

2017 International Symposium on Cocoa Research (ISCR), Lima, Peru,

13-17 Novembre 2017

SECOND CYCLE DE SELECTION RECURRENTTE DU CACAOYER (*THEOBROMA CACAO* L.) EN CÔTE D'IVOIRE : PARAMETRES GENETIQUES CHEZ LES DEUX POPULATIONS CONSTITUTIVES APRES TREIZE ANNEES D'OBSERVATION

G. M. Tahî^{1*}, I. C. Trebissou¹, S. B. Guiraud¹, F. Ribeyre², Ph. Lachenaud², N. D. Pokou¹, K. F. N'guessan¹, P. N. Walet¹, R. A. Aka¹, K. Coulibaly¹, B. I. Kébé¹, M. E. Assi¹, B. Koné¹, E. Kassin¹ et C. Cilas²

¹ CNRA, B. P 808, Divo, Côte d'Ivoire (tahi_mathias@yahoo.fr), ² CIRAD (UPR Bio agresseurs), TA A-106/D, Campus Inter. Baillarguet 34 398, Montpellier Cedex 5, France

Résumé

L'amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire est basée sur un schéma de sélection récurrente et réciproque ayant comme critères de sélection, la production, le rapport production / vigueur, la résistance à *Phytophthora* et aux mirides, et la qualité technologique. Les deux populations de base sont constituées, d'une part de Forastero Haut-amazoniens (HA) et d'autre part de Forastero Bas-amazoniens (BA) et de Trinitario (T). Le programme est à son deuxième cycle de sélection. Le premier cycle a abouti à la sélection et à la diffusion de cinq croisements d'intérêt agronomique. Pour le second cycle, le choix des géniteurs a été réalisé par une sélection de type « individus/famille ». Les familles ont été sélectionnées sur leurs performances, mais aussi sur la base du comportement des géniteurs du premier cycle. Les individus, dans les familles retenues, ont été sélectionnés sur les mêmes critères que pour les familles, auxquels s'ajoutent deux autres, les dégâts cumulés de mirides et l'appréciation du sélectionneur. Dans chaque population, 40 géniteurs « améliorés » ont été choisis. Un factoriel incomplet 20 x 20 dans lequel, chaque géniteur a été croisé de manière déconnectée avec 4 autres, a ainsi été mis en place en 2000 à la Station de recherche de Divo, pour chaque population. Les arbres dans chaque essai ont été plantés suivant un dispositif en randomisation totale de parcelles mono arbre. Les caractères évalués sont la vigueur, le rendement potentiel annuel et le taux de cabosses pourries.

Après treize années de collecte de données, les résultats sur les paramètres génétiques (pourcentages d'additivité, aptitudes à la combinaison, corrélations, héritabilités et gains génétiques) sont présentés et discutés. Dans les deux populations, les pourcentages d'additivité dans la variance génétique sont particulièrement élevés (78 à 90 %) pour le poids moyen d'une cabosse et relativement plus faibles (27 à 65 %) pour le rendement potentiel et le taux de cabosses pourries. Cela suggère des effets d'additivité importants pour la taille de la cabosse et des effets de dominance notables pour les deux derniers caractères. Un index de sélection combinant les quatre critères est construit pour améliorer l'efficacité de la sélection. Les listes des croisements et individus prometteurs au sein de chaque population sont fournies pour un taux de sélection de 1 %, dans la perspective de mettre en place des parcelles de validation des performances agronomiques de nouveaux hybrides et clones.

Mots-clés: Paramètres génétiques, Héritabilités, Sélection Récurrente

*2017 International Symposium on Cocoa Research (ISCR), Lima, Peru,
13-17 Novembre 2017*

SECOND RECURRENT COCOA (*THEOBROMA CACAO* L.) SELECTION CYCLE IN CÔTE D'IVOIRE: GENETIC PARAMETERS IN THE TWO CONSTITUTIVE POPULATIONS AFTER THIRTEEN YEARS OF OBSERVATIONS

ABSTRACT

The genetic improvement of cocoa in Côte d'Ivoire is based on a recurrent, reciprocal selection scheme with production, the production/cropping efficiency ratio, resistance to *Phytophthora* and mirids and the technological quality as the selection criteria. The two basic populations made up of, firstly, High Amazonian Forastero (HA) and secondly, Low Amazonian Forastero (BA) and Trinitario (T). The program is in its second cycle of selection. The first cycle resulted in the selection and dissemination of five crosses of agricultural interest. For the second cycle, the seed stocks were chosen by a "individual/family" type selection. The families were selected for their performances as well as on the basis of the behaviour of seed stocks in the first cycle (male and female) for those traits. The same criteria were used to select individuals in the families retained as for the families themselves, with the addition of two further criteria accumulated mirid damage and visual assessment by the breeder. In each basic population (HA and BA+T), an incomplete 20 x 20 factorial design, in which each seed stock was crossed in disconnected fashion with four others, was thus set up in 2000 at the Divo Research Station. The trees in each population were planted under a total randomization system of single-tree plots. The traits evaluated are the vigor, yield, weight of a pod and the rate of rotting pods.

After 13 years of data collection in the field, results on genetic parameters (additivity percentages, combining aptitudes, correlations, heritabilities and expected genetic advances) are presented and discussed. In both populations, the additivity percentages in the genetic variance are especially high (80 to 90%) for the average pod weight and relatively lower (27 to 65%) for yield and the rate of pods rotting in the field. This suggests greater additivity effects for the side of pod and increased dominance effects for the last two traits. A selection index combining the four criteria has been constructed with a view to improving selection efficiency. The lists of promising crosses and individuals within each population are provided for a selection rate of 1%, with the aim of setting up multi-local plots to validate the agronomic performance of new hybrids and clones.

Keywords: Genetic parameters, Heritabilities, Recurrent selection

INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, le programme d'amélioration génétique du cacaoyer qui a débuté en 1958, a été fondé sur la sélection d'hybrides de clones obtenus à partir de croisements entre clones Hauts-amazoniens et clones Bas-amazoniens « locaux » ou Trinitarios. Les premiers hybrides issus de ces croisements ont été diffusés en Côte d'Ivoire depuis 1975. Ils étaient caractérisés en particulier par leur précocité de production (entrée en production à partir de deux ans) et leur rendement élevé (2 tonnes de cacao marchand/ha). Bien qu'appréciés des producteurs, ces hybrides avaient besoin d'être améliorés notamment, au niveau de leur comportement vis-à-vis de *Phytophthora palmivora*, principal agent de la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire et des attaques de mirides.

Cette situation a favorisé un changement de stratégie d'amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire. Ainsi, depuis 1990, la sélection récurrente et réciproque, fondée sur l'amélioration d'une population de Haut-amazoniens (HA) d'une part et d'une population composite de Bas-amazoniens et de Trinitarios (BA + T) d'autre part, a été adoptée (Clément *et al.*, 1994), avec comme critères de sélection, la production, le rapport production-vigueur, la résistance au *Phytophthora* et aux mirides, et la qualité technologique. Cette stratégie plus performante devrait permettre, sur plusieurs cycles, de cumuler des gènes favorables pour les critères retenus et aboutir à la création de descendance hybrides gardant un niveau de production acceptable, mais présentant aussi une meilleure adaptation au milieu.

Le premier cycle a abouti à la sélection et à la diffusion en 2007, de cinq croisements d'intérêt agronomique. Mis en place en 2000, le second cycle de sélection récurrente comprend deux parcelles de brassage intra-populations utilisant chacune un plan de croisements factoriel incomplet 20 x 20 dans lequel, chaque géniteur femelle a été croisé de manière déconnectée avec 4 géniteurs mâles. Après treize années de collecte de données agronomiques au champ, une évaluation des paramètres génétiques chez les deux populations constitutives, les Haut-amazoniens (HA) d'une part, et les Bas-amazoniens et Trinitarios (BA+T) d'autre part, est réalisée. Elle porte sur les pourcentages d'additivité dans la variance génétique, les corrélations phénotypiques et génétiques ainsi que les héritabilités individuelles au sens strict. D'autre part, les progrès génétiques attendus sur chaque caractère ont été calculés et discutés pour chacune des deux populations. Dans la perspective de réaliser des sorties variétales, des croisements et individus prometteurs ont été sélectionnés dans chaque population pour la mise en place d'essais multi locaux de confirmation des performances agronomiques de nouveaux hybrides et clones.

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL VEGETAL

Les deux populations de base sont constituées, d'une part de Forastero Haut-amazoniens (HA) et d'autre part de Forastero Bas-amazoniens et Trinitario (BA+T). A l'issue du premier cycle de sélection récurrente, 40 individus HA1 et 40 individus (BA+T)1 ont été sélectionnés comme géniteurs du second cycle de sélection. Les deux populations sont constituées par une sélection des meilleurs individus des parcelles de brassage intra-populations auxquels ont été ajoutés quelques individus supplémentaires. Les meilleurs individus ont été sélectionnés dans les meilleures familles (sélection de type individus-familles), elles-mêmes sélectionnées sur leurs performances, mais aussi sur l'Aptitude Générale à la Combinaison (AGC) des parents pour les critères suivants : productivité cumulée élevée, rapport production-vigueur élevé, taux de cabosses pourries au champ faible, bon résultat du test feuille vis-à-vis de *Phytophthora palmivora* et poids moyen d'une cabosse élevé. Les individus, dans les familles retenues ont été sélectionnés sur les mêmes critères que pour les familles, auxquels s'ajoutent les dégâts cumulés de mirides et l'appréciation visuelle du sélectionneur (Lachenaud, 2001).

Les populations HA2 et (BA+T)2, respectivement issues des brassages HA1 x HA1 et (BA+T)1 x (BA+T)1 proviennent chacune, d'un plan de croisements factoriel incomplet 20 x 20 dans lequel,

chaque géniteur a été croisé de manière déconnectée avec 4 autres. Le schéma général de sélection récurrente et réciproque est présenté (**Figure 1**).

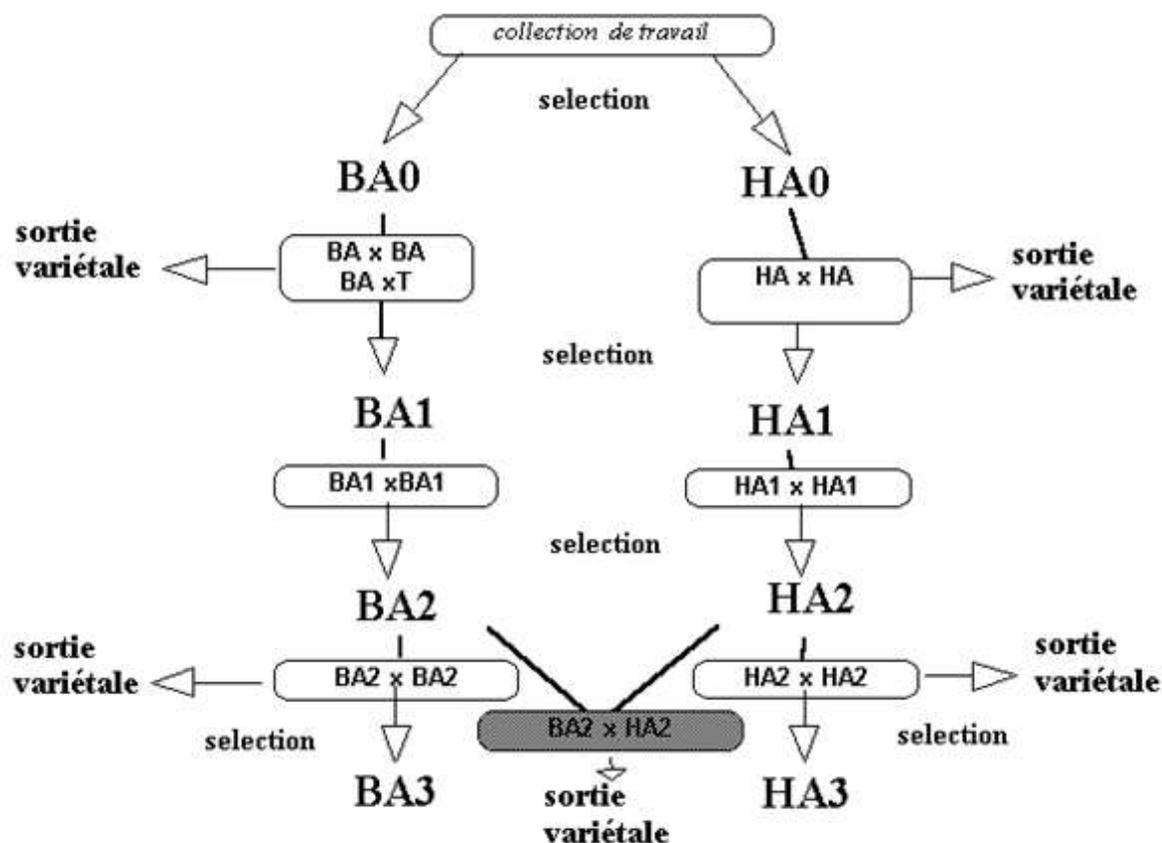


Figure 1 : Schéma de sélection récurrente et réciproque

Le nombre de familles analysées par population est présenté dans le **tableau I**.

Tableau I : Nombre de familles analysées par population du second cycle de sélection.

Populations	Parcelles (Année de plantation)	Nombre de familles par population	Nombre d'arbres par famille	Nombre de Campagnes de récoltes
HA2	E6/1 (2000)	75	15	13
(BA+T)2	E6/4 (2000)	70	16	13

- HA2 = second cycle intra Hauts-amazoniens
- (BA+T)2 = second cycle intra (Bas-amazoniens + Trinitarios).

METHODES

Analyses génétiques des populations HA₂ et (BA+T)₂ du second cycle de brassage

Les populations HA₂ et (BA+T)₂ sont issues de deux plans de croisements factoriels. Les analyses génétiques ont porté sur les quatre (4) critères suivants :

- le poids moyen d'une cabosse mûre (**PMCab**) en Kg.
- le taux de cabosses pourries, calculé par le rapport du nombre total de cabosses pourries sur le total de cabosses (saines, rongées, pourries et autres) produites par arbre : **TCP** (en %);
- la section du tronc à 15 cm du sol à la dernière campagne, calculée par la formule $\pi \times r^2$, « r » étant le rayon du tronc : **SEC15** (en cm²);
- le rendement potentiel annuel (**RPA** en kg/ha), calculé par la formule suivante:
TOT02-15 x PMCab x 1333 x 0,0875/13 où :
 - ✓ TOT 02-15 = total des cabosses produites par l'arbre (saines, rongés, pourries de 2002 à 2015)
 - ✓ PMCab = Poids moyen d'une cabosse mûre saine
 - ✓ 1333 = Nombre de pieds à l'hectare
 - ✓ 0,0875 = coefficient de conversion du poids d'une cabosse saine mûre en poids de fève de cacao marchand correspondant
 - ✓ 13 = nombre de campagnes de récoltes.

Pour chaque plan de croisement :

- l'analyse du dispositif a été réalisée avec le logiciel SAS, suivant le modèle linéaire général d'analyse de la variance à un facteur (famille).
- l'analyse génétique a été réalisée avec le logiciel DIOGENE (Baradat, 2003) suivant le modèle à effets fixes :

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + M_j + I_{ij} + E_{ijk}$$

Avec :

- Y_{ijk} = valeur de l'arbre **k** du croisement **ij** entre la femelle **i** et le mâle **j**
- μ = Moyenne générale
- F_i = effet du parent femelle **i**, de variance σ^2_F
- M_j = effet du parent mâle **j**, de variance σ^2_M
- I_{ij} = effet de l'interaction **i** x **j**, de variance σ^2_I
- E_{ijk} =résidu (erreur) de variance σ^2

Les programmes 'CASOAR' et 'DUNCAN' ont successivement été utilisés pour respectivement, l'analyse factorielle (étude des effets d'aptitude générale et spécifique à la combinaison, héritabilités) et la comparaison des géniteurs sur les valeurs d'AGC (Test de Newman et Keuls à 5%).

RESULTATS ET DISCUSSION

Analyse des effets des géniteurs dans les populations HA₂ et (BA+T)₂

Quatre caractères ont été analysés, le rendement potentiel annuel (RPA), la résistance au champ à *P. palmivora*, mesurée par le taux de cabosses pourries (TCP), la vigueur adulte de l'arbre, mesurée par la section du tronc à 15 cm (SEC15) et le poids moyen d'une cabosse (PMCab) et ce, pour l'ensemble des familles (un seul facteur) dans les deux populations, puis, pour chaque dispositif factoriel incomplet 20 x 20 (2 facteurs, femelle et mâle). Seuls les résultats des dispositifs factoriels sont présentés (**Tableau II**). L'analyse montre que :

- dans la population HA₂, les effets génétiques (femelle, mâle) et d'interaction femelle x mâle sont significatifs pour tous les caractères. En revanche, dans la population (BA+T)₂, les effets génétiques (femelle, mâle) et d'interaction n'ont été significatifs que pour le rendement potentiel annuel (RPA). Par ailleurs, dans cette population, pour le taux de cabosses pourries (TCP) et la section du tronc (SEC15), les effets génétiques (femelle, mâle) sont non significatifs avec des effets d'interaction femelle x mâle significatifs. Pour le poids moyen d'une cabosse, des effets (femelle, mâle) significatifs et d'interaction non significatifs ont été mis en évidence ;
- la part d'additivité dans la variance génétique (VA/VG) est relativement importante pour tous les caractères observés dans la population HA₂ et, en particulier pour le poids moyen d'une cabosse (87,8 %) et la section du tronc (77,7 %), montrant ainsi une transmission majoritairement additive de ces caractères. Dans la population (BA+T)₂, la part d'additivité dans la variance génétique est élevée pour le poids moyen d'une cabosse (89,8 %) mais relativement faible pour le taux de cabosses pourries (27,6 %), la section du tronc (30,4 %) et le rendement potentiel annuel (41,8 %), suggérant des effets de dominance plus importants pour chacun des trois derniers caractères.

Ces résultats, basés sur treize (13) campagnes de récoltes sont concordants avec ceux obtenus par Tahiri *et al.* (2009) basés sur cinq (5) campagnes de récoltes dans le second cycle de brassage intra HA, en particulier pour les effets génétiques (femelle, mâle). Par contre, au niveau de la part d'additivité dans la variance génétique (VA/VG), les résultats varient suivant le nombre de campagnes observées. Des effets de dominance importants avaient été indiqués dans les intra HA pour le rendement potentiel annuel (RPA) et le taux de cabosses pourries (TCP) après cinq campagnes de récolte (Tahiri *et al.*, 2009) tandis que, sur les données de treize campagnes de récoltes obtenues sur les mêmes caractères, les effets d'additivité sont plus importants. En revanche, au niveau des brassages intra (BA+T), les effets de dominance plus importants observés pour le rendement potentiel et le taux de cabosses pourries sur les données de cinq campagnes l'ont également été sur les données de treize campagnes de récoltes. On note par ailleurs que si pour le poids moyen d'une cabosse (PMCab), la part d'additivité dans la variance génétique (VA/VG) a été importante aussi bien dans les brassages intra HA (87,8 %) que dans les intra (BA+T) avec 89,8 %, ce n'est pas le cas pour la section du tronc à 15 cm du sol (SEC15) dont la part d'additivité dans la variance génétique est importante dans les brassages intra HA (77,7 %) et faible dans les intra (BA+T) pour 30,4 % d'additivité. Ces résultats traduisent ainsi une héritabilité principalement additive pour le poids moyen d'une cabosse dans chacune des deux populations, et pour la section du tronc seulement dans les intra HA.

Tableau II : Synthèse des analyses des effets des géniteurs étudiés sur l'ensemble des croisements HA1 x HA1 et (BA+T)1 x (BA+T)1 pour 4 critères de sélection (RPA = Rendement Potentiel Annuel ; TCP = Taux de Cabosses Pourries ; SEC15 = Section du tronc à 15 cm du sol ; PMCab = Poids Moyen d'une cabosse mûre) avec VA/VG = part d'additivité dans la variance génétique.

Critères	Croisements HA1 x HA1				Croisements (BA+T)1 x (BA+T)1			
	Signification des effets				Signification des effets			
	♀	♂	♀ x ♂	VA/VG	♀	♂	♀ x ♂	VA/VG
RPA	HS	HS	HS	57,2	HS	HS	HS	41,8
TCP	HS	HS	HS	61,0	NS	NS	HS	27,6
SEC15	HS	HS	HS	77,7	NS	NS	HS	30,4
PMCab	HS	HS	HS	87,8	HS	HS	NS	89,8

HS = hautement significatif ; NS = non significatif

Corrélations entre caractères et héritabilités au sens strict

Les corrélations des effets phénotypiques (moitié supérieure) et des effets génétiques additifs (moitié inférieure) ainsi que les héritabilités au sens strict (sur la diagonale) sont présentées pour chacune des deux populations du second cycle de sélection (**Tableau III**).

Tableau III : Synthèse des résultats sur les corrélations phénotypiques (moitié supérieure) et génétiques additifs (moitié inférieure) calculés dans les populations HA2 et (BA+T)2 avec les héritabilités individuelles au sens strict sur la diagonale

Critère	Population HA2				Population (BA+T)2			
	RPA	TCP	SEC15	PMCab	RPA	TCP	SEC15	PMCab
RPA	0,18	- 0,99	0,90	-0,18	0,27	- 0,35	0,99	- 0,13
TCP	- 0,10	0,23	- 0,99	0,35	0,91	0,08	- 0,43	- 0,26
SEC15	0,60	0,11	0,40	- 0,35	0,55	0,80	0,15	0,33
PMCab	0,09	0,11	0,23	0,68	- 0,01	- 0,24	0,16	0,68

Les corrélations génétiques, c'est-à-dire entre moyennes par croisement, sont plus faibles dans la population HA2 que dans la population (BA+T)2.

La corrélation génétique entre le rendement potentiel annuel (RPA) et le taux de cabosses pourries (TCP), bien que très faible, est négative (-0,10) dans la population HA2 alors qu'elle est positive et hautement significative (0,91) dans la population (BA+T)2. On montre ainsi que dans le groupe des (BA+T), les croisements qui produisent le plus de cabosses sont ceux dont les cabosses sont plus susceptibles d'être atteintes par la pourriture brune. Ce résultat avait déjà été mis en évidence par les travaux de Tahiri *et al.* (2009) sur des données de cinq campagnes de récoltes obtenues sur la même parcelle. Dans les deux populations, la corrélation phénotypique entre le rendement potentiel annuel (RPA) et la section du tronc (SEC15) est positive et hautement significative (0,90 pour HA2 et 0,99 pour (BA+T)2) montrant ainsi que quel que soit la population, la production des arbres est liée à leur vigueur végétative adulte : plus les arbres sont vigoureux, mieux ils produisent. Par ailleurs, la corrélation génétique entre le taux de cabosses pourries (TCP) et la section du tronc (SEC15), bien que positive dans les deux populations, est hautement significative, en particulier dans la population (BA+T)2. Au niveau phénotypique, la corrélation entre TCP et SEC15, bien que négative dans les deux populations, est hautement significative dans la population HA2 (- 0,99). Ces résultats indiquent que dans le groupe des (BA+T), les croisements les plus productifs sont aussi les plus sensibles tandis

que dans le groupe des Hauts amazoniens, ce sont les arbres les plus productifs qui ont les taux de cabosses pourries les plus faibles au champ.

Les héritabilités individuelles au sens strict ont été déterminées afin d'évaluer pour chaque critère de sélection, les chances de transmission du caractère. Les caractères les plus héritables dans chacune des deux populations sont :

- le poids moyen d'une cabosse (PMCab) avec une héritabilité de 0,68 stable dans chacune des deux populations ;
- la section du tronc (SEC15) avec une héritabilité de 0,40 dans les HA2 ;
- le rendement potentiel annuel (RPA) avec une héritabilité de 0,27 dans les (BA+T)2 ;
- le taux de cabosses pourries (TCP) avec une héritabilité de 0,23 dans les HA2.

Ces valeurs d'héritabilités peuvent être considérées comme élevées. Elles confèrent aux caractères concernés au niveau de chaque population, un mode de transmission additif, comme cela a d'ailleurs été montré par la part élevée d'additivité dans la variance génétique.

Concernant le taux de cabosses pourries (TCP), on constate que contrairement aux HA2 où une héritabilité de 0,23 a été obtenue, l'analyse révèle une héritabilité au sens strict quasiment nulle (0,08) dans les (BA+T)2. Ainsi, on en déduit que pour le taux de cabosses pourries (TCP), les effets de dominance sont plus importants dans le groupe des (BA+T)2 que dans celui des HA2. Cela signifie que dans le groupe des Bas amazoniens et Trinitarios, pour le caractère de résistance au champ à la pourriture brune des cabosses, les chances de trouver à l'intérieur des descendance, des individus supérieurs au meilleur des deux parents, sont élevées.

Sélection de croisements et d'individus prometteurs, et progrès génétiques attendus sur les caractères observés

Dans chaque population, 10 % des croisements et 1% des arbres ont été sélectionnés, en particulier sur le rendement potentiel annuel (RPA) et les progrès génétiques attendus ont été calculés outre sur le rendement, mais aussi sur chacun des trois autres caractères (TCP, SEC15 et PMCab). Les **tableaux IV** et **V** présentent les résultats obtenus, respectivement dans les populations HA2 et (BA+T)2.

- ***Progrès génétiques attendus sur la sélection de croisements prometteurs***

La liste des meilleurs croisements sélectionnés à 10 % dans les populations HA2 et (BA+T)2 est présentée dans le **tableau IV**. Ces croisements sont au nombre de huit (8) dans la population HA2 et de sept (7) dans la population (BA+T)2.

Le rendement potentiel annuel pour les 8 meilleurs croisements varie de 1994,7 à 1707,2 kg/ha dans la population HA2 pour une moyenne d'essai de 1794,4 kg, et de 2115,5 à 1802,9 kg/ha dans la population (BA+T)2 pour une moyenne d'essai de 1928,9 KG/ha. On montre ainsi que le rendement potentiel annuel des sept croisements sélectionnés dans la population (BA+T)2 est supérieur à celui des huit croisements sélectionnés dans la population HA2. Ceci se traduit par un progrès génétique attendu plus élevé de 54,3 % sur le rendement potentiel annuel dans la population (BA+T)2 contre 36 % de progrès dans la population HA2. Pour les huit croisements sélectionnés sur le rendement, les progrès génétiques attendus sur les trois autres caractères varient en fonction de la population mais aussi du caractère considéré.

Dans la population HA2, les progrès génétiques attendus sont de -25% sur le taux de cabosses pourries (TCP), 16,8 % sur la section du tronc à 15 cm du sol (SEC15) et de 0 % sur le poids moyen d'une cabosse (PMCab) contre respectivement - 11,1 %, 35,5% et 2 % dans la population (BA+T)2. On montre ainsi qu'à l'intérieur de chaque population, les croisements sélectionnés sont également prometteurs pour les autres critères, excepté pour le poids moyen d'une cabosse dans la population (BA+T)2 et, à un degré moindre, dans la population HA2.

S'agissant de la résistance au champ à la pourriture brune des cabosses évaluée par le taux de cabosses pourries (TCP), les valeurs négatives du progrès génétique observées sur ce caractère dans les deux populations expriment une réduction du niveau de sensibilité des arbres dans les populations. Cette réduction du niveau de sensibilité des arbres est deux fois plus importante dans les brassages intra HA (-25%) que dans les intra (BA+T2 où - 11 % de progrès génétiques ont été calculés.

Cette amélioration de la résistance à la pourriture brune des cabosses chez les HA2 s'accompagne d'une réduction du poids de cabosses dans ce groupe. Ces résultats sont concordants avec ceux obtenus par Tahî *et al.* (2009) sur cinq (5) campagnes de récoltes dans les mêmes parcelles.

Une héritabilité additive a été mise en évidence sur le poids moyen d'une cabosse (PMCab) à la fois dans les deux populations, et sur la section du tronc (SEC15) et le taux de cabosses pourries (TCP) uniquement dans la population HA2. Cela suggère que pour ces caractères, les aptitudes générales à la combinaison des parents croisés sont élevées.

La faible valeur d'héritabilité observée sur le rendement (0,18) dans la population HA2 indique que dans ce groupe, les effets de dominance sont plus importants. Cela suggère que pour le rendement, il est possible de trouver dans les descendances, des individus supérieurs au meilleur des deux parents. Il en est de même pour le taux de cabosses pourries dans la population (BA+T)2.

- ***Progrès génétiques attendus sur la sélection d'arbres prometteurs***

En appliquant un taux de sélection de 1% dans chaque population, on sélectionne en priorité les meilleurs arbres pour le rendement. Ils sont de 11 individus dans la population HA2 et de 9 dans la population (BA+T)2. Pour chacun de ces individus, le rendement potentiel annuel (RPA), le taux de cabosses pourries (TCP), la section du tronc (SEC15) et le poids moyen d'une cabosse (PMCab) sont indiqués (**Tableau V**). Basés d'une part, sur la moyenne des individus sélectionnés dans chaque population et d'autre part, sur la moyenne de l'essai, les progrès génétiques attendus ont été calculés sur chaque caractère.

Le rendement potentiel varie de 4719,2 à 2981,6 kg/ha pour une moyenne d'essai de 1320 kg/ha dans la population HA2 contre 4326,6 à 3579,3 kg/ha pour une moyenne d'essai de 1250 kg/ha dans la population (BA+T)2. Comme pour les croisements sélectionnés dans les deux populations, on constate que le rendement potentiel des individus sélectionnés dans la population (BA+T)2 est supérieur à celui des individus sélectionnés dans la population HA2. Il en résulte des progrès génétiques plus importants (213,5 %) dans la population (BA+T)2 que dans la population HA2 (158,3 %).

Les progrès génétiques attendus sont de -34 % sur le taux de cabosses pourries (TCP), 75,2 % sur la section du tronc à 15 cm du sol (SEC15) et de 4,5 % sur le poids moyen d'une cabosse (PMCab) dans la population HA2 contre respectivement - 14,4 %, 99,7 % et -4 % dans la population (BA+T)2.

Comme pour les meilleurs croisements sélectionnés à 10 %, au niveau des 1% d'arbres sélectionnés, les valeurs négatives du progrès génétique observées sur ce caractère dans les deux populations expriment une réduction du niveau de sensibilité des plantes dans les populations. Cette réduction du niveau de sensibilité des arbres est à nouveau environ deux fois plus importante dans les brassages intra HA que dans les (BA+T), confirmant ainsi la tendance exprimée avec les meilleurs croisements.

Comme précédemment observé avec les meilleurs croisements, on constate que les meilleurs arbres sélectionnés à l'intérieur de chaque population sont également prometteurs pour les trois autres critères, d'où les valeurs élevées des progrès génétiques attendus. Ils sont de -34 % sur le taux de cabosses pourries (TCP), 75,2 % sur la section du tronc à 15 cm du sol (SEC15) et de 4,5 % sur le poids moyen d'une cabosse (PMCab) dans la population HA2 contre respectivement - 14,4 %, 99,7 % et - 4 % dans la population (BA+T)2.

Il est intéressant de signaler qu'à l'intérieur de chaque population, les meilleurs individus pour le rendement appartiennent eux-mêmes pour la plupart, à des croisements sélectionnés parmi les

meilleurs pour le rendement potentiel. C'est le cas par exemple, dans la population HA2, des arbres N° 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 et 11 qui appartiennent respectivement aux familles 33, 39, 39, 58, 30, 58, 59 et 57 correspondant à six (6) des meilleurs croisements sélectionnés au taux de 10 % dans la population HA2.

Tableau IV : Croisements sélectionnés dans les populations HA2 et (BA+T)2 au taux de 10 % parmi les meilleurs pour le rendement et progrès génétiques attendus sur le rendement potentiel annuel (RPA), le taux de cabosses pourries (TCP), la section du tronc (SEC15) et le poids moyen d'une cabosse (PMCab)

Population HA2						
N° Fam.	Croisements	Nombre d'arbres	RPA (Kg/ha)	TCP (%)	SEC15 (cm²)	PMCab (Kg)
33	E43-2 x C21-1	15	1994,7	7	249,3	0,47
58	E41-15 x E43-1	14	1824,9	6	216,3	0,41
39	E43-3 x IFC705	15	1807,3	9	248,0	0,41
30	E41-21 x C21-1	15	1787,3	9	211,4	0,52
36	E43-2 x IFC705	14	1771,5	7	179,6	0,45
59	E41-15 x E41-5	15	1748,1	10	221,8	0,44
57	E41-15 x E41-6	15	1714,3	7	182,1	0,45
18	E41-19 x BL9-2	15	1707,2	5	250,2	0,37
Moyenne			1794,4	7,5	219,8	0,44
CV (%)			5	22,5	13	9,1
Moyenne essai			1320	10	188,2	0,44
Progrès (%) sur moyenne essai			36	-25	16,8	0
Population (BA + T)2						
N° Fam.	Croisements	Nombre d'arbres	RPA (Kg/ha)	TCP (%)	SEC15 (cm²)	PMCab (Kg)
68	E42-7 x DCG11	15	2115,5	11	260,1	0,48
75	E42-13 x E42 12	13	1998,0	4	322,6	0,45
77	E42-29 x DCG1-1	14	1978,0	7	266,2	0,49
39	E42-4 x E42-23	14	1890,1	9	228,6	0,52
61	E42-6 x IFC 10	13	1866,1	7	364,3	0,5
51	E42-16 x IFC 7	16	1851,6	6	178,5	0,6
11	E42-31 x E42-27	13	1802,9	12	163,1	0,51
Moyenne			1928,9	8	254,8	0,51
CV (%)			5	32,7	26,4	7,8
Moyenne essai			1250	9	188	0,5
Progrès (%) sur moyenne essai			54,3	-11,1	35,5	2

Tableau V: Arbres sélectionnés dans les populations HA2 et (BA+T)2 au taux de 1% parmi les meilleurs pour le rendement et progrès génétiques attendus sur le rendement potentiel annuel (RPA), le taux de cabosses pourries (TCP), la section du tronc (SEC15) et le poids moyen d'une cabosse (PMCab)

Population HA2						
N° Arbres	N° Fam.	Croisements	RPA (Kg/ha)	TCP (%)	SEC15 (cm²)	PMCab (Kg)
1	60	E41-15 x C21-3	4719,2	7	315,8	0,45
2	24	E41-16 x C21-1	3774,7	7	299,0	0,5
3	33	E43-2 x C21-1	3650,3	6	459,6	0,5
4	39	E43-3 x IFC 705	3571,3	11	264,0	0,51
5	39	E43-3 x IFC 705	3302,6	5	459,6	0,42
6	58	E41-15 x E43-1	3279,4	3	375,6	0,42
7	30	E41-21 x C21-1	3131,3	4	336,2	0,54
8	12	E41-12 x BL9-2	3056,0	7	424,1	0,33
9	58	E41-15 x E43-1	3046,4	8	254,0	0,45
10	59	E41-15 x E41-5	2992,5	7	232,0	0,54
11	57	E41-15 x E41-6	2981,6	8	207,0	0,46
Moyenne			3409,6	6,6	329,7	0,46
CV (%)			15	32,7	27,2	13
Moyenne essai			1320	10	188,2	0,44
Progrès (%) sur moyenne essai			158,3	-34	75,2	4,54
Population (BA+T)2						
N° Arbres	N° Fam.	Croisements	RPA (Kg/ha)	TCP (%)	SEC15 (cm²)	PMCab (Kg)
1	67	E42-7 x E42-5	4326,6	11	364,7	0,54
2	51	E42-16 x IFC 7	4308,6	5	432,2	0,54
3	50	E42-16 x E42-14	4141,0	12	267,7	0,58
4	68	E42-7 x DCG1-1	4119,0	7	325,9	0,45
5	65	E42-7 x IFC 18	3794,0	6	233,8	0,34
6	42	E42-9 x E42-23	3706,5	9	240,7	0,41
7	61	E42-6 x IFC 10	3654,8	9	750,3	0,56
8	75	E42-13 x E42-12	3640,1	3	315,8	0,47
9	61	E42-6 x IFC 10	3579,3	7	447,6	0,44
Moyenne			3918,9	7,7	375,4	0,48
CV (%)			7,3	35,2	40,2	14,6
Moyenne essai			1250	9	188	0,5
Progrès (%) sur moyenne essai			213,5	-14,4	99,7	-4

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de cette étude, basés sur le cumul de treize (13) campagnes de récoltes n'ont pas été toujours concordants avec les résultats obtenus sur cinq campagnes de récoltes portant sur les populations HA2 et (BA+T)2. L'étude a permis de confirmer d'une part, la part d'additivité plus importante du poids moyen d'une cabosse (PMCab) à la fois dans les intra Hauts amazoniens, et les intra (Bas-amazoniens + Trinitarios) et d'autre part, les effets de dominance plus importants sur le taux de cabosses pourries (TCP) en particulier dans les intra (Bas-amazoniens + Trinitarios). Les héritabilités individuelles au sens strict ont par conséquent été élevées pour le poids moyen d'une cabosse, la section du tronc et le taux de cabosses pourries dans la population HA2 et faibles pour le taux de cabosses pourries et la section du tronc dans la population (BA+T)2.

Les corrélations phénotypiques et génétiques ont montré que, quel que soit la population impliquée, les meilleurs arbres pour le rendement potentiel le sont aussi pour la vigueur. Par ailleurs, au niveau des brassages intra Hauts amazoniens, les meilleurs croisements pour le rendement sont ceux qui présentent les taux de cabosses pourries les plus faibles et, dans les brassages intra (Bas amazoniens + Trinitarios), les meilleurs croisements pour le rendement sont aussi ceux ayant les taux de cabosses pourries les plus élevés.

Les progrès génétiques attendus sur le rendement potentiel sont plus importants dans le groupe des (Bas-amazoniens + Trinitarios) que dans celui des hauts amazoniens et ce, sur une base de sélection de 10% des croisements et 1% des arbres parmi en priorité les meilleurs pour le rendement. Quant au progrès génétique attendu sur le taux de cabosses pourries, il a été presque deux fois plus important dans les Hauts amazoniens que dans les (Bas-amazoniens + Trinitarios).

En perspective, les quinze (15) croisements sélectionnés au taux de 10% dont huit (8) dans le groupe des Hauts-amazoniens et sept (7) dans le groupe des Bas-amazoniens et Trinitario (**Tableau IV**) sont proposés en essai multi local de confirmation avant d'être proposés en sorties variétales. Il en est de même des 20 arbres prometteurs sélectionnés au taux de 1%, dont onze (11) dans le groupe des Hauts-amazoniens et neuf (9) dans le groupe des (Bas-amazoniens + Trinitarios) (**Tableau V**). Ces arbres seront clonés avant d'être évalués avec des témoins clonaux de références.

REFERENCES

Baradat, Ph. (2003). DIOGENE. Un logiciel intégré pour la génétique et l'amélioration des plantes. INRA, UMR-AMAP, Montpellier (France), 39 p.

Clément, D., Eskès A. B., Sounigo, O. et N'Goran J. (1994). L'amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire. Présentation d'un nouveau schéma de sélection. 11ème Conf. Inter. sur la Rech. Cacaoyère, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 1994, 454-455.

Lachenaud, Ph., Eskes A.B., N'Goran J. A. K., Clément D., Kébé B., Tahi G. M. et Cilas C. (2001). Premier cycle de sélection récurrente en Côte d'Ivoire et choix des géniteurs du second cycle. Proc. 13th Inter. Cocoa Res. Conf., Kota Kinabalu, Malaysia, 2000, 11-22.

G. M. Tahi, Ph. Lachenaud, J. A.K. N'Goran, I. B. Kébé, D. Paulin, K. F. N'Goran, C. Cilas and A. B. Eskès (2009). Second cycle de sélection récurrente du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire : bilan à mi-parcours et propositions de sorties variétales. Actes de la 16^{ème} Conf. Inter. sur la Rech. Cacaoyère, 16-21 Nov. 2009, Bali (Indonesie), 3-12