

HYBRIDES INTERSPÉCIFIQUES ENTRE *COFFEA CANEPHORA* PIERRE ET *C. LIBERICA* BULL. EX HIERN

Résultats préliminaires sur les hybrides F₁

J. LOUARN

Chargé de recherches de l'ORSTOM * (Côte d'Ivoire)

Un programme d'étude des relations génétiques et cytogénétiques des différents groupes d'espèces de *Coffea* diploïdes africains a débuté en 1975 en Côte d'Ivoire. Il a pour objectif la recherche de voies originales d'amélioration du café produit dans les zones chaudes et humides de « basse altitude ». Ce programme repose essentiellement sur quatre espèces présentant une variabilité génétique importante dans nos collections : *C. canephora*, *C. congensis*, *C. eugenioides* et *C. liberica*.

Des hybrides F₁ entre *C. canephora* et *C. liberica* ont été installés progressivement depuis 1977 en parcelles d'étude à la station ORSTOM de Man (Côte d'Ivoire). Nous possédons actuellement plus de huit cents hybrides de ce type ; les plus âgés ont fleuri abondamment au début de l'année 1980. Ce sont les premiers résultats acquis sur cette combinaison que nous présentons. Les observations effectuées concernent la vigueur, la fertilité et le comportement méiotique.

LE MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le croisement entre les deux espèces a été réalisé pour associer les qualités agronomiques et la rusticité de *C. canephora* à quelques caractéristiques intéressantes de *C. liberica*. Il s'agit de la monocaulie et de la ramification plagiotrope prépondérantes, de la floraison sur vieux bois, d'une moindre teneur en caféine (0,5 à 1,9 % de la matière sèche), de sa tolérance à la sécheresse.

Les géniteurs utilisés proviennent des collections de l'IFCC rassemblées à Abengourou et à Divo (Côte d'Ivoire). Ce sont pour la plupart des types Kouilou et Robusta pour *C. canephora*, des types « gros indéné » originaires de Côte d'Ivoire ou croisés à divers degrés par des *C. excelsa* de

provenance centrafricaine pour les libério-excelsoïdes.

Les résultats d'hybridation dépendent du sens du croisement. Les rendements sont beaucoup plus élevés lorsqu'on prend *C. liberica* comme parent femelle ; dans ce cas, on obtient en moyenne dix hybrides pour cent fleurs pollinisées, avec un maximum de 51,5 %. Dans les croisements réciproques, le taux moyen de réussite est inférieur à un hybride pour cent fleurs pollinisées, avec un maximum de 3,6 % (tableau I, p. 298). L'obtention de descendance lorsque *C. liberica* est pris comme parent femelle paraît liée aux géniteurs eux-mêmes : quelques souches se combinent avec n'importe quel géniteur mâle *C. canephora*, d'autres sont systématiquement incompatibles, d'autres encore donnent des résultats variant avec les parents mâles considérés.

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

Exposé présenté au 9^e colloque scientifique international sur le café, Londres, juin 1980.

* BP. 434, Man, Côte d'Ivoire.

TABLEAU I

Résultats des hybridations entre *C. canephora* et *C. liberica*

Croisements (♀ x ♂)	Hybrides	Combinaisons ≥ à 8 individus	Hybrides pour 100 fleurs	Rendement maximal hyb./100 fleurs
<i>C. canephora</i> x <i>C. liberica</i>	60	3	0,6	3,6
<i>C. liberica</i> x <i>C. canephora</i>	882	29	10,0	51,5

LA VIGUEUR DES HYBRIDES F₁

Les jeunes plantules hybrides sont généralement vigoureuses ; quelques rares combinaisons renferment cependant de fortes proportions d'individus anormaux, à croissance lente, à développement anarchique ou présentant une forte sensibilité à la verse. Ces anomalies semblent liées à des déterminismes génétiques simples.

Après l'installation au champ, on a constaté des différences considérables entre croisements dans l'expression de la vigueur. Des notations ont été effectuées au bout de dix-huit mois sur onze descendances hybrides F₁ constituées de cinq à dix-sept individus. Quatre caractères ont été retenus : la hauteur de la tige orthotrope, le diamètre au collet, le nombre de nœuds orthotropes ramifiés, la longueur moyenne des mêmes entre-nœuds. Pour chacun des quatre caractères, les différences entre croisements sont très hautement significatives. La figure 1 représente un dendrogramme regroupant les descendances d'après leurs indices de proximité pour les caractères considérés. On constate que les descendances e, d et f, de vigueur équivalente, sont issues d'un seul parent femelle *C. liberica* croisé par différents géniteurs *C. canephora* ; il en va de même pour les descendances h et i. A l'inverse, les descendances b, c et d, qui se trouvent dans des groupes de vigueur distincts, proviennent de différents parents femelles *C. liberica* croisés par le

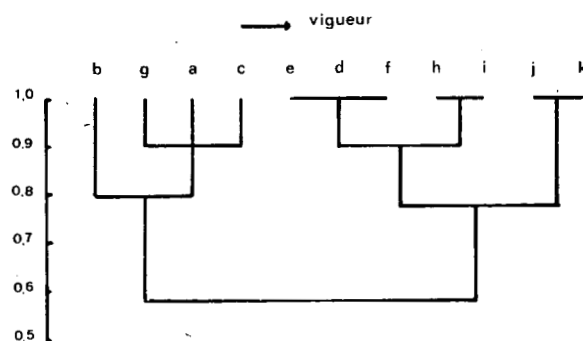


Fig. 1. — Différenciation des descendances hybrides F₁ entre *C. liberica* (05) et *C. canephora* (02) pour les caractères de vigueur

a = 051201	× 02-IFA2PM
b = 051202	× 02-IF461
c = 051203	× 02-IF461
d = 051205	× 02-IF461
e = 051205	× 02-IF197
f = 051205	× 02-IFA2PM
g = 02-IF149	× 051212
h = 051217	× 02-IF392
i = 051217	× 02-IFKM27
j = 051215	× 02-IFH57
k = 051216	× 02-IFH57

même géniteur *C. canephora*, tout comme les descendances a et f. Ces résultats suggèrent un effet parental *C. liberica* femelle prépondérant pour la vigueur.

LA FERTILITÉ ET LE COMPORTEMENT MÉIOTIQUE DES HYBRIDES F₁

La fertilité mâle

Cent soixante-dix hybrides F₁ ont fleuri en 1980. Nous avons relevé dix arbres stériles présentant

des fleurs atrophiées, un arbre mâle, dont les étamines étaient dépourvues de pollen, et quatre arbres potentiellement mâles stériles, mais dont la fertilité femelle n'est pas encore connue. Pour les

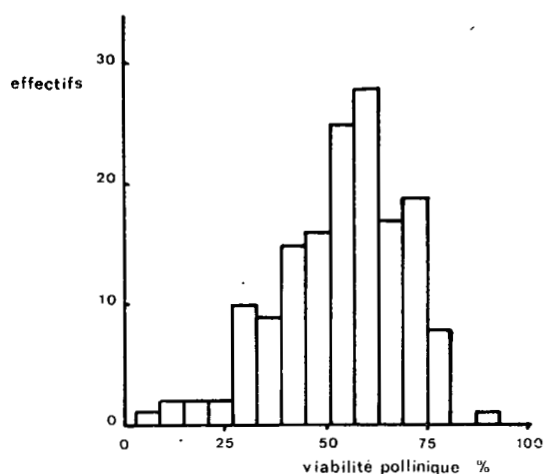


Fig. 2. — Distribution des viabilités polliniques de 155 hybrides F₁ (intervalle de classe 6 % ; moyenne VP = 53,6 ± 15,2 %)

cent cinquante-cinq arbres restants, les viabilités polliniques ont été estimées sur trois fleurs par arbre, en déterminant le pourcentage de grains de pollen à cytoplasme dense et coloré au carmin acétique. Elles sont comprises entre 8 et 88 %. Une analyse de variance hiérarchisée ne met pas en évidence d'effet « croisement » pour les sept descendance étudiées ; les différences entre pieds sont par contre très hautement significatives. Pour le caractère viabilité pollinique, la population d'hybrides F₁ peut être considérée comme normale, de moyenne 53,6 % et d'écart type 15,2 % (fig. 2).

La fertilité femelle

La production de café n'a pas encore pu être estimée ; toutefois une information préliminaire est fournie par le taux de caracolis. Sur une dizaine d'arbres appartenant à la combinaison (051219 × 02.IF181), deux cents à plus de mille fruits ont été récoltés. Les taux de grains caracolis, c'est-à-dire de grains provenant de fruits à une seule loge, sont compris entre 47 et 77 %. Chez ces dix arbres, les forts taux de caracolis sont corrélés aux faibles valeurs de viabilité pollinique ($r = -0,792$) (fig. 3D, p. 300). Ce résultat suggère que les viabilités des gamètes mâles et femelles ont le même déterminisme. Comparés à ceux des géniteurs *C. canephora* (20 à 40 %), ces taux de caracolis sont, pour la combinaison *C. liberica* × *C. canephora*, la marque d'une mauvaise fertilité.

Le comportement méiotique

L'analyse du comportement méiotique effectuée sur les cellules mères du pollen (CMP) concerne seize individus pris au hasard dans la combinaison hybride précédente (051219 × 02.IF181). Jusqu'à présent, seuls les stades métaphase I et anaphase I sont étudiés. Les résultats sont présentés dans le tableau II.

Selon les hybrides observés en métaphase I,

TABLEAU II

Associations chromosomiques en métaphase I, régularité des disjonctions en anaphase I, viabilités polliniques et taux de caracolis dans une descendance hybride *C. liberica* (051219) × *C. canephora* (02.IF 181)

Souches	Métaphase I *			Anaphase I * montées de 11 chromosomes %	Viabilités polliniques %	Taux de caracolis %
	I	II	CMP à 11 II %			
52049	1,60	10,20	42	58	50	70
52050	1,12	10,44	52	55	60	54
52051	1,20	10,40	50	52	31	-
52053	1,08	10,46	60	71	66	47
52054	1,24	10,38	58	-	58	-
52055	1,74	10,13	44	57	55	77
52058	1,84	10,08	40	57	34	-
52061	1,28	10,36	48	-	51	-
52063	1,52	10,22	46	-	59	64
52068	2,16	9,92	34	42	34	-
52070	1,16	10,42	48	77	44	-
52071	2,48	9,76	28	43	20	-
52072	2,00	10,00	30	42	35	-
52073	1,44	10,28	40	56	52	-
52074	1,24	10,38	54	-	53	-
52079	2,12	9,94	28	-	42	-

* Moyennes observées sur 50 CMP.

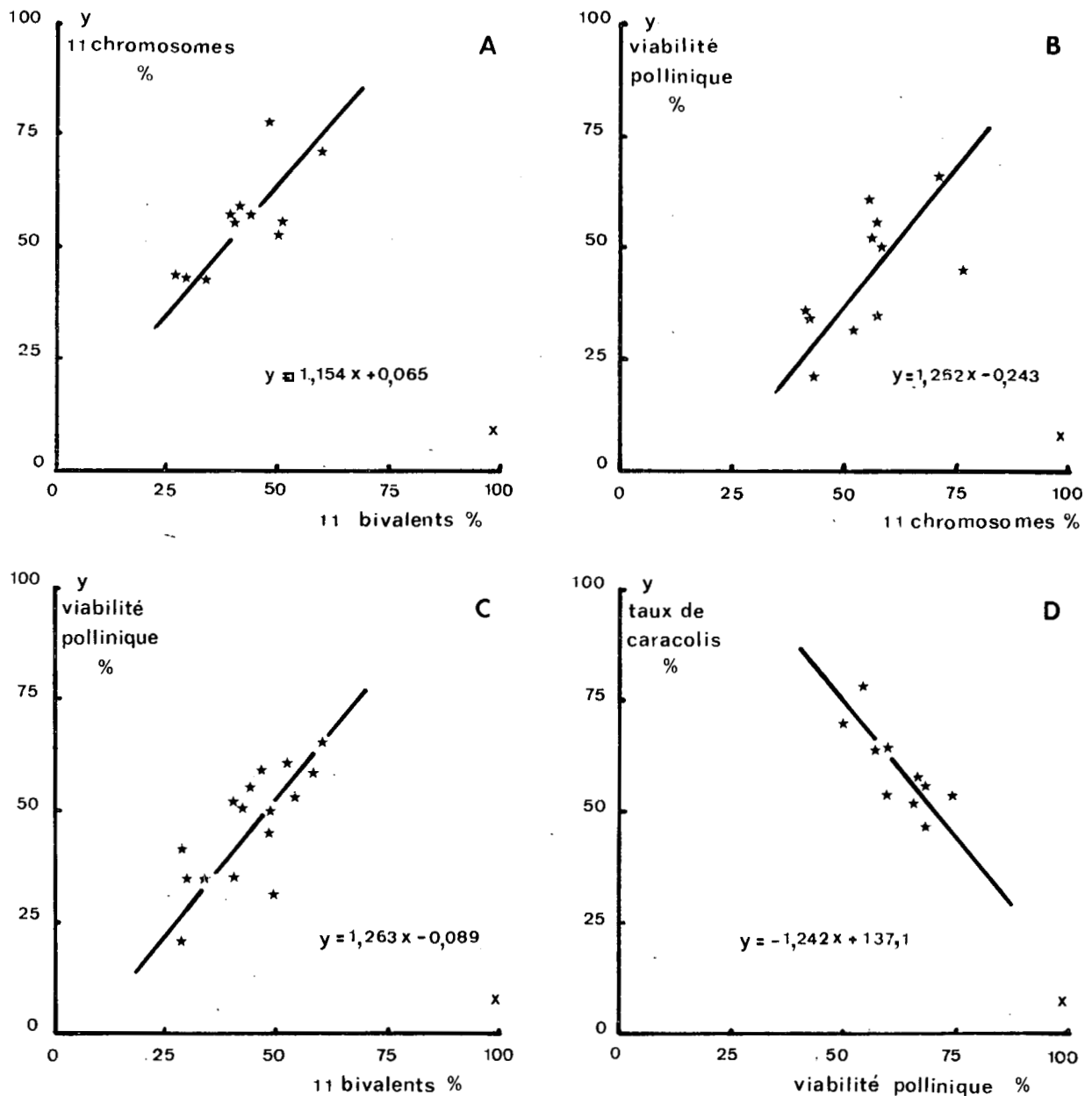


Fig. 3. — Comportement méiotique, viabilité pollinique et taux de grains caracolis dans la descendance *C. liberica* (051219) × *C. canephora* (02.IF181) :

- A) Relation entre les montées de onze chromosomes en anaphase I et les cellules à onze bivalents en métaphase I ;
- B) Relation entre la viabilité pollinique et les montées à onze chromosomes en anaphase I ;
- C) Relation entre la viabilité pollinique et les cellules à onze bivalents en métaphase I ;
- D) Relation entre les taux de grains caracolis et la viabilité pollinique.

28 à 60 % des CMP renferment onze bivalents ; on trouve en moyenne de 9,76 à 10,46 II par cellule, les bivalents en anneau variant de 2,38 à 4,70. A l'issue des disjonctions en anaphase I, les montées de onze chromosomes aux pôles des CMP

chez onze hybrides sont comprises entre 42 et 71 % ; les montées de dix sont ensuite les plus fréquentes (30 % en moyenne) ; les montées de douze ne représentent que 5 % du total. De 1 à 7 % des chromosomes restent sur le plan équatorial ; ils sont cli-

TABLEAU III

Corrélations entre le comportement méiotique et la viabilité pollinique

	Métaphase I 11 bivalents	Viabilité pollinique
Anaphase I 11 chromosomes	0,758 (++)	0,607 (+)
Viabilité pollinique	0,718 (++)	

Coefficients de corrélation significatifs au seuil 0,95 (+), au seuil 0,99 (++) .

vés pour la plupart. Trois cellules sur cent montrent un pont d'inversion.

La variation continue des pourcentages de cellules à onze bivalents des hybrides F_1 provenant d'un même croisement suggère un contrôle polygénique de la régularité des associations chromosomiques. Cette variation pourrait résulter de la forte hétérozygotie des parents allogames. Les cellules renfermant onze bivalents en métaphase I, les montées de onze chromosomes en anaphase I et les viabilités polliniques sont corrélées (tableau III, fig. 3A, 3B, 3C). Les viabilités polliniques et la proportion de cellules à onze bivalents ayant des valeurs du même ordre de grandeur (moyennes respectives de 46,5 et 43,9 %), il apparaît que la viabilité des gamètes mâles est essentiellement déterminée par la régularité des associations chromosomiques en métaphase I. Il en serait de même pour les gamètes femelles.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Résumons les premiers résultats acquis ici sur les hybrides F_1 entre *C. canephora* et *C. liberica*. Les descendance hybrides de première génération entre ces deux espèces sont beaucoup plus aisées à obtenir en prenant *C. liberica* comme parent femelle ; les taux de réussite sont cependant très variables avec les géniteurs utilisés. Entre descendance hybrides, il y a des différences de vigueur liées surtout au parent *C. liberica*. On ne retrouve pas ces différences au niveau des viabilités polliniques moyennes ; la population hybride F_1 dans son ensemble présente une distribution normale pour ce caractère. Pour une même descendance, les viabilités des gamètes mâles et femelles sont liées à la régularité des associations chromosomiques en métaphase I. Le taux élevé de grains caracolis trouvé chez les premiers hybrides indique une fer-

phora en Indonésie ont fait l'objet d'essais de comportement (Cramer, 1957 ; Leliveld, 1940, cité par Sybenga, 1960). L'étude cytogénétique de six hybrides *C. canephora* (♀) × *C. liberica* (♂) a été entreprise par Chinnappa (1970). Cet auteur trouve des niveaux d'associations chromosomiques (9,93 à 10,66 II) et de viabilité pollinique (20 à 57 %) du même ordre de grandeur que ceux rapportés ici, mais il ne met pas en évidence de liaison entre les deux caractères. La présence occasionnelle de multivalents serait l'indice d'une hybridité de structure entre les deux génomes pouvant expliquer ce comportement. Ces différences avec les résultats rapportés ici pourraient être reliées à un effet maternel *C. canephora* et à l'origine des géniteurs utilisés dans ces ensembles très polymorphes que constituent les libério-excelsoïdes et *C. canephora*.

TABLEAU IV

Associations chromosomiques en métaphase I et montées de onze chromosomes en anaphase I chez des autotétraploïdes de *C. canephora* et un hybride F₁ *C. liberica* × *C. canephora* tétraploïde (4n = 4x = 44 chromosomes)

Matériel végétal	Nombre de CMP	Métaphase I				Anaphase I (1) montées de 22 chromosomes %
		I	II	III	IV	
<i>C. canephora</i> 4n C520A5	30	2,07	14,41	1,13	2,43	40
<i>C. canephora</i> 4n variation de 5 pieds	100 par pied	1,25	12,48	0,60	2,56	M. Grassias (2)
		1,98	14,86	0,95	3,83	
Hybride F ₁ 4n 52500T	50	4,70	13,24	1,54	2,05	22

(1) Moyennes observées sur 50 CMP. (2) M. Grassias, communication personnelle.

Les différentes contraintes qu'impliquent la diffusion d'individus répondant aux normes de qualité et de productivité désirées rendent pourtant aléatoire une telle voie limitée à quelques milliers d'individus. La diversification génétique en cours des combinaisons hybrides F₁, réalisée par l'emploi de géniteurs spontanés *C. liberica* récemment prospectés en Côte d'Ivoire et en Centrafrique (Berthaud *et al.*, 1977), permettra de savoir si ces différentes origines ont des comportements similaires vis-à-vis de *C. canephora*. Quoi qu'il en soit, pour les hybrides étudiés ici, l'exploitation de la combinaison *C. liberica* × *C. canephora* nécessite une étape de restauration de la fertilité. Elle est actuellement tentée :

— Au niveau de la première génération hybride, par duplication chromosomique. Les premiers résultats concernant cette voie semblent peu favorables, puisque les amphidiploïdes artificiels ont un comportement méiotique proche de celui des autotétraploïdes de *C. canephora*. Il est caractérisé par des fréquences élevées de multivalents (jusqu'à 6 par CMP) et d'univalents (jusqu'à 8 par CMP), qui conduisent à une forte proportion de disjonctions déséquilibrées en anaphase I (tableau IV).

— Au niveau de la deuxième génération hybride, par l'obtention de descendance issues de croisements entre hybrides F₁ ou de « back-cross » par l'une ou l'autre des espèces parentes, descendance qui entreront prochainement en floraison.

La fréquence élevée des cellules renfermant onze bivalents en métaphase I chez les hybrides F₁ diploïdes et les nombreux multivalents rencontrés chez les amphidiploïdes artificiels démontrent une bonne homologie entre les chromosomes des espèces *C. liberica* et *C. canephora*, ainsi que leur appartenance à un même génome de base. La viabilité des gamètes mâles et femelles liée à la régularité des associations en métaphase I, et le niveau de fertilité atteint par les hybrides F₁ indiquent une faible différenciation des deux espèces considérées et l'absence de remaniements chromosomiques majeurs entre elles. On ne peut que constater une grande analogie de comportement entre les hybrides *C. liberica* × *C. canephora* étudiés ici et les hybrides F₁ entre *C. canephora* et *C. eugenioides* que nous avons suivis à Madagascar (Louarn, 1976). Il ne s'agit donc pas d'une situation originale au sein des caféiers africains diploïdes.

BIBLIOGRAPHIE

BERTHAUD (J.), GUILLAUMET (J.-L.), LE PIERRÈS (D.), LOURD (M.), 1977. — Les prospections de caféiers sauvages et leur mise en collection. VIII^e Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan, 28 nov.-3 déc. ASIC (Paris), 1979, p. 365-372.
CARVALHO (A.), MONACO (L. C.), 1968. — Relaciones

genéticas de especies seleccionadas de *Coffea. Café* (Lima), IX, n° 4, 19 p.

CHINNAPPA (C. C.), 1970. — Interspecific hybrids of *Coffea canephora* and *C. liberica*. *Genetica* (La Haye), XLI, p. 141-146.

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).

LOUARN (J.), 1976. — Hybrides interspécifiques entre *Coffea*

canephora Pierre et *C. eugenioides* Moore. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XX, n° 1, p. 33-52.

SYBENGA (J.), 1960. — Genetics and cytology of coffee. *Bibliographia Genetica* (Gravenhage), XIX, p. 217-316.

LOUARN (J.). — Hybrides interspécifiques entre *Coffea canephora* Pierre et *C. liberica* Bull. ex Hiern. Résultats préliminaires sur les hybrides F₁. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1970, p. 297-304, tabl., fig., réf.

Ce croisement interspécifique entre caféiers diploïdes africains a été réalisé pour associer les qualités agronomiques de *C. canephora* à quelques caractéristiques intéressantes de *C. liberica*. Il est plus aisé lorsque cette dernière espèce est prise comme parent femelle.

Entre descendances hybrides F₁, il y a un « effet croisement » pour la vigueur ; l'influence du parent *C. liberica* est prépondérante. La viabilité pollinique moyenne de 155 hybrides F₁ entrés en floraison est de 54 ± 15 %. Les premiers hybrides ont une fertilité limitée caractérisée par un taux de grains caracolés supérieur à 47 %.

Les hybrides F₁ montrent un comportement méiotique de type diploïde subnormal, avec une variation importante au sein d'une même descendance de seize arbres (44 ± 10 % des cellules à onze bivalents). Les viabilités polliniques, les cellules mères à onze bivalents et les disjonctions chromosomiques normales en anaphase I sont étroitement corrélées.

Ces résultats indiquent une faible différenciation chromosomique entre *C. canephora* et *C. liberica* ainsi que leur appartenance à un même génome de base. Ceci est confirmé par la présence de nombreux multivalents chez les amphidiploïdes artificiels issus du doublement chromosomique des hybrides F₁.

LOUARN (J.). — Zwischenspezifische Hybriden zwischen *Coffea canephora* Pierre und *C. liberica* Bull. ex Hiern. Vorergebnisse bei den Hybriden F₁. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 297-304, tabl., fig., réf.

Diese zwischenspezifische Kreuzung zwischen afrikanischen diploiden Kaffeebäumen wurde vorgenommen, um die agronomische Eigenschaften von *C. canephora* mit einigen interessanten Merkmalen von *C. liberica* zu assoziieren. Sie ist leichter wenn diese letztere Art als weiblich-Elter genommen wird.

LOUARN (J.). — Interspecific hybrids between *Coffea canephora* Pierre and *C. liberica* Bull. ex Hiern. Preliminary results with F₁ hybrids. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 297-304, tabl., fig., réf.

This interspecific crossing between African diploid coffee trees was effected to combine the agronomic properties of *C. canephora* with some interesting characteristics of *C. liberica*.

Between F₁ hybrid progenies, there is a « crossing effect » for the vigour. The influence of the *C. liberica* parent is preponderant. The average pollen viability was 54 ± 15 % for 155 hybrids F₁ that had started to flower. The first hybrids have a limited fertility characterized by a peaberry seed proportion greater than 47%.

The behaviour of the F₁ hybrids during meiosis was of a diploid subnormal type, with a great variation in the same progeny of sixteen trees (44 ± 10 % of the cells with eleven bivalents). The pollen viabilities, the mother cells with eleven bivalents and the normal chromosome disjunctions in anaphase I were found to be closely correlated.

These results show a low level of chromosomic differentiation between *C. canephora* and *C. liberica*, as well as the fact that they belong to the same basic genome. This is confirmed by the presence of numerous multivalents in the artificial amphidiploids obtained by doubling the chromosome number of the F₁ hybrids.

LOUARN (J.). — Híbridos interespecíficos entre *Coffea canephora* Pierre y *C. liberica* Bull. ex Hiern. Resultados preliminares acerca de los híbridos F₁. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, n° 4, oct.-déc. 1980, p. 297-304, tabl., fig., réf.

Este cruzamiento interespecífico entre cafés diploides africanos ha sido realizado para combinar las cualidades agronómicas de *C. canephora* con ciertas características interesantes de *C. liberica*. El cruzamiento resulta más cómodo y fácil cuando esta última especie es tomada como genitor hembra.

Zwischen hybriden Nachkommen F_1 besteht eine « Wirkung Kreuzung » für die Stärke ; der Einfluss des Elters *C. liberica* ist ausschlaggebend. Die durchschnittliche Lebensfähigkeit des Pollens von 155 in Blüte getretenen Hybriden F_1 beträgt $54 \pm 15 \%$. Die ersten Hybriden haben eine begrenzte Fruchtbarkeit, die durch einen 47 % übersteigenden Gehalt an Caracolis Körner charakterisiert ist.

Die Hybriden F_1 weisen ein meiotisches Verhalten von der Art subnormaler Diploid auf, mit einer bedeutenden Schwankung innerhalb der selben Nach-

Entre descendencias híbridas F_1 , tiene un « efecto cruzamiento » para el vigor ; la influencia del genitor *C. liberica* es preponderante. La viabilidad polínica media de 155 híbridos F_1 que han entrado en floración es de $54 \pm 15 \%$. Los primeros híbridos presentan una fertilidad limitada que se caracteriza por un porcentaje de granos caracolis superior a un 47 %.

Los híbridos F_1 muestran un comportamiento meiótico de tipo diploide subnormal, con una variación importante en el interior de una misma descendencia de dieciseis árboles ($44 \pm 10 \%$ de las células de once