

LES HYBRIDES INTERSPÉCIFIQUES HEXAPLOÏDES *COFFEA ARABICA* X *C. CANEPHORA* :

Influence du milieu et de la structure génétique sur les potentialités agronomiques

D. LE PIERRÈS, F. ANTHONY

Action conjointe IFCC-ORSTOM

Centre de recherches de l'IFCC en Côte d'Ivoire *

Le croisement entre les deux espèces cultivées *C. arabica* ($2n = 44$ chromosomes) et *C. canephora* ($2n = 22$ chromosomes) conduit à des hybrides triploïdes vigoureux et stériles. On peut cependant obtenir des combinaisons hybrides fertiles, soit au niveau tétraploïde (Cramer, 1957 ; Monaco et Carvalho, 1975 ; Capot, 1972), soit au niveau hexaploïde (Orozco, 1975 ; Berthaud, 1977). Nos hybrides hexaploïdes de départ sont issus du doublement chromosomique des triploïdes selon la technique de Berthou (1975). Ils présentent des caractéristiques qualitatives proches de celles de *C. arabica* ainsi qu'un mauvais comportement en basse altitude (vigueur déficiente, architecture défavorable, faible production).

Quels sont les facteurs responsables du comportement des hybrides hexaploïdes : La préférence écologique du parent *C. arabica* pour l'altitude ? L'homozygotie de la structure hexaploïde induite par duplication chromosomique ? Les interactions géniques à ce niveau élevé de ploïdie ?

Nous avons vérifié ces différentes hypothèses, d'une part, en comparant le comportement d'hybrides hexaploïdes de départ cultivés en altitude et en basse altitude, d'autre part, en étudiant l'évolution de la structure génétique des descendance hexaploïdes de première génération. Nous présenterons les premières informations acquises au cours de ces expérimentations.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous mentionnons dans le tableau I les différents types de matériel végétal étudié et les lieux d'essai. Dans ces lieux d'essai les conditions écologiques sont les suivantes :

— au Mont Tonkoui : altitude 1.100 m, pluviosité 1.800 mm, une longue saison sèche de cinq

— à la Station IFCC de Divo : altitude 200 m, pluviosité 1.400 mm, température moyenne 26 °C, deux saisons sèches bien marquées.

Deux types d'hybrides hexaploïdes seront examinés : d'une part, les hexaploïdes de départ H_0 , cultivés en altitude et en basse altitude à Man

TABLEAU I
Obtention des hybrides hexaploïdes

Nomenclature	Généalogie	Lieux d'essai
Parents	<i>C. arabica</i> x <i>C. canephora</i> (2 n = 44) (2 n = 22)	
Hybrides F ₁	F ₁ (2 n = 33)	Man/Divo
Hybrides H ₀	Hybrides hexaploïdes (génération de départ 2 n = 66)	Man Mont Tonkouï
Hybrides H ₁	Hybrides hexaploïdes (1ère génération)	Man Divo

Nos études portent sur l'analyse des caractères suivants :

- le déficit de fertilité femelle estimé par le taux de graines caracolis et le taux de loges vides ; le premier exprime une stérilité ovulaire et/ou une stérilité zygotique précoce, alors que le second traduit une faillite plus tardive du développement de l'albumen, qui peut être d'ordre génétique et/ou physiologique ;
- le mode de reproduction, jugé d'après les

taux de réussite de la pollinisation libre et de l'autopollinisation ;

- les caractères de vigueur (diamètre au collet, hauteur, vitesse de croissance), et l'architecture (longueur des entre-nœuds, longueur des rameaux plagiotropes) ;

— les caractéristiques technologiques et de production : le rendement en café marchand, le poids de cent grains à 10 % d'humidité et la production par arbre de cerises fraîches (CF).

RÉSULTATS

Les hybrides hexaploïdes H₀

Effets de l'altitude sur la fertilité femelle

Le tableau II résume les pourcentages moyens de caracolis et de loges vides de *C. arabica*, des hexaploïdes et de l'Arabusta cultivés en altitude et en basse altitude.

On constate que l'effet de l'altitude sur le comportement des hexaploïdes se traduit, comme chez *C. arabica*, par une diminution du taux de caracolis et de loges vides. On remarque aussi qu'en basse altitude les hexaploïdes ont le même taux de caracolis que l'Arabusta (56 %), mais un taux de loges vides très supérieur (31 %) ; ce qui démontre bien leur mauvaise adaptation physiologique. Par contre, le taux de loges vides des hexaploïdes diminue

TABLEAU II
Variation des paramètres de la fertilité femelle avec les conditions de milieu

	% de caracolis		% de loges vides	
	Altitude	Basse altitude	Altitude	Basse altitude
<i>C. arabica</i>	10	14	6	11
Hexaploïdes H ₀	36	56	16	31
Arabusta	-	55	-	16

avec l'altitude, et atteint le même niveau que celui des Arabusta de basse altitude (16 %). La fertilité femelle des hexaploïdes est donc nettement améliorée avec l'altitude, et donne une proportion de fruits normaux supérieure à celle des Arabusta de basse altitude.

Quand on compare les paramètres de la fertilité femelle de différentes combinaisons génétiques hexaploïdes au Mont Tonkoui, on remarque de faibles variations intracombinaisons et intercombinaisons (tableau III).

TABLEAU III
Caractéristiques de la fertilité femelle dans cinq combinaisons hexaploïdes de départ

Combinaison	Nombre d'arbres	% de caracolis	% de loges vides
(8 x 86) H	29	34 ± 9	20 ± 10
(17 x 86) H	15	38 ± 9	14 ± 10
(10 x 60) H	16	34 ± 10	15 ± 10
(14 x 30) H	14	38 ± 7	13 ± 8
(59 x 471) H	11	35 ± 6	16 ± 11

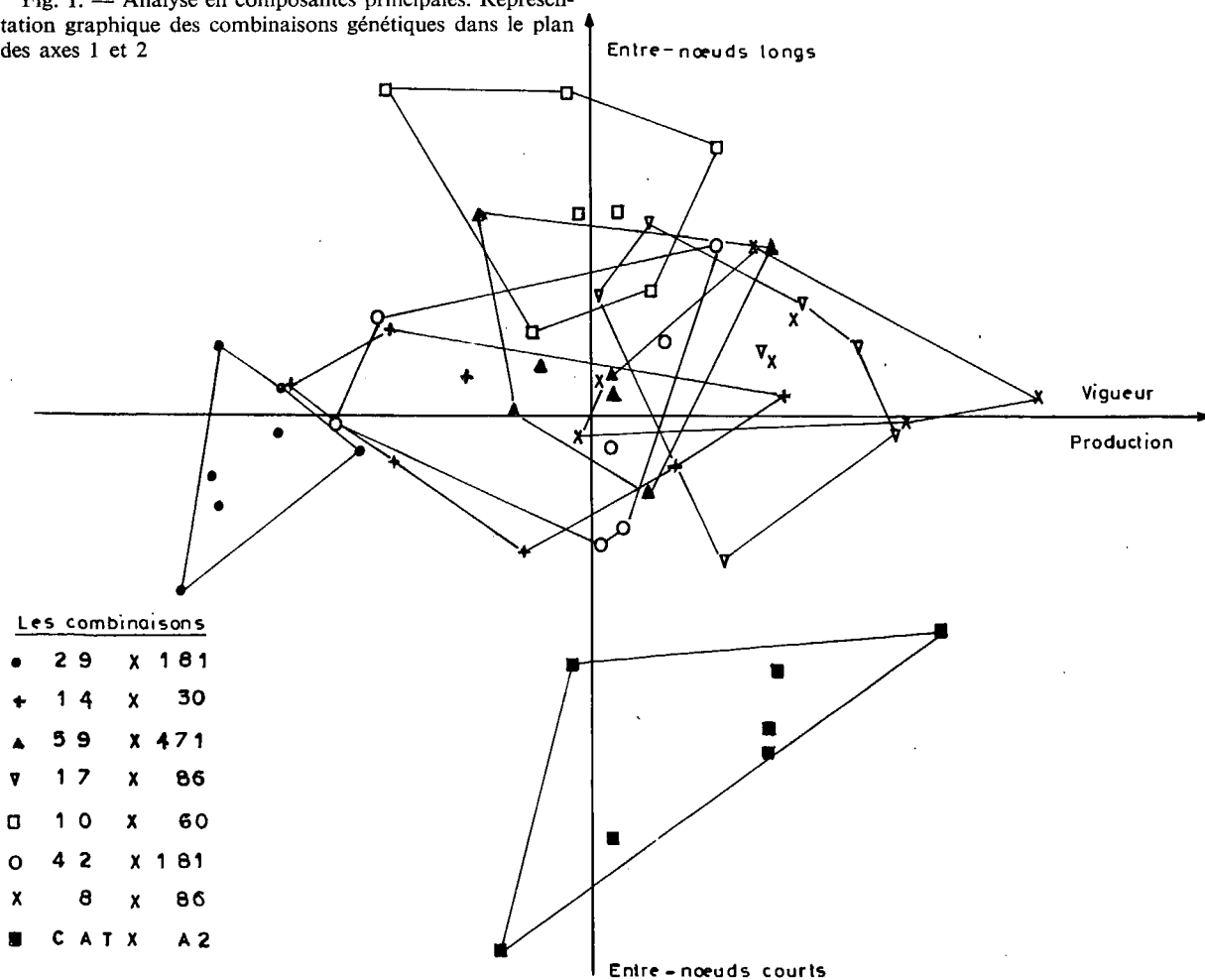
Ces résultats confirment le haut niveau de fertilité ovulaire et la bonne adaptation physiologique à l'altitude de la population des hybrides hexaploïdes H₀ étudiés.

Effets génétiques sur les caractères végétatifs et de production

L'observation des caractères de croissance orthotrope et de développement des rameaux porte sur une population de trois cents hybrides H₀ âgés de deux ans et cultivés au Mont Tonkoui. Ils manifestent un comportement similaire à celui de jeunes *C. arabica*. Il existe des différences intercombinaisons très hautement significatives et de faibles coefficients de variation intracombinaisons.

L'analyse en composantes principales de ces mêmes caractères auxquels nous avons adjoint la production, mesurés chez huit combinaisons hybrides de sept individus de la population d'hexaploïdes H₀, est représentée dans la figure 1. Les deux premiers axes expriment 58,9 % de la variation totale.

Fig. 1. — Analyse en composantes principales. Représentation graphique des combinaisons génétiques dans le plan des axes 1 et 2



Le premier axe regroupe principalement les caractères de vigueur végétative associés à la forte production. Le deuxième axe représente des caractères de développement : entre-nœuds et rameaux plagiotropes longs. L'analyse de la variance des données d'après leurs nouvelles coordonnées sur ces deux axes donne, comme auparavant, un effet combinaison très hautement significatif. On remarque la position particulière de la combinaison « Cat × A2 » issue du parent *C. arabica* « Caturra » : elle exprime de façon uniforme son caractère dominant « entre-nœuds courts ».

Caractéristiques technologiques et de production

Le rendement moyen en café marchand par rapport aux cerises fraîches de vingt-sept arbres est de 10,7 %, avec une étendue de variation de 7,7 à 14,1 %. Le poids de cent grains de soixante et un génotypes bons producteurs varie de 10,3 à 22 g, et la moyenne est de 16,9 g. La première production a été analysée sur deux cent quatre-vingt-dix génotypes : 11 % des caféiers ont donné plus de 2 kg de CF, et 3 % d'entre eux plus de 3 kg de CF. Le meilleur arbre a produit à sa première récolte 3,2 kg de CF avec un rendement en café marchand de

firmé ce résultat pour un hexaploïde H_0 isolé dans une parcelle de *C. arabica* : dans sa descendance libre, on a dénombré autant d'hexaploïdes issus de l'autofécondation que d'hybrides pentaploïdes venant du croisement avec *C. arabica*.

Les hybrides hexaploïdes H_1

On a comparé le comportement en basse altitude des descendance hexaploïdes H_1 obtenues suivant différentes modalités : en autofécondation, en croisements contrôlés et en fécondation libre.

Observation au stade jeune en pépinière

Pour vingt-six descendance de vingt-cinq individus provenant de six géniteurs H_0 , on a testé les effets « combinaisons de départ et types de descendance » d'après des caractères de croissance mesurés à cinq et neuf mois.

Avant cinq mois, on détecte quelques anomalies de la forme des feuilles et le blocage de la croissance sur environ 10 % des effectifs. A cinq mois, on

La hauteur des hexaploïdes ramifiés est légèrement plus grande que celle des *C. arabica*, et les coefficients de variation sont proches.

Comportement au champ des H₁ à Divo

Nous avons planté, sans possibilité de sélection en pépinière, quatre mille cinq cents hybrides hexaploïdes H₁ âgés de six mois et issus de quatre-vingts hybrides H₀ en fécondation libre. Après une année au champ, plus de la moitié de l'effectif de départ avait un développement anormal ou était mort. Leur mauvaise adaptation se caractérise par un manque de vigueur, peu de plagiotropes, des axes et rameaux souples, des floraisons étoilées et très fréquentes, une production nulle. Après deux ans, nous n'avons retenu qu'une vingtaine d'arbres à comportement végétatif et reproducteur normal.

La mortalité est importante dans les hybrides H₁ issus d'autofécondation (de 28 à 53 %) et assez forte pour les croisements (de 11 à 33 %).

Nous présentons dans le tableau IV simultanément les moyennes et les écarts types du diamètre au collet mesurés sur des hybrides H₁ issus d'autofécondation et de croisements, âgés de dix-huit mois.

TABLEAU IV

Diamètre au collet des hybrides H₁ (en cm)

Hybrides H ₀	Hybrides H ₁	
	Descendances d'autofécondation	Descendances de croisement
H ₂₇	16,9 ± 3,7*	18,9 ± 4,6*
H ₁₆₆	15,8 ± 5,4	20,2 ± 4,7
H ₁₉₈	17,5 ± 4,8	23,2 ± 4,1
H ₂₀₆	17,4 ± 3,8	20,8 ± 4,5
H ₂₀₄	18,1 ± 4,9	17,6 ± 4,3

(*) Ecart type de la descendance.

La comparaison des variances des « types de descendances » venant du même géniteur, par le test de Bartlett, montre que les descendances sont aussi homogènes en autofécondation qu'en croisement.

Les descendances d'autofécondation sont un peu plus dépressives que celles issues de croisements. Elles sont de toute façon beaucoup moins vigoureuses qu'une combinaison particulière Arabusta 8 × 181 T prise pour témoin.

CONCLUSION

Les résultats des observations effectuées sur les différents hybrides hexaploïdes *C. arabica* × *C. canephora* ont permis de dégager les informations suivantes :

1) Le comportement et le fonctionnement biologique des hybrides de départ H₀ sont fortement influencés par les conditions climatiques. Ces caféiers ont une bonne adaptation aux zones de culture de *C. arabica*, mais ne conviennent pas, tout au moins dans leur formule actuelle, à des plantations de basse altitude.

2) Les difficultés de sélection tiennent au fait qu'une prédiction de la valeur des hexaploïdes H₀ en fonction de celle des parents n'est pas possible, et que la sélection précoce n'est pas opérante. La sélection n'est efficace qu'après les observations individuelles pendant plusieurs années au champ.

3) Dans les conditions de basse altitude la vigueur des hexaploïdes de la génération suivante H₁ est limitée par rapport à celle attendue de véritables hybrides F₁. Cependant ces hybrides sont plus vigoureux que les lignées obtenues en autofécondation.

Chez les hybrides hexaploïdes constitués par l'addition des génomes complets de *C. arabica* et de *C. canephora* existe une structure génétique favorable à l'expression de la vigueur hybride, mais les interactions géniques à ce niveau de ploïdie sont complexes. Pour les hybrides H₀ de départ obtenus par duplication chromosomique et leurs descendances issues d'autofécondation qui sont homozygotes, il n'y a que des effets d'additivité et d'épistasie cis. Dans les hexaploïdes H₁ issus de croisements entre H₀ s'y ajoutent les effets d'épistasie trans.

La variabilité des hybrides hexaploïdes H₀ et H₁ dépend essentiellement d'aptitudes spécifiques à la combinaison des géniteurs représentant la diversité des espèces parentales. Ces hexaploïdes H₀ et H₁ possèdent une variabilité cachée importante ; celle-ci s'extériorisera par croisement en provoquant des recombinaisons au niveau de la deuxième génération (F₂) et des suivantes. C'est dans ces générations successives qu'il y a le plus de chance de sélectionner des individus exceptionnels utilisables en caféiculture.

Une autre source d'amélioration des hexaploïdes est fournie par l'emploi des géniteurs de *C. arabica* sélectionnés pour leur adaptation à la basse altitude. Il est également possible de diversifier les types hexaploïdes obtenus en remplaçant dans cet

hybride interspécifique l'espèce *C. canephora* par d'autres espèces diploïdes. Déjà les premiers hybrides hexaploïdes faisant intervenir *C. liberica* et *C. perrieri* semblent intéressants.

BIBLIOGRAPHIE

- BERTHAUD (J.), 1977. — L'hybridation interspécifique entre *Coffea arabica* L. et *Coffea canephora* Pierre. Obtention et comparaison des hybrides triploïdes, Arabusta et hexaploïdes. *Thèse de 3^e cycle*, Orsay, 51 p. (et *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXII, n° 1, janv.-mars 1978, p. 3-12, n° 2, avril-juin 1978, p. 87-109).
- BERTHAUD (J.), 1977. — Caractéristiques comparées des hybrides interspécifiques tétraploïdes et hexaploïdes *Coffea arabica* L. × *C. canephora* Pierre. In : 8^e Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan, 28 nov.-3 déc. 1977, ASIC (Paris), 1979, p. 393-397.
- BERTHOU (F.), 1975. — Méthode d'obtention de polyploïdes dans le genre *Coffea* par traitements localisés de bourgeons à la colchicine. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XIX, n° 3, p. 197-202.
- CAPOT (J.), 1972. — L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire. Les hybrides Arabusta. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVI, n° 1, p. 3-18.

- CAPOT (J.), 1975. — Obtention et perspectives d'un nouvel hybride de caféier en Côte d'Ivoire : l'Arabusta. In : 7^e Colloque Scientifique International sur le Café, Hambourg, 9-14 juin 1975. ASIC (Brême), 1976, p. 449-457.
- CRAMER (P. J. S.), 1957. — Review of literature of coffee research in Indonesia. *Turrialba* (Costa Rica), Interamerican Institute of Agricultural Sciences, 262 p. (Miscellaneous publ., n° 15).
- MONACO (L. C.), CARVALHO (A.), 1975. — Coffee breeding for leaf rust resistance. In : 7^e Colloque Scientifique International sur le Café, Hambourg, 9-14 juin 1975. ASIC (Brême), 1976, p. 437-445.
- OROZCO (F. J.), CASSALETT (C.), 1975. — La fertilidad y el diametro de los granos de polen en un híbrido interespecifico de café. *Cenicafé* (Chinchiná), vol. 26, n° 1, p. 38-48.

LE PIERRÈS (D.), ANTHONY (F.). — Les hybrides interspécifiques hexaploïdes *Coffea arabica* × *C. canephora* : influence du milieu et de la structure génétique sur les potentialités agronomiques. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 291-296, fig., tabl., réf.

LE PIERRÈS (D.), ANTHONY (F.). — Interspecific hexaploid hybrids *Coffea arabica* × *C. canephora*: influence of environment and of genetic structure on the agronomic potentialities. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 291-296, fig., tabl., réf.

Les hybrides hexaploïdes de départ plantés au Mont Tonkoui en Côte d'Ivoire (1.100 m) manifestent une bonne adaptation. L'altitude influence favorablement les caractéristiques de fertilité des arbres, leur production et la qualité du café.

The original hexaploid hybrids planted on Mount Tonkoui in Ivory Coast (1.100 m) showed good adaptability. Altitude favourably influences the fertility characteristics of the trees, their production and the quality of the coffee.

Au contraire, les descendances de première génération des hybrides hexaploïdes cultivées en basse altitude à Divo ont un mauvais fonctionnement et une faible vigueur quasi-générale.

On the other hand, the progenies of the first generation of hexaploid hybrids cultivated at low altitude at Divo had poor properties and almost generally little vigour.

La mauvaise adaptation de ces hybrides hexaploïdes aux conditions de la caféiculture ivoirienne s'apparente à celle de leur parent *C. arabica*. Des solutions génétiques sont recherchées.

The poor adaptability of these hexaploid hybrids to the Ivory Coast coffee culture conditions is very similar to that of their parent *C. arabica*. Genetic solutions to this problem are being sought.

LE PIERRÈS (D.), ANTHONY (F.). — Die zwischen-spezifischen hexaploiden Hybriden *Coffea arabica* × *C. canephora* : Einfluss der Umgebung und der genetischen Struktur auf die agronomische Potentialität. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 291-296, fig., tabl., réf.

LE PIERRÈS (D.), ANTHONY (F.). — Los híbridos interespecificos hexaploides *Coffea arabica* × *C. canephora* : influencia del medio y de la estructura genética respecto a las potencialidades agrómicas. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 291-296, fig., tabl., réf.

Die auf Mont Tonkoui in der Elfenbeinküste (1.100 m), gepflanzten hexaploiden Ausgangshybriden weisen eine gute Anpassungsfähigkeit auf. Die Höhenlage übt einen günstigen Einfluss auf die Fruchtbarkeitsmerkmale der Bäume, ihre Produktion und die Qualität des Kaffees aus.

Los híbridos hexaploides iniciales plantados en el Monte Tonkoui, en Costa de Marfil (1.100 m) manifiestan una correcta adaptación. La altitud constituye una influencia favorable para las características de fertilidad de los árboles, su producción y la calidad del café.

Die Abstammungen der ersten Generation der in niedriger Höhenlage in Divo gepflanzten hexaploiden Hybriden haben dagegen eine schlechte Wirkungsweise und sind fast allgemein wenig vigurös.

Por el contrario, las descendencias de primera generación de los híbridos hexaploides cultivados a baja altitud en Divo presentan un funcionamiento incorrecto y un reducido vigor en la inmensa mayoría de los casos.

Die schlechte Anpassung dieser hexaploiden Hybriden an die Verhältnisse der Kaffeekultur der Elfenbeinküste passt mit derjenigen ihrer Eltern, *C. arabica* zusammen. Es wird nach genetischen Lösungen geforscht.

La incorrecta adaptación de estos híbridos hexaploides a las condiciones del cultivo del café en Costa de Marfil guarda semejanza con aquella de su pariente *C. arabica*. Se continúa la investigación respecto a las soluciones genéticas.