 500	5 012 500	2,26
	S4 (urée 1/2 dose recommandée + 300 g/plant de compost)	45 000	11 250 000	7 125 000	2 391 500	4 733 500	2,98
	S5 (urée 1/4 dose recommandée + 600 g/plant de compost)	44 250	11 062 500	6 937 500	4 202 500	2 735 000	1,65
Kimoukro (Centre)	S0 (témoin, sans engrais)	15 000	3 750 000	0	0	0	0
	S1 (urée, dose recommandée)	19 000	4 750 000	1 000 000	665 000	335 000	1,50
	S2 (300 g/plant de compost)	25 000	6 250 000	2 500 000	2 016 500	483 500	1,24
	S3 (600 g/plant de compost)	14 000	3 500 000	- 250 000	3 987 500	- 4 237 500	-0,06
	S4 (urée 1/2 dose recommandée + 300 g/plant de compost)	37 000	9 250 000	5 500 000	2 391 500	3 108 500	2,30
	S5 (urée 1/4 dose recommandée + 600 g/plant de compost)	13 000	3 250 000	- 500 000	4 202 500	- 4 702 500	-0,12

NPT/ha = Nombre de plants transférables pour 90 000 plants installés par substrat de culture ; R_{ei} = Recettes (en F CFA/ha/an), CTF_i = Coûts totaux de la fertilisation, MB_i = Marge Bénéficiaire (en F CFA/ha/an) ; R_i = Rapport Valeur/coût (R_i = $[VR_i/ CTF_i]$)

Ces doses de compost appliquées au terreau permettent de compenser les couts directs liés à l'utilisation du compost (coût de la main d'œuvre et achat de matériels techniques et fertilisants pour la production de compost). L'emploi de fortes doses de compost (600 g/plant) à Kimoukro au centre de

la Côte d'Ivoire a par contre occasionné une perte respective de 250 000 et de 500 000 F CFA/ha/an.

Discussion

Effets des zones agro-écologiques sur la croissance des plants d'hévéa en pépinière en sac

Les résultats obtenus dans cette étude témoignent que les substrats à base de compost se sont montrés plus performants que le substrat témoin (S0, non fertilisé). Cette performance pourrait être liée d'une part, à la maturité du compost obtenu et d'autre part, à sa richesse en éléments fertilisants. Les éléments nutritifs issus de la minéralisation de la fiente de poulet (Biekré *et al.*, 2018) et de la paille sèche de *Panicum maximum* ont pu enrichir le sol et contribuer favorablement au développement des plants d'hévéa. Ceci confirme les observations faites par Amadji *et al.* (2009) après utilisation du compost enrichi avec la fiente de poulet pour la production de choux sur sol sableux. L'impact positif de la fertilisation organique sur les caractéristiques du sol et les paramètres de croissance végétative avait aussi été montré par Essehi *et al.* (2016) sur de l'hévéa en phase d'installation au sud de la Côte d'Ivoire. Ces résultats obtenus indiquent que les éléments nutritifs majeurs, en l'occurrence l'azote, le phosphore et le potassium, seraient plus disponibles dans les substrats de culture à base de compost que dans les autres substrats (S0 et S1). Les observations faites de l'appréciation de l'impact du compost sur la densité de la rhizosphère, six mois après le repiquage des plants, ainsi que les meilleurs taux de plants transférables au champ (TxPT) obtenus avec les substrats de culture à base de compost pourraient constituer un bon indicateur de performance de l'utilisation du compost pour la confection des substrats de culture. Cependant, contre toute attente et quel que soit le site, des retards de croissance des plants ont été observés au niveau des substrats à forte dose de compost (S3 et S5). Ces retards observés pourraient être la conséquence de l'action alcalinisante du compost sur le sol, qui réduit considérablement l'acidité du sol, rendant moins efficace les fertilisants. Le milieu devenant de davantage alcalin inhiberait probablement la pleine expression des racines des hévéas pour l'absorption des éléments nutritifs nécessaires à sa croissance. Ce phénomène a été bien mis en évidence dans des expériences de cultures en pots où la chlorose et le défaut de croissance se manifestèrent dès à des pH supérieurs à 6,5 (Rhines *et al.*, 1952). Par ailleurs, Ferrand (1944) faisant cette même observation, a décliné les méthodes utilisant la pratique du brûlage dans la mise en valeur des sols forestiers destinés à la pépinière d'hévéa. Selon cet auteur, le tas de cendre laissé après brûlage des souches de bois, alcalinise localement la terre et fait des taches sur lesquelles les jeunes hévéas ne poussent pas. En outre, Compagnon (1986) indique que la

disponibilité en eau pour les racines des plants d'hévéa en sac serait aussi un facteur limitant de sa croissance. En effet, selon Sizaret (1991) le mode de repiquage (en sac) a l'inconvénient d'un mauvais développement des plants d'hévéa. Ces derniers sont plus susceptibles au stress hydrique que les plants repiqués en pleine terre. Le volume de terre exploité par le système racinaire des jeunes hévéas en sac étant réduit, la baisse de l'humidité du sol crée un déficit hydrique dans la plante qui augmente la succion des feuilles, mais surtout fait fermer les stomates (Heller, 1984). Ce phénomène provoqué par la fermeture des stomates, inhibe la photosynthèse. Or, c'est au cours de la photosynthèse que la plante élabore des substances, notamment, les sucres pour sa croissance. Ce qui explique bien la faible croissance des plants observée durant les périodes sèches allant de décembre à février (2^e au 5^e mois de croissance) à Bimbresso (Sud-est) et de décembre à mars (3^e au 6^e mois de croissance) à Kimoukro (Centre). Ce résultat suggère que la quantité et la fréquence d'apport d'eau (15 l d'eau pour 100 plants, trois fois au cours de la semaine), en complément de la pluviométrie, ont été insuffisantes en période sèche.

Rentabilité de l'utilisation du compost à base de fiente de poulet dans la production de plants d'hévéa de pépinière en sac

Les résultats obtenus montrent que seules les doses de 300 g de compost par plant, combinées ou non aux applications fractionnées de l'urée (S2 et S4), ont été plus rentables et permettent de couvrir les dépenses liées à la production et à l'utilisation du compost en pépinière d'hévéa en sac. Au regard de ces résultats, l'apport des fortes doses de fertilisants de 600 g de compost par plant réduit sensiblement la rentabilité. Ceci confirme les conclusions des études de Mbonigaba (2007), M'zée (2008), Kitabala *et al.* (2016) sur les cultures de tomate, du blé, du chou, et celles de Kimuni *et al.* (2014) sur la culture du maïs qui préconisent l'utilisation de petites quantités de compost pour la fertilisation. De façon globale, la fertilisation à dose de 300 g de compost/plant est rentable aussi bien en zone traditionnelle de culture de l'hévéa (Sud-est) qu'en zone marginale (Centre de la Côte d'Ivoire). Au centre, la combinaison de la dose de 300 g de compost devra être accompagnée de la ½ dose d'urée (2 ; 3,5 et 5,5 g/plant) pour améliorer la rentabilité de la fertilisation organique en pépinière d'hévéa. L'élaboration des milieux de culture à base de compost avec les doses de 300 g/plant (S2) à Bimbresso et de 300 g/plant combinées aux applications fractionnées (2 ; 3,5 et 5,5 g/plant) de l'urée (S4) à Kimoukro, qui ont permis d'avoir un retour sur investissement très considérable, sont recommandables pour une production durable de plants d'hévéa de pépinière en sac. Toutefois, Baum et Heady (1957) rapportent que les doses économiquement optimales, pour lesquelles l'utilisation des fertilisants organiques est rentable, dépendent à la

fois de la disponibilité des ressources ou matières premières et des fluctuations des coûts des différentes spéculations sur le marché.

Conclusion

Les résultats obtenus dans cette étude ont montré que l'utilisation des substrats de culture à base de compost favorise une nette amélioration de la croissance végétative des plants d'hévéa de pépinière en sac. Il ressort également des résultats que la fertilisation, quelle que soit sa forme, est indispensable à la production rentable de plants d'hévéa de pépinière en sac. La production des plants d'hévéa a été optimale et économiquement rentable avec des doses de compost de 300 g/plant au sud-est et de 300 g/plant combiné à l'application fractionnée d'urée, au Centre de la Côte d'Ivoire. Les fortes doses de compost (600 g/plant) ont eu un effet dépressif sur la croissance végétative des plants d'hévéa de pépinière en sac, quel que soit le site d'étude. De ce fait, les faibles doses de composts de 300 g/plant combinées ou non à l'application fractionnée d'urée peuvent être, dans les conditions de la présente étude, recommandées pour la production de plants d'hévéa de pépinière en sac. Cependant, nos résultats ont également montré que la disponibilité en eau pour les plants d'hévéa dans les pépinières en sac était un facteur limitant, en particulier à Kimoukro (Centre), une zone caractérisée comme marginale pour l'hévéaculture. Ainsi, une expérimentation factorielle, qui permettrait de définir la meilleure combinaison de fertilisation et d'irrigation, selon le site ou la localité, serait concevable.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricole (FIRCA) et l'Association des Professionnels et Manufacturiers de Caoutchouc (APROMAC) de Côte d'Ivoire pour le soutien financier à cette étude.

Conflits d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt concernant la publication de cet article.

References:

1. Amadji GL, Saïdou A & Chitou L. (2009). Recycling of residues in compost to improve coastal sandy soil properties and cabbage shoot yield in Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(2), pp. 192 – 202.
2. Anonyme (1993). Recueil de fiches clones Hévéa. CIRAD-CP, 12 Square Pétrarque-75116 Paris, CSR, St Gely du Fesc. Juin 1993.

3. Bakayoko S, Kouadio KKH, Soro D, Tschannen A, Nindjin C, Dao D & Girardin O. (2012). Rendements en tubercules frais et teneurs en matière sèche de soixante-dix nouvelles variétés de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) cultivées dans le centre de la Côte d'Ivoire, Journal of Animal and Plant Sciences, 2012. Vol. 14, Issue 2, pp. 1961 – 1977.
4. Baum EL, & Heady EO. (1957). Overall economic considerations in fertilizer use. Economic and technical analysis of fertilizer innovations and resource use, pp. 187 – 206.
5. Biekré AHT, Tié BT & Dogbo DO. (2018). Caractéristiques physico-chimiques des composts à base de sous-produits de ferme de Songon en Côte d'Ivoire, International Journal of Biological and Chemical Sciences, 12(1), pp. 596 – 609.
6. Bouychou JG. (1963). Manuel du planteur d'hévéa: la biologie de l'hévéa. Société d'éditions techniques continentales, 50 p.
7. Brou TY. (2005). Climat, mutations socio-économiques et paysage en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques présentées en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches. Université des Sciences et Technologies de Lille, France, 226 p.
8. Canh TV. (1999). Recherche pour le secteur hévéicole en Côte d'Ivoire. Plantation, Recherche, Développement, 6 (2), pp. 102 – 105.
9. Cattan P, Letourmy P, Zagre B, Minougou A & Compaoré E. (2001). Rendement de l'arachide et du sorgho en rotation sous différents itinéraires techniques au Burkina Faso. Cahiers agricultures, 10 (3), 159-172.
10. Chantuma P., & Thasanasakul P., 2018. Good agricultural practices (GAP) standards for rubber plantation and harvesting fresh latex from the field, International Rubber Conference (IRC) and IRRDB, Annual Meeting, 22th – 24th october 2018, Abidjan, Côte d'Ivoire, 6 p.
11. Compagnon P. (1986). Le caoutchouc naturel. Maisonneuse & Larose, Eds. Paris, France, 595 p.
12. Essehi JL. (2019). Valorisation agronomique des déchets de ferme par compostage pour l'amélioration de la croissance végétative en pépinière en sac de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Euphorbiaceae) en Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat Unique, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR STRM) de Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody (Côte d'Ivoire), 185 p.
13. Essehi JL, Gala BTJ, Kassin KE, Soumahin EF, Okoma KM, Obouayeba S & Yao-Kouamé A. (2016). Impact de la fertilisation organique sur quelques caractéristiques du sol et les paramètres de

- croissance de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Müll Arg.) en phase d'installation à Bonoua dans le Sud de la Côte d'Ivoire, International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 27, N° 1, pp. 143 – 154.
14. Essehi JL, Soumahin EF, Yao GF, Obouayeba S & Yao-Kouamé A. (2021). Improving the Quality of Rubber Plants in Bagged Nurseries by the Use of Compost-Based Culture Substrates. Open Journal of Soil Science, 11, 567-585. [https://doi: 10.4236/ojss.2021.1111028](https://doi.org/10.4236/ojss.2021.1111028)
 15. FAO, (2000). Fertilizers and their use – A pocket guide for extension officers. Fourth edition. FAO, Rome, 34 p.
 16. Ferrand M. (1944). « Phytotechnie de *Hevea brasiliensis* » Bibliothèque agronomique belge. Librairie agricole de la maison rustique. Jules Duculot Editeur, Paris, 435 p.
 17. Heller R. (1984). Physiologie végétale, 1. Nutrition, 3^e Edition, MASSON, Paris, France, pp, 101 – 136.
 18. Kéli ZJ, Kpolo DM, Déa GB, Boa D. & Allet-Don A. (1997). L'hévéaculture en Côte d'Ivoire : Situation actuelle et perspectives. Plantations, Recherches, Développement 4 (1), pp. 5 – 11.
 19. Kimuni NL, Hugues TI, Musaya ME, Okese EA, Lukangila BAM, Lubobo KA, Mubemba MM, & Longanza BL. (2014). Influence de la fertilisation à base des déchets humains recyclés, des engrais minéraux et de leur combinaison sur le comportement de 3 variétés de maïs (*Zea mays* L.) Journal of Applied Biosciences 77, pp. 6500 – 6508.
 20. Kitabala MA, Tshala UJ, Kalenda MA, Tshijika IM, & Mufind KM. (2016). Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba (RD Congo). Journal of Applied Biosciences 102, pp. 9669 – 9679.
 21. M'Zee SP. (2008). Influence d'apports en matières organiques sur l'activité biologique et la disponibilité du phosphore dans deux sols de la région des lacs d'Afrique. Thèse de Doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 240 p.
 22. Mbonigaba MJJ. (2007). Étude de l'impact des composts à base de biomasse végétale sur la dynamique des indicateurs physico-chimiques, chimiques et microbiologiques de la fertilité des sols: application sur trios sols acides tropicaux du Rwanda. Thèse de doctorat, FUSAGx, Gembloux, Belgique, 243 p.
 23. Misra RV, Roy RN, & Hiraoka H. (2005). Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Document de travail sur les terres et les eaux, FAO, Rome, Italie, 48 p.

24. Mouria B, Ouazzani-Touhami A, Mouria A & Douira A. (2010). Valorisation agronomique du compost et de ses extraits sur la culture de la tomate, *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 16 (2010) 165 – 190 ISSN 1813-3290
25. Mustin M. (1987). *Le compost. Gestion de la matière organique*. Paris, (Eds) François Dupuis, Paris, France, 954 p.
26. Omont H. (1982). Plantation d'hévéa en zone climatique marginale. *Revue Générale des Caoutchoucs et Plastiques*, n° 625, pp. 75 – 79.
27. Rhines CE, Mc Gavack J & Linke CJ. (1952). Mineral nutrition of *Hevea brasiliensis*. *Rubber Age* (N. Y.), 70, pp. 467 – 474.
28. Sizaret A. (1991). Techniques de multiplication et de plantation des arbres fruitiers sous climat soudano-sahélien, CIRAD (Eds), 13 p.
29. Sohounou, M., Vissin, E. W., Deguenon, A. Y., Dougnon, D. L., Atiye, Y. E., Idani, M., & Agbossou, K. E. (2016). Impacts de l'utilisation des Engrais chimiques sur les cultures maraichères du site maraicher de Houeyiho dans la commune de Cotonou (Benin, Afrique de l'Ouest). *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 18(3), 31-40.
30. Toguila TB, N'diaye ON & Attobra A. (2016). Dispositif d'assistance technique pour le transfert de technologies aux planteurs d'hévéa en Côte d'Ivoire. Atelier régional de l'IRRDB, 28-30 septembre 2016, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 26 p.