



Caractérisation physico-chimiques des noix et de l'huile des premiers cocotiers (*Cocos nucifera* L.) PB 121 issus de la culture *in vitro* d'embryon zygotique plantés en Côte d'Ivoire

Ange Bénédicte ZRANSEU DEFFAN ^{1,2*}, Jean Louis KONAN KONAN ²,
Rebecca Ablan ASSA ³ et Patrice Lucien KOUAME ¹

¹ University of Abobo-Adjame (UAA), Faculty of Science and Food Technology (STA), Laboratory of Biochemistry, 02 BP 801 Abidjan 02, Ivory Coast.

² Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Marc Delorme Research Station, Laboratory of Artificial Fertilization and technology program on the coconut palm, 07 BP 13 Abidjan 07, Ivory Coast.

³ University of Cocody, UFR Biosciences - 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant; E-mail: dezranbe@yahoo.fr

RESUME

Le présent travail vise à évaluer les caractéristiques physico-chimiques de noix et de l'huile d'amande des premiers cocotiers PB 121 issus de la culture *in vitro*. Les observations ont été faites sur des noix de trois stades de maturité puis comparées avec celles des cocotiers PB 121 plantés ordinairement (PB 121 O). Il en ressort que les masses des noix PB 121 O sont significativement supérieures à celles issues de culture *in vitro* (PB 121 V), pendant que celles d'amande sont moins élevées. Les teneurs en huiles augmentent généralement au cours de la maturation jusqu'au rang 25 à 70,80% chez PB 121 O et 69,78% chez PB 121 V. Elles baissent ensuite respectivement jusqu'à 65,44% et 64,78%. Les indices d'acide et d'iode sont moins élevés chez les PB 121 V avec respectivement au rang 24 sont de 5,33 et 33,00% puis 5,89 et 39,98% chez PB 121 O. Les indices de saponification de PB 121 V sont supérieurs à ceux de PB 121 O. L'acide laurique représente l'acide gras le plus abondant des huiles étudiées. L'huile d'amande de PB 121 V qui est plus stable et moins acide est plus appropriée en savonnerie.

© 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Cocotier, *in vitro*, amande, huile.

INTRODUCTION

Le Cocotier (*Cocos nucifera* L.) est un palmier de la tribu des Cocoeae. Son fruit est appelé communément "noix de coco". Ce palmier est présent dans toute la zone intertropicale humide. Sa durée de vie économique varie de trente ans à cinquante ans selon la zone de culture. Toutefois, on peut trouver des cocotiers bien plus âgés qui

portent de nombreuses noix. Au niveau mondial, la production annuelle moyenne était estimée à environ 58 milliards de noix de coco, soit l'équivalent de 10,5 millions de tonnes de coprah, pour une superficie de 11,8 millions d'ha dans 93 pays. Les principaux pays producteurs en Afrique sont la Tanzanie (310 000 ha), Mozambique (70 000 ha), Ghana (55 000 ha), Nigeria (50 000 ha), Côte

© 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.38>

d'Ivoire (50 000 ha) et Madagascar (33 000 ha) (van der and Chipungahelo, 2007). La Côte d'Ivoire est le premier pays Africain exportateur de produits cocotiers avec une production de 51000 tonnes coprah/an (Konan, 2011). Le coprah est l'amande de la noix de coco mature et séchée à 6% d'humidité. C'est un produit stable, stockable et facilement transportable. La production mondiale d'huile de coprah est d'environ 3 millions de tonnes par an. Cette huile constitue l'un des principaux produits du cocotier largement utilisée tant en industrie agroalimentaire que cosmétique (Assa, 2007). L'importance économique que représentent les produits cocotier a suscité l'amélioration des techniques d'échanges de matériel végétal. En effet, le transport du matériel végétal coûte cher. Une semence de PB 121 produite en Côte d'Ivoire coûte à l'exportation au moins 4 dollars sur le marché international, quand le coût de transport à destination de l'Amérique latine et des Caraïbes coûte trois fois plus cher (Agnememel, 2007). Les raisons de ces coûts élevés sont liées à la nature des semences [matériel volumineux (plus de 850 g/noix), ne possédant pas de dormance]. Par ailleurs l'exploitation des semences et des plants exigent des restrictions phytosanitaires. La voie de la culture *in vitro* d'embryons zygotiques, a donc été explorée pour réduire ces contraintes (Oulo, 2004). L'hybride Port Bouët 121 (PB 121) qui sert actuellement de référence dans de nombreuses expérimentations mondiales, a été utilisé dans les techniques vitroculturelles au CIRAD Montpellier et en Côte d'Ivoire (Bourdeix et al., 2005). Les premiers vitroplants obtenus ont été transplantés en champs en 1986 à Marc Delorme Côte d'Ivoire (Assy, 1989). A l'exception des travaux effectués sur l'eau (Agnememel, 2007) des noix, ces cocotiers PB 121 issus de vitroculture sont encore méconnus. Le but de notre travail est d'abord de déterminer les caractéristiques physiques des noix de cocotiers PB121 issus de vitroculture, ensuite d'évaluer chimiquement leurs huiles et enfin de les comparer au PB121

ordinairement planté à partir de semences afin de relever l'influence de cette technique de culture.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude et matériel végétal

La station Marc Delorme du CNRA (Centre National de Recherche Agronomique : Abidjan, Côte d'Ivoire) a abritée les travaux. La station couvre une superficie de 1200 ha dont plus de 1000 ha de plantations (Konan, 1997). L'étude a porté sur l'huile d'amande de la noix de coco issu de trois stades de maturité des hybrides PB 121 issus de la vitroculture et PB 121 ordinaires (témoin). Les PB121 ordinaires sont issus de croisement entre le Nain Jaune de Malaisie (NJM) et le Grand Ouest Africain (GOA) à partir de la technique de pollinisation assistée. Les hybrides à étudier ont été obtenus par vitroculture des embryons zygotiques, prélevés à l'intérieur des fruits de PB121 ordinaires. Ces embryons ont été ensuite ensemencés sur divers milieux gélosés, synthétiques pendant 6 mois (Assy, 1986), et les plantules obtenues ont poursuivi leur acclimatation en pépinière pour être transplantées sur la parcelle 064 de la station Marc Delorme du CNRA en 1986. L'essai couvre une superficie de 9,86 hectares.

Méthodes

Echantillonnage

L'échantillonnage est effectué sur des noix matures de rangs 24, 25 et 26 (âgées respectivement de 12, 13 et 14 mois) des hybrides PB 121 issus de la vitroculture et PB 121 ordinaires (témoin). Douze cocotiers dont six PB121 issus de vitroculture et six PB 121 ordinaires, sans antécédent de maladie ont été choisis au hasard dans la parcelle 064. Sur chaque arbre, les régimes des rangs 24, 25 et 26 ont été récoltés. Deux fruits ont été prélevés par régime et analysés. Un échantillon a été constitué à partir d'amandes de quatre noix de même type d'hybride et de chacun des trois rangs 24, 25 et 26. Trois campagnes de récolte ont été effectuées. Au

total deux cent seize (216) noix de coco, ont été analysées par campagne.

Caractéristiques physiques des cultivars étudiés

Les noix entières et débourrées ont d'abord été pesées à l'aide d'une balance, puis cassées et décoquées. Les principaux constituants de la noix que sont la bourre, la coque, l'amande et l'eau ont été pesés. Les épaisseurs d'amande ont également été mesurées.

Caractéristiques chimiques de l'amande des cultivars étudiés

La teneur en matière sèche a été déterminée par séchage de 60 g d'amande fraîche râpée à 70 °C à l'étuve, jusqu'à obtention d'une masse constante (BIPEA, 1976). L'extraction des huiles a été réalisée à partir de la matière sèche d'amande selon la méthode de SOXHLET avec de l'hexane comme solvant (AFNOR, 1973). Les profils chromatographiques des acides gras constitutifs des huiles ont été déterminés à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse (CPG). La détermination de l'indice de saponification s'est effectuée en présence d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium puis titré à l'acide chlorhydrique en présence d'un indicateur coloré (AOAC, 1984). L'indice d'acide est déterminé par titration en présence de phénolphthaléine des acides gras libres, au moyen d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium. La détermination de l'indice d'iode s'est effectuée par le mélange de l'échantillon avec le réactif de WIJS. L'excès d'halogène (I₂) est déterminé en présence d'iodure de potassium et de l'eau, au moyen d'une solution titrée de thiosulfate de sodium. Les analyses ont été répétées trois fois et le résultat est exprimé en moyenne suivie de l'écart-type. L'analyse de variance (ANOVA) et au besoin du test de SNK, ont été effectués avec le logiciel SPSS version 16.0 for Windows au seuil de 5%. Les données des caractéristiques physico-chimiques des paramètres étudiés ont été traitées par une analyse de variance à deux critères de classification (le type d'hybride et

le stade de maturité), avec le logiciel STATISTICA 7.1. Les moyennes obtenues ont été comparées par la méthode de la plus petite différence significative (ppds) aux seuils de 5% et 1%. Les données sont présentées en concentration, pourcentage et/ou sous forme de graphiques. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis de décrire la variabilité des caractéristiques physiques des noix matures et chimiques de leurs huiles, chez les types d'hybrides de cocotiers étudiés. Le logiciel (Xlstat, 7.5.3) a permis de réaliser les analyses statistiques en composantes principales.

RESULTATS

Caractéristiques physiques des cultivars étudiés

Evolution des pourcentages moyens des compartiments constitutifs des noix matures

Le pourcentage moyen des différentes composantes observé chez les deux types d'hybrides, montre que la noix mature est constituée en majorité de bourre, avec des valeurs de 48,62 et 50,24%, respectivement chez le PB 121 V et PB 121 O. Les pourcentages en bourres observées chez les PB 121 V sont significativement inférieurs à ceux de cocotiers produits ordinairement (Figures 1 et 2). Par ordre décroissant, l'amande se classe en deuxième position après la bourre avec des pourcentages plus élevées chez PB 121 V. Les valeurs sont de 22,99% chez le PB 121 O et de 25,47% chez le PB 121 V. cette différence n'est cependant pas significative. L'eau se classe en troisième dans la contribution à la masse de la noix entière avec des proportions de 13,35% chez PB 121 V et 14,89% chez PB 121 O. Contrairement à l'amande, les proportions de l'eau sont plus élevées chez les PB 121 O. cette différence n'est également pas significative. Les coques quant à elles, représentent les éléments en plus petites proportions de la noix chez les deux types d'hybrides, avec des valeurs statistiquement similaires de 11,88% chez le PB 121 O et 12,56% chez le PB 121 V.

Evolution des masses des noix entières d'amande et d'eau de coco étudiées

Les masses de noix entières de PB 121 ordinaires sont supérieures à celles de PB 121 issues de vitroculture. Cette supériorité n'est cependant significative qu'aux rangs 24 avec 1528,37 g et 1459,12 g respectivement chez PB121 O et PB 121 V. Les masses baissent de façon significative du rang 24 au rang 26. Elles chutent chez PB 121 V de 1459,12 (rangs 24), 1322,90 (rangs 25) à 1270,19 g (rangs 26) et chez PB 121 O de 1528,37 (rangs 24), 1368,88 (rangs 25) à 1291,98, (rangs 26) (Tableau 1).

Les masses d'amande de noix PB 121 V sont statistiquement supérieures à celles de PB 121 O. Chez PB 121 V, les masses augmentent significativement jusqu'au rang 26 avec des valeurs respectives de 345,59 (24 rang), 350,30 (25 rang) et 355,01 g (26 rang). Les valeurs chez PB 121 O par contre, augmentent de manière significative du rang 24 au rang 25, pour ensuite baisser au rang 26. Les masses sont respectivement de 297,64, 340,59 et 325,21 g (Tableau 1).

Les masses d'eau des noix enregistrées chez les PB 121 V sont statistiquement inférieures à celles des PB 121 O. Elles baissent significativement du rang 24 au rang 26. Les masses sont de 276,97 et 220,62 g au rang 24, 182,38 et 169,03 g au rang 25, 170,11 et 161,46 g au rang 26, respectivement chez PB 121 O et PB 121 V (Tableau 1)

Les épaisseurs d'amandes des noix étudiées augmentent généralement au cours de la maturation chez les deux types d'hybride. Les épaisseurs d'amande des fruits de PB 121 O sont significativement inférieures celles de PB 121 V et ce, au niveau de tous les stades de maturité étudiés. Les valeurs des PB 121 V augmentent de façon significative de 11,18 à 11,98 mm, pendant que chez PB 121 O, l'augmentation qui n'est significative, varie de 10,38 mm (rang 24) à 11,49 mm (rang 25), pour baisser jusqu'à 11,31 mm au rang 26 (Tableau 1).

Evolution des teneurs en huiles d'amande des noix de coco étudiées

Les teneurs en huiles des amandes des noix étudiées augmentent significativement du rang 24 au rang 25 et ce, chez les deux hybrides. Les valeurs varient respectivement de 66,37 à 70,80% (PB 121 O) et de 66,64 à 69,78% (PB 121 V). Les valeurs baissent statistiquement ensuite jusqu'au rang 26, avec 65,44% chez PB 121 O et 64,78% d'huile chez PB 121 V. A l'exception du rang 25, les teneurs en huile sont statistiquement identiques chez les deux hybrides (Tableau 1).

Caractéristiques biochimiques des huiles d'amandes de noix des cultivars PB 121 étudiés

Indice d'acide, d'iode et de saponification des huiles

Les valeurs d'indice d'acide sont statistiquement identiques chez le témoin (PB 121 O) que chez PB 121 V à l'exception du rang 24. Les valeurs baissent de 5,33 à 5,05 respectivement du rang 24 au rang 26 chez les cocotiers issus de vitroculture. Chez PB 121 O, les indices d'acides régressent de 5,89 (rang 24) à 5,19 aux rangs 25 pour se stabiliser au rang 26 (Tableau 2). Les indices d'iode enregistrés dans les deux types d'hybrides et au niveau des stades de maturité étudiés, indiquent que les valeurs sont significativement identiques chez PB 121 V que chez PB 121 O à l'exception du rang 24. Les indices baissent statistiquement du rang 24 au rang 26, avec des valeurs de 39,98 à 20,94 puis de 33,00 à 19,67, respectivement chez PB 121 O et PB 121 V (Tableau 2). Les indices de saponification obtenus au cours des études révèlent que les valeurs des huiles issues de la vitroculture (PB 121 V) sont significativement plus élevées que celle du témoin (PB 121 O) quelque soit le stade de maturité des noix. Toutefois, les indices baissent chez les deux hybrides et ce, de manière significative jusqu'au rang 26 avec des valeurs respectives de 244,19, 239,92 et 237,12 chez PB 121 V et de 242,31, 237,86 et 234,34 chez PB 121 O (Tableau 2).

Teneurs en acides gras des huiles

Le profil chromatographique des acides gras des huiles étudiées a révélé la présence par ordre d'éluion, des acides caprylique, caprique, laurique, myristique, palmitique, stéarique, oléique, linoléique et de l'acide linoléique (Tableau 3). Les principaux acides gras constitutifs de ces huiles sont l'acide laurique (C12), myristique (C14), palmitique (C16) et l'acide oléique (C18'). Les variations des teneurs d'acide laurique (C12) sont statistiquement différentes au cours des stades de maturité étudiés chez les deux cultivars. En effet, les teneurs augmentent de façon générale au cours de la maturation des fruits jusqu'au rang 25 pour ensuite chuter au rang 26. Les teneurs en acides lauriques évoluent respectivement de 45,56 à 49,42% et de 47,92 à 49,66% du rang 24 au rang 25, pour ensuite baisser jusqu'à 47,14% et 47,71% au rang 26 respectivement chez PB 121 O et PB 121 V. Les données obtenues montrent également qu'à tous les stades de maturité étudiés, les huiles de noix de PB 121 V sont plus riches en acide laurique que celles du PB 121 O. Toutefois, ces différences ne sont pas significatives à l'exception du rang 24. Les teneurs en acide myristique (C14) évoluent différemment chez les deux types d'hybrides. Chez PB 121 V, les valeurs baissent significativement de 19,86 à 18,44%, pendant qu'elles augmentent de 17,27 à 19,12% chez PB 121 O respectivement du rang 24 à 26. A l'exception du rang 26, les pourcentages d'acide myristique relevés sont plus élevés chez les PB 121 V que chez les cocotiers ordinaires. Les variations des teneurs en acide palmitique (C16) des noix étudiés, montrent que les valeurs maximales sont observées au rang 24 chez PB 121 O (12,57%), et au rang 25 chez PB 121 V (10,12%). Pendant que les teneurs augmentent significativement du rang 24 à 25 chez PB 121 V, respectivement de 9,34 à 10,12% pour baisser jusqu'à 9,55% au rang 26, le PB 121 O montre une diminution des teneurs de 12,57 à 8,02% respectivement du rang 24 à 25 et une augmentation au rang 26 avec 9,36. L'évolution du taux d'acide

oléique (C18') des huiles diminuent significativement au cours de la maturation. Les huiles des noix étudiées de PB 121 O, ont des valeurs significativement supérieures aux huiles de PB 121 V et ce, au niveau de tous les stades de maturité étudiés. En effet, les pourcentages baissent de 8,74 à 7,54% chez PB 121 O et de 8,05 à 6,74% chez PB 121 V respectivement du rang 24 à 26. Les acides gras mineurs avec respectivement des valeurs maximales chez PB 121 O et PB 121 V sont les acides caprylique (C8) 6,49 et 6,49%, caprique (C10) 5,22 et 5,28%, stéarique (C18) 3,00 et 3,27%, linoléique (C18'') 5,84 et 3,61% et enfin l'acide linoléique (C18''') 2,38 et 2,73% ((Tableau 2).

Variabilité des caractères étudiés

L'Analyse en Composante Principale (ACP) a été effectuée avec les quatre premiers axes ayant une valeur propre supérieure à 1. L'ensemble des quatre axes exprime 86,40% de la variabilité totale. L'axe A1 exprime 49,92% de cette variabilité. Cette analyse permet également de mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre variables physiques Masse de noix entière (MNE), masse de Bourre (MBO), masse de coque (MCO), masse d'eau (MEA), masse d'amande (MAM) Epaisseurs Amande (EPA) et chimique des huiles Indice d'Acide (IA), Indice d'Iode (II), Indice de Saponification (IS), acide laurique (C12), acide palmitique (C16), acide stéarique (C18), acide linoléique (C18''), acide linoléique (C18''') ont majoritairement contribuées à sa formation. L'axe 2 qui exprime 16,14%. Il a été principalement formé par les variables chimiques que sont % huile, acide caprylique (C8), acide laurique (C12) et acide myristique (C14) qui lui sont corrélées positivement. L'axe 3 exprimant 14,43% de la variabilité a été essentiellement formé par les variables biochimiques % Huile, acide stéarique (C18), acide oléique (C18'), qui lui sont corrélées positivement. L'axe 4 a été principalement formé par le pourcentage d'Huile qui lui est positivement liée (Tableau 3).

La projection des populations des variables et des individus est faite dans le plan formé par les axes A1 et A2 qui cumulent la plus grande variabilité (66,06%). Elle répartit les individus en trois classes. La classe 1 est constituée des noix de PB 121 O R25, PB 121 V R24, PB 121 V R25, caractérisés par des valeurs élevées des teneurs en huile ainsi que de la majorité de ses paramètres chimiques. La classe 2 renferme les individus PB 121 O

R26 et PB 121 V R26. Ils sont caractérisés par les paramètres tels que le pourcentage de matière sèche, acide linoléique et d'acide oléique. Enfin, la classe 3 constitué du témoin PB 121 O R24. Cette classe est caractérisée par des valeurs élevées des masses de noix entière, bourre, eau, les indices d'iode et d'acide, les teneurs en acides palmitique et stéarique ainsi que les valeurs moindres de la masse d'amande (Figures 3 et 4).

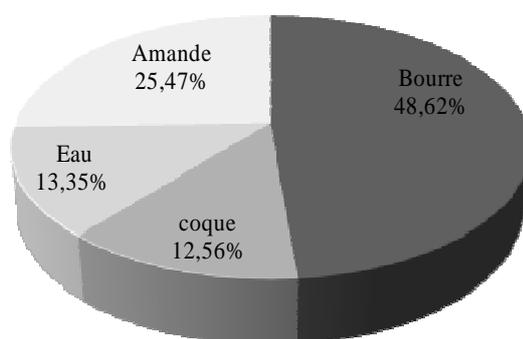


Figure 1: pourcentages des composantes de noix mature de cocotier PB 121 Vitroplant (PB 121 V)

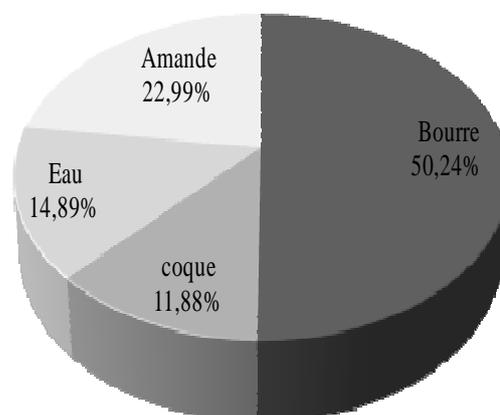


Figure 2: pourcentages des composantes de noix mature de cocotier PB 121 ordinaire (PB 121 O)

Tableau 1: Variation des paramètres physicochimiques des noix de cultivars PB 121 étudiés.

Paramètres	Rangs	PB 121 O	PB 121 V	P intra rang
Masse noix entière (g)	24	1528,37 ± 58,37 ^{CB}	1459,12 ± 7,13 ^{BA}	<0,001
	25	1368,88 ± 26,38 ^{BA}	1337,90 ± 65,39 ^{AA}	0,292
	26	1291,98 ± 43,02 ^{AA}	1290,19 ± 13,57 ^{AA}	0,115
P intra matériel		<0,001	0,002	
Masse Amande (g)	24	292,64 ± 14,87 ^{AA}	345,59 ± 6,92 ^{AB}	0,007
	25	340,59 ± 3,09 ^{BA}	350,30 ± 12,80 ^{AB}	0,015
	26	320,21 ± 0,21 ^{BA}	355,01 ± 10,00 ^{AB}	0,006
P intra matériel		0,003	0,071	
Masse Eau (g)	24	276,97 ± 1,97 ^{CB}	220,62 ± 0,38 ^{BA}	<0,001
	25	182,38 ± 0,13 ^{BB}	169,03 ± 6,53 ^{AA}	<0,001
	26	170,11 ± 2,40 ^{AB}	161,46 ± 1,05 ^{AA}	<0,001
P intra matériel		<0,001	<0,001	
Epaisseurs Amande (mm)	24	10,38 ± 0,53 ^{AA}	11,18 ± 0,38 ^{AA}	0,97
	25	11,49 ± 0,73 ^{AA}	11,88 ± 0,02 ^{BA}	0,407
	26	11,31 ± 0,75 ^{AA}	11,98 ± 0,24 ^{BA}	0,218
P intra matériel		0,181	0,018	
Huile (%)	24	66,37 ± 0,25 ^{AA}	66,64 ± 0,15 ^{BA}	0,175
	25	70,80 ± 1,08 ^{BB}	69,78 ± 0,66 ^{BA}	0,002
	26	65,44 ± 0,13 ^{AA}	64,78 ± 0,44 ^{AA}	0,066
P intra matériel		<0,001	0,008	

P : probabilité du test (test Newman Keuls au seuil de 5 % et 1 %) ; les valeurs affectées de la même lettre en minuscule et en gras dans la même colonne ne sont pas significativement différentes pour chaque paramètre. Les valeurs affectées de la même lettre en majuscule et en italique sur la même ligne ne sont pas significativement différentes pour chaque paramètre.

Tableau 2: Variation des caractéristiques chimiques de l'huile d'amande des noix de cultivars PB 121 étudiés.

Paramètres	Rangs	PB 121 O	PB 121 V	P intra rang
Indice d'Acide	24	5,89 ± 0,04 ^{BB}	5,33 ± 0,12 ^{AA}	0,001
	25	5,19 ± 0,02 ^{AA}	5,19 ± 0,70 ^{AA}	1,00
	26	5,19 ± 0,30 ^{AA}	5,05 ± 0,56 ^{AA}	0,722
P intra matériel		0,003	0,812	
Indice d'Iode	24	39,98 ± 0,64 ^{BB}	33,00 ± 0,27 ^{CA}	<0,001
	25	23,59 ± 2,17 ^{AA}	22,21 ± 0,64 ^{BA}	0,349
	26	20,94 ± 0,64 ^{AA}	19,67 ± 0,63 ^{AA}	0,070
P intra matériel		<0,001	<0,001	
Indice de Saponification	24	242,31 ± 0,36 ^{CA}	244,19 ± 0,61 ^{CB}	0,010
	25	237,86 ± 0,17 ^{BA}	239,92 ± 0,14 ^{BA}	<0,001

	26	234,34 ± 0,77 ^{aA}	237,12 ± 0,24 ^{aB}	0,004
P intra matériel		<0,001	<0,001	
	24	45,56 ± 0,54 ^{aA}	47,92 ± 0,12 ^{aB}	0,001
Acide laurique (%)	25	49,42 ± 0,66 ^{cA}	49,66 ± 0,26 ^{bA}	0,207
	26	47,14 ± 1,36 ^{bA}	47,71 ± 0,16 ^{aA}	0,067
P intra matériel		<0,001	<0,001	
	24	17,27 ± 0,05 ^{aA}	19,86 ± 0,27 ^{bB}	<0,001
Acide myristique (%)	25	18,87 ± 0,73 ^{bA}	19,71 ± 0,27 ^{bB}	0,005
	26	19,12 ± 0,25 ^{bB}	18,44 ± 0,22 ^{aA}	0,024
P intra matériel		<0,001	<0,001	
	24	12,57 ± 0,56 ^{cB}	9,34 ± 0,46 ^{aA}	0,001
Acide palmitique (%)	25	8,02 ± 0,02 ^{aA}	10,12 ± 0,39 ^{aB}	<0,001
	26	9,36 ± 0,30 ^{bA}	9,55 ± 0,40 ^{aA}	0,546
P intra matériel		<0,001	0,138	
	24	8,74 ± 0,06 ^{aB}	8,05 ± 0,18 ^{bA}	0,042
Acide oléique (%)	25	8,19 ± 0,55 ^{aB}	6,86 ± 0,16 ^{aA}	0,015
	26	7,54 ± 0,18 ^{aA}	6,74 ± 0,56 ^{aA}	0,078
P intra matériel		0,126	<0,001	
	24	6,09 ± 0,03 ^{aA}	6,49 ± 0,15 ^{aB}	0,009
Acide caprilyque (%)	25	6,63 ± 0,31 ^{bA}	6,28 ± 0,15 ^{aA}	0,147
	26	6,49 ± 0,07 ^{bA}	6,13 ± 0,47 ^{aA}	0,251
P intra matériel		0,025	1,130	
	24	5,22 ± 0,05 ^{aB}	4,94 ± 0,03 ^{aA}	0,001
Acide caprique (%)	25	5,06 ± 0,10 ^{aA}	5,28 ± 0,19 ^{bA}	0,142
	26	4,94 ± 0,26 ^{aA}	4,90 ± 0,15 ^{aA}	0,840
P intra matériel		0,173	0,030	
	24	1,81 ± 0,01 ^{aA}	2,31 ± 0,08 ^{bB}	<0,001
Acide stéarique (%)	25	2,68 ± 0,14 ^{bB}	1,32 ± 0,13 ^{aA}	<0,001
	26	3,00 ± 0,28 ^{bA}	3,27 ± 0,20 ^{cA}	0,237
P intra matériel		<0,001	<0,001	
	24	5,84 ± 0,44 ^{bB}	3,35 ± 0,26 ^{aA}	0,001
Acide linoléique (%)	25	2,54 ± 0,06 ^{aA}	3,61 ± 0,11 ^{aB}	<0,001
	26	3,06 ± 0,15 ^{aA}	3,53 ± 0,13 ^{aB}	0,013
P intra matériel		<0,001	0,250	
	24	0,99 ± 0,03 ^{aA}	1,15 ± 0,12 ^{bA}	0,078
Acide linoléique (%)	25	2,38 ± 0,04 ^{bB}	0,87 ± 0,13 ^{aA}	<0,001
	26	2,31 ± 0,25 ^{bA}	2,73 ± 0,03 ^{cB}	0,044
P intra matériel		<0,001	<0,001	

P : probabilité du test (test Newman Keuls au seuil de 5 %) ; les valeurs affectées de la même lettre en minuscule et en gras dans la même colonne ne sont pas significativement différentes pour chaque paramètre. Les valeurs affectées de la même lettre en majuscule et en italique sur la même ligne ne sont pas significativement différentes pour chaque paramètre.

Tableau 3: Valeurs propres et matrice de corrélation entre les valeurs propres, les axes factoriels principaux et les paramètres physiques et chimiques étudiés.

Axes factoriels	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4
valeurs propres	9,984460	3,227543	2,887865	1,181977
% variance	49,92230	16,13772	14,43933	5,90989
% Cumulé	49,9223	66,0600	80,4993	86,4092
Mass noix entière (MNE) (g)	-0,891066	0,132587	0,311734	-0,125484
Masse Bourre (MBO) (g)	-0,943768	-0,016243	0,249235	0,091287
Masse coque (MCO) (g)	-0,657861	0,610878	-0,349033	-0,138763
Masse Eau (MEA) (g)	-0,937043	-0,099268	0,299569	-0,097882
Masse Amande (MAM) (g)	0,621992	-0,049286	0,459923	-0,394069
Epaisseurs Amande (EPA) (mm)	0,675015	0,057868	-0,471016	-0,041897
% Huile	0,012443	0,555247	0,591585	0,500023
acide caprilyque (C8) %	0,318153	0,550408	0,462220	0,013650
acide caprique (C10) %	-0,470819	0,256608	-0,467126	0,487663
acide laurique (C12) %	0,552644	0,713574	-0,213898	0,131993
acide myristique (C14) %	0,450592	0,692048	-0,254592	-0,366597
acide palmitique (C16) %	-0,822125	-0,442913	-0,325844	0,047976
acide stéarique (C18) %	0,670626	-0,471721	0,532398	-0,177059
acide oléique (C18') %	-0,298045	0,395032	0,748986	0,118500
acide linoléique (C18'') %	-0,855450	-0,463960	-0,171970	0,044430
acide linoléique (C18''') %	0,792786	-0,409320	0,371975	0,179269
Indice d'Acide (IA)	-0,642226	-0,159471	0,149620	0,153895
Indice d'Iode (II)	-0,955655	0,005344	0,177020	-0,203039
Indice de Saponification (IS)	-0,740676	0,355055	-0,005551	-0,426705

Les valeurs en gras contribuent majoritairement à la formation des différents axes factoriels.

DISCUSSION

Les données physiques ont montré que les masses de noix entières de PB 121 ordinaires sont supérieures à celles de PB 121 issues de vitroculture. Les différences observées pourraient être liées au mode de production des plantules. En effet, lors de la culture des plants de cocotier, la croissance de l'embryon, chez le témoin, se fait de façon naturelle par utilisation des ressources nutritives abondante de l'amande et de l'eau qui dans la semence la noix, sont

indispensable à la germination (Assa et al., 2007). La nutrition d'embryon en vitroculture quant à elle, se fait artificiellement avec des milieux préalablement préparés, contenant des éléments nutritifs strictement nécessaires au bon développement de l'embryon (Assy, 1986). Ce milieu artificiel ne serait pas aussi optimal que ceux dont l'embryon bénéficie à l'intérieur de la noix en germination ; ce qui aurait une influence sur la vigueur du plant et de l'arbre qui en résulte. Aussi, après fécondation, le sac embryonnaire grossit et se

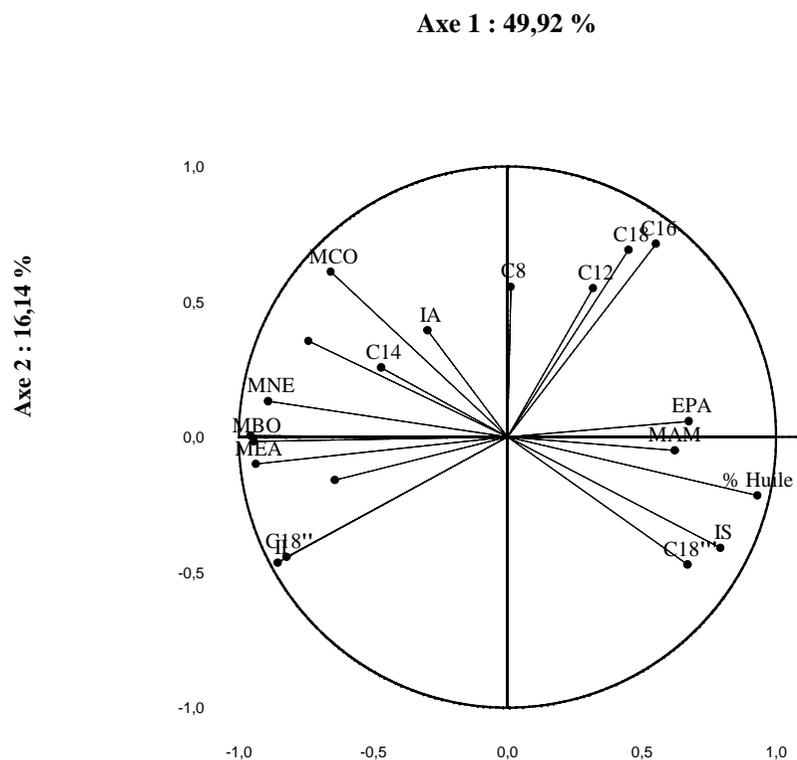


Figure 3: Projection des variables dans le plan formé par les axes factoriels 1 et 2.

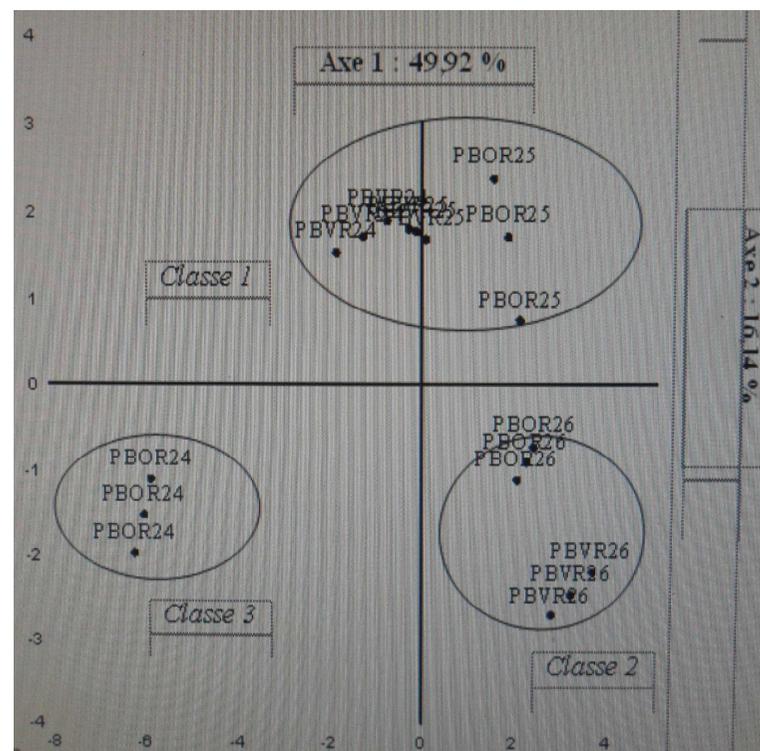


Figure 4: Projection des fruits dans le plan formé par les axes factoriels 1 et 2.

transforme en cavité centrale dans laquelle se développe le liquide se trouvant à l'intérieur de la noix qui se transforme lentement en chair (van der Vossen et Chipungahelo, 2007). Ensuite, vient la phase d'hydratation du protoplasme qui amène la teneur en eau à environ 50 à 60% du poids frais où vers huit (8) mois (rang 20), la croissance de la noix entière se termine. Cette phase d'hydratation permet la reprise des activités métaboliques, qui au fil du temps, entraîne la baisse d'eau où l'albumen qui d'abord gélatineux, se solidifie par dépôt de cellulose à partir du tégument séminal. L'enveloppe fibreuse se dessèche progressivement et durcit (Rethinam, 2004). D'où la baisse de la masse de noix entière suivie de celle de l'eau, pendant tout le processus de maturation du fruit.

L'augmentation de masses d'amande observée, serait liée à l'utilisation des éléments constitutifs de l'eau. En effet, selon Assa (2007), les constituants de l'eau de coco sont indispensables au développement de l'amande. L'eau de la cavité de la noix transférerait à l'amande des éléments synthétisés par les échanges gazeux et ceux de la sève qui transitent par le tronc et le pédoncule du régime, pour poursuivre son développement pendant la maturation. Toutefois, la maturation serait plus longue chez le cocotier cultivé *in vitro* que chez le PB 121 ordinaire. Cette évolution d'amande entraînerait également celle de son épaisseur chez les deux types d'hybrides ; étant donné que le développement de l'amande de coco se produit à travers son épaissement. Une fois la maturation terminée, les baisses de la masse et de l'épaisseur sont corrélées avec la transformation de cette dernière en substance nutritive pour nourrir l'embryon, puis la jeune plantule qui se développe ; ce cas a été observé chez le PB 121 ordinaire au rang 26 (Adkins et al., 2002).

Les teneurs en huiles d'amande des cultivars étudiés augmentent généralement au cours de la maturation jusqu'au rang 25 (treize mois) où elles baissent. Les lipides qui constituent la forme de réserve la plus

répandue, dans 9/10 des plantes. Ainsi lors de la maturation des graines oléagineuses, on assiste à la disparition d'une grande partie des glucides avec en même temps accumulation d'huile: les glucides sont catabolisés dans la chaîne de la glycolyse qui aboutit à la formation d'acide pyruvique. Sa décarboxylation en présence du coenzyme A, fournit les fragments en C2 nécessaires à la formation d'acides gras ; favorisant ainsi la synthèse de molécules lipidiques (Assa, 2007). Inversement lors de la germination, on assiste à une utilisation massive des lipides de réserve. Ce sont les lipases qui hydrolysent spécifiquement et réversiblement les triglycérides en acides gras et glycérol. Les acides gras sont ensuite tronçonnés par une beta-oxydation en acétyl-CoA. Puis le cycle glyoxylique (cycle de Krebs) transforme l'acétyl-CoA en oxaloacétate lui-même décarboxylé en PEP point de départ de la remontée de la glycolyse qui aboutit à la formation des glucides (phénomène observé à partir de treize mois d'âge du fruit) (Rethinam, 2004).

Selon Kpoviessi et al. (2004), L'indice d'acide montre le taux d'acides gras libres dans l'huile. Une valeur élevée est préjudiciable aux huiles comestibles. L'augmentation des teneurs en huile au cours de la maturation provoquerait un surplus de lipides, qui serait lié à la libération d'acides gras suite à l'action de lipases sécrétées dans le fruit. Cependant, les baisses de l'indice d'acide observées chez les cocotiers vitrocultivés de douze (rang 24) à quatorze mois (rang 26), ainsi que chez les cocotiers ordinaires, seraient dues à l'utilisation de ces acides gras lors de l'oxydation dans la mitochondrie pour la synthèse de l'acétyl-coA. En effet, les FADH₂, NADH₂ ainsi que l'acétyl-coA synthétisé alimenteront le cycle de Krebs (Anonyme 1, 2003).

Kpoviessi et al. (2004) mentionne également que l'indice d'iode permettrait de déterminer quantitativement l'insaturation globale de la matière grasse. L'indice est moins élevé chez PB 121 V que chez PB 121

O. Toutefois, l'évolution des valeurs des indices d'iode et d'acide sont pratiquement identiques. En effet, Les substrats des réactions d'oxydation sont principalement les acides gras. Ils s'oxydent en général plus vite lorsqu'ils sont libres et plus insaturés. Il s'agit en fait d'une évaluation de l'aptitude des acides gras libérés à rancir : plus il y'a des insaturations sur l'acide gras, plus il serait sensible à l'O₂ (Anonyme 2, 2004). Les réactions qui en résultent, entraîneraient ainsi la formation de composés souvent toxiques tels que les peroxydes. La connaissance de l'indice d'iode permet également de porter un premier jugement sur l'aptitude à la combustion de l'huile : plus l'indice est élevé, plus la combustion peut poser des problèmes (Anonyme 2, 2004).

Les indices de saponification obtenus au cours des études révèlent que les valeurs chez PB 121 V sont significativement plus élevées que chez PB 121 O. L'indice de saponification indique la teneur en acides gras (estérifiés et libres) de l'huile. Une valeur élevée peut orienter cette huile vers la fabrication du savon (Kpoviessi *et al.*, 2004). Ainsi, les fortes valeurs justifient le caractère moussant des savons fabriqués à partir de l'huile de coco. Leurs baisses durant le phénomène de maturation seraient donc liées une augmentation de la longueur des chaînes d'acides gras. En effet, les teneurs en huile augmentent au cours de la maturation ; les acides gras servent à la synthèse d'autres lipides. L'acide gras en formation est allongé, par ajouts successifs de 2 Carbones, grâce à des molécules de malonyl-CoA (Jane, 2005). Grâce à son indice de saponification élevé et à sa forte proportion en acides gras saturés, l'huile de coco peut être utilisée dans la fabrication de savon et de détergent (Phippen *et al.*, 2006).

Les principaux acides gras constitutifs des huiles des différents stades de maturité sont l'acide laurique (C12), myristique (C14), palmitique (C16) et l'acide oléique (C18'). Les lipides de la noix de coco sont constitués pour leur plus grande part, pratiquement 90 % du

total, par des acides gras saturés. Ces résultats sont en accord avec ceux de Phippen *et al.* (2006). En effet, les molécules d'acides gras mono et polyinsaturés de l'huile (acide oléique, acide linoléique et l'acide linoléique) très sensibles aux phénomènes d'oxydation, entament leur dégradation dans la mitochondrie, selon un ensemble de réactions regroupées sous le terme d'hélice de Lynen (ou bêta-oxydation des acides gras) : a chaque "tour" de l'hélice de Lynen, l'acide gras "perd" deux Carbones, sous la forme d'une molécule d'acétyl-CoA. Les ruptures des liaisons plus vulnérables à l'oxydation (doubles liaisons), favoriseraient également la concentration des huiles en acides gras saturés. Parmi ces acides gras, l'acide laurique domine largement: il représente presque la moitié des acides gras totaux de la noix de coco. L'abondance de l'acide laurique dans l'huile de coco est un critère de qualité en savonnerie, car il confère le caractère moussant aux savons. En effet, les huiles contiennent jusqu'à environ 50% d'acide laurique, un acide gras saturé à courte chaîne qui contient 12 atomes de carbone (Ohler *et al.*, 2001). Les données obtenues montrent qu'au niveau de tous les stades de maturité de noix étudiés, les huiles de noix de PB 121 V sont plus riches en acide laurique que les PB 121 ordinaires. Les différences observées pourraient être dues à l'effet de la vitroculture. Cependant, l'augmentation des teneurs durant la maturation, serait indirectement liée à celle des huiles constitutives de l'amande. L'acide laurique représentant presque la moitié des acides gras totaux, les moindres variations des teneurs en huile influenceraient également celles de l'acide laurique.

Conclusion

La présente étude a permis de réaliser des travaux sur l'impact de la vitroculture sur les caractéristiques physico-chimiques de noix et de l'huile d'amande des cultivars PB 121 en fonction des stades de maturité. Les noix issues des rangs 24, 25 et 26 ont été utilisées. Le cultivar PB 121 cultivé ordinairement a

servi de témoin. Les tests agromorphologiques montrent que les masses de noix entières ainsi de PB 121 ordinaires sont supérieures à celles de PB 121 issus de vitroculture. Aussi, Le développement morphologique observé chez le cocotier vitrocultivé, se renforcerait au niveau interne du fruit étant donné que les masses d'amande dominant largement celles des PB 121 planté ordinairement. Les différences entre les deux types d'hybrides au niveau chimiques se font aussi ressentir pour les constitutions lipidiques où les teneurs et les variations d'huiles pratiquement identiques, révèlent des indices de saponification plus élevés chez les noix issues de vitroculture que chez les cocotiers ordinaires, quand l'indice d'acide et d'iode y sont moindres. Parmi les acides gras constitutifs de ces deux types d'huiles, l'acide laurique est le plus abondant et les huiles d'amande de PB 121 V en sont plus riches. L'amande des fruits de vitrococotiers serait donc plus avantageuse en production de croprah pendant que son huile plus stable et moins acide, accentue un caractère plus moussant que celui du PB 121 issu de semence ; renforçant ainsi l'influence positive de cette technique dans la filière nucicole.

REFERENCES

- Adkins S, Samosir Y, Nikmatullah A, Wilkins R, Hetherington S, Ogle H. 2002. Towards the clonal propagation of coconut. *Acta Horticulturae*, **575**: 107–115.
- AFNOR. 1973. Norme française homologuée NF V03-905. Graines oléagineuses : détermination de l'extrait à l'hexane, p 48-54.
- Agnememel AB. 2007. Evolution post-récolte des caractéristiques physico-chimiques de l'eau des fruits matures de vitroplants d'hybrides de cocotier (*Cocos nucifera* L.) PB121 selon les stades de maturité et la durée de stockage. Mémoire de DEA, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 42 p.
- Anonyme 1. 2003. Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 10, Numéro 5-6, 425-7, Double 5-6, Septembre-Octobre-Novembre-Décembre 2003, fiche technique ; Étude des acides gras de l'huile de fruit de pistachier de l'Atlas algérien.
- Anonyme 2. 2004. Institut Française des Huiles Végétales. Les plantes à huiles végétales. Site: <http://institut.hvp.free.fr/>; consulté en septembre 2006.
- AOAC. 1984. *Association of Official Analytical Chemical; Official Methods of Analysis* (14th edn). AOAC: Washington D.C., U.S.A.
- Assa R. 2007. Diagnostic de la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien : étude physico-chimique, microbiologique et organoleptique de l'eau et de l'amande des fruits de quatre cultivars du cocotier (*Cocos nucifera* L.) selon les stades de maturité. Thèse de Doctorat Unique de l'Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 188 p.
- Assa R, Konan J-L, Agbo N, Prades A, Nemlin J. 2007. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des fruits de quatre cultivars de cocotier (*cocos nucifera* L.) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, **19**(1): 42-51.
- Assy BB. 1986. Culture *in vitro* d'embryon zygotique de cocotier. *Oléagineux*, **41**(7): 321-328.
- Assy Bah B, Durand-Gasselien T, Engelmann F, Pannetier C. 1989. Culture *in vitro* d'embryons zygotiques de cocotier (*Cocos nucifera* L.) Méthode, révisée et simplifiée, d'obtention de plants de cocotiers transférables au champ. *Oléagineux*, **44** (11) : 515-516.
- BIPEA. 1976. Recueil des Méthodes d'Analyse des communautés Européennes. P 160.
- Bourdeix R, Konan J-L, N'cho YP. 2005. *Cocotier ; Guide des Variétés Traditionnelles et Améliorées*. Edition Diversiflora; co-production CIRAD, CNRA: France, Montpellier; 103 P.

- Jane Roch. 2005. Composition de la graine de tournesol (*Helianthus annuus* L.) sous l'effet conjugué des contraintes agri-environnementales et des potentiels variétaux; Thèse de Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse, 298 p.
- Konan Brou R. 2011. Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques de l'amande, l'eau et de l'haustorium des noix de 3 cultivars de cocotier (*Cocos nucifera* L.) en fonction du temps de germination ; Thèse de Doctorat Unique de l'Université d' Abobo Adjamé, Côte d'Ivoire, 189 p.
- Konan JL. 1997. Etude de la tolérance à la sécheresse chez le cocotier (*cocos nucifera* L.) évaluation de quelques caractères biologiques et physiologiques : Thèse de Doctorat 3^e cycle. Université de cocody, Côte d'Ivoire, 210 p.
- Kpoviessi Dossou Sika Salomé, Georges C. Accrombessi, Cosme Kossouoh, Mohamed M. Soumanou, Mansourou Moudachirou, 2004. *Propriétés Physico-Chimiques et Composition de l'Huile non Conventionnelle de Pourghère (Jatropha curcas) de Différentes Régions du Bénin.* Elsevier SAS, Académie des Sciences; 1007–1012.
- Ohler JG, Magat SS. 2001. *Cocos nucifera* L. In *Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable Oils and Fats*, Van der Vossen HAM, Umali BE (eds). Backhuys Publishers: Leiden, Netherlands; 76–84.
- Oulo N'Nan. 2004. utilisation des biotechnologies pour les échanges et la conservation des ressources génétiques du cocotier (*cocos nucifera* L.) Thèse de Doctorat Unique, Université d'Angers, France, 199 p.
- Phippen W, Isbell T, Phippen M. 2006. Total seed oil and fatty acid methyl ester contents of cuphea accessions. *Ind. Crops Production*, **24**: 52-59.
- Rethinam P. 2004. World coconut industry: past, present and future. *Indian Coconut Journal*, **35**(3): 3–14.
- Van der Vossen HAM, Chipungahelo GSE., 2007. *Cocos nucifera* L. In *PROTA 14: Vegetable Oils/Oléagineux*, Van der Vossen HAM, Mkamilo GS (eds). PROTA: Wageningen, Pays Bas.