

# MISE EN PLACE D'UN PROGRAMME DE SÉLECTION RÉCURRENTÉ RÉCIPROQUE CHEZ *COFFEA CANEPHORA* PIERRE

T. LEROY \*, A. CHARRIER \*\*

\* IRCC 01, B.P. 1827, Abidjan 01, Côte d'Ivoire.  
\*\* ORSTOM, B.P. 5045, 34032 Montpellier Cedex, France.

## INTRODUCTION

Le caféier *Coffea canephora*, appelé commercialement Robusta, est cultivé depuis la deuxième moitié du XIXe siècle. Il s'agit d'une espèce diploïde strictement allogame, grâce à un système d'incompatibilité gamétophytique mettant en jeu une série d'allèles S (BERTHAUD, 1980). Il existe donc une grande variabilité génétique dans les populations naturelles et les hybrides qui rend difficile l'étude de la transmission des caractères (BERTHAUD et al., 1984).

La sélection de *C. canephora* a débuté à Java vers 1900 (CRAMER, 1957). En Afrique centrale et occidentale, elle a été réalisée avec le matériel végétal local et introduit (PORTERES, 1959). Elle a débouché sur la production de variétés hybrides distribuées par semences, cas le plus répandu à travers le monde, et sur la diffusion de variétés clonales. La sélection clonale permet le choix d'individus exceptionnels et la distribution de matériel génétiquement homogène. La multiplication des variétés clonales s'est faite par greffage à Java (CRAMER, 1957), ou par bouturage de rameaux orthotropes en Afrique, particulièrement en Côte d'Ivoire.

Parmi les schémas d'amélioration adoptés pour les espèces cultivées, la sélection récurrente est une méthode très employée chez les plantes allogames, car elle permet un progrès génétique continu, sans forte diminution de la variabilité disponible. La sélection récurrente réciproque (COMSTOCK et al., 1949) fait intervenir deux populations aux caractéristiques complémentaires : des études effectuées sur maïs ont montré son efficacité. Cette voie d'amélioration a été adoptée également pour le palmier à huile depuis 1957 (MEUNIER et GASCON, 1972) après une expérience internationale d'échange de matériel végétal qui a mis en évidence l'existence de deux pools géniques complémentaires.

Une étude récente sur la variabilité enzymatique de l'espèce *C. canephora* (BERTHAUD, 1986) a révélé l'existence de deux groupes génétiques, l'un d'origine ouest-africaine, l'autre d'Afrique centrale. Un hétérosis a été mis en évidence dans les descendance hybrides entre ces deux groupes. Ces résultats nous conduisent donc à envisager la mise en place d'un schéma de sélection récurrente réciproque sur *C. canephora*.

25 AVR. 1991

ASIC, 13<sup>e</sup> Colloque, Paipa, 1989

457

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : F 31.878 ecc1

Cote : B

11

P48

## 1) RAPPEL DU SCHEMA DE SELECTION DE *C. CANEPHORA* EN COTE D'IVOIRE

Entre 1900 et 1960 (PORTERES 1959), l'introduction de clones et de semences d'autres stations de recherche (origines "INEAC", "LULLA", "CONGO BELGE", "JAVA", "OUGANDA", "CENTRAFRIQUE"), a permis de disposer en Côte d'Ivoire de matériel végétal d'Afrique centrale.

Par ailleurs, des prospections dans les plantations ivoiriennes ont été menées pour prélever des boutures (PORTERES, 1959), après un choix phénotypique simple basé sur la production. Dans ces plantations, des hybridations naturelles s'étaient réalisées entre les génotypes introduits d'Afrique centrale et les caféiers locaux spontanés. En 1962 (IFCC, 1962), une stratégie de la sélection du caféier Robusta avait été élaborée. Elle prévoyait une sélection d'hybrides pour la distribution de semences, et un clonage des arbres les plus intéressants dans les descendance et en collection. Ce schéma comprenait tout d'abord une série de tests d'aptitude générale à la combinaison, qui peut être définie par la valeur moyenne pour le caractère étudié des descendance d'un parent donné croisé avec un certain nombre de partenaires.

Une série de croisements entre les génotypes repérés par ces tests devait être ensuite effectuée afin de déterminer ceux qui présentaient une bonne aptitude spécifique à la combinaison (écart à l'aptitude générale pour une combinaison particulière), et de sélectionner des combinaisons productives.

Dans la pratique, en Côte d'Ivoire (CAPOI, 1977), la sélection a démarré par une série de tests d'aptitude générale à la combinaison basés sur les descendance obtenues en fécondation libre dans les collections. Simultanément, des géniteurs ont été croisés pour tester leur aptitude spécifique à la combinaison, et préparer la mise en place de champs semenciers. Ils sont constitués d'un clone "femelle" et deux clones "mâles" afin d'assurer un meilleur synchronisme des floraisons. Dans le même temps, les génotypes introduits, prospectés ou repérés dans les essais de descendance ont été testés dans des essais clonaux. Ces travaux ont débouché sur la diffusion de sept clones améliorés aux planteurs ivoiriens, les semences étant réservées presque exclusivement à l'exportation.

Parallèlement à cette sélection, l'ORSTOM et l'IRCC ont engagé des prospections dans plusieurs pays d'Afrique depuis 1960. Pour *C. canephora*, 130 génotypes d'Afrique centrale et plus de 400 génotypes d'Afrique occidentale tous d'origine spontanée ont été introduits dans les collections de Côte d'Ivoire.

## 2) MISE EN EVIDENCE ET CARACTERISTIQUES DES GROUPES

En 1983, une étude du polymorphisme enzymatique de l'espèce *C. canephora* par électrophorèse a été entreprise (BERTHAUD, 1986). Cette analyse a porté sur les populations de génotypes spontanés prospectés en Côte d'Ivoire et en Afrique centrale (Centrafrique, Cameroun), ainsi que sur les collections de travail de l'IRCC. L'étude a été faite avec sept enzymes pour neuf loci, sur 471 génotypes. BERTHAUD a ainsi pu, sur trois loci (Isocitrate déshydrogénase, Phosphatase acide 2 et Phospho-gluconate déshydrogénase) mettre en évidence l'existence de deux groupes : les "guinéens" d'Afrique de l'Ouest et les "congolais" d'Afrique centrale.

Cette séparation correspond à des caractéristiques morphologiques très différentes (PORTERES, 1959 ; BERTHAUD, 1986), en rapport avec la structure génétique et écologique de l'espèce.

Les "guinéens" ont les caractères prédominants suivants :

- Arbres trapus à entre-noeuds courts
- Petites feuilles
- Forte ramification plagiotrope secondaire
- Adaptation à des zones sèches
- Faible granulométrie (souvent inférieure à 12g./100 fèves)
- Taux de caféine élevé (souvent supérieur à 2,8 %)
- Production précoce (septembre-octobre)
- Fort pourcentage d'arbres sensibles à la rouille orangée.

Les "congolais" ont les caractères prédominants suivants :

- Arbres à entre-nœuds longs, atteignant souvent des hauteurs supérieures à trois mètres
- Grandes feuilles
- Faible ramification plagiotope
- Forte granulométrie (en moyenne 16 g./100 fèves)
- Taux de caféine moyen (autour de 2,4 %)
- Production tardive (décembre)
- Peu de plants sensibles à la rouille orangée.

Cette diversité ne pouvait être repérée plus tôt en raison de la faible représentation du groupe guinéen dans les collections de travail ; les caféiers de ce groupe étaient en effet systématiquement éliminés depuis les prospections de PORTERES, en raison de leur forte sensibilité à la rouille.

L'analyse enzymatique des collections de travail a permis également de mettre en évidence que trois des clones vulgarisés, repérés dans les plantations ivoiriennes, sont des hybrides naturels entre les deux groupes. La combinaison hybride testée la plus productive est également un hybride entre un génotype guinéen et un génotype congolais. Un clone choisi dans cette descendance est d'ailleurs sur le point d'être vulgarisé.

Chez l'espèce *Coffea canephora*, on se trouve donc en présence de deux groupes génétiques, d'origine géographique différente, aux caractéristiques complémentaires. Les hybrides entre ces deux groupes sont intéressants en sélection, puisqu'ils ont été largement retenus sous forme de clones ou de descendances. Ces données permettent de proposer la mise en place d'un schéma de sélection récurrente réciproque exploitant la vigueur et la productivité des hybrides intergroupes, ainsi que les caractères complémentaires des deux groupes (BERTHAUD, 1985 ; CHARRIER et BERTHAUD, 1988).

### 3) MISE EN PLACE DU SCHEMA DE SELECTION

#### 3-1) Définition des populations de départ

Pour la constitution du groupe guinéen, on a intégré dans le schéma de sélection un échantillon de l'ensemble des populations spontanées prospectées depuis 1975, ainsi que les quatre génotypes de la collection de travail. Le choix des génotypes dans chaque population repose sur une sélection phénotypique des caractères architecturaux (ramification secondaire importante) et d'adaptation à des conditions sèches (arbre ne présentant pas de symptômes de défoliation ou de mort des rameaux, et fleurissant normalement après la période sèche).

Pour la constitution du groupe congolais, d'une variabilité phénotypique très importante, les génotypes des collections de travail ont été intégrés au schéma. Pour ceux des collections de caféiers spontanés, un simple choix phénotypique a permis de retenir un échantillon des populations prospectées.

#### 3-2) Héritabilité et choix des critères de sélection intragroupe

##### 3-2-1) Héritabilité des caractères sélectionnés

Les données disponibles sur l'héritabilité de certains caractères ne peuvent être utilisées directement dans le schéma d'amélioration car elles ne sont valables que pour les parents considérés et les conditions environnementales de l'essai analysé (CHARRIER et BERTHAUD, 1988). De plus, de gros effectifs sont nécessaires pour connaître la transmission de caractères polygéniques.

Les résultats connus sont les suivants :

- productivité : héritabilité faible (BOUHARMONT et al, 1986). Dans le cadre du schéma de sélection récurrente réciproque, la productivité résultera surtout de la vigueur des hybrides entre

- guinéens et congolais.
- granulométrie : hérédabilité moyenne. Ce caractère aurait une transmission de type additif (BOUHARMONT et al., 1986).
- taux de caféine : pour ce caractère, la variance des descendance est forte (CHARRIER et BERTHAUD, 1975), et une sélection efficace est donc possible. BOUHARMONT et ses collaborateurs (1986), CHARRIER et BERTHAUD (1988) considèrent que ce caractère a une transmission de type additif. Il existerait aussi une part d'hérédité maternelle par l'albumen.
- résistance à la rouille orangée : le déterminisme de ce caractère est oligogénique ou plus complexe (ESKES, 1983 ; BERTHAUD et LOURD, 1982). Tant que l'on ne croise pas deux caféiers sensibles, la sélection d'arbres résistants dans une descendance est possible (CHARRIER et BERTHAUD, 1988).

### 3-2-2) Critères de sélection

Pour le choix des géniteurs, tous les caractères intéressants et complémentaires de chacun des groupes seront sélectionnés au cours du brassage des populations. Les caractères les plus héréditaires, taux de caféine et granulométrie, seront sélectionnés plus fortement. Le seuil de sélection sera différent pour les deux populations. La sélection se fera donc sur les caractères suivants : granulométrie, taux de caféine, résistance à la rouille orangée, architecture des arbres et adaptation à des zones sèches.

Ces caractères seront observés au stade optimal pour la sélection :

- rouille orangée : observation en pépinière ou notation au champ deux mois après le maximum des pluies pour des arbres en production
- architecture : observation visuelle sur des arbres âgés de quatre ans
- sécheresse : observation visuelle des arbres en fin de saison sèche
- granulométrie et taux de caféine : analyse d'échantillons sur les premières récoltes.

### 3-3) Type de sélection récurrente réciproque, plans de croisements

Le type de sélection adopté et les plans de croisements doivent garantir un progrès génétique continu, associé au maintien d'une variabilité génétique importante.

Le schéma général de sélection est présenté dans la figure 1.

#### 3-3-1) Croisements intergroupes

La sélection récurrente réciproque peut être de deux types :

- sélection directe par croisement de tous les individus des deux groupes étudiés.
- sélection indirecte par croisement des génotypes d'un groupe par un ou plusieurs testeurs appartenant à l'autre groupe.

Le type de sélection dépend, d'une part du type de transmission des caractères sélectionnés, et d'autre part du volume de travail consacré au programme. Afin de le limiter, la sélection indirecte a été choisie. Elle est utilisée lorsque l'aptitude générale à la combinaison prédomine pour les caractères étudiés, hypothèse retenue d'après les résultats antérieurs (BOUHARMONT et al., 1986). Nous utiliserons trois testeurs dans chaque population afin d'éviter la sélection de génotypes n'ayant éventuellement qu'une aptitude spécifique avec l'un d'entre eux.

Les testeurs sont choisis à partir des résultats des tests d'aptitude générale et spécifique effectués en Côte d'Ivoire (CAPOT, 1977), qui concernaient une quarantaine de géniteurs et 100 hybrides contrôlés au champ. Il sera possible de changer les testeurs au cours des cycles successifs, sans que l'amélioration obtenue soit remise en cause.

Pour le groupe congolais, nous avons retenu :

- deux clones à bonne aptitude générale et spécifique : 178, 464 (parent de H6, meilleure combinaison vulgarisée).
- un clone aux caractéristiques intéressantes du point de vue granulométrie, caféine et résistance aux aléas : 444.

SCHEMA D'AMELIORATION DE *Coffea canephora*

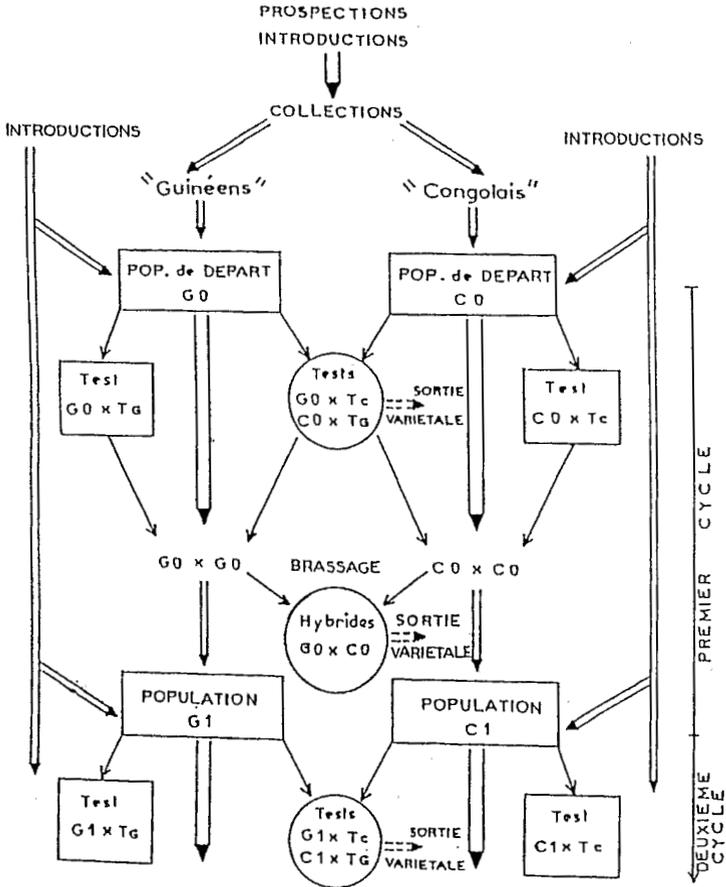


Figure 1

Pour le groupe guinéen, nous avons retenu :

- deux clones à bonne aptitude générale : 155 et 410 (parent de H6).
- un génotype spontané de la population IRA2 résistant à la rouille.

### 3-3-2) Croisements intragroupes

Ces croisements permettent le brassage de chaque population pour créer la population améliorée, point de départ d'un nouveau cycle de sélection. Cette phase de brassage se fera en deux étapes. La première consistera, sur leur valeur propre et les résultats des premiers croisements, à polliniser les cinquante meilleurs géniteurs de chaque population avec un mélange de dix d'entre eux. La deuxième étape débutera lorsque les résultats de tous les essais d'hybrides intergroupes sur testeur seront connus. Elle consistera à choisir des arbres dans les descendance des meilleurs géniteurs pour constituer la population améliorée. L'introduction de nouveau matériel végétal directement dans le deuxième cycle sera possible, après l'avoir jugé sur sa valeur propre.

### 3-4) Le tri des arbres en essais - la sortie variétale

#### 3-4-1) Tri des individus et des familles

Dans les essais d'hybrides intergroupes, la sélection d'arbres et de descendance se fera sur les critères liés à la vigueur intergroupe et sur les caractères complémentaires de chacun des groupes :

- Vigueur et productivité des arbres.
- Maturité groupée en vue d'une récolte facilitée et mécanisable.
- Fertilité des arbres (remplissage des fruits) : du fait de la distance génétique entre les deux populations, des problèmes de mauvaise fertilité pourront apparaître. La sélection sur ce caractère paraît indispensable.
- Architecture : les arbres sélectionnés devront avoir une architecture ramifiée, permettant le maintien de branches productives et l'écimage.
- Adaptation à des conditions sèches : la sélection sur ce caractère est nécessaire, compte tenu de l'évolution climatique actuelle en Afrique de l'Ouest.
- Résistance aux aléas, en particulier la rouille orangée.
- Granulométrie supérieure à 13 grammes pour 100 fèves.
- Taux de caféine inférieur à 2,5%.
- Qualité du café produit : ce critère de sélection prendra une importance croissante dans les prochaines années, du fait de la concurrence très forte du café Arabica, apprécié pour ses qualités organoleptiques. Le sélectionneur doit se préoccuper de la qualité, afin de proposer aux industriels et aux consommateurs un café ayant de bonnes caractéristiques industrielles, sans défaut organoleptique.

#### 3-4-2) La sortie variétale

La sortie variétale sera de deux types : variétés hybrides distribuées sous forme de semences ou variétés clonales. Ces dernières seront issues d'arbres repérés dans les essais de descendance. La sélection de descendance et de clones se fera tout d'abord en un seul lieu, puis dans des essais multiloceaux permettant de tester la plasticité et l'adaptabilité du matériel sélectionné à des conditions édaphoclimatiques variées.

## 4) ESSAIS MIS EN PLACE ET PREMIERS RESULTATS

### 4-1) Essais mis en place

Depuis 1984, date du début du programme, les expérimentations suivantes ont été mises en place :

- cinq essais de descendance (1985 à 1989), comparant cent cinquante descendance ;

- un essai à parent constant (1986), comparant les descendants de deux parents guinéens croisés avec cinq parents congolais ;
- deux parcelles isolées de cinquante génotypes guinéens et congolais, pour le brassage des populations (1986 et 1987) ;
- deux essais clonaux des géniteurs guinéens et congolais (cinq génotypes) pour connaître avec précision leur valeur propre (1988) ;
- un essai diallèle triangulaire à sept parents, quatre guinéens et trois congolais, pour la connaissance de l'héritabilité des principaux critères de sélection.

#### 4-2) Premiers résultats

Les premiers essais permettent de vérifier la bonne valeur des hybrides intergroupes, et de connaître les aptitudes à la combinaison qui prédominent pour la vigueur et la précocité de production.

##### 4-2-1) Vérification de la valeur des hybrides intergroupes

Cette étude a été menée sur un essai planté en 1985, en randomisation totale. L'essai comportait plusieurs types de plants en mélange : quatre descendances intergroupes congolais par guinéen, cinq descendances intracongolaises, une descendance de deuxième génération (hybride x hybride). Ces trois types de plants sont comparés à trois témoins clonaux génétiquement homogènes et vulgarisés pour leur productivité.

Les résultats portant sur la vigueur des plants montrent que les hybrides intergroupes sont plus vigoureux que les autres descendances et aussi vigoureux que les clones. Pour la productivité des arbres, les témoins clonaux s'avèrent plus productifs que les hybrides sur les deux premières récoltes. Ce résultat est normal, puisque les clones entrent en production un an avant les hybrides, et sont génétiquement homogènes. Au sein des descendances intergroupes, certains individus produisent plus que les meilleurs arbres des clones témoins, et peuvent donc intéresser la sélection clonale.

##### 4-2-2) Aptitudes à la combinaison

Cette étude a été menée sur un essai à parent constant planté en 1986.

Deux génotypes guinéens ont été croisés avec cinq génotypes congolais pris comme mâles. L'analyse de la vigueur des arbres montre l'existence d'aptitudes générales et spécifiques à la combinaison. En revanche pour la précocité de production, seules des aptitudes générales à la combinaison ont pu être mises en évidence.

L'existence d'aptitudes spécifiques à la combinaison pour la vigueur montre la nécessité de croiser chaque génotype avec plusieurs testeurs de l'autre groupe. On évitera ainsi de sélectionner des arbres sur leur aptitude spécifique avec un seul testeur.

### CONCLUSION

La relance de la sélection du caféier Robusta en Côte d'Ivoire au début des années 80 est fondée sur le schéma de sélection réciproque, conçu par BERTHAUD en 1983, et mis en oeuvre depuis 1984.

A ce jour, plus de 10 000 plants hybrides intragroupes et intergroupes sont au champ. Des essais de géniteurs guinéens et congolais ont été mis en place pour une bonne connaissance de la valeur propre des parents des hybrides. Un essai diallèle triangulaire à sept parents, planté en 1988, permettra de connaître avec précision, pour le type de matériel végétal utilisé, l'héritabilité et les mécanismes de transmission des caractères sélectionnés.

Les premiers résultats montrent l'intérêt des hybrides intergroupes en sélection pour leur vigueur et leur productivité, ainsi que l'existence d'aptitudes spécifiques à la combinaison pour la vigueur. Ce schéma de sélection doit permettre la vulgarisation progressive de nouveaux caféiers productifs fournissant un café de bonne qualité technologique.

Ce schéma d'amélioration appliqué à l'espèce *Coffea canephora* pourrait certainement être appliqué à d'autres plantes cultivées où l'on retrouve la séparation en deux groupes génétiques d'origines géographiques différentes.

L'utilisation simultanée de matériel local et introduit doit être considérée comme un bon exemple de coopération internationale pour le brassage du matériel végétal, préalable souvent nécessaire à la mise en place de schémas d'amélioration performants.

#### BIBLIOGRAPHIE

BERTHAUD J., 1980. L'incompatibilité chez *Coffea canephora* : méthode de test et déterminisme génétique. Café, Cacao, Thé, 24, 4, 267-274.

BERTHAUD J., LOURD M., 1982. La résistance à *Hemileia vastatrix* des caféiers de l'espèce *C. canephora* de Côte d'Ivoire. Etude de la transmission de ce caractère par croisements contrôlés. Garcia de Orta, Ser. Est. Agron., 2 (1-2), 89-96.

BERTHAUD J., CHARRIER A., GUILLAUMET J.L., LOURD M., 1984. Les caféiers in PERNES J. Gestion des ressources génétiques des plantes, tome 1, monographies. Ed. Lavoisier, Paris, France, pp 45-106.

BERTHAUD J., 1985. Propositions pour une nouvelle stratégie d'amélioration des caféiers de l'espèce *C. canephora*, basée sur les résultats de l'analyse des populations sylvestres. ASIC, 11ème colloque, Lomé, pp 445-452.

BERTHAUD J., 1986. Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes. Evaluation de la richesse génétique des populations sylvestres et de ses mécanismes organisateurs. Conséquences pour l'application. Document ORSTOM N°188, Paris, 379 p..

BOUHARMONT P., LOTODE R., AWEMO J., CASTAING X., 1986. La sélection générative du caféier au Cameroun. Analyse des résultats d'un essai d'hybrides dialèle partiel implanté en 1973. Café, Cacao, Thé, 30, 2, 93-112.

CAPOT J., 1977. L'amélioration du caféier Robusta en Côte d'Ivoire. Café, Cacao, Thé, 21, 4, 233-244.

CHARRIER A., BERTHAUD J., 1975. Variation de la teneur en caféine dans le genre *Coffea*. Café, Cacao, Thé, 19, 251-264.

CHARRIER A., BERTHAUD J., 1988. Principles and methods in coffee plant breeding : *Coffea canephora* Pierre, in R.J. CLARKE et R. MACRAE eds. COFFEE, vol.4 : Agronomy, Elsevier (Londres), pp 167-197.

COMSTOCK R.E., ROBINSON H.F., HARVRY P.H., 1949. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. Agron. J., 41, 360.

CRAMER P.J.S., 1957. Review of literature of coffee research in Indonesia. Wellman F.L. Ed., Turrialba, Costa Rica, 262 p.

ESKES A.B., 1983. Characterisation of incomplete resistance to *Hemileia vastatrix* in *Coffea canephora* cv. Kouilou. Euphytica, 32, 649-657.

I.F.C.C., 1962. Les principes de la sélection des caféiers canéphoroïdes et libéro-excelsoïdes. Leur application aux travaux des centres de recherches de l'IFCC en Côte d'Ivoire, à Madagascar et en république centrafricaine. Café, Cacao, Thé, 6, 2, 89-104.

MEUNIER J., GASCON J.P., 1972. Le schéma général d'amélioration du palmier à huile à l'I.R.H.O.. Oléagineux, 27, 1, 1-12.

PORTERES R., 1959. Valeur agronomique des caféiers des types Kouilou et Robusta cultivés en Côte d'Ivoire. Café, Cacao, Thé, 3, 1, 3-13.

### RESUME

Une étude de la variabilité enzymatique de l'espèce *Coffea canephora* a permis de révéler l'existence de deux groupes génétiquement distincts, les "guinéens" et les "congolais". La mise en avant d'une vigueur hybride entre ces deux groupes a débouché sur la mise en place depuis 1984 d'un programme de sélection récurrente réciproque.

Les caractères sélectionnés et les modalités de la mise en place de ce schéma de sélection en Côte d'Ivoire sont exposés et discutés.

Les premiers résultats confirment la bonne vigueur et la forte productivité des hybrides intergroupes. Des phénomènes d'aptitude générale et spécifique à la combinaison sont mis en évidence grâce à un essai à parent constant.

### SUMMARY

A program of reciprocal recurrent selection applied to the *Coffea canephora* species has been started from 1984 onward. This program is based on the results of a study on enzymatic variability demonstrating the existence of two genetically and geographically distinct groups within *C. canephora*, the "guinean" and "congolese" groups.

The procedure of the reciprocal recurrent selection program and selection criteria applied to the two groups are presented.

The first results confirm high vigor and productivity of intergroup hybrids. General and specific combining ability effects could be demonstrated in a test cross hybrid trial with seven parental clones.