



Diversité agro-morphologique précoce d'hybrides d'autofécondation F3 de cocotier (*Cocos nucifera* L.) impliquant l'écotype Nain Vert Sri Lanka (NVS) tolérant à la maladie du Jaunissement Mortel

Wentoin Alimata Marie-Pierre DARAMCOUM^{1,2}, Saraka Didier Martial YAO³, Konan Jean-Louis KONAN², Eric-Blanchard Zadéhi KOFFI⁴, Koffi YOBOUE^{2,4}, Assanvo Simon-Pierre N'GUETTA¹

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

²CNRA, Direction Régionale d'Abidjan, Station Marc Delorme de Port-Bouët, Service sélection, 07 BP 13 Abidjan 07, Côte d'Ivoire

³Université Peleforo Gon Coulibaly, UFR Sciences Biologiques, Unité Pédagogique et de Recherche (UPR) de Génétique BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

⁴Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et d'Amélioration des Productions Végétales, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Auteur correspondant : didierys@yahoo.fr ; Téléphone : +225 04737926

Original submitted in on 31th March 2017. Published online at www.m.elewa.org on 30th April 2017
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v112i1.10>

RESUME

Objectif : Appréhender précocement la diversité agro-morphologique de trois hybrides de cocotier issus d'autofécondation d'écotype Nain. En effet, la caractérisation agro-morphologique complète d'une plante pérenne comme le cocotier se fait sur une longue période qui peut couvrir 12 à 14 ans selon les variétés ; d'où l'utilisation des évaluations précoces pour prédire le potentiel agronomique à l'âge adulte des cocotiers.

Méthodologie et résultats : Vingt et un caractères agro-morphologiques ont été mesurés sur les semences matures et jeunes plants des hybrides de 3^{ème} génération d'autofécondation (F3) NRC x NVS et NVP05 x NVS et 2^{ème} génération d'autofécondation (F2) NJM x NJM (témoin) créés en Côte d'Ivoire. Deux pools génétiques différents, dont l'un rassemble les hybrides F3 impliquant l'écotype Nain Vert Sri Lanka (NVS) tolérant à la maladie du Jaunissement Mortel (JM) et l'autre le témoin F2 NJM x NJM sensible au JM, ont été trouvés. De même, trois types de caractères agro-morphologiques ont été impliqués dans la différenciation des hybrides tolérant et sensible au JM.

Conclusion et application des résultats : Les deux pools génétiques (tolérants et sensibles au JM) identifiés ainsi que leurs caractères agro-morphologiques (types I, II et III) spécifiques pourraient être exploités dans la recherche de QTLs associés à la tolérance au JM du cocotier.

Mots clés : cocotier hybride Nain x Nain, caractérisation précoce, jaunissement mortel, QTL, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

Early agro-morphological diversity assessment in self-pollination coconut (*Cocos nucifera* L.) hybrids F3 involving Sri Lanka Green Dwarf (SGD) ecotype tolerant to Lethal Yellowing (LY) disease of Ghana

Objectives: To obtain morphological diversity precociously in self-pollination dwarf coconut cross generations created in Côte d'Ivoire, mature hybrid seeds and seedlings were studied. Indeed, in coconut palm where the period between planting and fruiting times varies from 3 years, the full morphological characterization at the field takes a long duration.

Methodology and results: Twenty-one morphological traits measured on the mature hybrid seeds and seedlings from F3 CRD x SGD, F3 PILD05 x SGD and F2 MYD x MYD (control) hybrids were studied. The results revealed two morphological clusters as different genetic pools which one gathers self-pollination hybrids F3 implying the ecotype Sri-Lanka Green Dwarf (SGD) tolerant to the Lethal Yellowing (LY) disease and the other control cross F2 MYD x MYD sensitive to LY. Three types of morphological traits (types I, II and III) implied in the differentiation of the tolerant and sensitive hybrids relatively to LY disease were also identified.

Conclusion and implementation of the results: For Côte d'Ivoire coconut breeding program, these two identified genetic pools and the quantitative traits that characterize them could be exploited in the research of the QTLs associated with LY disease tolerance in coconut palm.

Keywords: Dwarf x Dwarf coconut hybrids, precocious characterization, Lethal Yellowing (LY) disease, QTL, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

Le cocotier (*Cocos nucifera* L.), oléagineuse pérenne de la famille des Arecacées, a été introduit en Côte d'Ivoire au 16^{ème} siècle par les navigateurs portugais à partir de la ville de Grand Bassam qui aurait constitué le point de départ de la diffusion de la plante dans toute l'Afrique de l'Ouest. Depuis cette époque, la nuciculture est devenue pour les populations du littoral de Côte d'Ivoire la principale culture de rente pourvoyeuse de revenu régulier. En effet, le cocotier est cultivé par plus de 20 000 familles du littoral ivoirien sur 50 000 ha et fournit 55 000 tonnes de coprah.an⁻¹ (Konan *et al.*, 2006 ; Assa *et al.*, 2006). Mais l'implication de la culture du cocotier dans la lutte contre la pauvreté chez les peuples du littoral ivoirien est compromise par des bioagresseurs au nombre desquels figurent les organismes de type mycoplasme (MLOs) associés à la maladie du Jaunissement Mortel (JM). Cette maladie représente le risque phytosanitaire le plus élevé, limitant la nuciculture. Apparue au Ghana depuis les années 1960 elle sévit aujourd'hui en Côte d'Ivoire, dans le département de Grand-Lahou (Konan *et al.*, 2013). Le Jaunissement Mortel a déjà dévasté plus de 300 ha de cocoteraie dans ce département (Konan *et al.*, 2013), exposant ainsi les populations rurales des ethnies Avikam et Dida localisés le long du littoral Sud-est de la Côte d'Ivoire

à une paupérisation recrudescence. Face à cette épidémie, la recherche n'a pas encore mis au point de traitement chimique efficace contre les MLOs responsables du JM chez le cocotier. La lutte génétique, à travers la création de variétés tolérantes constitue donc la solution la plus efficace et durable. Par ailleurs, des tests de tolérance variétale ont été conduits en zone endémique ghanéenne depuis 1981 par la collaboration entre le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) et le *Oil Palm Research Institute* (OPRI) du Ghana (Sangaré *et al.*, 1992), au moment où le JM n'était pas encore présent en Côte d'Ivoire. A l'issue des tests et parmi les écotypes de cocotier Nain, le Nain Vert Sri-Lanka (NVS) provenant de la collection de Côte d'Ivoire s'est révélé tolérant au JM. Comparativement aux autres écotypes de cocotier Nain, le NVS présente une grande variabilité intra-population, une faible croissance, de fortes teneurs en matière sèche et en huile qui sont des caractéristiques intéressantes pour l'améliorateur (Le Saint *et al.*, 1983). Cependant, il présente certaines caractéristiques agronomiques défavorables telles qu'une faible production avec de petites noix de composition médiocre (Le Saint *et al.*, 1983). Pour diversifier les sources de tolérance au JM et améliorer le rendement des noix et de ses

composantes, le NVS a été hybridé. Ainsi, le NVS a été impliqué dans des croisements avec le Nain Vert Pilipog (NVP05) et le Nain Rouge Cameroun (NRC). Ces hybrides seront plantés à Grand-Lahou, zone endémique où sévit le JM en Côte d'Ivoire, pour mener des tests de tolérance. Cependant, les caractéristiques agro-morphologiques de ces hybrides Nain x Nain de cocotier ne sont pas connues. De fait, connaître les caractéristiques végétatives et de production d'essais génétiques chez une plante pérenne comme le cocotier, requiert minimum 3 à 7 ans d'attente après plantation et des évaluations en phases jeune et adulte. De telles observations peuvent durer 12 à 14 ans selon les

variétés ou type de matériel végétal. Durant cette période, si le sélectionneur n'a pas recours aux marqueurs moléculaires, il ne dispose d'aucune information utile relativement à la diversité génétique du matériel végétal testé. Pour pallier ce fait, le présent travail vise à étudier les semences et jeunes plants hybrides d'autofécondation Nain x Nain successivement au laboratoire et en pépinière avant leur plantation en plein champ afin de connaître leur diversité agro-morphologique au stade précoce. Ces informations pourront guider la sélection des meilleurs plants pour la plantation et permettre de prédire les potentialités agronomiques à l'âge adulte des générations d'hybrides Nain x Nain étudiés.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal : L'étude a porté sur des semences et jeunes plants de deux hybrides de 3^{ième} génération d'autofécondation F3 NRC x NVS et F3 NVS x NVP05 de cocotier Nain. Les semences et les jeunes plants hybrides de 2^{ième} génération F2 NJM x NJM ont été utilisés comme témoin. Les géniteurs des deux hybrides d'autofécondation F3 étudiés ainsi que ceux du témoin F2 ont été plantés en 2002 sur les parcelles numérotées 051 et 081 de la Collection Internationale de Cocotier pour l'Afrique et l'Océan Indien (3°50' de latitude Nord et 5°16' de longitude Ouest) hébergée par la station Marc Delorme du CNRA de Côte d'Ivoire (Yao *et al.*, 2013). Le climat du site d'étude est de type soudano-guinéen. Au cours de la réalisation des travaux, les moyennes mensuelles de la pluviosité, la température, l'insolation et l'hygrométrie ont été respectivement de 235,88 mm, 27°C, 193,8 heures et 87,7 %.

Production des semences et jeunes plants hybrides Nain x Nain de cocotier : Les semences analysées ont été obtenues à partir d'autofécondations contrôlées (De Nuce *et al.*, 1980; Yao *et al.*, 2010) réalisées sur des arbres sains et productifs, utilisés à la fois comme parents mâles pourvoyeur de pollen et femelles portant les futures semences. Les protocoles d'extraction du pollen et de réalisation des pollinisations contrôlées ont été décrits en détail dans les travaux de Yao *et al.* (2010) et Yao *et al.* (2017). Les géniteurs ont été choisis de façon aléatoire

au sein de deux populations parentales d'hybrides d'autofécondation F2 de cocotier Nain (F2 NRC x NVS et F2 NVS x NVP05) et d'autofécondation F1 NJM x NJM prise comme témoin (Figure 1). Ainsi, trois croisements ont été réalisés pour l'obtention des semences et jeunes plants hybrides d'autofécondation F2 (témoin) et F3 de cocotier étudiés. Il s'agit du croisement témoin (NJM x NJM) x (NJM x NJM) ayant donné l'hybride d'autofécondation F2 codé F2 NJM x NJM. Le croisement [(NRCxNVS) x (NRCxNVS)] x [(NRCxNVS) x (NRCxNVS)] a donné l'hybride d'autofécondation F3 codée F3 NRC x NVS. Le croisement [(NVSxNVP05) x (NVSxNVP05)] x [(NVSxNVP05) x (NVSxNVP05)] a permis d'obtenir l'hybride d'autofécondation F3 codé F3 NVS x NVP05. Pour chaque hybride, 12 semences matures provenant de 6 arbres-mères traités par autofécondation contrôlée ont été analysées à raison de 2 semences par arbre-mère. L'étude des jeunes plants hybrides a été effectuée 9 mois après germination des semences matures récoltées à l'âge de 12 mois sur les arbres-mères et élevées en pépinière selon les recommandations de Wuidart (1981 a et b). Quinze jeunes plants ont été choisis aléatoirement par hybride et observés. Au total, pour l'ensemble des 3 hybrides Nain x Nain étudiés, 36 semences et 45 jeunes plants ont été respectivement étudiés au laboratoire et en pépinière.

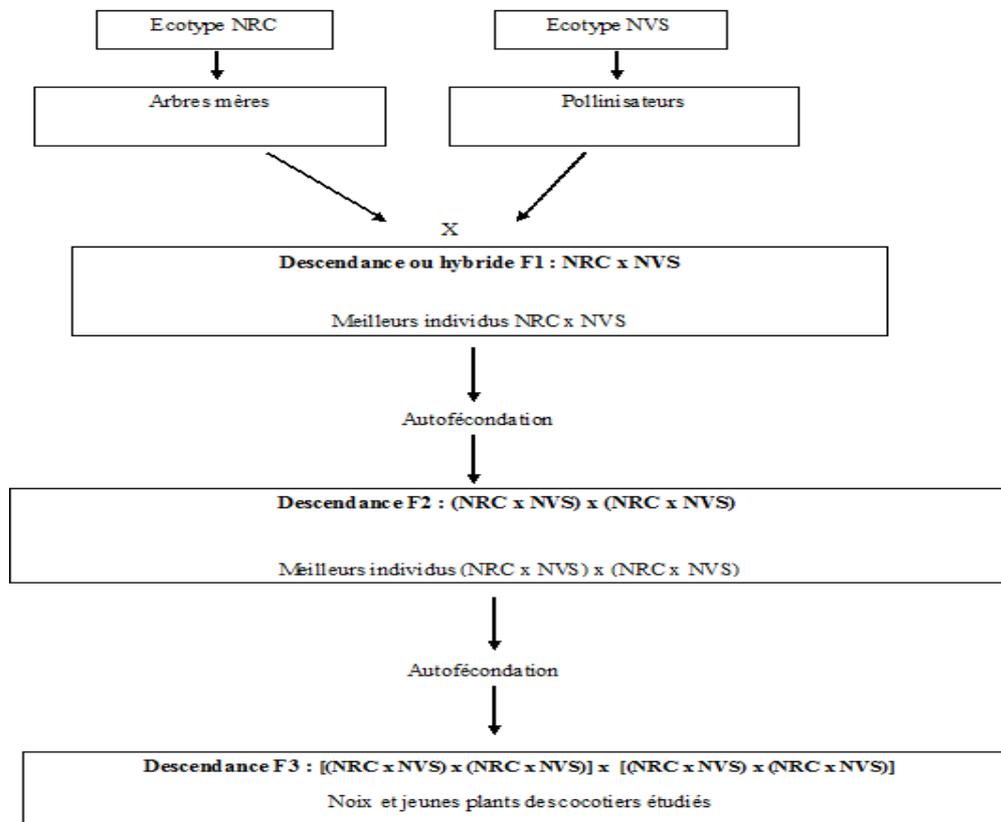


Figure 1. Schéma de création des hybrides d'autofécondation F3 Nain x Nain de cocotier étudiés : cas de l'hybride F3 NRC x NVS. NRC : Nain Rouge Cameroun ; NVS : Nain Vert Sri Lanka

Mesure des caractères agro-morphologiques : Vingt et un (21) caractères agro-morphologiques ont été mesurés sur la semence mature et les jeunes plants respectivement au laboratoire et à la pépinière suivant IPGRI-COGENT Manual on Standardized Research Techniques in Coconut Breeding disponible sur http://www.biodiversityinternational.org/publications/Web_version/108/. Au laboratoire, 18 caractères agro-morphologiques ont été évalués sur les semences mures et repartis suivant les caractères décrivant les dimensions de la semence entière (3) et débourée (3) et des composantes de la semence (12). Les caractères décrivant les dimensions de la semence entière et débourée ont été évaluées à l'aide d'instrument de mesure de forme de fruit (Figure 2) conçu à la Station de recherche Marc Delorme et déjà approuvé par la recherche (De Nuce et Rognon, 1982). Également, les analyses des composantes de la semence ont d'abord été réalisées sur la semence entière par prise de sa masse à l'aide d'une balance électronique de précision 0,01 g, puis de celle de ces composantes (bourse, coque, albumen, eau de coco et coprah). La proportion massique

de chaque composante (bourse, coque, albumen et eau de coco) dans la masse de la semence entière a également été calculée. La teneur en huile de la semence a été déterminée par la méthode du Soxhlet utilisant l'hexane comme solvant d'extraction de la fraction lipidique selon la norme ISO 659 ([15] AFNOR, 1986). En pépinière, 3 caractères végétatifs que sont la circonférence au collet (CC), la hauteur du plant (HP) et le nombre de feuilles émises (NBF) ont été observés sur les jeunes plants hybrides de 9 mois après la mise en germe des semences (Figure 2).



Figure 2 : Autopollinisation contrôlée et mesure des caractères agro-morphologiques des semences matures et jeunes plants hybrides d'autofécondation Nain x Nain de cocotier étudiés en Côte d'Ivoire.

(a) Isolement de l'inflorescence sur un cocotier pour une autopollinisation contrôlée (b) Mesure du diamètre équatorial de la semence à l'aide d'un appareil de mesure de la forme de fruit de cocotier conçu à la Station de recherche Marc Delorme (c) Mesure du diamètre polaire de la semence à l'aide d'un appareil de mesure de la forme de fruit de cocotier conçu à la Station de recherche Marc Delorme, (d) dispositif de mises à germer des semences à la pépinière, (e) mesure de la circonférence au collet d'un jeune plant hybride et (f) mesure de la hauteur et comptage du nombre de folioles d'un jeune plant hybride.

Analyses statistiques : Des analyses univariées et multivariées ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS version 22.0 (IBM Corp., USA). Concernant les analyses univariées d'abord une analyse de variance (ANOVA) à un facteur (hybride) suivi d'un test post-ANOVA de Newman et Keuls au seuil 5 % ont été réalisés. Ensuite, un test de Chi-2 a permis de tester au seuil 5 %, les différences observées entre les hybrides étudiés au niveau des proportions massiques des composantes de la masse de la semence. Enfin, le test de Student pour échantillon unique a été réalisé au seuil 5 % pour décrire la forme ronde ($DP/DE = 1$) ou non-arrondie ($DP/DE < 1$ ou

$DP/DE > 1$) de la semence entière et débourrée des hybrides Nain x Nain de cocotier étudiés. La variabilité intra-hybride a été appréciée à l'aide du coefficient de variation (CV) au seuil 20 % (Yao et al., 2015). Les analyses multivariées ont été réalisées à partir d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) puis d'une Analyse en Composantes Principales (ACP) sur les données moyennes des 21 caractères morpho-agronomiques étudiés par hybride avec les logiciels Xlstat version 2015 (Addinsoft Inc., USA) et Statistica version 7.1. (StatSoft Inc., France).

RESULTATS

Morphologie des semences hybrides Nain x Nain de cocotier étudiées : Les hybrides étudiés ont tous des semences de forme allongée ($RDPDEN > 1$). Cette forme est plus prononcée chez F3 NRC x NVS ($RDPDEN = 1,50$) que chez F3 NVS x NVP05 ($RDPDEN = 1,21$) et le témoin F2 NJM x NJM ($RDPDEN = 1,25$) (Tableau 1). Les formes de semence débourrée ont été différentes ($F = 12,873$, $p = 0,001$) chez les hybrides étudiés. La forme de

l'endosperme ou de la semence débourrée des hybrides F3 NRC x NVS et F2 NJM x NJM a été allongée et celle de l'hybride F3 NVS x NVP05 a été ronde (Tableau 1). Tous les 6 caractères morpho-agronomiques traduisant les dimensions des semences ont révélé une faible variabilité intra-hybride ($CV < 20\%$) (Tableau 1).

Tableau 1 : Morphologie et composition physico-chimique des semences et caractéristiques végétatives des jeunes plants hybrides Nain x Nain de cocotiers étudiés en Côte d'Ivoire

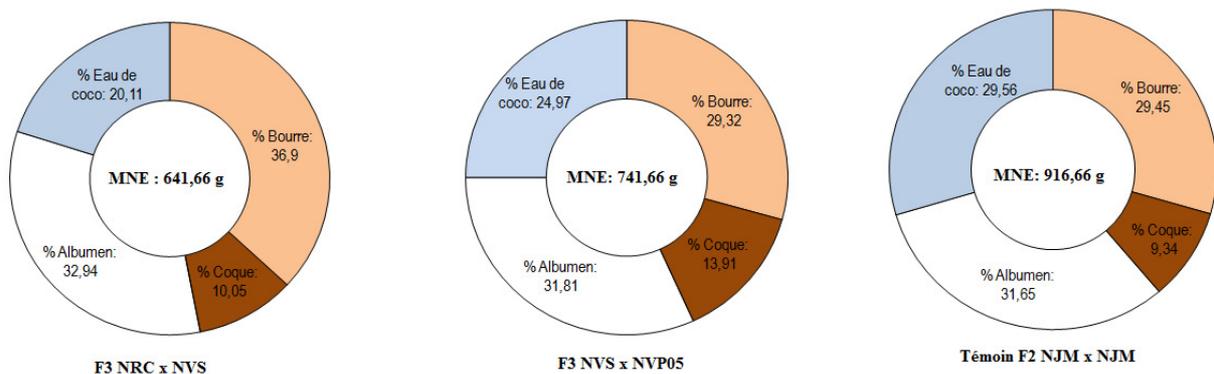
N°	Variable morpho-agronomique (Unité SI)	F3 NRC x NVS		F3 NVS x NVP05		F2 NJM x NJM (Témoin)		F	p
		Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)		
	Dimensions de la semence								
1	DPN (cm) ^{II}	15,70a	5,69	13,47b	4,88	15,78a	12,49	12,071	0,001
2	DEN (cm) ^{III}	10,51b	8,61	11,10b	8,28	12,70a	14,62	9,074	0,001
3	RDPDEN ^{II}	1,50*a	9,9	1,21*b	6,54	1,25*b	11,88	2,983	0,064
4	DPND (cm) ^I	7,97a	7,88	7,79a	5,09	8,55a	13,53	10,373	0,001
5	DEND (cm) ^{III}	7,45b	10,88	8,12b	10,87	9,17a	11,76	17,12	0,001
6	RDPDEND ^{II}	1,07*a	5,98	0,96b	8,03	0,93*b	7,85	12,873	0,001
	Composantes de la semence								
7	MNE (g) ^{III}	641,66b	13,68	741,66b	10,84	916,66a	8,33	8,719	0,017
8	MND (g) ^{III}	408,33b	23,18	466,66b	12,37	633,33a	12,69	6,544	0,031
9	MB (g) ^I	233,33a	12,37	275,00a	9,09	283,33a	13,48	2,214	0,190
10	MC (g) ^{II}	58,33b	24,74	100,00a	0,001	83,33a	17,32	9,5	0,014
11	MALB (g) ^I	233,33a	16,37	233,33a	24,74	291,66a	4,95	2,042	0,211
12	ME (g) ^I	116,66a	49,49	133,33a	43,3	258,33a	24,35	5,078	0,051
13	EA (mm) ^I	9,63a	8,95	9,90a	5,25	10,70a	4,67	2,195	0,193
14	MS (%) ^{III}	52,93a	6,6	57,63a	4,7	44,90b	6,01	13,925	0,006
15	CN (g) ^I	132,11a	22,33	143,36a	26,46	139,47a	9,72	0,118	0,891
16	Q (%) ^I	24,98a	13,78	23,30a	12,69	21,17a	3,06	1,562	0,284
17	HF (%) ^{III}	35,66a	5,31	37,23a	10,7	26,40b	8,02	12,895	0,007
18	HS (%) ^{II}	67,43a	3,37	64,50ab	6,79	58,75b	2,82	6,475	0,032
	Caractères végétatifs du plant								
19	NBF ^{II}	4,26b	18,72	6,06a	15,84	4,53b	16,39	20,086	0,001
20	CC (cm) ^{II}	6,66b	18,52	9,60a	13,52	7,40b	13,32	25,082	0,001
21	HP (cm) ^{II}	30,66b	37,27	50,66a	22,51	35,60b	26,67	13,922	0,001

Les moyennes indexées de la même lettre sont statistiquement identiques (test post-ANOVA de Newman et Keuls)

*Rapport diamètre polaire sur diamètre équatorial statistiquement différent de 1 ($p < 0,05$) à l'aide du test T pour échantillon unique. DPN: Diamètre Polaire de la Noix ; DEN: Diamètre Equatoriale de la Noix ; RDPDEN: Rapport Diamètre Polaire sur Diamètre Equatoriale de la Noix ; DPND: Diamètre Polaire de la Noix Débourrée ; DEND: Diamètre Equatoriale de la Noix Débourrée ; RDPDEND: Rapport Diamètre Polaire sur Diamètre Equatoriale de la Noix Débourrée ; MNE: Masse de la Noix Entière ; MND: Masse de la Noix Débourrée ; MB : Masse de la Bourre ; MC : Masse de la Coque ; MALB: Masse de l'Albumen ; ME: Masse de l'Eau ; EA: Épaisseur de l'Albumen ; MS: Matière Sèche de l'albumen ; CN: masse de Coprah par Noix ; Q: Proportion de coprah par noix ; HF: pourcentage d'Huile sur albumen Frais ; HS: pourcentage d'Huile sur albumen Séché ; NBF: Nombre de Folioles ; CC: Circonférence au Collet ; HP: Hauteur du Plant ; F : valeur de la statistique du test ANOVA ; p: valeur de probabilité du test ANOVA ; CV (%): Coefficient de Variation ; (I,II et III) : types de caractères agro-morphologiques impliqués dans la différenciation des hybrides tolérant et sensible au JM

Composition des semences hybrides Nain x Nain de cocotier étudiées : Sur les 12 caractères ayant servi à étudier les composantes issues des semences, 6 ont permis de différencier les hybrides Nain x Nain de cocotier étudiés. Il s'agit des masses de la semence entière ($F = 8,719$; $p = 0,017$), de semence débourée ($F = 6,544$; $p = 0,031$), de coque ($F = 9,50$; $p = 0,014$), des teneurs en matière sèche de l'albumen ($F = 13,925$; $p = 0,006$), en huile de l'albumen frais ($F = 12,895$ et $p = 0,007$) et de l'albumen séché ($F = 6,475$ et $p = 0,032$) (Tableau 1). Les proportions de bourre (29,32 % à 36,9 %), coque (9,34 % à 10,05%), albumen (31,65 % à 32,94 %) et eau de coco (20,11 % à 29,56 %) contenues dans la semence entière ont été identiques chez les 3 hybrides étudiés ($\chi^2 = 0,001$; $p = 1$). A l'opposé, les masses des semences entières et débourées des hybrides F3 NVS x NVP05 et F3 NRC x NVS ont été moins importantes

($641,66 \text{ g} \leq \text{MNE} \leq 741,66 \text{ g}$; $408,33 \text{ g} \leq \text{MND} \leq 466,66 \text{ g}$) que celles du témoin F2 NJM x NJM ($\text{MNE} = 916,66 \text{ g}$; $\text{MND} = 633,33 \text{ g}$) (Tableau 1; Figure 3). L'hybride F3 NVS x NVP05 et le témoin F2 NJM x NJM ont montré des masses de coques identiques comprise entre 83,33 et 100 g et supérieures à celle de F3 NRC x NVS (58,33 g) (Tableau 1). Les hybrides F3 NVS x NVP05 et F3 NRC x NVS classés dans le même groupe ont exprimé des teneurs en matière sèche de l'albumen (52,93 % à 57,93 %), en huile sur albumen frais (35,66 % à 37,23 %) et en huile sur albumen séché (64,5 % à 67,43 %) supérieurs à celles du témoin F2 NJM x NJM ($\text{MS} = 44,90 \%$, $\text{HF} = 24,4 \%$ et $\text{HS} = 58,75 \%$) (Tableau 1). Le tableau 1 montre que tous les 12 caractères morpho-agronomiques de la semence ont révélé une faible variabilité intra-hybride ($\text{CV} < 20\%$).



Test inter-hybrides

- % Bourre ($\chi^2 = 0,001$; $p = 1$)
- % Coque ($\chi^2 = 0,001$; $p = 1$)
- % Albumen ($\chi^2 = 0,778$; $p = 0,998$)
- % Eau coco ($\chi^2 = 0,001$; $p = 1$)

Figure 3 : Proportions massiques de bourre, coque, l'albumen et de l'eau de coco dans la masse de la semence entière des 3 hybrides d'autofécondation Nain x Nain de cocotier étudiés en Côte d'Ivoire.

χ^2 : valeur de la statistique du test Chi-2 ; p: valeur de probabilité associée au test Chi-2

Caractéristiques végétatives des jeunes plants hybrides Nain x Nain de cocotiers étudiés : Neuf mois après la mise en germe des semences, le nombre de feuille, circonférence au collet et hauteur des plants mesurés en pépinière ont différencié les hybrides de cocotier Nain étudiés ($F = 25,082$ $p < 0,05$). Les jeunes plants hybrides F3 NVS x NVP05 ont enregistré les meilleures caractéristiques végétatives (NBF = 6,06, CC = 9,6 cm et HP = 50,66 cm) contrairement à celles représentant les deux hybrides F3 NRC x NVS et F2 NJM

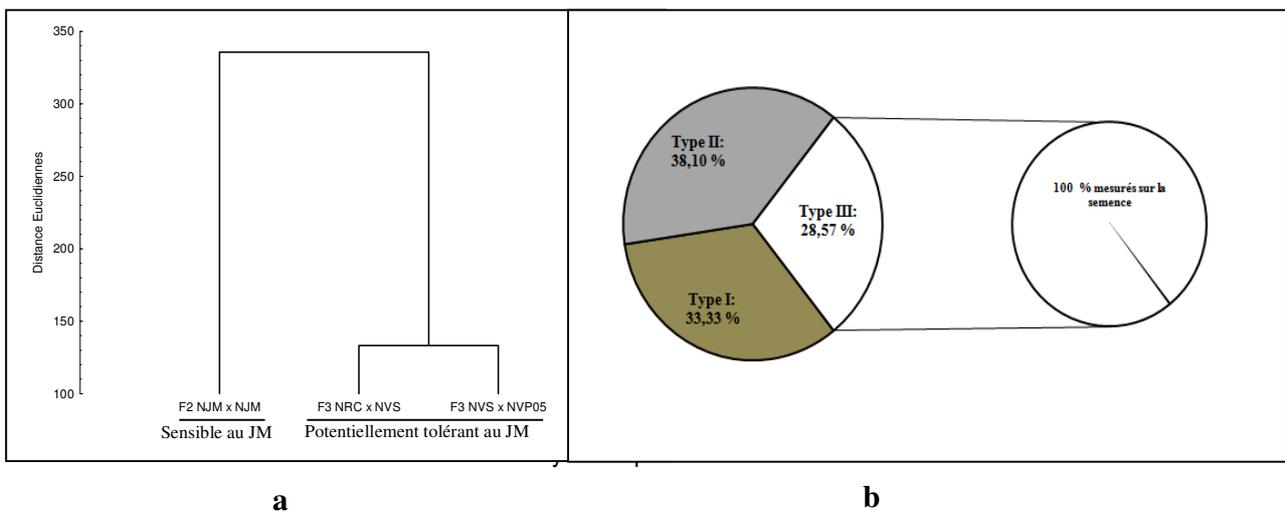
x NJM classés dans le même groupe (Tableau 1). Ce tableau montre également que sur les trois caractères végétatifs observés chez les jeunes plants en pépinière, seulement la hauteur du plant (HP) a montré une variabilité intra-hybride élevée ($\text{CV} > 20 \%$).

Structure de la variabilité agro-morphologique des hybrides Nain x Nain de cocotiers étudiés : Le dendrogramme révèle une partition des hybrides de cocotier Nain en deux groupes agro-morphologiques (Figure 4a). Trois types de caractères agro-

Daramcoum et al., J. Appl. Biosci. 2017 Diversité agro-morphologique précoce d'hybrides d'autofécondation F3 de cocotier impliquant l'écotype Nain Vert Sri Lanka (NVS) tolérant à la maladie du Jaunissement Mortel.

morphologiques impliqués dans la ressemblance et/ou la dissemblance inter-hybrides ont été identifiés (Figure 4 b ; Tableau 1). Le premier type (type I) a concerné 33,33 % des caractères agro-morphologiques mesurés sur la semence dont l'expression induit une ressemblance entre les hybrides potentiellement tolérant à la maladie du Jaunissement Mortel (JM) et l'hybride sensible au JM. Le type II concerne 38,10 % des caractères agro-morphologiques mesurés sur la semence et les jeunes

plants dont l'expression induit soit des différences entre les hybrides potentiellement tolérant au JM et le témoin sensible, soit des différences entre les deux hybrides potentiellement tolérant au JM. Le type III a concerné 28,57 % des caractères agro-morphologiques mesurés sur la semence résultant des différences entre le témoin sensible et les deux hybrides potentiellement tolérant au JM.



L'analyse simultanée de la répartition des 21 caractères agro-morphologiques et des 3 hybrides d'autofécondation Nain x Nain étudiés dans le plan 1 et 2 de l'ACP (Figure 5) a révélé 100 % de la variabilité et a fourni la même structuration que la CAH. Le groupe 1 a rassemblé les hybrides F3 NRC x NVS et F3 NVS x NVP05 corrélés positivement au facteur 1 qui a traduit le maximum de variabilité (71,3 %). Ainsi, les croisements potentiellement tolérants au JM impliquant l'écotype NVS ont été caractérisés en général par de faibles dimensions de la semence et de faibles masses de semence entière, de semence débourrée, de bourre, de coque et d'albumen. Ces semences hybrides ont aussi une faible épaisseur d'albumen riche en matière sèche et huile. Après leur

germination, les plants hybrides obtenus ont enregistré une circonférence au collet et un nombre de folioles élevés. Le facteur 2 qui a exprimé 28,70 % de la variabilité totale non expliquée par le facteur 1 a mis en évidence des différences entre ce premier groupe composé des hybrides impliquant l'écotype NVS. Les semences hybrides F3 NRC x NVS de forme plus allongée contiennent moins d'eau, de coprah que celles de F3 NVS x NVP05. De plus, les plants hybrides F3 NRC x NVS croissent moins vite que ceux de F3 NVS x NVP05. Le groupe 2 a été constitué seulement du témoin F2 NJM x NJM sensible au JM qui a des caractéristiques de semences et de jeunes plants qui s'opposent à celles du groupe 1 sur le facteur 1.

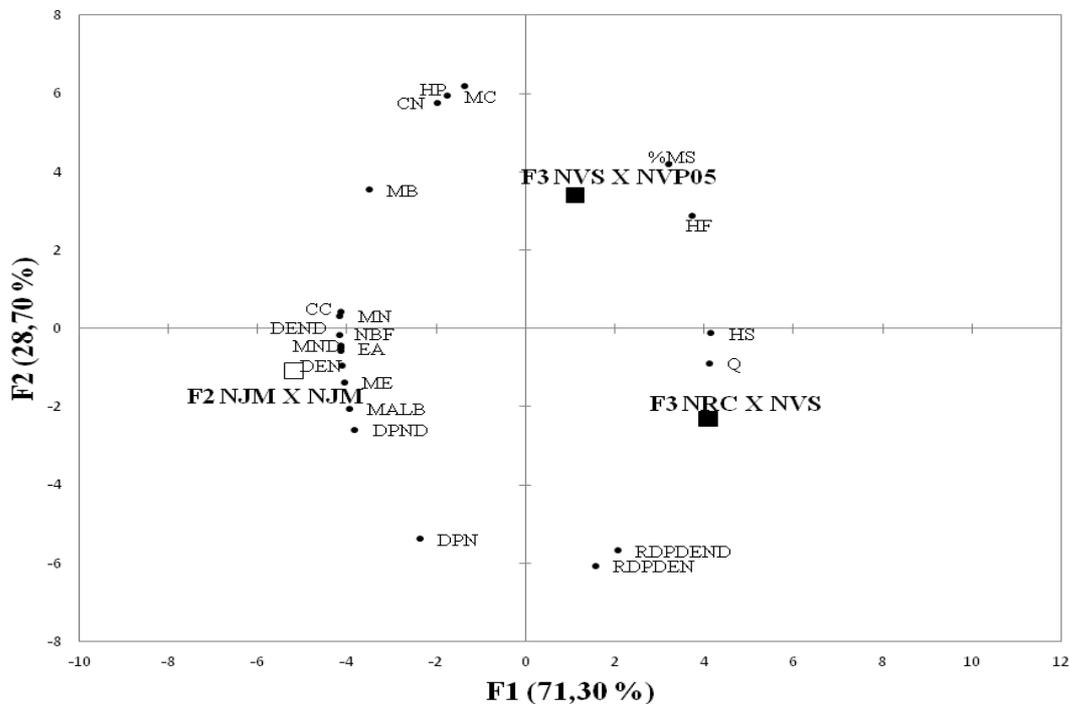


Figure5 : Biplot (hybride x caractères morpho-agronomiques) dans le plan 1-2 de l'ACP. Les facteurs 1 et 2 expliquent 100 % de la variabilité entre les hybrides étudiés. (Voir Tableau 1 pour le code des variables)

□ Hybride sensible à la maladie du Jaunissement Mortel (JM)

■ Hybrides potentiellement tolérants à la maladie du Jaunissement Mortel (JM)

DISCUSSION

Quatorze (14) des 21 caractères analysés, soit 66 % ont permis de différencier les hybrides d'autofécondation Nain x Nain de cocotier étudiés. Ces résultats révèlent que les caractères agro-morphologiques utilisés dans la présente étude ont eu un niveau de différenciation élevée chez les hybrides Nain étudiés. Des observations similaires ont été faites avec des écotypes Grand et hybride Nain x Grand de cocotier (Konan *et al.*, 2010 ; Koffi *et al.*, 2013 ; Yao *et al.*, 2015). En conséquence, une forte variabilité inter-hybride a été mise en évidence. Cela pourrait supposer que ces hybrides d'autofécondation F3 de cocotier impliquant l'écotype Nain Vert Sri Lanka (NVS) tolérant à la maladie du Jaunissement Mortel (JM) du Ghana y compris le témoin F2 NJM x NJM sensible au JM seraient dotés de gènes fixés, constituant ainsi un atout pour le programme d'amélioration génétique du cocotier si ces gènes codent notamment pour la tolérance au JM. Cependant, la variabilité intra-hybride F3 Nain x Nain n'est pas élevée puisque pour la majorité des caractères étudiés, excepté la hauteur du plant, le

coefficient de variation a été inférieur à 20 % (Yao *et al.*, 2015). En fait les cocotiers de type Nain de par leur mode de reproduction autogame sont très homogènes (Konan *et al.*, 2007 ; Konan *et al.*, 2011). En outre, ce résultat pourrait traduire une fixation de certains gènes à l'origine de l'expression des caractères agro-morphologiques étudiés au sein de chaque variété Nain x Nain due aux séries d'autofécondation successives ayant conduit à l'obtention des générations d'hybrides F2 et F3. Concernant la morphologie de la semence, il est montré que les hybrides d'autofécondation Nain x Nain étudiés sont caractérisés par une semence de forme allongée avec une expression plus prononcée de ce caractère chez F3 NRC x NVS. Les gènes responsables de l'expression de la forme allongée de la semence proviendraient de l'écotype NVS. En effet, dans une étude comparative des écotypes Nain, la forme allongée de la noix de NVS a été plus prononcée que chez celle observée chez NJM (Le saint *et al.*, 1983). Les croisements réciproques n'ayant pas été réalisés avec le

NVS et le même écotype, en écartant l'hypothèse de l'existence d'effets paternels et maternels dans l'expression du caractère semence allongée, le NVS se combinerait mieux avec le NRC puisque le croisement F3 NVS x NVP05 a présenté un faible rapport diamètre polaire sur diamètre équatorial (DP/DE) de la noix par rapport au croisement F3 NRC x NVS. De plus, contrairement aux écotypes Nain non améliorés, ces hybrides d'autofécondation F3 Nain x Nain auraient une plus forte potentialité de production de semences par régime à l'âge adulte. En effet, la forme non arrondie des semences permet de disposer de plus d'espace sur le régime et par conséquent de produire beaucoup de fruits par régime et par arbre (Koffi *et al.*, 2013 ; Kodjo *et al.*, 2015). Il est rapporté que la forme non arrondie qui caractérisent les noix des cocotiers Grand de Vanuatu (GVT), un écotype tolérant au JM, lui permet de produire de nombreuses noix par régime (Bourdeix *et al.*, 2005). De même, entre écotypes nains non-améliorés de cocotiers, le NVS produit plus de fruits par arbre (103,3 noix arbre⁻¹ à l'âge de moins de 9 ans) avec des formes allongées (Le Saint *et al.*, 1983 ; Koffi *et al.*, 2016) que le Nain Jaune Malaisie (NJM) et le Nain Vert de Guinée Equatoriale (NVE). Les hybrides d'autofécondation F2 et F3 de cocotier Nain plus productifs en semences par régime que leurs parents non-améliorés pourraient être conseillés aux producteurs. Cependant, une analyse comparative dans des dispositifs expérimentaux précis de la productivité de ces hybrides d'autofécondation Nain x Nain avec celle des hybrides Nain x Grand et Grand x Grand en vulgarisation permettra de mieux orienter les producteurs dans le choix des variétés améliorées issues de la recherche. Les caractéristiques de certaines composantes de la semence des croisements de Nain impliquant l'écotype NVS telles que les masses de coque, d'albumen, d'eau et de coprah, l'épaisseur de l'albumen et la teneur en coprah par rapport à la semence sans eau ont été similaires à celles du témoin F2 NJM x NJM. Dans ce cas les hybrides F3 NRC x NVS et F3 NVS x NVP05 pourraient produire à l'âge adulte des fruits de composition améliorée puisqu'il est reproché au NVS de produire des fruits de composition médiocre comparativement au NJM (Le Saint *et al.*, 1983). Ainsi, des gènes provenant des écotypes NRC et NVP05 introgressés dans les croisements F3 NRC x NVS et F3 NVS x NVP05 permettent d'améliorer chez ces derniers l'expression des composantes de la noix. L'utilisation de ces hybrides dans les zones où sévit le JM serait donc plus attractif que leur géniteur NVS tant pour le paysan que pour l'industriel vu qu'ils fournissent une quantité plus élevée de matières premières valorisables du cocotier

(albumen, coque, eau et coprah). Les proportions massiques de bourre et d'albumen des hybrides d'autofécondation Nain x Nain testés sont relativement supérieures à celles de l'eau de coco et de coque. Ce qui semble indiquer que les substances mobilisées par le cocotier pour la formation de la semence profiteraient plus à ces deux composantes qu'à l'eau et à la coque (Koffi *et al.*, 2013). En effet, au cours de la maturation de la semence de cocotier, l'albumen solide (amande) se forme progressivement au détriment de l'albumen liquide (eau de coco) et leurs masses évoluent en sens inverse (Deffan *et al.*, 2011 ; Kodjo *et al.*, 2015). Ainsi, les nuciculteurs pourraient tirer des revenus plus tôt dans la vente de noix immatures plus riche en eau puisque l'eau de coco frais, surtout celle des cocotiers nains, est une boisson rafraîchissante appréciée par les populations (Assa, 2006) Il ressort de la caractérisation des jeunes plants hybrides Nain en pépinière une plus grande vigueur végétative de l'hybride F3 NVS x NVP05. Selon Gallien (1991), lorsque des lignées homozygotes sont croisées entre elles, l'accroissement d'hétérozygotie peut augmenter la vigueur de l'hybride surtout lorsque les parents sont génétiquement éloignés. Ainsi, l'hybride d'autofécondation F3 NVS x NVP05, à l'âge adulte au champ, produirait plus de régimes et de fruits par arbre parmi les hybrides testés car il est prouvé que la circonférence au collet mesurée plus précocement au jeune âge en pépinière est corrélée positivement aux caractères végétatifs et de production évalués à l'âge adulte au champ (Rognon et Boutin, 1988). Aussi, vu qu'il est potentiellement plus vigoureux, cet hybride serait plus résistant aux maladies et ravageurs. La plus forte croissance de l'hybride F3 NVS x NVP05 pourrait résulter de gènes provenant du géniteur mâle NVP05 puisque l'écotype NVS a une croissance lente en pépinière (Le Saint *et al.*, 1983). Cette forte croissance de l'hybride F3 NVS x NVP05 est un indicateur d'une plus grande précocité d'entrée en production que les deux autres hybrides évalués. La détection précoce de ces caractères d'intérêt chez l'hybride F3 NVS x NVP05 constitue un gain de temps considérable dans son amélioration et des informations capitales pour sa vulgarisation dans le monde paysan. L'analyse approfondie des différences entre les variétés laisse apparaître trois types de caractères agro-morphologiques dans la ressemblance et/ou la dissemblance entre variétés sensibles et tolérantes au JM. Au niveau des deux premiers types (type I ou II) de caractères agro-morphologiques, les hybrides sensibles et tolérants au JM présentent certaines similitudes dans l'expression de ces caractères. Cette similarité suggérerait que certains caractères

seraient gouvernés par les mêmes gènes présents à la fois chez les variétés sensibles et tolérantes au JM. En effet, contrairement aux caractères qualitatifs, les caractères quantitatifs suivis dans la présente étude ont une variation continue et sont polygéniques (Gallien, 1991 ; Gusmini *et al.*, 2006 ; Gusmini et Wehner, 2007). Ainsi, la probabilité que des gènes différents codant pour l'expression les mêmes caractères agro-morphologiques à l'origine des ressemblances inter-variétales, se retrouvent à la fois chez les variétés sensibles et tolérantes au JM est élevée. Le type III montre que certains caractères agro-morphologiques sont impliqués dans la discrimination des hybrides de cocotier Nain tolérant et sensible au JM. Seulement certains caractères mesurés sur les semences matures contrairement à ceux observés sur les jeunes plants hybrides ont différencié les variétés sensibles et tolérantes au JM. Les résultats des présents travaux pourraient suggérer que les gènes à l'origine de l'expression de la tolérance et/ou à la sensibilité au JM se retrouveraient parmi ceux codant pour l'expression de la taille de la semence et de ses composantes. Cette hypothèse, en partie, corrobore les études de Le Saint *et al.* (1983) et Bourdeix *et al.* (2005)

CONCLUSION

L'étude a été réalisée pour appréhender précocement la diversité agro-morphologique des hybrides d'autofécondation de cocotier Nain créés par le programme cocotier de Côte d'Ivoire à partir de 21 caractères quantitatifs mesurés sur les semences matures et les jeunes plants en pépinière. Les résultats ont révélé 2 groupes agro-morphologiques, dont l'un est composé des hybrides d'autofécondation impliquant le cultivar NVS tolérant au JM et l'autre composé du témoin F2 NJM x NJM sensible. Contrairement à F2 NJM x NJM, les hybrides F3 NVS x NVP05 et F3 NRC x NVS ont été caractérisés par de petites semences moins lourdes avec une masse de coprah et une teneur en huile élevée. Parmi les hybrides tests, le F3 NVS x NVP05 a fourni des semences à teneur élevée en huile et des jeunes plants plus vigoureux. Par conséquent, la possibilité de

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI, Canada) pour le financement du projet de lutte contre la maladie du

sur respectivement les deux écotypes NVS et GVT identifiés tolérants au JM, qui ont révélé une similitude dans l'expression de la petitesse de semence de forme non arrondie et de composition médiocre. La confirmation de ces résultats dans les études ultérieures de Sélection Assisté par Marqueur (SAM) guiderait les améliorateurs dans la recherche de QTLs associés à l'expression de la tolérance et /ou de la sensibilité au JM. L'analyse de la variabilité agro-morphologique suivant une approche multivariée (CAH et ACP) a permis d'identifier deux groupes de variété hybrides dont l'un rassemble les hybrides d'autofécondation F3 impliquant le NVS tolérant au JM et l'autre le témoin F2 NJM x NJM sensible. Chacun des deux groupes identifiés présente des caractéristiques agronomiques particulières et intéressantes. Des gènes spécifiques seraient donc à l'origine d'un partitionnement des hybrides d'autofécondation étudiés en groupes morpho-agronomiques distincts. Pareilles déductions ont été faites par Koffi *et al.* (2013) pour superposer la structuration en deux groupes des descendance hybrides NJM x GVT tolérantes au JM à deux pools génétiques différents.

détection d'une diversité agro-morphologique précoce mise en évidence dans la présente étude pourrait constituer une nouvelle approche d'étude de la diversité génétique chez les espèces végétales pérennes ayant un long cycle de reproduction comme le cocotier. La diversité agro-morphologique des nouvelles variétés de cocotiers créées par la recherche pourrait donc être connue 8 à 12 ans plus tôt avant leur évaluation en plein champ ou sans l'apport de marqueurs moléculaires dont le coût est souvent onéreux pour les laboratoires des pays en développement. Par ailleurs, les deux groupes agro-morphologiques identifiés au sein des hybrides d'autofécondation de cocotier Nain pourraient être des pools génétiques différents à exploiter pour la recherche de sources de tolérance à la maladie du JM du cocotier.

Jaunissement Mortel du cocotier identifié à Grand-Lahou, Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- Agence Française de Normalisation – AFNOR 1986. Recueil de normes françaises, Corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés, Paris, France: AFNOR. 527pp.
- Assa RA, Konan JL, Nemlin J, Prades A, Agbo N, Sie R.S. 2006. Diagnostic de la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien. *Sciences & Nature* 3 (2) : 113-120.
- Bourdeix R, Konan JL, N'cho YP, 2005. Cocotier, guide des variétés traditionnelles et améliorées. CIRAD /CNRA, diversiflora; Montpellier, France. 58pp.
- De Nuce L, Wuidart W, Sangare A. 1980. La fécondation artificielle du cocotier. *Oléagineux* 35 (4) : 319-326.
- De Nuce L, Rognon F, 1982. L'observation des caractéristiques de développement végétatif, de floraison et de production chez le cocotier. *Oléagineux* 37 (6): 291-297.
- 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.
- Gallien CL, 1991. Génétique Sixième édition. Paris (France): Presse universitaire de France. 277pp.
- Gusmini G., Wehner T, 2006. Qualitative Inheritance of Rind Pattern and Flesh Color in Watermelon. *Journal of Heredity* 97 (2): 177–185.
- Gusmini G., Wehner T, 2007. Heritability and Genetic Variance Estimates for Fruit Weight in Watermelon. *Hort Science* 42 (6): 1332–1336.
- Kodjo NF, Konan JL, Doue GG, Yao SDM, Allou K., Niamke S. 2015. 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. *Journal of Animal and Plant Sciences* 27 (1): 4193-4206.
- Koffi EBZ, Konan JL, Issali AE, Lekadou TT, Bourdeix R, Allou K, Zoro Bi IA, 2013. Évaluation 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 EBZ, Yao SDM, Sie RS, Konan KJL, Koffi Y, Doh F, Issali AE, Allou K, 2016. Morphological Diversity among 18 Genitors of Vanuatu Tall (VTT) Coconut (*Cocos nucifera* L.) Population used in Crosses for Hybrids Resistant to Lethal Yellowing Disease Selection at Port-Bouët, Côte d'Ivoire. *Greener Journal of Agricultural Sciences* 6 (4): 134-144.
- Konan JL, Allou K, N'goran A, Diarrassouba L, 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. 4pp.
- Konan JL, Sie RS, N'Guette S, 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, Allou K, Diallo-Atta H, Yao SDM, Koua B, Kouassi N, Benabid R, Michelutti R, Scott J, Arocha R, 2013. First report of the molecular identification of the phytoplasma associated with a lethal yellowing-type disease of coconut palm in Côte d'Ivoire. *New Disease Report* 28: 3-4.
- Konan N, Konan JL, Koffi KE, Lebrun P, Sangare A. 2007. Coconut microsatellite gene diversity analysis technology transfert to Côte d'Ivoire. *Biotechnology* 6 (3): 383-388.
- Konan N, Koffi KE, Konan JL, Konan JL, 2011. Microsatellite gene diversity within Philippines dwarf coconut palm (*Cocos nucifera* L.) resources at Port-Bouët, Côte d'Ivoire. *Scientific Research and Essays* 6 (28): 5986-5992.
- Le Saint JP, De Nuce L, Sangare A. 1983. Les cocotiers nains à Port-Bouët (Côte d'Ivoire). II- Nain Vert Sri Lanka, et complément d'information sur les Nains Jaune et Rouge Malaisie, Vert Guinée Equatoriale et Rouge Cameroun. *Oléagineux* 38 (11): 595-606.
- Rognon F, Boutin D. 1988. La circonférence au collet chez l'hybride PB121 : une mesure pratique de croissance. *Oléagineux* 43 (4) 165-172.
- Sangare A, Rognon F, De Nuce L, 1978. Les phases mâles et femelles de l'inflorescence de cocotier sur le mode de reproduction. *Oléagineux* 33 (12): 609-617.
- Yao SDM, Konan JL, Sié RS, Assa RA, Allou K, 2010. Effet de la durée de conservation sur la qualité du pollen en production de semences chez le cocotier (*Cocos nucifera* L.). *Sciences & Nature* 7 (1): 87 – 96.
- Yao SDM, Konan JL, Pokou D, Konan K, Issali AE, Sie RS, Zoro Bi IA, 2013. Using microsatellite markers to assess genetic diversity conservation

- in three tall coconut (*Cocos nucifera* L.) accessions regenerated by controlled pollination. *African Journal of Biotechnology* 12 (20): 2808-2815.
- Yao SDM, Konan JL, Sie R, Diarrassouba N, Lekadou TT, Koffi EBZ, Yoboue K, Bourdeix R, Issali AE, Doh F, Allou K, Zoro Bi IA, 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 and Plant Sciences* 26 (1): 4006-4022
- Yao SDM, Konan BR, Deffan ABZ, Koffi EBZ, Yoboue K, Diarrassouba N, Konan KJL, Sie RS, 2017. Statistical models for coconut (*Cocos nucifera* L.) pollen fertility prediction according to its age and biochemical composition. *International Journal of Botany Studies* 2 (1): 82-88
- Wuidart W, 1981a. Production de matériel végétal cocotier. Tenue d'un germe. *Oléagineux* 36 (6) : 305-309.
- Wuidart W, 1981b. Production de matériel végétal cocotier. Pépinière en sac plastique. *Oléagineux* 36 (7) : 367-376.