



Caractérisation physico-chimique des composantes de noix immature et mature de l'hybride de cocotier (*Cocos nucifera* L.) Nain Jaune Malaisie x Grand Vanuatu cultivé en Côte d'Ivoire

Noëlle Françoise KODJO^{1,2}, Konan Jean-Louis KONAN², Ginette Gladys DOUE^{1*}, Saraka Didier Martial YAO³, Kouassi ALLOU², Sébastien NIAMKE¹

¹Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Biotechnologies, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²CNRA, Station Marc Delorme, Programme Cocotier, 07 BP 13 Abidjan 07, Côte d'Ivoire

³UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly, BP 1328 Korbogo, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant : E-mail : doueginette@yahoo.fr; Tel : (+225) 07 58 27 29

Mots clés : Cocotier *Cocos nucifera*, hybride NJM x GVT, composantes de la noix, caractères physico-chimiques, Jaunissement Mortel, Côte d'Ivoire

Keywords : Coconut palms *Cocos nucifera*, MYD x VTT hybrid, fruit components, physicochemical traits, Lethal Yellowing (LY) disease, Côte d'Ivoire

1. RESUME

Cette étude vise à mettre en exergue les caractéristiques physico-chimiques de noix récoltées sur le cocotier hybride Nain Jaune Malaisie (NJM) x Grand Vanuatu (GVT) tolérant au Jaunissement Mortel au Ghana et cultivé dans les conditions agro-climatiques de la Côte d'Ivoire. Quelques caractéristiques pondérales de la noix entière, diamètres et volume, de même que les teneurs en cendres, en matière sèche et les valeurs de degré Brix des composantes de la noix ont été déterminées. Les résultats ont montré que les hybrides NJM x GVT et le témoin PB121⁺ ont produit des noix de mêmes volumes au stade immature (784,30 à 862,89 cm³) et mature (941,83 à 963,24 cm³). En général, les caractéristiques pondérales de la noix entière et de ses composantes que sont la bourre, la coque, l'amande et l'eau de coco n'ont pas différencié significativement les deux hybrides. La teneur en cendres a diminué significativement pendant la maturation de la noix passant de 2,71 à 0,48 % dans la coque, de 6,45 à 5,15 % dans l'amande et de 0,64 à 0,36 % dans l'eau de coco. Aux stades immature et mature de la noix, les teneurs en matière sèche déterminées dans l'amande (12,74 à 54,84 %) et dans l'eau de coco (4,68 à 6,88 %) ont été statistiquement égales chez les deux hybrides étudiés. L'eau de coco avec des valeurs de degré Brix fluctuant entre 4,35 et 5,68 a été moins acide (6,92 ≤ pH ≤ 6,95) chez NJM x GVT que chez PB121⁺ (6,74 ≤ pH ≤ 6,77). L'hybride NJM x GVT qui ressemble à l'hybride de cocotier le plus vulgarisé PB121⁺ pourrait remplacer ce dernier dans les zones affectées par la maladie du Jaunissement Mortel. En outre, au niveau de la noix et ses composantes, l'hybride NJM x GVT pourrait être valorisé pour produire des noix de bouche et des cordages.



ABSTRACT

This study aims to highlight the physico-chemical characteristics of nuts harvested from the hybrid coconut palm Malayan Yellow Dwarf (MYD) x Vanuatu Tall (VTT) tolerant to Lethal Yellowing (LY) disease and cultured under agro-climate conditions of Côte d'Ivoire. Some weight characteristics of the whole nut, diameters and volume, as well as the ash content, dry matter and the Brix values of the nut components were determined. The results showed that the hybrids MYD x VTT and worldwide-spread variety PB121⁺ used as control produce fruits with same volumes at the immature (784.3 to 862.89 cm³) and mature (941.83 to 963.24 cm³) stages. Commonly, the weights of whole nut and its components that are husk, shell, kernel and coconut water were statistically similar in both coconut hybrids MYD x VTT and PB121⁺. Ash contents decrease significantly during nut maturation in shell from 2.71 to 0.48 %, kernel from 6.45 to 5.15% and coconut water from 0.64 to 0.36%. At the immature and mature stages of the nut, dry matter contents in kernel (12.74 to 54.84%) and coconut water (4.68 to 6.88%) were equal in both varieties MYD x VTT and PB121⁺. The coconut water with value of Brix degree varying from 4.35 to 5.68 was less acid in MYD x VTT (6.92 ≤ pH ≤ 6.95) than the one of control PB121⁺ (6.74 ≤ pH ≤ 6.77). So, the MYD x VTT hybrid was similar to the worldwide-spread coconut variety PB121⁺ following most of nut physicochemical traits studied. Therefore, MYD x VTT hybrid could be planted in area affected by LY disease. The immature and mature nuts harvested from MYD x VTT hybrid could be used to product the rope, coal and copra.

2. INTRODUCTION

Le cocotier (*Cocos nucifera* L.) est une plante tropicale pérenne originaire de deux zones géographiques que sont l'Asie du Sud-Est et le Sud de l'Inde (Gunn *et al.*, 2011). Dans le monde, la superficie totale des terres cultivées en cocotier est estimée à 12 millions d'hectares avec une production annuelle de 5,8 millions de tonnes de coprah. ha⁻¹ (FAO et World Oil, 2010). En Côte d'Ivoire, le cocotier est cultivé essentiellement sur le littoral sur une superficie de 50 000 ha avec une production annuelle estimée à 467 500 000 noix fournissant 55 000 tonnes de coprah (Konan *et al.*, 2006). En outre, cette activité constitue la principale source de revenus des paysans du littoral ivoirien (Assa *et al.*, 2006) où les autres cultures ne peuvent pas bien se développer. Depuis quelques années, la filière nucicole est confrontée à de nombreuses difficultés entraînant une baisse de la productivité. Il s'agit entre autres du faible cours du coprah, du vieillissement des plantations et de la concurrence des autres oléagineux, *etc.* De plus, la culture du cocotier est soumise aux attaques des ravageurs et aux maladies dont le Jaunissement Mortel (JM) du cocotier. Cette maladie demeure actuellement le risque

phytosanitaire le plus inquiétant auquel est confrontée la cocoteraie mondiale puisqu'elle est à l'origine de sa dévastation (Sangaré *et al.*, 1992). Malheureusement, toutes les études menées à ce jour sur le JM du cocotier n'ont pas permis de mettre au point des méthodes de lutte chimique efficaces. Ainsi, d'autres axes d'études ont été envisagés tels que la lutte génétique avec la sélection de cultivars de cocotier tolérants au JM pour endiguer cette pandémie (Konan *et al.*, 2013). En Afrique, le JM est présent depuis longtemps dans plusieurs pays tels que le Mozambique, la Tanzanie, le Nigéria et le Ghana (Sangaré *et al.*, 1992). Plus récemment en Côte d'Ivoire, l'existence d'un foyer de JM dans le département de Grand-Lahou a été révélé (Konan *et al.*, 2013 ; Arocha-Rosette *et al.*, 2014). Ainsi, la cocoteraie ivoirienne est menacée alors qu'elle abrite l'une des plus importantes collections internationales, classée «patrimoine international FAO». Cette collection de cocotier est la plus diversifiée et utilisée au monde (Yao, 2014). Dans la lutte contre le JM du cocotier, des tests de tolérance ont été conduits en zone endémique au Ghana depuis 1981, au moment où la maladie n'était pas encore présente en Côte



d'Ivoire, par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Côte d'Ivoire en collaboration avec le Oil Palm Research Institute (OPRI) du Ghana (Sangaré *et al.*, 1992). A l'issue de ces tests, les cultivars Nain Vert Sri Lanka (NVS) et Grand Vanuatu (GVT) ont été identifiés comme source de tolérance à la maladie du JM du cocotier au Ghana. Ces deux cultivars, disponibles dans la collection de cocotier de Côte d'Ivoire, ont été impliqués dans des croisements pour créer des hybrides de cocotier tolérants au JM et à hauts rendements. Les premiers résultats relatifs aux caractéristiques agromorphologiques de ces descendance hybrides NJM x GVT cultivées dans les conditions agroclimatiques de la Côte d'Ivoire ont montré l'existence de deux morphotypes ayant des traits végétatifs et de production distincts (Koffi *et al.*, 2013). Aussi,

l'hybride NJM x GVT produit annuellement de façon générale 9 à 11 régimes portant 76 à 121 noix matures (Koffi *et al.*, 2014). La masse de coprah par arbre varie de 12,54 à 19,82 kg (Koffi *et al.*, 2014). Ce qui fournit un rendement par hectare de 1,66 t de coprah (Koffi *et al.*, 2014). Toutefois, aucune étude n'a porté sur les caractéristiques physiques et biochimiques des noix issues de cet hybride tant au Ghana qu'en Côte d'Ivoire. L'objectif de cette étude est de déterminer certaines caractéristiques physico-chimiques des composantes du fruit issu de l'hybride NJM x GVT en expérimentation en Côte d'Ivoire en vue d'une vulgarisation appropriée. Ce qui permettra de proposer des voies de valorisation et conseiller la plantation de l'hybride NJM x GVT dans les zones limitrophes de la frontière Côte d'Ivoire-Ghana.

3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Matériel végétal : Les travaux ont été réalisés à partir des noix immatures et matures, âgées respectivement de 8 et 12 mois, récoltées sur des individus hybrides NJM x GVT et PB121⁺ (NJM x GOA⁺). Ces individus âgés de 12 ans ont été plantés suivant un dispositif en bloc complet randomisé avec 6 répétitions sur la parcelle n°034 (entre 5°15.591' de latitude Nord et 3°50.026' de longitude Ouest) de la station Marc Delorme du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Côte d'Ivoire. Les noix issues de l'hybride amélioré PB121⁺, sensibles à la maladie du Jaunissement Mortel (JM) du cocotier ont été utilisées comme témoin. Le choix du PB121⁺ comme témoin se justifie par le fait qu'il est l'hybride le plus étudié et vulgarisé dans le monde.

3.2. Méthodes

3.2.1. Echantillonnage des noix : Un effectif de 24 arbres sains et productifs a été sélectionné au hasard par hybride. Au total 48 arbres ont été considérés dans l'étude. Sur chacun des arbres, 4 noix immatures âgées de 8 mois et 4 noix matures âgées de 12 mois récoltées respectivement sur les régimes de rangs 19 et 25 ont été aléatoirement choisies. Ainsi, 384 noix ont été étudiées au total dont 192 par hybride et

96 par stade de maturité. Les analyses au laboratoire ont été réalisées 24 h après la récolte comme recommandé par Assa *et al.* (2010) pour éviter les effets dus au soleil et à la pluie.

3.2.2. Analyse physico-chimique de la noix et ses composantes : Les diamètres polaires (DP) et équatoriaux (DE) ont été directement mesurés sur la noix entière. Ces deux variables ont été ensuite utilisées pour déterminer la variable calculée qu'est le volume V des noix entières en leur assimilant une forme ellipsoïdale selon Konan *et al.* (2009). La noix entière a été pesée puis débourrée à l'aide d'un pieu métallique (Figure 1). Les composantes de la noix que sont la bourre, la coque, l'amande et l'eau de coco ont été isolées (Figure 1) et pesées à l'aide d'une balance électronique (Sartorius, Washington, USA). Les épaisseurs de l'amande et de la coque ont été également mesurées à l'aide de micromètre (OutsideMicrometer 0-25 mm, New York, USA). Sur un échantillon d'eau de coco recueillie dans un becher, la teneur en extrait sec soluble et le pH ont été déterminés respectivement à partir d'un réfractomètre et d'un pH-mètre suivant une lecture directe (AFNOR, 1991). La teneur en matière sèche de l'eau de coco a été évaluée par lyophilisation à une

température de -60°C , sous une pression de 8,5 millibars pendant 72 h (Assa, 2007). Les teneurs en matière sèche de la bourre, l'amande et la coque ont été déterminées par étuvage à 105°C jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Les teneurs en cendres des différentes composantes de la noix de coco ont été évaluées au four à moufle à 550°C pendant 24 h (AOAC, 1980).

3.2.3. Analyses statistiques : Le logiciel STATISTICA version 7.1 (StatSoft France, 2005)

a été utilisé pour l'analyse statistique des données. Le test non paramétrique U de Mann-Whitney a été utilisé pour tester au seuil de signification $\alpha = 5\%$ les différences apparues entre les deux hybrides (NJM x GVT et le témoin PB121⁺) et les deux stades de maturité de la noix (8 et 12 mois) suivant les valeurs moyennes des caractéristiques physico-chimiques des noix évalués.

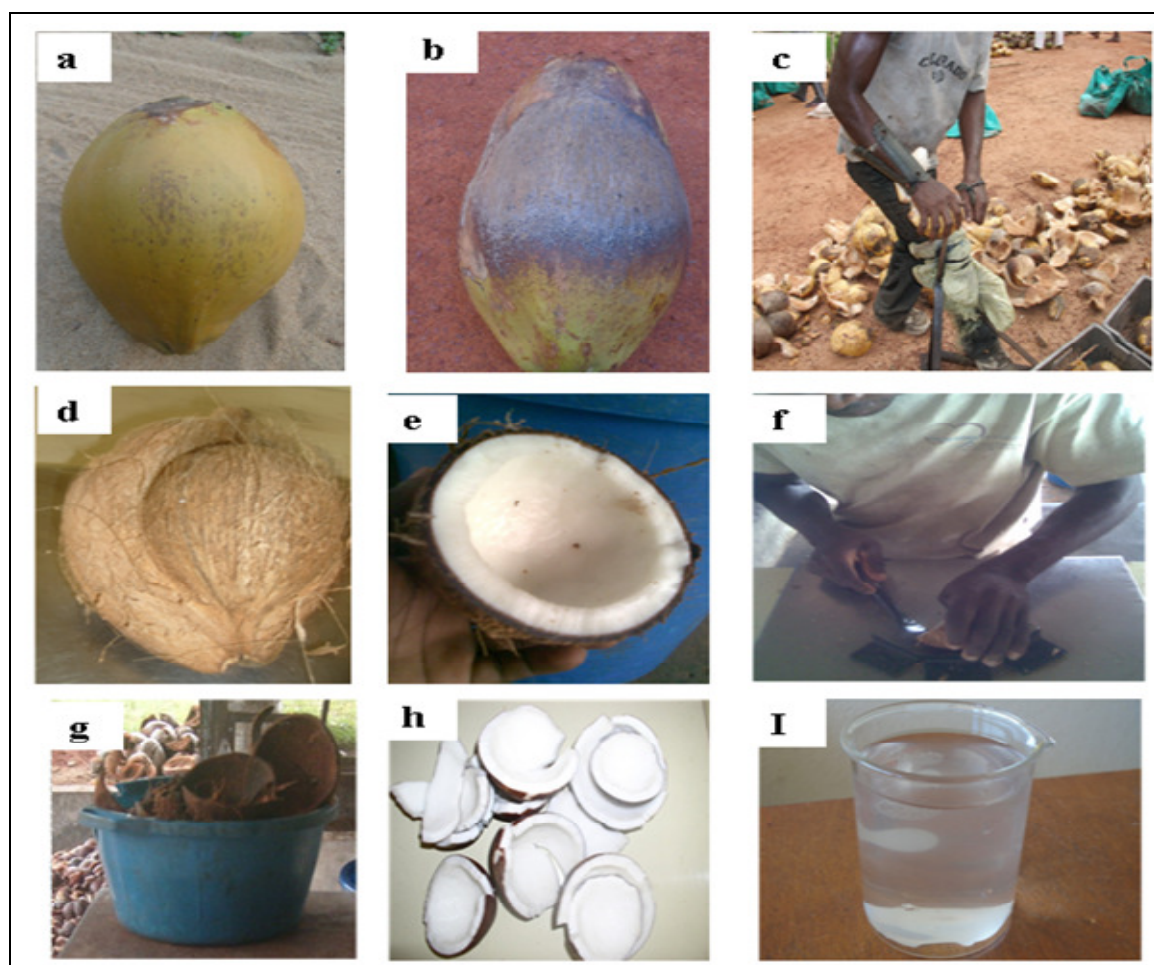


Figure 1 : Isolement des différentes composantes de la noix du cocotier. (a) noix entière immature NJM x GVT âgée de 8 mois ; (b) noix entière mature NJM x GVT âgée de 12 mois ; (c) débourage de la noix ; (d) bourre et noix débourée d'une noix mature; (e) demi-noix mature ouverte montrant une partie de ses composantes ; (f) isolement de la coque et de l'amande; (g) coque ; (h) amande et (i) eau de coco

4. RESULTATS

4.1. Caractéristiques physiques de la noix et ses composantes

4.1.1. Diamètres polaire, équatoriale et volume des noix :

Les valeurs de diamètre

polaire (DP) de la noix ont été de $15,42 \pm 1,16$ cm à 8 mois et $16,34 \pm 1,11$ cm à 12 mois chez l'hybride NJM x GVT. Les valeurs enregistrées chez le témoin PB121⁺ ont été de $17,21 \pm 1,1$ et



17,6±2,55 cm, respectivement à 8 et 12 mois de maturité de la noix. Les différences observées entre les deux hybrides ont été significatives ($p < 0,05$) aux deux stades de maturité. Contrairement au témoin PB121⁺, la croissance du diamètre polaire de la noix a été significative de 8 à 12 mois chez l'hybride NJM x GVT (Tableau 1). Concernant le diamètre équatorial (DE) de la noix, la valeur déterminée à 8 mois (13,06±0,8 cm) a été significativement inférieure à celle obtenue à 12 mois (14,02±1,42 cm) chez NJM x GVT. Chez le témoin PB121⁺, le diamètre équatorial de la noix n'a pas différencié significativement les deux stades de maturité avec des valeurs moyennes qui ont varié entre 13±0,9 cm et 13,38±0,96 cm. Contrairement au stade immature de la noix, les différences observées entre les deux hybrides ont été significatives ($p < 0,05$) à 12 mois d'âge de la noix (Tableau 1). Avec

des rapports de DP/DE supérieurs à l'unité (1), les noix récoltées à 8 mois et 12 mois ont été de forme allongée. La forme allongée des noix a été plus prononcée chez le témoin PB121⁺ (1,31±0,17 à 1,32±0,1 cm) que chez NJM x GVT (1,17±1,1 à 1,18±0,04 cm) (Tableau 1). Les volumes des noix observés à 8 mois ont été de 784,3±152,04 et 862,89±150,64 cm³ respectivement chez les hybrides NJM x GVT et PB121⁺. A 12 mois d'âge, les volumes des noix ont été de 963,24±237,42 et 941,83±226,8 cm³ respectivement chez les hybrides NJM x GVT et PB121⁺. Les différences observées entre les deux hybrides n'ont pas été significatives ($p > 0,05$) aux deux stades de maturité de la noix. Contrairement au témoin PB121⁺, la croissance du volume de la noix a été significative de 8 à 12 mois chez l'hybride NJM x GVT (Tableau 1).

Tableau 1. Quelques caractéristiques physiques des noix immature et mature des hybrides NJM x GVT et PB121⁺ de cocotier en culture en Côte d'Ivoire

Variables	Age des noix (mois)	Hybride		p inter-hybride
		NJM x GVT	PB121 ⁺	
DP (cm)	8	15,42±1,16 ^{bb}	17,21±1,10 ^{aa}	<0,001
	12	16,34±1,11 ^{ab}	17,60±2,55 ^{aa}	0,009
	p intra-hybride	0,014	0,256	
DE (cm)	8	13,06±0,80 ^{dc}	13,00±0,90 ^{cc}	0,650
	12	14,02±1,42 ^{cc}	13,38±0,96 ^{cd}	0,044
	p intra-hybride	0,003	0,190	
DP/DE	8	1,18±0,04 ^{ef}	1,32±0,10 ^{eb}	<0,001
	12	1,17±1,10 ^{ef}	1,31±0,17 ^{eb}	0,002
	p intra-hybride	0,127	0,549	
V (cm ³)	8	784,30±152,04 ^{hg}	862,89±150,64 ^{gg}	0,076
	12	963,24±237,42 ^{gg}	941,83±226,80 ^{gg}	0,836
	p intra-hybride	0,005	0,107	

DP : Diamètre polaire de la noix ; DE : Diamètre équatorial de la noix ; V : Volume de la noix ; p : valeur de la probabilité associée au test non paramétrique U de Mann-Whitney. Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en minuscule dans la même colonne ne sont pas significativement différentes pour chaque hybride. Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en majuscule sur la même ligne ne sont pas significativement différentes pour chaque stade de maturité.

4.1.2. Caractéristiques pondérales et épaisseurs de la noix et ses composantes : La bourre a été la composante la plus importante de la noix immature (62,7 à 64,41 %) et mature (50,01 à 50,47%) chez les hybrides NJM x GVT

et PB121⁺. Pendant la maturation de la noix les proportions en bourre et eau de coco baissent alors que celles en albumen solide (amande) et coque augmentent (Figure 2).

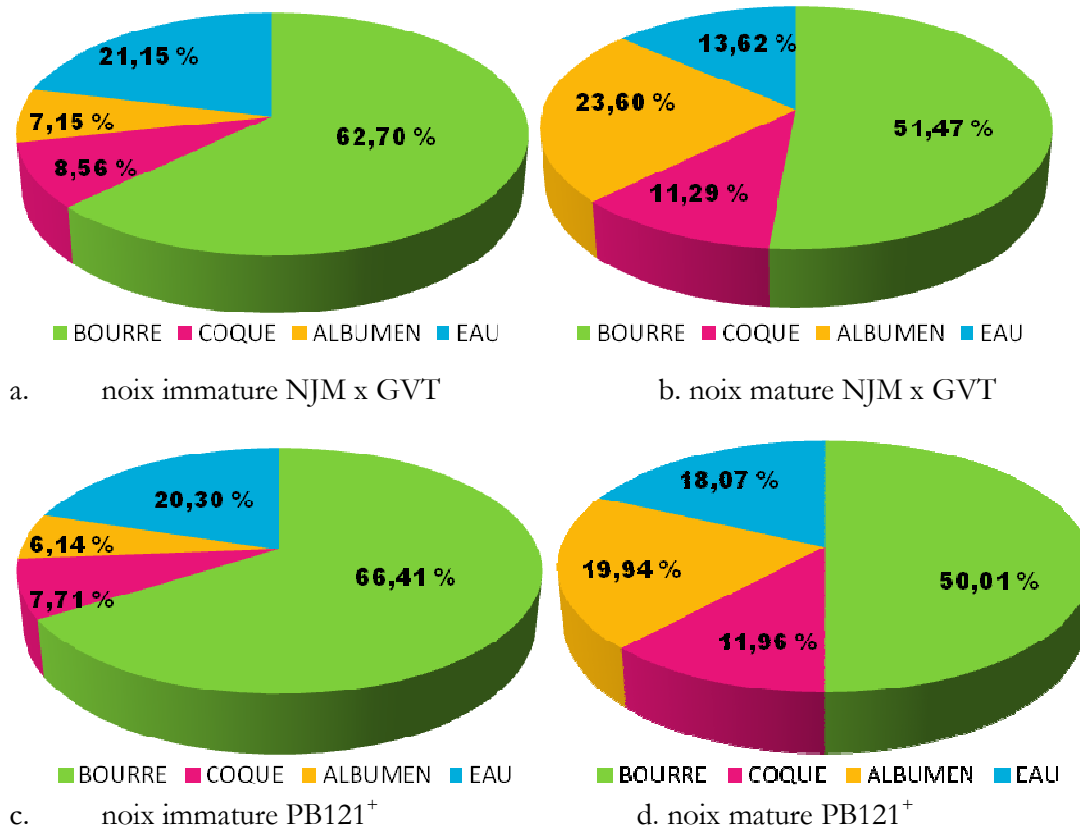


Figure 2. Proportions des composantes de la noix par rapport à la masse de la noix immature et mature des hybrides NJM x GVT et PB121⁺ de cocotier en culture en Côte d'Ivoire

La masse de la noix entière de l'hybride NJM x GVT statistiquement identique à celle du témoin PB121⁺ a varié entre 1726,73±264,22 et 1768,75±249,7 g à 8 mois puis entre 1155,55±230,81 et 1160,41±182,95 g à 12 mois. Toutefois, les différences observées aux deux stades de maturité ont été significatives au sein de chacun des hybrides étudiés (Tableau 2).

La masse de la bourre enregistrée chez les deux hybrides a été statistiquement identique. A 8 mois d'âge de la noix, la masse de la bourre a varié entre 1115,9±233,06 et 1145,62±184,29 g et entre 600±131,46 et 576,27±151,19 g à 12 mois chez les deux hybrides étudiés. De 8 à 12 mois, la baisse de la masse de la bourre au sein de chacun des hybrides étudiés a été significative au seuil 5 % de probabilité (Tableau 2). La masse de la

coque de la noix âgée de 8 mois chez NJM x GVT et PB121⁺ a oscillé respectivement entre 131,92±18,51 et 147,15±38,71 g. Les valeurs ont varié entre 126,41±47,23 et 132,91±47,93 g chez NJM x GVT et PB121⁺ à 12 mois. Les variations observées entre les stades de maturité et les types d'hybride n'ont pas été significatives (Tableau 2). La masse de l'amande, statistiquement égale chez NJM x GVT et PB121⁺, a varié entre 105,42±36,9 et 123,75±54,61 g à 8 mois. A 12 mois, la masse d'amande contenue dans la noix de l'hybride NJM x GVT (272,25±41,58 g) a été supérieure à celle du témoin PB121⁺ (231,55±70,74 g). Les différences observées aux deux stades de maturité ont été significatives au sein de chacun des hybrides étudiés (Tableau 2). La masse de l'eau de coco contenue dans la noix



au stade immature (8 mois d'âge) a varié entre $353,33 \pm 91,91$ et $370,21 \pm 86,88$ g puis entre $231,55 \pm 70,74$ et $272,25 \pm 41,58$ g au stade mature (12 mois). Les quantités d'eau de coco enregistrées chez NJM x GVT et PB121⁺ ont été statistiquement égales. De 8 à 12 mois, la baisse de la masse d'eau de coco a été significative ($p < 0,05$) au sein de chacun des hybrides étudiés (Tableau 2). L'épaisseur de la coque statistiquement identique chez l'hybride NJM x GVT et le témoin PB121⁺ a varié entre $3,33 \pm 0,84$ et $4,64 \pm 1,23$ mm à 8 mois puis entre $11,63 \pm 1,23$ et $11,99 \pm 0,91$ mm à 12 mois. Au sein de chacun

des hybrides étudiés, l'épaississement de la coque de 8 à 12 mois d'âge de la noix a été significative (Tableau 2). L'épaisseur de l'amande chez NJM x GVT ($4,64 \pm 1,23$ mm) a été significativement supérieure à celle mesurée chez PB121⁺ ($3,33 \pm 0,84$ mm) au stade immature de la noix (8 mois). A 12 mois d'âge de la noix, l'épaisseur de l'amande a été identique chez les deux hybrides ($11,63 \pm 1,23$ et $11,99 \pm 0,91$ mm). De 8 à 12 mois, l'augmentation de l'épaisseur de l'amande chez les deux hybrides étudiés a été significative au seuil 5 % (Tableau 2).

Tableau 2 : Quelques caractéristiques physiques des composantes des noix immature et mature des hybrides NJM x GVT et PB121⁺ de cocotier en culture en Côte d'Ivoire

Variables	Age des noix (mois)	Hybride		p inter-hybride
		NJM x GVT	PB121 ⁺	
Masse noix entière (g)	8	1768,75±249,70 ^{il}	1726,73±264,22 ^{il}	0,283
	12	1160,41±182,95 ^{ij}	1155,55±230,81 ^{ij}	0,991
	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Masse bourre (g)	8	1115,90±233,06 ^{sk}	1145,62±184,29 ^{kk}	0,502
	12	600,00±131,46 ^{lk}	576,27±151,19 ^{lk}	0,577
	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Masse coque (g)	8	147,15±38,71 ^{mM}	131,92±18,51 ^{mM}	0,235
	12	126,41±47,23 ^{mM}	132,91±47,93 ^{mM}	0,457
	p intra-hybride	0,129	0,502	
Masse amande (g)	8	123,75±54,61 ^{nO}	105,42±36,90 ^{nO}	0,239
	12	272,25±41,58 ^{oO}	231,55±70,74 ^{oN}	0,015
	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Masse eau de coco (g)	8	370,21±86,88 ^{pP}	353,33±91,91 ^{pP}	0,606
	12	174,08±52,99 ^{qP}	207,66±90,55 ^{qP}	0,087
	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Epaisseur coque (mm)	8	3,11±0,43 ^{rS}	3,04±0,39 ^{rS}	0,317
	12	4,03±0,60 ^{sS}	4,12±0,54 ^{sS}	0,470
	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Epaisseur amande (mm)	8	4,64±1,23 ^{vW}	3,33±0,84 ^{vV}	<0,001
	12	11,63±1,23 ^{wW}	11,99±0,91 ^{wW}	0,092
	p intra-hybride	<0,001	<0,001	

p : valeur de la probabilité associée au test non paramétrique U de Mann-Whitney ; Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en minuscule dans la même colonne ne sont pas significativement différentes pour chaque hybride ; Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en majuscule sur la même ligne ne sont pas significativement différentes pour chaque stade de maturité.



4.2. Caractéristiques biochimiques des composantes de la noix

4.2.1. Teneur en extrait sec soluble et potentiel d'hydrogène (pH) de l'eau de coco :

Les teneurs en extrait sec soluble de l'eau de coco enregistrées à 8 mois ont été de $5,40 \pm 0,47$ et $5,68 \pm 0,45$ respectivement chez NJM x GVT et PB121⁺. Les teneurs en extrait sec soluble de l'eau de coco issue des noix de 12 mois d'âge ont été de $4,75 \pm 0,23$ et $4,35 \pm 0,44$ respectivement chez NJM x GVT et PB121⁺. Les différences

observées entre les deux hybrides et les stades de maturité ont été significatives au seuil de probabilité 5 % (Tableau 3). Quelque soit le stade de maturité, le pH de l'eau de coco de l'hybride NJM x GVT ($6,92 \pm 0,11$ à $6,95 \pm 0,15$) a été supérieur à celui de l'eau des noix PB121⁺ ($6,74 \pm 0,25$ à $6,77 \pm 0,18$). De 8 et 12 mois, la variation de la valeur moyenne du pH de l'eau de coco n'a pas été significative au sein de chacun des hybrides étudiés (Tableau 3).

Tableau 3. Degré Brix et pH de l'eau issue de la noix immature et mature des hybrides NJM x GVT et PB121⁺ de cocotier en culture en Côte d'Ivoire

Variables	Age des noix (mois)	Hybride		p inter-hybride
		NJM x GVT	PB121 ⁺	
Degré Brix	8	$5,40 \pm 0,47^{yz}$	$5,68 \pm 0,45^y$	0,025
	12	$4,75 \pm 0,23^{zy}$	$4,35 \pm 0,44^{zz}$	0,001
	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Ph	8	$6,92 \pm 0,11^{xx}$	$6,77 \pm 0,18^{xv}$	0,005
	12	$6,95 \pm 0,15^{xx}$	$6,74 \pm 0,25^{xv}$	0,017
	p intra-hybride	0,620	0,934	

p : valeur de la probabilité associée au test non paramétrique U de Mann-Whitney ; Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en minuscule dans la même colonne ne sont pas significativement différentes pour chaque hybride ; Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en majuscule sur la même ligne ne sont pas significativement différentes pour chaque stade de maturité.

4.2.2. Teneurs en matière sèche des composantes de la noix :

La teneur en matière sèche de la bourre de l'hybride NJM x GVT a varié de $20,65 \pm 2,48$ % (8 mois) à $32,47 \pm 4,89$ % (12 mois) et celle de l'hybride PB121⁺ est passée de $21,85 \pm 2,739$ % (8 mois) à $40,54 \pm 1,213$ % (12 mois). La teneur en matière sèche des bourres a permis de distinguer l'hybride NJM x GVT du témoin PB121⁺ ainsi que les deux stades de maturité de la noix (Tableau 4). Concernant les teneurs en matière sèche de la coque, il n'existe aucune différence significative entre les hybrides à 8 mois de maturité. A cet âge, les teneurs ont varié entre $36,21 \pm 6,97$ et $37,07 \pm 0,39$ %. Par contre à 12 mois de maturité de la noix, la teneur en matière sèche de la coque de l'hybride NJM x GVT ($77,03 \pm 7,10$ %) a été statistiquement inférieure à celle de l'hybride PB121⁺ ($80,78 \pm 2,36$ %). Pour un même hybride les teneurs en matière sèche de la coque au stade immature de la noix

ont été significativement inférieures à celles enregistrées au stade mature (Tableau 4). Les teneurs en matière sèche de l'amande qui ont varié entre $12,74 \pm 4,84$ et $12,97 \pm 1,15$ % à 8 mois et entre $54,84 \pm 4,01$ et $55,52 \pm 2,65$ % à 12 mois ont été égales chez les hybrides NJM x GVT et PB121⁺. De 8 à 12 mois d'âge de la noix, l'augmentation des taux de matière sèche de l'amande a été significative chez les deux hybrides (Tableau 4). Les teneurs en matière sèche de l'eau de coco notées à 8 mois ont été de $6,63 \pm 0,98$ et $6,88 \pm 1,15$ % respectivement chez les hybrides NJM x GVT et PB121⁺. Les valeurs enregistrées à 12 mois ont été de $4,68 \pm 0,62$ et $4,62 \pm 0,22$ % respectivement chez les hybrides NJM x GVT et PB121⁺. Les teneurs en matière sèche de l'eau de coco n'ont pas permis de différencier les deux hybrides étudiés. Pendant la maturation de la noix les teneurs en matière sèche de l'eau de coco ont



diminué significativement au sein de chaque hybride (Tableau 4).

Tableau 4. Teneurs en matière sèche des composantes de la noix immature et mature des hybrides NJM x GVT et PB121⁺ de cocotier en culture en Côte d'Ivoire

Variables	Age des noix (mois)	Hybride		p inter-hybride
		NJM x GVT	PB121 ⁺	
Matière sèche (%)	8	20,65±2,48 ^{ZZ}	21,85±2,73 ^{ZA}	0,004
	12	32,47±4,89 ^{ZA}	40,54±1,21 ^{AA}	<0,001
Bourre	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Matière sèche (%)	8	37,07±0,39 ^{OE}	36,21±6,97 ^{OE}	0,934
	12	77,03±7,10 ^{EO}	80,78±2,36 ^{EE}	0,001
Coque	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Matière sèche (%)	8	12,97±1,15 ^{UY}	12,74±4,84 ^{UY}	0,148
	12	54,84±4,01 ^{YY}	55,52±2,65 ^{YY}	0,680
Amande	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Matière sèche (%)	8	6,63±0,98 ^{SS}	6,88±1,15 ^{SS}	0,445
	12	4,68±0,62 ^{TS}	4,62±0,22 ^{TS}	0,657
Eau de coco	p intra-hybride	<0,001	<0,001	

p : valeur de la probabilité associée au test non paramétrique U de Mann-Whitney ; Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en minuscule dans la même colonne ne sont pas significativement différentes pour chaque hybride ; Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en majuscule sur la même ligne ne sont pas significativement différentes pour chaque stade de maturité.

4.2.3. Teneurs en cendres des composantes de la noix :

Les teneurs en cendres de la bourre ont été de 2,74±0,8 % à 8 mois et 4,31±0,28 % à 12 mois chez l'hybride NJM x GVT. Les valeurs enregistrées chez le témoin PB121⁺ ont été de 2,73±0,17 et 3,92±0,40 % respectivement à 8 et 12 mois de maturité de la noix. Excepté le stade immature de la noix, les différences observées entre les deux hybrides à 12 mois et entre les deux stades de maturités au sein de chacun des hybrides ont été significatives (p < 0,05) (Tableau 5). La teneur en cendres de la coque a varié entre 2,71±0,39 et 0,48±0,15 %, respectivement à 8 et 12 mois de maturité de la noix chez l'hybride NJM x GVT. La teneur en cendres de la bourre de la noix du témoin PB121⁺ a été de 2,7±0,18 % à 8 mois et 0,54±0,11 % à 12 mois. Contrairement aux deux types hybrides, les différences observées entre les deux stades de maturités ont été significatives (Tableau 5). La teneur en cendres de l'amande a varié de

6,45±0,84 % (8 mois) à 5,15±0,24 % (12 mois) pour l'hybride NJM x GVT et de 5,20±0,84 % (8 mois) à 5,29±0,21 % (12 mois) pour le témoin PB121⁺. De 8 à 12 mois, la teneur en cendres chez l'hybride PB121⁺ n'a pas significativement varié. Par contre, l'amande de l'hybride NJM x GVT a révélé une teneur en cendres significativement différente de celle du témoin PB121⁺ quelque soit le stade de maturité de la noix (Tableau 5). En ce qui concerne la teneur en cendres de l'eau de coco, les valeurs trouvées chez NJM x GVT à 8 et 12 mois ont été respectivement de 0,64±0,05 et 0,36±0,09 %. Chez l'hybride PB121⁺ les valeurs ont fluctué entre 0,64±0,06 % (8 mois) et 0,46±0,03 % (12 mois). Une différence significative a été observée entre les deux hybrides au stade mature contrairement aux données sur les noix immatures. La baisse de la teneur en cendres de l'eau de coco de 8 à 12 mois a été significative au sein de chacun des hybrides étudiés (Tableau 5).

Tableau 5 : Teneurs en cendres des composantes de la noix immature et mature des hybrides NJM x GVT et PB121⁺ de cocotier en culture en Côte d'Ivoire



Variables	Age des noix (mois)	Hybride		p inter-hybride
		NJM x GVT	PB121 ⁺	
Teneur en cendre (%)	8	2,74±0,12 ^{ba}	2,73±0,17 ^{ba}	0,606
	12	4,41±0,28 ^{aA}	3,92±0,40 ^{aB}	<0,001
Bourre	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Teneur en cendre (%)	8	2,71±0,39 ^{cC}	2,70±0,18 ^{cC}	0,534
	12	0,48±0,15 ^{dC}	0,54±0,11 ^{dC}	0,052
Coque	p intra-hybride	<0,001	<0,001	
Teneur en cendre (%)	8	6,45±0,84 ^{eE}	5,20±0,84 ^{eF}	<0,001
	12	5,15±0,24 ^{fF}	5,29±0,21 ^{fE}	0,012
Amande	p intra-hybride	<0,001	0,657	
Teneur en cendre (%)	8	0,64±0,05 ^{gG}	0,64±0,06 ^{gG}	0,599
	12	0,36±0,09 ^{hH}	0,46±0,03 ^{hG}	<0,001
Eau de coco	p intra-hybride	<0,001	<0,001	

p : valeur de la probabilité associée au test non paramétrique U de Mann-Whitney ; Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en minuscule dans la même colonne ne sont pas significativement différentes pour chaque hybride ; Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en majuscule sur la même ligne ne sont pas significativement différentes pour chaque stade de maturité.

5. DISCUSSION

Au cours de la maturation, les résultats révèlent que les noix des deux hybrides de cocotier étudiés s'allongent et s'élargissent simultanément. Cette croissance simultanée de la noix se stabilise au rang 19 (8 mois) chez PB121⁺ ou NJM x GOA⁺ alors qu'elle se poursuit jusqu'au rang 25 (12 mois) chez l'hybride NJM x GVT. Ces résultats montrent que le développement de la noix se poursuit chez l'hybride NJM x GVT au-delà de 8 mois (rang 19) contrairement aux résultats de Assa (2007) qui stipule que chez le cocotier, après 8 mois d'âge, la forme de la noix ne change plus, sauf en cas de maladie due au ravageur *Aceria*. Un tel résultat, pourrait conduire à la production de noix de coco plus grosse et plus lourde. Ce qui avantagerait le producteur au niveau de la vente. Egalement, les résultats relatifs aux dimensions du fruit ont montré que quelque soit le stade de maturité des noix, les deux hybrides NJM x GVT et PB121⁺ produisent des noix de forme allongée. La forme allongée des noix des deux hybrides révèle qu'ils sont dotés d'une forte potentialité de production de noix par régime. En effet, la forme non arrondie des noix permet de disposer de plus d'espace sur le régime, et par conséquent de produire beaucoup de fruits par régime et donc par arbre. Aussi, la forme non arrondie qui

caractérise les noix du cultivar de cocotier Grand de Vanuatu (GVT), géniteur mâle de l'hybride NJM x GVT, lui permet de produire de nombreuses noix par régime (Bourdeix *et al.*, 2005). Le niveau de production similaire de noix par régime des deux hybrides NJM x GVT et PB121⁺ ou NJM x GOA⁺ a été rapporté par Koffi *et al.* (2014). La forme allongée de la noix des cultivars de cocotier GVT et Grand Ouest Africain (GOA) qui ont été décrite respectivement par Bourdeix *et al.* (2005) et Assa (2007), indique que ce caractère aurait été hérité des géniteurs mâles. Concernant les volumes des noix, les résultats démontrent que les noix produites par l'hybride NJM x GVT ont les mêmes calibres que les noix PB121⁺ présentes depuis longtemps sur le marché semencier. Ainsi, les échanges ou le commerce des noix NJM x GVT sur le marché international n'entraînera pas de coûts supplémentaires pendant le conditionnement et l'exportation. Ce qui constitue un atout très important dans les échanges internationaux de noix fraîches et semences de l'hybride NJM x GVT vu que le calibre des fruits est un critère clé dans le commerce international. En général, les cocotiers hybrides NJM x GVT et PB121⁺ ont fourni des



masses de noix entière et de leurs composantes (bourre, coque, amande et eau de coco) ainsi que des épaisseurs de coque et d'amande identiques. Cette expression similaire de ces caractères serait due au fait que les hybrides étudiés possèdent le même parent femelle à savoir le Nain Jaune Malaisie (NJM). En effet, l'expression de certains caractères agronomiques comme ceux de production chez le cocotier est influencée par un effet maternel très important selon Konan *et al.* (2010). L'effet maternel étant dominant chez le cocotier, le géniteur femelle NJM aurait contribué à l'homogénéisation de l'expression des caractères pondéraux de la noix, bourre, coque et eau de coco des hybrides NJM x GVT et PB121⁺ comme rapporté par Koffi *et al.* (2013). Pendant la maturation de la noix, la diminution de la masse de la noix entière s'observe également chez ses composantes bourre, coque et eau de coco. Cela serait dû à une perte en eau pendant la maturation qui est un processus endogène de déshydratation inhérent aux semences dans le règne végétal (Jayalekshmy *et al.*, 1988). Cette perte d'eau de la bourre par évaporation provoque un brunissement de l'épiderme de la noix chez le cocotier, utilisé comme un indice de maturité du fruit (Yao, 2005 ; Assa, 2007). Lorsque l'amande se forme, elle utilise les substances de l'eau de coco. Au fur et à mesure que la noix vieillit, la bourre se déshydrate sous l'effet de la chaleur et son poids baisse concomitamment. Ce phénomène suggérerait en outre, que les facteurs endogènes tels que les enzymes gouvernant la transformation de l'albumen liquide ou eau de coco en albumen solide ou amande, seraient présents également dans la bourre et la coque (Jackson *et al.*, 2004). Cependant, lors de la maturation de la noix, la masse d'amande, les épaisseurs de coque et d'amande augmentent. L'évolution en sens inverse de la masse de l'amande et de l'eau de coco est due au fait que l'amande se forme au détriment de l'eau de coco selon Deffan *et al.* (2011). Au cours du processus de maturation de la noix, les réserves nutritives de l'eau de coco sont utilisées pour le développement de l'amande. Plus l'amande se forme, plus elle s'épaissit et la

coque qui l'enveloppe se solidifie. Les cellules qui constituent l'amande et la coque se consolident davantage en se multipliant pour donner des tissus de plus en plus épais jusqu'à maturité. L'acidité se caractérise par la présence de résidus d'acides forts et faibles tels que les acides aminés, les acides gras et le dioxyde de carbone dissous dans l'eau de coco (Jayalekshmy *et al.*, 1988). Ces composés proviendraient des réactions métaboliques dans les fruits, caractérisées par l'oxydation des lipides, protéines et glucides. L'eau de coco issue des noix récoltées sur les cocotiers hybrides NJM x GVT est moins acide que celle du PB121⁺. Ce résultat montre que l'hybride NJM x GVT contiendrait moins de résidus d'acides et serait donc le siège de réactions métaboliques moins intenses. Ce qui favoriserait sa consommation quelque soit le stade de maturité contrairement à celle qui présenterait une grande acidité dont la consommation entrainerait des troubles gastrique (Deffan, 2011). En outre avec les valeurs de pH élevés tendant vers la neutralité l'eau de coco de l'hybride NJM x GVT pourrait être utilisée comme solvant organique pour les réactions biochimiques dans la semence car riche en ces composés (acides aminés libres, acides gras dioxyde de carbone, etc) (Agnememel, 2007). Le degré Brix de l'eau de la noix de coco mesure la teneur en composés solides dissouts et est positivement corrélé avec la teneur en matière sèche (Assa, 2007). Les composés solides solubles présents dans l'eau de la noix de coco immature sont plus élevés que celles des noix matures comme l'a rapporté Assa (2007). Les faibles valeurs de degré Brix de l'eau de coco au stade mature des noix pourraient suggérer que pendant le processus de maturation des noix les substances solides dissoutes telles que les sucres seraient mobilisées en constituant de l'amande. En effet, selon Campos *et al.* (1996), les sucres solubles représentent presque la totalité des solides solubles de l'eau de coco. L'hybride NJM x GVT a des degrés Brix plus faibles que le témoin. Cela s'expliquerait par le fait que l'hybride NJM x GVT mobiliserait beaucoup plus de substance lors des réactions métabolique telles



que l'anabolisme lipidique (Kouttou, 1990). Ce qui conduirait à une amande riche en huile très bénéfique pour le planteur. Aussi, cette variation de degré Brix entre les deux cultivars peut s'expliquer par les différences entre les parents mâles à savoir la GVT et le GOA. Contrairement à la bourre, la teneur en cendres et donc en minéraux est plus importante chez PB121⁺ et diminue pendant la maturation de la noix dans la coque, l'amande et l'eau de coco. Les minéraux sont les principaux constituants des cendres.

6. CONCLUSION

L'objectif de cette étude a été de mettre en exergue les caractéristiques physico-chimiques des noix immatures et mures de l'hybride NJM x GVT. Il ressort que les volumes des noix, les caractéristiques pondérales de la noix entière et de ses composantes, leurs teneurs en matières sèche et en cendres aux stades immatures et mures des hybrides de cocotier NJM x GVT et PB121⁺ sont statistiquement identiques. Ainsi, l'hybride NJM x GVT qui présente des caractéristiques généralement identiques au

Ainsi, vu que le débouillage des noix au champ est recommandé pour permettre à la bourre pendant sa décomposition de restituer au sol les éléments minéraux stockés (Lekadou *et al.*, 2008), il apparaît qu'au stade mure de la noix, la bourre de l'hybride NJM x GVT, plus riche en minéraux, serait plus appropriée comme substrat de culture hors-sol et engrais organique pour palier le coût onéreux des fertilisations chimiques dans les cocoteraies.

PB121⁺ déjà en vulgarisation, peut servir aux mêmes niveaux de transformation que ce dernier notamment pour la fabrication de cordages, substrats d'agriculture hors sol, charbon, coprah, coco râpé, de boissons énergisantes, *etc.* De plus, la vulgarisation de l'hybride NJM x GVT dans les zones infectées par le Jaunissement Mortel permettra de sécuriser la filière nucicole au plan national et international contre le fléau du Ghana s'il devrait progresser vers la Côte d'Ivoire.

7. REMERCIEMENT

Nous rendons hommage à Feu MIEZAN, disparu avant la fin des travaux, pour sa contribution à l'analyse physique des composantes de la noix au laboratoire.

8. REFERENCES

- Agampodi V. A. and Jayawardena. Effet of coconut (*Cocos nucifera* L.) water extracts on adventitious root development in vegetative propagation of *Dracaena purplecompacta* L. *Acta Physiol Plant.*, 31: 279-284.
- Agnememel A : 2007. Évolution post-récolte de quelques caractéristiques physicochimiques de l'eau des fruits mures de vitroplants d'hybrides de cocotier (*Cocos nucifera* L.) PB 121 selon les stades de maturité et la durée de stockage. DEA, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 52 p.
- Arocha-Rosete Y, Konan JL, Diallo Atta H, Allou K., Scott J : 2014. Identification and molecular characterization of the phytoplasma associated with a lethal yellowing-type disease of coconut in Côte d'Ivoire, *Canadian Journal of Plant Pathology*, DOI: 10.1080/07060661.2014.899275.
- Assa R, Konan JL, Nemlin J, Prades A, Agbo N. et Sie RS : 2006. Diagnostic de la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien. *Sciences & Nature* 3 : 113-120.
- Assa R : 2007. Diagnostic de la cocoteraie du littoral ivoirien : étude physicochimique et organoleptique de l'eau et de l'amande de quatre cultivars du cocotier (*Cocos nucifera* L.) selon les stades de maturité. Doctorat de Thèse Unique, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 188 p.
- Assa R, Konan JL, Alexia P, Nemlin J. et Koffi E : 2010. Physicochemical Characteristics of kernel during fruit maturation of four coconut cultivars (*Cocos nucifera* L.) *African Journal of Biotechnology* 9: 2136-2144.



- Bourdeix R, Konan JL. et N'cho YP : 2005. Cocotier, guide des variétés traditionnelles et améliorées. Co-production CIRAD /CNRA ISBN 2-9525-4080-2, édition diversiflora; Montpellier (France), 58p.
- Deffan AB, Konan JL., Kouamé LP : 2011. Caractérisation physico-chimique de l'amande d'hybride de cocotier (*Cocos nucifera* L.) PB121 issus de vitroculture selon les stades de maturité et la durée de stockage des noix. *Sciences & Nature* 8 : 63-71.
- FAO et Oil World : 2010. Perspective de l'alimentation. Evaluation des marchés. Département économiques et sociales. www.Fao.org, pp 36-107.
- Gunn BF, Baudouin L. et Olsen KM : 2011. Independent origins of cultivated coconut (*Cocosnucifera* L.) in the old world tropic, pLoS ONE 6, DOI: 10.1371.journal.pone.0021143.
- Jayalekshmy A, Arumighan C, Narayanan C. et Mathew A : 1988. Modification de la composition chimique de l'eau de coco pendant la maturation, *Oléagineux*, 43 : 409- 414.
- Koffi EB, Konan JL, Issali A, Lekadou T, Bourdeix R, Allou K. et Zoro BI A : 2013. Evaluation de la diversité agromorphologique des descendances hybrides de cocotiers (*Cocos nucifera* L.) Nain Jaune Malaisie x Grand Vanuatu en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biology and Chemical Sciences*, 7 : 507-522.
- Koffi EB, Konan JL, Sié RS, Yao SDM, Yoboue K, Konan NY, Issali E, Lékadou TT. et Allou K : 2014. Assessment in Côte d'Ivoire of the agronomic performance of the Malayan Yellow Dwarf x Vanuatu Tall coconut (*Cocos nucifera* L.) hybrid tolerant to lethal yellowing disease of Ghana. *Journal of Research in Biology* 4: 001-014.
- Konan JL, Allou K, N'goran A, Diarrasouba L. et Ballo K : 2006. Bien cultiver le cocotier en Côte d'Ivoire. Fiche technique sur le cocotier. CNRA, Côte d'Ivoire : Direction des programmes de Recherche et de l'Appui au Développement, 4 p.
- Konan JL, Sié RS, Yobouet K, Allou K, Yao KA. et Zakra AN : 2009. Caractérisation agromorphologique d'une nouvelle génération d'hybrides de cocotiers grands (*Cocos nucifera* L.) en Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature* 6 : 163-169.
- Konan JL, Sie S, N'Guette S, Lekadou T. , Allou K : 2010. Assessment of vegetatif growth and production of new improved coconut (*Cocos nucifera* L.) hybrids. *Journal of Applied Biosciences* 26 : 1664- 1674.
- Konan JL, Allou K, Diallo-Atta H, Yao SDM, Koua B, Kouassi N, Benabid R, Michelutti R, Scott J. et Arocha R : 2013. First report of the molecular identification of the phytoplasme associated with a lethal yellowing-type disease of coconut palm in Côte d'Ivoire. *New Disease Report* 28 : 3-4.
- Lekadou T, N'goran A, Konan JL, Allou K, Zakra N. et Assa A : 2008. 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. *Sciences & Nature* 5 : 155-166.
- Sangaré A, Taffin G, De Franqueville H., Arkhust ED. et Pomier M : 1992. Coconut lethal yellowing in Ghana. Initial results on planting material performance in the field. *Oléagineux* 47: 699-704.
- StatSoft France (2005). Statistica, logiciel d'analyse de données version 7.1. www.statsoft.fr.
- Yao SDM : 2005. Evaluation de la qualité des semences d'hybrides de cocotier (*Cocos nucifera* L.) en pépinière. Mémoire de Maîtrise de Protection des Végétaux et de l'Environnement, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 29 p.
- Yao SDM : 2014. Impact de la régénération de la collection internationale de cocotier (*Cocos nucifera* L.) pour l'Afrique et l'Océan indien sur la diversité agromorphologique et moléculaire. Thèse de Doctorat Unique, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 162 p.