

Evaluation des similitudes agromorphologiques des géniteurs et descendances F1 dans le croisement de cocotiers (*Cocos nucifera* L.) Nain Jaune Malaisie x Grand de Vanuatu (NJM x GVT) en Côte d'Ivoire

KOFFI Eric-Blanchard Zadjéhi^{1*}, YOBOUE Koffi^{2,3}, YAO Saraka Didier Martial¹, KONAN Jean Louis³, SIE Raoul Sylvère¹ et DIARRASSOUBA Nafan¹

¹UFR des Sciences Biologiques, Université Péléforo Gon Coulibaly, Unité Pédagogique et de Recherche de Génétique, Korhogo, Côte d'Ivoire.

²UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de biologie et d'amélioration des productions végétales, Abidjan, Côte d'Ivoire.

³Station de Recherche Marc Delorme, Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, Port-Bouët, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant : zadjehi2003@yahoo.fr, koffizadjehi@gmail.com, (+225) 06000569

Original submitted in on 20th December 2019. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st March 2020
<https://doi.org/10.35759/JABs.147.6>

RÉSUMÉ

Objectifs : L'étude a été conduite pour évaluer la ressemblance agromorphologique des descendances hybrides F1 NJM x GVT à celles de leurs géniteurs en Côte d'Ivoire en vue de prédire les caractéristiques des descendants et adopter des techniques culturales et utilisations appropriées.

Méthodologie et résultats : Trente variables ont été mesurées sur 18 descendances et leurs géniteurs mâles GVT et femelle NJM. Il ressort que les caractéristiques végétatives des descendances NJM x GVT sont relativement proches de leurs géniteurs mâles GVT. Les héritabilités varient de 10 % à 40 % pour l'ensemble des descripteurs. Elle est plus élevée pour C20, LGF, ILE, ILPRF et Déq avec une valeur de 40 % qui ont plus contribué au rapprochement des descendances de leur géniteur mâle. Des gains agromorphologiques par rapport aux deux géniteurs sont observés pour la plupart des caractères. Les taux varient en moyenne de 0,73 % à 84,26 % selon le caractère et le géniteur.

Conclusion et applications des résultats : Ces résultats serviront de guide aux sélectionneurs quant aux résultats attendus d'une descendance F1 de cocotier Grand croisé par cocotier Nain. Ces hybrides peuvent être cultivés et utilisés de la même manière que leur géniteur mâle.

Mots clés : Cocotier, caractéristique agromorphologique, hybride NJM x GVT, héritabilité, gain.

Assessment of agromorphological similarities between parents and F1 progenies in the crossing of Dwarf Malayan x Vanuatu Tall coconuts in Côte d'Ivoire

ABSTRACT

Objectives: The study was conducted to assess the agromorphological resemblance of the F1 NJM x GVT hybrid progenies to those of their parents in Côte d'Ivoire in order to predict the characteristics of the descendants and adopt appropriate cultivation techniques and uses.

Methodology and results: Thirty variables were measured on 18 descendants and their male parents GVT and female NJM. It appears that the vegetative characteristics of the NJM x GVT descendants are relatively close to their male GVT sires. Heritability ranges from 10% to 40% for all descriptors. It is higher for C20, LGF, ILE, ILPRF and Déq with a value of 40% that contributed more to the approximation of the descendants of their male parent. Agromorphological gains compared to the two spawners are observed for most characters. The rates vary on average from 0.73% to 84.26% depending on the trait and the sire.

Conclusion and application of the results: These results will serve as a guide for breeders as to the expected results of an F1 offspring of large coconut palm crossed by Dwarf coconut tree. These hybrids can be grown and used in the same way as their male parent.

Key words: Coconut palm, agromorphological characteristic, NJM x GVT hybrid, heritability, gain.

INTRODUCTION

Le cocotier (*Cocos nucifera* L.) est un arbre précieux pour de nombreux petits agriculteurs de la zone intertropicale humide. Il se prête à des utilisations variées, tant domestiques que commerciales. Au-delà de la plante oléagineuse, le cocotier entre dans la fabrication de nombreux produits artisanaux (Bourdeix *et al.* 2005a). En Côte d'Ivoire, le cocotier est la principale culture de rente sur le littoral où est localisée la grande majorité des cocoteraies (Assa, 2007). Dans cette partie du pays, il fait vivre plus de 12000 familles (Bourdeix & Konan, 2005). Cependant la cocoteraie mondiale qui est non seulement vieillissante est menacée par le jaunissement mortel. Cette maladie a déjà détruit des milliers d'hectares de cocoteraie dans plusieurs régions du monde telle que l'Afrique, les Caraïbes et l'Amérique (Rohde *et al.*, 1993 ; Dollet *et al.* 2009 ; KONAN *et al.* 2013 ; Daramcoum *et al.*, 2018). La lutte contre cette épidémie mortelle est un défi qui mobilise les scientifiques de différentes disciplines. La revalorisation des cocoteraies dévastées et aussi vieillissantes passe par l'adoption de variétés tolérantes ou résistante aux maladies biotiques et abiotiques, adaptées à l'environnement et aux besoins des producteurs. Par ailleurs la diversification des variétés pour la culture pourrait ralentir la dévastation des cocoteraies par les

grands vents, la sécheresse et les maladies à phytoplasmes. Ainsi, pour diversifier les variétés cultivées et proposer des individus performants à la filière nucicole, le cultivar GVT qui s'est montré tolérant à la maladie du jaunissement mortel au Ghana (Konan & Allou, 2006) a été utilisé pour la création des hybrides NJM x GVT en Côte d'Ivoire. Ces descendances hybrides issues de ce croisement se sont montrées diversement tolérantes au Jaunissement Mortel au Ghana (Dery *et al.* 2005, Bonnot *et al.* 2009). Leurs caractéristiques agromorphologiques ont été évaluées en Côte d'Ivoire où l'hybride a été créé (Koffi *et al.* 2013, Koffi *et al.* 2014). Cependant les similitudes, les gains et ou pertes enregistrés par ces descendances par rapport à leurs géniteurs n'ont pas été évalués. Ces travaux ont donc été réalisés en Côte d'Ivoire pour faire une étude comparative des caractéristiques agromorphologiques des géniteurs et descendances et évaluer les gains et ou pertes réalisés avec les descendances NJM x GVT. Ces résultats serviront de guide aux sélectionneurs quant aux résultats attendus d'une descendance F1 de cocotier Grand croisé par cocotier Nain. Ils permettront aussi d'adopter des techniques culturales et utilisations appropriées des géniteurs et descendants en fonction de leurs similarités.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude : Notre étude a été réalisée sur la Station de recherche Marc Delorme du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) basé à Port-Bouët Abidjan (Côte d'Ivoire). Les coordonnées géographiques de la Station sont 5°14' et 5°15' de latitude Nord et 3°54' de 3°55' de longitude Ouest. Le climat est du type équatorial, caractérisé par 4 saisons alternées, dont 2 saisons pluvieuses et 2 saisons sèches d'étendues inégales. Les températures moyennes mensuelles varient de 24,62° C à 27,63° C.

L'ensoleillement est de l'ordre de 2000h/an. L'humidité relative est d'environ 80 à 90 %. Le sol est de type tertiaire constitué de sable grossier présentant des teneurs en matière organique et riche en éléments nutritifs dont 690 ppm de phosphore (Tie bi, 1984).

Matériel végétal ; Le matériel végétal est constitué de 18 descendances hybrides issues de croisements (♀) NJM x (♂) GVT, de 18 génotypes GVT utilisés comme géniteur mâle et d'un génotype NJM utilisé comme géniteur femelle (Tableau 1).

Tableau 1. Généalogie des descendances étudiées.

Génotype mâle GVT	Génotype femelle	Descendances NJM x GVT	Code descendance
GVT1	NJM	NJM x GVT1	d1
GVT2	NJM	NJM x GVT2	d2
GVT3	NJM	NJM x GVT3	d3
GVT4	NJM	NJM x GVT4	d4
GVT5	NJM	NJM x GVT5	d5
GVT6	NJM	NJM x GVT6	d6
GVT7	NJM	NJM x GVT7	d7
GVT8	NJM	NJM x GVT8	d8
GVT9	NJM	NJM x GVT9	d9
GVT10	NJM	NJM x GVT10	d10
GVT11	NJM	NJM x GVT11	d11
GVT12	NJM	NJM x GVT12	d12
GVT13	NJM	NJM x GVT13	d13
GVT14	NJM	NJM x GVT14	d14
GVT15	NJM	NJM x GVT15	d15
GVT16	NJM	NJM x GVT16	d16
GVT17	NJM	NJM x GVT17	d17
GVT18	NJM	NJM x GVT18	d18

GVT= Cocotier Grand de Vanuatu, NJM = Cocotier Nain Jaune de Malaisie

MÉTHODES

Méthodes de mesure : Dix-huit arbres ont été choisis par descendance. Soit un total de 324 arbres pour les 18 descendances mis en expérimentation sur la parcelle 034 de la station Marc Delorme en 1998. Les caractéristiques des 18 génotypes GVT et 22 individus NJM ont été mesurés. Les mesures ont porté sur le stipe, les feuilles, les inflorescences et les fruits. Trente descripteurs agromorphologiques (IPGRI, 1995 ; Yao et al. 2015) ont permis de caractériser les différents individus (Tableau 2). Sur le stipe, la hauteur (HS), la

circonférence du bulbe à 20 cm du sol (C20), la circonférence du stipe à 150 cm (C150), la longueur du stipe sur 11 cicatrices foliaires (L11CF) ont été mesurées. Au niveau de la feuille les mesures ont porté sur la longueur du rachis (LR), la longueur du pétiole (LP), l'épaisseur du pétiole (EP) et la largeur du pétiole (LGP). Le nombre de folioles sur un côté de la palme (NBF) a été compté. La longueur et la largeur de la foliole ont été mesurées ensuite, la surface foliaire théorique a été calculée ($SF=2 \times NBF \times LF \times LGF$). Sur

l'inflorescence, les mesures ont concerné la longueur de l'axe de l'inflorescence (ILA), la longueur du pédoncule (ILP), la circonférence du pédoncule (ICP), longueur de l'épillet (ILE), la distance entre le point d'attache de l'épillet et celui du premier fruit ou longueur au premier fruit (ILPRF), le nombre d'épillets (NBE), le nombre d'épillets portant des fleurs femelles (NBEF), le nombre d'épillets sans fleurs femelles (NBESF). Le nombre de fleurs femelles (NBFF) a été compté sur l'inflorescence de rang 10. Sur chaque

arbre, 4 noix mures ont été récoltées et stockées pendant 15 jours pour mesurer les caractères physiques que sont la masse de la noix entière (MNE), la masse de la bourre (MB), la masse de la coque (MCQ), la masse de l'albumen (MALB), la masse de l'eau (ME), la masse de coprah par noix (MCP) et le pourcentage de coprah par noix (Q). Ces composantes physiques de la noix ont été calculées selon la méthode de Wuidart et Rognon (1978). Les diamètres polaire et équatorial de la noix ont été aussi mesurés.

Tableau 2. Descripteurs agromorphologiques utilisés

HS : Hauteur Stipe	NBE : Nombre d'épillets
C20 : Circonférence du stipe à 20 cm du sol	NBEF : Nombre d'épillets portant des fleurs femelles
C150 : Circonférence du stipe à 150 cm du sol	NBESF : Nombre d'épillets sans fleurs femelles
L11CF : Longueur du stipe sur 11 cicatrices foliaires	ILE : Longueur de l'épillet
LP : Longueur du pétiole	ILPRF : Longueur de l'axe de l'inflorescence au premier fruit sur l'épillet
EP : Epaisseur du Pétiole	NBFF : Nombre de fleurs femelles
LGP : Largeur du pétiole	Dp : Diamètre polaire de la noix
LR : Longueur du rachis	De : Diamètre équatorial de la noix
NBF : Nombre de folioles sur un coté de la palme	MNE : Masse de la noix entière
LF : Longueur de la foliole	MB : Masse de la bourre
LGF : Largeur de la foliole	ME : Masse de l'eau
SF : Surface foliaire théorique	MCQ : Masse de la coque
ILP : Longueur du pédoncule	MALB : Masse de l'amande
ICP : Circonférence pédoncule	MCP : Masse de coprah par noix
ILA : Longueur de l'axe de l'inflorescence	Q : Pourcentage de coprah par noix

Analyses statistiques : Une Analyse en Composante Principale (ACP) a été réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1 pour évaluer la ressemblance entre individus, c'est à dire entre descendances et géniteurs. Les données collectées ont été préalablement standardisées. L'analyse discriminante a été réalisée pour apprécier la distance entre les descendants et les parents à travers la distance de Mahalanobis.

Calcul d'héritabilité, estimation des gains et des pertes : Les héritabilités au sens strict (h^2) ont été

estimées en faisant la régression géniteur-descendance (Jayaraman, 1999 ; Verrier et al. 2001). Un géniteur ne transmet en espérance, que la moitié de sa valeur génétique additive. Le coefficient de régression est égal à $\frac{1}{2} h^2$ quand on ne connaît que la valeur d'un seul parent et à h^2 quand la régression est faite avec la valeur moyenne des deux parents comme dans notre cas. Ainsi,

$$h^2 = b = \frac{\text{Cov} (P_m, D)}{\text{Var } P_m}$$

b = coefficient de régression, h^2 = héritabilité au sens strict, Cov = covariance, P_m = valeur phénotypique du parent moyen, D = valeur phénotypique du descendant et Var = variance.

Les gains et/ ou pertes agromorphologiques ont été estimés selon la formule suivante :

$$\text{Gain ou perte} = \frac{(\text{Moyenne descendance} - \text{Moyenne Géniteur}) \times 100}{\text{Moyenne Géniteur}}$$

RÉSULTATS

Approche par Analyse en Composante Principale et Analyse discriminante : Les trois axes principaux mis en évidence par l'analyse en composante principale expriment 72,50 % de la variabilité total (Tableau 3). L'axe 1 explique 50,77 % de variabilité. Cet axe est défini par les variables Circonférence à 20 cm du sol (C20), Longueur du pétiole (LP), Largeur du pétiole (LGP), Epaisseur pétiole (EP), Longueur du Rachis (LR), Nombre de foliole (NBF), Longueur foliole (LF), Largeur foliole (LGF), Surface Foliaire (SF), Longueur du Pédoncule (ILP), Longueur de l'Axe de l'inflorescence (ILA), Longueur Epillet (ILE), Longueur au premier fruit sur l'épillet (ILPRF), Masse de coprah par noix (MCP). Toutes ces variables sont liées négativement à l'axe. L'axe 2 exprime 13,10 % de la

variabilité totale. Cet axe est expliqué par les variables masse de la noix entière (MNE) et Masse de l'eau (ME) qui lui son corrélé positivement. L'axe 3 exprime 9,42 % de la variabilité total et est formé essentiellement par la variable pourcentage de coprah par noix (Q) qui lui est lié positivement. La projection des individus dans le plan 1-2 qui a la plus grande variabilité soit 63,08 %, a permis d'identifier trois groupes que sont les géniteurs males, femelles et les descendants (Figure 1). Dans ce plan, les descendances NJM x GVT sont plus proches de leur géniteur mâle GVT que de leur géniteur femelle NJM. L'analyse discriminante permet de discriminer les trois groupes d'individus. Cependant la distances de Mahalanobis entre les parents males et les descendants est la plus petite (Figure 2).

Tableau 3. Valeurs propres et contribution des caractères aux trois premiers axes de l'Analyse en Composantes Principales.

	Axe1	Axe2	Axe3
Valeur propre ou variance	14,72	3,57	2,73
% totale de variance	50,77	13,1	9,42
Variance cumulée	50,77	63,07	72,5
Variable définissant l'axe	C20 (-0,81) LP (-0,92) LGP (-0,92) EP (-0,95) LR (-0,92) NBF (-0,94) LF (-0,92) LGF (-0,86) SF (-0,97) ILP (-0,96) ILA (-0,83) ILE (-0,86) ILPRF (-0,84) MCP (-0,77)	MNE (0,71) ME (0,77)	Q (-0,70)

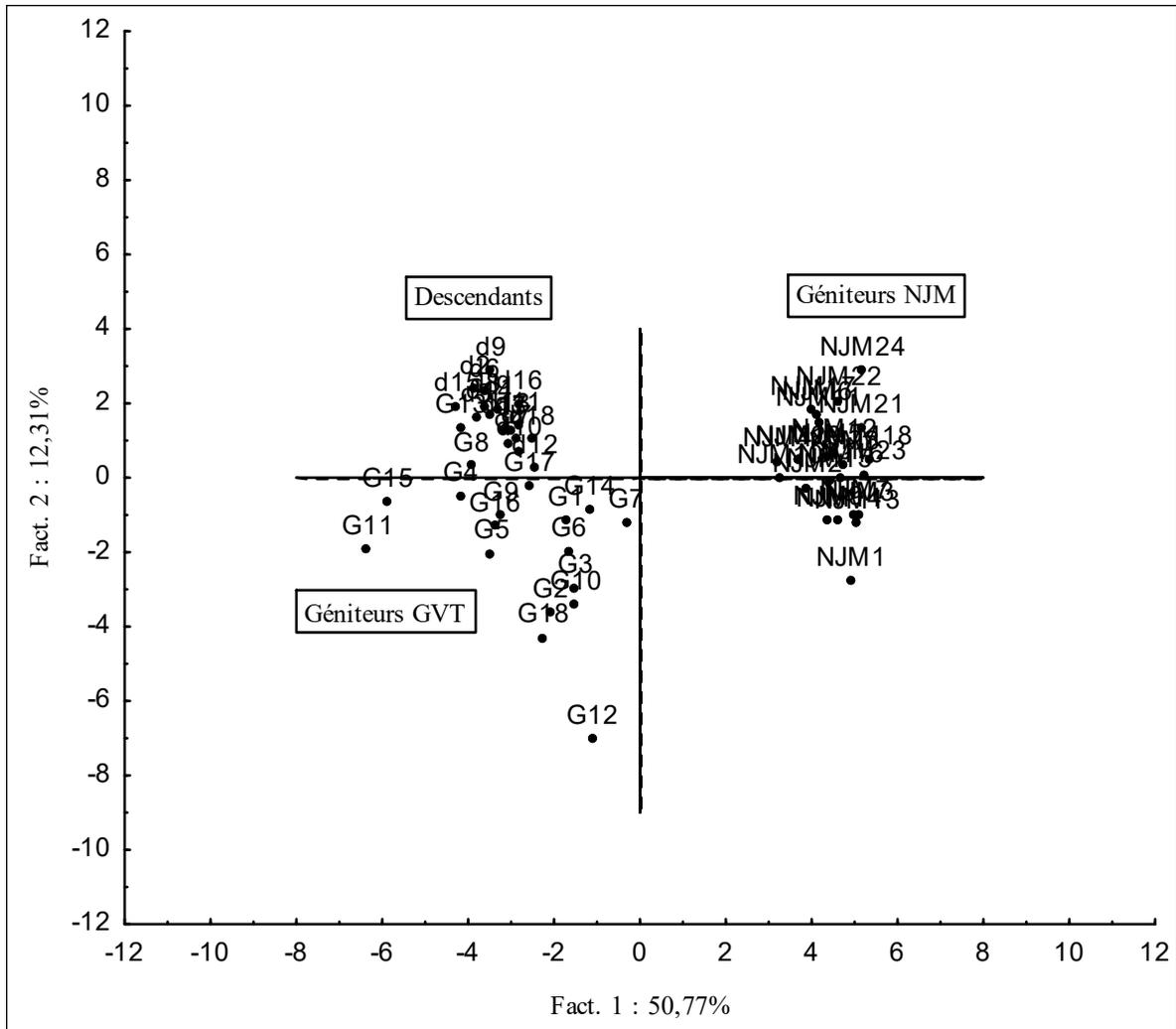


Figure 1. Distribution des géniteurs et descendants dans le plan 1-2 selon l'Analyse en Composantes Principales.

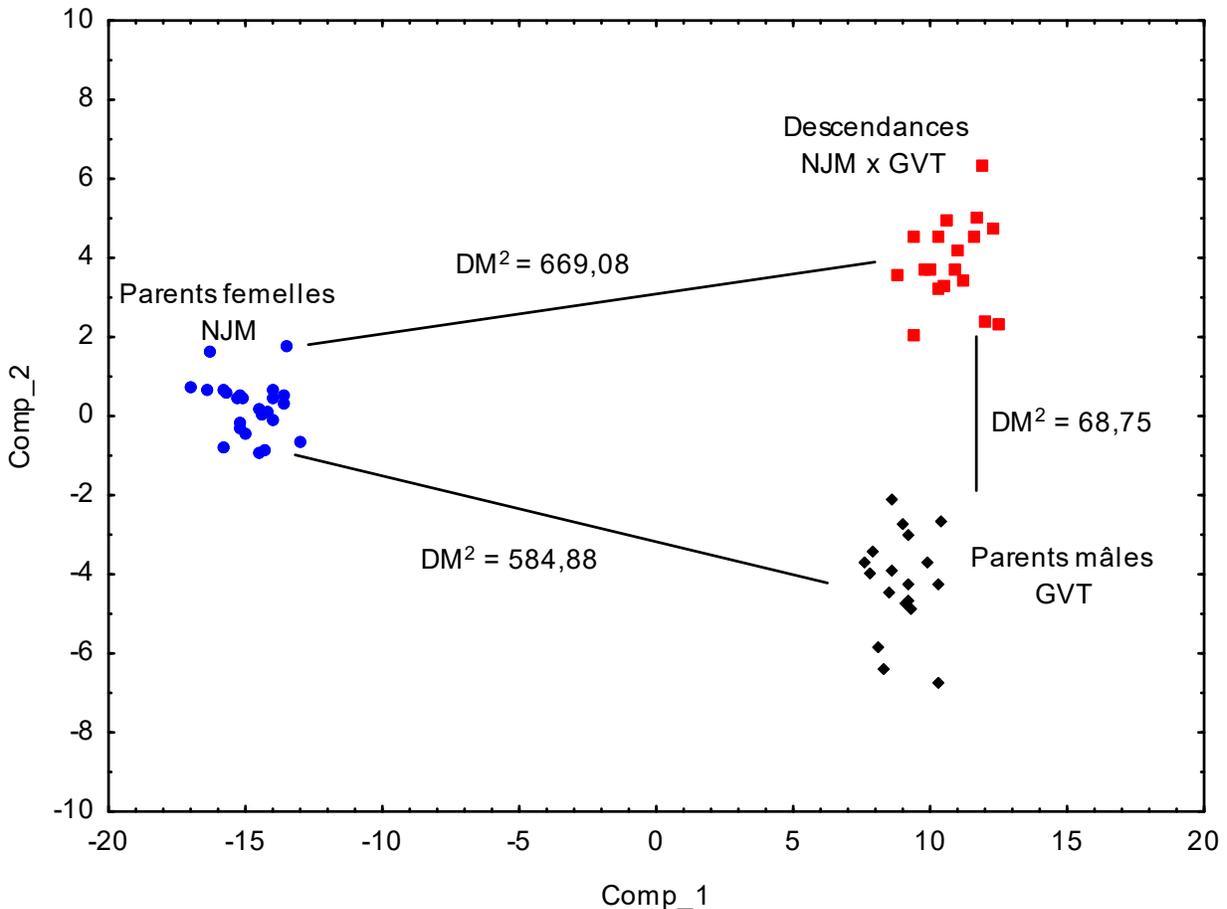


Figure 2. Distribution des géniteurs et descendants dans le plan 1-2 de l'Analyse Discriminante et distance de Mahalanobis au Carré entre les groupes

NJM = Nain Jaune de Malaisie ; GVT = Grand de Vanuatu ; DM^2 = Distance de Mahalanobis au Carré

Evaluation de l'héritabilité, des gains et pertes agromorphologiques : Les héritabilités varient de 10 % à 40 %. Les valeurs les plus élevées sont observées avec les variables C20, LGF, ILE, ILPRF, Déq (Tableau 4). Des gains par rapport aux géniteurs GVT sont observés pour les caractères de la feuille, de l'inflorescence, de la noix et de la productivité (Tableaux 5). Les taux varient en moyenne de 0,73 % pour l'épaisseur de du pétiole à 14,54 % pour le nombre de fleur femelle au niveau des caractères végétatifs. Avec les composantes de la noix, le gain varie de 4,25 % pour le diamètre polaire de la noix à 95,07 % pour la masse de l'eau. Les descendance NJM x GVT produisent en moyenne 75,46 % de coprah par noix de

plus que leur géniteur GVT (Tableau 6). Des réductions de circonférence de stipe (-28,35 %), de longueur entre cicatrices foliaire (-38,69 %), du nombre de foliole (-1,93 %), de la largeur du pétiole (-2,06 %) et du nombre de régime (-5,84 %) sont observées. Avec le géniteur NJM des gains sont observés pour la plupart des caractères mesurés (Tableaux 7 et 8). Les taux varient de 7,87 % (C150) à 84,26 % (ILP) pour les caractères végétatifs. Au niveau des composantes de la noix, ils varient de 7,63 % (Dp) à 65,41 % (MCP). Des réductions ou pertes sont observées pour le nombre d'épillet (-0,53 %) et le nombre d'épillet sans fleurs femelles (-23,10 %).

Tableau 4. Héritabilité au sens strict des variables agro morphologiques.

Variables	Héritabilités(%)	Variables	Héritabilités(%)
HS	20	ILE	40
C20	40	ILPRF	40
C150	30	NBFF	20
L11CF	20	Dp	30
LP	30	Déq	40
LGP	10	dP/dE	30
EP	30	MNE	30
LR	20	MB	30
NBF	10	MCQ	10
LF	10	ME	10
LGF	40	MALB	10
SF	30	MCP	30
ILP	30	Q	10
ILA	10		
NBE	20		
NBESF	20		
NBEF	20		

Tableau 5. Gains ou pertes des caractères morphologiques des 18 descendances NJM x GVT par rapport aux géniteurs GVT.

GVT/d	Gains/pertes (%)																		
	C20	C150	L11CF	LP	LGP	EP	LR	NBF	LF	LGF	SF	ILP	ILA	NBE	NBESF	NBEF	ILE	ILPRF	NBFF
G1d1	-23,77	-19,65	2,62	2,96	-5,08	-1,61	11,47	-1,5	4,42	1,37	4,36	12,36	22,9	5,99	-23,62	74,47	22,61	32,33	92,19
G2d2	-20,33	-18,81	-49,94	-4,46	-4,08	1,87	3,81	0,84	1,96	-0,16	2,68	6,11	9,62	1,47	-36,2	73,92	-5,96	-12,42	89,08
G3d3	-19,86	-5,42	-52,85	-2,25	3,84	7,86	-3,54	5,26	-1,6	5,81	9,47	-3,07	13,67	18,85	3,07	42,11	16,32	0,27	44
G4d4	-29,51	-18,62	-28,61	8,24	1,1	1	4,12	-7,95	6,45	-1,15	-3,2	1,66	20,56	5,97	46,16	-10,95	24,21	-3,22	-19,2
G5d5	-32,63	-21,98	-41,68	-6,16	1,47	2,61	-0,62	2,81	0,25	-1,11	1,9	-0,12	17,67	2,57	92,17	-14,77	8,08	1,77	-8,17
G6d6	-27,00	-18,13	-38,87	10,77	4,79	-5,36	6,48	-5,5	9,02	6,06	9,14	9,33	34,89	21,28	-20,09	88	35,48	1,88	105,67
G7d7	-21,63	-11,21	-43,08	21,55	18,55	6,07	9,62	2,35	4,1	14,56	21,5	9,64	32,49	29,15	39,06	23	15,96	2,36	28,16
G8d8	-7,16	-7,63	-31,27	6,70	-7,45	0,33	2,34	-5,95	6,93	0,22	1,01	-0,27	6,23	6,22	182,88	-25,77	9,41	-2,56	-34,89
G9d9	-29,47	-12,05	-31,18	7,10	-7,45	2,56	4,73	-1,97	8,09	0,23	6,2	0,64	5,03	6,23	30,68	-5,15	6,84	7,65	-5,87
G10d10	-34,64	-30,07	-45,18	7,74	-14,3	2,76	4,59	1,65	0,82	4,91	7,9	33,51	17,8	-18,76	-23,81	-14,64	26,49	35,83	-1,81
G11d11	-36,54	-23,87	-42,55	3,10	-19,4	-10,6	0,97	-8,05	-5,4	-8,77	-20	7,88	-15,2	-19,07	345,64	-50,65	2	9,53	-50,58
G12d12	-39,39	-25,36	-40,09	-3,09	-10,0	-4,52	-4,85	2,78	-5,8	10,52	7,42	3,17	18,73	13,58	36,71	-0,38	14,95	45,88	-0,6
G13d13	-32,56	-23,68	-41,17	3,66	-3,45	3,48	15,53	2,03	5,94	2,10	10,4	-5,61	-7,71	-5,67	59,81	-34,18	-4,68	-8,89	-32,73
G14d14	-32,27	-26,44	-37,2	8,34	7,43	0,55	5,13	0,6	13,2	11,75	27,2	11,62	3,54	-14,79	-40,98	37,58	6,2	-6,9	47,49
G15d15	-39,31	-30,26	-54,57	0,24	-0,43	4,19	-1,67	-6,89	2,04	10,06	4,65	-6,78	2,08	-5,97	17	-25	-8,13	-24,74	-24,87
G16d16	-34,15	-24,12	-48,34	-0,47	3,46	-0,44	-4,4	-6,78	1,88	-0,34	-4,9	-4,82	-1,5	-4,82	-20,18	16,31	9,79	8	14,66
G17d17	-24,14	-13,24	-33,17	5,47	5,07	1,67	-6,91	-8,21	-2,3	14,19	2,64	-0,69	-5,81	19,26	191,79	-20,68	12,87	13,45	-18,84
G18d18	-25,95	-15,56	-39,26	3,34	-11,1	0,67	-7,18	-0,29	-2,8	11,65	8,65	-6,93	6,73	-3,72	-23,15	16,83	33,32	15,6	38
Moyenne	-28,35	-19,23	-38,69	4,04	-2,06	0,73	2,2	-1,93	2,63	4,55	5,38	3,76	10,1	3,21	47,61	9,45	12,54	6,43	14,54
Ecart type	8,09	7,25	12,65	6,53	8,98	4,28	6,35	4,54	5,15	6,45	10	9,73	13,5	13,77	100,78	40,18	12,62	17,57	46,48

NB : Les valeurs en gras indiquent les gains

C20= Circonférence du stipe à 20 cm du sol ; C150= Circonférence du stipe à 150 cm du sol ; L11CF= Longueur du stipe sur 11 cicatrices foliaires ; LP=Longueur du Pétiole ; LGP=Largeur du Pétiole ; EP=Epaisseur du Pétiole ; LR=Longueur Rachis ; NBF=Nombre de Folioles ; LF=Longueur Foliole ; LGF=Largeur Foliole ; SF=Surface Foliaire ; ILP =Longueur du Pédoncule de l'Inflorescence ; ILA= Longueur de l'Axe de l'Inflorescence ; NBE= Nombre d'Epillet ; NBESF = Nombre d'Epillet Sans Fleurs Femelles ; NBEF = Nombre d'Epillet avec Fleurs Femelles ; ILE = Longueur de l'Epillet de l'inflorescence ; ILPRF = Longueur au premier fruit sur l'epillet ; NBFF = Nombre de Fleur Femelle.

Tableau 6. Gains ou pertes pour les composantes de la noix des 18 descendances NJM x GVT par rapport aux géniteurs GVT.

GVT/d	Dp	Déq	MNE	MB	Gains/pertes (%)				
					MALB	MCQ	ME	Q	MCP
G1d1	5,93	10,49	14,88	-4,24	3,26	3,65	118,09	-2,84	3,65
G2d2	10,97	31,68	73,84	18,25	73,05	104,51	258,95	30,17	104,5
G3d3	4,26	12,12	39,07	29,96	10,78	8,38	106,63	-12,74	8,38
G4d4	-3,12	4,18	-9,01	-31,99	-10,37	-12,4	103,34	2,52	-12,41
G5d5	-1,13	2,57	31,95	-6,48	77,17	93,19	63,82	49,94	93,2
G6d6	-2,93	10,22	32,05	74,97	22,21	28,35	45,29	-1,47	28,35
G7d7	14,1	12,15	11,32	-5,03	41,67	50,25	26,09	32,49	50,23
G8d8	11,4	15,37	6,98	-3,88	10,15	1,89	18,45	-2,59	1,89
G9d9	-2,78	7,86	23,32	-15,94	40,96	51,66	106,65	47,06	51,65
G10d10	8,85	11,42	43,28	40,47	14,19	28,83	416,03	-4,72	28,82
G11d11	-10,48	14,03	16,67	-27,53	68,41	64,83	102,99	49,52	64,82
G12d12	14,26	49,58	81,34	331,81	27,19	38,46	110,55	-22,59	39,88
G13d13	-0,32	-1,18	-11,98	-33,75	23,33	28,06	-0,55	46,22	28,05
G14d14	7,95	3,73	23,97	24,32	9,71	54,94	51,24	33,1	54,94
G15d15	-6,34	6,12	-0,15	-23,04	74,62	52,68	-0,8	48,77	52,67
G16d16	3,15	11,2	10,75	-10,22	38,99	20,28	55,12	9,06	20,28
G17d17	16,38	-2,17	9,5	-11,62	83,48	80,58	-2,38	59,65	80,22
G18d18	6,41	5,22	70,44	196,43	13,48	5,96	131,68	-32,97	5,96
Moyenne	4,25	11,37	26,01	30,14	34,57	39,12	95,07	18,25	39,17
Ecart type	7,74	12,14	27,14	92,5	29,23	32,84	102,20	28,89	32,82

NB : Les valeurs en gras indiquent les gains

Dp= Diamètre polaire de la noix ; Déq= Diamètre équatoriale de la noix ; MNE= Masse de la Noix Entière ; MB= Masse de la Bourre ; MCQ= Masse de la Coque ; ME= Masse de l'eau ; MALB= Masse de l'Albumen ; MCP= Masse de coprah par noix ; Q= Pourcentage de coprah par noix.

Tableau 7. Gains ou pertes sur les caractéristiques morphologiques des 18 descendances NJM x GVT par rapport aux géniteurs NJM.

NJM/d	Gains/pertes (%)																		
	C20	C150	L11CF	LP	LGP	EP	LR	NBF	LF	LGF	SF	ILP	ILA	NBE	NBESF	NBEF	ILE	ILPRF	NBFF
NJM/d1	68,97	8,5	57,06	46,59	38,96	44,67	31,82	18,63	22,72	25,32	82,43	82,92	29,13	-0,74	-13	15,71	40,16	51,36	27,46
NJM/d2	61,23	9,68	44,98	49,59	37,49	46,56	35,1	16,24	23,92	24,1	78,64	86,88	31,62	2,2	-26,3	40,58	46,46	72,52	52,83
NJM/d3	55,39	6,78	49,64	44,87	39,89	43,24	35,11	17,71	21,88	20,03	71,9	82,33	25,73	-1,3	-11,1	11,92	46,46	65,66	13,41
NJM/d4	51,77	5,66	52,54	45,05	36,2	43,72	36,08	17,19	22,62	22,88	76,33	86,75	33,08	1,12	-28	40,27	42,68	66,04	50,72
NJM/d5	66,44	9,23	60,66	48,29	35,46	42,77	35,85	19,92	20,17	26,95	82,75	95,56	33,14	0,59	-46,7	64,27	36,09	68,13	96,04
NJM/d6	59,41	6,49	51,12	47,63	38,59	45,14	38,11	18,04	21,94	22,47	76,01	81,6	30,82	0,72	-28,6	40,27	40,66	55,36	53,45
NJM/d7	63,38	6,24	54,44	43,85	35,64	40,87	31,9	18,68	17,14	24,51	72,75	85,73	31,55	-7,58	-33,6	27,46	40,89	62,61	32,81
NJM/d8	62,97	6,85	51,3	49,78	33,8	42,77	32,85	18,44	21,03	21,86	74,96	94,18	34,91	4,16	-25,9	44,62	43,81	67,18	45,74
NJM/d9	50,7	3,92	34,49	44,29	33,8	39,45	30,82	18,39	18,74	19,82	68,32	88,2	30,96	0,43	-31,6	43,5	43,97	77,86	65,82
NJM/d10	59,34	9,37	53,6	42,02	35,46	41,35	31,21	18,22	20,17	19,01	69,59	77,71	27,85	0,48	-26,1	36,23	35,52	55,36	42,45
NJM/d11	56,78	9,61	40	40,79	38,41	42,77	30,85	18,65	19,39	20,84	71,8	81,57	23,38	-1,32	-24,5	29,89	34,07	49,64	32,12
NJM/d12	54,31	10,05	46	45,04	37,3	40,4	34,32	16,35	23,9	16,36	68,11	77,05	23,38	-6,68	-26,3	19,75	35,86	48,31	23,61
NJM/d13	61,54	11,02	55,15	44,2	36,01	45,61	34,85	17,25	23,81	22,06	77,17	81,7	25,73	1,67	-8,94	15,96	43,18	56,32	18,51
NJM/d14	50,76	7,73	46,39	47,54	38,78	44,67	36,82	15,61	27,79	21,45	79,17	90,32	35,08	-2,89	-21,8	22,61	52,49	71,57	31,44
NJM/d15	89,93	11,84	74,89	47,46	43,95	53,2	37,31	19,82	24,02	30,83	94,43	81,51	28,47	6,34	4,5	8,81	51,2	62,61	9
NJM/d16	46,58	5,85	49	43,88	36,2	43,24	34,54	16,76	23,65	20,84	75,27	76,95	22,82	-4,13	-18,9	15,71	38,24	50,98	18,82
NJM/d17	58,52	7,04	67,58	44,4	37,67	44,67	32,62	15,91	22,05	20,23	70,43	82,43	40,28	6,42	-14,6	34,8	42,12	58,6	53,08
NJM/d18	54,38	5,81	51,58	38,47	34,53	43,24	31,64	16,65	21,71	19,82	70,54	83,25	28,16	-8,98	-34,9	25,91	44,3	65,28	48,73
Moyenne	59,58	7,87	52,25	45,21	37,12	43,8	33,99	17,69	22,04	22,19	75,59	84,26	29,78	-0,53	-23,1	29,9	42,12	61,41	39,78
Ecart type	9,57	2,14	9,29	2,96	2,48	3	2,34	1,27	2,43	3,3	6,47	5,31	4,65	4,31	11,57	14,39	5,13	8,61	21,34

NB : Les valeurs en gras indiquent les gains

C20= Circonférence du stipe à 20 cm du sol ; C150= Circonférence du stipe à 150 cm du sol ; L11CF= Longueur du stipe sur 11 cicatrices foliaires ; LP=Longueur du Pétiole ; LGP=Largeur du Pétiole ; EP=Epaisseur du Pétiole ; LR=Longueur Rachis ; NBF=Nombre de Folioles ; LF=Longueur Foliole ; LGF=Largeur Foliole ; SF=Surface Foliaire ; ILP =Longueur du Pédoncule de l'Inflorescence ; ILA= Longueur de l'Axe de l'Inflorescence ; NBE= Nombre d'Épillet ; NBESF = Nombre d'Épillet Sans Fleurs Femelles ; NBEF = Nombre d'Épillet avec Fleurs Femelles ; ILE = Longueur de l'Épillet de l'inflorescence ; ILPRF = Longueur au premier fruit sur l'épillet ; NBFF = Nombre de Fleur Femelle.

Tableau 8. Gains ou pertes des composantes de la noix des 18 descendances NJM x GVT par rapport aux géniteurs NJM.

NJM/d	Gains/pertes (%)								
	Dp	Déq	MNE	MB	MALB	MCQ	ME	Q	MCP
NJM/d1	11,18	14,75	33,59	25,2	45,91	21,41	35,68	22,66	65,67
NJM/d2	7,72	12,21	40,34	22,27	52,96	30,74	54,42	22,3	68,92
NJM/d3	6,22	7,49	28,26	9,12	52,91	13,35	28,55	37,09	77,69
NJM/d4	-0,18	1,9	22,19	9,62	43,98	15,85	10,36	26,86	60,45
NJM/d5	2,24	11,99	26,98	2,08	48,74	18,3	35,53	29,11	63,8
NJM/d6	6,16	8,07	42,96	27,57	55,38	32,73	53,86	20,46	70,03
NJM/d7	7,03	11,05	20,52	9,11	42,95	10,95	8,49	28,8	60,59
NJM/d8	13,48	12,28	36,27	30,62	53,38	25,47	25,43	22,81	73,06
NJM/d9	5,58	8,36	45,87	28,15	57,59	28,79	77,8	29	71,92
NJM/d10	10,89	6,55	20,65	2,42	40,57	14,13	22,95	39,65	67,24
NJM/d11	7,72	4,08	33,32	15,29	54,29	19,56	37,03	27,42	69,79
NJM/d12	10,14	4,66	15	10,67	33,47	3,69	0,33	28,39	52,97
NJM/d13	9,22	11,48	28,24	22,97	46,34	15	19,13	29,26	71,43
NJM/d14	7,49	12,5	29,25	15,37	43,47	24,92	30,12	26,34	62,52
NJM/d15	15,21	17,15	40,13	54,75	49,77	22,65	16,54	17,7	74,71
NJM/d16	9,45	10,1	38,53	26,95	45,86	28,45	51,95	8,99	51,41
NJM/d17	7,6	7,05	27,56	17,17	45,15	17,01	22,75	28,7	67,02
NJM/d18	0,22	2,91	23,02	7,41	34,2	20,06	30,34	21,53	48,09
Moyenne	7,63	9,14	30,7	18,71	47,05	20,17	31,18	25,95	65,41
Ecart type	4,06	4,18	8,71	12,78	6,82	7,55	19,06	6,89	8,2

NB : Les valeurs en gras indiquent les gains

Dp= Diamètre polaire de la noix; Déq= Diamètre équatoriale de la noix; MNE= Masse de la Noix Entière; MB= Masse de la Bourre; MCQ= Masse de la Coque; ME= Masse de l'eau; MALB= Masse de l'Albumen; MCP= Masse de coprah par noix; Q= Pourcentage de coprah par noix; NbR= Nombre de régimes produit par année par arbre; NbFr= Nombre de fruits produit par année par arbre; Cop/arbre/an= Masse de coprah produit par arbre par année; Cop/hectare/an= Masse de coprah par hectare par année.

DISCUSSION

La comparaison simultanée des caractéristiques agromorphologiques des géniteurs Grand de Vanuatu (GVT), Nain Jaune Malaisie (NJM) et leurs descendances NJM x GVT a conduit à une distinction de chaque groupe. L'étude de la diversité morphologique entre cocotiers Grands et Nains n'est pas appropriée, parce qu'elle conduit toujours à une dichotomie entre les deux écotypes (Lebrun *et al.* 1995, Konan, 2008). En effet les caractères végétatifs sont plus importants chez les écotypes grands que les nains (Batugal *et al.*, 2010). De même les cocotiers grands et les hybrides de cocotier Grand x Grand sont plus robustes que les hybrides Nain x Grand (Konan *et al.* 2010). Toutefois la comparaison des caractéristiques chimiques de l'amande de l'hybride NJM x GOA à celle de ses deux parents Nain Jaune Malaisie et Grand Ouest Africain réalisée par Konan *et al.*, (2009) a relevé plusieurs similitudes entre les trois cultivars. Koffi *et al.*, (2019) en comparant les hybrides de cocotier grand à leurs géniteurs ont montré la performance de ces hybrides par rapport aux géniteurs. Cependant, le croisement entre les cocotiers Nain et Grand a permis de créer les cocotiers hauts producteurs les plus vulgarisés au monde qui sont plus producteur que leurs géniteurs (Batugal *et al.* 2005). L'intérêt de notre étude a été de vérifier les affinités agromorphologiques entre les deux géniteurs et leurs descendances. Il s'est agi d'analyser les ressemblances agromorphologiques entre les hybrides Nain x Grand et leurs géniteurs femelle qui est un cocotier Nain et mâle qui est un cocotier Grand. L'analyse en composante principale et l'analyse discriminante réalisées ont montré que les caractéristiques des descendances NJM x GVT sont relativement proches de leurs géniteurs GVT. Ce résultat montre que pour la première génération d'hybride de cocotier nain croisé par un cocotier grand, les descendants présentent plus de similitude avec le parent mâle qui est ici un cocotier Grand. Les différentes analyses statistiques effectuées ont montré que la plupart des caractères identiques aux géniteurs mâles et aux descendants sont liés aux descripteurs végétatifs. L'héritabilité au sens strict étant relativement

élevé pour la plupart de ces caractères, une transmission des caractères des ascendants aux descendants serait à la base d'un tel comportement des hybrides NJM x GVT. Ces variables qui ont des valeurs d'héritabilité relativement élevées seraient gouvernées par des facteurs additifs. Il convient cependant de signifier que les héritabilités ne doivent être comparées qu'avec prudence, puisqu'elles dépendent du matériel utilisé et de son environnement. En effet les estimations de l'héritabilité s'appliquent exclusivement aux expériences à partir desquelles elles ont été obtenues Jayaraman (1999). Les faibles valeurs d'héritabilités obtenues pour certains caractères tels que les descripteurs agronomiques masses de la coque, de l'eau, de l'albumen et pourcentage de coprah par noix révèlent une amélioration relativement difficile par sélection. Toutefois en appliquant une forte intensité de sélection sur le caractère variable chez les géniteurs, l'amélioration peut être possible, comme l'a indiqué Meunier *et al.* (1984). Des gains et des pertes agromorphologiques par rapport aux géniteurs NJM et GVT ont été observés pour l'ensemble des caractères. Les gains obtenus peuvent s'expliquer par l'effet hétérosis ou vigueur de l'hybride. Ces effets qui sont plus perceptibles avec la masse de la noix et du coprah par noix, viennent soutenir la performance des hybrides de cocotier rapportés par certains auteurs et qui est due aux effets hétérosis (Bourdeix, 1989 ; Bourdeix *et al.* 2005b). Verrier *et al.*, (2001) et Lu *et al.* (2003) expliquent l'hétérosis qui est généralement observé chez les individus hétérozygotes par les effets de dominance et superdominance des gènes impliqués dans le déterminisme des caractères quantitatifs (QTLs) ou par l'interaction entre deux gènes complémentaires (épistasie). Par contre les pertes ou réductions de caractère constatées pourraient s'expliquer par l'effet de dépression de consanguinité. Ces effets qui sont observés quand les individus croisés sont génétiquement proches pourraient indiquer que pour ces caractères les cocotiers Nain Jaune de Malaisie et Grand de Vanuatu sont génétiquement semblables.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Ces travaux ont été conduits pour évaluer les similitudes agromorphologiques entre les hybrides NJM x GVT et leurs géniteurs. Il ressort que les caractéristiques végétatives des descendances NJM x GVT sont relativement proches de leurs géniteurs mâles GVT. Les héritabilités ont varié de 10 % à 40 %

pour l'ensemble des descripteurs. Elles ont été plus élevées pour C20, LGF, ILE, ILPRF et Déq avec une valeur de 40 %. Ces descripteurs ont plus contribué au rapprochement des descendances de leur géniteur mâle. Des gains agromorphologiques par rapport aux deux géniteurs ont été observés pour la plupart des

caractères. Les taux ont varié en moyenne de 0,73 % à 14,54 % par rapport aux caractères végétatifs du GVT. Les descendances NJM x GVT ont produit en moyenne 75,46 % de coprah par noix de plus que ce dernier. Des réductions de circonférence de stipe (-28,35 %), de longueur entre cicatrices foliaire (-38,69 %), du nombre de foliole (-1,93 %), de la largeur du pétiole (-2,06 %) et du nombre de régime (-5,84 %) ont été observées par rapport au GVT. Les caractères végétatifs des NJM x GVT ont été 7,87 % (C150) à 84,26 % (ILP) plus élevé

que pour ceux du NJM. Des réductions ou pertes ont été observées pour le nombre d'épillet (-0,53 %) et le nombre d'épillet sans fleurs femelles (-23,10 %). Ces résultats serviront de guide aux sélectionneurs quant aux résultats attendus d'une descendance F1 de cocotier Grand croisé par cocotier Nain. Ces hybrides étant relativement proche de leur géniteur mâle Grand de Vanuatu, peuvent être cultivés et utilisés de la même manière que ce dernier.

BIBLIOGRAPHIE

- Assa RRA, 2007. Diagnostic de la cocoteraie 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 (Abidjan, Côte d'Ivoire), 188 p.
- Baudouin L and SANTOS G, 2005. Morphometric methods of determining diversity in coconut. In *Coconut Genetic Resources*: Batugal P, Ramanatha Rao V, Olivier J (eds). International Plant Genetic Resources Institute. Selangor DarulEhsan, Malaisie ; 209 – 224.
- Batugal P, Bourdeix R, Olivier, JT, George MLC, 2010. Catalogue of conserved Coconut Germplasm. International Coconut Genetic Resources Network (COGENT), Bioversity International, Regional Office for Asia, the Pacific and Oceania, Serdang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia. 399 pp.
- Batugal P, Benigo D, Olivier J, 2005. Coconut hybrids for smallholders CFC technical paper (42), Batugal P, Benigo D, Olivier J, editors ; Common Fund for Commodities / International Plant Genetic Resources Institute (CFC / IPGRI), Amsterdam (Netherlands). 235 pp.
- Bourdeix R and Konan JL, 2005. Coconut hybrid trials in Côte d'Ivoire. Coconut hybrids for smallholders CFC technical paper (42). Chapitre I: results of the Common Fund for Commodities-funded multilocation hybrid trials project, Common Fund for Commodities / International Plant Genetic Resources Institute (CFC / IPGRI), Amsterdam (Netherlands): 26-31.
- Bourdeix R, Konan JL, N'cho YP, 2005a. Cocotier, guide des variétés traditionnelles et améliorées. Co-production CIRAD /CNRA, édition diversiflora ; Montpellier (France). 58 pp.
- Bourdeix R, Baudouin L, Konan JL, 2005b. Coconut hybrids developed by CIRAD and its partner institutions. In *Coconut Hybrids for Smallholders*: Batugal P, Dante B, Olivier J. (eds). CFC technical paper (42). Chapitre II: other experiences related to coconut hybrid development, Common Fund for Commodities / International Plant Genetic Resources Institute (CFC / IPGRI) : Amsterdam, Netherlands ; 111-131.
- Bourdeix R, 1989. La sélection du cocotier (*cocos nucifera* L.). Etude théorique et pratique. Optimisation des stratégies d'amélioration génétique. Thèse de doctorat unique de l'Université de Paris sud, centre d'Orsay (France), 194p.
- Daramcoum WAMP, Konan KJL, Yao SDM, Yaima A R, Koffi E-BZ, Yoboue K, Kouassi KM, Kouadjo CG, Koffi E, Koffi KKG, N'guetta AS-P, 2018. Molecular diagnosis of phytoplasma transmission from zygotic embryos to *in vitro* regenerated plants of Coconut palm (*Cocos nucifera* L.). *African Journal of Biotechnology* 17(27): 862-869.
- Dollet M, Jannot, C, Baudouin L, Cirad JO, 2009. Le cocotier en Afrique et la maladie du jaunissement mortel. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides* 16 (2) : 74-75.
- Dery SK, Owusu Nipah J, Andoh-Mensah E, Nuertey BN, Nkansah Poku J, Arthur R, Philippe R, 2005. On-farm evaluation of the coconut hybrid, Malayan yellow dwarf x Vanuatu tall for tolerance to the lethal yellowing disease of coconut in Ghana. *Cord*, vol.21 (1) : 50-56.
- Koffi E-BZ, Konan KJL, Yao SDML, Sie RS, Diarrassouba N, 2019. Study of the crossing of

- improved tall coconut x improved tall coconut in Côte d'Ivoire. *Global Journal of Plant Breeding and Genetics* 6 (3); 484 – 493.
- Koffi E-BZ, Konan KJL, Sié RS, Yao SD-M, Yoboué K, Konan N Y, Issali A E, Lekadou TT, Allou K, 2014. Assessment of the agronomic performance of Malayan Yellow Dwarf x Vanuatu Tall coconut (*Cocos nucifera* L.) hybrid variety tolerant to lethal yellowing disease of Ghana in Côte d'Ivoire. *Journal of Research in Biology* 4(6): 1427-1440.
- Koffi E-B Z, Konan KJL, Issali AE, Lekadou TT, Bourdeix R, Allou K, Zoro Bi I A, 2013. Evaluation de la diversité agromorphologique des descendances hybrides de cocotier (*Cocos nucifera* L.) Nain Jaune Malaisie x Grand Vanuatu en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7(2) : 507-522.
- Konan KJL, Allou K, Atta DH, Yao SD, Koua B, Kouassi N, Benabid R, Michelutti R, Scott J, Arocha-Rosete Y, 2013. First report on the molecular identification of the phytoplasma associated with a lethal yellowing-type disease of coconut palms in Côte d'Ivoire. *New Disease Reports* 28, 3.
- Konan KJN, 2008. Evaluation de la diversité agromorphologique et moléculaire de la collection internationale de cocotier (*Cocos nucifera* L.) en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat unique, Université de Cocody Abidjan (Côte d'Ivoire), 130 p.
- Konan JL, Sié RS, N'guetta SP, Lekadou TT, Allou K, 2010. Assessment of vegetative growth and production of new improved coconut (*Cocos nucifera* L.) hybrids. *Journal of Applied Biosciences* 26: 1664-1674.
- Konan JL et Allou KR, 2006. Jaunissement mortel du cocotier. Rapport de mission (Ghana 24-30 septembre 2006). Projet FSP, OPRI (Ghana)/CIRAD (France), 15p.
- Konan BR, Konan KJL, Assa RR, Oule M, Amani G, 2009. The physicochemical characteristics of coconut (*Cocos nucifera* L.) kernels in germination. *Seed science and biotechnology* 3 (1), 1-7.
- Jayaraman K, 1999. Manuel de statistique pour la recherche forestière. FAO, Coopération Hollandaise, Commission Européenne. 239 pp.
- Lebrun P, Boudouin L, Seguin M, N'cho YP, Bourdeix R, 1995. Etude de la diversité génétique du cocotier par RFLP. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides* 2 (6): 418-421.
- Lu H, Romero-Severson J, Bernardo R, 2003. Genetic basis of heterosis explored by simple sequence repeat markers in a random-mated maize population. *Theor Appl Genet* 107:494–502.
- Meunier J, Sangaré A, Le Saint JP, Bonnot F, 1984. Analyse génétique des caractères du rendement chez quelques hybrides de cocotier *Cocos nucifera* L. *Oléagineux* 39 (12) : 581-584.
- Rohde W, Kullaya A, Mpunami A, Becker D, 1993. Rapid and sensitive diagnosis of mycoplasma-like organisms associated with lethal disease of coconut palm by a specially primed polymerase chain reaction for the amplification of 16S rDNA. *Oléagineux* 48 (7) : 319-322.
- Tié Bi Y, 1984. Contribution à l'étude des sols sableux de la basse Côte d'Ivoire, cultivée en cocotiers et définition des seuils d'utilisation de la fumure phosphatée. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle. Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 182p.
- Verrier E, Brabant P, Gallais A, 2001. Faits et concepts de base en génétique quantitative. Polycoché INA Paris-Grignon, 134 p.
- Yao SDM, Konan KJL, Sié RS, Diarrassouba N, Lekadou TT, Koffi E-BZ, Yoboué K, Bourdeix R, Issali AE, Doh F, Allou K, Zoro Bi AI, 2015. Fiabilité d'une liste minimale de descripteurs agromorphologiques recommandée par le COGENT dans l'étude de la diversité génétique du cocotier (*Cocos nucifera* L.). *Journal of Animal & Plant Sciences* (26) 1: 4006-4022.