

L'INTERCOMPATIBILITÉ DES CLONES DE CAFÉIERS CULTIVÉS SUR LA CÔTE EST MALGACHE

A. CHARRIER

Chargé de recherches INRA, détaché ORSTOM
avec la collaboration technique de M. VIGREUX

Opération conjointe IFCC-ORSTOM *

INTRODUCTION

Les caféiers cultivés sur la Côte Est malgache appartiennent à l'espèce *C. canephora* PIERRE ex FROEHNER (CHEVALIER, 1947) et au groupe des hybrides *Congusta* (CRAMER, 1948).

Ce matériel végétal allogame, sélectionné par l'IFCC sur la base de sa production (plus de 2 kg de café marchand par arbre), du poids de cent graines (supérieur à 18 g) et du goût « à la tasse » (neutre), est vulgarisé sous forme de clones. En raison des qualités propres et du nombre limité de ces derniers, il est conseillé de réaliser des parcelles polyclonales composées essentiellement d'hybrides *Congusta* pollinisés par des *C. canephora*. La diffusion de ces clones sélectionnés et des techniques agronomiques appropriées entraîne une nette augmentation de la production tant dans les grandes concessions caféières qu'en milieu paysannal (FRIDMANN 1965 ; SNOECK, 1968).

De nouveaux progrès sont envisageables au cours des prochaines années, grâce à un choix plus précis du matériel végétal le mieux adapté aux conditions locales, si diverses, des zones de culture du caféier à Madagascar. Il sera possible d'effectuer progressivement ce choix parmi un grand nombre

de clones sélectionnés (environ quarante en 1972), en fonction de nos connaissances les plus récentes sur :

- leurs exigences agronomiques ;
- leurs adaptations régionales (réseau d'essais clonaux multilocaux) ;
- leur précocité de floraison et de production ;
- leur comportement vis-à-vis des maladies (rouille) et des parasites (tigre).

Ces nouvelles plantations polyclonales pourront être constituées indifféremment soit d'hybrides *Congusta*, soit de *C. canephora*, soit d'un mélange des deux, le succès de telles associations dépendant en dernier lieu de l'intercompatibilité de leurs composants. Nous possédons sur ce sujet ainsi que sur

Fig. 1. — Floraison de l'hybride *Congusta* HB



* IFCC, Station principale du café, Ilaka-Est, Madagascar. ORSTOM, B. P. 434, Tananarive, Madagascar.

Les clichés sont de A. Charrier

Café Cacao Thé, vol. XVI, n° 2, avril-juin 1972

O. R. S. I. O. M.

Collection de Référence

13 OCT. 1972

CHARRIER n° 5703 BioHmel

le mode de reproduction de *C. canephora* et des *Congusta* des renseignements bibliographiques partiels.

L'autostérilité de l'espèce *C. canephora* a été maintes fois démontrée (DEVREUX *et al.*, 1959 ; CONAGIN et MENDES, 1961). Son déterminisme, de type gamétophytique, est lié à une série d'allèles multiples, dont trois ont été mis en évidence par CONAGIN et MENDES (1961). L'incompatibilité générale des croisements contrôlés réalisés par les sélectionneurs de *C. canephora* (CAPOT, 1964) tendrait à prouver que ces allèles sont nombreux et variés.

D'après FERWERDA cité par SYBENGA (1960), les hybrides *Congusta* de Java ne sont pas autostériles, mais la production de graines est cependant

liée à la fécondation croisée. A Madagascar, les autofécondations réalisées par FOURY (1962) démontrent l'autostérilité de l'hybride HB. Pour sa part, SNOECK (1968) rapporte l'interstérilité des clones hybrides HA et HB sans la préciser.

Afin de compléter ces données, nous avons étudié de façon systématique l'intercompatibilité des caféiers cultivés sur la Côte Est malgache, en analysant les fécondations contrôlées réalisées en 1968 et 1969.

Après avoir présenté le matériel végétal et les techniques de croisements utilisés dans cette étude, nous rapportons les résultats obtenus et leurs applications pratiques. Nous avons aussi tenté de faire le point sur l'origine et le statut des hybrides interspécifiques *Congusta*.

LE GROUPE DES HYBRIDES CONGUSTA

CRAMER (1948) a donné le nom de *Congusta* aux hybrides interspécifiques naturels de *C. congensis* croisé par les formes robustoïdes. Ce terme a été repris à Madagascar dans un sens plus large et recouvre les hybrides F1 *C. congensis* × *C. canephora* et leurs croisements. Nous excluons la dénomination *C. crameri* (CHEVALIER, 1947), qui est inadaptée pour des hybrides interspécifiques et la dénomination *C. conuga* (FERWERDA cité par CRAMER, 1948), qui est restrictive quant aux parents possibles.

L'historique de ces hybrides nous permettra de mieux saisir les incertitudes et les divergences d'opinion qui leur sont attachées. La forme spontanée de *C. congensis* var. *Chalotii* PIERRE a été introduite dans le jardin d'essais de Libreville par CHEVALIER. Pour cet auteur (1948) et pour LEBRUN (1941), cette variété est difficile à distinguer de *C. congensis* FROEHNER. Par contre, DE WILDEMAN, cité par CRAMER (1948), la décrit comme pouvant être un hybride de type *Congusta*.

Ce sont des graines de la variété *Chalotii* qui ont été introduites au début du siècle (1901) à Madagascar, en provenance de Libreville. Ce nouveau matériel végétal a été mis en place au jardin d'essais de l'Ivohoina. Des graines récoltées en ce lieu ont été expédiées à Java (1908). D'après CRAMER (1948), les plantes qui en sont issues sont

des hybrides *Congusta* ressemblant à ceux qu'il a obtenus entre *C. congensis* et *C. ugandae*. A l'Ivohoina, des descendances en fécondation libre de cinq pieds de *C. congensis* ont été implantées en 1932 et contenaient probablement des hybrides (FOURY et BECK, 1961). Plus récemment, FOURY (1962) a semé les graines issues de trente pieds de *C. congensis* var. *Chalotii*, qui se trouvaient à moins de 20 m d'une plantation de *C. canephora*. Cet auteur a observé que les deux-tiers des descendants avaient des caractères canéphoroïdes. Il ne semble donc pas y avoir de barrière marquée aux croisements naturels entre *C. congensis* et *C. canephora*. Les hybridations contrôlées réalisées entre ces deux espèces par CARVALHO et MONACO (1968), d'une part, et par TONNIER (cité par FOURY et BECK, 1961), d'autre part, ont aussi donné un pourcentage d'hybrides important.

En définitive, il apparaît que les *C. congensis* introduits à Madagascar appartiennent certainement à la variété *Chalotii*. Il est peu probable qu'ils aient déjà été en contact avec des *C. canephora* soit dans leur gîte naturel, soit au jardin d'essais de Libreville. Par contre, il est certain que ce matériel végétal a pu s'hybrider sur le domaine de la station de l'Ivohoina particulièrement riche en divers types de *Coffea* et plus spécialement en *C. canephora*.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel végétal

Hybrides *Congusta* (fig. 1)

Nous avons utilisé pour notre étude cinq clones hybrides, dont quatre sont actuellement vulgarisés. Les hybrides naturels HA et HB ont été trouvés à la station de l'Ivoloina par LEDREUX, vers 1933, puis multipliés végétativement et étudiés par MAISTRE, dès 1935 (FOURY, 1960). Les trois autres hybrides *Congusta* résultent d'hybridations contrôlées réalisées par TONNIER et ont été choisis parmi les descendance des croisements suivants (FOURY et BECK, 1961) :

- H 441 = Robusta de Buitenzorg (C 19) × *Congensis* Ivoloina (D 6) ;
- H 725 = Robusta RHP 9 × HB ;
- H 865 = *Congensis* Ivoloina (D 5) × *Cane-phora* Ivoloina (C 4).

Les incertitudes rapportées sur l'origine des *C. congensis* introduits à Madagascar ne nous permettent pas de préciser la génération exacte représentée par ces hybrides. Cependant, il semble légitime de les regrouper en quatre hybrides interspécifiques de première génération (HA, HB, H 441 et H 865) et en un descendant du premier recroisement par *C. canephora* (H 725). Morphologiquement, ce dernier est plus proche de la forme canéphoroïde et bien différencié des autres clones hybrides.

C. canephora

Au cours des croisements, nous avons presque exclusivement utilisé des *C. canephora* vulgarisés en tant que clones sélectionnés ou retenus comme géniteurs (K 26, K 28, 25-11-58, 21-12-58, 12-1-59, 13-4-57, 6-3-57, 61-59 et 25-5-58). Ils proviennent de la prospection dans les plantations BIGOURET (Mananjary) et RAUD (Ilaka-Est) constituées par des caféiers issus de graines introduites et multipliées en fécondation libre.

Méthodes

Technique des fécondations contrôlées

Nous nous sommes inspirés des techniques appliquées au *C. canephora* par CAPOT (1964) auxquelles nous avons apporté des modifications en fonction des conditions locales.

Les floraisons importantes des caféiers cultivés en basse altitude à Madagascar ont lieu entre la fin juin et le début de novembre. L'épanouissement des bourgeons floraux intervient six à huit jours après la pluie déclenchant la floraison. Cet intervalle de temps varie, dans les conditions de la Côte Est malgache, avec :

- la température moyenne journalière : la croissance des bourgeons floraux est plus rapide quand la température s'élève ;
- les types de *Coffea* considérés : les hybrides *Congusta* fleurissent en moyenne un jour avant les *C. canephora* ;
- les génotypes : la floraison des divers individus d'une espèce donnée s'étale sur deux à trois jours.

Le laps de temps qui s'écoule entre la pluie « déclencheuse » et l'anthèse est une caractéristique de chaque clone qui doit correspondre à une somme déterminée de températures.

Nous avons réalisé les fécondations contrôlées sur les caféiers cultivés à la station d'Ilaka-Est (IFCC) de la façon suivante :

Autofécondations et fécondations libres

Nous choisissons des branches portant plusieurs nœuds florifères et dont les bourgeons sont au stade « chandelle » (fig. 2). Elles sont toilettées la veille de l'épanouissement des premières fleurs, afin de supprimer les bourgeons floraux non concernés et les jeunes fruits issus des floraisons antérieures.

Fig. 2. — Fleurs de *C. canephora* (K 26) au stade « chandelle »



Une ou plusieurs branches ainsi préparées, soit 150 à 300 fleurs par clone étudié, sont laissées en fécondation libre à titre de témoin des pollinisations contrôlées. Les arbres considérés faisant partie de plantations polyclonales dont les composants sont répartis au hasard, leur pollinisation est assurée par divers hybrides *Congusta* et par des *C. canephora* représentatifs des combinaisons hybrides réalisées manuellement.

Pour obtenir l'autofécondation d'un clone, nous isolons chaque branche toilettée dans un manchon de tissu (« drill » à mailles très serrées). Les bourgeons floraux s'épanouissent à l'intérieur de cette enceinte étanche à l'allopollen. Nous retirons les manchons au minimum cinq jours après la floraison, quand les pièces florales fanées tombent d'elles-mêmes. Nous avons observé que les styles et les stigmates des fleurs autofécondées restent blancs plus longtemps que lors d'une pollinisation croisée (caractéristique de la non-fécondation). L'autofécondation d'un clone a été étudiée sur 125 fleurs au moins.

Fig. 3. — Branche de *C. canephora* toilettée et castrée



Fig. 4. — Manchons d'isolement des hybridations dans une parcelle de caféiers en fleurs (Kianjavato)



Hybridations

Pour les croisements contrôlés, nous préparons le géniteur femelle la veille de la floraison dans la parcelle d'expérimentation. Comme précédemment, les branches sont toilettées ; on procède ensuite à l'émasculatation de la fleur par extraction de la corolle sur le tube de laquelle les étamines sont fixées (fig. 3). Les caféiers étudiés étant autostériles, cette castration n'est pas obligatoire. Néanmoins, elle facilite les opérations pratiques de nettoyage, de comptage et de pollinisation. Quand les arbres environnant le géniteur femelle choisi sont déjà en fleurs, il est préférable de ne pas émasculer les boutons floraux afin d'éviter le dépôt de pollen étranger.

Les rameaux ainsi préparés (castrés ou non) sont isolés dans un manchon de tissu (fig. 4).

Le pollen des géniteurs mâles est recueilli au laboratoire le matin de l'anthèse. Les fleurs proviennent soit de branches florifères prélevées la veille de la floraison et placées en vase au laboratoire, soit de boutons floraux mis à fleurir en boîte de Pétri, soit de branches florifères isolées sur le caféier la veille de sa floraison. Dans des pièces séparées ou dans une boîte à gants stérile, le pollen est extrait des étamines au pinceau et mis en tube. Ce pollen est conservé en atmosphère sèche (chlorure de calcium anhydre), dans un réfrigérateur (+ 4°). Le pouvoir germinatif du pollen utilisé est apprécié 3 h après sa mise en germination dans une goutte d'eau sucrée. Dans nos conditions de conservation, le pollen germe de façon satisfaisante pendant un à deux mois après sa récolte. Cependant, sa viabilité varie beaucoup avec les prélèvements et elle atteint un an dans les cas les plus favorables.

Les pollinisations artificielles sont réalisées quand la floraison des caféiers de la parcelle est terminée ou presque, c'est-à-dire 48 h après l'épanouissement des premières fleurs. A ce moment, les stigmates des fleurs isolées sont encore blancs, turgescents et réceptifs, et l'on évite l'entrée de pollen étranger pendant la pollinisation. Celle-ci s'effectue avec le pollen *ad hoc* déposé sur les stigmates, soit avec un pinceau stérile, soit par pulvérisation à la pissette d'un fin nuage de pollen intimement mêlé à du talc. Cette technique rapide et sûre est particulièrement indiquée lorsque l'on doit croiser un grand nombre de fleurs avec le même géniteur mâle. Les manchons d'isolement sont encore laissés quatre ou cinq jours et retirés quand les styles brunissent et tombent.

Pour chaque combinaison hybride prévue, nous avons pollinisé 200 fleurs environ.

Contrôle et récolte des hybridations

Les pollinisations artificielles sont, d'une part, enregistrées sur un cahier, d'autre part, repérées et étiquetées en champ. Elles font l'objet de visites régulières, tout spécialement avant chaque nouvelle floraison, en vue d'éliminer les jeunes boutons floraux qui auraient pu se développer au niveau des nœuds hybridés.

L'évolution des fruits est notée une fois par mois. Le stade nouaison, qui correspond au début du grossissement rapide de l'ovaire, intervient dix à douze semaines après la floraison. Les ovaires non fécondés noircissent et tombent progressivement avant la nouaison. Les pertes de fruits entre la nouaison et la maturité sont restreintes et surtout le fait d'aléas divers (insectes, branches cassées).

Les fruits des caféiers cultivés sont récoltés à maturité, onze mois après la floraison en moyenne. Le développement des cerises dans les croisements contrôlés et les fécondations naturelles est comparable. La récolte des fruits hybrides a lieu une fois par semaine. Les graines sont préparées par voie humide et déparchées pour permettre une observation macroscopique de la fève avant son éventuel semis.

Notations et expression des résultats

Pour étudier les résultats des croisements contrôlés, nous avons retenu les notations suivantes :

- nombre de fleurs utilisées ;
- nombre de fruits noués (ovaires grossissant à trois mois) ;
- nombre de fruits au comptage précédant la récolte (fructification potentielle) ;
- nombre de cerises récoltées ;
- nombre total de graines constituées d'un embryon et d'un albumen « normaux ».

Nous jugeons de la réussite des différents croisements réalisés en calculant le nombre d'ovules qu'il faut féconder pour obtenir une plantule viable. Cette estimation de la fertilité biologique des géniteurs est faite à partir du rapport :

$$\frac{\text{nombre de fleurs hybridées} \times 2}{\text{nombre de bonnes graines}}$$

étant donné que les graines normalement constituées ont en principe donné naissance à une jeune plante. En outre, le dénominateur de ce rapport peut être corrigé en fonction de l'écart constaté entre le nombre de fruits potentiels et celui des fruits qui ont été effectivement récoltés.

Nous prenons aussi en considération pour chaque croisement le pourcentage de grains caracolés. Ceux-ci correspondent aux fruits dont un seul des deux ovules a été fécondé et s'est développé. Ce critère qualitatif est en corrélation étroite avec la fertilité des diverses combinaisons et il revêt une importance toute particulière du point de vue technologique.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Mode de reproduction de *C. canephora* et des hybrides *Congusta*

Les autofécondations (AA) ont porté sur trois clones de *C. canephora* et cinq hybrides *Congusta* (tableau I). Les ovaires autofécondés nouent rarement et ils n'ont donné aucun fruit mûr. Ces clones de *Coffea* cultivés sont donc autostériles. Le mode de reproduction allogame de *C. canephora* est bien connu et n'a été étudié qu'à titre de contrôle. Les hybrides *Congusta* utilisés sont auto-incompatibles comme leurs parents.

Fécondations libres

La fertilité biologique de cinq hybrides *Congusta* et de sept clones *C. canephora* laissés en pollini-

TABLEAU I

Résultats des autofécondations artificielles (1968-69)

Matériel végétal	Nombre fleurs isolées	Nombre fruits noués	Nombre fruits récoltés
<i>Hybrides Congusta :</i>			
HA	138	0	0
HB	156	0	0
H 441	153	3	0
H 725	435	0	0
H 865	140	1	0
<i>C. canephora :</i>			
SI 1900	125	0	0
163-59	757	0	0
12-1-59	277	1	0

TABLEAU II

Résultats de la pollinisation naturelle des caféiers cultivés

Hybrides <i>Congusta</i>			<i>C. canephora</i>		
Clones	Nombre fleurs	Fertilité biologique	Clones	Nombre fleurs	Fertilité biologique
HA ..	357	3,4	25- 5-58	142	2,4
HB ..	562	6,2	12- 1-59	286	2,1
H 441	286	2,3	13- 4-57	352	2,6
H 725	330	2,5	6- 3-57	161	2,2
H 865	192	1,3	K 26	137	4,0
			25-11-58	347	2,2
			21-12-58	279	2,6
5 clones ..	1 727	2,9	7 clones	1 704	2,4
45 % grains caracolis			28 % grains caracolis		

sation libre dans des conditions climatiques favorables est rapportée dans le tableau II. En moyenne, pour obtenir une graine viable, il faut féconder 2,9 ovules chez les *Congusta* et 2,4 ovules chez les *Canephora*.

Le pourcentage de grains caracolis liés aux fécondations libres est plus élevé chez les clones *Congusta* (45 %) que chez les clones *Canephora*

(28 %). Ces valeurs estimées à partir de quelques centaines de graines concordent avec les résultats observés en sélection sur de grands échantillons.

Les deux critères utilisés pour juger de la fertilité naturelle des caféiers étudiés indiquent une différence de comportement entre le groupe des hybrides *Congusta* et les canéphoroïdes.

Nous avons montré par ailleurs que les conditions climatiques au moment de la floraison influent sur la pollinisation naturelle des caféiers allogames en plantation (CHARRIER, 1971). Par beau temps, le pourcentage de nouaison est élevé et la proportion de grains caracolis faible, cette situation s'inversant par temps pluvieux. Les résultats présents, obtenus en conditions favorables, constituent donc un témoin de valeur pour juger de la réussite des hybridations.

Croisements contrôlés entre hybrides *Congusta* (H)

Nous avons réalisé la table diallèle complète (croisements direct et réciproque) entre les cinq clones *Congusta* étudiés (tableau III).

TABLEAU III

Intercompatibilité des clones hybrides *Congusta*

		♂					Σ ♀ (*)	% grains caracolis
		HA	HB	H 441	H 725	H 865		
HA	Fleurs	AA	198	97	247	302	646	32
	Fertilité		396	2,0	1,9	1,9	1,9	
HB	Fleurs	199	AA	199	210	469	878	42
	Fertilité	133		2,2	2,6	2,1	2,2	
H 441	Fleurs	266	142	AA	219	209	836	41
	Fertilité	4,6	2,5		2,7	3,8	3,3	
H 725	Fleurs	263	452	278	AA	247	1 240	35
	Fertilité	1,5	3,4	2,0		2,6	2,3	
H 865	Fleurs	196	256	310	230	AA	992	20
	Fertilité	1,9	1,6	2,4	1,8		1,9	
Σ ♂ (*)	Fleurs	725	850	884	906	1 227	4 592	33
	Fertilité	2,1	2,4	2,2	2,2	2,4	2,4	

(*) Le nombre de fleurs étudiées et la fertilité biologique ne prennent en compte que les croisements intercompatibles.

Nous remarquons immédiatement le comportement singulier du croisement HA × HB et de son réciproque. Il faut dans ce cas féconder plus de cent ovules pour obtenir une graine viable. Ces deux clones sont donc interincompatibles.

Toutes les autres combinaisons ont une fertilité proche de la moyenne (2,4 ovules pour 1 plantule) qui est légèrement meilleure qu'en fécondation libre. Les hybrides *Congusta* entrant dans ces croisements sont intercompatibles. Leur valeur moyenne en tant que pollinisateurs des hybrides étudiés est très homogène. Par contre, la fertilité femelle du clone H 441 est inférieure à celle des quatre autres clones hybrides. Cette différence n'est pas significative statistiquement ($P = 0,10$). La comparaison des croisements direct et réciproque pour chaque combinaison conduit aux mêmes conclusions.

Le pourcentage de grains caracolis est variable avec les clones (20 à 42 %) et plus faible que

dans les conditions naturelles (33 % en moyenne, contre 45 % en fécondation libre).

Croisements contrôlés entre clones de *C. canephora*

Les vingt et une combinaisons réalisées entre sept géniteurs de *C. canephora* sont présentées dans le tableau IV de la même manière que précédemment.

Elles sont toutes compatibles et la fertilité biologique générale est de 1,5 ovule pour une graine viable. Celle-ci est meilleure que dans les conditions naturelles. La valeur des divers clones utilisés comme géniteurs mâle et femelle est équivalente. Le pourcentage moyen de grains caracolis n'est que de 18 %. La réussite de ces croisements est donc très bonne.

La supériorité de la fertilité biologique de *C. canephora* par rapport à celle des *Congusta* ressort aussi bien en fécondation libre qu'en hybridation.

TABLEAU IV
Intercompatibilité des clones de *C. canephora*

♀	♂	K 26	21-12-58	13-4-57	6-3-57	K 28	61-59	25-5-58	Σ ♀
		25-11-58	Fleurs Fertilité.....					150 1,1	205 1,2
21-12-58	Fleurs Fertilité.....		AA			100 2,0	54 1,8		154 1,9
12- 1-59	Fleurs Fertilité.....	232 1,9	190 1,8		261 1,9				683 1,9
13- 4-57	Fleurs Fertilité.....	216 1,8		AA	193 1,5	171 1,2		243 1,4	823 1,4
6- 3-57	Fleurs Fertilité.....	107 1,4	45 1,6	82 1,4	AA		40 2,3	144 2,1	418 1,7
6- 1-59	Fleurs Fertilité.....	87 1,8	132 2,2		107 1,7	94 1,4	AA		420 1,8
25- 5-58	Fleurs Fertilité.....	123 1,3						AA	123 1,3
Σ ♂	Fleurs Fertilité.....	765 1,6	367 2,0	82 1,4	561 1,7	515 1,3	299 1,3	387 1,6	2 976 1,5

Croisements contrôlés entre clones *Congusta* et *Canephora*

Différentes combinaisons ont été réalisées entre les cinq hybrides *Congusta* et divers clones de *C. canephora* (tableau V). Globalement, la fertilité des croisements direct et réciproque est comparable. L'avantage constaté en fécondation libre et dans les pollinisations intra-groupes des femelles de *C. canephora* sur les femelles *Congusta* n'est pas perceptible dans le cas présent (2,3

contre 2,4 ovules pour 1 plantule). Cette fertilité se situe au niveau de celle des *Congusta*; la fécondation de *C. canephora* est légèrement moins bonne avec le pollen des hybrides qu'avec son propre pollen.

Comme précédemment, le pourcentage de grains caracolis est globalement plus élevé pour les hybrides *Congusta* (32 %) que pour les *C. canephora* (21 %). Le clone H 865 fait encore exception avec un taux de grains caracolis très faible (15 %). Cette différence est aussi marquée dans les conditions naturelles (IFCC 1964).

TABLEAU V

Intercompatibilité des clones *Congusta* (H) et *Canephora* (K)

<i>Congusta</i> H \ <i>Canephora</i> K		K 28	12-1-59	K 26	Autres	Σ H (2)	% grains caracolis
HA	♂	136 (1)	139			275 (2,5)	13
	♀	235			102	337 (2,6)	29
HB	♂	85	134		110	329 (2,3)	21
	♀			335	498	833 (2,4)	33
H 441	♂			61		61 (1,7)	21
	♀	141		72		213 (2,8)	53
H 725	♂	94	124			218 (2,6)	45
	♀		185			185 (3,4)	50
H 865	♂	56		75	290	421 (2,1)	21
	♀		101		149	250 (1,9)	15
Σ K	♀	371	397	136	400	1 304 (2,3)	21
	♂	376	286	407	749	1 818 (2,4)	32
Σ générale		747	683	543	1 149	3 122 (2,4)	

(1) Nombre de fleurs hybridées pour chaque combinaison.

(2) Nombre total de fleurs croisées (chiffre du haut) et fertilité biologique moyenne (chiffre du bas entre parenthèses).

INTERPRÉTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

Mode de reproduction des hybrides *Congusta*

Nous avons démontré l'autostérilité stricte des cinq hybrides étudiés. Elle est à rapprocher de celle de *C. canephora* et de *C. congensis* (CONAGIN, 1961). Les observations fragmentaires de FERWERDA cité par SYBENGA (1960) et de FOURY (1962) sur cette question se trouvent précisées.

Intercompatibilité des hybrides *Congusta* HA et HB

Tous les croisements que nous avons réalisés entre clones hybrides sont compatibles, à l'exception de la combinaison HA × HB. Du fait des incertitudes attachées à l'origine de ces deux hybrides naturels, il est difficile de préciser la nature de leur interincompatibilité.

Si le déterminisme génétique de l'auto-incompatibilité chez *C. congensis* est du même type que chez *C. canephora*, il est probable que ces hybrides possèdent les mêmes allèles d'incompatibilité et sont proches parents. Cette hypothèse semble vraisemblable étant donné que :

— les *C. congensis* introduits à Madagascar ont été multipliés à partir d'un nombre d'arbres très restreint ;

— les différences morphologiques et physiologiques des hybrides HA et HB sont mineures et assimilables à la recombinaison génétique entre individus hétérozygotes.

Cette hypothèse d'étroite parenté n'est pas partagée par FOURY (1960), qui propose, comme parent canéphoroïde de l'hybride HA, la forme Robusta, et pour HB, la forme Kouilou.

Fertilité des différents croisements entre caféiers cultivés

Nous avons vu que la fertilité de l'ensemble des croisements contrôlés est régulièrement supérieure

à celle des témoins en fécondation libre. Cependant, les différences de comportement des deux groupes de caféiers demeurent. La meilleure réussite des croisements réalisés manuellement peut s'expliquer par une moindre compétition trophique due à la suppression de tous les ovaires non hybrides sur la branche.

Globalement, la fertilité biologique des croisements compatibles qui représentent les trois combinaisons possibles avec les hybrides *Congusta* et les *C. canephora* est satisfaisante, ce qui justifie leur association en plantation.

L'intercompatibilité des croisements à l'intérieur de l'espèce allogame *C. canephora* est bien connue et ne pose pas beaucoup de problèmes du fait de son déterminisme et de la structure génétique des populations dans lesquelles ont été choisis les clones sélectionnés. La fertilité biologique de ces hybridations est très bonne (1,5 ovule fécondé pour 1 plantule) et peu variable. En outre, le pourcentage de grains caracolis est le plus faible (18 %).

Pour des hybrides interspécifiques, les *Congusta* sont très fertiles, et dans des proportions équivalentes, qu'ils soient pollinisés par d'autres hybrides compatibles ou par *C. canephora* (2,4 ovules fécondés pour 1 plantule). Cependant, dans nos conditions d'expérimentation, la fertilité femelle de ces hybrides est légèrement inférieure à celle de *C. canephora* et le pourcentage moyen de grains caracolis plus élevé (33 %). Ce dernier est variable avec les hybrides considérés.

Hormis une action spécifique du milieu sur les *Congusta*, les modifications de fertilité observées pourraient être une conséquence de leur état hybride. La validité de cette hypothèse sera éprouvée par l'étude de la fertilité pollinique et du comportement méiotique des clones *Congusta* en notre possession.

Remarquons que la diminution de fertilité intrinsèque de ces hybrides n'affecte pas forcément la production globale par arbre. Cette situation n'est compréhensible que s'il y a compensation de ce défaut par des floraisons plus nombreuses et plus importantes ou par une chute moindre des fruits pendant leur développement.

Relations entre les parents des hybrides *Congusta*

Vu la facilité avec laquelle le *C. canephora* et le *C. congensis* se croisent et vu la fertilité du groupe des hybrides *Congusta*, la différenciation « génique » et « chromosomique » de ces deux espèces ne semble pas très poussée. Leurs caryotypes établis par BOUHARMONT (1959) sont très proches et il n'apparaît pas de barrière morphologique visible à l'appariement des chromosomes. Le caryogramme d'un hybride *Congusta* étudié par BOUHARMONT (1959) ne diffère pas significativement de ceux des parents. HAARER, cité par SYBENGA (1960), considère qu'il ne s'agit pas d'hybrides interspécifiques et que le *C. congensis* n'est qu'une « forme » de *C. canephora*. Cependant, il convient de rappeler que les hybrides obtenus très facilement par CARVALHO et MONACO (1968) sont presque totalement stériles. Nous devons donc rester prudents quant au niveau de fertilité des *Congusta*, d'autant plus que ce terme recouvre des hybrides F 1 et leurs recroisements.

Du point de vue biosystématique, les éléments dont nous disposons nous conduisent à penser que les espèces *C. congensis* et *C. canephora* pourraient être deux *ecospecies*, d'après les définitions de TURESSON et de CLAUSEN reprises par ESSAD (1957), qui correspondent à des espèces ou à des sous-espèces géographiques. En effet, à l'état spontané, ces deux espèces ont une aire géographique commune, mais des habitats différents (CHEVALIER, 1948). Le *C. congensis* vit sur les îles sableuses et les rives du bassin central du Congo, alors que les formes canéphoroïdes rencontrées dans cette région se trouvent dans les sous-bois de la forêt dense ou tropophile et dans les galeries forestières. Parmi tous les types morphologiques de ces deux espèces décrites par PIERRE, il n'y en a aucun qui rappelle les hybrides *Congusta* (CHEVALIER, 1948). Par contre, CRAMER (1948), sur les indications de prospection de DE WILDEMAN, pense que la variété *Chalotii* pourrait être un hybride spontané.

La séparation sur le terrain des espèces *C. congensis* et *C. canephora* est généralement admise. Néanmoins, il nous paraît souhaitable de la préciser par une prospection, de rechercher la présence d'hybrides naturels et d'observer leur biologie florale dans les conditions naturelles.

En outre, du matériel végétal d'origine et de nature bien établies pourrait servir à l'obtention de nouveaux hybrides et de leurs recroisements par les parents. Une analyse complète de ces hybrides interspécifiques (morphologie, fertilité,

méiose) nous permettrait de préciser les relations génétiques et cytogénétiques des deux espèces, leurs possibilités d'échanges géniques favorables en sélection et la nature des hybrides *Congusta* utilisés.

Applications pratiques des résultats obtenus

Les caféières actuellement mises en place sur la Côte Est malgache sont constituées d'une forte proportion d'hybrides *Congusta* pollinisés par des clones de *C. canephora*. Cette situation doit donc évoluer pour tenir compte de l'interincompatibilité des clones HA et HB les plus utilisés et des conditions de l'interpollinisation (CHARRIER, 1971).

En définitive, la compatibilité très générale des croisements et l'augmentation du nombre de clones sélectionnés permet d'envisager la constitution de **plantations polyclonales bien équilibrées quant à leur pollinisation, en associant au minimum six clones parfaitement adaptés aux conditions locales de culture.** Leur intercompatibilité limite rarement leur choix et l'on peut y remédier aisément en augmentant le nombre des clones associés. **On utilisera donc indifféremment comme matériel végétal des hybrides *Congusta* seuls, des *C. canephora* seuls ou un mélange des deux.**

Un cas intéressant à considérer du point de vue agronomique est celui des terres inondables périodiquement (marais, alluvions basses) et des collines compactes exploitables grâce aux hybrides *Congusta* (SNOECK, 1968). Ces surfaces étaient plantées en hybrides HA et HB auxquels on associait quelques *C. canephora* pollinisateurs qui dépérissaient dès que la submersion du terrain dépassait trois ou quatre jours. Pour résoudre ce problème, VIANNEY-LIAUD a appliqué une solution élégante qui consiste à greffer dans ces zones les *C. canephora* sur des hybrides. **Nos résultats sur l'intercompatibilité des *Congusta* permettent d'envisager maintenant leur implantation directe sur ces terrains inondables, sans avoir recours à des *C. canephora* greffés pour assurer la pollinisation des hybrides.**

Nous devons rappeler que les fruits des hybrides *Congusta* contiennent en moyenne une plus forte proportion de grains caracolis que ceux de *C. canephora*. Ce défaut pour la normalisation du produit est aggravé à Madagascar du fait de conditions climatiques défavorables au moment des floraisons (CHARRIER, 1971). Mais nous avons signalé à ce sujet des différences importantes du comportement clonal. C'est ainsi que l'hybride H 865 ne contient que 15 à 20 % de grains caracolis.

CONCLUSION

Par des croisements contrôlés, nous avons mis en évidence une certaine stérilité intrinsèque des hybrides *Congusta* par rapport à l'espèce diploïde *C. canephora*. Elle se traduit par une fertilité biologique plus faible et par un pourcentage de grains caracolis plus élevé. Du fait des incertitudes qui entourent l'origine de ces hybrides, nous en sommes réduits à des hypothèses sur les relations génétiques et cytogénétiques des parents. Les espèces *C. canephora* et *C. congensis* semblent très proches du point de vue systématique. Elles se croisent facilement pour donner des hybrides viables et elles possèdent des génomes peu différenciés.

Nos connaissances sur les hybrides *Congusta* ne peuvent progresser que par :

- une prospection dans la zone du bassin central

du Congo pour étudier les relations entre les deux espèces ;

— l'analyse génétique et cytogénétique d'hybrides F1 et de croisements parfaitement contrôlés.

Les cinq hybrides *Congusta* que nous avons étudiés sont autostériles. En outre, ils sont intercompatibles, à l'exception des clones HA et HB, et peuvent donc faire l'objet de plantations polyclonales. Les autres croisements réalisés entre les *C. canephora* et les *Congusta* sont tous compatibles. L'intercompatibilité quasi générale des clones de caféiers cultivés sur la Côte Est malgache permet de choisir et d'associer sans contrainte le matériel végétal le mieux adapté aux conditions pédoclimatiques locales.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUHARMONT (J.), 1959. — Recherches sur les affinités chromosomiques dans le genre *Coffea*. INEAC, série sc. n° 77, 93 p.
- CAPOT (J.), 1964. — La pollinisation artificielle des caféiers allogames et son rôle dans leur amélioration. Son application et ses résultats en Côte d'Ivoire. *Café Cacao Thé* (Paris), VIII, 2, p. 75-88.
- CARVALHO (A.), MONACO (L. C.), 1968. — Relaciones genéticas de especies seleccionadas de *Coffea*. *Café* (Lima), IX, 4, 19 p.
- CHARRIER (A.), 1971. — Etude de la pollinisation des caféiers cultivés par marquage du pollen au phosphore (32 P) et au soufre (35 S) radioactifs. *Café Cacao Thé* (Paris), XV, 3, p. 181-190.
- CHEVALIER (A.), 1947. — Les caféiers du globe. Fasc. III : Systématique des caféiers et faux-caféiers. Maladies et insectes nuisibles. *Encyclopédie biologique XXVIII*. Ed. Paul Lechevalier (Paris), 356 p.
- CHEVALIER (A.), 1948. — Caféiers hybrides de *Coffea congensis* et *C. canephora*. *Rev. Bot. Appl.*, XXVIII, p. 558-560.
- CONAGIN (C. H. T.), 1961. — Microsporogenese, incompatibilidade e esterilidade masculina em *Coffea congensis* Froehner. *Bragantia* (Campinas), XX, 27, p. 669-677.
- CONAGIN (C. H. T.), MENDES (A. J. T.), 1961. — Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*. Autoincompatibilidade em *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. *Bragantia* (Campinas), XX, 34, p. 787-804.
- CRAMER (P. J. S.), 1948. — Les caféiers hybrides du groupe *Congusta*. *Bul. Agric. Congo Belge*, XXXIX, 1, p. 29-48.
- DEVREUX (M.), VALLAYES (G.), POCHE (P.), GILLES (A.), 1959. — Recherches sur l'autostérilité du caféier Robusta (*Coffea canephora* Pierre). INEAC, série sc. n° 78, 44 p.
- ESSAD (S.), 1957. — La polyploïdie et ses aspects évolutifs en relation avec l'amélioration des plantes. *Ann. Amélior. Pl.*, II, p. 199-226.
- FOURY (C.), 1960. — Contribution à l'étude de deux caféiers hybrides HA et HB. IRAM (Tananarive), document n° 4, 28 p.
- FOURY (C.), 1962. — Contribution à l'étude des hybrides *C. canephora* × *C. congensis* et inverses. Deux belles sélections malgaches, hybride A et hybride B. Rapport dactyl., IFCC, Madagascar, 23 p.
- FOURY (C.), BECK (C.), 1961. — Première contribution à l'étude des clones de caféiers repérés à la station de l'Ivoloina. Rapport dactyl., 113 p.
- FRIDMANN (M.), 1965. — Premiers résultats des plantations clonales de *C. canephora* à Madagascar, dans la région de Mananjary. Prem. Sess. Groupe Trav. Techn. FAO, Brésil, oct. 1965, Ce. 65/54.
- IFCC Madagascar. — Rapport annuel 1964.
- LEBRUN (J.), 1941. — Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo. Publ. INEAC hors série, 184 p.
- SNOECK (J.), 1968. — La rénovation de la caféiculture malgache à partir de clones sélectionnés. *Café Cacao Thé* (Paris), XII, 3, p. 223-235.
- SYBENGA (J.), 1960. — Genetics and cytology of coffee. *Bibliographia Genetica*, XIX, p. 217-316.
- CHARRIER (A.). — **L'intercompatibilité des clones de caféiers cultivés sur la Côte Est malgache.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVI, n° 2, avril-juin 1972, p. 111-122, fig., tabl., réf.
- CHARRIER (A.). — **The intercompatibility of coffee tree clones cultivated on the Eastern Malagasy Coast.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVI, n° 2, avril-juin 1972, p. 111-122, fig., tabl., réf.

Les caféiers cultivés sur la Côte Est malgache appartiennent à l'espèce *C. canephora* et au groupe des hybrides *Congusta*. Compte tenu de leurs qualités agronomiques propres, les possibilités de les associer en des combinaisons polyclonales variées dépendent de leur intercompatibilité. Celle-ci a été étudiée de façon systématique.

L'historique et l'origine des hybrides *Congusta* ont été recherchés afin de préciser la nature du matériel végétal recouvert par cette appellation. Cette étude a été réalisée avec

The coffee trees cultivated on the Eastern Malagasy Coast belong to the species *C. canephora* and to the hybrid group *Congusta*. Taking into account their own agricultural qualities, the possibilities of associating them into varied polyclonal combinations depend on their intercompatibility. The latter has been studied in a systematic way.

Efforts have been made to inquire into the history and origin of *Congusta* hybrids so as to specify the nature of the plant material covered by this designation. This study was carried

cinq clones *Congusta* et une dizaine de clones *C. canephora* sélectionnés par l'IFCC à Madagascar. Les deux principaux critères retenus pour juger de la compatibilité des croisements réalisés sont la fertilité biologique (nombre d'ovules fécondés pour obtenir une plantule viable) et le pourcentage de grains caracolis.

On a établi que les cinq hybrides *Congusta* étudiés sont auto-stériles et intercompatibles à l'exception des clones HA et HB. Les combinaisons entre *C. canephora* sont toutes compatibles et elles présentent une meilleure fertilité intrinsèque que les croisements précédents. Les hybridations entre les deux groupes de caféiers à l'étude sont elles aussi fertiles.

D'un point de vue pratique, la composition clonale des plantations de caféiers doit tenir compte de l'interstérilité des clones HA et HB qui constituaient le fonds de plantation. En fait, l'intercompatibilité quasi générale des trois combinaisons possibles avec les hybrides *Congusta* et les *C. canephora* permet de les associer essentiellement d'après leur adaptation aux conditions pédoclimatiques locales. Ainsi, on peut envisager l'installation de plantations uniquement constituées de clones *Congusta* sur les terres inondables périodiquement.

A partir des données bibliographiques et des observations sur la fertilité des hybrides interspécifiques *Congusta*, on a discuté les relations génétiques et cytogénétiques entre les deux espèces *C. congensis* et *C. canephora*.

CHARRIER (A.). — **Die Zwischenvereinbarkeit der Klone von an der Ostküste Madagaskars kultivierten Kaffeebäumen.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVI, n° 2, avril-juin 1972, p. 111-122, fig., tabl., réf.

Die an der Ostküste Madagaskars kultivierten Kaffeebäume gehören der Species *C. canephora* und der Hybridengruppe *Congusta* an. In Anbetracht ihrer ihnen eigenen agronomischen Eigenschaften hängen die Möglichkeiten ihrer Assoziierung in verschiedener polyklonaler Form von ihrer Zwischenvereinbarkeit ab. Diese wurde auf systematische Weise untersucht.

Es wurde nach der Geschichte und der Herkunft der Hybriden *Congusta* geforscht, um die Natur des so benannten Pflanzenmaterials zu ermitteln. Die Untersuchung wurde mit fünf Klonen *Congusta* und etwa zehn Klonen *C. canephora* durchgeführt, die zuvor von dem IFCC in Madagaskar selektiert wurden. Die zwei hauptsächlichsten Merkmale die zur Beurteilung der Vereinbarkeit der verwirklichten Kreuzungen herangezogen wurden sind die biologische Fruchtbarkeit (Anzahl der befruchteten Eikerne zur Erhaltung einer lebensfähigen Keimpflanze) und der Prozentsatz an Caracoli.

Es wurde festgestellt, dass die fünf Hybriden *Congusta* selbststeril und zwischenvereinbar waren mit Ausnahme der Klone HA und HB. Die Kombinationen zwischen *C. canephora* sind alle vereinbar und weisen eine bessere eigentliche Fruchtbarkeit auf als die vorhergehenden Kreuzungen. Auch die Bastardierungen zwischen den beiden zur Prüfung stehenden Kaffeebaumgruppen sind fruchtbar.

Vom praktischen Standpunkt muss bei der Klonezusammensetzung der Kaffeepflanzungen der Zwischensterilität der die Grundlage der Pflanzung bildenden Klone HA und HB Rechnung getragen werden. Faktisch erlaubt die fast allgemeine Zwischenvereinbarkeit der drei möglichen Kombinationen mit den Hybriden *Congusta* und den *C. canephora* sie vor allem gemäss ihrer Anpassung an die örtlichen pedologischen und klimatischen Verhältnissen zu assoziieren. So kann die Anlage von rein aus Klonen *Congusta* bestehenden Pflanzungen auf periodisch überschwemmbarren Böden in Erwägung gezogen werden.

Ausgehend von den bibliographischen Angaben und den Beobachtungen über die Fruchtbarkeit der zwischenspezifischen Hybriden *Congusta* wurden die genetischen und zytologischen Beziehungen zwischen den beiden Species *C. congensis* und *C. canephora* erörtert.

out with five *Congusta* clones and approximately ten *C. canephora* clones selected by IFCC in Madagascar. The two main criteria used to estimate the compatibility of crossings carried out are biological fertility (number of ovules fertilized to obtain a viable plant) and the percentage of peaberries.

It was established that the five *Congusta* hybrids were auto-sterile and intercompatible except for clones HA and HB. Combinations between *C. canephora* were all compatible and had a better intrinsic fertility than the previous crossings. The hybridizations between the two groups of coffee trees under study were fertile as well.

From a practical point of view, the clonal composition of coffee tree plantations must take into account the intersterility of clones HA and HB which constituted the base of the plantation. In fact, the almost generalized intercompatibility of the three possible combinations with *Congusta* hybrids and *C. canephora* makes it possible to associate them essentially according to their accommodation to local pedoclimatic conditions. Thus, consideration may be given to the setting up of plantations consisting exclusively of *Congusta* clones and lands which are periodically liable to inundation.

On the basis of bibliographical data and observations on the fertility of *Congusta* interspecific hybrids, the genetic and cytogenetic relationships between the two species *C. congensis* and *C. canephora* are discussed.

CHARRIER (A.). — **La intercompatibilidad de los clones de cafés cultivados en la Costa Este malgache.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVI, n° 2, avril-juin 1972, p. 111-122, fig., tabl., réf.

Los cafés cultivados en la Costa Este malgache pertenecen a la especie *C. canephora* y al grupo de los híbridos *Congusta*. Teniendo en cuenta sus calidades agronómicas propias, las posibilidades de asociarlos en combinaciones policlonales variadas dependen de su intercompatibilidad. Se estudió la última de modo sistemático.

A los efectos de precisar la naturaleza del material vegetal llamado híbridos *Congusta*, se investigaron la historia y el origen de dichos cafés. El estudio fue realizado con cinco clones *Congusta* y unos diez clones *C. canephora* seleccionados por el IFCC en Madagascar. Los dos criterios principales para juzgar la compatibilidad de los cruzamientos efectuados eran la fertilidad biológica (número de óvulos fecundados para obtener una plántula viable) y el porcentaje de caracolis.

Se determinó que los cinco híbridos *Congusta* estudiados son autoestériles e intercompatibles a excepción de los clones HA y HB. Todas las combinaciones entre *C. canephora* son compatibles y presentan una mejor fertilidad intrínseca que los cruzamientos precedentes. También son fértiles las hibridaciones entre los dos grupos de cafés estudiados.

Desde el punto de vista práctico, la composición clonal de los cafetales debe tener en cuenta la interesterilidad de los clones HA y HB que constituían la mayor parte del cafetal. De hecho, dada la intercompatibilidad casi general de las tres combinaciones posibles con los híbridos *Congusta* y los *C. canephora* se puede asociarlos esencialmente en función de su adaptación a las condiciones pedoclimáticas locales. Así se puede encarar la instalación de cafetales constituidos únicamente con clones *Congusta* en suelos periódicamente inundables.

Basándose en los datos bibliográficos y en las observaciones hechas sobre la fertilidad de los híbridos interespecíficos *Congusta*, el autor discutió las relaciones genéticas y citogenéticas entre las dos especies *C. congensis* y *C. canephora*.