



# Évaluation de la variabilité agro-morphologique de trois espèces de colatiers en collection en Côte d'Ivoire : *Cola nitida* (Vent.) Schott & Endl., *Cola cordifolia* (Cav.) R. Br. et *Cola reticulata* A. Chev.

OUATTARA Yaya <sup>1,2</sup>, TRAORE Mohamed Sahabane <sup>4</sup>, GBEDIE Nadré Audrey <sup>3</sup>, AÏDARA Sékou <sup>3</sup>, BONSSON Bouadou <sup>3</sup>, SIE Raoul Sylvère <sup>1</sup>, AKAFFOU Doffou Sélastique <sup>5</sup>, KONE Boaké <sup>2</sup>; KELI Zabgahi Jules<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions végétales, 02 BP 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire)

<sup>2</sup> Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station de Recherche de Divo, BP 808 Divo (Côte d'Ivoire)

<sup>3</sup> Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station de Recherche de Man, BP 440 Man (Côte d'Ivoire)

<sup>4</sup> Université Peleforo Gon Coulibaly, UFR des sciences biologiques, Département de biologie végétale, BP 1328 Korbogo (Côte d'Ivoire)

<sup>5</sup> Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, BP 150 Daloa, (Côte d'Ivoire)

**Mots-clés :** Colatier, *Cola nitida*, *Cola cordifolia*, *Cola reticulata*, espèces sauvages, caractères agro-morphologiques, collection, Côte d'Ivoire

**Keywords:** Kola trees, *Cola nitida*, *Cola cordifolia*, *Cola reticulata*, wild species, agro-morphological characterization, collection, Côte d'Ivoire

## 1 RÉSUMÉ

Trois (3) espèces de colatier, dont une cultivée (*Cola nitida* ou vrai colatier, cola, « *guro* » ou « *goro* ») et deux sauvages (*Cola reticulata* ou cola de singe ou « *gro* » en yacouba et *Cola cordifolia* communément appelé « *walê* » en baoulé ou « *ntaba* » en bambara), ont fait l'objet d'une étude de variabilité agro-morphologique en vue d'extraire des caractères d'intérêt agronomique pour l'amélioration du colatier. Vingt-neuf caractères, inspirés en partie des descripteurs du cacaoyer et de l'avocatier ont permis de décrire chaque espèce. Les résultats ont montré des différences significatives entre les espèces pour tous les caractères quantitatifs mesurés. Les caractères qualitatifs ont permis également de discriminer ces trois espèces. L'espèce cultivée a eu les meilleures caractéristiques du rendement, qui ont été généralement corrélées entre elles. Cette espèce cependant a été sensible au « balai de sorcière » et aux insectes. Les espèces sauvages ont renfermé des caractères d'intérêt agronomiques comme la production d'un nombre important de fleurs par inflorescence (*C. cordifolia*), une petite taille et un port buissonnant chez *C. reticulata*, la tolérance aux aléas (maladies et insectes) et l'indéhiscence des follicules à maturité chez ces deux espèces. Les caractères foliaires et fructifères, ainsi que les caractères floraux et fructifères ont été corrélés chez *C. nitida* et *C. reticulata*. Chez *C. cordifolia* des corrélations ont été établies entre les caractères foliaires et les caractères floraux. Les résultats de cette étude suggèrent des possibilités d'amélioration de *C. nitida* par hybridation interspécifique.



## ABSTRACT

The article deals on the agro-morphological characterization of three kola trees species: one cultivated species (*Cola nitida* or « *guro* » or « *goro* ») and two wild species (*Cola reticulata* or monkey kola and *Cola cordifolia* called « *walé* » in baoulé or « *ntaba* » in bambara). The objective of the study is to determine the phenotypic diversity of these three species in order to extract traits of agronomic interest for kola trees improvement. Twenty-nine quantitative and qualitative traits, inspired in part from cocoa and avocado descriptors, were used to describe each species. The results showed significant differences ( $p < 0.0001$ ) between these three species for all quantitative traits. Qualitative characters also allowed to categorise these three species. The cultivated species had the best yield traits, which were generally correlated with each other. This species, however, was susceptible to 'witch broom' disease and insects (*Balanogastriis kolae*). The wild species contained agronomic traits such as the production of a large number of flowers per inflorescence (*C. cordifolia*), a small size and a bushy habit in *C. reticulata*, tolerance to hazards (diseases and insects) and the indehiscence of follicles at maturity in both species. Leaf and fruit characteristics as well as floral and fruiting characteristics were correlated with *C. nitida* and *C. reticulata*. In *C. cordifolia* correlations were established between leaf characteristics and floral characters. The results of this study suggest potential for *C. nitida* enhancement by interspecific hybridization.

## 2 INTRODUCTION

Le colatier (*Cola sp*) appartient à la famille des Malvaceae (Whitlock *et al.*, 2001). Le genre *Cola* renferme environ 140 espèces (Adenuga *et al.*, 2012) dont une cinquantaine est originaire d'Afrique de l'Ouest (Adebola, 2003). Parmi ces 140 espèces, *Cola nitida* (Vent.) Schott & Endl., spontanée en Afrique de l'Ouest, et *Cola acuminata* (Beauv.) Schott & Endl., spontanée en Afrique Centrale sont cultivées. Le colatier pousse dans les régions d'Afrique tropicale où il peut atteindre plus de 25 mètres (Bodard, 1962). Il produit la noix de cola qui est très prisée en Afrique et dans le monde pour ses usages socioculturels (mariages, baptêmes, funérailles.) et industriels (savon, teinture, médicaments et boissons gazeuses) (Yahaya *et al.*, 2002 ; Asogwa *et al.*, 2006). La noix de cola fait aussi l'objet d'un important réseau d'échanges commerciaux entre pays africains et entre l'Afrique et le reste du monde. Cependant, la culture du colatier dans les pays producteurs, est restée pendant longtemps

proche de la cueillette. Les travaux de recherche y sont peu avancés. Depuis quelques années, la Côte d'Ivoire s'est dotée d'une collection de colatiers, située à la station de recherche du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Divo. Cette collection comprend plus de 300 génotypes repartis entre les espèces *Cola nitida*, *Cola vera*, *Cola cordifolia*, *Cola acuminata*, *Cola reticulata* et *Cola ballayi* et constitue un réservoir de gènes pour l'amélioration de *Cola nitida*, la seule espèce cultivée en Côte d'Ivoire. Mais, la diversité et la structuration des génotypes représentés dans cette collection sont peu connues. A ce jour, seuls les travaux réalisés par Sié *et al.* (2004, 2005 et 2009) ont permis d'identifier trois groupes génétiquement distincts chez *Cola nitida*. Ce travail basé sur l'étude de la diversité phénotypique de trois espèces du genre *Cola*, permettra d'extraire des caractères d'intérêt agronomique pour l'amélioration de *Cola nitida*.

## 3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

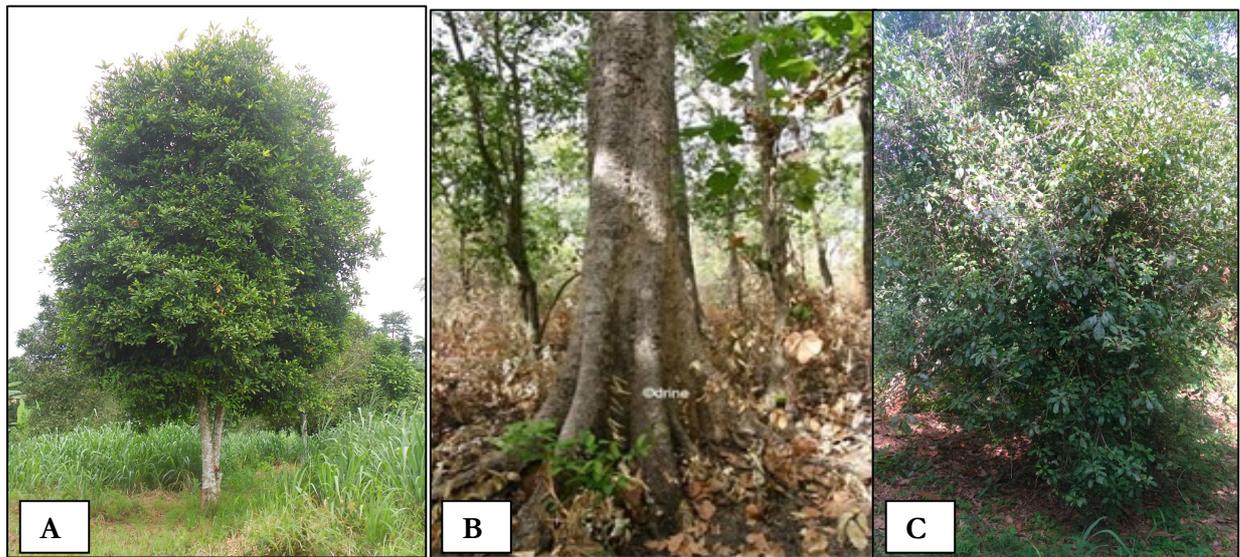
**3.1 Site d'étude :** L'étude a été réalisée à la station CNRA de Divo (Côte d'Ivoire), située en zone forestière sud du pays. Quatre saisons caractérisent le climat : une grande et une petite

saison de pluie, et une grande et une petite saison sèche. La végétation est dominée par des forêts denses humides. La pluviométrie moyenne est de

1354 mm/an, avec des températures comprises entre 25 et 30°C.

**3.2 Matériel végétal :** Le matériel végétal se compose de trois espèces de colatiers (Figure 1) : une espèce cultivée (*C. nitida* ou vrai colatier, cola,

« *guro* » ou « *goro* ») et deux espèces sauvages (*C. cordifolia* communément appelé « *walé* » en baoulé ou « *ntaba* » en bambara et *Cola reticulata* ou cola de singe ou « *gro* » en yacouba). Les arbres étaient âgés de 51 ans au moment des mesures.



**Figure 1.** Matériel végétal. (A) *C. nitida*, (B) tronc de *C. cordifolia*, (C) *C. reticulata*

### 3.3 Méthodes

**3.3.1 Dispositif expérimental et mesure des caractères agro-morphologiques :** Trente (30) feuilles, 30 fleurs, 30 follicules, et 30 noix collectées de manière aléatoire sur 12 à 20 arbres par espèces ont été étudiés. Vingt-neuf (29) caractères, issus du descripteur du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) (Bekele et Butler, 2000) et de l'avocatier (*Persea americana* Mill.) (IPGRI, 1995), et qui sont applicables au colatier (Adebalo et Morakinyo, 2006 ; Durand *et al.*, 2016), ont servi à la description de chaque espèce. Les caractères quantitatifs évalués sont : la hauteur de l'arbre (Haut), le diamètre du tronc (Diam), la largeur de la feuille (Lafe), la longueur de la feuille (Lofe), la longueur du pétiole (Lopet), l'indice de forme foliaire (Form = Lafe/Lofe), l'indice de surface foliaire (Surf = Lafe x Lofe), la circonférence du follicule (Circ), la longueur du follicule (Lofr), l'épaisseur du cortex (Epcor), le nombre de noix par follicule (NoGr), la longueur de noix (LoGr), la largeur des noix (LgGr), l'épaisseur des noix (EpGr), le nombre de fleurs par inflorescences

(Noflr), la longueur des fleurs (Loflr), la longueur du pédoncule (Loped), le nombre de carpelles (NoCarp), le nombre de sépales (NoSep). La hauteur a été déterminée au moyen d'un clinomètre. Le diamètre a été déterminé par la relation  $D = P/\pi$ , P étant le périmètre (ou circonférence à 0,5 mètre du tronc). Les autres mesures de dimensions ont été faites avec un pied à coulisse et un mètre ruban. Les caractères qualitatifs notés sont : la forme de la bordure des feuilles (Bord), la couleur des fleurs (CoFlr), la couleur du follicule à maturité (CoFr), la couleur du tégument (CoTeg), l'aspect du follicule (Asp), le mode de déhiscence du follicule (Dehis), la forme du follicule (FormFr), la sensibilité aux insectes (Sens), la sensibilité au balai de sorcière (Balai) et le port de l'arbre (Port).

**3.4 Analyses statistiques :** Les logiciels SAS 9.4 et XLSTAT 7.0 ont servi à l'analyse des données. Ces données ont été soumises à une analyse de variance. Les moyennes ont été comparées par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %. Les relations entre les espèces et entre les

paramètres étudiés ont été déterminées par une Analyse en Composantes Principales (ACP). Pour

cette ACP, les phénotypes des caractères qualitatifs, ont été codés en données ordinales.

## 4 RÉSULTATS

### 4.1 Analyse des caractères quantitatifs

**4.1.1 Caractères de croissance :** Le diamètre et la hauteur des arbres ont été significativement différents entre espèces ( $p < 0,0001$ ). L'espèce *C. cordifolia* mesure 41,10 cm de diamètre du tronc (Tableau 1). Cette moyenne a été supérieure à celles obtenues chez *C. nitida* (28,66 cm) et chez *C. reticulata* (16,76 cm). Quant à la hauteur, ces sont les espèces *C. cordifolia* (15,82 m) et *C. nitida* (15,66 m), qui ont enregistré la plus grande taille.

**4.1.2 Caractères foliaires :** Les caractères foliaires ont été significativement différents entre espèces ( $p < 0,0001$ ). Les feuilles de *C. nitida* ont mesuré 172,46 mm de long, et ont été en moyenne deux fois plus longues que celles de *C. reticulata* (Tableau 1). Cependant, elles ont affiché le plus petit indice de forme foliaire (0,34) et le pétiole le plus court (31,44 mm). Les feuilles de *C. cordifolia* ont été les plus larges (158,36 mm), avec les plus longs pétioles (85,47 mm), le plus grand indice de surface foliaire (26012,08 mm<sup>2</sup>) et le plus grand indice de forme foliaire (0,98). Les plus petites feuilles ont été observées chez *C. reticulata* (85,27 mm de long, 41,02 mm de large et 3525,53 mm<sup>2</sup> de surface).

**4.1.3 Caractères floraux :** Des différences significatives ont existés entre espèces pour tous les caractères floraux ( $p < 0,0001$ ). Le plus grand nombre de fleurs (29,78) a été dénombré au niveau des inflorescences de *Cola cordifolia* (Tableau 1). Chez ces fleurs, il a été observé le

nombre de carpelles le plus élevé (4,81). Par contre, les inflorescences de *C. reticulata* ont porté très peu de fleurs (2,95), avec 4,22 carpelles. Pour les dimensions des fleurs, *C. nitida* s'est distingué avec les plus longues fleurs (38,09 mm) et les plus longs pédoncules (15,49 mm). Celles de *C. reticulata* ont été les plus petites (7,20 mm), mais avec des pédoncules plus longs (4,08 mm) que ceux de *C. cordifolia* (2,01 mm). Concernant le nombre de sépales, *C. cordifolia* a affiché la plus grande moyenne (5,91) et *C. reticulata* la plus petite (3,40).

**4.1.4 Caractères fructifères (follicules et noix) :** Tous les caractères fructifères ont été différents entre espèces ( $p < 0,0001$ ). Les follicules de *C. nitida* ont été les plus volumineux (142,63 mm de long et 237,55 mm de circonférence), avec les cortex les plus épais (5,95 mm) et le plus grand nombre de noix (6,90). Par contre, *C. reticulata* a enregistré les plus petits follicules (42,47 mm de long et 84,28 mm de circonférence) et le plus petit nombre de noix (3,31). *C. cordifolia* et *C. reticulata* ont eu des épaisseurs de cortex semblables (Tableau 1). Au niveau des noix, *C. nitida* a produit les plus grosses noix (43,04 mm de long, 31,49 mm de large et 21,98 mm d'épaisseur), tandis que, *C. reticulata* a produit les noix les moins longues (17,6 mm) et *C. cordifolia*, les noix les moins larges (10,32 mm) et les moins épaisses (7,72 mm). La figure 2 illustre les noix de chacune des espèces.



**Figure 2 :** Variabilité morphologique des noix chez les trois espèces de colatier. (A) *C. nitida*, (B) *C. cordifolia*, (C) *C. reticulata*

**Tableau 1 :** Moyennes des 19 caractères mesurés chez trois espèces de colatier

Espèces	<i>C. nitida</i>	<i>C. cordifolia</i>	<i>C. reticulata</i>	Pr	F (2,178)
Diam	28,66 ± 2,04 b	41,10 ± 4,14 a	16,76 ± 1,69 c	<0,0001	254,87
Haut	15,66 ± 1,19 a	15,82 ± 1,07 a	3,38 ± 0,48 b	<0,0001	794,75
Lofe	172,46 ± 2,61 a	161,89 ± 3,69 b	85,27 ± 1,34 c	<0,0001	245,57
Lafe	59,71 ± 1,54 b	158,36 ± 3,81 a	41,02 ± 0,87 c	<0,0001	668,14
Lopet	31,44 ± 1,02 b	85,47 ± 4,36 a	33,17 ± 1,57 b	<0,0001	187,93
Surf	10584,54 ± 387,81b	26012,08 ± 1160,22a	3525,53 ± 117,17c	<0,0001	290,88
Form	0,34 ± 0,01 c	0,98 ± 0,02 a	0,48 ± 0,01 b	<0,0001	1098,13
Noflr	8,66 ± 0,32 b	29,78 ± 0,15 a	2,95 ± 0,18 c	<0,0001	1312,96
Loflr	38,09 ± 0,63 a	9,16 ± 0,13 b	7,20 ± 0,11 c	<0,0001	900,98
Loped	15,49 ± 0,47 a	2,01 ± 0,03 c	4,08 ± 0,10 b	<0,0001	277,13
Nosep	5,12 ± 0,03 b	5,91 ± 0,05 a	3,40 ± 0,07 c	<0,0001	527,36
Nocarp	4,81 ± 0,07 a	4,02 ± 0,17 b	4,22 ± 0,06 b	<0,0001	34,45
Lofr	142,63 ± 2,26 a	53,31 ± 0,99 b	42,47 ± 0,82 c	<0,0001	686,56
Circ	237,55 ± 2,54 a	144,19 ± 1,67 b	84,28 ± 1,41 c	<0,0001	984,24
NoGr	6,90 ± 0,26 a	4,83 ± 0,22 b	3,31 ± 0,16 c	<0,0001	46,82
EpCor	5,95 ± 0,19 a	2,64 ± 0,06 b	2,12 ± 0,06 b	<0,0001	140,61
LoGr	43,04 ± 0,46 a	21,17 ± 0,31 b	17,6 ± 0,19 c	<0,0001	975,90
LaGr	31,49 ± 0,48 a	10,32 ± 0,18 c	12,35 ± 0,24 b	<0,0001	648,99
EpGr	21,98 ± 0,50 a	7,72 ± 0,18 c	10,11 ± 0,15 b	<0,0001	259,68

Les moyennes suivies de la même lettre sur une ligne sont statistiquement égales à 5 %

**4.1.5 Corrélations entre caractères quantitatifs :** Pour l'ensemble des espèces, les caractères de croissance, et ceux des feuilles et des fruits sont liés entre eux. Les caractères des fleurs n'ont été corrélés entre eux que chez *C. cordifolia*. Selon les espèces, des corrélations entre les différents groupes de caractères ont été établies.

**4.1.6 Corrélations entre caractères quantitatifs chez *C. nitida* :** Chez *C. nitida*, plusieurs couples de caractères ont été corrélés (Tableau 2). Ainsi, la longueur du follicule et sa circonférence ont été corrélés ( $r = 0,64$ ). De même, le nombre de noix par follicule a été positivement lié à la circonférence du follicule ( $r = 0,68$ ), elle-même liée à l'épaisseur du cortex ( $r = -0,45$ ). L'épaisseur du cortex a été liée au nombre de noix ( $r = -0,64$ ) et à la longueur de la noix ( $r = -0,55$ ), elle-même liée à sa largeur ( $r = 0,74$ ). Au niveau des corrélations les caractères fructifères et caractères foliaires, la largeur de la noix est liée à la longueur de la feuille ( $r = 0,61$ ), à la longueur du pétiole ( $r = 0,46$ ) et à l'indice de surface foliaire ( $r = 0,46$ ). Pour les liens entre les

caractères floraux et fructifères, la longueur du pédoncule a été corrélée à l'épaisseur du cortex ( $r = 0,48$ ), au nombre de noix par follicule ( $r = -0,53$ ), à la largeur de la noix ( $r = -0,45$ ) et à l'épaisseur de la noix ( $r = -0,62$ ). De même, le nombre de fleurs par inflorescence a été corrélé à la longueur de la noix ( $r = 0,64$ ), à la largeur de la noix ( $r = 0,47$ ) et à l'épaisseur du cortex ( $r = -0,46$ ). Par ailleurs, le diamètre du tronc est lié à la longueur du follicule ( $r = 0,48$ ).

**4.1.7 Corrélations entre caractères quantitatifs chez *C. cordifolia* :** Chez *C. cordifolia*, des caractères fructifères ont été corrélés entre eux (Tableau 3). Comme chez *C. nitida*, la longueur du follicule a été corrélée à sa circonférence ( $r = 0,72$ ). Le nombre de noix par follicule a été corrélée à l'épaisseur du cortex ( $r = 0,61$ ), à la longueur ( $r = -0,67$ ) et à l'épaisseur de la noix ( $r = -0,67$ ). Les caractères foliaires n'ont été corrélés à aucun caractère fructifère. Concernant les corrélations entre les caractères fructifères et ceux de croissance, la longueur du follicule a été négativement liée à la hauteur de l'arbre ( $r = -0,67$ ).



**4.1.8 Corrélations entre les caractères quantitatifs chez *C. reticulata* :** Comme précédemment, des corrélations entre couples de caractères ont été établies chez *C. reticulata* (Tableau 4). Au niveau des caractères fructifères, la longueur du follicule a été corrélée à sa circonférence ( $r = 0,81$ ), au nombre ( $r = 0,77$ ) et à la longueur des noix ( $r = 0,80$ ). La circonférence du follicule a évolué dans le même sens que le nombre de noix ( $r = 0,83$ ) et en sens contraire de l'augmentation de la longueur de la noix ( $r = -0,66$ ). Le nombre de noix a été corrélé à sa longueur ( $r = -0,62$ ). Pour les corrélations existants entre les caractères floraux et foliaires, le nombre de fleurs par inflorescence a augmenté en

même temps que la longueur de la feuille ( $r = 0,65$ ). Le nombre de sépales a chuté avec l'augmentation de la longueur de la feuille ( $r = -0,54$ ) et de l'indice de surface foliaire ( $r = -0,61$ ). Des liens ont existé également entre les caractères floraux et fructifères. Ainsi, le nombre de sépales a diminué avec l'augmentation de la longueur du follicule ( $r = -0,55$ ), et a évolué dans le même sens que la longueur de la noix ( $r = 0,59$ ) et son épaisseur ( $r = 0,69$ ). Le nombre de carpelles a été lié à la longueur du follicule ( $r = 0,57$ ) et au nombre de noix ( $r = 0,64$ ). Par ailleurs, la largeur de la noix a été liée à longueur de la feuille ( $r = -0,53$ ) et à l'indice de forme foliaire ( $r = 0,58$ ).



**Tableau 2 :** Matrice de corrélations linéaires de Pearson pour les caractères quantitatifs chez *C. nitida*

	Lofe	Lafe	Lopet	Surf	Form	Loped	Noflr	Loflr	Nosep	Nocarp	Lofr	Circ	NoGr	EpCor	LoGr	LgGr	EpGr	Diam	
Lafe	0,82**	1,00																	
Lopet	0,77**	0,71**	1,00																
Surf	0,91**	0,98**	0,75**	1,00															
Form	0,52*	0,91**	0,51*	0,82**	1,00														
Loped	-0,16	0,25	-0,12	0,14	0,48*	1,00													
Noflr	0,27	0,42	0,26	0,41	0,42	-0,07	1,00												
Loflr	-0,08	-0,21	0,05	-0,16	-0,27	0,34	-0,42	1,00											
Nosep	-0,24	-0,01	-0,14	-0,09	0,16	0,42	-0,09	0,27	1,00										
Nocarp	0,03	-0,11	-0,05	-0,07	-0,19	-0,46*	0,11	-0,23	-0,24	1,00									
Lofr	-0,23	-0,41	-0,20	-0,39	-0,44	-0,16	-0,43	0,35	0,33	0,01	1,00								
Circ	0,18	-0,01	0,02	0,04	-0,13	-0,42	0,19	-0,17	0,04	0,03	0,64**	1,00							
NoGr	0,24	0,02	0,33	0,09	-0,14	-0,53*	0,26	-0,14	-0,00	-0,01	0,30	0,68**	1,00						
EpCor	-0,02	0,22	0,00	0,15	0,355	0,48*	-0,46*	0,14	0,18	-0,11	-0,09	-0,45*	-	1,00					
LoGr	0,24	0,21	0,06	0,24	0,15	-0,33	0,64**	-	-0,22	0,09	-0,28	0,29	0,29	-0,55*	1,00				
LgGr	0,61**	0,35	0,46*	0,46*	0,09	-0,45*	0,47*	-0,24	-0,52*	-0,01	-0,38	0,14	0,30	-0,43	0,74**	1,00			
EpGr	0,21	-0,08	0,25	-0,00	-0,24	-0,62**	-0,22	-0,09	-0,42	0,11	-0,07	0,09	0,22	-0,12	0,04	0,35	1,00		
Diam	-0,22	-0,51*	-0,26	-0,46*	-	-0,63**	-0,39	-0,01	-0,01	0,21	0,48*	0,31	0,30	-0,27	-0,05	-0,08	0,37	1,00	
Haut	-0,12	-0,38	-0,13	-0,33	-0,46*	0,57**	-0,64**	-0,25	-0,05	0,06	0,2	0,39	0,34	0,36	-0,32	0,05	0,04	0,44	0,94**

\*\* Corrélation significative au niveau 0,01 (bilatéral) ; \* Corrélation significative au niveau 0,05 (bilatéral).



**Tableau 3:** Matrice de corrélations linéaires de Pearson pour les caractères quantitatifs chez *C. cordifolia*

	Lofe	Lafe	Lopet	Surf	Form	Loped	Noflr	Loflr	Nosep	Nocarp	Lofr	Circ	NoGr	EpCor	LoGr	LgGr	EpGr	Diam	
Lafe	0,75**	1,00																	
Lopet	0,77**	0,72**	1,00																
Surf	0,92**	0,94**	0,76**	1,00															
Form	-0,29	0,41	-0,02	0,09	1,00														
Loped	-0,74**	-0,63*	-0,68*	-0,71*	0,13	1,00													
Noflr	-0,28	0,05	-0,04	-0,13	0,42	0,22	1,00												
Loflr	0,51	0,61*	0,39	0,58*	0,18	-0,41	0,15	1,00											
Nosep	-0,32	0,15	0,09	-0,09	0,60*	0,06	0,71**	0,08	1,00										
Nocarp	-0,02	0,04	0,16	0,01	0,08	-0,25	-0,59*	-0,16	0,17	1,00									
Lofr	-0,03	0,14	0,08	0,05	0,27	-0,10	0,09	0,48	-0,08	-0,19	1,00								
Circ	-0,13	0,07	0,15	-0,03	0,30	0,23	0,23	0,34	0,21	-0,05	0,72**	1,00							
NoGr	0,09	0,19	0,35	0,10	0,18	-0,20	-0,11	0,09	0,04	0,24	-0,07	-0,17	1,00						
EpCor	-0,08	-0,24	0,00	-0,21	-0,23	-0,27	-0,23	-0,11	-0,19	0,16	-0,13	-0,49	0,61*	1,00					
LoGr	-0,21	-0,49	-0,38	-0,37	-0,42	0,15	0,02	-0,00	-0,19	-0,22	0,37	0,38	-0,67*	-0,15	1,00				
LgGr	-0,26	-0,39	-0,24	-0,36	-0,23	0,03	0,42	0,12	0,35	-0,18	0,27	0,31	-0,47	-0,16	0,75**	1,00			
EpGr	-0,22	-0,34	-0,25	-0,31	-0,24	0,07	0,49	-0,00	0,36	-0,26	0,06	0,22	-0,67*	-0,32	0,71**	0,89**	1,00		
Diam	0,34	0,17	0,08	0,30	-0,21	0,01	-0,53	-0,06	-0,32	0,28	-0,49	-0,39	0,26	-0,01	-0,41	-0,46	-0,57	1,00	
Haut	0,20	0,03	0,13	0,12	-0,22	0,03	-0,56	-0,28	-0,20	0,51	-0,67*	-0,43	0,47	0,17	-0,52	-0,53	-0,57	0,86**	1,00

\*\* Corrélation significative au niveau 0,01 (bilatéral) ; \* Corrélation significative au niveau 0,05 (bilatéral).



**Tableau 4.** Matrice de corrélations linéaires de Pearson pour les caractères quantitatifs chez *C. reticulata*

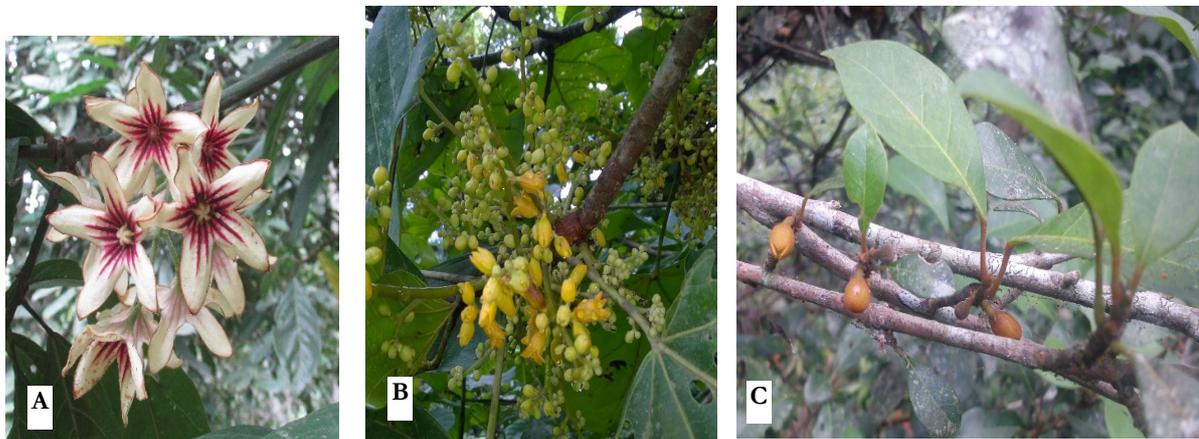
	Lofe	Lafe	Lopet	Surf	Form	Loped	Noflr	Loflr	Nosep	Nocarp	Lofr	Circ	NoGr	EpCor	LoGr	LgGr	EpGr	Diam
Lofe	1,00																	
Lafe	0,43	1,00																
Lopet	0,52*	0,67**	1,00															
Surf	0,79**	0,88**	0,72**	1,00														
Form	-0,47	0,59*	0,18	0,15	1,00													
Loped	-0,26	0,13	-0,35	-0,04	0,35	1,00												
Noflr	0,65**	0,25	0,31	0,45	-0,32	-0,08	1,00											
Loflr	-0,06	-0,27	-0,11	-0,21	-0,25	0,12	0,37	1,00										
Nosep	-0,54*	-0,50	-0,21	-	-0,01	-0,04	-0,24	0,47	1,00									
Nocarp	0,19	0,24	0,02	0,28	0,01	0,45	-0,12	-0,2	-0,29	1,00								
Lofr	0,49	0,39	0,46	0,51	-0,09	0,12	0,21	-0,09	-0,55*	0,57*	1,00							
Circ	0,32	0,23	0,41	0,31	-0,07	-0,06	0,15	-0,12	-0,47	0,35	0,81**	1,00						
NoGr	0,23	0,11	0,31	0,20	-0,13	-0,05	0,03	-0,05	-0,37	0,64**	0,77**	0,83**	1,00					
EpCor	0,13	0,40	-0,06	0,34	0,23	0,38	0,11	0,03	-0,02	0,28	0,05	-0,41	-0,26	1,00				
LoGr	-0,46	-0,17	-0,33	-0,37	0,27	-0,14	-0,33	-0,08	0,59*	-0,30	-	-	-0,62*	0,06	1,00			
LgGr	-0,53*	0,13	0,23	-0,18	0,58*	-0,16	-0,17	-0,09	0,16	-0,22	0,80**	0,66**	-0,01	0,04	0,18	1,00		
EpGr	-0,49	-0,05	0,08	-0,29	0,40	-0,03	-0,05	0,27	0,69**	-0,28	-0,45	-0,15	-0,16	-0,13	0,49*	0,36	1,00	
Diam	-0,26	0,24	-0,07	0,02	0,47	0,28	0,02	0,04	-0,15	-0,22	0,00	0	-0,14	0,19	-0,14	0,32	0,11	1,00
Haut	-0,20	-0,04	-0,08	-0,15	0,17	-0,26	0,03	-0,18	-0,26	-0,42	-0,01	0,13	-0,04	-0,23	-0,07	0,48	-0,08	0,70**

\*\* Corrélacion significative au niveau 0,01 (bilatéral) ;

\* Corrélacion significative au niveau 0,05 (bilatéral).

**4.1.9 Caractères qualitatifs déterminants des trois espèces :** Les trois espèces ont présenté des caractères qualitatifs très contrastés (Figure 3). Les fleurs ont été de couleur jaune chez *C. cordifolia*, jaune pâle chez *C. nitida* et jaune ocre chez *C. reticulata*. Du point de vue de l'architecture, chez *C. nitida* et *C. cordifolia*, il a été observé un port érigé alors que celui de *C. reticulata* a été buissonnant. Les feuilles de *C. nitida* ont eu une bordure continue, tandis que celles de *C. cordifolia* est ondulée. *C. reticulata* et *C. cordifolia*, ont présenté des modes de déhiscence des follicules similaires. Les follicules de ces deux espèces ont affiché un caractère indéhiscent

contrairement à *C. nitida* dont les follicules ont été ouverts à maturité. Des follicules lisses de couleur rouge à maturité, ont été observés chez *C. reticulata* et *C. cordifolia*, tandis que chez *C. nitida*, ils ont été rugueux de couleur verte (Figure 4). Le follicule a eu une forme ovoïde chez *C. nitida* et *C. reticulata*, alors que celui de *C. cordifolia* a été rond. Le tégument est resté blanc chez les trois espèces, mais, *C. nitida* a présenté parfois une coloration violette ou jaune du tégument (Figure 5). Les espèces sauvages ont affiché une tendance à la tolérance aux aléas (balai de sorcière et insectes) que l'espèce cultivée.



**Figure 3 :** Inflorescences des trois espèces de colatier. (A) *Cola nitida*, (B) *Cola cordifolia*, (C) *Cola reticulata*



**Figure 4 :** Variabilité morphologique des follicules chez trois espèces de colatier. (A) *C. nitida*, (B) *C. cordifolia*, (C) *C. reticulata*



**Figure 5 :** Variabilité de la coloration du tégument chez *Cola nitida*. (A) jaune, (B) violet, (C) blanc

#### 4.1.9 Structure des caractères et des espèces par l'analyse en composantes principales :

L'analyse de la matrice des poids factoriels après rotation des axes a permis d'extraire deux composantes, qui ont expliqué 91,58 % de la variabilité totale. L'axe F1, a exprimé 55,99 % de l'information et l'axe F2, 35,59 %. Seize (16) variables ont contribué à la formation de l'axe F1. Les variables et les individus ont été représentés dans le plan 1-2 de l'ACP (Figure 6). Les variables corrélées à l'axe F1 ont été : les dimensions du follicule (Lofr et Circ) et de la noix (LoGr, LgGr et EpGr), la longueur de la fleur (Loflr), l'épaisseur du cortex (EpCor), les nombres de noix par follicule (NoGr), de carpelles (Nocarp), la longueur du pédoncule (Loped), la sensibilité au balai de sorcière (Balai) et aux insectes (Sens), le mode de déhiscence (déhiscence), la coloration (CoFr) et l'aspect (Asp) du follicule et l'indice de forme foliaire (Form). Douze (12) variables ont contribué à la formation de l'axe F2. Ce sont : les dimensions de la feuille (Lofe, Lafe, Lopet et

Surf), le nombre de sépales (Nosep), le nombre de fleurs par inflorescences (Noflr), la forme de la bordure de la feuille (Bord), la forme du follicule (FormFr), la hauteur (Haut), le diamètre (Diam) et le port de l'arbre (Port), la forme du follicule (FormFr) et la couleur des fleurs (Coflr). Sur la figure 5, les positions des trois espèces étudiées ont été bien tranchées et en correspondance avec les caractères spécifiques. Ainsi, l'espèce *C. nitida*, représentée dans la partie négative de l'axe F1 s'est caractérisée par des organes reproducteurs et des follicules bien développés. Cependant, cette espèce ne montre pas de tolérance aux aléas d'une part, et de follicules indéhiscents d'autre part. L'espèce *C. cordifolia*, représentée dans la partie négative de l'axe F2 s'est distingué par des organes végétatifs (feuilles) bien développés et un nombre important de fleurs par inflorescence. Quant à l'espèce *C. reticulata* qui a été représentée dans la partie positive de l'axe F2, elle a été représentée par son port, la couleur des fleurs et la forme des follicules.

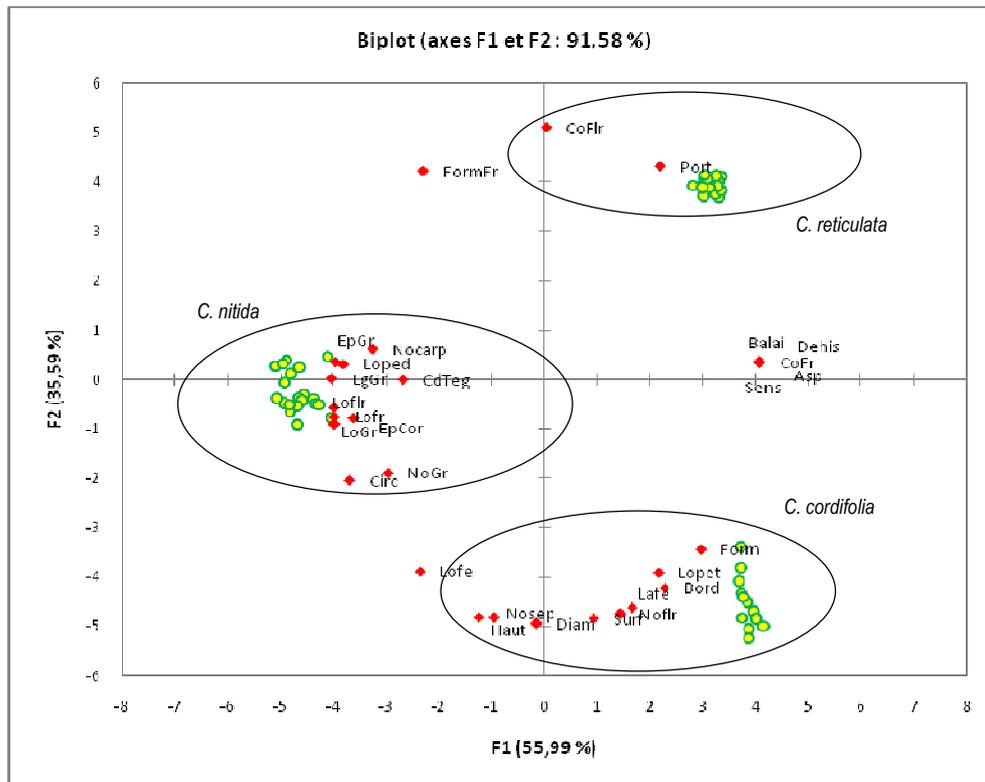


Figure 6 : Relations entre les espèces et les caractères selon l'analyse en composantes principales

## 5 DISCUSSION

Cette étude a permis de mettre en évidence l'existence d'une importante variabilité au sein des trois espèces, et d'identifier les caractères qui les distinguent. L'analyse des caractères d'intérêts agronomiques est très essentielle en sélection variétale. Tous les caractères évalués se sont montré discriminants. Des résultats similaires ont été obtenus par Morakinyo et Olorode (1984) qui ont montré que, des caractères foliaires comme la longueur de la feuille et du pétiole permettaient une distinction claire entre *C. nitida*, *C. acuminata* et leurs hybrides F1 (*C. nitida* x *C. acuminata*). De même, des travaux ont indiqué que des caractéristiques des follicules telles la longueur, l'aspect, la forme et la couleur permettaient de distinguer des espèces de colatiers (*C. pacycarpa*, *C. lepidota* et *C. lateritia*), communément appelées colas de singe (Ogbu et Umeokechukwu, 2014). Le nombre de carpelles qui a été plus élevé chez *C. nitida*, a été homogène entre les deux espèces sauvages (*C. cordifolia* et *C. reticulata*). Les études antérieures réalisées par Adebola et Morakinyo

(2006), ont indiqué que certains caractères floraux restaient constants chez plusieurs espèces du genre *Cola*, dont *C. nitida*, *C. acuminata*, *C. verticillata*, *C. millenii*, *C. ballayi*, *C. gigantea* et *C. lateritia*. *Cola cordifolia* a eu les inflorescences les plus fournies en fleurs. Cette situation serait d'un intérêt agronomique si toutes ces fleurs étaient pollinisées. Cette étude a également montré que les caractères foliaires étaient corrélés entre eux ; il en a été de même pour les caractères de fructification et de croissance. Par contre, les caractères floraux ont été très peu corrélés entre eux. Cette situation est ressortie dans l'analyse en composantes principales, montrant ainsi la nature spécifique des caractères foliaires, fructifères et de croissance et la tendance atypique des caractères floraux. En effet, les variables qui ont construit l'axe F1, ont été essentiellement des caractères de la floraison, de la fructification, faisant de lui l'axe de la production. Par contre, celles qui ont contribué à la formation de l'axe F2, ont été essentiellement des caractères des feuilles, des



nombres de fleurs et de la croissance de l'arbre, faisant de cet axe, celui de la végétation. Au niveau des liens entre les caractères foliaires, floraux et fructifères, *C. nitida* et *C. reticulata* ont montré de bonnes corrélations entre les caractères fructifères et foliaires d'une part, et d'autre part, entre les caractères fructifères et floraux. *Cola cordifolia* a présenté quant à lui, de bonnes corrélations entre les caractères foliaires et floraux. Ces liens entre les caractères de production et les caractères végétatifs peuvent permettre de créer des modèles prédictions. Des corrélations similaires ont été établies chez trois espèces de colatiers (*C. nitida*, *C. acuminata* et *Garcinia kola*) au Bénin par Durand *et al.* (2016). Parmi ces trois espèces étudiées, les follicules de *C. nitida* ont été les plus volumineux. Compte tenu de la bonne corrélation entre le nombre de noix et la taille du follicule, ce caractère pourrait être privilégié dans les croisements en vue d'un bon rendement chez cette espèce, comme cela a été démontré par Adebola *et al.* (2002). *Cola nitida* a développé le cortex le plus épais et s'est montré sensible aux attaques des insectes (*Balanogastriis kolae*). Par contre, selon Bekele *et al.* (2001) le cortex épais devrait constituer une barrière contre ces attaques. Le caractère déhiscent des follicules chez cette espèce, l'exposerait à ces aléas. L'étude a également révélé que les espèces sauvages ont été tolérantes aux balais de sorcière et aux

insectes. Ceci pourrait être lié au caractère indéhiscent des follicules. En ce qui concerne la maladie de « balai de sorcière », les causes restent inconnues à ce jour chez le colatier. Chez le cacaoyer (plante de la même famille que le colatier) la maladie est due au champignon *Crinipellis perniciososa* (Aime et Phillips-Mora, 2005). La tolérance de *C. cordifolia* et de *C. reticulata*, pourrait avoir une origine génétique, biochimique ou même physiologique. Cette tolérance peut se manifester, par la répression des chitinases qui affecte la croissance du mycélium chez le champignon responsable, comme cela a été démontré chez le cacaoyer par Micheli (2010). Ces liens entre les caractères chez les espèces étudiées, suggèrent des rapprochements qui pourraient être exploités pour améliorer le colatier. De plus, chez les espèces sauvages, des caractères d'intérêts agronomiques comme la tolérance aux aléas, l'indéhiscence des follicules, le port buissonnant et la petite taille, pourraient également être exploités dans les programmes d'amélioration du colatier. Ainsi, des hybrides interspécifiques *C. nitida* X *C. reticulata* et *C. nitida* X *C. cordifolia* pourraient être créés, comme cela a été fait chez le caféier entre *Coffea arabica* et *Coffea canephora* (Capot, 1972), entre *Coffea canephora* et *Coffea liberica* (Louarn, 1980) et entre *Coffea pseudozanguebariae* et *C. canephora* Pierre (Akaffou *et al.*, 2013).

## 6 CONCLUSION

Cette étude a montré que tous les caractères quantitatifs et qualitatifs, foliaires, floraux, fructifères et de croissance ont permis de discriminer les espèces étudiées. Ces espèces ont eu des caractères morphologiques très contrastés. Ainsi, l'espèce cultivée (*C. nitida*) a présenté les meilleures caractéristiques du rendement, mais aussi, la plus grande sensibilité aux insectes (charançons) et aux balais de sorcière. Les espèces sauvages *C. reticulata* et *C. cordifolia* ont montré des caractères agronomiques d'intérêt. Ces caractères ont été la tolérance aux balais de sorcière et aux insectes (*Balanogastriis*) et l'indéhiscence des follicules à maturité pour les deux espèces. Au niveau de l'architecture, le port

buissonnant et la petite taille de *C. reticulata* constitue un atout pour une récolte plus aisée et une amélioration de certains aspects de la phytotechnie du colatier, comme la densité de plantation. Les bonnes corrélations entre les caractères fructifères et foliaires et entre les caractères fructifères et floraux chez *C. nitida* et *C. reticulata* et entre les caractères foliaires et floraux chez *C. cordifolia*, suggèrent l'étude des hérédibilités de ces caractères pour l'amélioration de *C. nitida*. De tels caractères d'intérêt dont disposent ces espèces sauvages devraient être pris en compte dans les programmes d'amélioration des espèces cultivées.



## 7 REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le FIRCA (Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles) pour son appui financier, et le

CNF (Centre National de Floristique) pour l'identification taxonomique des espèces.

## 8 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adebola P.O. & Morakinyo J.A. (2006) Évaluation of morpho-agronomic variability of wild and cultivated kola (*Cola* species Schott. et Endl.) in South Western Nigeria. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 5: 687 – 694.
- Adebola P.O. (2003) Genetic characterization and biosystematics studies in the genus *Cola* Schott and Endlicher. Ph.D. Thesis, University of Ibadan (Nigeria): 203 p.
- Adebola P.O., Aliyu O.M. & Badaru K. (2002) Genetic variability in the germplasm collection of kola (*Cola nitida* [Vent] Schott and Endlicher) in south western Nigeria. *Plant Genetic Resources Newsletter*, IPGRI 32: 57 – 59.
- Adenuga O.O., Mapayi E.F., Olasupo F.O., Olaniyi O.O. & Oyedokun A.V. (2012) Nigeria's *Cola* genetic resources: the need for renewed exploration. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 4: 177–182.
- Aime M.C. & Phillips-Mora W. (2005). The causal agents of witches broom and frosty pod rot of cacao (chocolate, *Theobroma cacao*) form a new lineage of Marasmiaceae. *Mycologia*, 97: 1012-1022.
- Akaffou D.S., Hamon P., Doubeau S., Keli J., Legnaté H., Campa C., Hamon S., De Kochko A. & Zoro-bi I.A. (2012) Inheritance and relationship between key agronomic and quality traits in an interspécifique cross between *Coffea pseudozanguebariae* Bridson and *C. canephora* Pierre. *Tree Genet Gen.* 8 (5): 1149 – 1162.
- Alverson W.S., Whitlock B.A., Nyffler R., Bayer C. & Baum D.A. (1999) Phylogeny of the core Malvales: evidence from ndhF sequence data. *American Journal of Botany*. 86: 1474-1486.
- Asogwa E.U., Anikwe J.C. & Mokwunye F.C. (2006) Kola production and utilization for economic development. *African Scientist*, 7(4) : 217 – 222.
- Bekele F. & Butler D.R. (2000) Proposed list of Cocoa descriptors for characterization. In: Eskes AB, Engels J.M.M. & Lass R.A. (eds) Working procedures for Cocoa germplasm evaluation and selection. Proceedings of the CFC/ICCO/IPGRI project workshop, 1–6 February 1998, Montpellier, France, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, pp 41–48
- Bekele F.L., Iwaro A.D. & Butler D.R. (2001) Potential value of cocoa germplasm at the International Gene Bank Trinidad (ICG, T). Proceeding of the 13<sup>th</sup> International Cocoa Research Conference, 9 – 14 October 2000, Kota Kinabalu, Malaysia.
- Bodard M. (1962) Contribution à l'étude systématique du genre *Cola nitida* en Afrique Occidentale. *Annales de la Faculté des Sciences (Dakar)*, 7, p.17 – 24.
- Capot J. (1972) L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire. Les hybrides « Arabusta ». *Café Cacao Thé*, 16(1) : 3 – 18
- Durand D.N., Adoukonou S.H., Nafan D., Adjanohoun A., Noumavo P.A, Sina H., Daouda B.O. & Baba-Moussa L. (2016) Morpho-agronomic variability of three kola trees accessions [*Cola nitida* (Vent.) Schott et Endl., *Cola acuminata* (P. Beauv.) Schott et Endl., and *Garcinia kola* Heckel] from Southern Benin. *Genetic Resources Crop Evolution*. DOI 10.1007/s10722-015-0362-z. 19 p.
- Dublin P. (1965) Le colatier (*C. nitida*) en République Centrafricaine – culture et amélioration. Troisième partie. *Café, Cacao, Thé*, 9(4) : 294 – 306.



- IPGRI (1995) Descriptor for avocado (*Persea* spp). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. ISBN 92-9043-220-9
- Louam J. (1980) Hybrides interspécifiques entre *Coffea canephora* Pierre et *C. liberica* Bull. ex Hiern : Résultats préliminaires sur les hybrides F1. *Café Cacao Thé*, 24(4) : 297 – 304
- Micheli F. (2010) Study of the *Theobroma cacao*-*Moniliophthora perniciosa* interaction. Thèse de doctorat, Université de Paris Sud, Paris XI, 86 p.
- Nyadanu D., Aboagye L.M., Akromah R., Osei M.K. & Dordoe M.B. (2014) Agromorphological characterisation of *Gboma* eggplant, an indigenous fruit and leafy vegetable in Ghana. *African Crop Science Journal*, 22(4): 281 – 289.
- Ogbu J.U. & Umeokechukwu C.E. (2014) Aspects of fruit biology of three wild edible monkey kola species fruits (*Cola* spp : Malvaceae). *Annual Research & Review in Biology*, 4(12): 2007 – 2014
- Sié R.S., N'goran J.A.K., Montagnon C. & Mondeil F. (2004) Déterminisme génétique et analyse des linkages d'isozymes du colatier *Cola nitida* (Vent.) Schott et Endlicher. *Sciences et Nature*, 1 : 9 – 23.
- Sié R.S., N'goran J.A.K., Montagnon C., Akaffou D.S., Cilas C. & Mondeil F. (2005) Assessing genetic diversity in collection of kola trees (*Cola nitida* (Vent.) Schott and Endl.) using enzymatic markers. *Plant Genetic Resources Newsletter*. 143 : 59 – 64.
- Sié R.S., N'Goran J.A.K., Montagnon C., Akaffou D.S., Cilas C., Dagou S., Mondeil F., Charles G. & Branchard M. (2009) Characterization and evaluation of two genetic groups and value of intergroup hybrids of *Cola nitida* (Vent.) Schott and Endlicher. *Euphytica*, 167: 107-112.
- Whitlock B.A., Bayer C., Baum D.A. (2001) Phylogenetic relationships and floral evolution of the Byttnerioideae (Sterculiaceae or Malvaceae s.l.) based on sequences of the chloroplast gene, *ndhF*. *Systematic Botany* 26(2) :420–437
- Yahaya L.E., Hamzat R.A., Aroyeun S.O. & Odufuwa M.I. (2002) Production of liquid soap detergents from the pod husk of kola (*Cola nitida*). *Moor J. Agric. Res.*, 3(2): 252 – 256.