

ÉTUDE DE CROISEMENTS CONTRÔLÉS ENTRE DIFFÉRENTES ORIGINES DE *COFFEA ARABICA*

S. TOSTAIN, D. LE PIERRES

J.F. Reynier a réalisé les croisements d'une table diallèle entre dix origines de *Coffea arabica* d'Ethiopie qui recouvrent approximativement l'étendue des variabilités décrites précédemment.

Les différents croisements ont été installés en juillet 1973 au Mont Tonkoui (Côte d'Ivoire), dans un essai de quatre blocs comportant une répétition de cinq arbres par bloc et par croisement.

L'analyse complète du diallèle 10 × 10 sur quatre blocs et cinq répétitions par bloc n'a pas été possible pour les raisons suivantes :

1° Le tableau diallèle est incomplet.

2° Dans deux des blocs, il manque des croisements ; en outre, dans quelques croisements, sur plusieurs arbres, il y a eu des accidents de végétation.

3° Le terrain est hétérogène et de mauvaise qualité.

L'interprétation de ce diallèle se fera par les méthodes de Griffing et de Hayman.

● Pour la méthode de Griffing l'analyse complète portera sur deux tables diallèles de quatre origines (Ar 8, Ar 14, Ar 15, Ar 36b) et (Ar 14, Ar 15, Ar 20, Ar 21).

● Pour la méthode de Hayman, puisqu'il est possible de confondre les effets des croisements directs et réciproques, on peut construire un tableau diallèle 7 × 7 dans lequel entrent les origines Ar 8, 12, 14, 15, 20, 21 et 36b.

L'exploitation de ce tableau diallèle est aussi possible par une analyse en régression à parent constant des descendants F_1 . Il s'agit des descendances des géniteurs Ar 8, Ar 15 et Ar 36b.

Les caractères végétatifs étudiés en juillet 1975 et janvier 1976 sont les suivants (caféiers ayant deux ans de plantation) :

- diamètre au collet (mm),
- hauteur des caféiers (cm),
- nombre de nœuds (N) par unité de longueur (L) sur le septième rameau plagiotrope compté à partir de l'apex (N/L avec L en m),
- conicité du septième rameau plagiotrope mesurée par le rapport du diamètre basal à la longueur du rameau (D/L).

De plus, lors des deux premières récoltes de l'essai diallèle, on a déterminé la teneur en caféine (% de MS) et la production (en grammes de cerises fraîches par pied).

A — DIAMÈTRE AU COLLET

1) Méthode de Griffing

Dans les deux tableaux diallèles 4×4 il est possible d'étudier les différents effets « bloc », « croisement », l'interaction « bloc \times croisement » et de décomposer l'effet « croisement » dans ses composantes « aptitude générale à la combinaison » (AGC), « aptitude spécifique à la combinaison » (ASC) et effet réciproque résiduel. Cette analyse est résumée dans les tableaux XI-I et II.

TABLEAU XI-I. — Analyse de la variance du tableau diallèle 1 (Ar 8, 14, 15 et 36b)

Variation	dl	SCE	CM	F	S
Totale	119	4.193,84			
Bloc	1	0,29	0,29	0,01	NS
Croisement	11	1.096,13	99,65	3,53	++
Bloc \times croisement	11	385,51	35,05	1,24	NS
AGC	3	74,71	24,90	0,88	NS
ASC	2	283,66	141,83	5,02	++
Réciproque	6	737,77	122,96	4,35	++
Résiduelle	96	2.711,90	28,25		

TABLEAU XI-II. — Analyse de la variance du tableau diallèle 2 (Ar 14, 15, 20 et 21)

Variation	dl	SCE	CM	F	S
Totale	107	4.884,9			
Bloc	2	414,2	207,1	7,82	+++
Croisement	11	1.152,0	104,7	3,95	+++
Bloc \times croisement	22	1.411,0	64,1	2,42	++
AGC	3	342,2	114,0	4,30	++
ASC	2	48,7	24,3	0,90	NS
Réciproque	6	761,1	126,8	4,78	+++
Résiduelle	72	1.907,6	26,5		

L'effet croisement est hautement significatif. La décomposition de l'effet croisement, dans les deux tableaux, donne des différences significatives pour l'effet réciproque. Par contre, on obtient un effet ASC et pas d'effet AGC dans le diallèle 1 ; l'inverse dans le diallèle 2. Ces effets AGC et ASC dépendent donc des géniteurs utilisés.

Les informations fournies par ces analyses pour le caractère « diamètre au collet » sont les suivantes :

- les combinaisons spécifiques Ar 8 \times Ar 15 et Ar 14 \times Ar 36b sont les plus favorables (fort diamètre au collet),
- l'origine Ar 15 a seule une bonne AGC et l'origine Ar 14 une mauvaise AGC,
- les effets réciproques pour chaque croisement sont très marqués,
- l'héritabilité du caractère est faible (0,20).

2) Méthode de Hayman

Les valeurs moyennes du diamètre au collet des croisements et des autofécondations des sept origines étudiées sont consignées dans le tableau XI-III.

Nous pouvons voir dans la représentation graphique de W_r en fonction de V_r , que l'ensemble des origines se distribue le long de la droite de régression à l'intérieur de la parabole (fig. XI-1).

TABLEAU XI-III. — Diamètre au collet (en mm)

Ar 8	25,79						
Ar 14	28,20	27,36					
Ar 15	31,78	30,57	28,19				
Ar 20	30,37	31,84	32,44	25,63			
Ar 21	27,46	29,02	32,39	28,77	22,87		
Ar 36b	32,12	31,88	31,55	32,21	31,41	30,83	
Ar 12	28,24	25,99	26,93	32,27	25,94	29,93	19,91
♀							
♂							
\bar{x}	29,137	29,266	30,550	30,504	28,123	31,426	27,037

La droite de régression, située au-dessous de la première bissectrice, coupe l'axe W_r en A. On a $\overline{AB} = +5$: il y a superdominance.

Ar 36b est situé très près de l'origine, il est dominant ; Ar 12 et Ar 21 possèdent des gènes récessifs ; Ar 8, Ar 14, Ar 15 et Ar 20 ont une dominance intermédiaire.

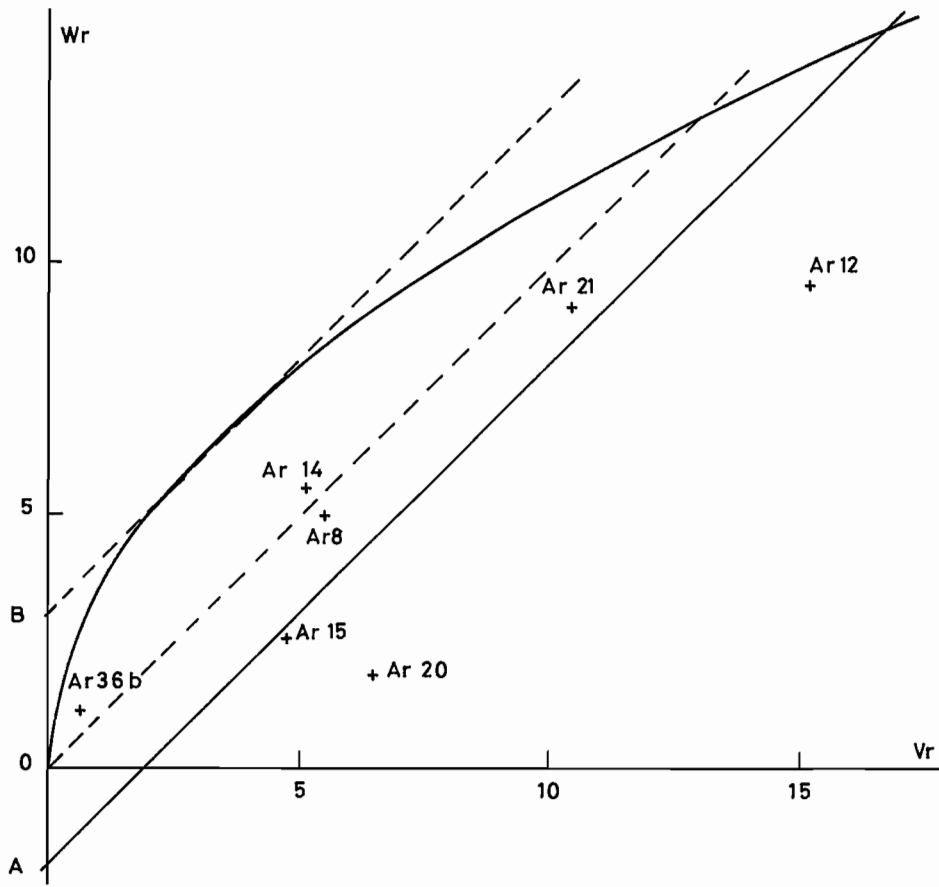


Fig. XI-1. — Diamètre au collet (analyse de Hayman)

3) Régression à parent constant

L'origine Ar 8 a été croisée avec six origines différentes (Ar 14, 15, 21, 36b, 40 et 50). Le diamètre moyen au collet des descendances F_1 est comparé à celui des descendances issues de l'autofécondation des parents variables (tableau XI-IV).

L'analyse de variance à deux facteurs croisés appliquée aux croisements montre une différence très significative entre croisements et pas de différence entre croisements réciproques. La régression établie

TABLEAU XI-IV. — Diamètre au collet. Parent constant Ar 8 (33,3 mm)

Parent variable	Ar 8 ♀	Ar 8 ♂	Autofécondation
Ar 14	35,6	35,8	28,6
Ar 15	39,0	39,4	34,4
Ar 21	35,9	34,7	25,0
Ar 36b	35,4	38,4	32,6
Ar 40	44,2	39,3	31,4
Ar 50	40,6	35,5	34,1

TABLEAU XI-V. — Diamètre au collet. Parent constant Ar 15 (34,4 mm)

Parent variable	Ar 15 ♀	Ar 15 ♂	Autofécondation
Ar 8	39,4	39,0	33,3
Ar 12	30,0	-	24,1
Ar 14	33,1	40,4	28,6
Ar 20	36,3	43,1	27,7
Ar 21	36,5	43,2	25,0
Ar 36b	-	38,0	32,6
Ar 40	40,6	38,2	31,4
Ar 50	44,9	-	33,8

avec les six parents variables n'est pas significative (fig. XI-2c). Quoique le modèle mathématique utilisé ne permette pas le calcul des caractéristiques génétiques, il ressort une superdominance phénotypique pour ce caractère (toutes les F_1 sont supérieures aux parents).

L'origine Ar 15 a été croisée avec huit origines différentes. Le diamètre au collet des descendance F_1 est comparé à celui des descendance issues de l'autofécondation des différents parents (tableau XI-V, p. 81).

L'analyse de variance à deux facteurs indique une différence très significative entre descendance F_1 et suivant le sens du croisement. Les régressions calculées ne sont pas significatives. La représentation graphique permet cependant de tirer quelques informations sur la caractéristique de diamètre au collet (fig. XI-2a et 2b) :

- quand l'origine Ar 15 est prise comme mâle, il y a superdominance phénotypique. Elle semble s'exercer dans le sens des plus petits diamètres ;
- quand l'origine Ar 15 est prise comme femelle, il y a dominance simple ; celle-ci paraît liée au parent variable.

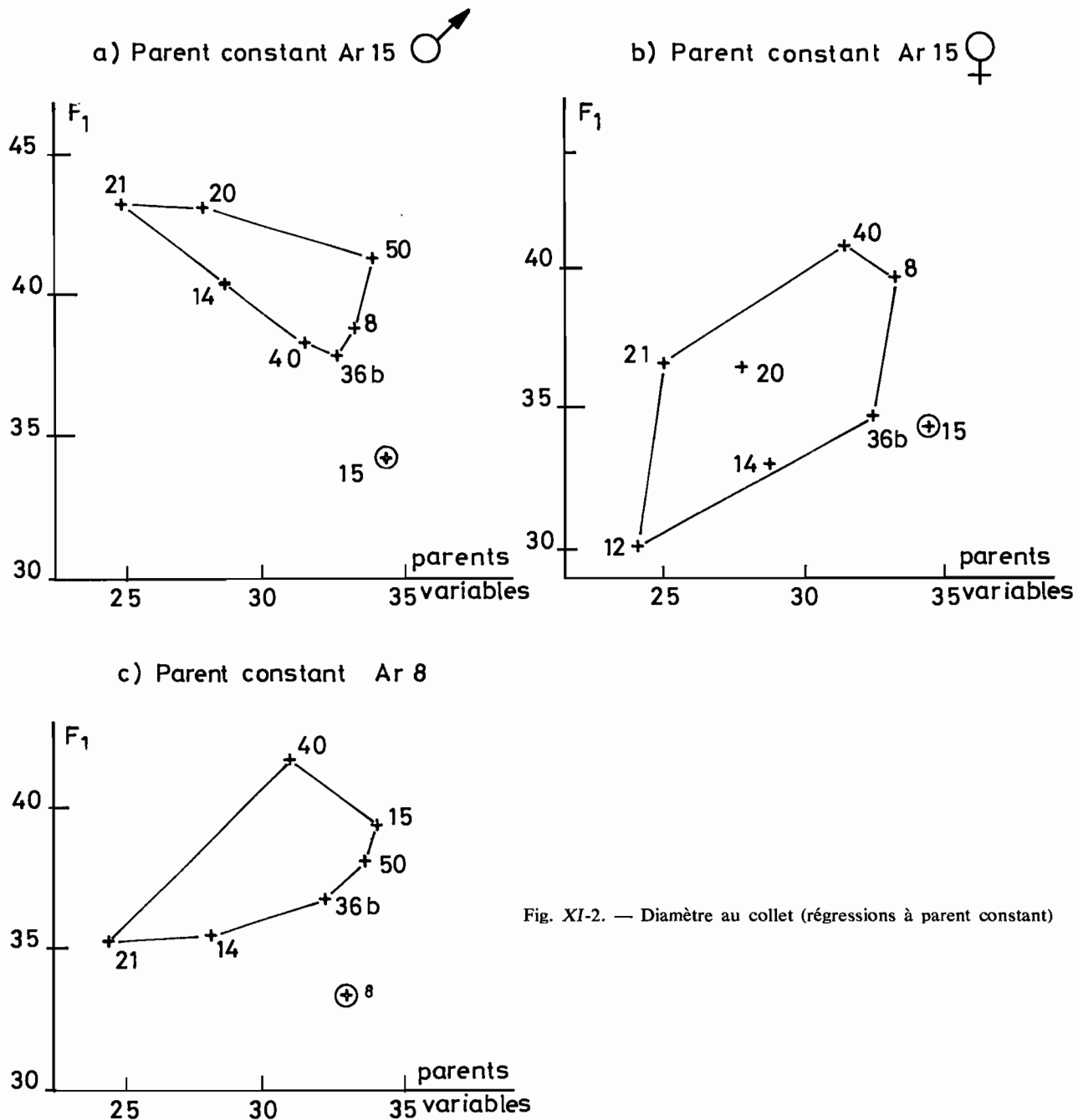


Fig. XI-2. — Diamètre au collet (régressions à parent constant)

B — HAUTEUR DE L'AXE ORTHOTROPE

1) Méthode de Griffing

L'analyse de la variance suivant la méthode de Griffing est donnée dans le tableau XI-VI.

On observe des différences hautement significatives pour les croisements du tableau diallèle 1 et aucune différence pour ceux du tableau diallèle 2.

Pour la hauteur des caféiers il existe un effet « ASC » significatif. Les combinaisons Ar 15 × Ar 36b et Ar 8 × Ar 14 ont une mauvaise aptitude spécifique ; au contraire, les croisements Ar 8 × Ar 15 et Ar 14 × Ar 36b ont les meilleures aptitudes spécifiques.

TABLEAU XI-VI. — Analyse de la variance du tableau diallèle 1

Variation	dl	SCE	CM	F	S
Totale	107	35.080,1			
Bloc	2	1.514,4	757,2	4,8	+++
Croisement	11	7.262,1	660,2	4,2	++
Bloc x croisement	22	14.975,4	680,7	4,3	+++
AGC	3	2.180,6	726,9	0,35	NS
ASC	2	4.175,0	2.087,5	13,3	+++
Réciproque	6	906,5	151,1	0,96	NS
Résiduelle	72	11.328,2	157,3		

2) Régression à parent constant

L'origine Ar 15 a été croisée avec sept origines différentes. La hauteur moyenne des descendance F_1 et des descendance en autofécondation des parents variables est présentée dans le tableau XI-VII.

L'analyse de variance à deux facteurs met en évidence un effet significatif des croisements et pas d'effet dû au sens du croisement. La régression calculée pour les sept parents variables n'est pas significative (fig. XI-3). Néanmoins, une superdominance phénotypique des F_1 ressort par rapport aux géniteurs parentaux pour la hauteur des caféiers.

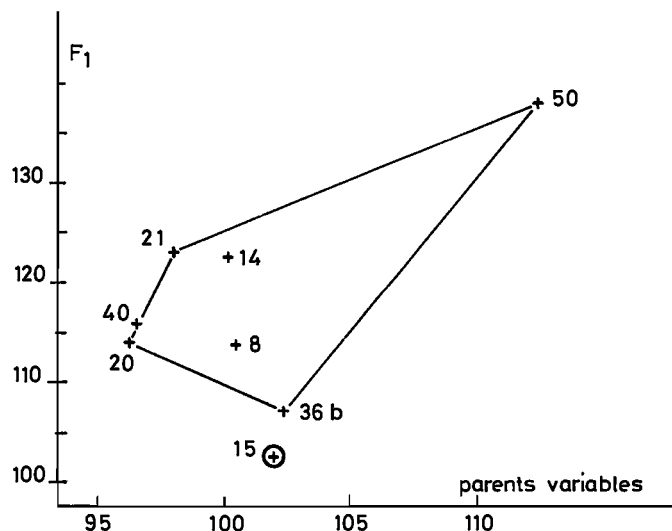


TABLEAU XI-VII. — Hauteur des caféiers.
Parent constant Ar 15 (102 cm)

Parent variable	Ar 15 ♀	Ar 15 ♂	Autofécondation
Ar 8	117,2	110,9	100,3
Ar 14	115,3	130,9	100,3
Ar 20	105,2	122,8	96,3
Ar 21	119,4	126,8	98,1
Ar 36b	100,0	106,1	102,2
Ar 40	121,3	110,1	96,4
Ar 50	147,8	127,4	112,2

Fig. XI-3. — Hauteur de l'axe orthotrope (parent constant Ar 15)

C — NOMBRE DE NŒUDS PAR UNITÉ DE LONGUEUR N/L

Les formes d'arbre recherchées sont celles à entre-nœuds courts, donc à rapport N/L élevé. L'analyse de la variance pour ce caractère suivant la méthode de Griffing est résumée dans le tableau XI-VIII.

TABLEAU XI-VIII. — Analyse de la variance du diallèle 1

Variation	dl	SCE	CM	F	S
Totale	107	2.203,1			
Bloc	2	185,4	92,7	7,24	++
Croisement	11	524,4	47,7	3,72	+++
Bloc x croisement	22	571,5	25,9	2,03	+
AGC	3	459,6	153,2	11,96	+++
ASC	2	26,2	13,1	1,02	NS
Réciproque	6	38,6	6,4	0,50	NS
Résiduelle	72	921,8	12,8		

Elle met en évidence une différence hautement significative entre les croisements du diallèle 1 et aucune pour ceux du diallèle 2. La décomposition de l'effet croisement du diallèle 1 révèle seulement de l'aptitude générale à la combinaison. Les origines Ar 36b et Ar 15 s'avèrent de bons géniteurs, l'origine Ar 14 un mauvais géniteur. Ce caractère est très héritable ($h = 0,73$).

D — CONICITÉ DU SEPTIÈME RAMEAU PLAGIOTROPE (diamètre basal/longueur totale)

L'analyse de la variance suivant la méthode de Griffing donne les résultats suivants :

— diallèle 1 AGC + + + ASC +
— diallèle 2 AGC + + ASC NS

Comme pour le caractère précédent, les origines Ar 36b et Ar 15 ont les meilleures AGC. Dans leurs descendance, les branches sont les plus trapues. L'héritabilité de ce caractère est moyenne ($h = 0,50$). L'effet ASC est défavorable dans les combinaisons F_1 Ar 8 × Ar 15 et Ar 14 × Ar 36b, mais de faible valeur relative.

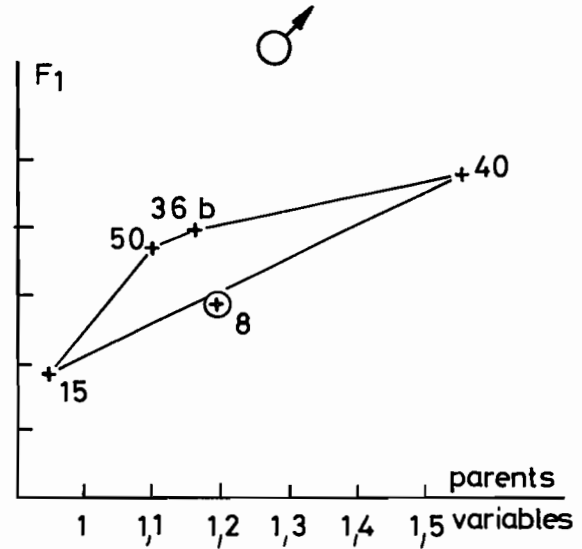
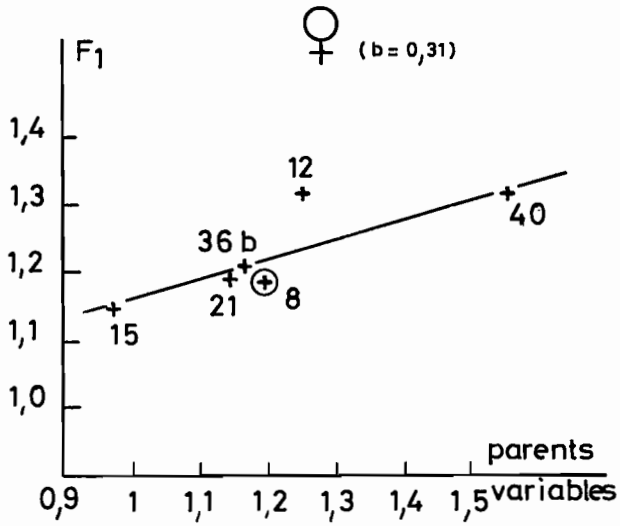
E — TENEUR EN CAFÉINE

La teneur en caféine des descendance issues de trois parents constants (Ar 8, 15 et 36b) croisés avec cinq à sept parents variables a été établie individuellement à raison de neuf caféiers par descendance F_1 . Les analyses préliminaires de la variance pour chaque parent constant révèlent :

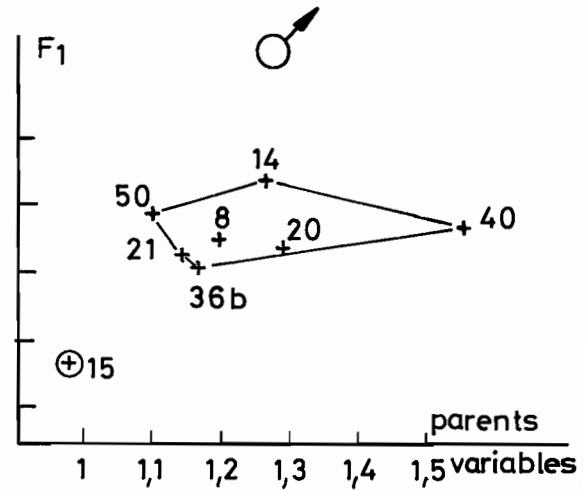
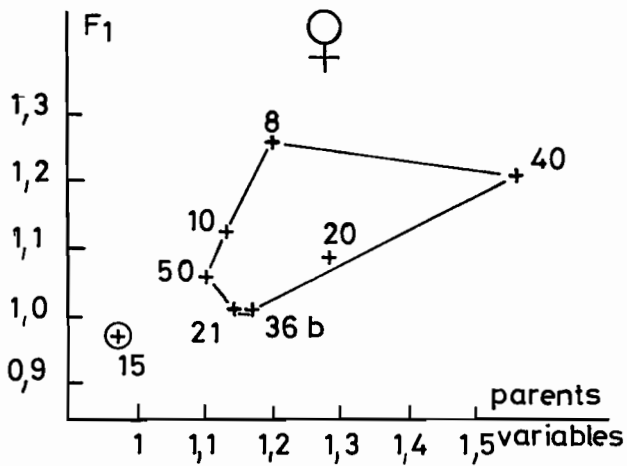
- l'absence d'effet bloc,
- un effet croisement très hautement significatif,
- l'influence significative du sens du croisement et de son interaction avec l'effet croisement.

Les teneurs en caféine des F_1 et des autofécondées sont résumées dans le tableau XI-IX. Les régressions pour les parents variables sont le plus souvent non significatives, à l'exception des droites de régression pour Ar 8 ♀ ($y = 0,31x + 0,86$) et Ar 36b ♂ ($y = 0,76x + 0,29$). La représentation graphique des F_1 en fonction des parents variables permet une interprétation des résultats (fig. XI-4) :

a) Parent constant Ar 8



b) Parent constant Ar 15



c) Parent constant Ar 36 b

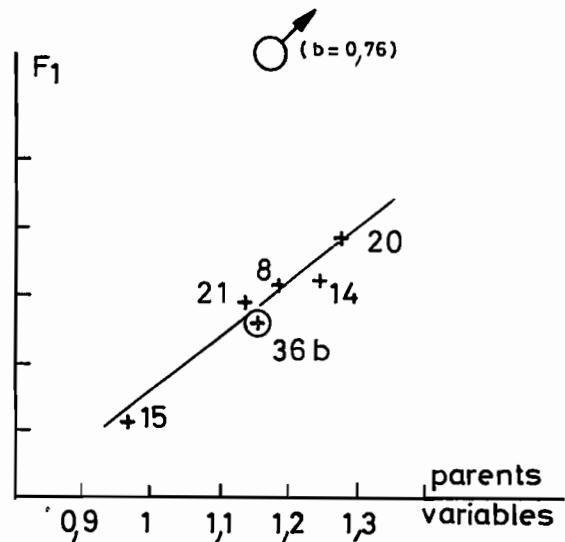
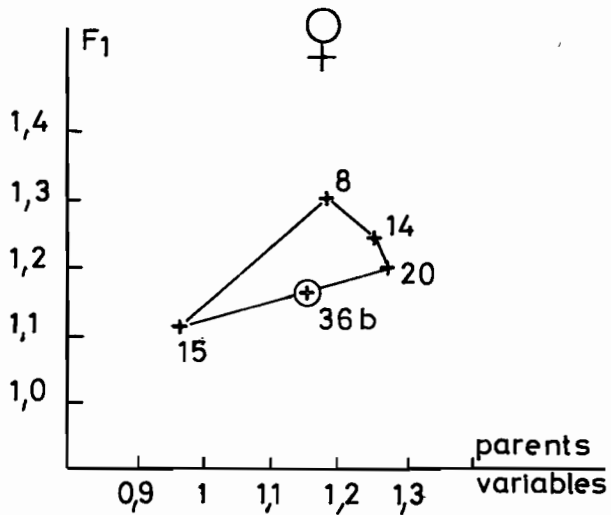


Fig. XI-4. — Teneur en caféine (régressions à parent constant)

— il y a superdominance pour le parent constant Ar 15 ; les teneurs en caféine des parents variables influent plus ou moins sur les teneurs des F_1 ,

— il y a dominance pour les parents constants Ar 8 et Ar 36b ; les teneurs croissantes en caféine des parents variables modifient dans le même sens celles des F_1 ; l'effet est plus ou moins marqué suivant les combinaisons.

TABLEAU XI-IX. — Teneurs moyennes en caféine des descendance F_1 et autofécondées

a) Parent constant Ar 8 (1,19 % MS)

Parent variable	Ar 8 ♀	Ar 8 ♂	Autofécondation
Ar 12	1,31	-	1,25
Ar 15	1,15	1,08	0,97
Ar 21	1,19	-	1,14
Ar 36b	1,21	1,30	1,16
Ar 40	1,32	1,38	1,55
Ar 50	-	1,27	1,11

b) Parent constant Ar 15 (0,97 % MS)

Parent variable	Ar 15 ♀	Ar 15 ♂	Autofécondation
Ar 8	1,16	1,15	1,19
Ar 10	1,13	-	1,13
Ar 14	-	1,24	1,26
Ar 20	1,09	1,14	1,28
Ar 21	1,01	1,13	1,14
Ar 36b	1,01	1,11	1,16
Ar 40	1,21	1,17	1,55
Ar 50	1,06	1,19	1,11

c) Parent constant Ar 36b (1,16 % MS)

Parent variable	Ar 36b ♀	Ar 36b ♂	Autofécondation
Ar 8	1,30	1,21	1,19
Ar 14	1,24	1,22	1,26
Ar 15	1,11	1,01	0,97
Ar 20	1,19	1,26	1,28
Ar 21	-	1,19	1,14

F — PRODUCTION

Les productions moyennes des hybrides F_1 par rapport aux autofécondations des parents sur la première récolte intéressante effectuée en 1976 sont données dans le tableau XI-X, page 88.

Les représentations graphiques des descendance F_1 à parent constant permettent de tirer les informations suivantes (fig. XI-5) :

— les productions des F_1 sont supérieures à celles des deux parents (superdominance), à l'exception de la combinaison Ar 15 × Ar 36b,

— la plupart des productions des F_1 se situent entre 1.200 et 1.800 g par pied, à l'exception des combinaisons Ar 50 × Ar 8 et Ar 50 × Ar 15, qui dépassent 2.000 g.

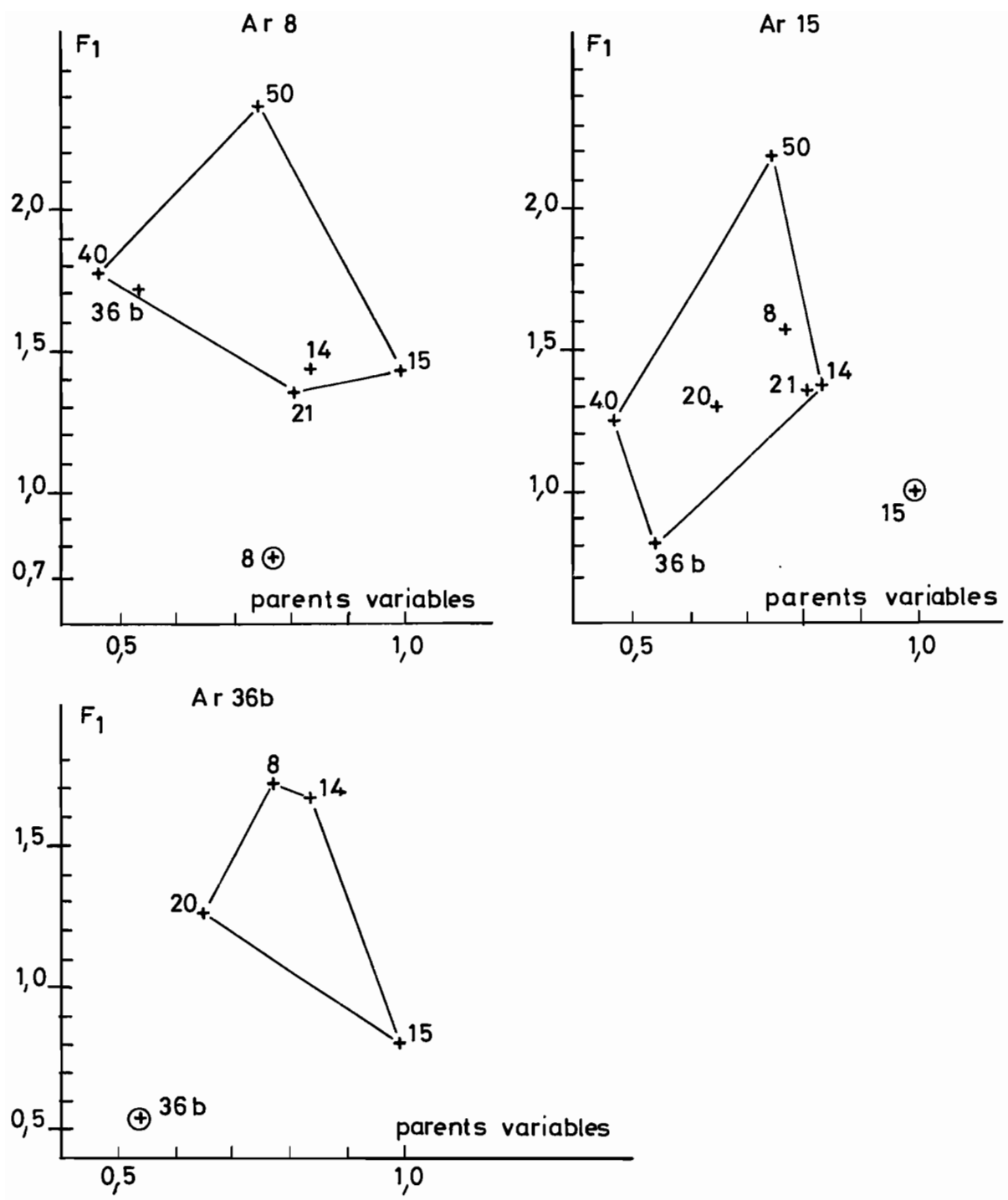


Fig. XI-5. — Production 1976 (régressions à parent constant)

a) Parent constant Ar 8 (767 g)

Parent variable	Ar 8 ♀	Ar 8 ♂	Autofécondation
Ar 14	1.550	1.307	834
Ar 15	1.682	1.434	994
Ar 21	1.234	1.476	812
Ar 36b	1.700	1.744	538
Ar 40	1.838	1.746	468
Ar 50	1.745	3.009	750
Moyenne	1.625	1.786	859

b) Parent constant Ar 15 (994 g)

Parent variable	Ar 15 ♀	Ar 15 ♂	Autofécondation
Ar 8	1.434	1.682	767
Ar 14	722	2.007	834
Ar 20	1.070	1.505	652
Ar 21	1.147	1.530	812
Ar 36b	703	898	538
Ar 40	1.394	1.083	468
Ar 50	2.621	1.734	750
Moyenne	1.298	1.481	688

TABLEAU XI-X. — Productions moyennes des descendances F_1 par rapport aux autofécondations des parents (g de cerises fraîches/pied)

c) Parent constant Ar 36b (538 g)

Parent variable	Ar 36b ♀	Ar 36b ♂	Autofécondation
Ar 8	1.744	1.700	767
Ar 14	1.416	1.943	834
Ar 15	898	703	994
Ar 20	899	1.615	652
Moyenne	1.239	1.490	811

G — CONCLUSIONS PRATIQUES SUR LA VALEUR DES GÉNITEURS

L'analyse complète de ce diallèle 10×10 n'a pas été possible ; les informations utiles obtenues sont donc limitées aux géniteurs utilisés. En effet, les origines de *C. arabica* d'Éthiopie employées ne représentent pas l'étendue de la variabilité disponible et chaque origine est représentée par un seul génotype alors que nous avons précédemment insisté sur l'importance de la variabilité intra-origine résiduelle. Néanmoins, certains renseignements pratiques sont à retenir des combinaisons F_1 étudiées.

Le diamètre au collet des jeunes caféiers, expression de leur vigueur végétative, apparaît comme un caractère peu héritable. L'origine Ar 15 manifeste une bonne aptitude générale et ce sont les combinaisons particulières Ar 8 \times Ar 15 et Ar 14 \times Ar 36b qui ont les diamètres au collet les plus forts. La vigueur hybride des F_1 par rapport aux descendances issues d'autofécondation est manifeste avec les parents constants Ar 8 et Ar 15 ♂ (superdominance).

Les mêmes combinaisons spécifiques Ar 8 \times Ar 15 et Ar 14 \times Ar 36b ressortent pour la hauteur totale des jeunes caféiers. Ce caractère en forte corrélation avec le précédent révèle aussi la vigueur hybride des F_1 obtenues avec le parent constant Ar 15 sans modification due au sens du croisement.

Un nombre élevé de nœuds par unité de longueur des axes plagiotropes correspond à une forte densité d'aisselles florifères et à des entre-nœuds courts, caractère recherché au niveau agronomique et à bonne héritabilité. Les origines Ar 15 et 36b possèdent une bonne aptitude générale pour ce caractère.

On retrouve les mêmes résultats pour la « conicité » des rameaux plagiotropes, c'est-à-dire le rapport du diamètre basal à leur longueur totale.

L'analyse du caractère « teneur en caféine » met en évidence l'intérêt de l'origine Ar 15 pour la sélection des caféiers à faible taux de caféine. En particulier, son emploi comme géniteur ♂ permet d'obtenir des F_1 à teneur en caféine moyenne (1 à 1,2 % MS) quel que soit le niveau du parent femelle.

La précocité de production et la productivité des F_1 sont nettement supérieures à celles des parents surtout dans les descendances avec l'origine Ar 50.

Pour les différents caractères étudiés, c'est l'origine Ar 15 et, à un degré moindre, l'origine Ar 36b, qui donnent avec les géniteurs utilisés les descendances F_1 les plus intéressantes pour le sélectionneur. L'origine Ar 50 donne la meilleure précocité de production. Mais, il reste à suivre les productions pendant plusieurs années pour voir si l'on maintient ce haut niveau des hybrides F_1 par rapport aux parents.

ETUDE DE LA STRUCTURE ET DE LA VARIABILITE GENETIQUE DES CAFEIERS

Résultats des études et des expérimentations
réalisées au Cameroun, en Côte d'Ivoire
et à Madagascar sur l'espèce *Coffea arabica* L.
collectée en Ethiopie par une mission ORSTOM en 1966

Opération conjointe ORSTOM-IFCC

Bulletin n° 14, septembre 1978

institut français du café
et du cacao

IFCC

ÉTUDE DE LA STRUCTURE ET DE LA VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE DES CAFÉIERS :

Résultats des études et des expérimentations réalisées au Cameroun, en Côte d'Ivoire et à Madagascar sur l'espèce *Coffea arabica* L. collectée en Ethiopie par une mission ORSTOM en 1966

Opération conjointe ORSTOM — IFCC

Travail publié sous la direction de A. CHARRIER

**ORSTOM
24, rue Bayard
75008 PARIS
FRANCE**

**IFCC
34, rue des Renaudes
75017 PARIS
FRANCE**