

1471

servu ds H 2

INFLUENCE DES FACTEURS GÉNÉTIQUES SUR LE CONTRÔLE DE LA TENEUR EN CAFÉINE DU CAFÉ

D. LE PIERRES
ORSTOM, BP V51, Abidjan, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

La teneur en caféine, responsable en partie de l'action physiologique du café sur l'organisme, tend à devenir une caractéristique commerciale des plus importantes dans l'appréciation de la qualité des cafés.

Le caractère caféine est très variable à l'intérieur du genre *Coffea*. On y trouve des espèces qui en sont totalement dépourvues. A l'inverse, des caféiers sont réputés très chargés en caféine comme l'espèce cultivée *C. canephora*. Chez cette espèce la variabilité de la teneur en caféine a été précisée par plusieurs auteurs, dont Charrier et Berthaud, qui trouvent une variation intraspécifique naturelle considérable, allant de 1,16 à 3,27 % de la matière sèche (1). Les *C. canephora*, contrairement aux *C. arabica*, possèdent aussi une grande variabilité intradescendance qui peut être parfois équivalente à celle de l'espèce.

La transmission héréditaire de la teneur en caféine, a été surtout étudiée: par les Brésiliens sur les cultivars Arabica (2), et par l'ORSTOM sur les espèces *C. arabica* et *C. canephora* (1). Globalement, la teneur moyenne d'une descendance est intermédiaire entre celles des parents (3). Cette constatation a été également vérifiée sur des hybrides interspécifiques (4, 5, 6).

Dans le cadre de l'amélioration génétique des caféiers de basse altitude, nous avons réalisé trois expériences, à la Station IRCC de Divo en Côte d'Ivoire, pour l'étude des facteurs génétiques sur la teneur en caféine des cafés

468

ASIC, 12^e Colloque, Montreux, 1987



Fonds Documentaire IRD
Cote : BX 24985 Ex : un

LA PREMIERE EXPERIENCE (tableau 1)

L'étude a porté sur un essai d'hybrides contrôlés entre *C. canephora* d'une demi-table diallèle 6 x 6 du tableau 1. Les six géniteurs possèdent des teneurs variant entre les minima et les maxima de l'espèce. On a :

- 2 géniteurs à très faibles teneurs : environ 1,6 %, pour les clones 232 et 160;
- 2 géniteurs à teneurs moyennes : 2 % pour le 444 et le A25;
- 2 géniteurs très fortement chargés: le 181 et le 461 qui dépassent 3 %.

Les dosages de la caféine ont été effectués sur des échantillons prélevés pied par pied aux deux premières récoltes .

Tableau 1 : TENEURS EN CAFEINE DANS LES COMBINAISONS *C. canephora*.
(n : effectifs; x : moyennes; e : écarts-types)

géniteurs		160	444	A25	181	461 (3,37 %)
232 (1,60 %)	n	25	16	19	15	19
	x	2,38	2,88	2,06	2,26	2,72
	e	0,48	0,67	0,36	0,40	0,30
160 (1,66 %)	n		28	13	15	21
	x		2,37	2,76	2,58	3,05
	e		0,27	0,53	0,42	0,45
444 (1,90 %)	n			*	8	23
	x			2,74	3,02	3,24
	e			0,63	0,53	0,66
A25 (2,00 %)	n				18	23
	x				2,71	2,87
	e				0,71	0,48
181 (3,04 %)	n					23
	x					3,43
	e					0,55

* Combinaison manquante : estimation par la méthode de Kearney
(C,CC %): teneurs en caféine des géniteurs.

L'analyse diallèle faite par la méthode de Griffing (7, 8) permet de détecter les aptitudes générales (AGC) et spécifiques (ASC) à la combinaison des géniteurs. Il est à noter que dans la grille diallèle existe une combinaison manquante : 444 x A25, dont les valeurs ont été estimées par la méthode de Kearney (9). L'analyse de la variance des moyennes est présentée dans le tableau 2.

L'examen des F calculés montre un effet croisement très hautement significatif, dont la décomposition montre, aussi, que les AGC et les ASC sont très hautement significatives. Ces résultats sont un peu différents de ceux cités à l'ASIC de Lomé par BOUHARMONT (10) qui ne trouve pas d'effet ASC pour la caféine.

Le carré moyen de l'AGC est très supérieur au carré moyen de l'ASC, ce qui indique que les effets additifs des gènes exercent une influence importante sur la teneur en caféine.

Les héritabilités ont été calculées. Elles sont moyennes au sens strict : 33 %, fortes au sens large : 74 %. Ces résultats montrent bien que la part génétique dans l'expression du caractère caféine est prépondérante sur tous les autres effets, par exemple le milieu ; et qu'il y a autant d'effets additifs des gènes que d'effets non additifs.

Tableau 2: ANALYSE DE LA VARIANCE DE LA TENEUR EN CAFEINE SUR DES DESCENDANCES CONTROLEES DE *C. canephora*.

VARIATIONS	SCE	DDL	CM	F	S
TOTALE	107,43	282	-	-	-
CROISEMENTS	36,53	14	2,61	9,87	***
AGC	36,36	5	5,27	19,93	***
ASC	10,18	9	1,13	4,28	***
RESIDUELLE	70,89	268	0,26	-	-

*** Significatif à 1 %.

Par rapport à d'autres caractères, comme par exemple la production, le caractère caféine est de loin le plus héritable chez les caféiers (tableaux 3 et 4).

Tableau 3 : ESTIMATION DES AGC (aptitudes générales à la combinaison) (caractères caféine et production).

Clones Robusta	232	160	444	A25	181	461
AGC (Caféine)	-34,8	-13,8	-14,2	-13,8	7,5	40,6
AGC (production)	-6,0	14,2	-2,0	-2,7	3,1	-6,6

Tableau 4 : COMPARAISON DES ASC (aptitudes spécifiques à la combinaison) (caractères caféine et production).

généiteurs		160	444	A25	181	461
232	C	12,9	35,1	-19,7	-20,6	-7,7
	P	-0,0	-1,6	1,2	-10,0	10,4
160	C		37,4	30,1	-10,1	4,5
	P		-9,5	9,1	2,3	-1,9
444	C			0	6,8	4,5
	P			0	6,1	5,0
A25	C				2,9	-13,4
	P				2,4	-12,7
181	C					21,0
	P					-0,8

C : ASC caféine ; P : ASC production .

LA SECONDE EXPERIENCE (tableau 5)

On a dosé grain par grain la caféine dans 174 grains provenant de fécondations contrôlées suivant une grille de croisements entre 4 géniteurs *C. canephora*. Deux de ceux-ci : f1 et f2, ont des teneurs très faibles. Les deux autres : F3 et F4 sont très chargés.

Tableau 5 : TENEUR EN CAFEINE (% MS) DANS LES ALBUMENS PAR COMBINAISON (effets maternels, paternels et réciproques)

♀	caféine	♂	f1	f2	F3	F4
			n	30	30	30
f1	1,5 %	x	-	2,22	2,54	2,25
		e		0,17	0,17	0,13
f2	1,6 %	n			25	10
		x		-	1,01	1,91
		e			0,14	0,14
F3	3,6 %	n	27	22		
		x	3,02	2,24	-	
		e	0,45	0,34		
F4	4,2 %	n				
		x				-
		e				

f1, f2, F3 et F4 sont 4 clones de *C. canephora*

n : nombres de grains analysés; x : moyennes; e : écarts-types.

Le dosage de la caféine va permettre d'examiner les interactions géniques au niveau des albumens triploïdes résultant de la double fécondation. On espère ainsi mettre en lumière des effets génomiques paternels, maternels et sens du croisement qui déterminent la teneur en caféine dans le grain de café.

On constate que :

- Les grains produits sur la mère f1, à partir de fécondation par trois pollens, sont identiques en teneur quelle que soit la teneur du père. Ces teneurs sont supérieures à la valeur 1,5 % obtenue par un mélange de pollen en fécondation libre.
- Sur la mère f2 croisée par deux mâles fortes teneurs, on trouve une variation allant du simple au double : 1,01% et 1,91%.
- Sur l'arbre F3, croisé par des faibles teneurs, on a des valeurs très différentes, qui sont inférieures à la valeur habituelle 3,6 %.
- De la même manière les effets paternels sont similaires aux effets maternels. On n'obtient pas non plus des résultats semblables dans des croisements réciproques.

En règle générale, dans cette expérience on ne met en évidence que des effets spécifiques entre les combinaisons gamétiques pour la teneur en caféine des albumens. Ceci a pour conséquence, que la teneur en caféine qui n'est pas seulement une donnée maternelle, peut varier chez un même clone, en fonction des pollinisateurs. La composition pollinique peut être modifiée suivant le lieu ou l'année, et faire changer la teneur en caféine des grains.

LA TROISIEME EXPERIENCE (tableau 6).

Elle concerne l'étude de combinaisons hybrides interspécifiques tétraploïdes obtenus :
 - soit par croisement de *C. arabica* par *C. canephora* . On a sept combinaisons Arabusta au sens strict, issues de sept souches Arabica, dosant de 1 à 1,5 % de caféine, croisées par un même clone Robusta qui contient 3 % de caféine,

- soit par croisement de *C. arabica* par *C. liberica* . Ces combinaisons Arabusta au sens large proviennent de cinq souches Arabica hybridées par deux clones Libérica : un Gros Indénié faisant 1,37 % de caféine ,et un Excelsa qui dose 1,12 % . Ces taux sont comparables à ceux de *C. arabica* .

Tableau 6 : COMBINAISONS ARABUSTA (effectifs étudiés pour la caféine)

AU SENS STRICT: *C. arabica* x *C. canephora*

1 clone ROBUSTA T	7 SOUCHES ARABICA							Caféine du n° 181 :
	E17	E30	E53	E8	E35	E40	Cat	
sélection (181)	16	16	15	18	12	15	16	3,04 %

AU SENS LARGE: *C. arabica* x *C. liberica*

2 clones LIBERICA T	5 SOUCHES ARABICA					Caféine
	E 8	E15	E10	E33	E40	
Gros indénié (1029)	8	8	6	-	9	1,37 %
Excelsa (843)	6	16	16	8	-	1,12%

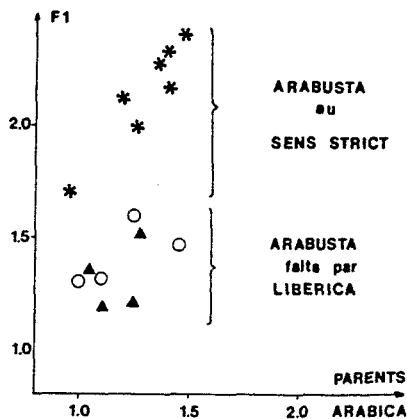
La représentation graphique des hybrides F1 à parents constants est mise sur la figure 1. Elle permet de tirer quelques informations :

- 1) les Arabusta faits avec *C. canephora* contiennent plus de caféine que ceux faits par *C.liberica* ou *C. excelsa*.
- 2) les régressions sont significatives, puisque l'on voit des variations de teneurs des F1 allant dans le même sens que celles des parents Arabica. Ceci est particulièrement net dans les Arabusta au sens strict ; moins dans les autres.

Il y a donc bien additivité des gènes contrôlant la caféine chez ces hybrides.

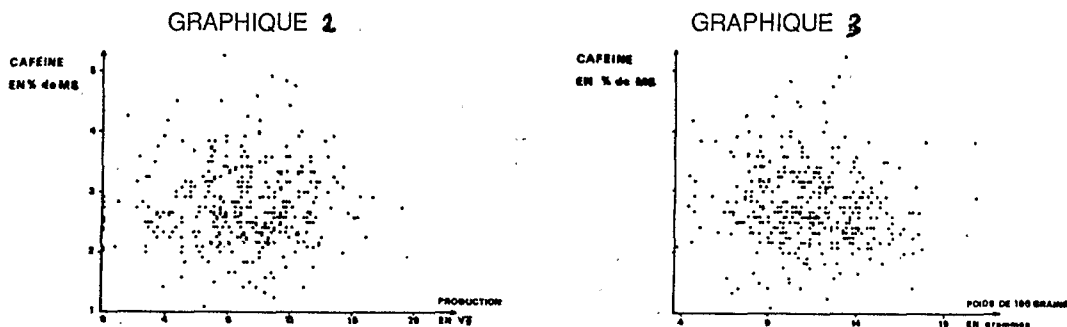
Figure 1: TENEUR EN CAFEINE DES HYBRIDES INTERSPECIFIQUES

Descendants des clones { * N° 181 ROBUSTA
 ○ N°1029 LIBERICA
 ▲ N° 843 EXCELSA



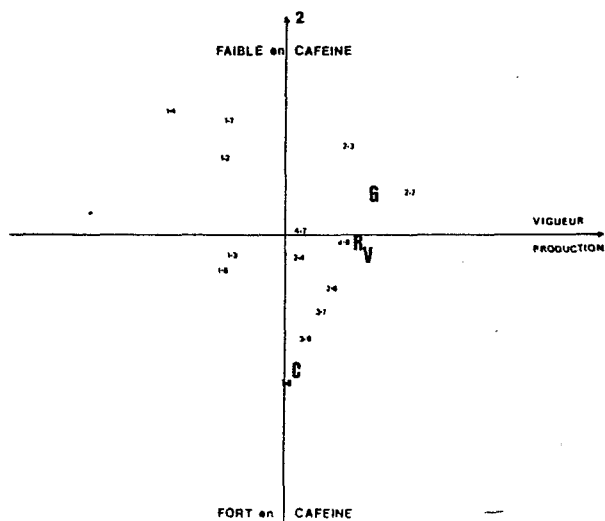
QUELLES SONT LES LIAISONS DE LA TENEUR EN CAFEINE AVEC LES AUTRES CARACTERES ?

Les diagrammes 2 et 3, montrent respectivement que la teneur en caféine des *C. canephora* n'est pas corrélée avec la production (graphique 2), ni avec la grosseur des grains (graphique 3). Ces graphiques illustrent clairement que ces caractères n'ont pas de liaison avec la caféine.



La visualisation de la variabilité des moyennes des combinaisons a été faite sur la figure 4 qui représente une analyse en composantes principales. Les axes 1 et 2 expriment respectivement 36 et 20 % de la variation totale.

FIG. 4 : REPRESENTATION GRAPHIQUE
(ACP) DES MOYENNES DES
DESCENDANCES HYBRIDES
C. canephora (axes 1 et 2)



Légende des caractères
C : caféine
R : récolte
V : vigueur
G : granulométrie

L'axe 1, qui est l'axe "vigueur-production", montre bien l'indépendance de ces caractères avec la caféine qui se retrouve sur l'axe 2 où s'opposent les fortes teneurs aux faibles teneurs.

Il est donc possible de sélectionner des caféiers pour plusieurs caractères héréditaires dont la caféine. De ce point de vue, certaines descendances sont plus intéressantes que d'autres. La sélection dépend aussi de la famille et des degrés de variabilité intradescendance. Ces données illustrées à la page ci-contre sur les figures 4a à 4f, permettent de faire les remarques suivantes :

- le clone 232 qui possède une forte AGC négative est bon pour donner de faibles teneurs, mais peu intéressant pour la production.
- les descendants du 160 sont avantageux pour la production et les basses teneurs en caféine.
- le clone 181 donne l'éventail de caféine le plus ample.
- le clone 461 qui a la plus grande AGC marque son caractère forte teneur dans toutes ses descendances.

FIGURES 4a à 4f : REPRESENTATIONS GRAPHIQUES (ACP) PAR CROISEMENT
 DES VARIANCES DES DESCENDANCES DES CLONES :
 232 (Fig. 4a); 160 (Fig. 4b); 444 (Fig. 4c); A25 (Fig. 4d); 181 (Fig. 4e); et 461 (Fig. 4f).
 (ellipses de dispersion caractérisées par les moyennes et les écarts-types)

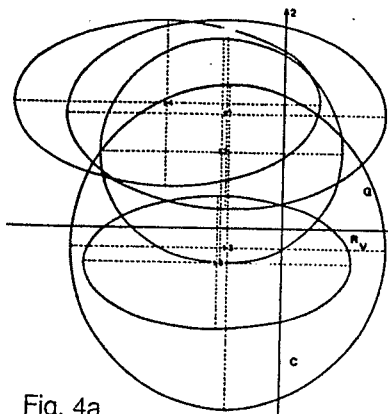


Fig. 4a
(232)

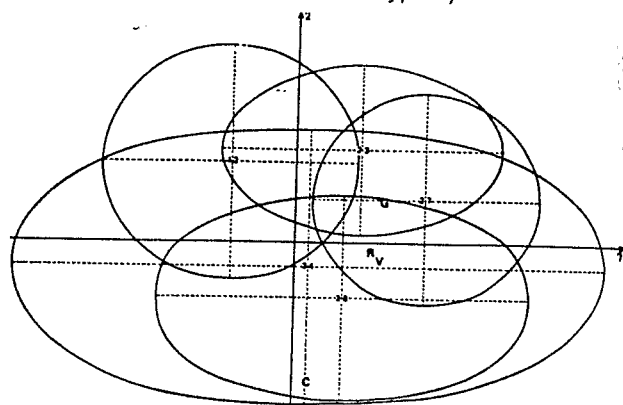


Fig. 4b
(160)

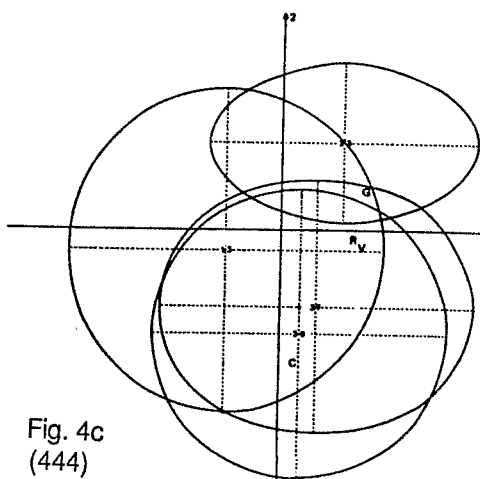


Fig. 4c
(444)

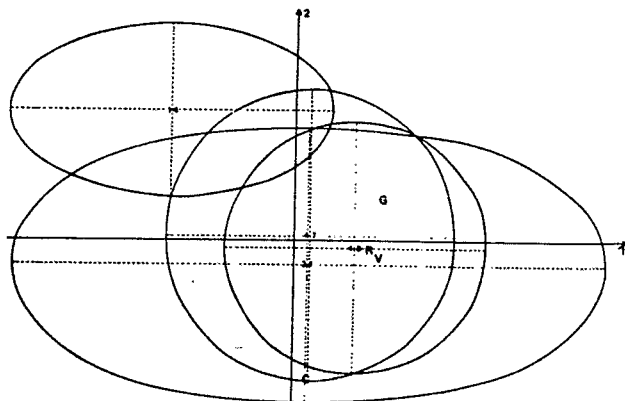


Fig. 4d
(A25)

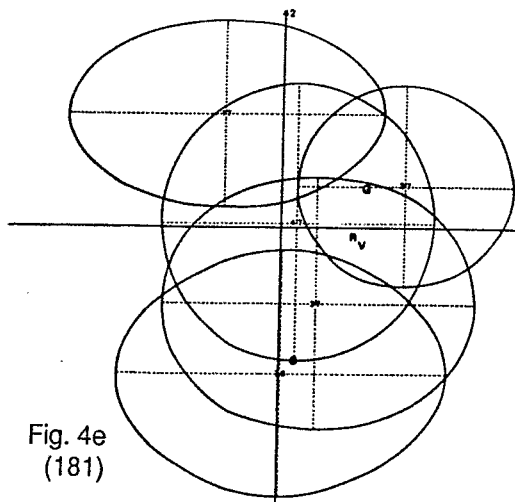


Fig. 4e
(181)

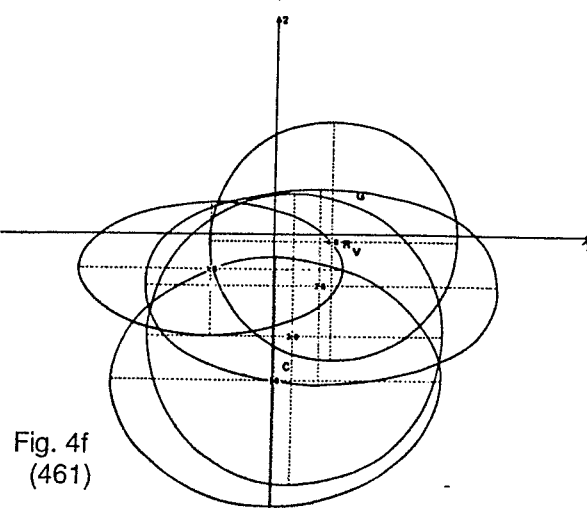


Fig. 4f
(461)

CONCLUSIONS

Cette étude par les informations qu'elle apporte sur le déterminisme génétique du caractère teneur en caféine, et le mode de transmission aux descendance, permet de tirer quelques conclusions pratiques pour mieux exploiter la variabilité créée dans des croisements.

La mise en évidence de l'action prépondérante du contrôle génétique, avec autant d'effets additifs que d'effets non additifs des gènes qui agissent sur la caféine, conduit à exploiter préférentiellement des géniteurs basses teneurs, puis à tester leurs descendance si l'on veut réduire la teneur en caféine des cafés. A cet effet, des croisements dirigés ont permis d'augmenter la variabilité du caractère caféine de manière considérable puisque par exemple chez *C. canephora* nous avons maintenant l'éventail des teneurs allant de 0,81 % à 5,28 %.

Par ailleurs, la possibilité de sélection des caféiers pour plusieurs caractères, dont par exemple : la caféine, la granulométrie et la production, est un atout des plus importants pour améliorer la qualité des cafés.

Enfin, l'effet génétique des interactions des gamètes agit aussi au niveau des albumens. Il n'est donc pas étonnant d'avoir des fluctuations d'échantillonnage, en particulier annuelles, suivant l'ambiance pollinique.

REMERCIEMENTS. Je tiens à remercier MM. J. C. VINCENT et B. GUYOT ainsi que leurs collaborateurs du laboratoire de Chimie-Technologie à Montpellier, qui ont effectué les dosages de caféine, et largement contribué à la réalisation de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - CHARRIER (A), BERTHAUD (J). 1975. Variation de la teneur en caféine dans le genre *Coffea*.
Café Cacao Thé, Vol. 22, n° 4, pp. 251-263.
- 2 - CARVALHO (A), TANGO (J.S.), MONACO (L.C.). 1965. Genetic control of the caffeine content of coffee.
Nature, Vol. 205, (4968), pp. 314.
- 3 - CAPOT (J). 1972. L'amélioration du caféier Robusta en Côte d'Ivoire.
Café Cacao Thé, Vol. 21, n°4, pp. 233-242.
- 4 - CAPOT (J). 1972. L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire. Les hybrides "Arabusta".
Café Cacao Thé, Vol. 16, n°1, pp. 3-17.
- 5 - LOUARN (J). 1975. Hybrides interspécifiques entre *C. canephora* et *C. eugenioides*.
Thèse de doctorat 3ème Cycle, Orsay. 29 p. .
- 6 - BERTHAUD (J). 1977. Caractéristiques comparées des hybrides interspécifiques tétraploïdes et hexaploïdes *Coffea arabica* L. x *C. canephora* Pierre.
ASIC, 8ème Colloque, Abidjan, pp. 393-397.
- 7 - GRIFFING (B). 1955. A generalised treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance.
Heredity, Vol. 10, n° 1, pp. 31-50.
- 8 - GRIFFING (B). 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems.
Aust. J. Biol. Sci., Vol. 9, pp. 463-493.
- 9 - KEARNEY (P.A.). 1975. Linear models for least squares analysis of combination, differential and reflexive effects in simple diallel plans.
Ir. J. Agric. Res., Vol.14, pp. 321-336.
- 10 - BOUHARMONT (P), LOTODE (R). 1985. La sélection générative du caféier Robusta au Cameroun. Analyse des résultats d'un essai d'hybrides diallèle implanté en 1973.
ASIC, 11ème Colloque, Lomé, pp. 507-518.