

Caractérisation phénotypique d'individus F2 issus de l'autofécondation d'individus hybrides Nain×Nain

Djoman N'cho Sylvain¹, Issali A.E³, Daramcoum Wamp², Kouassi AB¹, Kanh K.H.M², N'guetta A.S.P¹

¹Université Felix Houphouët Boigny d'Abidjan, Laboratoire de Génétique, UFR Biosciences, 22 B.P. 582 Abidjan22, Côte d'Ivoire.

²Université Péléforo Gon Coulibaly de Korhogo, UPR de Génétique, UFR-Sciences biologiques, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire.

³Université Marien NGOUABI (UMNG), École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF). Faculté des Sciences et Techniques (FST). BP 69, Brazzaville. Institut National de Recherche Agronomique (IRA), Avenue des Premiers Jeux Africains Face Stade Alphonse MASSAMBA-DEBAT, BP 2499, Brazzaville. Tel : +242 06 844 06 23 /+242 05 608 91 11. Email : issaliemme@yahoo.com

Submitted on 2nd March 2022. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st May 2022
<https://doi.org/10.35759/JABs.173.1>

RESUME

Objectif : L'objectif de cette étude est de révéler la diversité agro-morphologique de cinq types hybrides de cocotier F2 issus de l'autofécondation d'individus hybrides Nain × Nain.

Méthodologie et résultats : En effet, la caractérisation agro-morphologique a concerné 10 paramètres mesurés sur 118 plants descendants hybrides issus des croisements NJM x NJM, NJM x NRY, NJM x NVP05, NRC x NRC, NRC xNVP05, NVP05xNVP05, NVS xNVP05 créés en Côte d'Ivoire. Les individus issus du croisement NJM x NJM ont été utilisés comme témoins. Huit paramètres étudiés présentent des différences significatives au seuil de 5 %. Tous les groupes à l'exception du groupe 2 issus du croisement NJM x NRY présentaient des performances supérieures à celles des témoins (NJM x NJM) au niveau des paramètres sur la qualité du fruit. Les meilleures performances concernant ce paramètre ont été obtenues au niveau du groupe 7 dont les individus sont obtenus après l'autofécondation de parents issus du croisement NVS x NVP05. Les meilleures performances s'agissant de la quantité du fruit ont été obtenues chez les plants du groupe 2 descendants d'hybrides issus du croisement NJM x NRY. La matrice des corrélations a permis de dégager des valeurs significatives à l'intérieur de deux groupes de variables. Il s'agit d'une part des variables concernant le fruit à savoir masse de la noix (MN), masse de la bourre (MB), masse de la noix débourrée (MND), masse de l'eau (ME) ainsi que masse de l'albumen (MALB) et de l'autre le groupe de variables liés au nombre de noix. Ce sont le nombre de fleurs femelles (NBFF), le nombre de régimes par arbres et par an (NRAA), le nombre de fruits par arbres et par an (NFAA) et la longueur du rachis(LR). L'ACP n'a distingué aucun groupe au sein de la population étudiée.

Conclusion et application des résultats : Les résultats ont révélé des différences significatives concernant de huit paramètres. Le groupe 7 (NVS x NVP05) a présenté la masse moyenne de noix la plus élevée suivit du groupe NRC x NRC. Le groupe 2 (NJM x NRY) présente quant à lui le nombre de fruit par ans le plus élevé. Ces résultats peuvent être utilisé pour orienter le sens des

croisements en vue des objectifs de sélection pour l'amélioration des performances des cocotiers nains voir la création de nouvelles variétés.

Mots clés : cocotier, hybrides F2 Nain x Nain, diversité, agromorphologique

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to reveal the agro-morphological diversity of five coconut hybrids of the F2 resulting from the self-fertilization of Dwarf × Dwarf hybrid individuals.

Methodology and results: Indeed, this agro-morphological characterization concerns 10 parameters measured on 118 self-pollinated 2nd generation hybrid plants of NJM x NJM, NJM x NRY, NJM x NVP05, NRC x NRC, NRC xNVP05, NVP05xNVP05, NVS xNVP05 in Ivory Coast. Individuals from the NJM x NJM cross were used as controls. Eight parameters studied show differences at the 5% level. Only 2 parameters show no difference at the 5% threshold. These are the number of female flowers per tree per in (NBFF) and the number of bunches per tree per year (NRAA). All groups except group 2 from the NJM x NRY cross showed superior performance than the controls (NJM x NJM) in terms of the fruit quality parameters. The best performances in terms of fruit quality were obtained at group 7 level from the NVS xNVP05 cross. The best performance in terms of fruit quantity was obtained in group 2 from the NJM x NRY cross. The correlation matrix made it possible to identify significant correlations between two groups of variables. These are, on the one hand, the variables concerning the fruit, namely mass of the nut (MN), mass of the fluff (MB), mass of the shelled nut (MND), mass of water (ME) and mass of albumen (MALB). The parameter group concerns the parameters related to the number of nuts. These are the number of female flowers (NBFF), the number of bunches per tree per year (NRAA), the number of fruits per tree per year (NFAA) and the length of the rachis (LR). The analysis of agro-morphological variability following a multivariate approach (PCA) does not allow us to identify distinct groups within our population.

Conclusion and Application of results: The results revealed significant differences for eight parameters. Group 7 (NVS x NVP05) presented the highest average nut mass followed by the NRC x NRC group. Group 2 (NJM x NRY) has the highest number of fruits per year. These results can be used to orient the direction of the crosses with a view to selection objectives for the improvement of the performance of the dwarf coconut tree and even the creation of new varieties.

Keywords: coconut palm, dwarf hybrids, agromorphological parameters, correlation, PCA

INTRODUCTION

Le cocotier (*Cocos nucifera* L.), oléagineuse pérenne de la famille des Arecacées, a été introduit en Côte d'Ivoire au 16ème 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 (Daramcoum *et al.*, 2017). Depuis cette époque, la culture du cocotier 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 (Assa *et al.*, 2006; Konan *et al.*, 2006). Il existe deux écotypes qui sont les cocotiers Grands et les cocotiers Nains qui se singularisent par leur morphologie. L'identification peut se faire aussi par leur mode de reproduction, la dimension du stipe, la forme et la composition du fruit (Bourdeix *et al.*, 1997). L'hybridation inter-variétale permet une réassociation des caractères d'intérêt au sein d'un seul individu. Les hybrides sont généralement plus productifs que leurs parents (Bourdeix *et al.*, 2005). C'est donc le moyen par excellence d'amélioration

variétale chez les cocotiers. Même si tous les hybrides n'ont pas la même valeur, les résultats tendent à confirmer l'hypothèse selon laquelle on trouve toujours un hybride supérieur aux variétés locales, même en milieu villageois à faibles intrants ou dans les écologies difficiles (De Nuce De Lamothe et Rognon, 1986). Par conséquent, l'amélioration des nains utilisés pour la création des hybrides nains x grands pourrait certainement avoir un impact positif non négligeable sur le rendement des hybrides Nain x Grand et la cocoteraie mondiale. C'est

dans ce contexte que les hybrides F2 de cocotiers nains ont été créés sur la station de Marc Delorme d'Abidjan. Une autre génération d'hybride F3 est en cours de création à partir des géniteurs nains F2. Ainsi, cette étude a pour objectif général d'approfondir les connaissances agronomiques des différents cultivars de la F2 à travers caractérisation phénotypique de ceux-ci. Elle se propose de vérifier qu'il existe une grande variabilité phénotypique entre les différents cultivars de cocotier nains de la F2.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude : L'étude a été réalisée à la Station de Recherche sur le Cocotier Marc Delorme du CNRA (Figure 1). Celle-ci est située à 12 km sur l'axe Abidjan / Grand-Bassam, à gauche du corridor de Gonzagueville. Elle est géographiquement localisée entre 5°14' et 5°15' de latitude Nord et entre 3°54' et 3°55' de longitude Ouest ainsi qu'à environ 20 m au-dessus du niveau de

la mer. Le climat de la Station, de type équatorial, est le même que celui de la ville d'Abidjan. Il est caractérisé par 4 saisons (Berron, 1978) que sont, Une grande saison pluvieuse d'avril à juillet, une petite saison sèche d'août à septembre, une petite saison pluvieuse d'octobre à novembre et une grande saison sèche de décembre à mars.



Figure 1: situation de la zone d'étude

MATERIEL ET METHODES

Matériel biologique : L'étude a porté sur des semences et jeunes plants d'individus F2 issus de croisement de cocotier Nain x Nain de cocotier Nain. Au total se sont 118 pieds qui

ont été étudiés. Les individus F2 NJM x NJM ont été utilisés comme témoin. Citez toutes les F2.

Méthodes de collecte de données

Dispositif expérimental : Les arbres des parcelles 051 et 081 ont été plantés selon un dispositif en 4 blocs complets randomisés avec quatre (4) répétitions. L'unité expérimentale a été représentée par une parcelle élémentaire mono-arbre. La densité de plantation est de 160 arbres par hectare disposés en quinconce. Ceci correspond à un triangle isocèle de 8,5 m de côté et 6,5 m de base (Bourdeix, 2002;

Bourdeix *et al.*, 2002). Chaque parcelle compte 6 lignes de 26 arbres chacune.

Caractéristiques phénotypiques des cocotiers : Cette étude a été effectuée sur 118 cocotiers nains issus de sept types de croisement sur les 2 parcelles. Quatre familles ont été échantillonnées sur la parcelle 051 et trois familles ont été échantillonnées sur la parcelle 081.

Tableau 1: répartition des génotypes des ascendants en fonction des parcelles

Parcelle 051	Parcelle 081
Nain Vert Philippines Pilipog x Nain Vert Philippines Pilipog (NVP05 x NVP05)	Nain Jaune Malaisie x Nain Jaune Malaisie (NJM x NJM)
Nain Rouge Cameroun x Nain Vert Philippines Pilipog (NRC x NVP05)	Nain Rouge Cameroun x Nain Rouge Cameroun (NRC x NRC)
Nain Jaune Malaisie x Nain Vert Philippines Pilipog (NJM x NVP05)	Nain Jaune Malaisie x Nain Rouge Polynésie (NJM x NRY)
Nain Vert Sri Lanka x Nain Vert Philippines Pilipog (NVS x NVP05)	

Ces individus ont été sélectionnés de façon aléatoire. Au total, 10 caractères quantitatifs ont été mesurés. Toutes les données quantitatives à l'exception du nombre de fleur femelles(NFF), nombre de fruits par arbre par an (NFAA) et le nombre de régimes par arbres par an (NRAA) ont été effectuées par

comptage manuel. La masse de la noix(MN), masse de la bourre (MB), La masse de l'eau (ME), La masse de la noix débourrées (MND) et la masse de l'albumen (MALB) ont été mesurées à l'aide d'une balance Roberval. La longueur du rachis (LR) et la hauteur du stipe (HAUT) ont été obtenu en utilisant un ruban.



Figure 2: Caractérisation phénotypiques des cultivars. A) opérateurs mesurant la hauteur du stipe. B) mesure de la masse de la noix. C) mesure de la longueur du rachis. D) bourre de noix coco

Analyses statistiques des données : La normalité de l'échantillon pour les 10 paramètres quantitatifs étudiés a été testée à partir du test de normalité de Shapiro-Wilk (Shapiro and Wilk, 1965). L'analyse de la variance multivariée (MANOVA) a été utilisée dans le but de comparer des vecteurs de moyennes des différentes variables. C'est une extension naturelle de l'analyse de la variance univariée au cas où plusieurs variables quantitatives ont été observées simultanément sur les mêmes objets. L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) est simplement une ANOVA avec plusieurs variables dépendantes. C'est-à-dire que l'ANOVA teste la différence de moyennes entre deux ou plusieurs groupes, tandis que MANOVA teste la différence entre deux ou plus vecteurs de moyens (French *et al.*, 2008). La MANOVA est également utilisée pour l'identification des interactions entre variables dépendantes d'une part et entre les variables indépendantes de l'autre (Stevens, 2002). L'analyse de la variance multivariée a été réalisée avec Le

package dplyr sous le logiciel R-3.6.2. Une analyse de la variance (ANOVA) a également été réalisée pour toutes les variables avec les packages tidyverse et rstatix sous le logiciel R-3.6.2. Le test de Duncan a été réalisée avec Le package agricolae sous le logiciel R-3.6.2. Il a été effectué sur les 10 paramètres quantitatifs et a permis de comparer les populations issues des sept types de croisement réalisés dans l'expérimentation. Une matrice de corrélation est utilisée pour évaluer simultanément les liaisons entre plusieurs variables. Le résultat est une table contenant les coefficients de corrélation entre chaque variable et les autres. Cette matrice de corrélation a été réalisée à partir du logiciel r. avec le packages corrplot et Hmisc. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) fait partie du groupe des méthodes factorielles. Ce sont des méthodes descriptives multidimensionnelles qui ont été décrites pour la première fois au début des années 30 (Duby et Robin, 2006). Elle a été réalisé dans cette étude avec les packages FactoMineR et factoextra.

RESULTATS

Caractérisation Phénotypique : Analyse multivariée de la variance : L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) prenant en compte comme facteur le type de croisement des individus échantillonnés a permis d'obtenir une valeur $P = 2,983 \times 10^{-13}$. Cette valeur s'est avérée significative au seuil de 5 %. Les différentes variables présentent donc des différences significatives (Tableau 1).

Analyse de la variance des différents variables (Anova) : Le résumé des analyses de variances effectuées sur les 10 paramètres quantitatifs a mis en évidence l'effet des groupes génétiques. Il est représenté par le

tableau II. Ils y sont représentés par les carrés moyens, les valeurs de P et les significativités des caractères quantitatifs mesurés sur les différents cocotiers échantillonnés. Sur l'ensemble des 10 paramètres, huit présentent des valeurs P significatives au seuil de 5 %. Il s'agit de la longueur du rachis (LR), le Nombre de fruits par arbres par an (NFAA), la Masse de la noix (MN), la masse de la bourre (MB), la masse de la noix débourrée (MND), la masse de l'eau (ME), la masse de l'albumen (MALB) et la hauteur du stipe (HAUT). Les autres paramètres ne présentent pas de valeur P significative au seuil de 5 %.

Tableau 1: résultats de l'analyse multivariée de la variance (manova) comparant les 10 paramètres quantitatifs en fonction classes contenues dans le facteur croisement.

Facteur qualitatif	DF	Trace de Pillai	Approximation de Fisher	Nombre de variable	Ddl	Probabilité	Résiduel	Significativé
Croisement	6	1,3821	3,2025	10	60	2,983*10 ¹³	111	***

Codes de significativité pour les valeurs $P \approx 0$ '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

Tableau 2: résultats de l'analyse multivariée de la variance (manova) comparant les 10 paramètres quantitatifs en fonction des classes contenues dans le facteur croisement.

Variable	Source	SS*	df*	MS*	F	P-value*	Significativé
Longueur du rachis(LR)	Croisement	12943	6	2157,18	6,712	4,388*10 ⁻⁶	***
	Residual	35675	111	321,39			
Nombre de fleurs femelles (NBFF)	Croisement	2034 ,4	6	339,07	1,8691	0,09237	
	Residual	20135,9	111	181,40			
Nombre de régimes par arbres par an (NRAA)	Croisement	28,311	6	4,7185	2,0331	0,0609	
	Residual	257,618	111	2,3209			
Nombre de fruits par arbres par an (NFAA)	Croisement	14323	6	2387,15	5,8263	2,623*10 ⁻⁵	***
	Residual	45479	111	409,72			
Masse de la noix (MN)	Croisement	554488	6	92415	7,0741	2,136*10 ⁻⁶	***
	Residual	1450072	111	13064			
Masse de la bourre (MB)	Croisement	71597	6	11932	6,3707	0,701*10 ⁻⁶	***
	Residual	207912	111	1873,1			
Masse de la noix debourré (MND)	Croisement	273804	6	45634	6,701	4,485*10 ⁻⁶	***
	Residual	755909	111	6810			
Masse de l'eau (ME)	Croisement	48747	6	8124,6	5,2474	8,605*10 ⁻⁵	***
	Residual	171862	111	1548,3			
Masse de l'albumen (MALB)	Croisement	47765	6	7960,9	5,5769	4,368*10 ⁻⁵	***
	Residual	128449	111	1427,5			
Hauteur du stipe (HAUT)	Croisement	168913	6	28152,2	11,511	5,519*10 ⁻¹⁰	***
	Residual	271466	111	2445,6			

Codes de significativité pour les valeurs $P \approx 0$ '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

Comparaison des moyennes des différents paramètres agro-morphologiques : Le test de Duncan effectué sur les paramètres a permis de mettre en évidence les différences au niveau des 10 paramètres quantitatifs étudié.

- **Longueur du rachis :** La longueur du rachis a varié entre 302,90 et 415,63. Les valeurs extrêmes de ce paramètre sont observées dans le groupe 3 pour le minimum et le groupe 2 pour le maximum. La comparaison des moyennes de la longueur du rachis entre les groupes génétiques mis en évidence dans cette étude a montré des différences significatives au seuil de 5 % entre les groupes 1, 2 et 3. Avec des valeurs respectives de $327,78 \pm 12,87$ pour le groupe 1, $371,22 \pm 20,30$ pour le groupe 2 et $350,16 \pm 20,92$ pour le groupe 3. Les groupes 4, 5 et 7 n'ont révélé aucunes différences significatives au seuil de 5 % avec les groupes 1 et 3. Cependant ces groupes présentent une différence significative avec le groupe 2. Le groupe 6 ne présente pas de différences significatives avec le groupe 1 et 2. Cependant il est significativement différent du groupe 3 (Tableau 3).

- **Nombre de fleurs femelles par régimes par arbre par ans :** Le nombre de fleurs femelles par arbre par an a oscillé entre 11,50 et 77,60. Les deux valeurs extrêmes ont été observées au niveau du groupe génétique 7. La comparaison des moyennes du nombre de fleurs femelles par arbre par an entre les groupes génétiques mis en évidence dans cette étude n'a montré aucunes différences significatives au seuil de 5% entre les groupes 1 et 4. Ces groupes génétiques présentent des moyennes respectives de $23,82 \pm 7,36$ et $23,73 \pm 6,30$. La comparaison des moyennes de ces deux groupes et celles du groupe 2 montre une différence significative au seuil de 5%. Les moyennes des groupes 3, 5, 6 et 7 ne présentent pas de différences significatives entre elles et les moyennes des groupes 1, 2 et 4 (Tableau 3).

- **Nombre de régimes par arbre par an :** Le nombre de régimes par arbre par an a varié de 1 à 7,5. Les deux valeurs extrêmes ont

été observées respectivement au niveau des groupes génétiques 6 et 2. La comparaison des moyennes de nombre de régimes par arbre par an entre les groupes génétiques mis en évidence dans cette étude a montré des différences significatives au seuil de 5 % entre les groupes 1 d'une part et les groupes 2, 3, 4. Ces groupes génétiques présentent des moyennes respectives de $3,09 \pm 1,35$ pour le groupe 1 et $4,94 \pm 1,529$, $4,54 \pm 1,44$ et $4,42 \pm 1,57$ pour les groupes 2, 3 et 4. Les moyennes des groupes génétiques 5, 6 et 7 ne présentent pas de différences significatives avec d'une part celles du groupe 1 et d'autre celles des groupes 2, 3 et 4 (Tableau 3).

- **Nombre de fruits par arbre par an :** Le nombre de fruits par arbre par an a varié de 5,17 à 108,5. Les deux valeurs extrêmes ont été observées respectivement au niveau des groupes génétiques 3 et 2. La comparaison des moyennes de nombre de fruits par arbre par an entre les groupes génétiques mis en évidence dans cette étude a montré une différence significative au seuil de 5 % entre les groupes 1, 2 et les groupes, 3, 5, 6. Ces groupes génétiques présentent des moyennes respectives de $21,21 \pm 13,03$, $63,39 \pm 28,71$, $41,84 \pm 19,01$, $39,29 \pm 20,20$ et $42,59 \pm 24,43$. Les moyennes des groupes génétiques 4 et 7 ne présentent pas de différences significatives avec d'une part celles du groupe 1 et d'autre celles des groupes 3, 5 et 6. Néanmoins ces moyennes présentent une différence significative avec le groupe 2 (Tableau 3).

- **Masse de la noix :** La masse de la noix a varié de 333,33g à 1275,00g. Les deux valeurs extrêmes ont été observées respectivement au niveau des groupes génétiques 2 et 7. La comparaison des moyennes de La masse de la noix entre les groupes génétiques mis en évidence dans cette étude a montré une différence significative au seuil de 5 % entre les groupes 4, 7 et les groupes 2. Ces groupes génétiques présentent des moyennes respectives de $721,37 \pm 63,33$ et $725,14 \pm 152,34$ pour les groupes 4 et 7 et

514,59±109,74 pour le groupe 2. Les moyennes des groupes génétiques 1,3 et 5 ne présentent pas de différences significatives avec d'une part celles du groupe 6 et d'autre celles des groupes 4 et 7. Néanmoins ces moyennes présentent une différence significative avec le groupe 2. Le groupe 6 quant à lui ne présente pas de différences significatives avec le groupe 2 (Tableau 3).

- **Masse de la bourre :** La masse de la bourre a varié de 75g à 450g. Les deux valeurs extrêmes ont été observées respectivement au niveau des groupes génétiques 1 et 7. La comparaison des moyennes de la masse de la bourre entre les groupes génétiques mis en évidence dans cette étude a montré une différence significative au seuil de 5 % entre les groupes 2 et 7. Ces groupes génétiques présentent des moyennes respectives de 159,03±34,82 et 230,61±54,35. Les moyennes des groupes génétiques 1, 5 et 6 ne présentent pas de différences significatives avec d'une part celles du groupe 2 et d'autre celles des groupes 3 et 4. Néanmoins ces moyennes présentent une différence significative avec le groupe 7. Les moyennes respectives groupe 3 et 4 quant à eux ne présentent également pas de différences significatives avec le groupe 7, mais présentent une différence significative avec 2 (Tableau 3).

- **Masse de la noix débourrée :** La masse de la noix débourrée a varié de 233,33g à 825g. Les deux valeurs extrêmes ont été observées respectivement au niveau des groupes génétiques 2 et 7. La comparaison des moyennes de la masse de la noix débourrée entre les groupes génétiques mis en évidence dans cette étude a montré des différences significatives au seuil de 5 % entre les groupes 2 d'une part et les groupes 4, 5 et 7. Avec des valeurs respectives de 355,61±90,79 pour le groupe 2, 515,74±38,86 pour le groupe 4, 469,33±57,82 pour le groupe 5 et 494,60±109,47 pour le groupe 7. Les moyennes groupes 1 et 3 ne présentent pas de différences significatives au seuil de 5 % avec

celle du groupe 6 d'une part et les moyennes respectives des groupes 4, 5 et 7. Cependant les moyennes de ces groupes présentent une différence significative avec celle du groupe 2. La moyenne du groupe 6 ne présente pas de différences significatives avec celle du groupe 2. Cependant il est significativement différent du groupe 7 (Tableau 3).

- **Masse de l'eau :** La masse de l'eau a varié de 40,63g à 325g. Les deux valeurs extrêmes ont été observées respectivement au niveau des groupes génétiques 2 et 7. La comparaison des moyennes de la masse de l'eau entre les groupes génétiques mis en évidence dans cette étude a montré une différence significative au seuil de 5 % entre le groupe 2 d'une part et les 4 et 7 de l'autre. Ces groupes génétiques présentent des moyennes respectives de 83,77±46,50, 153,24±21,00 et 142,05±51,28. Les moyennes des groupes génétiques 1, 3 et 5 ne présentent pas de différences significatives avec d'une part celles du groupe 6 et d'autre celles du groupe 7. Néanmoins ces moyennes présentent une différence significative avec le groupe 2. La moyenne groupe 6 est significativement différente de celle des groupes 4 et 7 (Tableau 3).

- **Masse de l'albumen :** La masse de l'albumen a varié de 141,33g à 362,5g. Les deux valeurs extrêmes ont été observées respectivement au niveau des groupes génétiques 1 et 7. La comparaison des moyennes de la masse de l'albumen entre les groupes génétiques mis en évidence dans cette étude a montré des différences significatives au seuil de 5 % entre les groupes 2 d'une part et les groupes 4, 5 et 7. Avec des valeurs respectives de 185,29±33,90 pour le groupe 2, 242,68±27,23 pour le groupe 4, 240,92±31,90 pour le groupe 5 et 244,79±45,15 pour le groupe 7. Les moyennes des groupes 1 et 5 ne présentent pas de différences significatives au seuil de 5 % avec celle du groupe 6 d'une part et celle des groupes 4, 5 et 7. Cependant ces moyennes présentent une différence

significative avec le groupe 2. La moyenne du groupe 6 ne présente pas de différences significatives avec celle du groupe 2 (Tableau 3).

- **Hauteur du stipe :** La hauteur du stipe a varié de 196,5cm à 575 cm. Les deux valeurs extrêmes ont été observées respectivement au niveau des groupes génétiques 1 et 2. La comparaison des moyennes de la hauteur du stipe entre les groupes génétiques mis en évidence dans cette étude a montré des différences significatives au seuil de 5% entre

les groupes 2 et 6 d'une part et entre ces groupes l'ensemble formé des groupes 1,3 et 4. Avec des valeurs respectives de $417,16 \pm 74,46$ pour le groupe 2, de $279,11 \pm 20,78$ pour le groupe 6, ainsi que les valeurs de $330,56 \pm 69,75$, $328,80 \pm 49,75$, $323,19 \pm 59,43$ pour les groupes 1,3 et 4. Les moyennes groupes 5 et 7 ne présentent pas de différences significatives au seuil de 5 % avec le groupe 6 d'une part et l'ensemble constitué des groupes 1, 3 et 4. Cependant les moyennes ces groupes présentent une différence significative avec le groupe 2 (Tableau 3).

Tableau 3 : comparaison des caractères morphobiométriques des cocotiers en fonction des croisements parentaux.

Variables		NJM xNJM	NJM x NRY	NJM x NVP05	NRC x NRC	NRC xNVP05	NVP05xNVP05	NVS xNVP05
Longueur du rachis(LR)	Moyenne±ec artype	327,78±12,87 ^d	371,22±20,30 ^a	350,16±20,92 ^c	355,26±25,2 ^{3bc}	356,04±16,1 ^{3bc}	365,99±11,99 ^{ab}	351,36±14,43 ^{bc}
	Min-Max	306,40-352,70	337,66-415,63	302,90-382,20	321,26-397,20	330,20-39,20	342,10-338,80	323,52-382,10
Nombre de fleurs femelles (NBFF)	Moyenne±ec artype	23,82±7,36 ^a	38,85±15,56 ^a	33,2±16,43 ^a	23,73±6,30 ^a	30,33±9,88 ^a	33,59±7,05 ^a	32,78±15,00 ^a
	Min-Max	16-34,4	18,20-76	13,40-92	15,40-32,40	18,40-55,40	25,75-49,60	11,50-77,60
Nombre de régimes par arbres par an (NRAA)	Moyenne±ec artype	3,09±1,35 ^a	4,94±1,529 ^a	4,54±1,44 ^a	4,42±1,57 ^a	4,10±1,48 ^a	4,10±1,69 ^a	3,88±1,56 ^a
	Min-Max	1,17-5,17	2,83-7,5	1,29-6,33	2,17-6,17	1,33-6,33	1,00-6,67	0,83-6,17
Nombre de fruits par arbres par an (NFAA)	Moyenne±ec artype	21,21±13,03 ^c	63,39±28,71 ^a	41,84±19,01 ^b	33,23±15,00 ^b ^c	39,29±20,20 ^b	42,59±24,43 ^b	31,86±17,14 ^b ^c
	Min-Max	5,33-42,17	21-108,5	5,17-71,50	14,17-49,667	5,83-71,17	7,33-75,17	4,33-64,67
Masse de la noix (MN)	Moyenne±ec artype	639,72±128,7 ^{0ab}	514,59±109,7 ^{4c}	654,22±77,22 ^{ab}	721,37±63,3 ^{3a}	642,50±77,2 ^{1ab}	567,85±84,30 ^{bc}	725,14±152,3 ^{4a}
	Min-Max	425,00-812,5	333,33-784,38	520,83-812,50	652,17-836,11	520,83-812,50	459,50-709,38	491,67-1275,00
Masse de la bourre (MB)	Moyenne±ec artype	190,22±56,02 ^{bc}	159,03±34,82 ^c	205,86±41,50 ^{ab}	205,72±45,3 ^{5ab}	173,20±28,4 ^{4bc}	179,23±30,98 ^{bc}	230,61±54,35 ^a
	Min-Max	75,00-262,75	100,00-243,88	127,08-272,92	143,75-254,17	118,75-231,25	143,75-225,00	150,17-450,00
Masse de la noix debourré (MND)	Moyenne±ec artype	449,53±79,68 ^a ^b	355,61±90,79 ^c	448,437±74,1 ^{5ab}	515,74±38,8 ^{6a}	469,33±57,8 ^{2a}	388,70±64,44 ^{bc}	494,60±109,4 ^{7a}
	Min-Max	350-586	233,33-566,66	306,5-604,17	472-581,94	372-581,25	300-484,38	312,667-825
Masse de l'eau (ME)	Moyenne±ec artype	129,95±35,60 ^a ^b	83,77±46,50 ^c	126,20±34,16 ^{ab}	153,24±21,0 ^{0a}	123,61±28,7 ^{6ab}	97,23±38,93 ^{bc}	142,05±51,28 ^a
	Min-Max	75-175	40,63-208,33	72-200	129,25-193,75	79,33-184,38	62,75-150	71-325

Masse de l'albumen (MALB)	Moyenne±ec artype	216,88±38,96 ^a b	185,29±33,90 c	220,34±38,10 ab	242,68±27,2 3 ^a	240,92±31,9 0 ^a	206,65±35,11 bc	244,79±45,15 a
	Min-Max	172,79-295,83	141,33-259,38	143,50-299,83	197-279	157,29-301,59	148,95-259,25	154-362,5
Hauteur du stipe (HAUT)	Moyenne±ec artype	330,56±69,75 b	417,16±74,46 a	328,80±49,75 b	323,19±59,4 3 ^b	308,9±35,23 ^b c	279,11±20,78 c	306,43±33,10 bc
	Min-Max	196,5-406,5	280-575	219-431,5	255-428	248-377,5	245-306	253-392,5

NJM xNJM : groupe 1 ; *NJM x NRY* : groupe 2 ; *NJM x NVP05* : groupe 3 ; *NRC x NRC* : groupe 4 ; *NRC xNVP05* : groupe 5 ; *NVP05xNVP05* : groupe 6 ; *NVS xNVP05* : groupe 7.

Analyses multivariées : La matrice des corrélations de Pearson de l'ensemble des caractères morphobiométriques est représentée par la figure 3. Seules les valeurs significativement différentes de zéro au seuil de 5 % sont représentées. Cette matrice a indiqué des corrélations négatives entre nombre de fruit par arbre par an (NFAA) et la masse de la noix (MN) d'une part et entre le nombre de fruit par arbre par an (NFAA) et masse de la bourre (MB) avec des valeurs respectives de r de -0,19 pour chaque corrélation. Ces valeurs représentent les valeurs de r les plus faibles. Les plus fortes corrélations ont été observées entre la masse de la noix (MN) et la masse de l'eau (ME), la masse de la noix débourré (MND) et la masse de l'eau (ME) et entre la masse de la noix débourré (MND) et la masse de la noix (MN) avec des valeurs respectives de 0,91, 0,94 et 0,96. Il faut également souligner la forte corrélation existant entre la masse de l'albumen (MALB) et la masse de la noix (MN) d'une part et la masse de l'albumen (MALB) et la masse de la noix débourré (MND) et la masse de la noix (MN) d'une part et la masse de l'albumen (MALB) et la masse de la noix débourré

(MND). Les ACP concernent la population totale (Figure 4, 5 et 6), Elle a été réalisée à partir de 10 paramètres effectués sur les individus provenant des sept groupes échantillonnés sur la Station Marc Delorme. Dans la population totale, les trois premiers axes présentent une variance cumulée de 72,9 % (Figure 4). Les variables les plus contributives à la formation de l'axe 1 sont le nombre de fruit par arbre par an (NFAA), le nombre de régime par arbre par an (NRAA) et nombre de fleur femelle par arbre par an (NBFF). L'axe 2 se forme principalement à partir de la masse de l'albumen (MALB), de la masse de la noix (MN), de la masse de la noix débourré (MND) et de la masse de l'eau (ME). L'axe 3 se forme principalement de la hauteur du stippe (HAUT), du nombre de fleur femelle par arbre par an (NBFF), du nombre de fruit par arbre par an (NFAA) et du nombre de fruit par arbre par an (NFAA) (Figure 5). . L'ACP n'a révélé aucune discrimination de la population suivant les axes et quel que soit le plan (Figure 6).

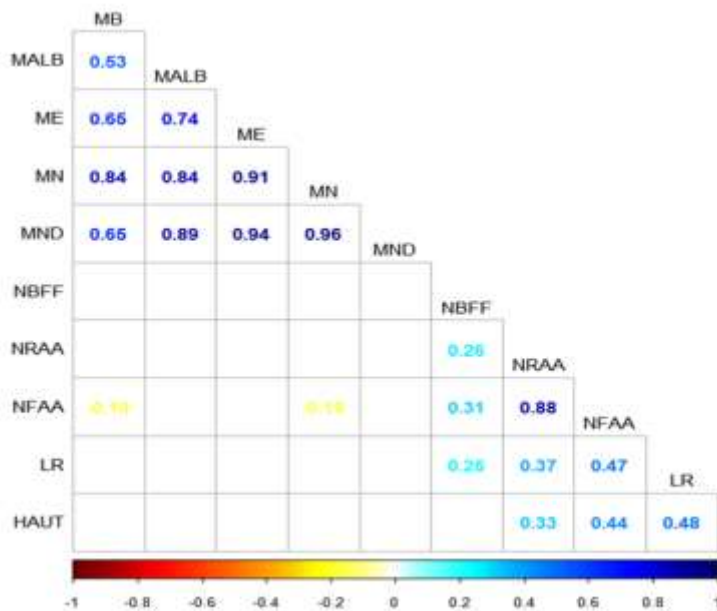


Figure 3 : matrice de corrélation de Pearson sur l'ensemble des caractères morphométriques Masse de la bourre (MB), masse de l'albumen (MALB), masse de l'eau (ME), masse de la noix (MN), masse de la noix débourré (MND), nombre de fleur femelle par arbre par ans (NBFF), nombre de régime par arbre par ans (NRAA), nombre de fruit par arbre par ans (NFAA), longueur du rachis (LR), hauteur du stipe (HAUT)

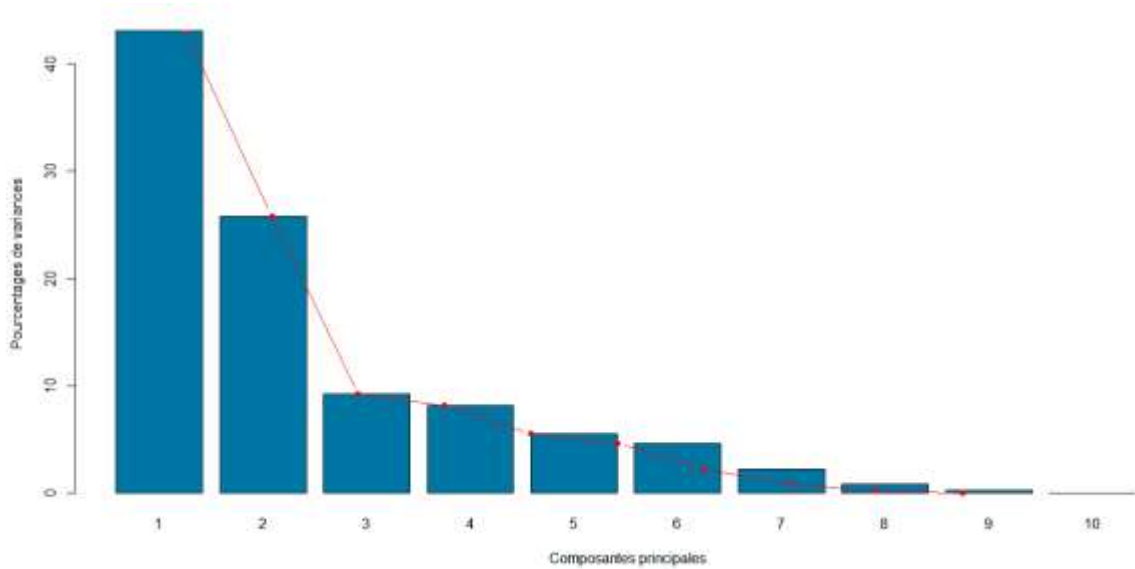
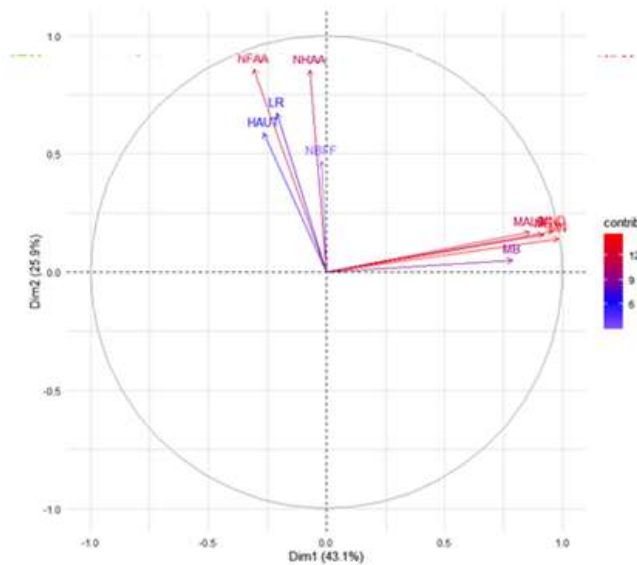


Figure 4: graphique des éboulis de l'ACP réalisé sur les individus de l'échantillon de cocotier Nain



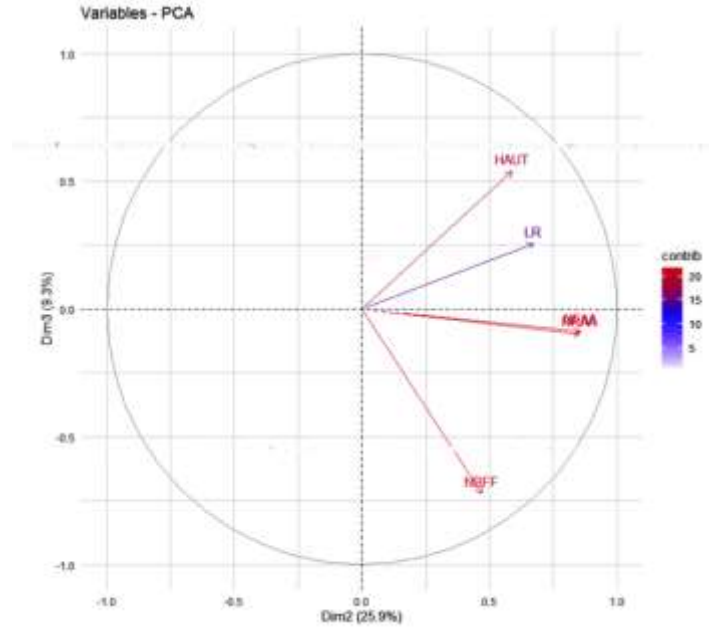
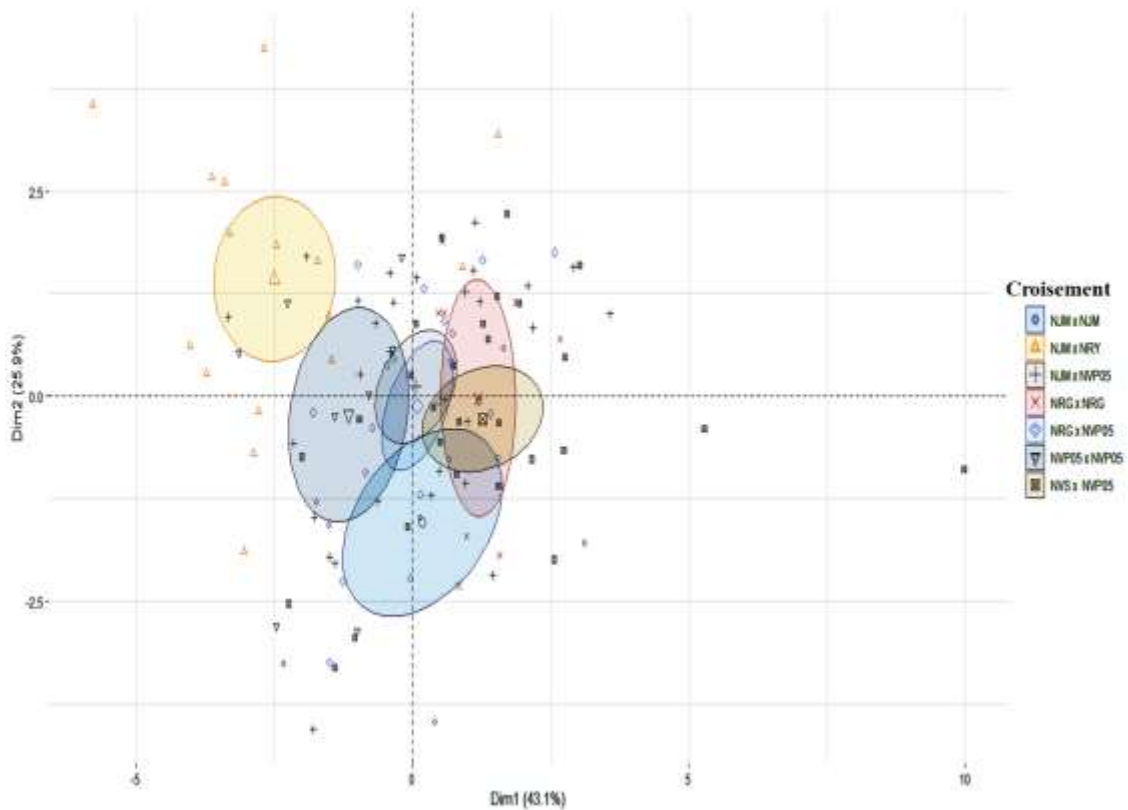


Figure 5: projection de l'ensemble des variables dans les cercles des corrélations formés par les axes 1 et 2 (A) et le plan formé par les axes 2 et 3 (B) réalisé sur les individus de l'échantillon de cocotier nain

Masse de la bourre (MB), masse de l'albumen (MALB), masse de l'eau (ME), masse de la noix (MN), masse de la noix débourré (MND), nombre de fleur femelle par arbre par ans (NBFF), nombre de régime par arbre par ans (NRAA), nombre de fruit par arbre par ans (NFAA), longueur du rachis (LR), hauteur du stipe (HAUT)



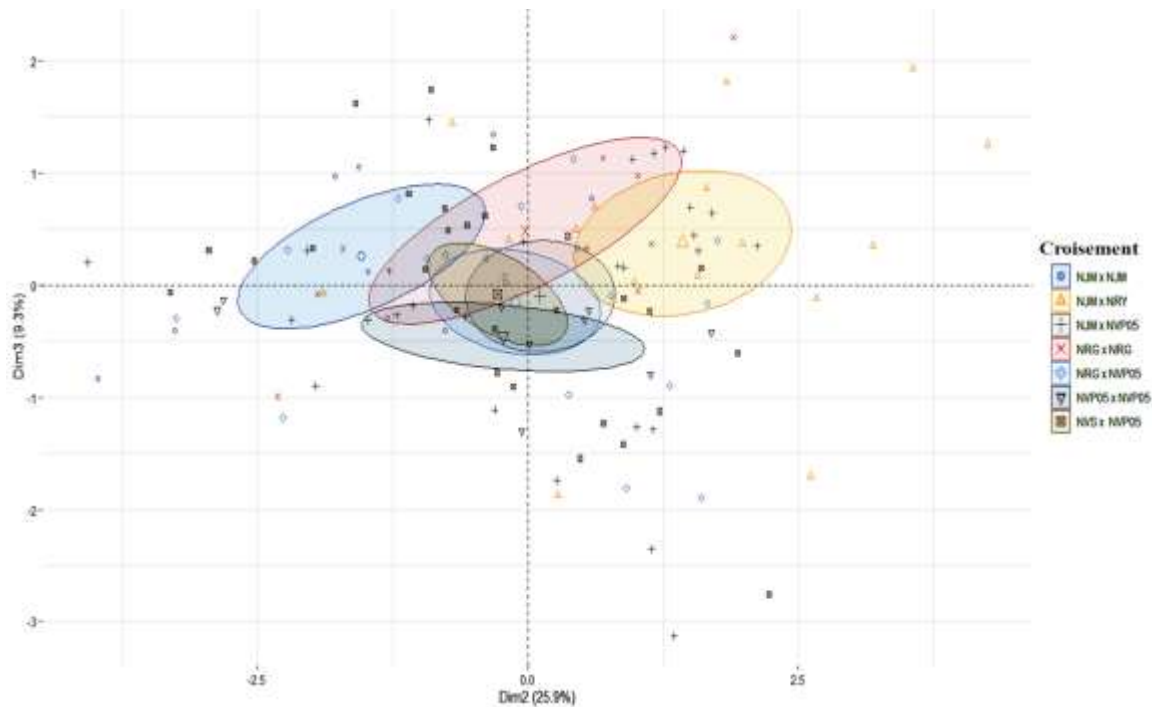


Figure 6 : projection de l'ensemble des individus de l'échantillon de cocotier nain dans le plan formé par les axes 1et 2 (A) et le plan formé par les axes 2 et 3 (B).

DISCUSSION

Huit paramètres sur les 10 étudiés présentent des différences au seuil de 5 %. Seul 2 paramètres ne révèlent aucune de différences significatives. Il s'agit du nombre de fleurs femelles par arbre et par an (NBFF) et le nombre de régimes par arbre par an (NRAA). Ces deux paramètres sont le premier déterminant de la productivité du cocotier car il influence le nombre de fruits. Cependant l'étude de la corrélation entre les différents paramètres a montré une faible corrélation de 0,26 mais significative au seuil de 5 %. Ce résultat atteste que la quantité de fleurs est liée au nombre de régimes. Le nombre de fleurs femelles par arbre et par an (NBFF) obtenu dans cette étude varie pour les sept groupes de cocotiers étudiés ; ces résultats sont semblables à ceux obtenus par Konan *et al.* (2009). En effet ces auteurs ont obtenu des valeurs allant de 30 ± 12 à 36 ± 18 pour des hybrides de type Grand. Cependant les nombres de régimes obtenus par groupe dans notre étude sont largement inférieurs à ceux

obtenus par ces auteurs. En effet ces nombres varient de 11 ± 3 à 12 ± 2 pour Konan *et al.* (2009) contre $3,09 \pm 1,35$ à $4,94 \pm 1,53$ dans notre étude. Le nombre de fruits est évidemment plus élevé chez ces auteurs bien que présentant un nombre de fruits par régime moins élevé. Ces auteurs ont également montré que les individus issus de croisement entre le Nain Jaune Malais et le Grand Ouest Africain (NJM x GOA) présentaient les meilleures performances au niveau du nombre de fruit produit par an (136 fruits). Ce résultat atteste de la supériorité des hybrides issus de croisement entre cocotier Nains et Grand. Les groupes ne présentent pas de différences significatives au niveau du nombre de fleurs femelles par arbre et par an (NBFF) et le nombre de régimes par arbre par an (NRAA). Mais présente des différences hautement significatives au niveau de nombre de fruit par arbre par an (NFAA). Ces différences sont certainement dues au niveau de pertes de fruits de chaque famille de la fécondation à la récolte

des fruits matures d'une part, et de l'autre à la vigueur de l'hybride exprimé au niveau du nombre de régimes par les hybrides NJM x GOA dont les parents proviennent d'écotypes différent. Pour certains auteurs comme Racskó *et al.* (2007), les maladies et des insectes sont l'une des causes de la chute des fruits. Par exemple, la piqure de la mouche méditerranéenne entraîne la chute très rapide des fruits. Cependant s'il s'agissait de chutes causées par des piqures d'insectes, elles devraient concerner toutes les classes. Chez les fruits en générales il existe des hormones et des oses susceptibles d'influencer la chute des fruits. Il s'agit de l'acide abscissique (ABA) et le mannitol (Khefifi, 2015). L'acide abscissique a une action principalement sur à la sénescence (Del Río *et al.*, 1998). Il n'a pas été prouvé un que cette substance possède un effet direct sur l'abscission. Cependant, Roberts *et al.* (2002) révèlent existantes d'un rôle intermédiaire au cours de ce phénomène (Roberts *et al.*, 2002). Sa concentration croît avec la maturation et avant la chute des fruits matures ce phénomène conduit à l'interruption de la croissance, la sénescence puis l'abscission des fruits (Ladanyia et Ladaniya, 2010). Chez les orangers, ont observé une concentration beaucoup plus importante de cette hormone chez les variétés précoce et de mi saisons (Rasmussen, 1975). L'ABA semble impliquée dans la synthèse d'éthylène et limite également le transport des auxines (Racskó *et al.*, 2007). Aussi, la balance hormonale entre l'ABA et les auxines influence grandement le taux d'abscission des fruits. Tout comme pour les hormones, certains sucres qui retardent l'abscission tandis que d'autres qui l'accélèrent ce processus. Les sucres tels que le saccharose, le fructose et le glucose retardent l'abscission alors que le mannitol, accélèrent ce processus. Quant au le sorbitol et l'inositol, ils ne présentent aucun effet sur la chute des fruits (Khefifi, 2015). On peut supposer alors que la chute des fruits peut être lie aux gènes influençant la production de ABA et du

mannitol ainsi que des sucres favorisant l'abscission. La masse de la noix (MN) et le nombre de fruit par arbre par an (NFAA) sont inversement corrélé avec une valeur de -0,19 comme coefficient de corrélation. En effet ce résultat atteste que les arbres présentant le moins de fruits ont les fruits qui présentent en moyenne les plus grandes masses. Ce résultat se confirme dans le Tableau 3. En effet le groupe 7 issu de croisement NVS x NVP05 présente la valeur la plus élevé pour le paramètre la masse de la noix (MN) avec une moyenne de 725,14±152,34 g et un maximum de 1275,00 g. ce groupe présente cependant un nombre de fruit par arbre par an de 31,86±17,14. Alors que le groupe 2 issus de croisement NJM x NRY présente la valeur la plus faible au niveau de la masse de la noix (MN) avec une valeur de 514,59±109,74 g et la valeur la plus élevée au niveau du nombre de fruits par arbre par an (NFAA) avec une valeurs de 63,39±28,71. En effet le groupe 1 issu de croisement NJM x NJM et utilisé comme témoin présente une masse de la noix (MN) de 639,72±128,70 g pour un nombre de fruits par an (NFAA) de 21,21±13,03 fruits. Cette différence avec les autres groupes peut être expliquée par l'effet hétérosis car le témoin est de souche pur pendant que les autres groupes sont issus de F2 de croisement entre souche différentes. A l'exception du groupe 4 issus de croisement NRC x NRC. Bien qu'étant de souches pures, ce groupe présente une supériorité sur le groupe 1 au niveau de à la fois de la masse de la noix (MN) et le nombre de fruit par arbre par an (NFAA). La masse de la bourre (MB) et le nombre de fruit par arbres par an (NFAA) présente une corrélation négative de -0,19. Cela s'explique non pas par une corrélation directe entre ces deux paramètres, mais plutôt par la forte corrélation existant entre la masse de la bourre (MB) et la masse de la noix (MN) de 0,84. En effet la masse de la bourre est fortement dépendante de la masse de la noix (NM). La matrice des corrélations obtenue à partir des 10

paramètres descriptifs étudiés nous a permis de dégager des corrélations significatives entre deux grands groupes de variables. Il s'agit d'une part des variables concernant le fruit à savoir masse de la noix (MN), masse de la bourre (MB), masse de la noix débourré (MND), masse de l'eau (ME) et masse de l'albumen (MALB). Ces corrélations attestent que chez les cocotiers nains ces paramètres ne sont pas fonction des variétés, mais plutôt proportionnelles à la taille de la noix. Le deuxième groupe de paramètres concerne les paramètres liés au nombre de noix. Il s'agit du nombre de fleurs femelles (NBFF), du nombre de régimes par arbres par an (NRAA), du nombre de fruits par arbres par an (NFAA) et de la longueur du rachis(LR). Les paramètres concernant le fruits à savoir la masse de la noix (MN), masse de la noix débourrée (MND), la masse de la bourre (MB), la masse de l'albumen (MALB) et la masse de l'eau (ME), présente de fortes corrélations significatives variant de 0,53 à 0,96. Les résultats obtenus au niveau de la proportion de la bourre dans notre étude est de $159,03 \pm 34,82$ pour le groupe 2 et $230,61 \pm 54,35$ pour le groupe 7. Ces deux valeurs représentent les extrêmes et présentent des pourcentages respectifs par rapport au fruit de 30,90 % et 31,70 %. Ces observations sont très inférieures à ceux obtenu par Kodjo *et al.* (2015). En effets ces auteurs ont obtenu des valeurs de 51,47 % et 50,01 % respectivement pour des noix mature d'hybrides issus de croisement NJM x GVT et PB121*. En effet des cultivars sont issus de croisement entre cocotier Grand et cocotier Nains (Bourdeix *et al.*, 1992; Koffi *et al.*, 2020). Ces résultats attestent d'une faible proportion de la bourre chez les hybrides de types Nain x Nain par rapport aux hybrides Grand x Nain. La masse de l'albumen (MLAB) varie de $185,29 \pm 33,90$

pour le groupe 2 à $244,79 \pm 45,15$ pour le groupe 7. Ces valeurs représentent des proportions en amande respectives de 36% et 33,76%. Ces résultats sont hautement supérieurs de ceux obtenus par Kodjo *et al.* (2015). Ces auteurs ont obtenu des valeurs de de 23,60 % et 19,91 % respectivement pour des noix mature d'hybrides issus de croisement NJM x GVT et PB121*. Ces résultats sont également supérieurs à ceux obtenu par (Daramcoum *et al.*, 2017). Ces auteurs ont obtenu des valeurs de 24,98 %, 23,30 % et 21,17% respectivement pour les croisements F3 NRC x NVS, F3 NVS x NVP05 et F2 NJM x NJM. Ces résultats montrent de la supériorité génétique en termes de production de coprah des hybrides de la F2 issus de croisement Nain x Nain sur les autres cultivars. Cependant il est prouvé que les cocotiers Nains possèdent de faibles teneurs en matières grasses, mais une teneur élevé en sucre d'où leur utilisation en noix de bouche (Konan *et al.*, 2006). Ces cultivars pourraient être utilisés dans les croisements avec les grands pour l'amélioration de la quantité de coprah dans les fruits tout en tenant compte de de l'effet maternel. En effet selon Konan et al. (2006) l'expression de certains caractères agronomiques comme ceux de production chez le cocotier est influencée par un effet maternel très important. L'analyse de la variabilité agromorphologique suivant une approche multivariée (ACP) n'a permis d'identifier des groupes distincts au sein de notre population. En effet ce résultat atteste que les variances observées au dans notre population se situe au niveau des individus. Il n'existe donc pas de structuration d'individus en fonction des groupes observés. Il est donc impossible à ce niveau de classifier les individus en fonction des groupes observé.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

L'étude a été réalisée pour mettre en exergue la diversité agro-morphologique des individus F2 issus de croisement Nain x Nain créés au

CNRA à partir de 10 caractères quantitatifs mesurés sur les cocotiers plantés en 2002. Les résultats ont révélé des différences

significatives concernant de huit paramètres. Seul le nombre de fleurs femelles (NBFF) et nombre de régimes par arbres par an (NRAA) ne présentaient pas de différences significatives en fonction des groupes au seuil de 5 %. Le groupe 7 (NVS x NVP05) a présenté la masse moyenne de noix la plus élevée suivit du groupe NRC x NRC. Le groupe 2 (NJM x NRY) présente quant à lui le nombre de fruit par ans le plus élevé. Cependant l'ACP n'a pas permis de discriminer les groupes au sein de notre échantillon bien que présentant une variance

Conflit d'intérêts : Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

Contributions des auteurs

DNS: collecte et analyses des données, rédaction de l'article. **DWAMP:** rédaction de l'article, amendements de l'article. **KAB :** corrections, amendements de l'article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Assa R R., Konan J-L., Nemlin J., Prades A., Agbo N'zi G. & Sié R S.- 2006. Diagnostic de la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien. *Sciences et Nature. Série A, Biosciences Agronomie Environnement Biotechnologie*, 3 (2) :113-120. Berron, H. 1978. Atlas jeune Afrique : Côte d'Ivoire. Ed. JA 12-13.

Bourdeix, R. 2002. Rapport de mission au Comores du 2 au 16 mai 2002. CIRAD-CP.

Bourdeix R., Baudouin L., Billotte N., Labouise J P. & Noiret J-M. 1997- Le Cocotier. In: Charrier A., Jackot M., Hamon S. & Nicolas D. (Editors). L'Amélioration des plantes tropicales. CIRAD & ORSTOM, Montpellier, France. pp. 217-239.

Bourdeix R., N'Cho Y P. & Sangare A. 1994- Rythmes de production chez le cocotier Nain (*Cocos nucifera* L.): Étude de l'alternance castration-production comme mode de gestion des champs

cumulée de 72,9 % pour les trois premier axe. Il serait alors judicieux d'utiliser les autre méthodes d'études afin d'identifier et de regrouper les individus présentant une supériorité génétique et optimiser la sélection. Ces résultats permettent néanmoins d'avoir des pistes précises pour orienter l'amélioration génétique et la sélection des cocotiers afin de produire des individus compétitifs. Ces individus pourront être utilisés comme parent dans les croisements Nain Grand pour l'amélioration de la productivité des cocoteraies de Côte d'Ivoire.

KHMK: analyses des données et rédaction de l'article. **DPS :** corrections, amendements de l'article. **NASP :** supervision générale de la rédaction de l'article, corrections, amendements de l'article et validation de l'article après sa rédaction.

semenciers. *Agronomie Africaine*. 6(2):77-162.

Bourdeix, R., Y. P. N'Cho, A. Sangaré, L. Baudouin & M. De Nucé De Lamothe. 1992- L'hybride de cocotier PB 121 amélioré, croisement du Nain Jaune Malais et de géniteurs Grand Ouest-Africain sélectionnés. *Oléagineux*, 47 (11):620-633.

Bourdeix, R., V. S. Tuia, L. M. Fili & V. Kumar. 2002. Coconut varieties of "Niu Kafa". *COGENT newsletter* 3:14-15.

Bourdeix R., Konan Konan J. L. & N'Cho Y. P. 2005- Cocotier : guide des variétés traditionnelles et améliorées. Montpellier : Diversiflora, 104 p.

Daramcoum W. A. M.-P., S. D. M. Yao, K. J.-L. Konan, E.-B. Z. Koffi, K. Yoboue & A. S.-P. N'guetta. 2017- 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. *Journal of Applied Biosciences*. 112: 11045–11051.
- De Nuce de Lamothe M., Wuidart W. & Sangaré A. 1980- La fécondation artificielle du cocotier. *Oléagineux* 35: 319–326.
- De Nucé de Lamothe M. & Rognon F. 1986- Cocotiers hybrides ou cocotiers Grands, un choix basé sur des résultats (1). *Oléagineux*. 41: 549-555.
- Del Río J A., Arcas M C., Benavente O., Sabater F. & Ortuño A. 1998- Changes of polymethoxylated flavones levels during development of *Citrus aurantium* (cv. Sevillano) fruits. *Planta medica*. 64: 575–576.
- French, A., M. Macedo, J. Poulsen, T. Waterson and A. Yu. 2008. Multivariate analysis of variance (MANOVA). Disponible sur: <http://userwww.sfsu.edu/~efc/classes/biol710/manova/MANOVAnewest.pdf>
- Khefifi, H. 2015- Études physiologiques et génétiques de caractères morpho-physico-chimiques des fruits d'agrumes au cours de la maturation jusqu'à l'abscission. Thèse unique (spécialité: Génétique des plantes). Montpellier SupAgro, Montpellier, France, 264p.
- Kodjo N F., Konan K. J.-L., Doue G. G., Yao S. D. M., Allou K. & Niamké 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 & Plant Sciences*. 27: 4193–4206.
- Koffi E-B Z., Yoboué K., Yao S D M., Konan J L., Sié R S. & Diarrassouba N. 2020- 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. *Journal of Applied Biosciences*. 147: 15125–15139.
- Konan J L., Allou K., N'goran A., Diarrasouba 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, 4 p.
- Konan K J., Sie R S., Yobouet K., Allou K., Yao K A. & Zakra A N. 2009- Caractérisation agromorphologique d'une nouvelle génération d'hybrides de cocotiers grands (*Cocos nucifera* L.) en Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*. 6 (2): 765–767.
- Ladaniya M S. 2008 - Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Elsevier Inc., Atlanta, USA, 573pp.
- Racsó, J., G. B. Leite, J. L. Petri, S. Zhongfu, Y. Wang, Z. Szabó, M. Soltész & J. Nyéki. 2007. Fruit drop: The role of inner agents and environmental factors in the drop of flowers and fruits. *International Journal of Horticultural Science*. 13: 13–23.
- Rasmussen, G. K. 1975. Cellulase activity, endogenous abscisic acid, and ethylene in four citrus cultivars during maturation. *Plant physiology*. 56: 765–767.
- Roberts J A., Elliott K. A. & Gonzalez-Carranza Z. H. 2002- Abscission, dehiscence, and other cell separation processes. *Annual review of plant biology*. 53: 131–158.
- Shapiro S. & Wilk M. B. 1965- An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 52: 591–611.