

# ANALYSE DE LA VARIABILITÉ DES POPULATIONS NATURELLES DES CAFÉIERS DIPLOÏDES (*Coffea* sp.)

## Observations sur la teneur en caféine et sur le polymorphisme enzymatique

J. BERTHAUD

ORSTOM, Man, Côte d'Ivoire

F. BERTHOU

ORSTOM, Adiopodoumé, BP V51, Abidjan, Côte d'Ivoire

Les prospections de caféiers sylvestres ne sont pas limitées à la simple récolte de matériel végétal, elles se poursuivent au contraire par l'analyse de la variabilité des différentes caractéristiques de ce matériel. La variabilité des populations qui apparaît lors des prospections n'est pas liée à leur diversité génétique. En effet, en forêt, les caféiers ont des phénotypes variés fortement influencés par leur histoire individuelle. En général, l'estimation de la richesse génétique de ces populations ne peut se faire qu'après leur mise en collection dans un milieu homogène. Toutefois, certains caractères peuvent être observés immédiatement après les prospections. Parmi ceux-ci se trouve un caractère quantitatif intéressant : la teneur en caféine, peu sensible aux conditions de milieu (Charrier-

Berthaud, 1975). Les analyses du polymorphisme enzymatique s'appliquent à des systèmes génétiques stables. Elles peuvent donc être conduites sur du matériel provenant directement des prospections. Il est alors possible d'avoir rapidement une image de la richesse enzymatique des espèces prospectées. L'analyse complète de la variabilité de ces populations n'est entreprise qu'ultérieurement, après mise en collection.

Nous présenterons donc des résultats sur la variabilité des populations naturelles de caféiers lue sur le caractère de teneur en caféine et le polymorphisme enzymatique. Ce matériel à l'étude est prélevé directement dans les populations sylvestres ou après mise en collection en Côte d'Ivoire (Man et Divo) selon les espèces et leur étape de mise en culture.

### TENEUR EN CAFÉINE

Il n'a pas toujours été possible de collecter de nombreux arbres pour avoir une image complète de la variation de ce caractère à l'intérieur des différentes

populations naturelles. Les données du tableau I concernent alors la variation du caractère au niveau de l'espèce.

Tableau I. — Variabilité de la teneur en caféine (% M.S.) des différentes espèces prospectées et données antérieures (Bibliographie et Collections C.I.)

Espèces	Niveau d'échantillonnage et provenance	Nombre d'arbres analysés	Moyenne	Etendue de variation	Données antérieures (collections)
<u>C. eugenioides</u>	espèce Kenya	12	0,53	0,35 - 0,77	0,23 - 0,51
<u>C. liberica</u>	populations Centrafrique	55	1,18	0,52 - 1,80	0,97 - 1,81
<u>C. stenophylla</u>	une population Côte d'Ivoire	28	1,29	0,89 - 1,86	1,60 - 1,85
<u>C. canephora</u>	espèce Côte d'Ivoire	20	2,76	1,91 - 3,64	1,40 - 4,0
<u>C. arabica</u>	espèce Ethiopie	383	1,20	0,77 - 1,90	0,6 - 1,3

ASIC, 8<sup>e</sup> Colloque, Abidjan, 1977 O. R. S. T. U. M. Fonds Documentaire 385

B 3374

N° : 3374

Cote : B

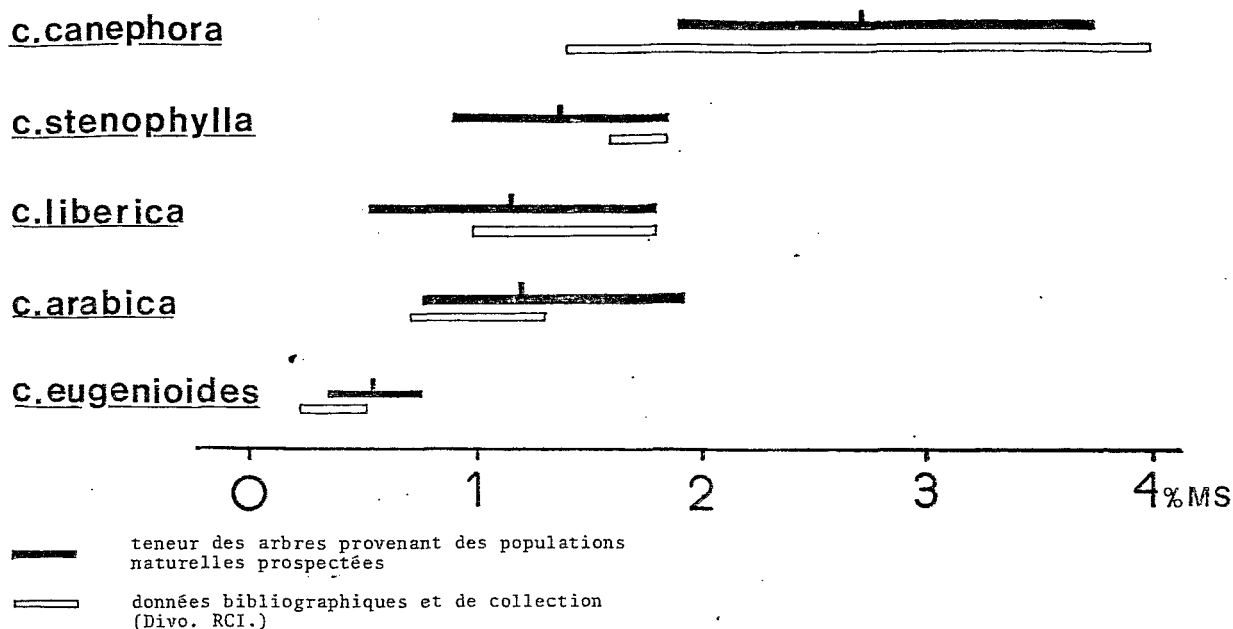


Fig. 1. — Teneur en caféine chez différentes espèces de caféiers

Ce tableau montre le niveau moyen de la teneur en caféine pour les différentes espèces. On notera tout particulièrement l'intérêt des *C. eugenioides* à très faible teneur en caféine et la situation extrême de *C. canephora* avec une moyenne de 2,76 % M.S.

L'étendue de variation pour ce caractère est toujours très large, quelle que soit l'espèce considérée. En outre, si nous comparons nos données provenant de caféiers de populations naturelles à celles trouvées dans la littérature ou provenant des collections de l'IFCC à Divo (Côte d'Ivoire), il est évident que les prospections ont permis d'élargir considérablement la variabilité (fig. 1).

Bien que l'espèce *C. stenophylla* ne soit observée qu'à travers une seule population, celle de la forêt de l'Ira en Côte d'Ivoire, sa variabilité est importante.

Pour l'espèce *C. liberica*, il a été examiné cinq populations de Centrafrique. Il n'y a pas de différence entre les moyennes par population et les étendues de variation sont très proches les unes des autres. Pour

chaque population les teneurs sont comprises entre 0,9 et 1,8 % M.S. Toutefois deux arbres trouvés dans une population de Bangassou ont des teneurs beaucoup plus faibles de 0,52 et 0,53 % M.S.

Dans cette espèce la grande variabilité contenue à l'intérieur de chaque population ne permet pas de mettre en évidence une différenciation géographique. Il est à noter toutefois qu'il s'agit des populations du seul territoire centrafricain. Des analyses sur des populations couvrant l'aire de répartition très vaste (du Liberia au Soudan et au Zaïre) donneraient peut-être des résultats différents. Dans un précédent article (Charrier, Berthaud, 1975), nous avons montré que les formes de *C. canephora* spontanées en Côte d'Ivoire (type Kouilou) avaient des teneurs en caféine significativement plus élevées que celles des formes provenant du Zaïre (type Robusta). Aussi, quand il existe une différenciation géographique, doit-elle être recherchée sur l'ensemble de l'aire de répartition des différentes espèces de caféiers.

## POLYMORPHISME ENZYMATIQUE

Les études portent sur trois systèmes enzymatiques pour lesquels les techniques d'électrophorèse sont déjà au point (Berthou, Trouslot, 1977). Il s'agit de la Phosphatase acide (Phos A), de la Malate déhydrogénase (MDH) et des Estérases  $\alpha$  et  $\beta$ . Dans ces premières analyses aucune hypothèse ne sera faite sur

le déterminisme génétique des fractions électrophorétiques. En outre nous ne présenterons pas une étude complète de toutes les données, mais seulement quelques situations particulières tirées des populations des différentes espèces.

### *C. stenophylla*

L'analyse porte sur les descendances d'une trentaine d'arbres de la population de la forêt de l'Ira (République de Côte d'Ivoire). Elle n'a révélé aucun polymorphisme sur les trois systèmes enzymatiques considérés. La signification de cette homogénéité ne pourra être connue qu'après la prospection d'autres populations de caféiers de cette espèce. S'agit-il d'une restriction de variabilité due à une adaptation à un milieu très précis ? On notera que pour le caractère teneur en caféine cette population est tout de même très variable.

### *C. congensis*

Pour cette espèce on compare les différentes populations prospectées en Centrafrique. Il s'agit de trois populations situées sur l'Oubangui et distantes de plus de 200 km les unes des autres : Anginga, Louma et Mboulou-Loukoussou. Les populations Mboulou et

Loukoussou doivent être considérées comme deux échantillons d'une même grande population,

La variabilité de ces populations est considérable pour les trois enzymes étudiés : Phos A, MDH, Estérase. Nous nous limiterons à l'analyse de la variabilité estérase. Chaque plante analysée est caractérisée par un ensemble de fractions électrophorétiques (apparaissant sous forme de bandes après révélation du zymogramme). La comparaison des différents phénotypes se fait dans un espace à  $n$  dimensions,  $n$  étant le nombre total de bandes présentes. L'analyse en composantes principales permet d'extraire les axes privilégiés de la variation totale et fournit une représentation graphique de la position des différents phénotypes (on trouvera en annexe 1, p. 390, la matrice de corrélation entre les différentes bandes et les composantes des différents vecteurs propres). L'analyse porte sur huit bandes estérases  $\alpha$  et  $\beta$  dans les quatre populations citées, chaque population étant représentée par trente individus.

On notera les associations des bandes A et C ainsi que G et H, en corrélation négative. Les études génétiques ultérieures devraient révéler s'il s'agit d'allozymes.

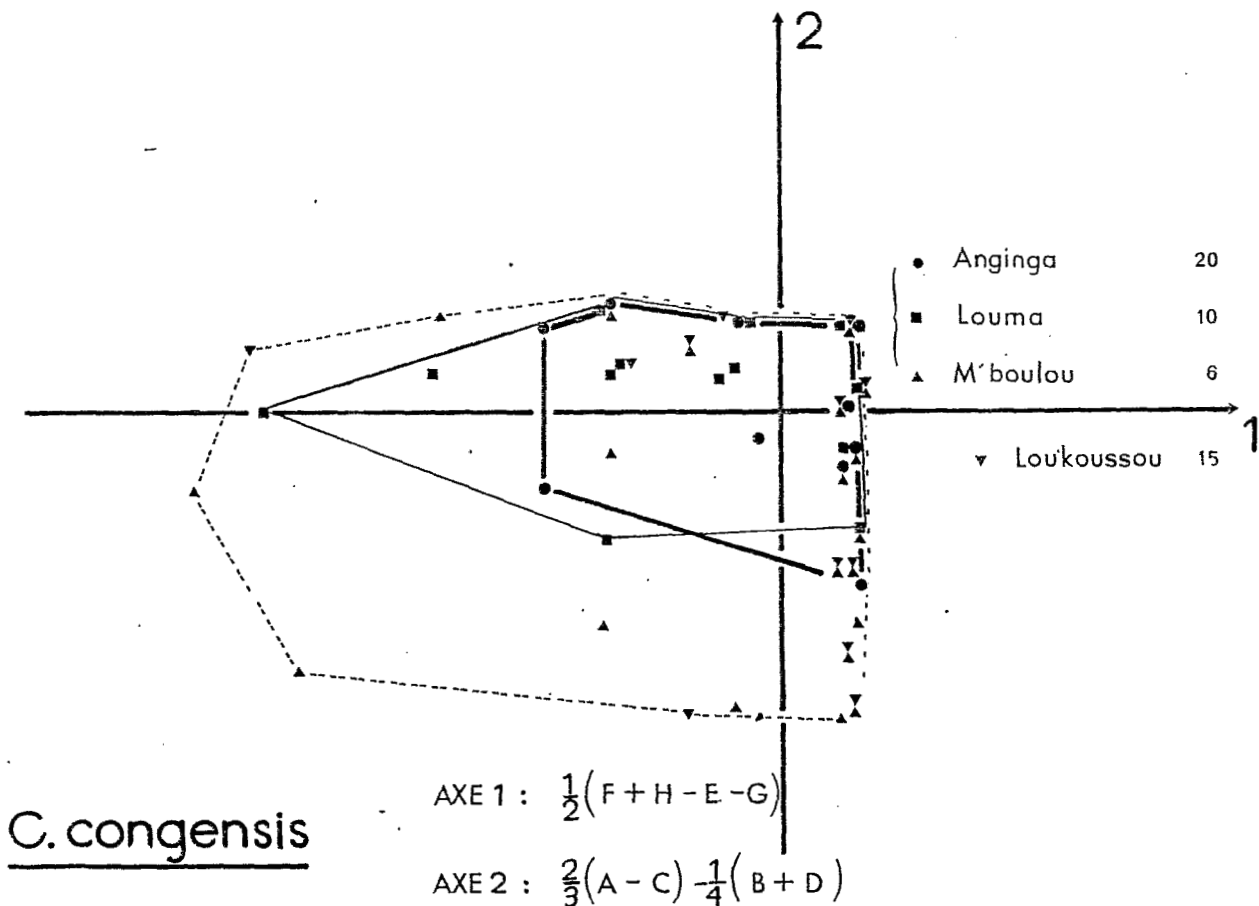
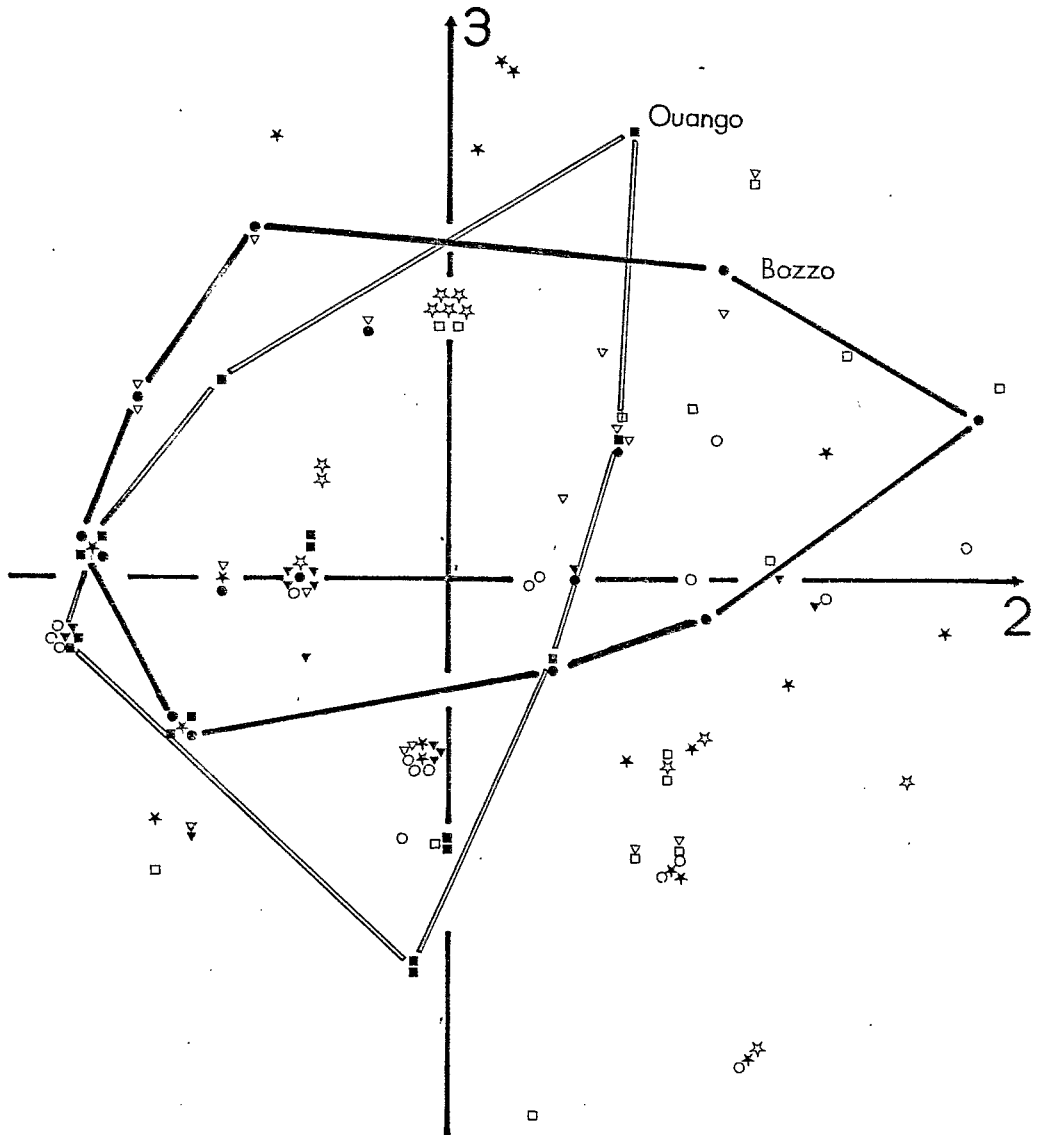


Fig. 2. — Projection sur le plan des axes 1 et 2 des points représentant les phénotypes estérases  $\alpha$  et  $\beta$  des *C. congensis* des populations naturelles centrafricaines

\* BIMBO    ● BOZO    ☆ OUMBA    ▼ ZIME    ▽ PAMA  
 ○ BALIFONDO    ■ OUANGO    □ KARAGBA



C. liberica

$$\text{AXE 2} : \frac{3}{5}(F-G) + \frac{1}{4}(A+H-B-E)$$

$$\text{AXE 3} : \frac{1}{2}D - \frac{2}{5}(A+B-E)$$

Fig. 3. — Projection sur le plan des axes 2 et 3 des points représentant les phénotypes phosphatase acide et estérase  $\beta$  des *C. liberica* var. *excelsa* des populations naturelles centrafricaines

Près de 50 % de la variation totale s'exprime selon les axes 1 et 2 de la figure 2. L'axe 1 représente essentiellement les estérases  $\alpha$  et l'axe 2 les estérases  $\beta$ . Ces deux axes n'étant pas en corrélation, les variabilités des estérases  $\alpha$  et  $\beta$  sont donc bien distinctes.

A partir de la représentation graphique (fig. 2) il est possible de présenter quelques remarques :

— Un phénotype se retrouve abondamment dans toutes les populations. En effet pour trente individus on le retrouve : vingt fois dans la population Anginga, dix fois dans celle de Louma, cinq et quinze fois dans les populations de Mboulou et Loukoussou. Les autres phénotypes sont tous variés.

— La population la moins variable est celle d'Anginga. Elle présente peu de variabilité pour les estérases  $\alpha$  et  $\beta$ . La population de Louma exprime une variabilité surtout sur l'axe correspondant aux estérases  $\alpha$ , tandis que la variabilité des populations Mboulou-Loukoussou se déploie sur les deux axes.

Selon les populations, la variabilité est organisée différemment. Il semblerait en outre que l'on ait un enrichissement de la variabilité des populations de *C. congensis* de l'amont (Anginga) vers l'aval (Mboulou-Loukoussou).

Des prospections ultérieures sur une aire géographique plus large (Congo, Zaïre) devraient permettre de mieux connaître l'organisation des variabilités intrapopulations et de vérifier s'il y a véritablement un enrichissement génétique de l'amont vers l'aval (échanges génétiques orientés).

## DISCUSSION-CONCLUSION

L'examen de ces premiers résultats permet de mieux comprendre comment s'organisent les populations naturelles de caféiers. Les conséquences de ces informations se situent au niveau du schéma de prospection lui-même et du choix des géniteurs intervenant dans les différentes hybridations envisagées.

La situation trouvée dans la population de l'Ira de l'espèce *C. stenophylla* est originale puisque cette population très hétérogène pour le caractère teneur en caféine ne manifeste aucun polymorphisme sur les trois enzymes étudiés. Il conviendra donc d'observer d'autres populations pour avoir une image correcte du type de variation existant chez cette espèce.

Pour les autres espèces étudiées les différentes populations sont très variables. Les débuts de différenciation observés se font selon des axes variés. Nous noterons toutefois que nos observations ne portent que sur des populations appartenant à une aire géographique assez restreinte, correspondant au territoire centrafricain. Une vision d'ensemble ne pourra être donnée que par l'étude de matériel dont les provenances recouvrent l'ensemble de l'aire de répartition de chaque espèce.

Pour tenir compte de ces résultats dans un schéma de prospection des caféiers nous devons souligner deux points.

### *C. liberica* var. *excelsa*

Les méthodes utilisées sont identiques à celles du paragraphe précédent. Nous avons retenu quatre bandes variables de deux systèmes enzymatiques, phosphatase acide (Phos A) et estérase  $\beta$ . Huit populations, représentées chacune par seize individus couvrent l'ensemble de l'aire prospectée en Centrafrique.

L'axe 1 fait intervenir toutes les fractions tandis que l'axe 2 (fig. 3) montre surtout l'opposition entre les fractions F et G des estérases  $\beta$ . Sur l'axe 3 (fig. 3) apparaît l'opposition entre les fractions A, B et D de l'enzyme Phos A. On voit donc que les axes 2 et 3 sont orientés préférentiellement l'un par la variation estérase et l'autre par la variation phosphatase acide.

La projection des différents points correspondant à l'ensemble des phénotypes, sur les axes 2 et 3 (fig. 3) montre la grande variabilité d'ensemble, mais aussi la présence de phénotypes communs à plusieurs populations, pouvant se situer en dehors de l'aire de variation de certaines populations. Les populations de Bozo et Ouango fournissent deux exemples de différenciation. La population de Bozo a une variabilité qui s'exprime surtout sur l'axe 2, c'est-à-dire une variabilité des estérases  $\beta$ , tandis que dans la population de Ouango c'est l'enzyme Phos A qui est très variable. Comme chez *C. congensis*, il existe dans cette espèce un grand polymorphisme enzymatique. Un début de différenciation est décelable, mais se fait selon des axes différents pour chaque population.

D'une part toutes les populations de ces espèces allogames sont très variables, tout au moins pour certains caractères. Il est donc intéressant de collecter une quantité importante de matériel dans chaque population découverte.

D'autre part s'il existe une différenciation géographique à l'intérieur de ces espèces, elle ne se manifeste que sur de très grandes distances, comme nous l'avons mis en évidence pour la teneur en caféine des *C. canephora*. Les prospections doivent donc tendre à reconnaître l'ensemble de l'aire de répartition géographique des différentes espèces.

En outre, au niveau d'un schéma d'amélioration des caféiers par voie d'hybridation, il est nécessaire d'introduire un nombre important de géniteurs de chaque espèce pour utiliser au mieux la variabilité dont on dispose et favoriser l'expression d'interactions particulières. On peut donc penser à des croisements population à population, en mettant à profit l'autostérilité de ces différentes espèces.

Ces premiers résultats permettent donc de proposer une conduite plus rationnelle des prospections et d'évaluer la richesse génétique du matériel récolté avant de l'intégrer dans un programme d'amélioration des caféiers.

## BIBLIOGRAPHIE

1. J. BERTHAUD, J.-L. GUILLAUMET, D. LE PIERRES, M. LOURD, 1977. — Les prospections de caféiers sauvages et leur mise en collection. VIII<sup>e</sup> Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan, 28 nov.-3 déc. ; ASIC (Paris), 1979, p. 365-372.

2. F. BERTHOU, P. TROUSLOT, 1977. — Analyse du polymorphisme enzymatique dans le genre *Coffea* : adaptation

d'une méthode d'électrophorèse en série. Premiers résultats. VIII<sup>e</sup> Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan, 28 nov.-3 déc. ; ASIC (Paris), 1979, p. 373-383.

3. A. CHARRIER, J. BERTHAUD, 1975. — Variation de la teneur en caféine dans le genre *Coffea*. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 19, n° 4, sept.-déc., p. 251-264.

Annexe I. — Polymorphisme enzymatique dans l'espèce *C. congensis*. Matrice des corrélations intercaractères et tableau des composantes des vecteurs propres (ABCD estérases  $\beta$ , EFGH estérases  $\alpha$ )

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	1,000	-0,235	-0,586	-0,049	0,010	-0,037	-0,034	0,024
B	-0,235	1,000	-0,027	0,145	0,040	-0,009	-0,054	-0,019
C	-0,586	-0,027	1,000	0,153	-0,027	0,060	0,054	-0,087
D	-0,049	0,145	0,153	1,000	0,036	-0,001	-0,085	0,110
E	0,010	0,040	-0,027	0,036	1,000	-0,691	0,108	-0,130
F	-0,037	-0,009	0,060	-0,001	-0,691	1,000	-0,313	0,322
G	-0,034	-0,054	0,054	-0,085	0,108	-0,313	1,000	-0,692
H	0,024	-0,019	-0,087	0,110	-0,131	0,322	-0,692	1,000

	$\lambda$	A	B	C	D	E	F	G	H
V1	26,8	0,012	0,028	-0,022	0,070	-0,429	0,540	-0,505	0,514
V2	20,8	0,677	-0,248	-0,643	-0,238	0,029	-0,071	-0,027	0,062
V3	16,8	0,007	0,316	-0,137	0,387	0,543	-0,362	-0,413	0,367
V4	13,1	0,063	0,737	-0,385	0,283	-0,258	0,193	0,188	-0,294

Annexe 2. — Polymorphisme enzymatique dans l'espèce *C. liberica* var. *excelsa*. Matrice des corrélations intercaractères et tableau des composantes des vecteurs propres (ABCD phosphatase acide, EFGH estérase  $\beta$ )

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	1,000	-0,061	-0,306	-0,238	0,008	0,071	-0,190	0,030
B	-0,061	1,000	-0,469	-0,090	-0,037	-0,058	0,102	0,021
C	-0,306	-0,469	1,000	-0,245	-0,137	0,127	0,122	-0,113
D	-0,238	-0,090	-0,245	1,000	0,056	0,027	-0,092	0,208
E	0,008	-0,037	-0,137	0,056	1,000	-0,379	-0,248	-0,070
F	0,071	-0,058	0,127	0,027	-0,379	1,000	-0,284	-0,018
G	-0,191	0,102	0,122	-0,092	-0,248	-0,284	1,000	-0,184
H	0,031	0,021	-0,113	0,208	-0,070	-0,018	-0,184	1,000

	$\lambda$	A	B	C	D	E	F	G	H
V1	20,9	-0,260	-0,375	0,667	-0,240	-0,326	0,194	0,281	-0,259
V2	18,3	0,272	0,290	0,056	0,137	-0,216	0,613	-0,562	0,286
V3	16,5	-0,430	-0,425	0,216	0,515	0,427	-0,253	-0,175	0,210
V4	15,9	0,446	-0,334	0,130	-0,449	0,512	-0,199	-0,275	-0,305

BERTHAUD (J.), BERTHOU (F.). — Analyse de la variabilité dans les populations naturelles de caféiers diploïdes (*Coffea* sp.) : observations sur les teneurs en caféine et sur le polymorphisme enzymatique. VIII<sup>e</sup> Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan, 28 nov.-3 déc. 1977. ASIC (Paris), 1979, p. 385-391, fig., tabl., réf.

L'observation d'un caractère quantitatif, la teneur en caféine, chez les espèces diploïdes met en évidence la richesse génétique des différentes populations prospectées. La variabilité intrapopulation est très forte et suffit en général à expliquer toutes les variations mesurées.

L'analyse du polymorphisme enzymatique par les techniques d'électrophorèse montre qu'il existe des populations homogènes et des populations très hétérogènes pour ces caractères. L'étude sur les estérases des *C. congensis* prospectés en Centrafrique montre l'existence d'un grand nombre de phénotypes à l'intérieur de chacune des populations. Les observations sur les *C. liberica* var. *excelsa* confirment la grande variabilité intrapopulation et la différenciation de certaines populations selon des axes différents.

Ces premières études font apparaître la grande variabilité des populations naturelles de caféiers pour les caractères observés et montrent l'intérêt de ce matériel pour un programme d'amélioration de cette plante.

BERTHAUD (J.), BERTHOU (F.). — Analysis of the variability in natural populations of diploid coffee trees (*Coffea* sp.) : observations on the caffeine content and enzymatic polymorphism. VIII<sup>e</sup> Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan, 28 nov.-3 déc. 1977. ASIC (Paris), 1979, p. 385-391, fig., tabl., réf.

The determination of a quantitative character, the caffeine content, in diploid species revealed the genetic richness of the different populations surveyed. Intrapopulation variability is very marked and in general sufficient to explain all the variations recorded.

An investigation of enzymatic polymorphism by means of electrophoresis technique showed that there exists homogeneous populations and very heterogeneous populations for these characters. The study of the esterases of *C. congensis* surveyed in Central Africa revealed the existence of a large number of phenotypes within each of these populations. The observations on *C. liberica* var. *excelsa* confirmed the great intrapopulation variability and the differentiation of some populations along different axes.

These first studies demonstrate the great variability of natural coffee tree populations as regards the characters observed and show the interest of this material in improvement programmes for this plant.