

HYBRIDES INTERSPÉCIFIQUES ENTRE *COFFEA CANEPHORA* PIERRE ET *C. EUGENIOIDES* MOORE *

J. LOUARN**

Chargé de recherches de l'ORSTOM

Opération conjointe ORSTOM-IFCC

INTRODUCTION

L'espèce *C. arabica* L. donne un excellent café, mais n'est pas adaptée aux conditions climatiques des régions tropicales humides de basse altitude. L'espèce *C. canephora* est adaptée à ces conditions, mais donne un café de qualité inférieure possédant une teneur habituellement plus élevée en caféine. La sélection intraspécifique chez *C. canephora* n'ayant pas encore entraîné une amélioration qualitative décisive du café produit dans ces régions, cette amélioration est tentée par hybridation interspécifique.

Une voie immédiate consiste à hybrider les deux espèces. *C. arabica* étant tétraploïde ($2n = 4x = 44$ chromosomes) et *C. canephora* diploïde ($2n = 2x$), elle nécessite la duplication chromosomique des hybrides F_1 ou bien l'ajustement préalable des niveaux de ploïdie, pour que la fertilité des combinaisons hybrides soit appréciable. Les travaux sur ces hybrides sont particulièrement avancés au Brésil (Carvalho *et al.*, 1969 ; Monaco, rapporté par Pernès c. v.) et en Côte d'Ivoire (hybrides « Arabusta », Capot, 1972 ; Berthaud, 1975, Berthou, 1975, Kammacher, non publié). Au niveau tétraploïde (*C. arabica* $2n \times C. canephora$ $4n$), à la suite de plusieurs « back-cross » par *C. arabica*, des individus plus productifs et tolérants à la rouille ont été obtenus dans le premier pays ; dans le second, le niveau de productivité atteint par certains hybrides F_1 permettrait leur utilisation directe. Ces résultats prometteurs associés à la parenté génétique relevée entre *C. canephora* et par exemple le groupe des Libério-excelsoïdes, et

aux études déjà entreprises sur des hybrides combinant, au niveau tétraploïde, soit l'espèce *C. dewevrei*, soit des hybrides Conuga (*C. congensis* $\times C. canephora$) à *C. arabica* (Mendes, 1949 et Leliveld, 1940 cités par Sybenga, 1960 ; Chinnapà, 1970) montrent qu'un élargissement de cette voie d'amélioration est possible en remplaçant *C. canephora* par d'autres formes diploïdes.

Parmi les autres possibilités, une seconde voie s'appuie sur une série d'hypothèses concernant l'origine de *C. arabica*. La littérature suggère sa parenté avec l'espèce *C. eugenioides* diploïde, les auteurs l'attribuent essentiellement à leur adaptation analogue aux régions d'altitude, à la proximité de leurs aires de distribution géographique et à la ressemblance de certaines formes des deux espèces. Avec Carvalho (1952), la plupart s'accordent à imaginer *C. arabica* sous l'aspect d'un allotétraploïde à la formation duquel aurait participé *C. eugenioides* associé soit à des Canéphoroïdes (Carvalho et Monaco, 1968 ; Cramer, 1957), soit à des Libério-excelsoïdes (Doughty, cf. Fernie, 1966 ; Narasimhaswamy, 1962). S'il en était ainsi on pourrait recréer une combinaison « Arabica » adaptée ; rappelons cependant qu'il ne s'agit que d'hypothèses.

Dans le cadre de cette seconde voie, un programme d'hybridation interspécifique a été lancé à Madagascar ; il vise essentiellement à associer les qualités agronomiques de *C. canephora* à la faible teneur en caféine de *C. eugenioides*. Il est suffisamment avancé pour que nous puissions avoir une idée de sa valeur au niveau diploïde.

La position relative des deux espèces n'est pas bien définie : classé dans les *Mozambicoffea*, *C. eugenioides* pourrait être rangé avec *C. canephora* dans les *Erythrocoffea* (Chevalier, 1947 ; Carvalho et Monaco, 1968).

A l'état spontané, *C. canephora* se situe dans les

* Ce texte a fait l'objet d'une soutenance de thèse de troisième cycle le 10 juin 1975 à l'Université de Paris-Sud (centre d'Orsay).

** Adresse actuelle : ORSTOM, B. P. 434, Man, Côte d'Ivoire.

28 AVR. 1976³³

O. R. S. T. O. M.

Exl.

Collection de Référence

n° B 8414 Bio 37u

forêts tropicales et équatoriales de la Guinée jusqu'en Ouganda, *C. eugenioides* se trouve dans les forêts de montagne de l'Afrique orientale. Les deux aires de répartition se chevauchent en Ouganda et à l'Est du Kivu, où Thomas (1944) et Hille Ris Lambers (cf. Cramer, 1957) ont signalé l'existence des deux espèces dans les mêmes forêts.

Cette juxtaposition des deux espèces sans que des hybrides soient signalés semble indiquer qu'il s'agit d'espèces bien séparées. L'obtention d'hybrides lors de croisements contrôlés suggère pourtant une certaine parenté ; c'est ainsi que nous avons relevé une dizaine de plants hybrides obtenus par l'INÉAC (1959) au Zaïre, neuf plants F_1 « vigoureux et relativement fertiles », ainsi que

quelques individus F_2 rapportés par Carvalho et Monaco (1968) au Brésil et cinq plants « de peu de vigueur »... « morts progressivement » signalés en Inde par Narasimhaswamy et Vishveshwara (1967). A Madagascar soixante et un hybrides F_1 existent actuellement et plusieurs populations hybrides de deuxième génération ($F_1 \times F_1$ et « back-cross ») sont en cours de plantation.

L'étude de ces hybrides que nous avons poursuivie ces dernières années nous permet de discuter des rapports entre les deux espèces et d'envisager les possibilités de leur intégration dans un programme d'amélioration du café produit en basse altitude. L'essentiel du travail présenté ici portera sur l'analyse cytologique des parents et des hybrides.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel végétal

Les géniteurs *C. canephora* (clones K13, K26, K46, K55, K76) et *C. eugenioides* (population A16) proviennent des collections rassemblées sur les stations de recherches caféières de Madagascar.

Les clones de *C. canephora* ont été sélectionnés pour leur productivité à partir de croisements étalés dans le temps et impliquant des souches différentes (en particulier Robusta et Kouilou) ; leur base génétique est donc assez large.

Les pieds de *C. eugenioides* sont issus de graines rapportées d'un jardin de Nairobi, leur base génétique est restreinte.

Les six hybrides F_1 étudiés, obtenus par Vianney-Liaud et Charrier, résultent des croisements contrôlés suivants, le parent femelle étant placé en tête :

- GC1
 - GC2
 - GC3
 - GC4
 - CG5
 - CG6
- $\left. \begin{array}{l} \text{— GC1} \\ \text{— GC2} \\ \text{— GC3} \\ \text{— GC4} \end{array} \right\} C. eugenioides \text{ (A16 Amb. 19)} \times C. \text{ canephora (K76).}$
- $\text{— CG5 } C. canephora \text{ (K55)} \times C. eugenioides \text{ (A16).}$
- $\text{— CG6 } C. canephora \text{ (K13)} \times C. eugenioides \text{ (A16).}$

Les taux de réussite de ces types de croisements sont présentés dans le tableau I (Charrier, non publié).

Les hybrides de deuxième génération étudiés sont des descendants du CG5. Trois d'entre eux résultent d'un « back-cross » par *C. canephora* (clone K46), les autres ont été obtenus en fécondation libre.

Le matériel végétal est réparti sur les stations d'Illaka Est et de Kianjavato (Madagascar). En dehors des hybrides de deuxième génération obtenus en fécondation libre, les autres hybrides n'ont pas été plantés directement mais greffés, sous forme de plantules, sur des pieds du clone *Congusta* (Cramer, 1948) HB, particulièrement adapté aux conditions des stations de Madagascar.

Méthodes

L'étude des caractéristiques morphologiques a porté sur les pièces florales, les fruits et les graines pour lesquels des échantillons ont été prélevés au hasard, ainsi que sur les feuilles de rang trois ou quatre des rameaux secondaires. Trente feuilles, trente fleurs, cinquante fruits et cinquante graines sont mesurés par arbre. La longueur foliaire

TABLEAU

Résultats des hybridations entre *C. canephora* et *C. eugenioides* (d'après Charrier, non publié)

Nature du croisement	Nombre de fleurs	Nombre de graines	Hybrides viables	Graines pour 100 ovules	Hybrides pour 100 ovules
<i>C. canephora</i> (♀) × <i>C. eugenioides</i> (♂)	461	149	47	16,2	5,1
<i>C. eugenioides</i> (♀) × <i>C. canephora</i> (♂)	403	45	14	5,6	1,7

s'entend de la base du limbe à la naissance de l'acumen ; pour toutes les autres mesures, il s'agit de longueur hors tout. Les populations parentales sont définies sur un échantillon de seize arbres ; les hybrides F_1 sont représentés par les pieds les plus avancés, c'est-à-dire les six individus nommés ci-dessus.

Pour chacun des paramètres utilisés, nous avons déterminé le nombre de mesures « n » à effectuer pour ne pas dépasser une marge d'erreur de 5 % sur la moyenne, au seuil de probabilité 0,05, à partir de la relation :

$$n \simeq \frac{4 s^2}{d^2} \quad (\text{Dagnelie, 1969})$$

où « s^2 » est la variance de l'échantillon et « d » l'erreur maximale sur la moyenne. Remarquons qu'une marge d'erreur de 10 % est atteinte avec quatre fois moins de mesures.

C'est ainsi que pour l'ensemble du matériel étudié une précision de 95 % est atteinte, par arbre, en mesurant vingt-sept feuilles, vingt-cinq fleurs, vingt fruits et quarante-huit graines, par population, respectivement à ces organes, en prenant sept, quarante-huit, dix et douze arbres.

L'étude des densités de stomates a été effectuée à partir d'empreintes foliaires obtenues en appuyant fortement l'épiderme inférieur des feuilles contre une lame de rhodoïd préalablement rendue visqueuse par quelques gouttes d'acétone (Capot *et al.*, 1968). Les comptages ont lieu en dehors des nervures à raison de seize champs de microscope par feuille et seize feuilles par arbre, ce qui correspond à des précisions de respectivement 95 et 93 %, trente-deux arbres par population permettant ensuite d'atteindre une précision de 95 %. Les champs avaient une surface de 0,042 mm² pour *C. canephora* (dix à vingt stomates par champ en moyenne), de 0,166 mm² pour *C. eugenioides* (vingt-cinq à trente-sept) et les hybrides F_1 (trente à quarante et un).

Les dénombrements chromosomiques ont été réalisés sur écrasements de pointes radiculaires. Les jeunes racines subissent une préfixation dans une solution de sulfate de magnésium à 0,05 % saturée d' α -chloronaphtalène durant 2 h 30 à 4 °C, puis une fixation dans un mélange d'éthanol absolu et d'acide acétique glacial (3 : 1) durant au moins 24 h à 4 °C. La coloration est assurée ensuite par un mélange de 10 volumes d'hématoxyline à 2 % et de 1 volume d'alun ferrique à 0,5 %, tous deux dans l'acide acétique à 45 % durant 30 mn à la température ambiante. L'écrasement et le montage ont lieu entre lame et lamelle dans une goutte de colorant ; un chauffage rapide sur lampe à alcool permet une bonne différenciation des chromosomes (Louarn, 1972).

Pour la recherche des différents stades méiotiques, des étamines de *C. canephora*, de *C. eugenioides* et de leurs hybrides ont été prélevées entre 40 et 72 h après arrosage artificiel ou après une pluie d'au moins 5 mm, suffisante pour déclencher la mise à fleur de bourgeons floraux ayant atteint le stade « pause florale ». En effet, dans les conditions de la Côte Est malgache, la métaphase I de la méiose chez *C. canephora* se situe 40 à 41 h après l'induction de floraison lorsque les minimums nocturnes dépassent 19 °C. S'ils tombent en dessous, nous constatons pour ce stade des retards d'une douzaine d'heures, dépassant même 24 h lors de minimums de 13 à 14 °C. Chez les hybrides et chez *C. eugenioides*, la métaphase I se produit quelques heures plus tard.

Les techniques de fixation et de coloration employées dérivent de celles préconisées par Kammacher et Capot (1972). Les étamines sont fixées dans du Carnoy (6 volumes d'éthanol absolu + 3 volumes de chloroforme + 1 volume d'acide acétique glacial) contenant en dilution 5 % d'hydrate de chloral. Les cellules mères des grains de pollen obtenues par écrasement des anthères sont colorées par un mélange de carmin acétique (1 g de carmin dans 100 cm³ d'acide acétique à 45 %) et d'hématoxyline ferrique en solution acétique (comme ci-dessus). La différenciation des chromosomes est assurée par chauffage rapide sur une lampe à alcool.

Lorsque nous parlons de fertilité mâle, il s'agit du pourcentage des grains de pollen viables, reconnus à leur cytoplasme coloré au carmin de façon intense et homogène ou présentant de légères granulations non vésiculées. Techniquement, les fleurs sont récoltées la veille de la floraison et isolées en boîte de Pétri où elles s'épanouissent. Le pollen est alors prélevé, puis coloré sur une lame dans une goutte de carmin acétique.

Compte tenu des aléas climatiques ou parasitaires qui entraînent souvent la perte de jeunes ovaires ou de fruits, le taux de réussite de fécondation n'est pas assimilé à la fertilité femelle qui est le nombre de graines obtenues pour cent ovules mis en fécondation. Les ovaires de caféiers contenant généralement deux ovules, nous avons préféré estimer le taux de réussite de fécondation à partir du pourcentage de fruits contenant deux graines. Ce pourcentage représente la probabilité dans un ovaire qu'un ovule ayant été fécondé, le second le soit.

Les dosages de caféine ont été effectués par le laboratoire de l'IFCC à Nogent-sur-Marne*, selon les méthodes de « Kum Tatt modifiée » et de

* Les laboratoires de l'IFCC ont récemment été transférés à Montpellier.

Levine (Vincent c. v.). Les résultats donnés par la première étant pratiquement constants pour un même échantillon, nous n'avons pas tenu compte

des résultats variables, et par ailleurs plus faibles, indiqués par la seconde. Les teneurs sont exprimées en pourcentage de la matière sèche.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES PARENTS ET DES HYBRIDES

Description morphologique

Les parents et les hybrides F_1

Les traits les plus marquants des parents et des hybrides F_1 sont présentés ci-dessous :

C. canephora : rameaux forts, plagiotropes peu ou pas ramifiés ; feuilles grandes, ovales, allongées ou lancéolées, brusquement acuminées, portant en moyenne de onze à quinze paires de nervures secondaires, limbe internervaire papyracé, plat ou légèrement gaufré ; trois à cinq inflorescences axillaires comportant jusqu'à douze fleurs sur bois aoûté ou vert ; fleurs grandes montrant cinq à six pétales soudés en un tube étroit sur une partie de leur longueur, étamines insérées à la gorge, style exsert ; fruits moyens, ovoïdes, subglobuleux, parfois rectangulaires, rouges à maturité, rassemblés en glomérules denses ; graines moyennes, plan-ovoïdes.

C. eugenioides : rameaux très grêles, ramifications très nombreuses ; feuilles petites, ovales, lancéolées, brusquement acuminées, portant en moyenne de sept à neuf paires de nervures secondaires, limbe internervaire, papyracé à légèrement



Photo 1. — *C. eugenioides* : fructification

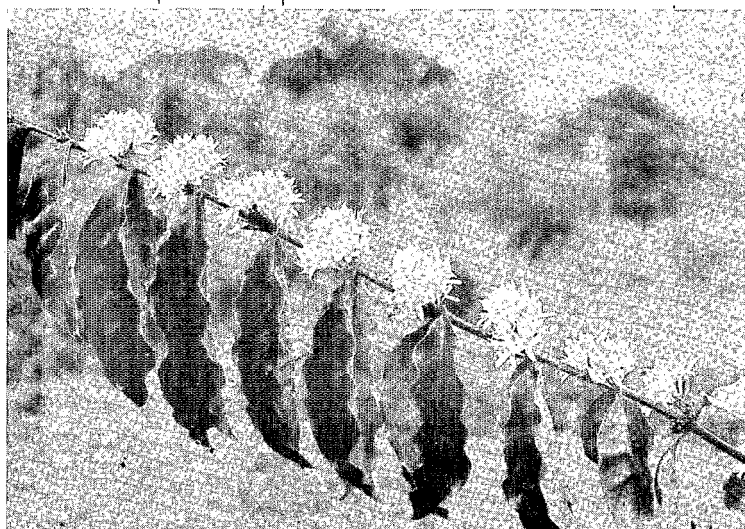


Photo 2. — Hybride GC1 : rameau fleuri



Photo 3. — Hybride CG5 : fructification

coriace, quelque peu gaufré, une à trois inflorescences axillaires comportant jusqu'à six fleurs sur bois aoûté ou vert ; fleurs petites présentant de quatre à six pétales, tube légèrement évasé, étamines insérées à la gorge, style exsert ; fruits petits, ovoïdes, subglobuleux, rouges à maturité, un à quatre par aisselle foliaire ; graines lenticulaires portant une fossette médiane sur la face plane (photo 1).

Les hybrides F_1 : rameaux parfois grêles, ramification en palmette importante comme *C. eugenioides* ; feuilles moyennes, oblongues, brusquement acuminées, intermédiaires entre celles des parents, portant en moyenne de dix à treize paires de nervures secondaires, limbe internervaire papyracé, légèrement gaufré ; trois à cinq inflorescences axillaires comportant jusqu'à douze fleurs comme *C. canephora*, fleurs moyennes généralement pentamères se rapprochant de *C. eugenioides*, tube légèrement évasé, étamines insérées à la gorge, style exsert ; fruits moyens, rectangulaires, rouges

à maturité et formant des glomérules assez lâches ; graines moyennes, plan-ellipsoïdes (photos 2 et 3).

Les caractéristiques quantitatives des feuilles, des fleurs, des fruits et des graines sont rassemblées dans les tableaux II, III, IV et V. Les deux espèces étant strictement allogames, l'étude de ces caractéristiques n'a pas porté sur les géniteurs utilisés dans les croisements, mais sur des populations aussi proches parentes que possible. Les parents *C. canephora*, fortement hétérozygotes de par leurs origines, sont représentés par seize de leurs descendants obtenus en fécondation libre intraspécifique (K13 FL et K55 FL). Les parents *C. eugenioides* sont représentés par seize individus de la population d'introduction qui, rappelons-le, a une base génétique très restreinte. Les mesures effectuées sur des arbres plantés directement ou greffés, placés dans des parcelles ou des stations différentes, ne se prêtent pas à des analyses statistiques. Quelques constatations peuvent cependant être faites. Pour chaque population, parentale ou hybride, nous

TABLEAU II

Caractéristiques foliaires des parents et des hybrides F_1

Matériel végétal	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Longueur/ Largeur	Nombre de nervures secondaires	Nombre de stomates par mm ²
<i>C. canephora</i>					
K13 FL	200,9 ± 11,1	92,9 ± 5,9	2,16 ± 0,13	12,6 ± 0,9	361 ± 49
K55 FL	194,7 ± 7,6	96,9 ± 3,6	2,03 ± 0,09	12,8 ± 0,7	334 ± 37
<i>C. eugenioides</i>					
A16	71,0 ± 8,5	23,3 ± 2,5	3,09 ± 0,20	8,0 ± 0,2	186 ± 23
Hybrides F_1					
CG et GC	140,0 ± 8,8	59,4 ± 4,7	2,38 ± 0,09	11,1 ± 0,9	205 ± 25

TABLEAU III

Caractéristiques florales des parents et des hybrides F₁

Matériel végétal	Nombre de pétales	Longueur du tube (mm)	Longueur du pétale libre (mm)	Largeur du pétale (mm)	Longueur des étamines (mm)	Longueur du style (mm)	Longueur des stigmates (mm)
<i>C. canephora</i>							
K13 FL	5,12 ± 0,01	13,1 ± 2,1	15,8 ± 2,0	4,8 ± 0,6	10,6 ± 0,9	19,9 ± 2,9	7,2 ± 1,2
K55 FL	5,20 ± 0,04	13,3 ± 2,0	14,5 ± 1,7	4,9 ± 0,5	10,8 ± 1,4	20,1 ± 2,0	6,1 ± 0,8
<i>C. eugenioides</i>							
A16	4,96 ± 0,01	8,0 ± 0,9	12,6 ± 1,4	5,8 ± 0,5	7,4 ± 0,6	13,0 ± 1,3	4,8 ± 0,5
Hybrides F ₁							
CG et GC	5,03 ± 0,04	11,6 ± 1,2	14,0 ± 1,1	5,9 ± 0,4	8,5 ± 0,6	18,7 ± 2,3	6,0 ± 0,6

TABLEAU IV

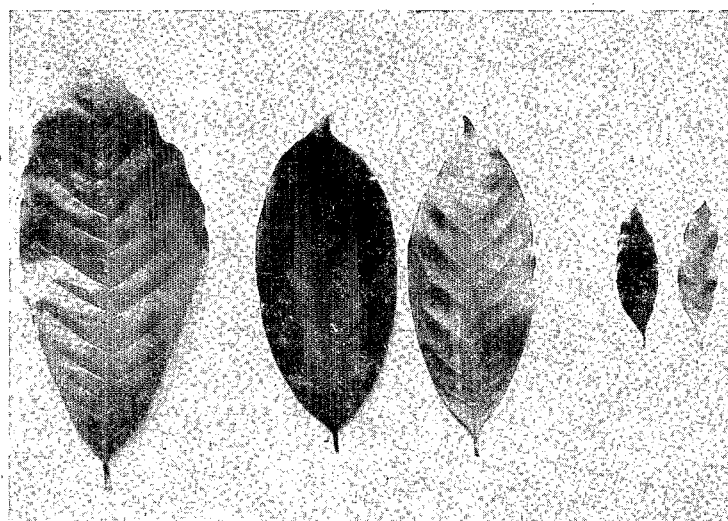
Caractéristiques des fruits des parents et des hybrides F₁

Matériel végétal	Longueur (1/10 mm)	Largeur (1/10 mm)	Épaisseur (1/10 mm)
<i>C. canephora</i>			
K13 FL	144,9 ± 11,6	138,3 ± 8,8	115,2 ± 6,8
K55 FL	149,0 ± 7,9	137,1 ± 6,9	112,1 ± 5,4
<i>C. eugenioides</i>			
A16	103,4 ± 4,9	92,6 ± 4,9	83,3 ± 3,6
Hybrides F ₁			
CG et GC	159,5 ± 11,8	138,5 ± 5,6	116,1 ± 5,1

TABLEAU V

Caractéristiques des graines des parents et des hybrides F₁

Matériel végétal	Longueur (1/10 mm)	Largeur (1/10 mm)	Épaisseur (1/10 mm)
<i>C. canephora</i>			
K13 FL	95,4 ± 6,7	76,1 ± 3,7	48,9 ± 2,4
K55 FL	99,7 ± 8,3	69,3 ± 3,3	47,3 ± 2,2
<i>C. eugenioides</i>			
A16	68,9 ± 4,5	50,9 ± 2,8	32,4 ± 2,8
Hybrides F ₁			
CG et GC	101,8 ± 7,2	74,0 ± 1,7	48,5 ± 0,6

Photo 4. — Feuilles de *C. canephora* (à gauche), de *C. eugenioides* (à droite) et de l'hybride CG5 (au centre)

avons relevé un effet pied pour les caractères étudiés. Dans ces populations, les variabilités sont du même ordre de grandeur.

Les dimensions foliaires des hybrides F₁ sont intermédiaires entre celles des parents (photo 4). Les densités de stomates des hybrides F₁ (205 sto-

mates par mm²) et de *C. eugenioides* (186) sont du même ordre de grandeur ; elles sont beaucoup plus faibles que celles de *C. canephora* (348).

Les dimensions des pièces florales sont généralement comprises entre celles des espèces parentes.

Les mensurations des fruits et des graines des

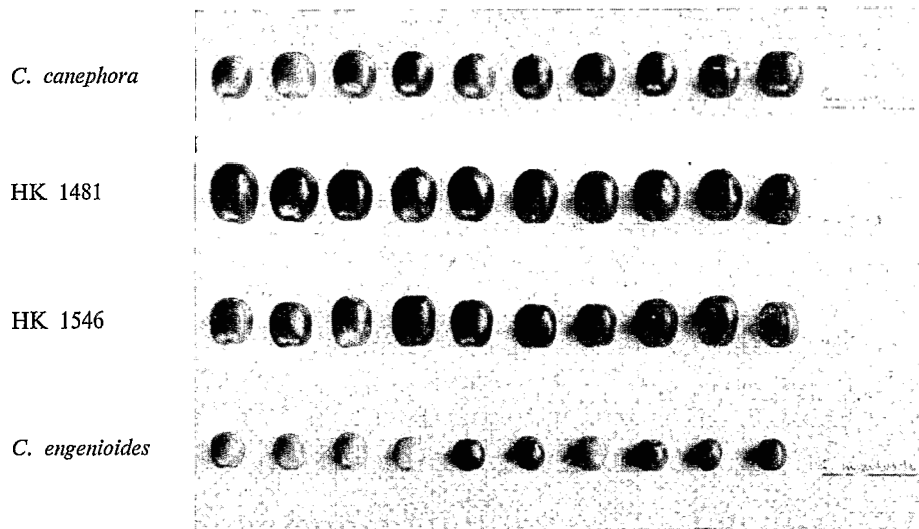


Photo 5. — Fruits de *C. canephora* (en haut), de *C. engenioides* (en bas) et des hybrides CG5 et CG6 (au milieu)

hybrides F_1 sont équivalentes à celles de *C. canephora* (photo 5).

Les hybrides de deuxième génération

Les caractères observés dans les populations parentales étant bien différenciés, leur recombinaison après la méiose des hybrides F_1 était attendue. Nous avons pu en observer les effets dans les multiples combinaisons obtenues de type $F_1 \times F_1$ ou « back-cross ». Les hybrides de deuxième génération présentent des phénotypes très variés généralement compris entre ceux des parents. Quelques individus montrent des caractères morphologiques anormaux : feuilles fripées ou ridées, feuilles fortement lancéolées présentant des nervures secondaires qui forment un angle très aigu avec la nervure principale, blocages de croissance « en rosette ».

Nombres chromosomiques et caryotypes

Les deux espèces sont réputées diploïdes à $2n = 2x = 22$ chromosomes. Leurs caryotypes ont été étudiés par Bouharmont (1959), ils correspondent au caryogramme moyen des caféiers africains établi par ce même auteur.

Les garnitures chromosomiques diffèrent essentiellement par leur longueur totale, $33,8 \mu$ chez *C. engenioides* contre $29,8 \mu$ chez *C. canephora*.

Les dimensions des chromosomes sont comprises entre $1,18$ et $2,31 \mu$ pour la première espèce et $1,00$ et $1,94$ pour la seconde. Les centromères mis en évidence sont médians ou submédians. Les chromosomes étant classés deux par deux par rang de taille décroissant, le numéro 1 et le numéro IV portent respectivement une constriction secondaire submédiane et un satellite sur leur bras long. Ces éléments montrent qu'il sera quasiment impossible de distinguer chez les hybrides la filiation des divers chromosomes parentaux.

Le nombre de chromosomes somatiques chez les six hybrides F_1 entre les deux espèces a été vérifié, il est de $2n = 2x = 22$ (photo 6).

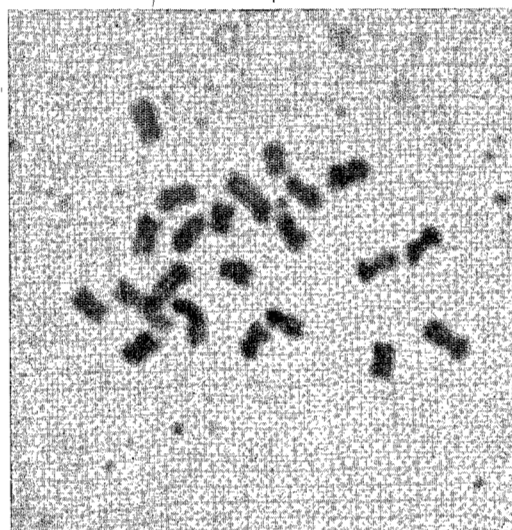


Photo 6. — Hybride GC2 : chromosomes mitotiques en métaphase

Biologie florale et fructification

Les floraisons de *C. canephora* sont plus précoces et plus étalées dans le temps (juin à octobre) que celles de *C. eugenioides* (fin septembre à début novembre). Parmi les hybrides F₁, le pied GC4 se comporte comme *C. canephora*, GC3 comme *C. eugenioides*, les autres fleurissent avec les hybrides de deuxième génération de la mi-août au début novembre.

Les caractéristiques de floraison et de fructification correspondant à une même induction florale sont rassemblées dans le tableau VI. On lit dans ce tableau que les bourgeons floraux de *C. canephora* répondent plus rapidement à l'induction florale que ceux de *C. eugenioides*; ajoutons que les floraisons sont beaucoup mieux groupées chez *C. canephora* (un à deux jours contre trois). Vis-à-vis de ces caractères, les hybrides F₁ sont intermédiaires entre les deux espèces; les hybrides de deuxième génération se comportent comme *C. canephora*.

TABLEAU VI

Délais caractéristiques de floraison et de fructification à compter du jour de l'induction florale

Matériel végétal	Floraison (jours)	Nouaison (mois)	Maturité (mois)
<i>C. canephora</i>	7 à 8	3	10 à 11
<i>C. eugenioides</i>	9 à 11	4	9 à 10
Hybrides F ₁	8 à 9	4	10 à 11
Hybrides F ₂	7 à 8	3 à 4	10 à 11

Comme leurs parents, les hybrides F₁ se sont révélés autostériles; 650 fleurs isolées en autofécondation n'ont abouti à aucune nouaison, alors que nous obtenions 378 nouaisons pour 990 fleurs laissées en fécondation libre. Les hybrides de deuxième génération n'ont pas été étudiés pour ce caractère.

Caractères agronomiques

Le caractère chétif des jeunes hybrides F₁ a souvent nécessité leur greffage. A l'état adulte, plantés directement ou greffés, ils sont vigoureux et présentent un encombrement spatial intermédiaire entre ceux des parents.

Une quarantaine de fleurs par nœud, un nombre élevé de nœuds florifères sur les rameaux secondaires (fréquemment quatorze dans la cime de l'arbre) joints à leur ramification « en palmette », sans cesse renouvelée, donnent à ces arbres un potentiel floral élevé.

Leur production de graines est moyenne: 600 à 1.100 g de « café marchand » pour la deuxième récolte effectuée sur les pieds GC1 à GC4 placés en pollinisation libre réciproque. Dans ces conditions, le taux de « graines caracolis », c'est-à-dire de graines ovoïdes issues de fruits ne contenant qu'une seule graine, est supérieur à 66 %.

La granulométrie des hybrides F₁ (17 à 19 g pour cent graines) est du même ordre de grandeur que celle des parents *C. canephora* (18 à 21 g) et sans aucune commune mesure avec celle de *C. eugenioides* (3 à 4 g).

La population *C. eugenioides* parentale est sensible aux races locales de rouille orangée *Hemileia vastatrix*. Comme les géniteurs *C. canephora*, les hybrides F₁ y sont résistants. Les hybrides de seconde génération présentent par contre une grande variabilité pour ce caractère; en particulier, des populations de deuxième génération à dominante sensible sont obtenues lors de « back-cross » par des géniteurs *C. canephora* sensibles.

Valeur technologique

Teneur en caféine

Les teneurs en caféine des parents sont de 1,86 à 2,28 % pour *C. canephora* et de 0,23 à 0,43 %, c'est-à-dire une teneur beaucoup plus faible, pour *C. eugenioides*. Ces chiffres ainsi que ceux correspondant aux hybrides F₁ sont regroupés dans le tableau VII. On lit dans ce tableau que la teneur correspondant aux pieds F₁ est intermédiaire entre celles des parents. Des six hybrides F₁ mentionnés, les quatre premiers sont issus d'une mère *C. eugenioides*, les deux derniers d'une mère *C. canephora*. Les teneurs sont du même ordre dans les deux cas, il ne paraît donc pas y avoir d'influence maternelle.

Les premiers dosages de caféine correspondant à des pieds de la seconde génération hybride issue de « back-cross » par *C. canephora* indiquent des teneurs généralement plus élevées que celles des hybrides F₁, 1,52 à 2,11 % contre 1,19 à 1,53 %.

TABLEAU VII

Teneur en caféine des hybrides F₁ et de leurs parents

Hybrides	<i>C. canephora</i>	<i>C. eugenioides</i>
GC1 1,53	K76 2,28	population
GC2 1,45		
GC3 1,44		
GC4 1,38		
CG5 1,23	K55 2,08	A16 0,23-0,43
CG6 1,19	K13 1,86	

Valeur organoleptique

Compte tenu de la difficulté de préparation de petites quantités de café vert dans de bonnes conditions, la valeur du breuvage fourni par les hybrides F_1 ne pourra être appréciée de façon

acceptable que lorsqu'un nombre important d'hybrides entrera en production. Des premières dégustations effectuées sur de très petits lots, nous retiendrons cependant l'idée d'un breuvage présentant moins de corps et de force que celui de *C. canephora* et se rapprochant de celui de *C. eugenioides*.

COMPORTEMENT MÉIOTIQUE ET FERTILITÉ DES PARENTS ET DES HYBRIDES

Comportement méiotique

Nous avons essentiellement à comparer l'appariement chez les parents et chez les hybrides. Autrement dit l'appariement est-il banal chez les parents ? Y-a-t-il appariement chez les hybrides ? Cet appariement s'étend-il à tous les chromosomes ou non ? Les paires observées sont-elles de type classique ou non (bivalent droit ou en anneau par exemple) ?

Dans le cas des hybrides, pour décrire les situations rencontrées, nous reprendrons les deux paramètres utilisés par Essad (1962) : le rapport du nombre de bivalents au nombre de paires de chromosomes étudiés que nous appellerons « p », et le rapport du nombre de bivalents en anneau au nombre total de bivalents que nous appellerons « l ».

Comportement méiotique des parents

Lors de l'analyse méiotique de différents géniteurs *C. arabica* et *C. canephora* de Côte d'Ivoire, Kam-macher et Capot (1972) signalent la présence d'associations trivalentes et quadrivalentes dans environ 5 % des cellules mères des grains de pollen étudiées en métaphase I. Nos observations effectuées sur diverses espèces (y compris *C. canephora* et *C. eugenioides*) et hybrides diploïdes aboutissent à des résultats analogues.

La présence d'associations multivalentes chez des espèces diploïdes à $2n = 2x$ chromosomes constitue une anomalie ; aussi, avant d'entreprendre l'étude du comportement méiotique des géniteurs utilisés dans les croisements, convient-il d'en rechercher la signification.

Etude des associations quadrivalentes chez les clones K13 et K26 de *C. canephora*

La constance d'apparition des associations quadrivalentes dans les analyses effectuées sur diverses espèces diploïdes, jointe au fait qu'elles

n'avaient pas été signalées auparavant (Dublin, 1957 ; Leliveld, 1940a et Mendes, 1950a, cités par Sybenga, 1960 ; Chinnappa, 1970 ; Narayan et Reddy, 1972), nous a conduit à nous demander si l'adjonction au Carnoy (fixateur très classique) d'hydrate de chloral n'en était pas responsable.

En partant d'une même fleur dont les étamines sont fixées pour une part dans du Carnoy et pour une autre part dans du Carnoy additionné d'hydrate de chloral, nous avons pu comparer l'action des deux fixateurs. Seules les fleurs, dont au moins cinquante cellules mères sont analysées pour chaque fixateur, ont été utilisées pour les comparaisons.

Dans les deux cas, on observe des associations quadrivalentes. Nous en avons rencontré davantage après utilisation d'hydrate de chloral, mais les chiffres obtenus groupés dans le tableau VIII ne sont pas significativement différents (cf. p. 42).

Quelle que soit la fixation utilisée, le caractère important paraît être l'aspect non typique des multivalents. Les quadrivalents se présentent la plupart du temps sous forme de deux bivalents réunis par une, deux, parfois trois liaisons, souvent ténues, s'attachant indifféremment au niveau des chiasmes terminaux, dans les régions centromériques ou à l'extrémité des bras chromosomiques (photos 7 et 8, p. 42). Les types de bivalents associés sont variés.

Une cellule contenait une association hexavalente, trois autres montraient deux associations quadrivalentes.

Si l'on ne tient compte que des cellules fixées par le Carnoy seul, 7 % d'entre elles renferment des associations multivalentes. Les types de liaison entre bivalents et les fertilités polliniques élevées des deux clones (supérieures à 96 %) éliminent l'hypothèse de translocations entre les stocks haploïdes de chromosomes ayant participé à la formation de leurs génotypes.

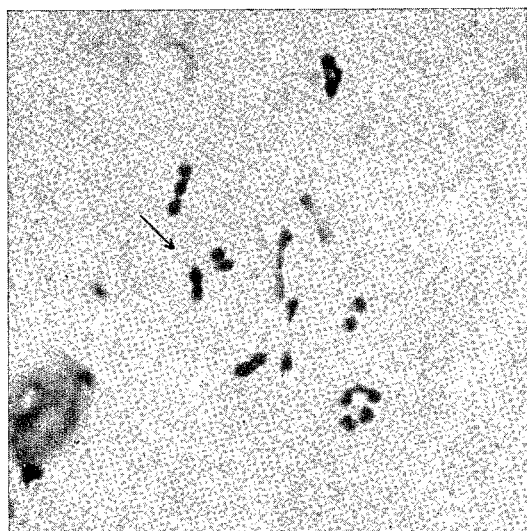
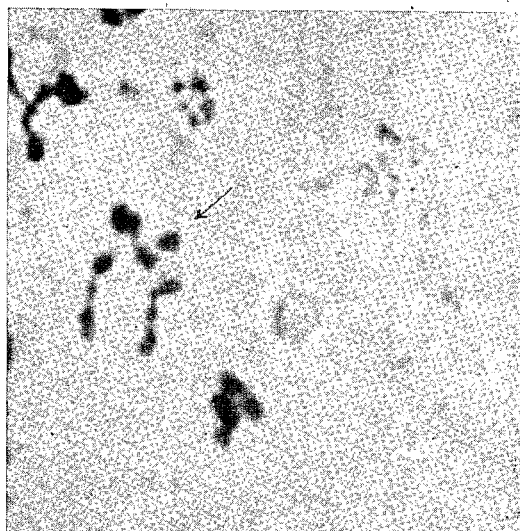
Ces associations ne peuvent être assimilées à de vrais quadrivalents. Pour les présenter dans les analyses qui suivent, nous reprendrons le terme de « pseudo-quadrivalent » utilisé dans un cas analogue par Grüber (1961) chez *Lycopersicon escu-*

TABLEAU VIII

Fréquence des associations multivalentes par cellule mère selon le type de fixateur chez les clones K13 et K26 de *C. canephora*

Matériel végétal	Carnoy				Carnoy + hydrate de chloral			
	Nombre de CMP	Nombre de IV	Autres	% multivalents	Nombre de CMP	Nombre de IV	Autres	% multivalents
K13								
Fleur 7	60	7	—	11,62	60	6	—	10,00
Fleur 8	60	2	—	3,33	60	6	—	10,00
Fleur 9	82	3	—	3,66	77	12	—	15,58
Autres fleurs	196	11	1 VI	5,61	142	16	—	11,27
K26								
Fleur 5	66	8	—	12,12	66	12	—	18,18
Fleur 6	59	6	—	10,16	70	8	—	11,42
Fleur 7	75	9	—	12,00	75	10	—	13,33
Fleur 9	75	3	—	4,00	75	3	—	4,00
Total	673	49	1 VI	7,28	625	73	—	11,68

CMP : cellules mères du pollen ; IV : association quadrivalente ; VI : association hexavalente.

Photo 7. — Clone K13 de *C. canephora* pseudo-quadrivalent constitué de deux bivalents en anneau réunis par deux liaisons ténuesPhoto 8. — Clone K26 de *C. canephora* pseudo-quadrivalent constitué de deux bivalents en anneau

lentum ($2n = 2x = 24$ chromosomes). Nous les signalerons sans pour cela en tenir compte dans le calcul des différents paramètres de la méiose.

Etude du comportement méiotique

Le tableau IX regroupe les résultats des observations faites à la métaphase I sur les cellules mères du pollen.

C. canephora

La plupart des cellules mères présentent un appariement régulier de onze bivalents (photo 9). Le nombre de bivalents par cellule chez les cinq clones est homogène, il est en moyenne de 10,95. Une valeur de « p » égale à 0,995 indique que moins d'un appariement sur cent est manqué ou n'est pas maintenu. Les valeurs de « l » peu différentes de 0,5 chez quatre clones montrent que les bivalents droits

TABLEAU IX

Formules méiotiques en métaphase I et fertilité des espèces et des hybrides F₁

Matériel végétal	Nombre de CMP	I	II	p	1	Fertilité pollinique %	% de fruits contenant 2 graines	Graines pour 100 ovules
<i>C. canephora</i>								
K13.....	50	0,16	10,92	0,993	0,504	97		
K26.....	50	0,08	10,96	0,996	0,524	98		
K46.....	50	0,16	10,92	0,993	0,447	95		
K55.....	50	0,08	10,96	0,996	0,305	95		
K76.....	50	0,04	10,98	0,998	0,486	97		
Moyenne		0,104	10,948	0,995	0,453	96,4	56,2	41,7
<i>C. eugenioides</i>								
A16-B72	40	0,35	10,825	0,984	0,624			
A16-B75	40	0,75	10,625	0,966	0,574			
A16-B76	40	0,15	10,925	0,993	0,703			
A16-C97.....	40	0,30	10,850	0,986	0,691			
A16-C103.....	40	0,50	10,750	0,977	0,674			
Moyenne		0,410	10,795	0,981	0,653	89,4	85 à 93	54,8
Hybrides F ₁								
GC1	100	1,88	10,06	0,915	0,444	39,0	37 à 40	12,7
GC2	100	1,30	10,35	0,941	0,297	45,7	36 à 49	13,6
GC3	100	2,22	9,89	0,899	0,311	33,5	26 à 39	9,0
GC4	100	1,64	10,18	0,925	0,385	48,4	45 à 55	19,5
CG5	100	1,60	10,20	0,927	0,440	48,2	39 à 62	—
CG6	100	1,90	10,05	0,914	0,451	40,9	39 à 45	—
Moyenne		1,756	10,122	0,920	0,388	42,6		13,7

CMP : cellules mères du pollen ; I : univalents ; II : bivalents ; p : rapport du nombre de bivalents au nombre total de paires de chromosomes ; 1 : rapport du nombre de bivalents en anneau au nombre total de bivalents.

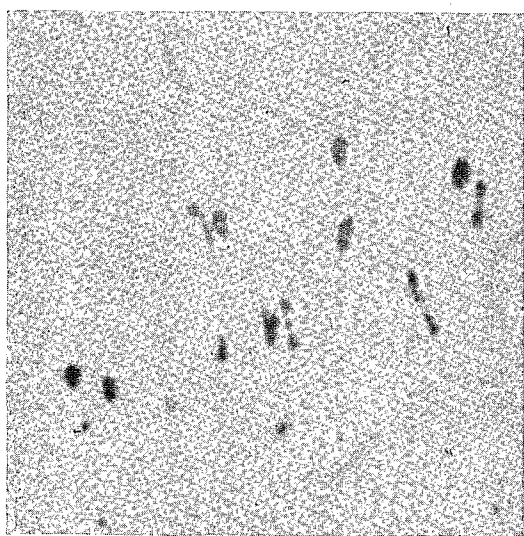


Photo 9. — *C. canephora* : métaphase I régulière (onze bivalents)

et en anneau sont sensiblement en nombre égal ; chez le clone K55, ces derniers sont moins nombreux ($1 = 0,305$). Selon les clones, 0 à 14 % des cellules contiennent un pseudo-quadrivalent.

Les disjonctions en anaphase I sont régulières (vingt-quatre anaphases 11-11 chez le clone K55) ; nous avons remarqué quelques ponts de chromatine.

C. eugenioides

La population *C. eugenioides* ayant été utilisée à la fois comme géniteur mâle et femelle, nous avons étudié le comportement méiotique de cinq pieds pris au hasard. Leur comportement en métaphase I est homogène. La majorité des cellules mères présente un appariement régulier de onze bivalents (photo 10, p. 44). Le nombre moyen de bivalents par cellule est de 10,80. Deux appariements sur cent sont manqués ou ne sont pas maintenus ($p = 0,981$). Les bivalents en anneau sont plus fréquents que les bivalents droits ($1 = 0,653$). Selon les pieds, 5

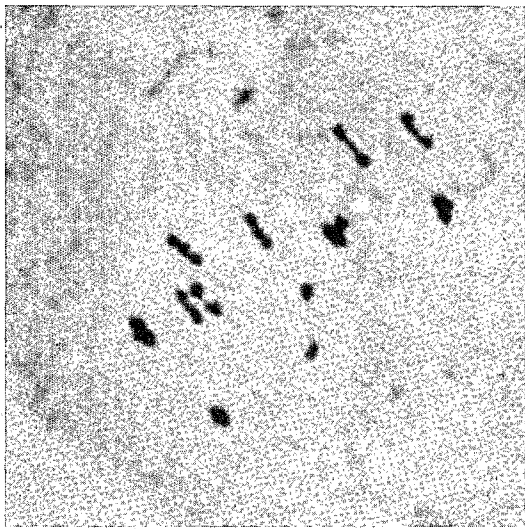


Photo 10. — *C. eugenioides* :
métaphase I régulière (onze bivalents)

à 23 % des cellules mères renferment des pseudo-quadrivalents de constitution équivalente à celle trouvée chez *C. canephora*.

Les disjonctions en anaphase I étudiées sur quarante-deux cellules du pied A16-C97 sont régulières ; notons un pont de chromatine dans 12 % des cellules.

Comportement méiotique des hybrides F₁

Le comportement en métaphase I des six hybrides F₁ est homogène (tableaux IX et X). 35 % des cellules mères présentent un appariement régulier de onze bivalents (photo 11), les autres renferment de une à quatre paires d'univalents (photo 12), celles à une paire sont les plus fréquentes (45,8 %). On observe en moyenne 10,12 bivalents et 1,76 univalent par cellule ; huit appariements sur cent sont manqués ou ne sont pas maintenus ($p = 0,920$). Les bivalents en anneau sont moins nombreux que les bivalents droits ($p = 0,388$). Les associations trivalentes et quadrivalentes qui apparaissent dans 2 à 11 % des cellules doivent être considérées comme des pseudo-multivalents. Par la nature des liaisons entre bivalents et par la diversité des bivalents qui les composent, les associations quadrivalentes sont semblables à celles trouvées chez les parents (photo 13) ; les associations trivalentes ne sont pas typiques et diffèrent par le bivalent qu'elles contiennent.

Les disjonctions chromosomiques observées en anaphase I sont présentées dans le tableau XI. 32,6 à 57,1 % des cellules montrent des disjonctions équilibrées 11-11. Les disjonctions déséquilibrées (10-12, 9-13) sont fréquentes, mais la majorité des cellules restantes renferme des chromosomes

TABLEAU X

Pourcentage des cellules mères du pollen (CMP) comportant n univalents (I) chez les hybrides F₁

Nombre I par CMP :	0	2	4	6	8
Hybrides					
GC1	35	42	18	4	1
GC2	44	47	9	—	—
GC3	23	50	20	7	—
GC4	35	52	10	2	1
CG5	41	39	19	1	—
CG6	32	45	20	2	1
Moyenne	35,0	45,8	16,0	2,7	0,5

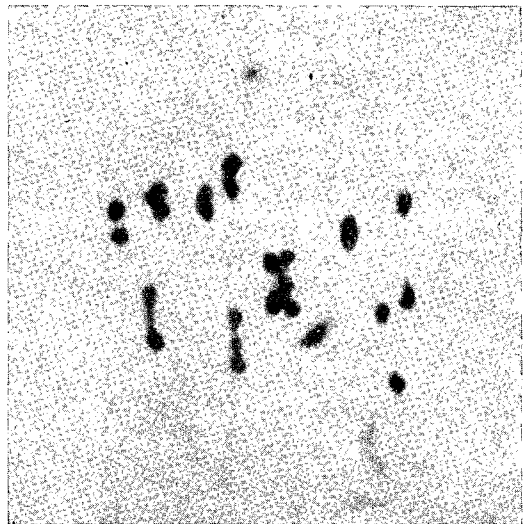


Photo 11. — Hybride CG5 :
métaphase I régulière (onze bivalents)



Photo 12. — Hybride CG5 :
métaphase I (neuf bivalents, quatre univalents)

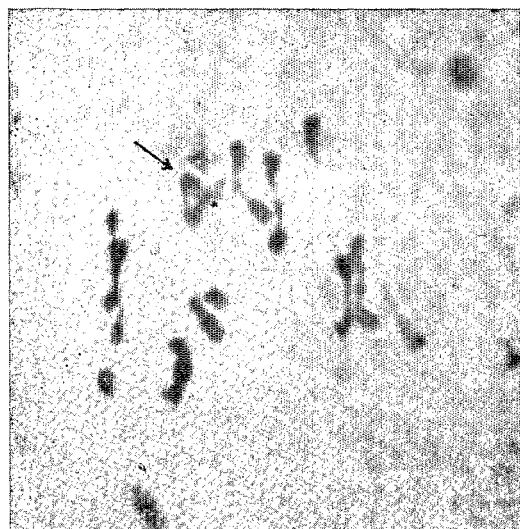


Photo 13. — Hybride GC2 : métaphase I (dix bivalents, dont un droit et un en anneau, réunis en un pseudo-quadrivalent, deux univalents)

trainards dont environ la moitié subit la séparation de leurs chromatides. La fréquence des groupes de onze chromosomes montés aux pôles des cellules mères varie de 38 à 62 %, ceux de dix sont ensuite les plus nombreux.

Au stade « tétrades », 85 % des cellules mères contiennent quatre microspores, des microspores surnuméraires apparaissent dans la plupart des autres (tableau XII).

TABLEAU XI
Disjonctions chromosomiques en anaphase I et résultats de ces disjonctions chez quatre hybrides F₁ (en %)

	GC2	GC3	GC4	CG5
Disjonctions				
11-0-11	57,1	32,6	45,7	50,0
10-0-12	11,0	18,6	24,3	6,7
9-0-13	2,2	2,3	1,4	3,3
11-1-10	9,9	11,6	15,7	13,3
10-2-10	9,9	11,6	4,3	23,3
Autres	9,9	23,3	8,6	3,4
Résultats				
12 chromosomes ...	5,5	9,3	12,4	3,4
11 chromosomes ...	62,1	38,4	53,6	56,7
10 chromosomes ...	20,4	26,7	24,3	33,3
Nombre de CMP ...	91	43	70	30

Comportement méiotique de la seconde génération hybride

Nous nous sommes borné à observer les premiers arbres entrés en floraison. Les quelques résultats que nous possédons sont mentionnés dans le tableau XIII. Ils montrent des différences assez sensibles entre les pieds, puisque le nombre moyen d'univalents peut varier de 0,35 à 1,85 et que le rapport des bivalents en anneau au nombre total de bivalents s'étale de 0,33 à 0,57.

TABLEAU XII

Pourcentages de cellules mères (CMP) comportant « n » microspores (ms) chez quatre hybrides F₁ (pourcentages calculés sur 400 CMP)

Nombre ms par CMP :	2	3	4	5	6	7	8	9
Hybrides								
GC1	—	—	82,50	13,75	3,75	—	—	—
GC2	0,25	0,25	85,00	7,25	5,50	1,50	—	0,25
GC3	0,25	—	84,75	11,25	3,00	0,25	0,50	—
GC4	—	0,25	88,50	10,25	1,00	—	—	—

TABLEAU XIII

Formules méiotiques en métaphase I et fertilité des hybrides de deuxième génération

Hybrides	Nombre de CMP	I	II	p	1	Fertilité pollinique %
CG5 × K46-3	40	0,900	10,550	0,958	0,469	77
CG5 × K46-4	40	0,800	10,600	0,964	0,403	78
CG5 × K46-7	40	1,850	10,075	0,916	0,338	42
CG5-FL1	40	1,050	10,475	0,952	0,372	—
CG5-FL4	40	0,350	10,825	0,984	0,573	—

Fertilité

Fertilité des parents

La fertilité pollinique moyenne des clones de *C. canephora* est de 97 % (tableau IX). Chez cette espèce, 56 % des fruits contiennent deux graines lorsqu'ils sont issus de fécondation libre. Notons que dans les croisements contrôlés intraspécifiques ce chiffre est de 70 %.

Chez *C. eugenioides*, la fertilité pollinique des pieds étudiés ci-dessus n'a pu être déterminée ; celle de cinq autres pieds est comprise entre 85 et 93 %. 55 % des fruits contiennent deux graines.

Fertilité des hybrides F₁

Les microspores surnuméraires qui apparaissent chez les hybrides proviennent vraisemblablement de micronoyaux édifiés autour des chromosomes traïnards des divisions I et II. Elles n'évoluent sans doute pas en grains de pollen. Ces microspores surnuméraires ont été comptabilisées comme des grains de pollen stériles lors des mesures de fertilité pollinique ; une correction de ces dernières doit donc être effectuée pour pouvoir les rapprocher des caractéristiques des méioses.

Le nombre de microspores susceptibles d'évoluer en grains de pollen dans cent cellules mères, si « fn » représente le pourcentage des cellules mères comportant « n » spores est :

$$A = (f_2 \times 2) + (f_3 \times 3) + [100 - (f_2 + f_3)] \times 4$$

et le nombre total de microspores :

$$B = [(f_2 \times 2) + (f_3 \times 3) + \dots + (f_n \times n)] \times 100.$$

La valeur la plus approchée de la fertilité pollinique telle qu'elle peut être comparée au produit de la méiose est alors le produit de la valeur observée par le rapport B/A (tableau XII).

La correction de la fertilité est effectuée par hybride. Elle est de l'ordre de 2 % en valeur absolue. Pour les hybrides CG5 et CG6, nous avons utilisé la moyenne des coefficients de correction.

La fertilité mâle des hybrides F₁ a été établie en 1972 lors de quatre floraisons successives. La production de pollen est bonne, mais seulement 34 à 48 % des grains sont bien colorés. On récolte en moyenne 52 % de fruits contenant deux graines en pollinisant *C. canephora* par ce pollen. Ce dernier est efficace sur *C. eugenioides*, mais nous ne possédons pas de données chiffrées dans ce cas.

Le pourcentage de fruits contenant deux graines chez les hybrides F₁ est compris entre 9 et 20 % pour les quatre pieds GC isolés en fécondation libre réciproque. On obtient des résultats équivalents lors de pollinisations contrôlées par les deux espèces parentes.

La majorité des graines donne des plantules qui évoluent normalement.

Fertilité des hybrides de seconde génération

La fertilité pollinique de la deuxième génération hybride représentée par vingt-trois descendants obtenus en fécondation libre sur l'hybride CG5 est très hétérogène, puisque les pourcentages varient de 28 à 95 % avec tous les intermédiaires possibles.

Relation entre la méiose et la fertilité

Pour l'ensemble du matériel végétal étudié, parents, hybrides F₁ et F₂, une droite de régression se dessine entre les paramètres représentant la fertilité pollinique « F. P. » et l'appariement chromosomique en métaphase I « p », remplacés par leur valeur transformée $y = 2 \arcsin \sqrt{x}$ (fig. 1). L'étude approfondie de cette relation a été limitée ici aux seuls hybrides F₁ pour lesquels nous possédons les informations les plus complètes.

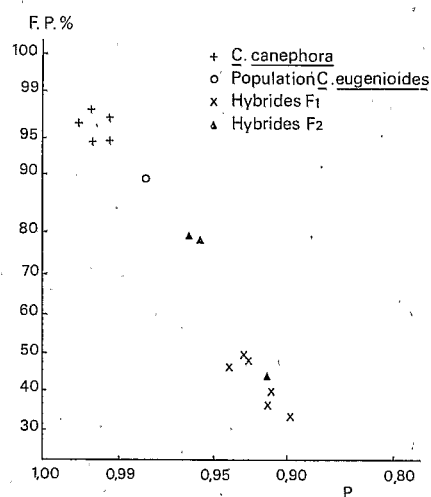


Fig. 1. — Relation entre la fertilité pollinique « F. P. » et l'appariement en métaphase I « p » (après transformation angulaire $y = 2 \arcsin \sqrt{x}$)

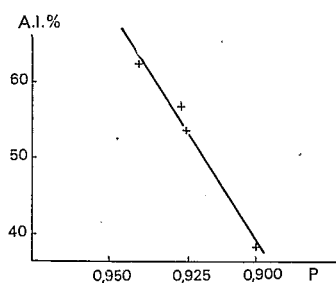


Fig. 2. — Relation entre la régularité des disjonctions en anaphase I « A. I. » et l'appariement en métaphase I « p » chez les hybrides F_1

$$A. I. = 3,14 p - 6,48$$

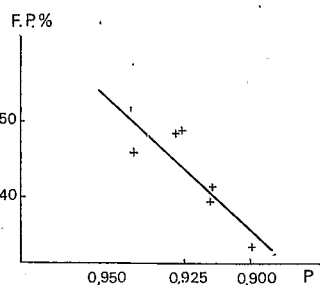


Fig. 3. — Relation entre la fertilité pollinique « F. P. » et l'appariement en métaphase I « p » chez les hybrides F_1

$$F. P. = 1,86 p - 3,37$$

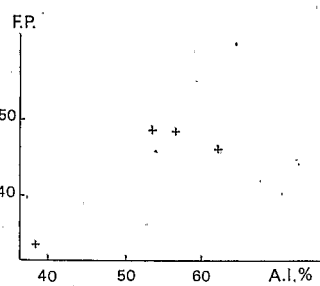


Fig. 4. — Relation entre la fertilité pollinique « F. P. » et la régularité des disjonctions en anaphase I « A. I. » chez les hybrides F_1

Au stade métaphase I, des univalents apparaissent chez ces hybrides ; leur présence entraîne des disjonctions chromosomiques déséquilibrées lors de l'anaphase I. Les disjonctions équilibrées (11-11) sont plus fréquentes que les appariements réguliers de onze bivalents ; le surplus provient essentiellement des cellules contenant deux univalents, ces derniers s'étant trouvés équitablement répartis aux pôles des cellules mères.

La régularité des disjonctions « A. I. », représentée par la fréquence des groupes de onze chromosomes migrés aux pôles des cellules mères, est une fonction linéaire de « p », où « A. I. » et « p » sont remplacés par leur valeur transformée $y = 2 \arcsin \sqrt{x}$:

$$A. I. = 3,14 p - 6,48 \quad (\text{fig. 2}).$$

En supposant qu'il n'y a pas de perturbation notable au niveau de la division II, si ce n'est la récupération aléatoire par les noyaux des demi-univalents issus de la division I, le nombre de chromosomes des futurs grains de pollen est établi au moment de la disjonction chromosomique en anaphase I. Dans ces conditions, le pourcentage de

grains de pollen comportant un nombre haploïde de onze chromosomes doit être proportionnel à « p ».

La fertilité pollinique est de la même façon une fonction linéaire de « p » :

$$F. P. = 1,86 p - 3,37 \quad (\text{fig. 3}).$$

Les pentes de ces deux droites n'étant pas significativement différentes, on peut s'attendre à trouver une relation linéaire entre la fertilité pollinique et la régularité des disjonctions. Les observations effectuées ne sont pas contraires à cette idée, mais elles sont trop peu nombreuses pour avoir une réelle signification (fig. 4).

A ce niveau il convient de faire un parallèle entre la fertilité pollinique et le taux de réussite de fécondation. Bien que ces deux paramètres n'aient pas la même signification biologique, nous constatons qu'ils varient dans le même sens chez les hybrides F_1 (tableau IX). Ceci indique que l'estimation que nous faisons de la viabilité pollinique est valable et donne une bonne idée du taux de réussite de fécondation des individus.

DISCUSSION DES RÉSULTATS ET CONCLUSIONS

L'amélioration du café produit en basse altitude est actuellement recherchée par l'hybridation interspécifique. Nous avons vu dans l'introduction qu'une voie possible consisterait à recréer une combinaison Arabica adaptée, l'espèce *C. arabica* étant supposée être un allotétraploïde à la formation duquel aurait participé *C. eugenioides*, associé soit à des Canéphoroïdes, soit à des Libério-excelsoïdes. Nous avons ensuite souligné que ceci ne reposait que sur des hypothèses en indiquant que le programme d'hybridation engagé entre les espèces *C. canephora* et *C. eugenioides* visait essentiellement à combiner les qualités agronomiques de la première aux basses teneurs en caféine de la seconde.

Nous venons d'étudier un ensemble de caractères et de comportements concernant essentiellement les parents et les hybrides F_1 entre ces deux espèces. Nous avons aussi recueilli quelques informations sur les premiers hybrides de seconde génération. Rappelons les principaux résultats acquis.

Relativement aisés à obtenir, les hybrides F_1 entre les deux espèces présentent un ensemble de caractéristiques agronomiques et technologiques généralement intéressantes. Vigoureux à l'état adulte, ils ont un potentiel floral élevé. Leur production est moyenne, leur granulométrie est équivalente à celle des parents *C. canephora*, mais leur taux de grains caracolis (supérieur à 66 %) est élevé. La teneur en caféine de leurs graines est intermédiaire entre celle des parents.

L'étude du comportement méiotique en métaphase I a permis de relever la présence d'associations quadrivalentes chez les espèces et chez les hybrides. Excepté cette anomalie, nous avons constaté une diminution de l'appariement chez les hybrides F_1 ($p = 0,920$), un nombre appréciable de cellules mères (35 %) conservant cependant un appariement normal de onze bivalents. La fertilité des hybrides, plus faible que celle des parents, semble en liaison directe avec l'appariement.

Ces résultats posent un certain nombre de problèmes qui concernent la présence d'associations quadrivalentes chez des espèces diploïdes, l'origine des univalents rencontrés chez les hybrides, la variation phénotypique des hybrides F_1 , l'utilisation que l'on peut faire de ces hybrides et le degré de différenciation atteint par les deux espèces.

Présence d'associations quadrivalentes chez des espèces diploïdes

La présence d'associations quadrivalentes chez des espèces diploïdes constitue une anomalie. Leur étude chez *C. canephora* a permis de mettre en évidence que ces configurations n'étaient pas typiques. Nous appuyant sur leur aspect et sur la fertilité normale des souches qui les renfermaient, nous avons repoussé l'hypothèse de quadrivalents impliquant des remaniements structuraux. Comme Grüber (1961), placé devant un cas analogue chez *Lycopersicon esculentum*, nous les avons nommés « pseudo-quadrivalents » sans pouvoir en déterminer l'origine. Leur constance dans les analyses d'espèces et d'hybrides diploïdes risque de poser des problèmes d'interprétation surtout au niveau tétraploïde où de vrais quadrivalents peuvent être attendus.

Origine des univalents chez les hybrides

Habituellement, les univalents observés en métaphase I résultent d'un manque d'appariement (asynapsis) ou d'une absence de chiasma (desynapsis); ils correspondent donc à des chromosomes « parentaux » ayant conservé leur structure d'origine.

Chez les hybrides F_1 entre *C. canephora* et *C. eugenioides*, nous avons constaté diverses situations dans le comportement des cellules mères des grains de pollen en métaphase I. Si la majorité des cellules présente de une à quatre paires d'univalents, une fréquence élevée (35 %) montre un appariement normal de onze bivalents qui traduit la bonne aptitude des chromosomes des deux espèces à se recombiner par « crossing-over ». Dans ces conditions, on peut se demander si le schéma ci-dessus concernant l'origine des univalents est applicable ici et si certains univalents ne résulteraient pas d'une terminalisation anticipée des chiasmata avant le stade métaphase I. Il ne s'agirait en somme que d'une disjonction précoce mais normale qui ne s'opposerait pas à l'existence d'une recombinaison.

Variation phénotypique des hybrides F₁

Chez les hybrides F₁, la variation observée entre les pieds se retrouve de façon analogue au niveau des groupes parentaux. Chez ces derniers, elle est l'expression d'un certain polymorphisme, elle résulte essentiellement de leur caractère fortement hétérozygote dû à l'allogamie stricte de ces caféiers.

La faible variabilité observée chez les hybrides F₁ tiendrait à l'origine génétique très restreinte de la population *C. eugenioides* jointe au choix effectué sur les géniteurs *C. canephora*. L'utilisation dans les croisements de géniteurs d'origines génétiques variées, pour les deux espèces, permettrait sans doute d'augmenter cette variabilité. C'est du moins ce qui ressort des résultats obtenus par Berthaud (1975) sur des croisements impliquant diverses origines de *C. arabica* et plusieurs souches tétraploïdes de *C. canephora*.

Utilisation des hybrides

A l'état adulte, les hybrides F₁ sont vigoureux, ils présentent un encombrement spatial intermédiaire par rapport à ceux des parents, ce qui est favorable à de fortes densités de plantation. La ramification plagiotrope « en palmette » se prête à la taille. Le potentiel floral est important. La production moyenne de graines sur les six premiers hybrides observés (jusqu'à 1.100 g de café marchand par pied) ne pourra être appréciée que sur un nombre plus grand d'individus. La granulométrie, 17 à 19 g pour cent graines, est élevée comparée au seuil de 18 g retenu en sélection chez *C. canephora*. La teneur en caféine des grains (1,2 à 1,5 %) est intermédiaire entre celles des parents. Ces hybrides sont résistants aux races locales d'*Hemileia vastatrix*.

Malgré cet ensemble de caractéristiques intéressantes, la baisse des taux de réussite de fécondation, et donc de la fertilité femelle, qui s'exprime au niveau des hybrides par une fréquence très élevée de graines caracolis (supérieure à 66 %), s'oppose à leur utilisation directe.

On peut envisager la restauration de la fertilité de plusieurs manières :

a) Nous avons vu que les descendants en fécondation libre de l'hybride CG5 montrent des fertilités très différentes. On peut donc faire un choix à ce niveau. Ce choix pourra s'opérer sur des descendance issues, soit d'un « back-cross » avec l'une ou l'autre espèce, soit d'un « polycross » entre les

meilleurs hybrides F₁. Près d'un millier d'hybrides obtenus selon ces deux procédés ont été implantés, ils se prêteront bientôt à une sélection.

b) La restauration de fertilité est également envisagée par duplication chromosomique. Celle-ci a déjà été obtenue sur l'un des pieds par Noiro et le rameau tétraploïde vient de fleurir. Une seule observation a été faite, mais elle est importante : alors que chez le diploïde la fertilité pollinique était de 39 %, elle atteint 85 % au niveau tétraploïde. Cette méthode est donc sûrement intéressante.

On peut envisager que la restauration de la fertilité n'est pas indispensable dans tous les cas. On observe en effet des différences considérables de fertilité chez les hybrides entre *C. arabica* et *C. canephora* tétraploïde selon les parents utilisés (Capot, 1972). Dans le cas des hybrides analysés ici, la base génétique des parents est extrêmement réduite, et il suffirait peut-être de réaliser la même combinaison « *Canephora-Eugenioides* » avec des pieds très différents pour que le résultat corresponde, dès la première génération, à une fertilité susceptible d'être exploitée.

Chez les hybrides F₁, la taille des grains des parents *C. canephora* paraît dominante ; la teneur en caféine est intermédiaire entre celle des parents ; la résistance à *Hemileia vastatrix* du parent *C. canephora* est dominante. Ces observations, faites sur quelques caractères agronomiques et technologiques des premiers hybrides, orienteront le choix des géniteurs à utiliser dans les croisements.

Degré de différenciation atteint par les deux espèces

Les aires de répartition géographique de *C. canephora* et de *C. eugenioides* sont très étendues. Elles se chevauchent dans des zones limitées où l'on trouve des populations sympatriques des deux espèces. Comme dans ces zones privilégiées on n'a pas signalé leurs hybrides, voyons si les observations que nous avons faites sont compatibles avec cette situation.

Placées en collection à Madagascar, ces espèces montrent des différences de précocité de floraison qui s'opposent à leur interpollinisation. Même si ces différences ne se retrouvent pas sur les lieux d'origine, la rareté des fructifications dans des conditions spontanées, la faible productivité du croisement entre les deux espèces (on obtient trois fois moins de graines et six à sept fois moins de plants dans les croisements contrôlés entre elles qu'en fécondation libre intraspécifique), jointes au

caractère chétif de nombreux hybrides F_1 , rendent peu probable la découverte d'individus de ce type susceptibles de se reproduire.

Quand on a obtenu de tels individus, leur fertilité moyenne, d'une part, la viabilité et la fertilité en partie restaurée des générations F_2 , d'autre part, sont telles qu'il y a possibilité d'un brassage génique important entre les deux espèces.

Les résultats de l'étude des chromosomes réalisée par Bouharmont (1959) ont déjà permis de relever que la similitude des caryotypes des deux espèces ne permettait pas d'en différencier les chromosomes. Le comportement méiotique des hybrides F_1 confirme cette similitude, puisqu'une fréquence élevée de cellules mères montre un appariement normal de onze bivalents (35 %). Ce comportement indique en effet que chaque chromosome d'une espèce trouve un correspondant chez l'autre, même si l'homologie n'est pas totale et parfois insuffisante pour assurer l'appariement dans tous les cas.

La fertilité pollinique des hybrides F_1 (43 %), plus basse que celle des parents (96 % pour *C. canephora* ; 89 % pour *C. eugenioides*), semble liée à un défaut d'appariement chez ces mêmes hybrides. La relation linéaire existant chez les hybrides entre les paramètres exprimant ces caractères montre qu'à un appariement complet de onze bivalents correspondrait une fertilité pollinique de 90 %. Cette fertilité serait alors équivalente à celle que l'on peut trouver chez des espèces sauvages en cours de domestication, indiquant par là l'absence de remaniements chromosomiques importants entre les génomes de ces deux espèces.

La fertilité pollinique de l'hybride GC1 passe, nous l'avons vu, de 39 % au niveau diploïde à 85 % au niveau tétraploïde. On peut se demander si le niveau de fertilité du tétraploïde n'est pas l'indice d'un appariement préférentiel entre les chromosomes de chaque espèce (on n'observerait alors que des bivalents en métaphase I), ou s'il ne faut voir là qu'une fertilité pollinique voisine de celle des souches tétraploïdes de *C. canephora* (90 %) (comportement de type autotétraploïde, c'est-à-dire présentant des bivalents, des tétravalents et/ou des trivalents associés à des univalents).

Quoi qu'il en soit, les résultats trouvés ici indiquent que la différenciation entre les deux espèces n'est pas très avancée. Elle résulte vraisemblablement de l'évolution génétique de deux populations séparées possédant un même génome de base, et semble avoir été acquise par petites modifications successives n'impliquant pas de fonctions essentielles responsables de la fertilité. En définitive, pour avoir une meilleure connaissance de leur degré de différenciation, il serait souhaitable de comparer les effets de la recombinaison sur la fertilité chez les hybrides F_1 à celle d'individus des deux espèces présentant des taux d'asyndèse équivalents.

Les études d'hybrides triploïdes combinant *C. arabica* à des espèces diploïdes (Medina, 1963 ; Monaco et Medina, 1965 ; Chinnappa, 1968 ; Kammacher et Capot, 1972) ont été discutées par leurs auteurs sous l'angle de la similitude entre l'un des génomes de *C. arabica* et celui de chacune de ces espèces. Ces analyses ne permettent pas de savoir quels sont les apparentements. On peut considérer que la résolution de l'hypothèse d'une origine allotétraploïde pour *C. arabica*, si elle devait être maintenue, passe d'abord par la recherche de génomes bien différenciés au niveau diploïde. Sans oublier que les souches ont pu évoluer indépendamment depuis la création de l'espèce tétraploïde, le problème posé par son origine nécessitera l'étude de nombreuses combinaisons interspécifiques.

Des observations ultérieures nous ont permis de relever des niveaux de différenciation sensiblement équivalents entre le groupe des Libério-excelsoïdes d'une part, *C. canephora* et *C. eugenioides* d'autre part. Ces travaux, qui confirment ceux rapportés par Leliveld (1940, cité par Sybenga, 1960), Vishveshwara (1963) et Chinnappa (1970), indiquent la parenté des trois formes diploïdes. Cette parenté est en contradiction avec l'hypothèse d'une origine de type allotétraploïde pour *C. arabica* associant le génome *C. eugenioides* aux génomes canéphoroïdes ou libério-excelsoïdes, qui implique en fait une différenciation très poussée entre génomes. Les résultats rassemblés ici indiquent au contraire que *C. eugenioides*, les Canéphoroïdes et les Libério-excelsoïdes se rattachent à un même génome de base susceptible de se retrouver chez *C. arabica*, l'autre génome restant à déterminer.

Il m'est particulièrement agréable de remercier M. le Professeur G. Rizet, MM. S. Essad et A. Charrier, qui m'ont conseillé et aidé tout au long de cette étude, ainsi que M. J. Vianney-Liaud pour m'avoir transmis un peu de sa connaissance des caféiers.

J'associe à ces remerciements M. J.-C. Vincent, qui s'est chargé des analyses technologiques, M. M. Vigreux pour sa collaboration technique et M^{me} M. Dahuron, qui a assuré la frappe de cet article.

J'adresse enfin toute ma sympathie et je remercie tous ceux qui ont collaboré à l'exécution de ce travail sur les stations de recherche d'Ilaka-Est et de Kianjavato et au Laboratoire de botanique de Tsimbazaza (Tananarive).

BIBLIOGRAPHIE

- BERTHAUD (J.), 1975. — Problèmes génétiques posés par l'hybridation interspécifique de *Coffea arabica* et *C. canephora* Coll. sci. int. sur le café, Hambourg 9-14|6|1975.
- BERTHOU (F.), 1975. — Méthode d'obtention de polyploïdes dans le genre *Coffea* par traitements localisés de bourgeons à la colchicine. *Café Cacao Thé* (Paris), XIX, n° 3, p. 197-202.
- BOUHARMONT (J.), 1959. — Recherches sur les affinités chromosomiques dans le genre *Coffea*. Publ. INEAC (Bruxelles), série sc. n° 77, 93 p.
- CAPOT (J.), 1972. — L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire. Les hybrides « Arabusta ». *Café Cacao Thé* (Paris), XVI, n° 1, p. 3-18.
- CAPOT (J.), DUPAUTÉX (B.), DURANDEAU (A.), 1968. — L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire. Duplication chromosomique et hybridation. *Café Cacao Thé* (Paris), XII, n° 2, p. 114-126.
- CARVALHO (A.), 1952. — Taxonomia de *Coffea arabica* L. : VI. Caracteres morfológicos dos haploides. *Bragantia* (São Paulo), XII, (4-6), p. 201-212.
- CARVALHO (A.), FERWERDA (F. P.), FRAHM-LELIVELD (J. A.), MEDINA (D. M.), MENDES (A. J. T.), MONACO (L. C.), 1969. — Outlines of perennial crop breeding in the tropics. *Coffee* (*Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* Pierre ex Froehner). Miscellaneous papers 4, Landbouwhogeschool, Wageningen, The Netherlands, p. 189-241.
- CARVALHO (A.), MONACO (L. C.), 1968. — Relaciones genéticas de especies seleccionadas de *Coffea*. *Café* (Lima), IX, n° 4, 19 p.
- CHEVALIER (A.), 1947. — Les caféiers du globe. Systématique des caféiers et faux caféiers. Maladies et insectes nuisibles. Encyclopédie biologique, XXVIII, Fasc. III, Ed. Paul Lechevalier (Paris), 356 p.
- CHINNAPPA (C. C.), 1968. — Interspecific hybrids of *Coffea canephora* and *Coffea arabica*. *Current Sci.* (Bangalore), XXXVII, p. 676-677.
- CHINNAPPA (C. C.), 1970. — Interspecific hybrids of *Coffea canephora* and *C. liberica*. *Genetica* (La Haye), XLI, p. 141-146.
- CRAMER (P. J. S.), 1948. — Les caféiers hybrides du groupe *congesta*. *Bull. Agric. Congo Belge* (Bruxelles), XXXIX, 1, p. 29-48.
- CRAMER (P. J. S.), 1957. — Review of literature of coffee research in Indonesia. *Turrialba* (Costa Rica), Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 262 p. (Miscellaneous publ. n° 15).
- DAGNELIE (P.), 1969. — Théorie et méthodes statistiques. Vol. II. Ed. J. Duculot, Gembloux, 450 p.
- DUBLIN (P.), 1957. — Biologie florale du *Coffea dewewrei* de Wild race *Excelsa* A. Chevalier. 1^{re} partie : Microsporogénèse et étude du gamétophyte mâle. *L'Agr. Trop.* (Paris), V, p. 576-594.
- ESSAD (S.), 1957. — La polyplôidie et ses aspects évolutifs en relation avec l'amélioration des plantes. *Ann. Amélior. Plantes* (Paris), VII, p. 199-226.
- ESSAD (S.), 1962. — Etude génétique et cytogénétique des espèces *Lolium perenne* L., *Festuca pratensis* Huds. et de leurs hybrides. Thèse de Doctorat ès Sciences, Orsay, 103 p.
- FERNIE (L. M.), 1966. — Impression on coffee in Ethiopia. *Kenya Coffee* (Nairobi), XXXI, p. 115-121.
- GRÜBER (K.), 1961. — Multivalente Assoziationen in diploiden Pollenmutterzellen der Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) und ihre Bedeutung für das Problem der Chromosomengrundzahl. *Die Kulturpflanze* (Berlin), IX, p. 146-162.
- INÉAC. — Rapport annuel, 1959.
- KAMMACHER (P.), CAPOT (J.), 1972. — Sur les relations Caryologiques entre *Coffea arabica* et *Coffea canephora*. *Café Cacao Thé* (Paris), XVI, n° 4, p. 289-294.
- LOUARN (J.), 1972. — Introduction à l'étude génétique des *Mascarocoffea* : nouvelles déterminations de leurs nombres chromosomiques. *Café Cacao Thé* (Paris), XVI, n° 4, p. 312-316.
- MEDINA (D. M.), 1963. — Microsporogénèse em um híbrido triploide de *C. racemosa* × *C. arabica*. *Bragantia* (São Paulo), XXII, p. 299-318.
- MONACO (L. C.), MEDINA (D. M.), 1965. — Híbridações entre *Coffea arabica* e *C. kapakata*. Análise citológica de um híbrido triploide. *Bragantia* (São Paulo), XXIV, p. 191-201.
- NARASIMHASWAMY (R. L.), 1962. — Some thoughts on the origin of *C. arabica* L. *Coffee* (Turrialba), IV, (12), p. 1-5.
- NARASIMHASWAMY (R. L.); VISHVESHWARA (S.), 1967. — Progress report on hybrids between diploid species of *Coffea* L. *Turrialba* (Costa Rica), XVII, p. 11-17.
- NARAYAN (K. N.), REDDY (A. G. S.), 1972. — Meiosis in pollen mother cells of *Coffea eugenioides* S. Moore. *Current Science* (Bangalore), XLI, n° 12, p. 459-460.
- SYBENGA (J.), 1960. — Genetics and cytology of Coffee. *Bibliographia Genetica* (Gravenhage), XIX, p. 217-316.
- THOMAS (A. S.), 1944. — The wild coffees of Uganda. *Emp. Jour. Exp. Agric.* (Londres), XII, p. 1-12.
- VISHVESHWARA (S. A.), 1969. — Preliminary report on meiotic irregularities in diploids and diploid interspecific hybrids in coffee. *Caryologia* (Florence), XVI, n° 2, p. 535-539.

LOUARN (J.) — Hybrides interspécifiques entre *Coffea canephora* Pierre et *C. eugenioides* Moore. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XX, n° 1, janv.-mars 1976, p. 33-52, tabl., fig., photos, réf.

L'amélioration du café produit en basse altitude à Madagascar est tentée par hybridation interspécifique. L'auteur présente ici l'étude de quelques hybrides de première et seconde générations obtenus entre les espèces *C. canephora* et *C. eugenioides*.

Les hybrides F₁ sont relativement aisés à obtenir, ils sont diploïdes (2n = 22 chromosomes) et autostériles ; vigoureux à l'état adulte, leur production de graines est moyenne (jusqu'à 1.100 g de café marchand par pied) et leur granulométrie (17 à 19 g pour cent graines) est équivalente à celle des parents *C. canephora*. Le taux de graines caracolis est supérieur à 66 %. Comme les parents *C. canephora*, ils sont résistants aux races locales de *Hemileia vastatrix*. La teneur en caféine des graines (1,2 à 1,5 %) est intermédiaire entre celles des parents *C. canephora* (1,9 à 2,3 %) et *C. eugenioides* (0,2 à 0,4 %).

LOUARN (J.) — Interspecific hybrids between *Coffea canephora* Pierre and *C. eugenioides* Moore. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XX, n° 1, janv.-mars 1976, p. 33-52, tabl., fig., photos, réf.

Improvement of the coffee produced at low altitude in Madagascar was attempted through interspecific hybridization. The author presents in this paper the study of several first and second generation hybrids obtained between *C. canephora* and *C. eugenioides* species.

The F₁ hybrids are relatively easy to obtain, they are diploid (2n = 22 chromosomes) and autosterile. Although they are vigorous in the adult stage, their production of seeds is in the average (up to 1.100 g of green coffee per tree) and their size distribution (17 to 19 g per hundred seeds) is equivalent to that of the *C. canephora* parents. The rate of caracoli seeds is greater than 66 %. As for the *C. canephora* parents, they are resistant to local strains of *Hemileia vastatrix*. The caffeine content of the seeds (1.2 to 1.5 %) is intermediate between those of the parents *C. canephora* (1.9 to 2.3 %) and *C. eugenioides* (0.2 to 0.4 %).

L'étude du comportement méiotique en métaphase I a permis de relever la présence d'associations quadrivalentes chez les espèces et les hybrides. Analysées chez *C. canephora*, elles se sont révélées sans signification biologique réelle. Excepté cette anomalie, on constate une diminution de l'appariement chez les hybrides F₁ ($p = 0,920$) comparé à ceux des parents ($p = 0,995$ pour *C. canephora*, $p = 0,980$ pour *C. eugenioides*) ; 35 % des cellules conservent néanmoins un appariement normal de onze bivalents.

La fertilité pollinique des hybrides (43 %) plus faible que celle des parents (96 et 89 %) est en liaison directe avec le manque d'appariement en métaphase I chez ces mêmes hybrides.

La seconde génération est en majorité viable ; la fertilité pollinique varie de 28 à 95 % avec tous les intermédiaires possibles.

Ces résultats indiquent que :

— l'utilisation directe des hybrides F₁ est exclue, divers modes de restauration de la fertilité sont présentés ;

— la différenciation génétique entre les deux espèces n'est pas très avancée.

LOUARN (J.). — Arthybriden zwischen *Coffea canephora* Pierre und *C. eugenioides* Moore. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XX, n° 1, janv.-mars 1976, p. 33-52, tabl., fig., photos, réf.

Es wird versucht den in niedriger Höhe auf Madagaskar erzeugten Kaffee durch Artkreuzung zu verbessern. Der Autor untersucht in vorliegender Arbeit einige Hybriden der Eltern- und der Enkelgeneration, die mit den Arten *C. canephora* und *C. eugenioides* erzielt wurden.

Die Hybriden F₁ sind verhältnismässig leicht zu erzielen, sie sind diploid ($2n = 22$ Chromosome) und selbststeril und im erwachsenen Zustand kräftig. Ihre Bohnenproduktion ist mittelmässig (bis zu 1.100 g Handelskaffee pro Stamm) und ihre Granulometrie (17 bis 19 g für hundert Bohnen) kommt derjenigen der Eltern *C. canephora* gleich. Der Prozentsatz an Caracoli Bohnen übersteigt 66 %. Wie die Eltern *C. canephora* sind sie resistent gegen die örtlichen Rassen von *Hemileia vastatrix*. Der Coffeingehalt der Bohnen (1,2 bis 1,5 %) liegt zwischen denjenigen der Eltern *C. canephora* (1,9 bis 2,3 %) und *C. eugenioides* (0,2 bis 0,4 %).

Die Untersuchung des Verhaltens der Meiose in der Metaphase I führt zur Feststellung der Anwesenheit von quadrivalenten Verbindungen bei den Arten und Hybriden. Bei *C. canephora* analysiert, erwiesen sie sich als biologisch ohne Bedeutung. Mit Ausnahme dieser Anomalie wird eine Verminderung der Paarung bei den Hybriden F₁ ($p = 0,920$) im Vergleich zu den der Eltern ($p = 0,995$ für *C. canephora*, $p = 0,980$ für *C. eugenioides*) festgestellt ; dennoch bewahren 35 % der Zellen eine normale Paarung von elf Bivalenten.

Die Fruchtbarkeit des Pollens der Hybriden (43 %), geringer als die der Eltern (96 und 89 %) steht in direkter Beziehung zu dem Paarungsmangel in Metaphase I bei diesen Hybriden.

Die Enkelgeneration ist meistens lebensfähig ; die Fruchtbarkeit des Pollens schwankt von 28 bis 95 %, mit allen möglichen Intermediären.

Diese Ergebnisse zeigen dass :

— die direkte Verwendung der Hybriden F₁ ausgeschlossen ist ; es werden verschiedene Verfahren zur Wiederherstellung der Fruchtbarkeit angegeben ;

— die genetische Differenzierung zwischen den beiden Arten nicht sehr fortgeschritten ist.

The study of meiotic behaviour in metaphase I made it possible to detect the presence of quadrivalent associations in the species and the hybrids. When analyzed in *C. canephora*, they turned out to be without any real biological significance. Except for this anomaly, a decrease in pairing was noted in the F₁ hybrids ($p = 0.920$) as compared with those of the parents ($p = 0.995$ for *C. canephora*, $p = 0.980$ for *C. eugenioides*) ; 35 % of the cells maintained nevertheless a normal pairing of eleven bivalents.

The pollinic fertility of the hybrids (43 %) which was lower than that of the parents (96 and 89 %) is directly related with the lack of metaphase I pairing in these same hybrids.

The majority of the second generation is viable ; pollinic fertility varied from 28 to 95 % with all the intermediates possible. These results indicate that :

— the direct use of F₁ hybrids is excluded, and various modes of restoration of the fertility are presented ;

— the genetic differentiation between the two species has not very much progressed.

LOUARN (J.). — Híbridos interespecíficos entre *Coffea canephora* y *C. eugenioides*. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XX, n° 1, janv.-mars 1976, p. 33-52, tabl., fig., photos, réf.

El mejoramiento del café producido a baja altitud en Madagascar se intenta mediante hibridación interespecífica. El autor presenta aquí el estudio de unos cuantos híbridos de la primera y de la segunda generación, obtenidos entre las especies *C. canephora* y *C. eugenioides*.

Los híbridos F₁ se obtienen de una manera relativamente fácil, son diploides ($2n = 22$ cromosomas) y autoestériles. Vigorosos en estado adulto, su producción de granos es mediana (hasta 1.100 g de café oro por pie) y su granulometría (17 a 19 g por 100 granos) es equivalente a la de los genitores *C. canephora*. El porcentaje de granos caracolis es superior a 66 %. Como los genitores *C. canephora*, son resistentes a las razas locales de *Hemileia vastatrix*. El contenido de cafeína de los granos (1,2 a 1,5 %) es intermedio entre el de los genitores *C. canephora* (1,9 a 2,3 %) y *C. eugenioides* (0,2 a 0,4 %).

El estudio del comportamiento meiótico en metafase I ha permitido observar la presencia de asociaciones cuadrivalentes en las especies y en los híbridos. Analizadas en *C. canephora*, se han revelado sin significación biológica real. Excepto esta anomalía se comprueba una disminución del apareamiento en los híbridos F₁ ($p = 0,920$) comparado con el de los genitores ($p = 0,995$ para *C. canephora*, $p = 0,980$ para *C. eugenioides*) ; 35 % de las células conservan sin embargo un apareamiento normal de once bivalentes.

La fertilidad polínica de los híbridos (43 %) más baja que la de los genitores (96 y 89 %) se encuentra en correlación directamente con la falta de apareamiento en metafase I en estos mismos híbridos.

En su mayoría, la segunda generación es viable ; la fertilidad polínica varía entre 28 y 95 % con todos los intermediarios posibles.

Estos resultados indican que :

— se debe descartar el uso directo de los híbridos F₁ ; diversos modos de restauración de la fertilidad son presentados,

— la diferenciación genética entre ambas especies no se encuentra muy adelantada.