

CARACTÉRISTIQUES COMPARÉES DES HYBRIDES INTERSPÉCIFIQUES TÉTRAPLOÏDES ET HEXAPLOÏDES *COFFEA ARABICA* L. × *C. CANEPHORA* PIERRE

J. BERTHAUD

ORSTOM, BP V51, Abidjan, Côte d'Ivoire

La recherche de nouvelles variétés de caféiers intéressantes pour leurs qualités organoleptiques et adaptées au milieu tropical humide tel celui de la Côte d'Ivoire a été tentée depuis une dizaine d'années par l'hybridation interspécifique des deux espèces cultivées *Coffea arabica* et *C. canephora*. Les nombres de chromosomes de ces deux espèces étant différents les hybrides triploïdes réalisés directement sont stériles. Pour obtenir des hybrides fertiles, deux possibilités s'offrent au généticien :

— d'une part réaliser des hybrides tétraploïdes ($2n = 4x = 44$) appelés « Arabusta » en croisant les *C. arabica* par des *C. canephora* dont le nombre de chromosomes a été préalablement doublé. L'intérêt de cette voie d'amélioration a été montré à l'IFCC par Capot (1968, 1972),

— d'autre part obtenir des hybrides hexaploïdes ($2n = 66$) à partir des hybrides triploïdes ($2n = 33$) par le doublement du nombre de leurs chromosomes. Des plantes de ce type avaient déjà été réalisées (Orozco, 1974). Grâce à la méthode du doublement du nombre de chromosomes mise au point par Berthou (1975), nous avons pu obtenir plusieurs centaines de ces arbres. Nous avons alors entrepris l'observation d'un certain nombre de ces hybrides pour évaluer leurs caractéristiques et leurs potentialités.

Les résultats présentés concernent la comparaison d'hybrides hexaploïdes et arabusta de première génération obtenus à partir des mêmes géniteurs *C. arabica* et *C. canephora*.



DONNÉES BIOLOGIQUES

Le mode de reproduction

L'espèce *C. arabica* est à autogamie prépondérante alors que l'espèce *C. canephora* est allogame. Le mode de reproduction des hybrides hexaploïdes et Arabusta est mis à l'épreuve par la comparaison du rendement

graines/ovules de fleurs en autopollinisation avec celui d'autres fleurs laissées en pollinisation libre. Les résultats sont consignés dans le tableau I.

On voit donc que les Arabusta sont très autostériles (10 % autofertilité) alors que les hybrides hexaploïdes, avec 30 % d'autofertilité, peuvent utiliser les deux

14 OCT. 1983

ASIC, 8^e Colloque, Abidjan, 1977

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire ³⁹³

B 3375

N° : 3375

Cote B

Tableau I. — Comparaison des résultats des autofécondations et des fécondations libres selon les types d'hybrides

Type d'hybride	Type de fécondation	Nombre de fleurs	Nombre de fruits	$\frac{\text{Fruits}}{\text{Fleurs}} \times 100$	% fruits normaux
Hexaploïdes	Autofécondation	2455	150	6,1	24
	Fécondation libre	2729	528	19,3	22
Arabusta	Autofécondation	8944	225	2,5	8
	Fécondation libre	7486	1886	25,2	20

régimes de reproduction. Afin que la pollinisation ne soit pas un facteur limitant, il est à prévoir la constitution de champs multiclonaux tant pour les Arabusta que pour les hybrides hexaploïdes.

Estimation de la fertilité

La viabilité des grains de pollen est estimée par le taux de grains de pollen à cytoplasme normalement coloré (carmin acétique à 2 %). Chez les espèces *C. arabica* et *C. canephora* ce taux est voisin de 90 %. Les hybrides triploïdes de départ ont un taux toujours inférieur à 10 %. Chez les hybrides hexaploïdes il est de 66 % et seulement de 26 % chez les Arabusta. Les valeurs moyennes et étendues de variation sont récapitulées dans le tableau II.

La fertilité femelle est estimée par les taux de graines caracolis et de loges vides. Les taux de loges vides sont faibles chez les espèces *C. arabica* et *C. canephora*. Par contre dans l'espèce *C. canephora* le taux de graines caracolis est élevé et supérieur à 30 %.

Tableau II. — Taux de grains de pollen colorés chez les deux types d'hybrides

Type d'hybride	Taux moyen	Etendue de variation
Arabusta	26,3 ± 7,7	14 - 44
Hexaploïdes	66,2 ± 10,1	46 - 80

Chez les hybrides hexaploïdes et Arabusta, le taux de graines caracolis est plus important (55-60 %). La différence entre les deux types d'hybrides est surtout marquée pour le taux de loges vides. Les hybrides hexaploïdes ont en effet un taux de loges vides de 31 %, contre 16 % chez les Arabusta (tableau III).

On voit donc que malgré une fertilité potentielle plus élevée les hybrides hexaploïdes ont une fertilité réelle plus faible que celle des Arabusta. Cette mauvaise fertilité, due surtout à un taux élevé de loges vides, pourrait être liée à une moins bonne adaptation aux conditions de basse altitude et à la structure homozygote des hybrides de départ.

Tableau III. — Variation des taux de graines caracolis et de graines flottantes selon le type d'hybride

Type d'hybride	% graines caracoli	Etendue de variation	% graines flottantes	Etendue de variation
Arabusta (2) _n = 91	55 ± 10 (1)	26 - 84	16 ± 7	5 - 52
Hexaploïdes (2) n = 29	59 ± 11	40 - 80	31 ± 16	9 - 48

(1) écart type de la distribution de l'ensemble des échantillons

(2) nombre de géotypes hybrides utilisés pour les mesures.

CARACTÉRISTIQUES TECHNOLOGIQUES

Granulométrie

Dans ce chapitre nous examinerons trois caractéristiques : la granulométrie ou taille des graines, la teneur en caféine, la qualité à la tasse.

La taille des grains est estimée par les dimensions des graines en parche et par le poids de cent graines.

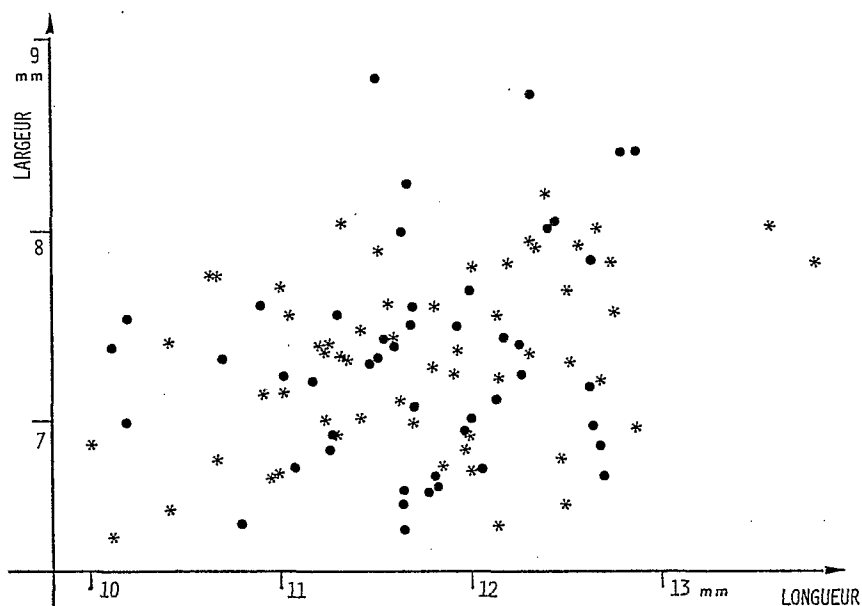


Fig. 1. — Dimensions des graines en parche, en mm, des hybrides Arabusta et hexaploïdes : * hybrides Arabusta, ● hybrides hexaploïdes

Dimensions et formes des graines en parche

Les dimensions des graines en parche permettent l'évaluation du volume potentiel des graines et donc de leur poids potentiel. La parche correspondant à l'endocarpe du fruit, les dimensions des graines en parche sont des caractéristiques maternelles.

Les deux grandeurs mesurées sont la longueur et la largeur des graines. Les résultats sont présentés sur la figure 1. Les astérisques représentent les coordonnées des Arabusta tandis que les hybrides hexaploïdes apparaissent sous forme de cercles. On voit que les deux nuages de points se superposent. Les dimensions moyennes pour les deux groupes d'hybrides et l'espèce *C. arabica* sont celles mentionnées dans le tableau IV.

Tableau IV. — Dimensions des graines en parche des hybrides hexaploïdes, des Arabusta et de *C. arabica*

	Longueur (mm)	Largeur (mm)
Hexaploïdes	11,7 ± 0,7	7,4 ± 0,6
Arabusta	11,7 ± 0,8	7,3 ± 0,5
<i>C. arabica</i>	10,7	6,9

Les hybrides ont donc des graines en parche un peu plus volumineuses que celles des parents *C. arabica* dans les mêmes conditions de milieu.

Tant chez les Arabusta que chez les hexaploïdes, des analyses de variance hiérarchiques montrent que toute la variabilité se trouve à l'intérieur des descendance. Il n'a pas été possible de mettre en évidence un effet dû aux croisements. Cette variabilité est exploitable par

sélection, mais oblige à manipuler un grand nombre d'individus : dans chaque descendance il est possible de trouver des plantes donnant des graines très allongées ou très arrondies.

Poids de cent graines

Chez les parents *C. arabica* le caractère que constitue le poids de cent graines est très sensible au milieu. Pour les mêmes origines, dans des conditions climatiques peu favorables (Station de Man), le poids de cent graines est inférieur de 30 à 50 % à ce qu'il est lorsque les plantes sont installées dans un milieu plus propice (Mont Tonkoui, 1.100 m).

En basse altitude à la Station de Man, pour quarante-quatre arbres hexaploïdes appartenant à onze combinaisons, le poids moyen est de $12,7 \pm 2,4$ g, alors que pour cent sept arbres Arabusta (douze combinaisons) il est de $17,9 \pm 2,4$ g. La différence en faveur des Arabusta est donc particulièrement évidente.

Puisque les dimensions des graines sont identiques chez les hybrides hexaploïdes et les Arabusta, les différences dans les poids de cent graines sont dues au développement incomplet de l'albumen des graines hexaploïdes, signe d'une mauvaise adaptation aux conditions de culture de ces hybrides. D'ailleurs le même clone hexaploïde (393 H) a un poids de cent graines de 10 g en basse altitude et de 18 g au Mont Tonkoui (1.100 m).

Teneur en caféine

On exprime la teneur en caféine en pourcentage de la matière sèche des graines (% M.S.). Sur un ensemble

Tableau V. — Valeur moyenne et étendue de variation (% M.S.) de la teneur en caféine des parents *C. arabica*, *C. canephora*, des hybrides hexaploïdes et Arabusta

	Type des plantes			
	Espèce <i>C. arabica</i>	Hybrides hexaploïdes	Hybrides Arabusta	Espèce <i>C. canephora</i>
Valeur moyenne	1,2	1,4	2,0	2,5
Etendue de variation	0,8 - 1,9	1,0 - 1,9	1,5 - 2,5	1,3 - 3,8

de quatre-vingt-dix Arabusta appartenant à douze familles hybrides, la valeur moyenne de cette teneur est de $\bar{x} = 1,95 \pm 0,20$; pour trente-quatre hybrides hexaploïdes (onze combinaisons), elle est de 1,38. Les étendues de variation sont portées dans le tableau V.

Les hybrides hexaploïdes ont donc des teneurs moyennes inférieures de 0,6 % M.S. à celles des Arabusta. Alors que les hybrides Arabusta ont des teneurs voisines de celles des géniteurs *C. canephora*, les hybrides hexaploïdes ont des teneurs qui se rapprochent plus de celles de l'espèce *C. arabica*.

Il est à remarquer que les arbres appartenant à une même combinaison hybride peuvent avoir des teneurs en caféine très différentes. On peut donc penser utiliser cette variabilité intradescendance en fixant par la multiplication végétative les hybrides les plus intéressants, c'est-à-dire ayant une teneur en caféine voisine de 1,5 % M.S. pour les Arabusta et voisine de 1 % pour les hybrides hexaploïdes.

Tests de dégustation

Les quantités disponibles de graines d'hybrides hexaploïdes ne permettaient pas des tests de dégustation à grande échelle. Les tests portent seulement sur quatre cafés provenant d'hybrides hexaploïdes, trois cafés d'Arabusta, un préparé à partir de *C. arabica* et un autre à partir de *C. canephora*.

Les dégustations et les analyses statistiques des tests

ont été effectuées par les laboratoires de l'IFCC à Montpellier (*). Nous rapporterons ici quelques-uns des résultats qui nous ont été transmis.

Quatre caractéristiques sont analysées, le corps et la force, l'astringence, l'acidité, l'amertume. Une note de synthèse a été ensuite attribuée. Cette note de synthèse intègre plus que les quatre premières caractéristiques étudiées.

Les hybrides hexaploïdes donnent un café dont le corps et la force sont moins importants que ceux du café de *C. canephora*. Il est également moins astringent. Pour le caractère d'acidité le groupe est éclaté : on retrouve les cafés d'hybrides hexaploïdes parmi les plus et les moins acides. L'amertume est plus faible dans tout le groupe des hybrides hexaploïdes. Pour la note de synthèse on a le classement suivant, du meilleur au moins bon :

Trois cafés d'hybrides hexaploïdes, un café de *C. arabica*, un café d'Arabusta, un café d'hybride hexaploïde, deux cafés d'Arabusta, un café de *C. canephora*. Le meilleur est qualifié d'acceptable.

Les tests demandent à être confirmés sur des quantités plus grandes de café et sur un nombre d'arbres plus élevé. Ces premiers résultats sont tout de même encourageants.

Pour toutes les caractéristiques technologiques on a vu que les hybrides hexaploïdes sont plus proches de *C. arabica* que les Arabusta. Cette espèce a donc une part importante à jouer dans l'amélioration de ce type d'hybride.

DISCUSSION - CONCLUSION

De ces quelques résultats il est possible de tirer les informations suivantes :

Le doublement du nombre de chromosomes des hybrides triploïdes, et donc l'obtention des hybrides hexaploïdes, provoque une amélioration spectaculaire de la fertilité. Ce doublement du nombre de chromosomes crée toutefois des structures parfaitement homozygotes. L'effet d'inbreeding peut donc être important.

Par ailleurs ce niveau de ploïdie est nouveau chez le caféier. La régulation du fonctionnement des génomes doit donc être originale et complexe.

En outre, dans les hybrides réalisés sont confrontées

deux espèces provenant d'environnements très différents. L'une, le *C. arabica*, est adaptée à des altitudes élevées et donc à des températures moyennes et à un climat contrasté, tandis que l'autre, le *C. canephora*, est originaire d'un milieu plus chaud, à humidité élevée et constante. Il apparaît normal que les hybrides soient mal adaptés à des conditions écologiques satisfaisantes pour les seuls parents *C. canephora*.

(*) Lettre J. C. Vincent du 26.11.76 : échantillon N° 401/76 à 409/76.

L'amélioration des hybrides hexaploïdes doit donc s'organiser autour de ces trois points.

Une amélioration est envisageable au niveau des géniteurs. Nous avons montré l'importance de l'espèce *C. arabica* dans nos combinaisons hybrides. Aussi le choix de nouveaux géniteurs *C. arabica* mieux adaptés au climat de la caféiculture ivoirienne devrait-il permettre une amélioration de ces hybrides.

La méthode d'amélioration la plus rapide paraît être la recherche de phénotypes intéressants dans les descendances, à multiplier végétativement. En effet les croisements entre les hybrides hexaploïdes de première génération (H_0) donnent des descendances variables à structure plus hétérozygote. Les chances de trouver des individus ayant des caractéristiques intéressantes sont augmentées. Par cette méthode un supplément de vigueur pourra être obtenu et également une meilleure adaptation au milieu. A chaque génération les hybrides possédant les caractéristiques les plus favorables pourront être fixés par la multiplication végétative, la technique de bouturage utilisée pour le *C. canephora* étant transposable à ce type de plante.

Actuellement, nous disposons d'une base de départ

de cinq cents hybrides hexaploïdes environ. Dès à présent cinq mille jeunes plants descendant par fécondation libre de la génération H_0 sont installés en champ de présélection. Des descendances provenant de croisements contrôlés le seront en 1978.

Nous noterons que puisque toutes les espèces diploïdes ont le même génome de base (Charrier, 1976) il est possible de proposer des hybrides interspécifiques hexaploïdes où l'espèce *C. canephora* pourrait être remplacée par d'autres espèces diploïdes. Les résultats obtenus à Madagascar le confirment (Lanaud, communication verbale).

Nos premiers hybrides ont des exigences climatiques intermédiaires entre celles de *C. arabica* et celles de *C. canephora*. Ce type d'hybride pourrait donc être intéressant pour la caféiculture de certains pays, à altitude moyenne. Si l'adaptation de nos hybrides à un climat de basse altitude est réussie au cours des prochaines générations de croisements, ces arbres ne seront pas mis en concurrence avec les types Arabusta, mais, au contraire, contribueront à l'élargissement de la variabilité dont on dispose pour satisfaire les exigences des différents utilisateurs.

BERTHAUD (J.). — Caractéristiques comparées des hybrides interspécifiques tétraploïdes et hexaploïdes *Coffea arabica* L. × *C. canephora* Pierre. VIII^e Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan 28 nov.-3 déc. 1977. ASIC (Paris), 1979, p. 393-397, tabl., fig.

BERTHAUD (J.). — Comparative characteristics of interspecific tetraploid and hexaploid hybrids *Coffea arabica* L. × *C. canephora* Pierre. VIII^e Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan, 28 nov.-3 déc. 1977. ASIC (Paris), 1979, p. 393-397, tabl., fig.

Les premiers hybrides hexaploïdes sont comparés aux hybrides tétraploïdes (Arabusta) pour différentes caractéristiques biologiques et technologiques.

L'autostérilité est moins marquée chez les hybrides hexaploïdes que chez les Arabusta. Alors que la fertilité mâle des hybrides hexaploïdes est supérieure à celle des Arabusta, leur fertilité femelle est moins bonne. Le problème principal des hybrides hexaploïdes est leur moindre adaptation au climat de « basse altitude », ce qui se traduit par des taux importants de loges vides et une granulométrie plus faible. Par contre, la teneur en caféine des hybrides hexaploïdes (1,4 % M.S.) est inférieure à celle des Arabusta (2,0 % M.S.). La qualité à la tasse de ces hybrides hexaploïdes paraît satisfaisante.

L'amélioration des hybrides hexaploïdes devrait être obtenue par le choix de nouveaux géniteurs et surtout par la sélection des clones, multipliés végétativement, à l'intérieur de descendances provenant des croisements entre les premiers hybrides. De telles descendances plus variées et plus hétérozygotes sont actuellement mises en place pour mettre à l'épreuve leur adaptation aux conditions climatiques de la caféiculture ivoirienne.

The first hexaploid hybrids were compared with the tetraploid hybrids (Arabusta) for various biological and technological characteristics.

Self-sterility is less marked in hexaploid hybrids than in Arabusta. Whereas male fertility in hexaploid hybrids is greater than that in Arabusta, their female fertility is not as good. The main problem regarding hexaploid hybrids is their lesser ability to adapt to a « low altitude » climate, which is reflected by a greater proportion of empty loculi and smaller bean size. On the other hand, the caffeine content of the hexaploid hybrids (1.4 % DM) is smaller than that of the Arabusta (2.0 % DM). The cup quality of these hexaploid hybrids appears to be satisfactory.

The improvement of the hexaploid hybrids should be obtainable by choosing new parents and especially by breeding clones, propagated vegetatively, within the progenies of the crosses between the first hybrids. Such more varied and more heterozygotic progenies are at present being tested for their adaptability to the climatic conditions of coffee culture in Ivory Coast.