

Décomposition des tourteaux de coprah et de palmiste et effets sur la croissance des cocotiers (*Cocos nucifera L.*) en pépinière et la nutrition minérale des cocotiers adultes en Côte-d'Ivoire

Tacra T. LEKADOU^{1,3*}, Alice N'GORAN¹, Jean-Louis KONAN¹, Kouassi ALLOU¹, Nicodème ZAKRA² & Ayémou ASSA³

¹Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)- Station Marc Delorme pour la recherche sur le cocotier de Port-Bouët, 07 BP 13 Abidjan 07, (Côte-d'Ivoire).

² Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)- Direction Générale, 01 BP 1740 Abidjan 01, (Côte-d'Ivoire).

³Laboratoire de Pédologie et de Géologie Appliquée ; Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, (Côte-d'Ivoire).

*Auteur pour les correspondances (E-mail : thierry_tacra@yahoo.fr)

Reçu le 04-01-2007, accepté le 08-05-2008.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer le potentiel fertilisant des tourteaux de coprah et de palmiste. Ainsi, les tourteaux ont été mis en décomposition pendant une période de 12 mois. Leurs effets sur la croissance des jeunes cocotiers ont été étudiés pendant 9 mois en comparaison à ceux de l'engrais chimique. Une analyse foliaire a été réalisée afin d'évaluer les effets des tourteaux sur la nutrition minérale des cocotiers adultes, 7 et 21 mois après leur épandage.

Après 12 mois, les tourteaux ont libéré la totalité du potassium et plus de la moitié de l'azote et du phosphore. Ils ont eu un effet positif sur la croissance des cocotiers en pépinière semblable à celui de la fumure chimique composée d'urée à 46 % de N, super phosphate simple à 18 % de P_2O_5 , chlorure de potassium à 60 % de K_2O et de kiesérite à 28 % de MgO. Sept mois après l'épandage, ils ont amélioré les teneurs foliaires en azote, en phosphore et en potassium des cocotiers adultes, mais ces teneurs ont chuté 21 mois après. Ces résultats montrent que les tourteaux sont des engrais organiques qui pourraient remplacer la fumure chimique.

Mots clés : Cocotier, azote, potassium, nutrition minérale, phosphore, tourteaux.

Abstract

*Decomposition of oil-cakes of copra and palm tree and their effects on the growth of coconuts (*Cocos nucifera L.*) in nursery and mineral nutrition of the adult coconuts in Côte-d'Ivoire*

The objective of this study is to assess the fertilizing potential of the oil-cakes of copra and palm tree. Thus, the oil-cakes were allowed to decompose for 12 months period. Their effects on the growth of young coconuts were studied for 9 months in comparison with those of chemical fertilisers. A foliar analysis was carried out in order to assess the effects of the oil-cakes on the mineral nutrition of adult coconuts 7 and 21 month after application.

After 12 months, the oil-cakes released the totality of the potassium and more than half of nitrogen and phosphorus. Application of oil-cakes had a positive effect on the growth of coconuts in nursery similar to the one of the chemical fertilizer, consisted of urea (46 % of N), super simple phosphorus (18 % of P_2O_5), potassium chloride (60 % of K_2O) and kieserite (28 % of MgO). Seven months after application, they improved the foliar contents of nitrogen, phosphorus and potassium of adult coconuts, but these contents fell 21 month later. These results show that the oil-cakes may be used as organic fertilizers that could replace the chemical fertilizers.

Key words: *Coconut, nitrogen, potassium, mineral nutrition, phosphorus, oil-cakes.*

1. Introduction

La cocoteraie ivoirienne est estimée à 46 000 ha (Amrizal, 2003) dont plus de 80 % sont localisés en Basse Côte-d'Ivoire. Elle est constituée de plusieurs plantations industrielles et de nombreuses petites exploitations privées dont dépendent plus de 20 000 familles (Assa *et al.*, 2006). La production moyenne annuelle est de 51 000 tonnes de coprah (Amrizal, 2003).

Le cocotier est la principale culture de rente des populations du littoral, il est cultivé sur des sols issus de sables quaternaires marins grossiers très pauvres en cations échangeables et à capacité d'échange très faible (CEC 1,8 cmol (+) kg⁻¹ entre 0 et 20 cm) (Pomier & de Taffin, 1982). La très faible fertilité naturelle de ces sols a été aggravée dans la plupart des cas par une très longue monoculture de cocotier sans apport d'engrais ni de restitution organique (N'goran, 2005). Cette situation a entraîné une baisse de rendement et par conséquent du pouvoir d'achat des populations locales (Ouvrier *et al.*, 1995). De ce fait, il est très difficile pour ces paysans de se procurer les principaux engrais chimiques du cocotier que sont l'urée, le super phosphate simple, le chlorure de potassium et la kiesérite (IRHO, 1984).

Chaque année, d'importantes quantités de tourteaux de coprah et de palmiste sont produites dans les huileries. Moins de 10 % de ces tourteaux sont utilisés sur le marché local (Zakra, 1993, rapport CNRA, Port Bouët, Côte-d'Ivoire, résultats non publiés). Ces tourteaux représentent pourtant des déchets à éliminer des huileries. Une enquête agricole sur l'utilisation de ces tourteaux comme fumure organique a été réalisée dans les exploitations privées des environs de la station de recherche Marc Delorme située en basse côte de la Côte-d'Ivoire. Elle a montré que ceux-ci sont utilisés par les paysans pour fertiliser leurs cultures vivrières (bananier, manioc, aubergine, tomate, choux, etc.) avec pour conséquences d'importantes récoltes annuelles (Lékadou, 2002, rapport CNRA, Port Bouët, Côte-d'Ivoire, résultats non publiés). En plus de leurs teneurs relativement élevées en azote (de Taffin, 1993), les tourteaux de coprah constituent de la matière organique qui peut contribuer à améliorer les propriétés physico-chimiques du sol. Toutefois, bien qu'étant utilisés comme fumure dans les cultures vivrières, ces tourteaux n'ont

fait l'objet d'aucune étude préalable sur leur aptitude fertilisante en Côte-d'Ivoire. Il s'avère alors important de savoir si les tourteaux de coprah et de palmiste pourraient se substituer ou compléter les engrais chimiques pour fertiliser les cocoteraies. L'objectif de la présente étude est d'évaluer le potentiel fertilisant de ces deux types de tourteaux.

2. Matériel et méthodes

2.1. Site d'étude

Le site d'étude a été celui du bloc «500 ha» de la Station de Recherche sur le Cocotier dénommée «Marc Delorme» entre 05°14' et 05°15' de latitude Nord et 03°54' et 03°55' de longitude Ouest (CCT, 2006), située à Port-Bouët à 12 Km d'Abidjan. Le sol est essentiellement constitué de sables tertiaires dont les caractéristiques chimiques sont les suivantes : 0,52 % C, 0,05 % N, 4,2 cmol (+) kg⁻¹ de sol de capacité d'échange des cations, 0,25 cmol (+) kg⁻¹ de sol de somme de bases échangeables, et 42,2 mg.kg⁻¹ de P assimilable (méthode d'Olsen) avec un pH_{eau} égal à 5,7 (N'goran, 2005). La pluviométrie mensuelle varie de 7 à 360,5 mm et la température de 24 à 27,9°C pendant les 12 mois qui ont suivi la mise en place des essais (Figure 1).

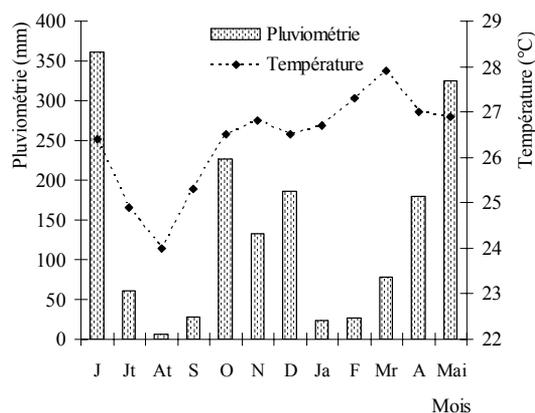


Figure 1: Répartition mensuelle de la pluviométrie et de la température de juin 2001 à mai 2002 sur le site d'étude

J : juin, Jt : juillet, At : août, S : septembre, O : octobre, N : novembre, D : décembre, Ja : janvier, F : février, Mr : mars, A : avril, Mai : mai

2.2. Matériel

Les tourteaux de coprah et de palmiste ont été fournis par l'huilerie de la Compagnie Agro-industrielle d'Import Export (CAIMPEX) située à Vridi (Abidjan, Côte-d'Ivoire). Il s'agit de tourteaux issus de plusieurs variétés de cocotiers et de palmier à huile. Les teneurs en eau sont respectivement de 8,3 % pour le coprah et de 10,4 % pour le palmiste. La teneur en huile est de 1,7 % de matière sèche dans les deux types de tourteaux.

En pépinière comme en plantation, l'hybride PB-121 issu du croisement entre les variétés Nain Jaune Malaisie (NJM) et Grand Ouest Africain (GOA) a été utilisé. Créé en Côte-d'Ivoire en 1962 par l'Institut de Recherche sur les Huiles et Oléagineux (IRHO), l'hybride PB-121 est le matériel végétal de cocotier amélioré le plus utilisé au monde (Bourdeix *et al.*, 2005).

L'engrais chimique utilisé est composé d'urée à 46 % de N, de super phosphate simple à 18 % de P_2O_5 , de chlorure de potassium à 60 % de K_2O et de kiesérite à 28 % de MgO

2.3. Méthodes

2.3.1. Evolution de la composition minérale des tourteaux

Dans le sol, 4 lots de 12 casiers ont été construits chacun avec des briques de 20 cm de hauteur et 40 cm de longueur enterrées sur 10 cm de profondeur. Le fond intérieur des casiers a été dégagé de toute terre. Dans chaque lot, les casiers de 40 cm de côté ont été délimités par une brique sur chaque côté. Le casier a été ensuite rempli avec du tourteau de coprah ou de palmiste. Le lot a consisté en un bloc ou une répétition, d'où un dispositif expérimental en blocs de Fisher complètement randomisé (Figure 2). Pendant une année, les tourteaux ont été prélevés dans chaque lot sur toute la profondeur du casier tous les deux mois. La portion prélevée a été intimement mélangée pour en prélever un échantillon qui a été séché à l'étuve à 70 °C pendant 48 h. Les éléments majeurs N, P, K et Mg ont été déterminés dans tous les échantillons selon les méthodes de Pauwels *et al.* (1992). L'azote total a été déterminé par la méthode Kjeldahl modifiée, le phosphore a été dosé par colorimétrie à l'acide ascorbique et le potassium et le magnésium ont été dosés par spectrométrie d'absorption atomique.

Bloc I	2 M	10 M	6 M	8 M	4 M	12 M	Palmiste Coprah
	4 M	12 M	8 M	2 M	6 M	10 M	
Bloc II	12 M	4 M	6 M	10 M	8 M	2 M	Coprah Palmiste
	6 M	8 M	4 M	12 M	2 M	10 M	
Bloc III	8 M	4 M	10 M	12 M	6 M	2 M	Palmiste Coprah
	2 M	10 M	4 M	6 M	8 M	12 M	
Bloc IV	4 M	8 M	12 M	10 M	2 M	6 M	Coprah Palmiste
	12 M	6 M	10 M	8 M	4 M	2 M	

Figure 2 : Dispositif expérimental de l'étude de la décomposition des tourteaux en casier

M : mois

2.3.2. Effet des tourteaux sur la croissance des cocotiers en pépinière

L'essai comprenait trois traitements répétés quatre fois en randomisation totale. Les traitements étudiés étaient : cocotiers fumés avec le tourteau de coprah, cocotiers fumés avec le tourteau de palmiste et cocotiers fumés avec l'engrais chimique (témoin).

Chaque traitement était constitué de quatre jeunes cocotiers plantés dans des sachets

plastiques contenant 18 kg de sables tertiaires. Les cocotiers fumés avec les tourteaux ont reçu 500 g de tourteaux sortis de l'usine en une fois à la mise en place. Neuf applications mensuelles ont été apportées aux cocotiers fumés avec l'engrais chimique (tableau 1). Trimestriellement et ce, durant 9 mois, les évaluations ont porté sur le nombre de feuilles émises, la circonférence au collet et la hauteur des plants. La circonférence au collet a été mesurée à l'aide d'un ruban mètre et la hauteur à l'aide d'une règle en bois. Les feuilles émises ont été comptées.

Tableau 1: Apports mensuels des composés chimiques constituant la fumure appliquée sur les cocotiers en pépinière

	Doses de fumure (g.arbre ⁻¹)				Période d'épandage (mois)
	Urée	SPS	KCl	Kiesérite	
	2,5	5	5	2,5	1
	2,5	5	5	2,5	2
	5	10	10	5	3
	5	10	10	5	4
	5	10	10	5	5
	7,5	12,5	12,5	7,5	6
	7,5	12,5	12,5	7,5	7
	7,5	12,5	12,5	7,5	8
	7,5	12,5	12,5	7,5	9
total	50	90	90	50	

Urée : urée à 46 % de N ; SPS : super phosphate simple à 18 % de P₂O₅ ; KCl : chlorure de potassium à 60 % de K₂O ; Kiesérite : kiesérite à 28 % de MgO

2.3.3. Effet des tourteaux sur la nutrition minérale des cocotiers adultes au champ

Les cocotiers adultes utilisés ont été plantés en 1983. Ils n'ont reçu aucune dose d'engrais chimiques ni organiques pendant les 3 dernières années avant la mise en place de l'essai. Deux traitements répétés quatre fois en randomisation totale ont été étudiés : cocotiers PB-121 fumés avec du tourteau de coprah et cocotiers PB-121 fumés avec du tourteau de palmiste. Chaque traitement comptait 18 cocotiers et chaque cocotier a reçu en une seule fois 80 kg de tourteau (6 sceaux) sorti de l'usine.

Un premier diagnostic foliaire (de Taffin, 1993) a été effectué 6 mois avant l'épandage des tourteaux en vue de déterminer les teneurs

foliaires initiales des cocotiers en N, P, K et Mg. Un second et un troisième diagnostic foliaire ont été effectués 7 mois et 21 mois après l'épandage des tourteaux.

2.3.4. Détermination des équivalences entre quantités de tourteau apportées et doses d'engrais chimiques

Les équivalences ont été établies à partir des teneurs en éléments minéraux des engrais et celles des tourteaux utilisés. La quantité d'azote (N) dans 1 Kg d'urée à 46 % d'azote étant de 46/100 Kg et la teneur en azote du tourteau étant Nt, la quantité de tourteau (T en Kg) correspondant à 1 Kg d'urée est $T = 46/100Nt$ Kg. Les masses atomiques du phosphore, de l'oxygène et de P₂O₅

étant respectivement de 30,95 g.mol⁻¹, 16 g.mol⁻¹ et 141,9 g.mol⁻¹, la proportion de phosphore (P) dans P₂O₅ est P = 61,9/141,9. La quantité de P₂O₅ dans 1 Kg de super phosphate simple est 18/100 Kg, alors la quantité de phosphore (P') dans 1 Kg de super phosphate simple est P' = 61,9/141,9 x 18/100Pt Kg. La quantité de tourteau (T en Kg) correspondant à 1 Kg de super phosphate simple est donc T = 0,079 Kg, Pt étant la teneur en phosphore du tourteau. A partir des masses atomiques du potassium et de K₂O respectivement égalent à 39,1 g.mol⁻¹ et 94,2 g.mol⁻¹, la quantité de tourteau (T en Kg) correspondant à 1 Kg de chlorure de potassium a été déterminée : T = 78,2/94,2 x 60/100Kt Kg, Kt étant la teneur en potassium du tourteau. Egalement, à partir de la masse atomique du magnésium (24,3 g.mol⁻¹) et de la teneur en magnésium du tourteau (Mgt), la quantité de tourteau (T en Kg) correspondant à 1 Kg de kiesérite a été calculée : T = 24,3/40,3 x 28/100Mgt Kg.

2.3.5. Analyses statistiques des données

Les teneurs en éléments minéraux des tourteaux en décomposition et celles des folioles des cocotiers adultes ont fait l'objet de comparaison de moyenne avec le test de Student du logiciel GENSTAT (2^e édition). Les paramètres de croissance des cocotiers en pépinière ont fait l'objet d'une analyse de variance avec le même logiciel. Les moyennes ont été comparées par la méthode de la plus petite différence significative (PPDS) au seuil de 5%.

3. Resultats

3.1. Evolution de la composition minérale des tourteaux

Les teneurs initiales en N, P, K et Mg du tourteau de coprah étaient respectivement de 4,51 % ; 0,61 % ; 2,28 % et 0,32 % de matière sèche. Celles du tourteau de palmiste étaient respectivement de 3,13 % ; 0,72 % ; 0,75 % et 0,33 % de matière sèche. La décomposition de ces tourteaux a montré la présence de certains invertébrés très actifs composés d'asticots et autres décomposeurs. La formation d'une croûte épaisse à leurs surfaces après la pluie a également été observée.

3.1.1. Evolution des teneurs en azote (N) des tourteaux

La teneur en N du tourteau de coprah a diminué

de 4,51 à 2,20 % après 12 mois de décomposition avec une légère augmentation à 4,67 % au 2^e mois. Celle du tourteau de palmiste a diminué jusqu'au 12^e mois de 3,13 à 1,66 % (Figure 3a). La teneur en N du tourteau de coprah est supérieure à celle du tourteau de palmiste, mais la différence n'est significative qu'aux 4^e et 6^e mois. Les tourteaux de coprah et de palmiste ont respectivement libéré 51,22 et 46,96 % de leur N après 12 mois.

3.1.2. Evolution des teneurs en phosphore (P) des tourteaux

De 0 à 4 mois, les teneurs en P des tourteaux de coprah et de palmiste ont respectivement augmenté de 0,61 à 1,83 % et de 0,72 à 1,26 % avant de diminuer jusqu'au 12^e mois à 0,31 % et à 0,24 % de matière sèche. La teneur en P du tourteau de coprah est supérieure à celle du tourteau de palmiste du 2^e jusqu'au 12^e mois mais une différence significative n'a été observée qu'au 4^e et au 6^e mois. Douze mois après, les tourteaux de coprah et de palmiste ont respectivement libéré 49,26 % et 66,99 % de leur P (Figure 3b).

3.1.3. Evolution des teneurs en potassium (K) des tourteaux

Les teneurs en K des tourteaux de coprah et de palmiste ont augmenté respectivement de 2,28 à 3,94 % et de 0,75 à 0,98 % de matière sèche au 2^e mois. Elles ont ensuite diminué fortement jusqu'au 12^e mois à 0,04 % pour les deux types de tourteau. Le test de Student a révélé une différence significative jusqu'au 8^e mois. Après 12 mois, les tourteaux de coprah et de palmiste ont libéré respectivement 98,24 % et 94,67 % de leur K (Figure 3c).

3.1.4. Evolution des teneurs en magnésium (Mg) des tourteaux

Les teneurs en Mg des tourteaux de coprah et de palmiste ont augmenté respectivement de 0,32 à 1,23 % et de 0,33 à 0,80 % de matière sèche après 4 mois de décomposition avant de diminuer jusqu'au 12^e mois respectivement à 0,59 et 0,25 % (figure 3d). Du 4^e au 12^e mois, la teneur en Mg du tourteau de coprah est statistiquement supérieure à celle du tourteau de palmiste. Après 12 mois de décomposition, elle a augmenté de 84,37 % alors que le tourteau de palmiste a libéré 24,24 % de son Mg.

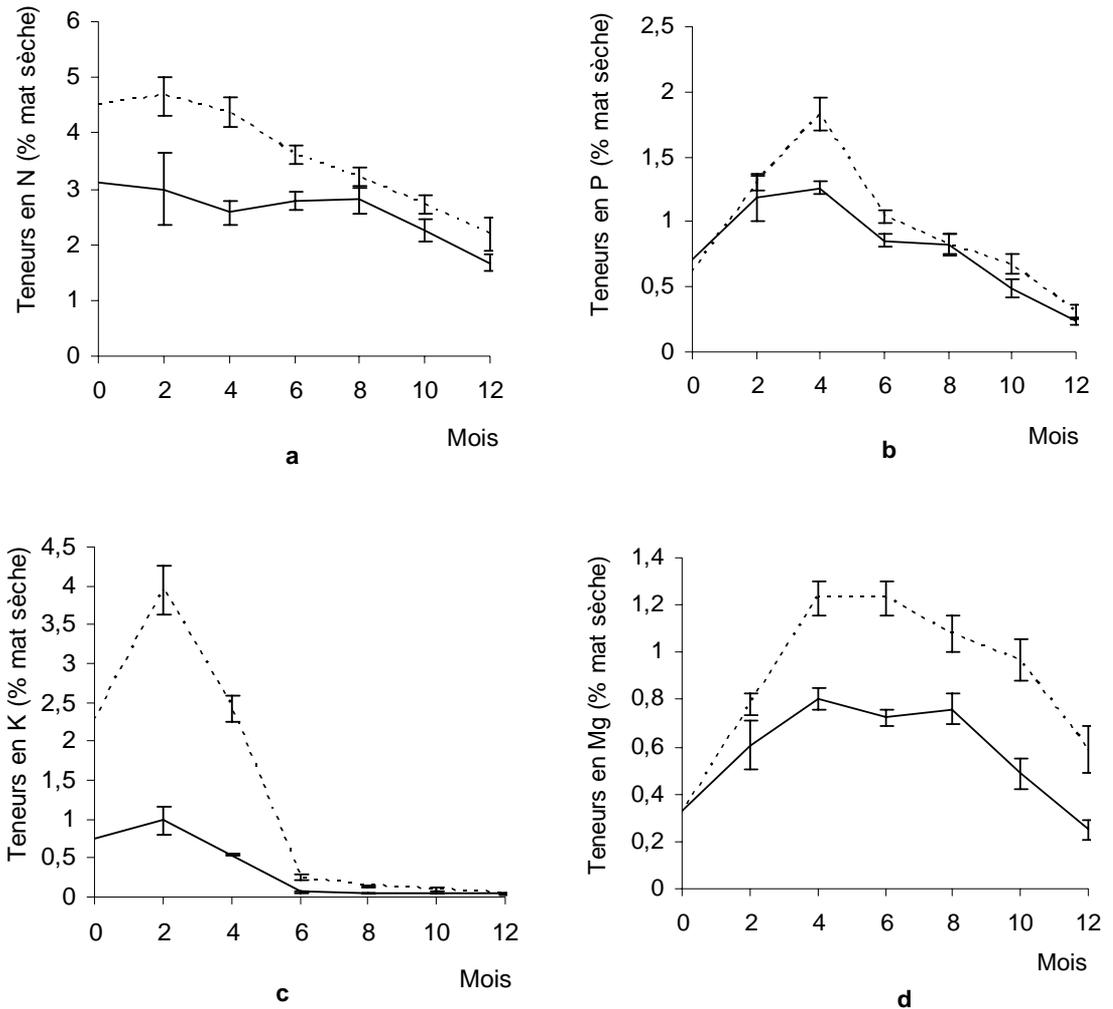


Figure 3 a-b-c-d : Evolution des teneurs en azote (a), phosphore (b), potassium (c) et magnésium (d) des tourteaux en fonction du temps de décomposition.

— : Coprah
 - - - : Palmiste

Les barres d'erreur représentent les écart-types.

N = azote ; P = phosphore ; K = potassium ; Mg = magnésium ; % = pourcentage ; mat sèche = matière sèche

3.2. Effet des tourteaux sur la croissance des cocotiers en pépinière

Au stade initial, au moment de l'application des fumures, la circonférence au collet des plants était de $6,31 \pm 0,27$ cm. Elle a ensuite varié de 13,6 à 14,5 cm 3 mois après. Après 6 mois de

croissance, les circonférences au collet des plants traités avec la fumure chimique (20 cm), les tourteaux de coprah (19,9 cm) et de palmiste (19,4 cm) sont statistiquement identiques. Neuf mois après la mise en place de l'essai, la circonférence au collet des plants était comprise entre 24,9 et 29,6 cm. Celle des plants fumés

avec l'engrais chimique est la plus élevée et statistiquement supérieure à celle des plants fumés avec le tourteau de palmiste (Tableau 2).

La hauteur des plants était $22,69 \pm 1,61$ cm au stade initial. Elle a varié de 80,1 à 82,5 cm à 3 mois et de 106,3 à 107,1 cm à 6 mois. A 9 mois, en valeur absolue, la hauteur des plants fumés avec l'engrais chimique est la plus grande avec 165,5 cm et celle des plants fumés avec le tourteau de palmiste, la plus faible avec 157,6 cm. A tous ces stades de croissance, les hauteurs des cocotiers sont statistiquement identiques pour tous les types de fumures (Tableau 2).

Le nombre de feuilles émises par plant, initialement égal à $4,56 \pm 0,21$ feuilles.plant⁻¹ a varié de 8 à 9 feuilles.plant⁻¹ 3 mois après. Le nombre de feuilles émises sur les plants fumés avec les tourteaux (9 feuilles.plant⁻¹) est statistiquement supérieur à celui des plants fumés avec l'engrais chimique (8 feuilles.plant⁻¹). Les plants des 3 traitements portent le même nombre de feuilles à 6 mois (11 feuilles.plant⁻¹) et à 9 mois (14 feuilles.plant⁻¹).

Au stade 9 mois, les effets des trois types de fumures sur la hauteur et le nombre de feuilles émises par plant des cocotiers sont statistiquement identiques (Tableau 2).

Tableau 2 : Evolution des paramètres de croissance des hybrides PB-121 en pépinière fumés avec de l'engrais chimique et des tourteaux de coprah et de palmiste à 3, 6 et 9 mois après application des fumures.

	Mois	Engrais chimique	Tourteau de coprah	Tourteau de palmiste	PPDS (5%)	CV (%)
	0 initial	6,31±0,27*	6,31±0,27*	6,31±0,27*		
Circonférence au collet (cm)	3	13,6±0,83*a	14,5±0,82*a	14,1±1,01*a	0,943 ns	3,9
	6	20±1,61*a	19,9±1,42*a	19,4±1,51*a	1,002 ns	2,9
	9	29,6±2,91*a	27,1±1,45*ab	24,9±2,01*b	3,070 *	6,5
	0 initial	22,69±1,61*	22,69±1,61*	22,69±1,61*		
Hauteur (cm)	3	80,1±7,75*a	81,7±3,34*a	82,5±5,31*a	6,46 ns	4,6
	6	106,9±8,04*a	107,1±7,48*a	106,3±11,1*a	10,18 ns	5,5
	9	165,5±18,8*a	159,5±15,3*a	157,6±14*a	12,40 ns	4,5
	0 initial	4,56±0,21*	4,56±0,21*	4,56±0,21*		
Nombre de feuilles émises par plant	3	8±0,22*b	9±0,27*a	9±0,21*a	0,239 *	1,6
	6	11±0,21*a	11±0,45*a	11±0,25*a	0,523 ns	2,7
	9	14±0,33*a	14±0,72*a	14±0,46*a	0,824 ns	3,4

CV = coefficient de variation en % ; PPDS (5%) = plus petite différence significative à la probabilité $p < 0,05$; * = différence significative ; ns = différence non significative

a et b : les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne ne sont pas statistiquement différentes au seuil $\alpha = 5\%$.

: écart-type ou déviation standard

3.3. Effets des tourteaux sur la nutrition minérale des cocotiers adultes

Les teneurs en N des folioles des cocotiers sont passées de 2,05 %, 6 mois avant l'épandage des tourteaux à 2,30 % pour le tourteau de coprah et 2,26 % pour le tourteau de palmiste 7 mois après. La variation des teneurs en N de ces plants adultes n'est pas significative. De 0,15 %,

6 mois avant l'épandage des tourteaux, les teneurs en P des folioles des cocotiers sont passées à 0,17 % pour les deux types de tourteaux 7 mois après l'épandage. Les teneurs en K des folioles des cocotiers sont passées de 1,05 %, 6 mois avant l'épandage des tourteaux, à 1,30 % pour le tourteau de coprah et 1,22 %, pour le tourteau de palmiste 7 mois après. Les teneurs en Mg des folioles des cocotiers sont

passées de 0,14 %, 6 mois avant l'épandage des tourteaux, à 0,11 % pour les deux types de tourteaux 7 mois après l'épandage.

Vingt et un mois après l'épandage des tourteaux, les teneurs en N, P et K des folioles des cocotiers ont diminué par rapport aux valeurs qu'elles avaient, 7 mois après l'épandage. Les teneurs en N des folioles des cocotiers sont passées à 2,14 %, soit une baisse de 15 % pour le tourteau de coprah et à 2,20 % soit une baisse de 6 %

pour le tourteau de palmiste. Les teneurs en P des folioles de cocotiers sont passées à 0,15 %, soit une baisse de 5 % pour les deux types de tourteaux. La teneur en K des folioles des cocotiers fumés avec le tourteau de coprah (1,23 %) est statistiquement supérieure à celle des cocotiers fumés avec le tourteau de palmiste (1,03 %). Elles ont respectivement diminué de 7 % et 15 %. Les teneurs en Mg des folioles des cocotiers sont restées constantes (Tableau 3).

Tableau 3 : Teneurs foliaires (% de mat sèche) en azote, en phosphore, en potassium et en magnésium des cocotiers adultes avant et après l'épandage des tourteaux.

		N	P	K	Mg
6 mois avant l'épandage des tourteaux	Palmiers adultes sans traitement	2,05	0,15	1,05	0,14
7 mois après l'épandage des tourteaux	Tourteau de coprah	2,30±0,06*a	0,17±0,01*a	1,3±0,08* a	0,11±0,01*a
	Tourteau de palmiste	2,26±0,08*a	0,17±0,01*a	1,22±0,12*a	0,11±0,02*a
	Probabilité (P)	0,36 ns	0,72 ns	0,20 ns	0,74 ns
21 mois après l'épandage des tourteaux	Tourteau de coprah	2,14±0,05*a	0,16±0,01*a	1,23±0,07*a	0,11±0,02*a
	Tourteau de palmiste	2,19±0,06*a	0,15±0,01*a	1,03±0,11*b	0,11±0,02*a
	Probabilité (P)	0,13 ns	0,66 ns	0,003 *	0,9 ns

N = azote ; P = phosphore ; K = potassium ; Mg = magnésium ; % = pourcentage ; mat sèche = matière sèche

* = différence significative ; ns = différence non significative

a et b : les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne sont statistiquement identiques.

• : écart-type ou déviation standard

3.4. Equivalence entre quantités de tourteau apportées et doses d'engrais

Les équivalences entre les quantités de tourteaux apportées et les doses d'urée (N), de super phosphate simple (P_2O_5), de chlorure de potassium (K_2O) et de kiesérite (MgO) ont été déterminées (Tableau 4). Les 500 g de tourteau de coprah apporté en pépinière à chaque plant équivalent à 49 g d'urée, 38,5 g de super phosphate simple, 22,7 g de chlorure de potassium et 9,4 g de kiesérite, soit 22,54 g de N, 6,93 g de P_2O_5 , 13,62 g de K_2O et 2,63 g de MgO. La même quantité de tourteau de palmiste

a apporté 34 g d'urée, 45,5 g de super phosphate simple, 7,5 g de chlorure de potassium et 9,7 g de kiesérite, soit 15,64 g de N, 8,19 g de P_2O_5 , 4,5 g de K_2O et 2,72 g de MgO.

Les 80 kg de tourteau épandus autour de chaque pied de cocotier adulte représentent 7,84 kg d'urée, 6,15 kg de super phosphate simple, 3,64 kg de chlorure de potassium et 1,51 kg de kiesérite, soit 3,61 kg de N, 1,12 kg de P_2O_5 , 2,18 kg de K_2O et 0,42 kg de MgO pour le tourteau de coprah. Le tourteau de palmiste correspond à 5,44 kg d'urée, 7,27 kg de super phosphate simple, 1,20 kg de chlorure de potassium et 1,51 kg de kiesérite, soit 2,5 kg de N, 1,31 kg de P_2O_5 , 0,72 kg de K_2O et 0,42 kg de MgO.

Tableau 4 : Equivalence des deux types de tourteaux avec les engrais chimiques utilisés sur le cocotier

	Tourteau de coprah	Tourteau de palmiste
Teneur en azote (% de matière sèche)	4,51	3,13
Quantité de tourteau (kg) pour 1 Kg d'urée	10,2	14,7
Teneur en phosphore (% de matière sèche)	0,61	0,72
Quantité de tourteau (kg) pour 1 Kg de SPS	13	11
Teneur en potassium (% de matière sèche)	2,28	0,75
Quantité de tourteau (kg) pour 1 Kg de KCl	22	66,7
Teneur en magnésium (% de matière sèche)	0,32	0,33
Quantité de tourteau (kg) pour 1 Kg de Kiesérite	53,1	51,5

Urée : urée à 46 % de N

SPS : super phosphate simple à 18 % de P_2O_5

KCl : chlorure de potassium à 60 % de K_2O

Kiesérite : kiesérite à 28 % de MgO

4. Discussion

4.1. Evolution de la composition minérale des tourteaux

Les invertébrés répartis dans les tourteaux sont des organismes responsables de la fragmentation des débris végétaux. Les microorganismes du sol assurent également la décomposition et la minéralisation de la matière organique (Xuluc-Tolosa *et al.*, 2003). Selon Herrick & Wander (1998), le taux de minéralisation dépend directement de la biomasse microbienne, d'où le terme parfois employé de «fertilité biologique» lorsque la biomasse microbienne est abondante et active. La décomposition de la matière organique est contrôlée par la disponibilité en azote, élément indispensable à la croissance des microorganismes décomposeurs (Frey *et al.*, 2000). Quand la teneur en N est supérieure à 2,5 %, l'azote minéralise et la décomposition est rapide (Xuluc-Tolosa *et al.*, 2003). En effet, pendant la décomposition, l'azote est assimilé dans les protéines cellulaires essentielles pour les fonctions microbiennes. Ainsi une teneur en N élevée de la matière organique est favorable à la décomposition de celle-ci (Frey *et al.*, 2003). Dans notre cas, les deux types de tourteaux avaient des teneurs initiales en N supérieures à 3 %, ce qui explique la minéralisation observée pour ceux-ci. Au début de l'expérimentation, les teneurs en N, P et K des tourteaux ont augmenté avant de décroître. En effet, au premier stade de la décomposition,

lorsque le carbone est perdu par la respiration, ces éléments nutritifs sont immobilisés dans la biomasse microbienne (Frey *et al.*, 2000). Le tourteau de coprah plus riche en azote que le tourteau de palmiste, de par les quantités en début et en fin d'expérimentation, a libéré plus de N et de K que le tourteau de palmiste. Ce dernier a libéré beaucoup plus de P et Mg que le tourteau de coprah. La présence après la pluie d'une croûte épaisse à la surface des tourteaux a été responsable de la réduction importante des échanges gazeux dont dépend l'activité de la microfaune et de la biomasse microbienne et donc le processus de décomposition. Ceci pourrait expliquer qu'en 12 mois la totalité des tourteaux ne soit pas décomposée. Ce type de minéralisation serait plutôt convenable car selon Serpantié & Ouattara (2001), une minéralisation trop rapide favorise les pertes en sels minéraux assimilables et l'acidification du sol surtout sur les sables tertiaires.

4.2. Effet des tourteaux sur la croissance des cocotiers en pépinière

Le tourteau de coprah contient plus d'éléments minéraux. Il respecte le rapport K/Mg (7/1) exigé par le cocotier (IRHO, 1984). Ceci semble normal car le tourteau de coprah est un résidu issu des noix de coco. Vue les doses appliquées, les plants témoins fumés avec l'engrais chimique, ont utilisé pour leur croissance autant d'urée,

mais deux fois plus de phosphore, quatre fois plus de potassium et même cinq fois plus de magnésium que les plants fumés avec les tourteaux. Malgré ces écarts de nutrition minérale, aucune différence significative n'a été notée entre la croissance des plants traités avec les tourteaux et celle des plants traités avec la fumure chimique. Quel que soit le type de fumure appliqué, les jeunes plants ont présenté des paramètres de croissance semblables à ceux définis par Ouvrier (1984) pour des hybrides PB-121 âgés de 9 mois. La quantité d'azote apportée par les tourteaux a été adéquate. Ces résultats confirment que l'azote est l'élément essentiel pour la croissance des hybrides en pépinière. Les apports de K et de Mg respectivement sous la forme de Chlorure de potassium à 60 % de K_2O et de kiesérite à 28 % de MgO peuvent être considérés comme des apports de luxe d'où la revue à la baisse de leurs doses.

Secretaria & Maravilla (1997) ont constaté que certains fumiers (de chèvre, de poule) assurent aux jeunes cocotiers une croissance (circonférence au collet, hauteur, feuilles vivantes et feuilles émises) comparable à celle obtenue avec les engrais chimiques constitué de 200 g de sulfate d'ammoniaque à 20 % de N et de 100 g de chlorure de potassium à 60 % de K. Selon ces auteurs, la matière organique sert de source d'azote dans le sol et améliore la capacité de rétention en eau du sol. Sa minéralisation a permis d'assurer une disponibilité d'azote, de phosphore et de soufre aux cocotiers. Les 500 g de tourteaux de coprah, soit 22,54 g d'azote apportés aux plants en pépinière peuvent donc être considérés comme suffisants parce qu'ils ont fourni la dose d'azote recommandée (23 g) au stade jeune.

4.3. Effets des tourteaux sur la nutrition minérale des cocotiers adultes

Les doses de fumure préconisées pour des hybrides de plus de 5 ans sont 0,75 kg.arbre⁻¹ d'urée, 2,4 kg.arbre⁻¹ de super phosphate simple, 0,5 kg.arbre⁻¹ de chlorure de potassium et 1,2 kg.arbre⁻¹ de kiesérite (IRHO, 1984). Les quantités d'urée, superphosphate simple, chlorure de potassium et kiesérite équivalentes aux 80 kg de tourteaux ont été largement supérieures à celles-ci. Ceci expliquerait l'amélioration des teneurs en N, P et K des folioles des cocotiers 7 mois après l'épandage.

Par ailleurs, la matière organique améliore l'état physique du sol et permet un meilleur développement des racines, ce qui favorise l'assimilation d'eau et d'éléments nutritifs (Mangawang, 1993). Les teneurs en N et en P des folioles des cocotiers fumés avec les deux types de tourteaux ont été supérieures aux seuils critiques de carence minérale de 2,2 % pour N et de 0,12 % pour P (Coomans & Ochs, 1976). Les faibles teneurs en Mg (0,325 ± 0,005 %) observées dans les deux types de tourteaux et les faibles taux de libération de ce composé n'ont pas permis d'améliorer les teneurs en Mg des folioles des cocotiers traités. Il est donc nécessaire d'apporter un supplément de fumure magnésienne à l'épandage des tourteaux car le Mg est un élément essentiel pour la production du cocotier.

Vingt et un mois après l'épandage des tourteaux, les teneurs en N, P et K des folioles des cocotiers ont diminué car les plantes ont utilisé ces éléments pour leur métabolisme (tableau 3). La teneur en P des folioles des cocotiers fumés avec le tourteau de palmiste et les teneurs en Mg des folioles des cocotiers fumés avec les deux types de tourteaux ont été inférieures aux seuils critiques de carence minérale (0,2 % pour Mg) (Coomans & Ochs, 1976) (tableau 3). Les doses de tourteaux apportés aux cocotiers adultes devraient être ramenées à 25 kg.arbre⁻¹.an⁻¹, apportant ainsi l'équivalent de 2 kg d'urée, 1,5 kg de super phosphate simple, 1 kg de chlorure de potassium et 0,5 kg de kiesérite dans le cas du coprah. Ceci permettrait d'éviter les pertes d'éléments minéraux par lessivage.

4.4. Approche économique de l'utilisation des tourteaux

Les quantités d'engrais préconisées à l'hectare pour des cocotiers hybrides au Sud-Est de la Côte-d'Ivoire sont de 120 kg d'urée à 46 % de N, 80 kg de super phosphate simple à 18 % de P_2O_5 , 384 kg de chlorure de potassium à 60 % de K_2O et de 192 kg de kiesérite à 28 % de MgO (IRHO, 1984). Il faut un coût de fumure de 166 840 F CFA à l'achat pour un hectare de cocotiers plantés à une densité de 160 arbres.ha⁻¹.

La quantité de tourteau nécessaire pour fertiliser un hectare de 160 hybrides à 25 kg.arbre⁻¹ est de 4 tonnes de tourteau à 20 F CFA.kg⁻¹, soit un coût de 80 000 F CFA. Il faut également apporter en

complément aux cocotiers 192 kg de kiesérite à 28 % de MgO estimés à 41 280 F CFA, soit un coût de fumure total de 121 280 F CFA. Un gain de 45 560 F CFA est réalisé par hectare en utilisant les tourteaux. Pour être rentable, le coût de transport des 4 tonnes de tourteau de l'usine à la plantation devrait être largement inférieur à 45 560 F CFA. En outre, l'emploi continu et prolongé de certains engrais chimiques conduit à une dégradation de la fertilité des sols et à la destruction de l'équilibre écologique entre le sol, l'eau et les organismes vivants (Mangawang, 1993).

L'utilisation de la matière organique que constituent les tourteaux comme fumure, doit être recommandée pour des plantations proches des huileries parce qu'elle est rentable économiquement et respectueuse de la conservation de l'environnement.

5. Conclusion

Après 12 mois de décomposition, la totalité du potassium et près de la moitié de l'azote des tourteaux ont été minéralisés. Les tourteaux de coprah et de palmiste ont respectivement libéré la moitié et les deux tiers de leur phosphore. Par ailleurs, le tourteau de coprah a accumulé du magnésium tandis qu'une faible libération a été observée avec le tourteau de palmiste. Toutefois, le tourteau de coprah se minéralise plus facilement que le tourteau de palmiste.

Les doses de tourteaux appliquées (500 g.pied⁻¹) quoique ayant apporté très peu de potassium et de magnésium ont induit une croissance des jeunes cocotiers similaire à celle de la fumure chimique. Ces observations révèlent que les doses de fumure potassique et magnésienne appliquées sur le cocotier pendant la première année de plantation peuvent être réduites. Les tourteaux améliorent également les teneurs en azote, phosphore et potassium des folioles des cocotiers adultes mais n'ont aucun effet sur leurs teneurs en magnésium. Leurs effets sur les teneurs en azote, phosphore et potassium des folioles des cocotiers adultes ont chuté, 21 mois après l'épandage.

Cette étude a montré que les tourteaux peuvent être utilisés comme source de matière organique pour fumer le cocotier en particulier et d'autres plantes en général. En effet, ils réduisent la nocivité des engrais pour les sols et stimulent

l'activité biologique lors de la minéralisation. Associés avec de l'engrais chimique riche en magnésium, les tourteaux peuvent être utilisés pour fumer les plantations de cocotiers situées dans les environs des huileries pour minimiser les coûts de transport. Dans ces conditions, ils pourraient se substituer à l'engrais chimique azoté et potassique nécessaire à la fumure des cocotiers. Le tourteau de coprah qui a montré les meilleures caractéristiques chimiques pourrait être valorisé sur le plan agronomique comme intrant organique. Vingt et un mois après, il faut reprendre l'épandage après un diagnostic foliaire.

Des études supplémentaires sur une période plus importante et qui prendraient en compte l'influence des tourteaux sur la production des cocotiers adultes, la composition chimique du sol et ses propriétés physiques, sont nécessaires pour confirmer ces résultats préliminaires.

Hommage

Nous voudrions rendre un hommage mérité à feu Dr N'GORAN Alice, chargé de Recherche, Chef de Service Agronomie Physiologie à la Station Cocotier Marc Delorme du CNRA. Elle s'est investie dans la valorisation des présents résultats. Au moment où la publication va paraître, il a plu au bon Dieu de la rappeler auprès de lui le 05 mai 2007. Que son âme repose en paix auprès du seigneur !

Références citées

- Amrizal I., 2003. Coconut Statistical Yearbook. Jakarta, India : APCC, 233 pp.
- Assa R., Konan J. L., Nèmlin J., Prades A., Agbo N. & Sié R., 2006. Diagnostic de la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien. *Sci. Nat.* 3 (2) : 113-120.
- Bourdeix R., Konan J.L. & N'Cho Y.P., 2005. Cocotier. Guides des variétés traditionnelles et améliorées. Barcelone, Espagne : Diversiflora. 104 pp.
- CCT, 2006. Centre de Cartographie et de Télédétection du Bureau National d'Etudes Techniques et du Développement. Abidjan, Côte-d'Ivoire.
- Coomans P. & Ochs R., 1976. Rentabilité des fumures minérales sur cocotier dans les conditions du Sud-est ivoirien. *Oléagineux* 31 (8 et 9) : 375-382.

- De Taffin G., 1993. Le cocotier. Le Technicien d'Agriculture Tropicale. Paris, France : Maisonneuve G.P. & Larose. 100 pp.
- Frey S. D., Elliot E. T., Paustian K. and Peterson G. A., 2003. Fungal translocation as a mechanism for soil nitrogen inputs to surface residue decomposition in a no-tillage agroecosystem. *Soil Biol & Bioch* **32**: 689-698.
- Herrick J.E. & Wander M.M., 1998. Relationships between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils: the importance of distribution, composition, and soil biological activity. *In*: Lal R., Kimble J.M., Follet R.F. & Stewart B.A., Eds. Soil Processes and the Carbon Cycle : Boca Raton, CRC Press Inc. pp. 405-425.
- IRHO, 1984. Mémento du cocotier. Abidjan, Côte-d'Ivoire : Institut de Recherche sur les Huiles et Oléagineux, 110 pp.
- Mangawang C., 1993. Organic farming : Environment-friendly approach for improved soil productivity. Phillipine Daily Inquirer, 25 pp.
- N'goran A., 2005. *Amélioration de la fertilité chimique des sables quaternaires en Côte-d'Ivoire dans l'association cocotier/acacia Spp.* PhD. Université de Gent, Belgique. 193 pp.
- Ouvrier M., 1984. Etude de la croissance et du développement du cocotier hybride PB-121 (NJM x GOA) au jeune âge. *Oléagineux* **39** (2) : 73-80.
- Ouvrier M., Zakra N., Sangare A. & N'cho Y.P., 1995. Inventaire de la cocoteraie ivoirienne. Projet de Promotion et de Diversification des Exportations Agricoles. Abidjan, Côte-d'Ivoire : DREG CNRA. 33 pp.
- Pauwels J.M., Van Ranst E., Verloo M. & Mvondo A., 1992. *Manuel de laboratoire de Pédologie. Méthodes d'analyses de sols et de plantes, équipements, gestion de stocks de verrerie et de produits chimiques.* Publications Agricoles-28. CUD, AGCD, 265 pp.
- Pomier M. & de Taffin G., 1982. Etude de la fertilisation et de la régénération des sols dans le cas d'une replantation de cocotiers. *Oléagineux* **37** (10) : 455-460.
- Secretaria M. I. & Maravilla J. N., 1997. Réponse des cocotiers hybrides aux apports de fumures organiques et minérales, de la plantation à l'âge adulte. *Plant, Rech, Dével* **4** (2) : 126-138.
- Serpantié G. & Ouattara B., 2001. Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest. *In*: Floret C. & Pontanier R., Eds. La jachère en Afrique tropicale (volume 2). Paris, France : Jhon Libbey Eurotext. pp 21-83.
- Xuluc-Tosola F.J., Vester H.F.M., Ramirez-Marcial N., Castellanos-Albores J. & Lawrence D., 2003. Leaf litter decomposition of the tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. *For Ecol and Man* **174**: 401-412.