

LES HYBRIDES ENTRE *COFFEA CANEPHORA* PIERRE  
ET *C. EUGENIOIDES* MOORE :  
exemple de croisement entre espèce de *Coffea*  
diploïdes africains  
pour l'amélioration qualitative des cafés produits  
en « basse altitude » (\*)

J. LOUARN

ORSTOM, BP 434 MAN, Côte d'Ivoire

Les caféiers cultivés appartiennent essentiellement à deux espèces de *Coffea*, *C. arabica* et *C. canephora*, chacune adaptée à des conditions agroclimatiques différentes. Cette dernière croît dans les zones tropicales chaudes et humides dites de « basse altitude » et donne un café de moindre qualité possédant, entre autres caractéristiques, une teneur habituellement élevée en caféine (2 à 3 % M.S.). L'amélioration du café produit par *C. canephora*, d'abord recherchée par sélection intraspécifique, est entreprise depuis quelques temps par hybridation interspécifique avec l'autre espèce cultivée *C. arabica*, tétraploïde, à  $2n = 4x = 44$  chromosomes (Capot, 1972 ; Berthaud, 1977). Une autre voie consiste à hybrider entre elles les différentes espèces de *Coffea* diploïdes africains ( $2n = 2x = 22$  chromosomes). Dans ce cas on cherche à exploiter la variabilité existant dans ce pool, notamment en croisant *C. canephora* par des espèces aux caractéristiques intéressantes pour le sélectionneur, telles que la teneur en caféine (Charrier et Berthaud, 1975), l'adaptation pédoclimatique, la résistance aux aléas,....

La synthèse des quelques données de cytogénétique existant sur les croisements effectués entre espèces diploïdes de *Coffea* africains fait apparaître des niveaux de différenciation faibles et sensiblement équivalents entre eux, ainsi que leur appartenance à un même génome de base (Charrier, 1976). Ceci explique l'intérêt porté au développement de programmes d'hybridations interspécifiques les combinant pour améliorer le café produit en « basse altitude ».

L'exemple bien connu des hybrides *Congusta* (*C. congensis* × *C. canephora*) cultivés à Java et à Madagascar, hybrides chez lesquels on retrouve les caractères d'adaptation aux zones inondables et une plus faible teneur en caféine hérités de *C. congensis*,

(\*) Cette communication est pour partie la synthèse d'un article de J. Louarn paru dans la revue « Café Cacao Thé » (Paris), vol. XX, n° 1, janv.-mars 1976, p. 33-52



donne une idée des possibilités offertes par les croisements effectués à l'intérieur d'un même groupe botanique, ici les Canephoroides.

De multiples combinaisons interspécifiques diploïdes ont été plus récemment obtenues à Madagascar et en Côte d'Ivoire. Le croisement entre *C. canephora* et *C. eugenioides* est actuellement le plus avancé. Il a été réalisé pour associer les qualités agronomiques de l'espèce cultivée à la faible teneur en caféine de *C. eugenioides* (0,1 à 0,8 % M.S.). Ce sont les résultats acquis sur ces hybrides que nous avons choisi de rapporter ici en tant qu'exemple d'étude de croisement entre espèces bien différenciées. Nous donnerons ensuite un aperçu du développement du programme d'hybridation interspécifique engagé en Côte d'Ivoire au niveau diploïde pour tenter d'améliorer le café produit en « basse altitude ».

L'hybridation des deux espèces est relativement aisée ; on obtient 9,4 hybrides pour cent fleurs mises en fécondation lorsque *C. canephora* est pris comme parent femelle et 3,8 % dans le croisement réciproque (Charrier, 1976).

Parmi les caractéristiques morphologiques de ces hybrides nous noterons la forte ramification plagiotrope héritée de *C. eugenioides*, les dimensions des feuilles et des pièces florales intermédiaires entre celles des deux espèces, les inflorescences ainsi que les dimensions des fruits et des graines proches de celles des parents *C. canephora*.

Bien qu'au stade jeune l'état chétif de certains hybrides  $F_1$  ait nécessité leur greffage, à l'état adulte ceux-ci présentent une vigueur satisfaisante. Ils possèdent un potentiel floral élevé et sont auto-stériles comme leurs parents. Leur production de graines est moyenne : 600 à 1.100 g de café marchand pour la deuxième année de récolte réalisée sur quatre pieds placés en pollinisation libre réciproque. Dans ces conditions le taux de graines caracoli est supérieur à 66 %. Le poids de cent graines, 17 à 19 g, est du même ordre de grandeur que celui des parents *C. canephora* (18 à 21 g) et sans aucune commune mesure avec celui de *C. eugenioides* (2 à 3 g). La teneur en caféine des graines (1,2 à 1,5 % de la matière sèche) est intermédiaire entre celles des géniteurs *C. canephora* (1,9 à 2,3 % M.S.) et *C. eugenioides* (0,2 à 0,4 % M.S.). A l'image des parents *C. canephora*, les hybrides se sont révélés résistants aux races locales de *Hemileia vastatrix* alors que les parents *C. eugenioides* y sont particulièrement sensibles. Les premières dégustations de café correspondant à ces hybrides indiquent une infusion présentant moins de corps et de force que celle de *C. canephora*.

La forte proportion de graines caracoli chez les hybrides  $F_1$  est l'indice d'une mauvaise fertilité. Nous en avons recherché la cause en étudiant le comportement des chromosomes au cours de la microsporogénèse.

Chez les parents, la majorité des cellules mères du pollen présentent en métaphase I un appariement normal de onze bivalents. Les rapports du nombre de chromosomes associés au nombre total de chromosomes (fréquence d'association « p ») sont supérieurs à 0,99 chez *C. canephora* et 0,96 chez *C. eugenioides*. Les disjonctions en anaphase I sont équilibrées 11-11.

Chez les hybrides  $F_1$  l'appariement est moins bon, seulement 23 à 44 % des cellules renferment onze bivalents ; on trouve en moyenne dix, douze bivalents par cellule et les fréquences d'association sont comprises entre 0,89 et 0,95. A l'issue des disjonctions en anaphase I, la fréquence des groupes de onze chromosomes montés aux pôles des cellules mères varie de 38 à 62 %.

La viabilité du pollen estimée par le pourcentage des grains à cytoplasme dense coloré au carmin acétique est en moyenne de 96 % chez *C. canephora* et 89 % chez *C. eugenioides*. Elle est beaucoup plus basse chez les hybrides où les valeurs moyennes se situent entre 33 et 48 %.

Les fertilités femelles exprimées par le pourcentage de fruits contenant deux graines sont respectivement

de 56 et 55 % pour *C. canephora* et *C. eugenioides*. Elles se situent entre 9 et 20 % pour quatre hybrides  $F_1$  placés en condition d'interpollinisation.

Bien que les deux caractères n'aient pas la même signification biologique, les hybrides se classent de la même façon vis-à-vis de la viabilité pollinique et de la fertilité femelle. La baisse de fertilité observée chez les hybrides  $F_1$  semble donc due essentiellement à un manque d'appariement chromosomique chez ces mêmes hybrides.

La base génétique très restreinte des parents utilisés dans les croisements, en particulier une seule origine chez *C. eugenioides*, ne permet pas d'apprécier exactement la variabilité de cette combinaison interspécifique. Par rapport aux résultats obtenus une fertilité plus satisfaisante pourrait être atteinte en utilisant des géniteurs très différents. Quoiqu'il en soit, malgré un ensemble de caractéristiques agronomiques et phénologiques intéressantes, la baisse de fertilité constatée au niveau des hybrides  $F_1$  constitue le principal obstacle à leur utilisation directe.

Les hybrides de deuxième génération de type  $F_1 \times F_1$  ou obtenus par « back-cross » présentent des caractéristiques très variées résultant de la recombinaison des caractères parentaux à l'issue de la méiose des hybrides  $F_1$ . L'appariement chromosomique est très différent selon les individus ; les fréquences d'associations relevées à la métaphase I de cinq pieds sont comprises entre 0,91 et 0,98. Les viabilités polliniques observées chez vingt-trois individus varient de 28 à 95 % avec tous les intermédiaires possibles. Une sélection de souches présentant les caractéristiques intéressantes de la combinaison « *Canephora* × *Eugenioides* » peut donc être entreprise au niveau de la deuxième génération hybride.

Pour l'ensemble du matériel végétal étudié, parents, hybrides de première et de seconde génération, une droite de régression apparaît entre la viabilité pollinique « V.P. » et la fréquence d'association « p » (fig. 1).

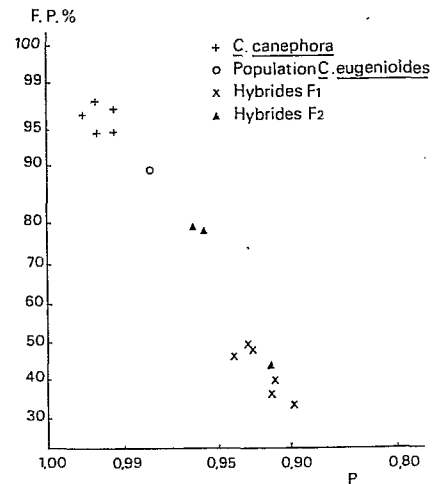


Fig. 1. — Relation entre la fertilité pollinique (F.P.) et l'appariement en métaphase I (p) (après transformation angulaire  $y = 2 \text{ arc sin } \sqrt{x}$ )

La stérilité chez les hybrides entre *C. canephora* et *C. eugenioides* est donc essentiellement de type « chromosomique ». De ce fait, on peut également envisager la restauration de la fertilité des hybrides F<sub>1</sub> par duplication chromosomique. Nous n'avons pu la mesurer que sur un seul individu : la viabilité pollinique passe de 39 % au niveau diploïde à 85 % au niveau tétraploïde. Cette méthode est donc certainement intéressante.

Chez les hybrides F<sub>1</sub>, la fréquence élevée de cellules mères présentant un appariement normal de onze bivalents indique une bonne homologie entre les génomes des deux espèces. La baisse de fertilité liée au défaut d'appariement chez ces mêmes hybrides, la viabilité et la fertilité en partie restaurée de la deuxième génération hybride montrent l'absence de remaniements chromosomiques importants entre eux. La différenciation génétique entre *C. canephora* et *C. eugenioides* n'est donc pas très avancée.

La restauration de fertilité obtenue dans la deuxième génération hybride entre ces deux espèces appartenant à des groupes botaniques différents montre bien que toute combinaison intergroupe peut être envisagée avec des chances appréciables de succès.

En Côte d'Ivoire depuis fin 1975 nous avons commencé un programme d'hybridations interspécifiques au niveau diploïde. Les premiers résultats concer-

nent les espèces les plus anciennement représentées en collection : *C. canephora*, *C. liberica*, *C. stenophylla*. Plus de mille quatre cents hybrides représentant quarante combinaisons ont été obtenus entre ces trois espèces (tableau I). Il n'y a pas d'obstacle au croisement entre *C. liberica* et *C. stenophylla* ; si l'on prend la première espèce comme parent femelle, le taux moyen de réussite est en effet de quarante hybrides pour cent fleurs mises en fécondation et de 20 % dans le croisement réciproque. Les résultats d'hybridations entre *C. liberica* et *C. canephora* dépendent du sens du croisement : le taux de réussite moyen passe de 13 % en prenant *C. liberica* comme parent femelle à moins de 1 % dans le croisement réciproque. Les croisements entre *C. canephora* et *C. stenophylla*, qui donnent les taux de réussite de l'ordre de un hybride pour mille fleurs hybridées, sont quasiment stériles.

Les dernières prospections ORSTOM-IFCC en Centrafrique, au Kenya et en Côte d'Ivoire (Berthaud *et al.*, 1977) ont permis de rassembler un matériel abondant et varié appartenant principalement aux espèces *C. congensis*, *C. eugenioides* et *C. liberica*. Au fur et à mesure de leur entrée en floraison, ces espèces seront hybridées entre elles et avec *C. canephora* en vue de diversifier les combinaisons diploïdes pour l'amélioration des cafés produits en « basse altitude ».

Tableau I. — Résultats des hybridations effectuées en 1976 entre *C. canephora*, *C. liberica* et *C. stenophylla*

Croisement (♀ x ♂)	Nombre d'hybrides obtenus	Nombre de combinaisons	Nombre d'hybrides pour cent fleurs
<i>C. liberica</i> x <i>C. stenophylla</i>	780	11	40
<i>C. stenophylla</i> x <i>C. liberica</i>	140	5	20
<i>C. liberica</i> x <i>C. canephora</i>	450	18	13
<i>C. canephora</i> x <i>C. liberica</i>	32	3	0,4
<i>C. canephora</i> x <i>C. stenophylla</i>	4	1	< 0,1
<i>C. stenophylla</i> x <i>C. canephora</i>	3	2	0,1

## BIBLIOGRAPHIE

1. J. BERTHAUD, 1977. — L'hybridation interspécifique entre *Coffea arabica* L. et *Coffea canephora* Pierre. Obtention et comparaison des hybrides triploïdes, Arabusta et hexaploïdes. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Orsay, 51 p. — *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXII, n° 1, janv.-mars 1978, p. 3-12, n° 2, avril-juin 1978, p. 87-109.

2. J. BERTHAUD, J.-L. GUILLAUMET, D. LE PIERRES, M. LOURD, 1977. — Les prospections de caféiers sauvages et leur mise en collection. VIII<sup>e</sup> Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan 28 nov.-3 déc. ASIC (Paris), 1979, p. 365-372.

3. J. CAPOT, 1972. — L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire. Les hybrides « Arabusta ». *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XII, n° 2, avril-juin, p. 114-126.

4. A. CHARRIER, 1978. — La structure génétique des caféiers spontanés de la région malgache (*Mascarocoffea*). Leurs relations avec les caféiers d'origine africaine (*Eucoffea*). Mémoires ORSTOM, n° 87, 223 p.

5. A. CHARRIER, J. BERTHAUD, 1975. — Variation de la teneur en caféine dans le genre *Coffea*. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XIX, n° 4, sept.-déc., p. 251-264.

LOUARN (J.). — Les hybrides entre *Coffea canephora* Pierre et *C. eugenioides* Moore : exemple de croisement entre espèces de *Coffea* diploïdes africains pour l'amélioration qualitative des cafés produits en « basse altitude ». VIII<sup>e</sup> Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan 28 nov.-3 déc. 1977. ASIC (Paris), 1979, p. 407-410, fig., tabl., réf.

Le croisement entre ces deux espèces a été réalisé pour associer aux qualités agronomiques de *C. canephora* la faible teneur en caféine de *C. eugenioides* (0,2 à 0,8 % M.S.).

Les hybrides F<sub>1</sub> présentent un ensemble de caractéristiques intéressantes — vigueur satisfaisante, production moyenne, granulométrie équivalente à celle des géniteurs *C. canephora*, teneurs en caféine des graines (1,2 à 1,5 % M.S.) intermédiaires entre celle des parents — desservies par une fertilité insuffisante (taux de grains caracoli supérieur à 66 %).

L'appariement chromosomique observé en métaphase I dans les cellules mères du pollen des hybrides F<sub>1</sub> est de type diploïde subnormal : 35 % des cellules contiennent onze bivalents. Comparés aux parents, les hybrides montrent des diminutions de viabilité pollinique et de fertilité femelle en corrélation avec le défaut d'appariement.

La deuxième génération hybride, très variable pour les caractères étudiés, contient des individus présentant une fertilité normale. C'est surtout à son niveau que seront sélectionnés les pieds mères exprimant les caractéristiques intéressantes de la combinaison « *Canephora* × *Eugenioides* ».

Sachant que le faible degré de différenciation constaté ici entre *C. canephora* et *C. eugenioides* se retrouve entre diverses espèces diploïdes africaines, l'amélioration du café produit en basse altitude est recherchée en Côte d'Ivoire en associant principalement les potentialités des espèces *C. canephora*, *C. liberica*, *C. congensis* et *C. eugenioides*.

LOUARN (J.). — Hybrids between *Coffea canephora* Pierre and *C. eugenioides* Moore : an example of crosses between diploid African *Coffea* species for improving the quality of the « low altitude » coffees. VIII<sup>e</sup> Colloque International sur le Café, Abidjan, 28 nov.-3 déc. 1977. ASIC (Paris), 1979, p. 407-410, fig., tabl., réf.

These two species were crossed in order to combine the agronomic qualities of *C. canephora* with the small caffeine content of *C. eugenioides* (0.2 to 0.8 % DM).

The F<sub>1</sub> hybrids have a set of interesting characteristics : satisfactory vigour, average yield, bean size equivalent to that of the parents *C. canephora*, bean caffeine content (1.2 to 1.5 % DM) intermediate between that of the parents, but handicapped by an insufficient fertility (proportion of peaberries greater than 66 %).

The chromosomal pairing observed in metaphase I in the mother cells of the pollen of the F<sub>1</sub> hybrids is of the sub-normal diploid type : 35 % of the cells contained eleven bivalents. Compared with the parents, the hybrids show a lesser pollen viability and lower female fertility correlated with pairing deficiency.

The second hybrid generation varied very greatly, so far as the characters studied were concerned, and contained individuals with normal fertility. It is especially at this level that will be selected the mother plants expressing the interesting characteristics of the « *Canephora* × *Eugenioides* » combination.

Knowing that the small degree of differentiation found here between *C. canephora* and *C. eugenioides* is also found between various African diploid species, the objective in Ivory Coast is to improve low altitude coffee products, principally by combining the potentialities of the species *C. canephora*, *C. liberica*, *C. congensis* and *C. eugenioides*.