



Évaluation des performances agromorphologiques de clones de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) potentiellement haut producteurs et résistants au champ à la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire

Boguinard Sahin Honorine Brigitte GUIRAUD*, Gnion Mathias TAHI, Walet Pierre N'GUESSAN, Inago Caudou TREBISSOU, Klotioloma COULIBALY, Evelyne Maryse ASSI, Françoise GOGBE-DIBI, Acka Jacques Alain KOTAIX, Nobert N'Dri KOUAME & Kouamé François N'GUESSAN

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station de Recherche de Divo, Programme Cacao, BP 808 Divo (Côte d'Ivoire)

* Auteur correspondant : brigo2008@yahoo.fr

Submission 8th August 2024. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 31st October 2024. <https://doi.org/10.35759/JABs.201.1>

RÉSUMÉ

Description du sujet. Cet article aborde une comparative de 44 clones de cacaoyers identifiés en collection pour leurs bons potentiels de production et mis en essai de caractérisation agromorphologique.

Objectif : Cette étude vise à identifier des cacaoyers présentant de bonnes caractéristiques agromorphologiques en vue de leur introduction dans le programme d'amélioration variétale en Côte d'Ivoire.

Méthodologie et Résultats : Quarante-quatre clones cacaoyers ont été évalués au champ à l'aide de sept paramètres descriptifs des cabosses et des fèves. Les clones R15 et IFC 1059 (avec aucune fève plate) présentent les meilleurs remplissages avec respectivement 47,41 et 44,88 fèves par cabosse. L'IFC1059 a obtenu à la fois des valeurs moyennes élevées de poids d'une cabosse (0,68 kg), de nombre de fèves normales par cabosse (44,88 fèves), de poids de fèves fraîches (0,16 kg) et de poids d'une fève sèche (1,40 g). Par ailleurs, 26 clones ont présenté un très bon grainage avec en moyenne plus de 1,2g par fève sèche.

Conclusion et application des résultats : Il ressort de cette étude que les clones R15 et IFC1059 ont été remarquables pour leur bon remplissage des cabosses. Vingt-six (26) clones ont également présenté un très bon grainage. Ces résultats prometteurs constituent un indicateur pour le sélectionneur dans le choix des génotypes à utiliser comme géniteurs dans le cadre de l'amélioration du cacaoyer pour certains caractères d'intérêts agronomiques. Ces génotypes pourront également être utilisés pour la mise en place de champs semenciers ou de parcs à bois dans la perspective de la diffusion du matériel sous forme hybride ou clonal. Enfin, ces résultats obtenus constituent ainsi une solution pour amélioration de la productivité des cacaoyers en Côte d'Ivoire.

Mots clés. Caractérisation, agromorphologique, cacaoyer, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Description of the subject: This article deals with a comparison of 44 cocoa clones identified in the collection for their good production potential and put into agromorphological characterization test.

Objective: This study aims to identify cocoa trees with good agro-morphological characteristics with a view to their introduction into the varietal improvement program in Côte d'Ivoire.

Methodology and Results: Forty-four cocoa clones were evaluated in the field using seven descriptive parameters of pods and beans. Clones R15 and IFC 1059 (with no flat beans) have the best fillings with respectively 47.41 and 44.88 beans per pod. IFC1059 obtained high average values of pod weight (0.68 kg), number of normal beans per pod (44.88 beans), fresh bean weight (0.16 kg) and dry bean weight (1.40 g). In addition, 26 clones showed very good graining with an average of more than 1.2 g per dry bean.

Conclusion and application of results: This study shows that clones R15 and IFC1059 were remarkable for their good pod filling. Twenty-six (26) clones also showed very good graining. These promising results constitute an indicator for the breeder in the choice of genotypes to use as parents in the context of cocoa improvement for certain traits of agronomic interest. These genotypes can also be used for the establishment of seed or budwoods gardens with a view to disseminating hybrid or clonal material. Finally, these results obtained thus constitute a solution for improving the productivity of cocoa trees in Côte d'Ivoire.

Keys Words. Characterization, agromorphological, cacao tree, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, le secteur cacao contribue à 15 % du Produit Intérieur Brut (PIB) et 44 % des recettes d'exportation. La cacaoculture constitue ainsi la principale source de revenus pour plus de 60 % de la population active (ICCO, 2014). Malgré ces impressionnantes performances la culture du cacao fait face à de nombreuses contraintes de production qui pourraient affecter sa durabilité. Il s'agit entre autres, du vieillissement du verger (Assiri *et al.*, 2009; Koua *et al.*, 2018), de la forte pression parasitaire (Kouamé *et al.*, 2014) et du faible niveau d'utilisation du matériel végétal amélioré (Koua *et al.*, 2018). Dans le but d'améliorer la productivité des vergers ivoiriens, le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) dispose d'un programme d'amélioration variétale du cacaoyer qui a permis de fournir depuis 1975, plusieurs variétés de cacaoyers productifs et résistants à la pourriture brune des cabosses. La majorité des clones qui ont constitué la base de ce programme d'amélioration sont plantés au sein de la principale collection de

cacaoyers du CNRA. Cette collection, riche de plus de 1000 clones, constitue donc une base pour la création variétale et pour la mise à disposition de matériel végétal sélectionné. Par ailleurs, les travaux de Guiraud (2019) et Guiraud *et al.* (2021), basés sur la caractérisation agro-morphologique de 504 clones de la principale collection du CNRA, ont mis en évidence 50 clones potentiellement hauts producteurs et résistants au champ à la pourriture brune des cabosses. Ces 50 clones ont été installés au sein d'un essai de caractérisation avec un dispositif approprié en vue de confirmer leurs performances agronomiques. Ce travail vise à confirmer les performances agronomiques de ces clones sélectionnés préalablement en collection. Spécifiquement, il s'agira d'identifier parmi les clones potentiellement hauts producteurs et résistants au champ à la pourriture brune issus de la principale collection du CNRA, les meilleurs pour les caractères d'intérêts agronomiques.

MATERIEL ET METHODS

Matériel végétal : Le matériel végétal étudié est composé de 44 clones potentiellement hauts producteurs et résistants au champ à la pourriture brune des cabosses. Ces clones reproduits par la technique de greffage en

écusson, ont été mis en essais sur un site de 0,48 ha à la Station de Recherche du CNRA de Divo. Le **tableau 1** présente les codes et les noms des clones étudiés.

Tableau 1 : Liste des 44 clones de cacaoyer potentiellement hauts producteurs

Numéros	Codes	Noms	Type de matériel végétal	Origines
1	C1	IFC1058	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
2	C2	IFC1028	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
3	C3	IFC1027	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
4	C4	IFC1041	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
5	C5	IFC1026	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
6	C6	GU343/F	Clone Guiana	Guyane
7	C7	CC39	Hybride cloné	Costa Rica
8	C8	DLM2	Hybride cloné	Congo
9	C9	IFC1035	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
10	C10	IFC1201	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
11	C11	IFC698	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
12	C12	IFC16	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
13	C13	SF 151	Clone Amelonado	Côte d'Ivoire
14	C15	IFC1038	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
15	C16	IFC1025	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
16	C17	IFC1210	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
17	C18	IFC1209	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
18	C19	SF 143	Clone Amelonado	Côte d'Ivoire
19	C20	IFC1060	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
20	C22	IFC1208	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
21	C23	R15	Clone	Côte d'Ivoire
22	C24	IFC1059	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
23	C26	IFC1062	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
24	C27	GU343/K	Guiana	Côte d'Ivoire
25	C28	IFC1048	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
26	C29	ACU85	Clone Trinitario	Ghana
27	C30	DLE31	Hybride cloné	Congo
28	C31	IFC705	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
29	C32	CF62	Clone	Côte d'Ivoire
30	C34	SPEC 160-9	Clone	Colombie
	334			
31	C35	IFC682	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
32	C36	GU342/G	Guiana	Guyane
33	C37	IFC1029	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
34	C38	SF 73	Clone Amelonado	Côte d'Ivoire
35	C39	UPA705	Hybride cloné	Côte d'Ivoire

36	C40	IFC6	Clone Trinitario	Côte d'Ivoire
37	C42	IFC679	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
38	C43	SF 73	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
39	C44	IFC1037	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
40	C45	IFC1202	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
41	C46	PA150	Clone Haut amazoniens	Côte d'Ivoire
42	C47	IFC1044	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
43	C49	P4/9	Hybride cloné	Côte d'Ivoire
44	C50	IFC1039	Hybride cloné	Côte d'Ivoire

Méthodes

Dispositif expérimental : L'essai de caractérisation agro-morphologique de 50 clones potentiellement haut producteurs a été mis en place en Juin 2017. Il a été installé suivant un dispositif en bloc aléatoire complet avec deux répétitions. La parcelle s'étend sur une superficie de 0,48 ha suivant un écartement de 3 m x 2,5 m, c'est à dire 3 m entre les lignes et 2,5 m entre les arbres sur la même ligne, soit une densité de 1320 pieds/ha. Chaque bloc est constitué de 27 lignes dont 25 lignes utiles et 2 lignes de bordure. Chaque ligne renferme 2 clones de 5 arbres, soit 250 arbres utiles par bloc. En raison de la disponibilité des cabosses sur les arbres, seulement 44 clones sur les 50 ont été évalués au cours de ce travail.

Collecte de données : Les données ont porté essentiellement sur des caractères agromorphologiques liés aux cabosses et aux fèves (**Tableau 2**). Les données ont été collectées au cours de trois (3) années successives (2020, 2021 et 2022). Les paramètres mesurés pied par pied au cours de ces années sont :

- **Caractères liés aux cabosses :**
 - le poids d'une cabosse (**PC**),
 - le volume de la cabosse conformément à la formule établie par Waters et Hunter (1928) pour les cacaoyers : $= L. (\pi. D) 2 / 22$

- l'épaisseur du cortex (**EC**) de la cabosse,

➤ **Caractères liés aux fèves**

- le nombre de fèves fraîches normales par cabosse (**NFN**)
- le nombre de fèves fraîches plates par cabosse (**NFP**)
- le poids des fèves fraîches normales par cabosse (**PFN**).
- le poids d'une fève sèche (**P1FS**)

L'obtention des fèves sèches a nécessité une préparation préalable pour l'obtention du cacao marchand. L'opération a consisté à utiliser un échantillon de fèves fraîches issues des cabosses saines et mûres de chaque clone et à les placer dans des tissus ajourés soigneusement étiquetés avant leur mise en fermentation dans des bacs conçus à cet effet. La fermentation a duré huit jours. Durant les huit jours, les fèves ont été retournées chaque 2 jours et au 8^e jour, le processus de fermentation a été arrêté, et les lots de fèves fermentées de chaque échantillon représentant chaque clone ont été placés au soleil sur des claies pour le séchage. Cette dernière étape a duré environ sept à huit jours selon le degré d'ensoleillement. Après le séchage, les fèves de cacao marchand ont été transportées au laboratoire où, un échantillon de 100 fèves de cacao marchand par clone a été pesé individuellement à l'aide d'une balance de précision.

Tableau 2 : Paramètres agro-technologiques mesurés sur 44 clones potentiellement haut producteurs et résistants au champ à la pourriture brune des cabosses

Paramètres	Mesures	Codes (unités)	Description et type d'observation
Paramètres relatifs aux cabosses	Poids moyen d'une cabosse	PC (g)	Paramètre mesuré sur 15 cabosses par arbre et 5 arbres par clone
	Volume moyen d'une cabosse	VOLC (cm ³)	Déterminé par la formule : $V = L \cdot (\pi \cdot D)^2 / 22$ (Tahi <i>et al.</i> , 2017). Paramètre mesuré sur 15 cabosses par arbre et 5 arbres par clone. L : longueur d'une cabosse ; D : Diamètre d'une cabosse
	Épaisseur moyen du cortex par cabosse	EC (cm)	Paramètre mesuré sur 15 cabosses par arbre et 5 arbres par clone
Paramètres relatifs aux fèves	Nombre de fèves normales par cabosse (A)	NFN (unité)	Paramètre mesuré sur 15 cabosses par arbre et 5 arbres par clone. Une fève normale se définit comme étant une fève charnue qui n'est pas vidée de son contenu. C'est-à-dire que l'ovule a correctement été fécondé
	Nombre moyen de fèves plates par cabosse (A)	NFP	Paramètre mesuré sur 15 cabosses par arbre et 5 arbres par clone
	Poids moyen des fèves normales par cabosse (A)	PFN (g)	Paramètre mesuré sur 15 cabosses par arbre et 5 arbres par clone
	Poids moyen d'une fève normale (A)	PIFS(g)	Paramètre mesuré sur 15 fèves par cabosse, 15 cabosses et 5 arbres par clone

Analyses statistiques : Les clones ont été comparés par une analyse de la variance (ANOVA) à un critère de classification, avec un seuil $P = 0,05$ et par analyse post ANOVA.

Toute ANOVA significative au seuil de 0,05 a été suivi du test de Newman-Keuls (SNK) pour classer les clones en fonction du paramètre étudié.

RÉSULTATS

Quarante-quatre (44) clones potentiellement hauts producteurs et résistants au champ à la pourriture brune des cabosses mis en essai de confirmation à la Station du CNRA de Divo ont été évalués pour les caractères agromorphologiques.

Évaluation des caractères liés aux cabosses des 44 clones de cacaoyer : Le tableau 3 présente la comparaison des 44 clones en fonction des caractères « poids d'une cabosse (PC) », « volume de la cabosse (VOLC) » et

« épaisseur de cortex (EC) d'une cabosse ». L'analyse du tableau indique un effet clone très hautement significatif ($P < 0,0001$) sur chacun des trois caractères agromorphologiques étudiés. Le clone C13 (SF 151) a produit les cabosses les plus lourdes avec une moyenne de 0,70 kg. Il est suivi par les clones C24 (IFC 1059) et C27 (GU343/K) avec les valeurs respectives de 0,68 kg et 0,64 kg. Quant au clone C12 (IFC16), il a obtenu le plus faible poids de

cabosse avec une valeur de 0,33 Kg. Le volume moyen d'une cabosse (VOLC) a varié de 679,43 cm³ à 368,88 cm³ avec une moyenne générale de 520,58 cm³ et un CV de 21,36 %. Le clone C13 a également présenté les cabosses les plus volumineuses. Il est suivi des clones C49 (671,33 cm³) et C27 (666,37 cm³). Le clone C3 (IFC1027) a présenté les cabosses les plus petites. S'agissant de l'épaisseur du cortex d'une cabosse (EC), la moyenne générale des 44

clones a été de 1,49 cm pour un CV de 13,5 %. Les clones C27 (ACU85) et C49 (P4/9) ont présenté l'épaisseur du cortex la plus élevée avec 1,97 cm. Ils sont suivis dans le classement par le clone C7 (CC39) qui a obtenu une moyenne de 1,82 cm. Les clones C5 (IFC 1026) et C12 (IFC 16), avec des valeurs moyennes respectives de 1,09 cm et 1,14 cm, ont présenté les plus faibles épaisseurs de cabosse.

Tableau 2 : Comparaison de 44 clones de cacaoyer pour trois caractères agromorphologiques liés aux cabosses

Clones	PC (Kg)	VOLC (cm ³)	EC (cm)
C13	0,70±0,07^a	679,43±63,78^a	1,78±0,24 ^{bc}
C24	0,68±0,14^a	642,32±128,86 ^{abcde}	1,53±0,15 ^{efghijk}
C27	0,64±0,13 ^{abc}	666,37±151,63 ^{abc}	1,97±0,25^a
C31	0,64±0,10 ^{ab}	657,36±104,91 ^{abcd}	1,69±0,20 ^{bcdef}
C49	0,63±0,14 ^{abc}	671,32±146,18 ^{ab}	1,97±0,22^a
C7	0,59±0,13 ^{bcd}	604,89±141,28 ^{abcdefg}	1,82±0,23 ^b
C10	0,58±0,13 ^{bcd}	655,90±144,85 ^{abcd}	1,38±0,16 ^{ijklmno}
C18	0,58±0,12 ^{bcd}	648,98±140,12 ^{abcd}	1,63±0,31 ^{bcdefg}
C23	0,57±0,12 ^{bcd}	604,17±112,20 ^{abcdefg}	1,60±0,20 ^{cdefghi}
C20	0,57±0,10 ^{bcdef}	578,93±118,62 ^{abcdefgh}	1,50±0,19 ^{fghijkl}
C39	0,56±0,12 ^{bcdefg}	577,96±115,75 ^{abcdefgh}	1,62±0,20 ^{bcdefgh}
C6	0,56±0,08 ^{bcdefg}	577,23±99,68 ^{abcdefgh}	1,68±0,25 ^{bcdef}
C40	0,55±0,09 ^{bcdefgh}	621,24±102,58 ^{abcdef}	1,66±0,24 ^{bcdef}
C32	0,54±0,11 ^{bcdefghi}	547,90±109,73 ^{cdefghijk}	1,57±0,19 ^{cdefghij}
C8	0,54±0,08 ^{bcdefghij}	602,54±97,17 ^{abcdefg}	1,65±0,15 ^{bcdef}
C26	0,53±0,10 ^{cdefghij}	541,67±114,86 ^{defghijk}	1,58±0,26 ^{cdefghij}
C34	0,52±0,13 ^{defghijk}	564,26±140,94 ^{abcdefghi}	1,74±0,23 ^{bcd}
C2	0,52±0,07 ^{defghijk}	500,28±79,50 ^{fghijklm}	1,57±0,17 ^{cdefghij}
C35	0,50±0,13 ^{defghijkl}	556,28±139,44 ^{bcdefghij}	1,37±0,22 ^{ijklmno}
C44	0,50±0,08 ^{defghijkl}	556,33±106,54 ^{bcdefghij}	1,76±0,13 ^{bcd}
C1	0,49±0,11 ^{defghijklm}	488,51±106,81 ^{ghijklm}	1,43±0,21 ^{ghijklm}
C9	0,49±0,09 ^{defghijkl}	489,51±85,35 ^{ghijklm}	1,58±0,18 ^{cdefghij}
C29	0,48±0,10 ^{defghijklm}	434,72±151,04 ^{ijklmn}	1,77±0,25 ^{bcd}
C36	0,47±0,10 ^{efghijklm}	519,71±124,63 ^{fghijkl}	1,76±0,21 ^{bcd}
C38	0,47±0,09 ^{ef}	530,12±91,44 ^{efghijk}	1,38±0,14 ^{ijklmn}
C11	0,46±0,10 ^{fghijklm}	504,60±124,35 ^{fghijklm}	1,28±0,12 ^{mnop}
C19	0,46±0,07 ^{ghijklm}	469,11±75,62 ^{hijklmn}	1,38±0,22 ^{ijklmno}
C42	0,45±0,09 ^{hijklmn}	515,37±160,18 ^{fghijkl}	1,50±0,13 ^{fghijkl}
C47	0,45±0,09 ^{hijklmn}	469,97±118,40 ^{hijklmn}	1,40±0,15 ^{ijklmn}
C30	0,44±0,09 ^{hijklmn}	461,53±94,84 ^{hijklmn}	1,56±0,15 ^{defghij}

C46	0,44±0,09 ^{hijklmn}	577,39±120,46 ^{abcdefg}	1,50±0,15 ^{fghijkl}
C4	0,44±0,08 ^{hijklmn}	483,88±76,61 ^{ghijklmn}	1,42±0,17 ^{hijklm}
C45	0,44±0,07 ^{hijklmn}	503,42±106,90 ^{fghijklm}	1,48±0,14 ^{fghijklm}
C15	0,43±0,07 ^{klmno}	456,10±81,43 ^{hijklmn}	1,34±0,18 ^{klmno}
C28	0,43±0,07 ^{ijklmno}	445,08±87,6 ^{ijklmno}	1,38±0,17 ^{ijklmno}
C17	0,43±0,07 ^{ijklmno}	456,41±82,36 ^{hijklmn}	1,27±0,16 ^{mno}
C37	0,42±0,06 ^{klmno}	501,92±77,51 ^{fghijklm}	1,39±0,17 ^{ijklmno}
C16	0,41±0,08 ^{klmno}	432,38±76,87 ^{klmno}	1,20±0,15 ^{nopq}
C22	0,40±0,08 ^{lmno}	401,34±92,17 ^{lmno}	1,12±0,18 ^{pq}
C50	0,38±0,08 ^{mno}	428,99±92,68 ^{klmno}	1,30±0,18 ^{lmnop}
C43	0,38±0,06 ^{mno}	427,80±70,54 ^{klmno}	1,50±0,44 ^{fghijkl}
C3	0,34±0,08 ^{no}	368,88±88,42 ⁿ	1,18±0,17 ^{opq}
C5	0,34±0,04 ^{no}	391,32±53,02 ^{mn}	1,09±0,10 ^q
C12	0,33±0,05 ^o	405,55±73,31 ^{lmno}	1,14±0,14 ^{pq}
Moyenne	0,49	520,58	1,49
CV (%)	20,74	21,36	13,5
F	24,77	20,12	38,17
P	0,0001	0,0001	0,0001

Les moyennes suivies de la même lettre sont statistiquement identiques selon le test de Newman & Keuls au seuil de 5 %.

Évaluation des caractères liés aux fèves fraîches des 44 clones de cacaoyer : Le tableau 4 présente la comparaison des 44 clones pour les trois caractères liés aux fèves fraîches. L'analyse du tableau indique un effet clone très hautement significatif ($P < 0,0001$) sur chacun des trois caractères étudiés. Le nombre de fèves normales (NFN) a varié de 47,41 à 26,40 fèves avec une moyenne générale de 38,16 fèves et un CV de 19,25 %. Les clones C23 (R15), C24 (IFC 1059), C20 (IFC1060) et C13 (SF151) ont été en tête de classement avec respectivement 47,41 ; 44,88 ; 42,44 et 42,00 de fèves fraîches normales par cabosse. A l'opposé, le clone C44 (IFC 1037) a été caractérisé par un faible nombre de fèves fraîches normales par cabosse pour une valeur de 26,40 fèves. Au

niveau du nombre de fèves fraîches plates (NFP), les valeurs ont fortement varié de 0 (C13) à 3,73 (C44) pour une moyenne générale d'essai de 0,72 fèves plates. Vingt-neuf (29) clones ont en moyenne présenté très peu de fèves plates par cabosse. C'est le cas des clones C7 (CC39), C10 (IFC 1201), C18 (IFC 1209), C20 (IFC 1060), C39 (UPA 705). En ce qui concerne le poids moyen de fèves fraîches normales par cabosse (PFN), la valeur moyenne générale de la parcelle a été de 0,11 Kg avec un CV de 52,9 %. Les clones C35 (IFC 682) et C24 (IFC 1059) ont produit les fèves fraîches les plus lourdes avec les valeurs de 0,16 kg. Quant au clone C43 (SF161), il a obtenu le poids de fèves fraîches le plus faible avec une valeur de 0,08 kg.

Tableau 3: Comparaison de 44 clones de cacaoyer pour trois caractères technologiques liés aux fèves fraîches

Clones	NFN	NFP	PFN (Kg)
C13	42,00±3,84 ^{abcde}	0,00±0,00 ^c	0,13±0,02 ^{abc}
C24	44,88±7,05 ^{ab}	0,48±0,70 ^c	0,16±0,03 ^a
C27	35,08±6,34 ^{cdefgh}	0,66±0,77 ^c	0,11±0,03 ^{abc}
C31	41,82±5,95 ^{abcde}	0,60±0,81 ^c	0,13±0,03 ^{abc}
C49	33,95±10,35 ^{defghi}	1,11±2,08 ^c	0,10±0,06 ^{abc}
C7	36,68±5,94 ^{bcdefg}	0,48±1,03 ^c	0,10±0,02 ^{abc}
C10	38,85±4,60 ^{bcdefg}	0,62±1,21 ^c	0,10±0,02 ^{abc}
C18	41,73±8,55 ^{abcde}	0,15±0,41 ^c	0,11±0,03 ^{abc}
C23	47,41±5,82 ^a	1,41±3,44 ^{bc}	0,13±0,03 ^{abc}
C20	42,42±9,41 ^{abcd}	0,64±1,66 ^c	0,13±0,03 ^{abc}
C39	39,74±8,30 ^{bcdefg}	0,64±1,24 ^c	0,13±0,11 ^{abc}
C6	38,75±6,80 ^{bcdefg}	1,12±1,40 ^c	0,10±0,02 ^{abc}
C40	33,36±6,03 ^{efghi}	1,50±1,53 ^{bc}	0,08±0,02 ^c
C32	40,60±9,43 ^{abcdef}	0,64±1,33 ^c	0,11±0,02 ^{abc}
C8	34,66±6,04 ^{defgh}	2,04±5,80 ^{bc}	0,10±0,02 ^{abc}
C26	42,51±10,10 ^{abcd}	0,70±2,50 ^c	0,13±0,08 ^{abc}
C34	31,54±7,69 ^{ghij}	0,23±0,73 ^c	0,09±0,03 ^{abc}
C2	36,25±8,95 ^{cdefg}	0,25±0,50 ^c	0,10±0,02 ^{abc}
C35	37,12±11,44 ^{bcdefg}	1,10±2,59 ^c	0,16±0,16 ^a
C44	26,40±7,31 ^j	3,73±2,63 ^a	0,09±0,02 ^{bc}
C1	37,49±9,77 ^{bcdefg}	1,07±1,92 ^c	0,11±0,03 ^{abc}
C9	39,64±9,04 ^{bcdefg}	0,59±0,97 ^c	0,13±0,11 ^{abc}
C29	28,44±6,64 ^{hij}	0,24±0,52 ^c	0,09±0,02 ^{bc}
C36	38,49±5,94 ^{bcdefg}	0,47±0,97 ^c	0,09±0,02 ^{bc}
C38	39,44±7,66 ^{bcdefg}	0,66±0,86 ^c	0,09±0,01 ^{abc}
C11	33,41±8,00 ^{efghi}	2,82±3,00 ^{ab}	0,10±0,02 ^{abc}
C19	39,20±5,31 ^{bcdefg}	1,80±3,49 ^{bc}	0,09±0,01 ^{bc}
C42	35,73±7,13 ^{cdefgh}	1,00±1,79 ^c	0,08±0,02 ^c
C47	35,40±5,25 ^{cdefgh}	0,50±0,70 ^c	0,11±0,02 ^{abc}
C30	32,05±6,53 ^{fghij}	0,40±0,94 ^c	0,08±0,02 ^c
C46	36,50±6,09 ^{cdefg}	0,50±0,92 ^c	0,11±0,13 ^{abc}
C4	34,45±4,38 ^{defghi}	0,56±1,11 ^c	0,11±0,02 ^{abc}
C45	38,83±7,45 ^{bcdefg}	0,58±0,92 ^c	0,10±0,02 ^{abc}
C15	39,93±4,63 ^{bcdefg}	0,26±0,78 ^c	0,11±0,02 ^{abc}
C28	43,56±5,71 ^{abc}	0,49±1,13 ^c	0,10±0,02 ^{abc}
C17	39,81±6,54 ^{bcdefg}	0,60±1,12 ^c	0,10±0,02 ^{abc}
C37	36,73±4,91 ^{bcdefg}	0,83±2,06 ^c	0,10±0,02 ^{abc}
C16	39,30±6,87 ^{bcdefg}	0,60±1,03 ^c	0,11±0,04 ^{abc}
C22	43,38±5,62 ^{abc}	1,05±3,77 ^c	0,10±0,02 ^{abc}
C50	39,95±3,45 ^{bcdefg}	0,36±1,16 ^c	0,09±0,01 ^{abc}
C43	27,60±6,88 ^{ij}	1,20±1,32 ^c	0,08±0,01 ^c
C3	35,30±4,70 ^{cdefgh}	0,33±0,89 ^c	0,09±0,02 ^{bc}

C5	35,21±5,95 ^{cdefgh}	0,82±0,83 ^c	0,08±0,02 ^c
C12	36,19±5,76 ^{cdefg}	1,07±1,48 ^c	0,10±0,02 ^{abc}
Moyenne	38,16	0,72	0,11
CV (%)	19,25	235,14	52,98
F	10,33	3,13	3,58
P	0,0001	0,0001	0,0001

Les moyennes suivies de la même lettre sont statistiquement identiques selon le test de Newman & Keuls au seuil de 5 %.

Évaluation du caractère technologique lié à la fève sèche de cacao de 43 clones de cacaoyer : Le **tableau 5** présente le classement des 44 clones de cacaoyer en fonction du poids d'une fève sèche (P1FS). L'analyse de la variance a montré une différence hautement significative entre les clones ($P < 0,05$). Les valeurs du poids du poids d'une fève sèche ont varié de 1,48 g à 1,07 g avec une moyenne générale de 1,25 g et un CV de 4,12 %. Les clones C30

(DLE31), C4 (IFC1041), C44 (IFC1037) et C24 (IFC1059) ont présenté les poids d'une fève de cacao marchand les plus élevés avec respectivement un poids sec de 1,48 g ; 1,44 g ; 1,41 g et 1,40 g. Les clones ayant présenté les plus faibles valeurs de poids d'une fève sèche sont C22 (IFC1208), C36 (GU342/G), C23 (R15) et C19 (SF143) avec des moyennes respectives de 1,09 g, 1,09 g, 1,09 g et 1,07 g.

Tableau 4 : Classement de 43 clones de cacaoyer pour le poids d'une fève sèche de cacao

Clones	P1FS (g)
C30	1,48±0,18 ^a
C4	1,44±0,19 ^{ab}
C44	1,41±0,18 ^{bc}
C24	1,40±0,17 ^{bcd}
C32	1,39±0,19 ^{cd}
C34	1,37±0,18 ^{cde}
C11	1,36±0,16 ^{cdef}
C26	1,35±0,26 ^{defg}
C3	1,32±0,26 ^{efgh}
C35	1,32±0,21 ^{efgh}
C7	1,32±0,18 ^{efgh}
C20	1,31±0,18 ^{efgh}
C47	1,30±0,18 ^{fghi}
C40	1,29±0,17 ^{ghij}
C16	1,29±0,14 ^{ghij}
C18	1,26±0,23 ^{hijk}
C45	1,26±0,14 ^{hijk}
C15	1,24±0,18 ^{ijkl}
C49	1,24±0,15 ^{ijkl}
C5	1,24±0,14 ^{ijklm}
C9	1,24±0,13 ^{ijkl}
C37	1,23±0,19 ^{ijklm}
C38	1,23±0,12 ^{ijklm}

C6	1,23±0,12 ^{ijklm}
C39	1,20±0,16 ^{klmn}
C31	1,20±0,11 ^{klmno}
C29	1,19±0,16 ^{lmnop}
C2	1,18±0,15 ^{lmnopqr}
C42	1,18±0,15 ^{lmnopqr}
C10	1,18±0,14 ^{lmnopqr}
C1	1,18±0,14 ^{lmnopq}
C13	1,17±0,15 ^{mnpqr}
C46	1,15±0,17 ^{nopqrs}
C12	1,14±0,18 ^{nopqrs}
C28	1,13±0,22 ^{pqrst}
C43	1,13±0,12 ^{opqrst}
C50	1,12±0,14 ^{qrst}
C27	1,12±0,12 ^{qrst}
C17	1,11±0,15 ^{rst}
C22	1,09±0,18 st
C36	1,09±0,13 st
C23	1,09±0,11 st
C19	1,07±0,16 ^t
Moyenne	1,25
CV (%)	14,12
F	58,14
P	0,0001

Les moyennes suivies de la même lettre sont statistiquement identiques selon le test de Newman & Keuls au seuil de 5 %.

DISCUSSION

L'objectif de cette étude a été de déterminer les caractéristiques agromorphologiques de 44 clones mis en essai de caractérisation en vue de sélectionner les meilleurs pour chaque caractère étudié. L'analyse des résultats a montré une grande variabilité ($P < 0,001$) entre les 44 clones pour chaque paramètre étudié. Le clone C13 (SF 151) a été en tête de classement pour à la fois le poids moyen d'une cabosse (0,7 kg) et le volume d'une cabosse (679,43 cm³). Ce clone serait un bon géniteur pour améliorer la grosseur des fruits du cacaoyer. Il est d'autant plus intéressant que ses cabosses ne renferment aucune fève plate. Le clone C24 (IFC 1059), en plus d'être classé parmi les meilleurs pour le nombre moyen de fèves fraîches normales par cabosse (44,88 fèves), a le poids de fèves

fraîches normales par cabosse le plus élevé (0,16 kg). Selon plusieurs auteurs, ces paramètres devraient être pris en compte pour l'amélioration du rendement du cacaoyer (Lanaud *et al.*, 2017). En effet, le nombre de fèves par cabosse constitue un indicateur de fertilité apparente et donc du bon remplissage des cabosses des cacaoyers. De plus, une corrélation positive et significative a été mise en évidence entre le nombre de fèves par cabosse et la fertilité apparente (Lachenaud *et al.*, 2006). En outre, lorsque le nombre de fèves moyen d'une cabosse est compris entre 30 et 40 fèves, la cabosse est qualifiée de bien remplie Braudeau (1969). De ce fait, les clones C23 (R15) et C24 (IFC 1050) avec respectivement 47,41 et 44,88 fèves par cabosse, apparaissent donc comme présentant

les meilleurs remplissages de cabosse. Le bon remplissage des cabosses des cacaoyers serait selon Lanaud *et al.* (1987) imputable à une quantité suffisante de pollen compatible permettant une bonne pollinisation des fleurs. Les clones C27 (GU343/K), C49 (P4/9) et C7 (CC39) ont été en tête de classement pour l'épaisseur du cortex de la cabosse avec des moyennes respectives de 1,97 cm et 1,82 cm. La grande épaisseur du cortex de la cabosse de ces trois clones constitue un atout pour la résistance à *Phytophthora palmivora*, principal agent de la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire (Tahi *et al.*, 2000, 2006; Lachenaud *et al.*, 2006). En effet, une grande épaisseur du cortex permettrait de retarder la progression des zoospores de *P. palmivora* dans les tissus du péricarpe de la cabosse, ce qui constitue un avantage pour préserver les fèves de cacao des infections au champ causées par la maladie de la pourriture brune (Tahi, 2003). S'agissant du grainage évalué dans notre étude, par le poids moyen d'une fève sèche de cacao marchand (P1FS), les quatre (04) clones DLE31, IFC1041, IFC1037 et IFC1059 ont présenté les meilleures valeurs moyennes. Elles sont comprises entre 1,48 g et 1,40 g en moyenne par fève sèche. Ces valeurs se situent au-dessus de la norme industrielle qui est de 1 g pour 1 fève de cacao marchand Braudeau (1969). Selon les normes de l'International Germplasm Cocoa Database (IGCD, 1981), les fèves sèches ayant un poids moyen supérieur ou égal à 1,2 g sont bonnes, celles dont le

poids est compris entre 0,9 et 1,2 g sont moyennes et, celles ayant un poids inférieur à 0,9 g sont considérées comme de petites fèves (Braudeau, 1969 ; Tunbull & Eskes, 2010). Ainsi, 26 clones de notre étude ont présenté un poids d'une fève de cacao marchand compris entre 1,48 g à 1,20 g. Ils peuvent donc être considérés comme présentant un très bon grainage. Il s'agit des clones C30 (DLE31), C4 (IFC1041), C44 (IFC1037), C24 (IFC1059), C32 (CF62), C34 (SPEC 160-9), C11 (IFC698), C26 (IFC1062), C3 (IFC1027), C35 (IFC682), C7 (CC39), C20 (IFC1060) et C47 (IFC1044), C40 (IFC6), C16 (IFC1025), C18 (IFC1209), C45 (IFC1202), C15 (IFC1038), C49 (P4/9), C5 (IFC1026), C9 (IFC1035), C37 (IFC1029), C38 (SF 73), C6 (GU343/F), C39 (UPA705), C31 (IFC705). Ces clones pourraient être utilisés dans le programme de sélection récurrente et réciproque en cours en Côte d'Ivoire pour la grosseur de leurs fèves comme le suggère les travaux de Lachenaud *et al.* (2001). Aussi, nos résultats vont dans le même sens que ceux de Guiraud *et al.* (2021) dont les travaux ont mis en évidence le bon grainage (évalué par le nombre de fèves pour 100g) de certains de ces clones tels que IFC1037, IFC1027 et ICF1026. Ces clones ont ainsi présenté de très bonnes performances en collection (Guiraud, 2019) et en essai au champ. De tels clones constitueraient de bons géniteurs pour l'amélioration génétique du cacaoyer (Lachenaud *et al.*, 2001).

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

Nos travaux ont permis d'étudier les caractéristiques agro-morphologiques de 44 clones de cacaoyers potentiellement hauts producteurs et résistants au champ à la pourriture brune des cabosses. Il ressort de cette étude que des différences significatives ont été mises en évidence entre les 44 clones pour chacun des paramètres étudiés. Le clone SF151 a présenté à la fois pour les meilleures valeurs de poids moyen (0,7 kg) et de volume

de cabosse (679,43 cm³). Le clone IFC1059 s'est également distingué à la fois par des valeurs élevées de poids moyen d'une cabosse (0,68 kg), de nombre moyen de fèves normales par cabosse (44,88 fèves), de poids moyen de fève fraîche (0,16 kg) et de poids moyen d'une fève de cacao marchand (1,40 g). Par ailleurs, il a présenté aucune fève fraîche plate à l'intérieur de la cabosse. En outre, 26 clones ont présenté un très bon

grainage en raison de leur poids d'une fève sèche supérieur ou égal à 1,20 g. Ces clones qui ont confirmé ainsi leurs performances agromorphologiques pourraient être utilisés comme potentiels géniteurs pour l'amélioration des caractères tels que le

volume, le remplissage de la cabosse et le grainage. Ces résultats constituent ainsi un indicateur de choix pour le sélectionneur dans la perspective de l'amélioration variétale des cacaoyers pour des caractères d'intérêts agronomiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Assiri A.A., Yoro G.R., Dehevels O, Kebe B.I., Keli Z.J., Adiko A. & Assa A., 2009. Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences* 2 (1): : 55-56.
- Braudeau J. 1969. Le cacaoyer. Collection « Techniques Agricole et Productions Tropicales ». Edition Maisonneuve et Larose, Paris, 304 p.
- Guiraud B.S.H.B., 2019. Caractérisation agronomique, moléculaire et sélection de génotypes de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) tolérants ou résistants à la maladie du swollen shoot et à la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 214 pages.
- Guiraud B.S.H.B., Tahi G.M., Coulibaly K., Assi E.M., Minakou O.S., Atchi M.Y., Lachnaud P. & Zoro I.A., 2021. Sélection de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) présentant un bon grainage au sein de la principale collection de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 167: 17291 - 17305 ISSN 1997-5902.
- International Cocoa Organization (ICCO) 2014. Quarterly bulletin of Cocoa statistics, vol, No. 4, Cocoa year 2012/2013.
- Koua S.H., Coulibaly N.A.M.D. & Alloué-Boraud W.A.M., 2018. Caractérisation des vergers et des maladies de cacao de Côte d'Ivoire: cas des départements d'Abengourou, Divo et Soubré. *Journal of Animal & Plant Sciences* 35 (3): 5706-5714.
- Kouamé N., N'Guessan F., N'Guessan H., N'Guessan P. & Tano Y., 2014. Variations saisonnières des populations de mirides du cacaoyer dans la région de l'Indénié-Djuablin en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 83: 7595-7605.
<https://doi.org/10.4314/jab.v83i1.2>
- Lachnaud P., Eskes A.B., N'goran J.A.K., Clement D., Kebe I., Tahi G.M. & Cilas C., 2001. Premier cycle de sélection récurrente en Côte d'Ivoire et choix des géniteurs du second cycle, pp 11-22. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Cocoa Research*, Kota Kinabalu, Sabah (Malaysia).
- Lachnaud P., Oliver G., Bastide P. & Paulin D. 2006. Le remplissage des cabosses des cacaoyers spontanés de Guyane (*Theobroma cacao* L.). *Acta Botanica Gallica*, 153 (1), 105-114.
<https://doi.org/10.1080/12538078.2006.10515525>
- Lanaud C., 1987. Nouvelles données sur la biologie du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) : diversité des populations, système d'incompatibilité, haploïdes spontanés, leurs conséquences pour l'amélioration génétique de cette espèce; espèce ; Thèse de Doctorat, Université de Paris-Sud, Orsay (France); ; 262 pages.
- Lanaud C., Fouet O., Legavre T., Lopes U., Sounigo O., Eyango M.C., Mermaz B., Da Silva M.R., Llor Solórzano

- R.G. & Argout X., 2017. Deciphering the Theobroma cacao self-incompatibility system: from genomics to diagnostic markers for self-compatibility. *Journal of Experimental Botany* 68 (17): 4775-4790.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erx293>
- Tahi G.M., 2003. Évaluation sur feuille de cacaoyer de la résistance à *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses. Thèse de doctorat, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire); 133 pages.
- Tahi G.M., Kebe I., Eskes A.B., Ouattara S., Sangare A. & Mondeil F., 2000. Rapid screening of cacao genotypes for field resistance to *Phytophthora palmivora* using leaves, twigs and roots. *European Journal of Plant Pathology* 106: 87-94.
<https://doi.org/10.1023/A:1008747800191>
- Tahi G.M., Kebe I., Sangaré A., Mondeil F., Cilas C. & Eskes A.B., 2006. Foliar resistance of cacao (*Theobroma cacao* L.) to *Phytophthora palmivora* as an indicator of pod resistance in field: interaction of cacao genotype, leaf age and duration of incubation. *Plant Pathol.* 55, 776-782.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01453.x>
- Tunbull & Eskes, 2010. A Visual Aid to identifying Widely Distributed Cacao Accessions. CFC Amsterdam The Netherlands / ICCO, London, UK / Bioversity International, Rome, Italy C.