

PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL  
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE  
(I.N.É.A.C.)

---

RECHERCHES  
SUR LES AFFINITÉS CHROMOSOMIQUES  
DANS LE GENRE *Coffea*

PAR

**J. BOUHARMONT**

Ingénieur agronome Lv.  
Licencié en Sciences Botaniques Lv.  
Assistant à la Division de Génétique de l'I.N.E.A.C.

---

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 77  
1959

---

---

PRIX : 70 F

---

# INSTITUT NATIONAL POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE

I. N. É. A. C.

(A. R. du 22-12-33 et du 21-12-39)

L'INEAC, créé pour promouvoir le développement scientifique de l'agriculture au Congo belge, exerce les attributions suivantes :

1. Administration de Stations de recherches dont la gestion lui est confiée par le Ministère du Congo belge et du Ruanda-Urundi.
2. Organisation de missions d'études agronomiques et formation d'experts et de spécialistes.
3. Etudes, recherches, expérimentation et, en général, tous travaux quelconques se rapportant à son objet.

## Administration :

### A. — COMMISSION

*Président :*

**S. A. R. le prince ALBERT de Belgique.**

*Vice-Président :*

**M. JURION, F.,** Directeur général de l'I.N.E.A.C.

*Secrétaire :*

**M. LEBRUN, J.,** Secrétaire général de l'I.N.E.A.C.

*Membres :*

**MM. BOUILLENNE, R.,** Membre de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique ;

**BRIEN, P.,** Membre de l'Académie Royale des Sciences Coloniales ;

**DEBAUCHE, H.,** Professeur à l'Université Catholique de Louvain ;

**DE BRUYNE, E.,** Président du Conseil Académique de l'Institut Universitaire des Territoires d'Outre-Mer, à Anvers ;

**DE WILDE, L.,** Professeur à l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gand ;

**DONIS, C.,** Professeur à l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gembloux ;

**GEURDEN, L.,** Professeur à l'Ecole de Médecine Vétérinaire de l'Etat, à Gand ;

**GILLIEAUX, P.,** Membre du Comité Cotonnier Congolais ;

**GUILLAUME, A.,** Président du Comité Spécial du Katanga ;

**HELBIG DE BALZAC, L.,** Président du Comité National du Kivu ;

**HENRARD, J.,** Directeur de l'Agriculture, Forêts, Elevage et Colonisation, au Ministère du Congo belge et du Ruanda-Urundi ;

**HOMES, M.,** Professeur à l'Université Libre de Bruxelles ;

**JANSSENS, P.,** Directeur de l'Institut de Médecine Tropicale « Prince Léopold », à Anvers ;

**MAQUET, M.,** Vice-Président du Comité de Direction de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge ;

**OPSOMER, J.,** Professeur à l'Institut Agronomique de Louvain ;

**PEETERS, G.,** Professeur à l'Université de Gand ;

**PONCELET, L.,** Météorologiste, Chef du Service de Climatologie, à l'Institut Royal Météorologique, à Uccle ;





INSTITUT NATIONAL POUR L'ETUDE  
AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE

1, rue Defacqz

BRUXELLES 5 (Belgique)

Nous avons reçu :

We hebben ontvangen :

We have received :

Wir haben empfangen :

Nom et adresse :

Naam en adres :

Name and address :

Name und Adresse :

---

Si cette carte ne nous est pas retournée, l'envoi des publications sera interrompu.

Zo deze kaart niet wordt teruggezonden, zullen de verzendingen van onze uitgaven onderbroken worden.

The sending of our publications will be interrupted, unless this card is returned to our address.

Soll diese Karte uns nicht zurückgeschickt werden, so wird die Sendung unserer Veröffentlichungen unterbrochen.

RECHERCHES  
SUR LES AFFINITÉS CHROMOSOMIQUES  
DANS LE GENRE *Coffea*



**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL  
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE  
(I.N.É.A.C.)**

**RECHERCHES  
SUR LES AFFINITÉS CHROMOSOMIQUES  
DANS LE GENRE *Coffea***

PAR

**J. BOUHARMONT**

Ingénieur agronome Lv.  
Licencié en Sciences Botaniques Lv.  
Assistant à la Division de Génétique de l'I.N.É.A.C.

**SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 77  
1959**



## TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION . . . . .	9
MATÉRIEL ET MÉTHODES . . . . .	11
1. Matériel végétal . . . . .	11
2. Techniques . . . . .	12
CHAPITRE PREMIER. — <i>Le noyau et la mitose</i> . . . . .	15
§ 1. Noyau quiescent et noyau interphasique . . . . .	15
1. Caféiers diploïdes . . . . .	15
2. Caféiers tétraploïdes . . . . .	18
§ 2. Déroulement de la mitose . . . . .	19
1. Prophase . . . . .	19
2. Métaphase et anaphase . . . . .	20
3. Télophase . . . . .	21
§ 3. Satellites et nucléoles . . . . .	22
1. Forme et nature des satellites . . . . .	22
2. Relations chromosomes-nucléoles . . . . .	24
3. Origine du nucléole . . . . .	26
CHAPITRE II. — <i>Nombres chromosomiques</i> . . . . .	27
§ 1. Données bibliographiques . . . . .	27
§ 2. Observations personnelles . . . . .	28
CHAPITRE III. — <i>Longueur chromosomique moyenne</i> . . . . .	32
§ 1. Méthodes de mesure et de calcul . . . . .	32
1. Mesure des longueurs chromosomiques . . . . .	32
2. Méthode statistique . . . . .	34
§ 2. Variation de la longueur chromosomique dans la même plante . . . . .	35
1. Plérome . . . . .	35
2. Dermatogène . . . . .	35
3. Périblème . . . . .	37
4. Autres sources de variation . . . . .	38
§ 3. Variations à l'intérieur des espèces . . . . .	38
1. <i>Coffea canephora</i> PIERRE . . . . .	39
2. <i>Coffea arabica</i> L. . . . .	40
3. <i>Coffea liberica</i> BULL. . . . .	42
§ 4. Variations suivant les espèces . . . . .	42
1. Série <i>Abysinicae</i> . . . . .	42
2. Série <i>Robustae</i> . . . . .	45

	Pages
3. Série <i>Libericae</i> . . . . .	48
4. Autres espèces . . . . .	51
a) <i>Coffea stenophylla</i> . . . . .	51
b) <i>Coffea lebruniana</i> . . . . .	52
c) <i>Coffea horsfieldiana</i> . . . . .	52
d) <i>Psilanthopsis kapakata</i> . . . . .	52
§ 5. Longueur chromosomique de quelques hybrides interspécifiques . . . . .	55
1. Conuga . . . . .	55
2. Hybride Q.P. . . . .	56
3. Kawisari D. . . . .	57
CHAPITRE IV. — <i>Idiogramme moyen</i> . . . . .	59
§ 1. Méthodes de mesure et de calcul . . . . .	59
1. Identification des chromosomes . . . . .	59
a) Longueur des chromosomes . . . . .	59
b) Position du centromère . . . . .	60
c) Constrictions secondaires et satellites . . . . .	61
d) Associations somatiques . . . . .	62
2. Détermination des idiogrammes . . . . .	62
a) Formes diploïdes . . . . .	62
b) Formes tétraploïdes . . . . .	63
§ 2. Valeurs réelles . . . . .	64
1. Types chromosomiques . . . . .	64
2. Valeurs moyennes . . . . .	65
3. Comparaison des idiogrammes . . . . .	68
4. Idiogramme de <i>Coffea exelsa</i> . . . . .	72
§ 3. Longueurs relatives . . . . .	73
1. Valeurs calculées . . . . .	73
2. Comparaison entre chromosomes homologues . . . . .	75
3. Comparaison entre espèces . . . . .	77
§ 4. Idiogramme de <i>Psilanthopsis kapakata</i> . . . . .	80
CHAPITRE IV. — <i>Discussion</i> . . . . .	82
§ 1. Longueurs chromosomiques moyennes . . . . .	82
§ 2. Diagrammes des fréquences chromosomiques . . . . .	84
§ 3. Idiogramme moyen . . . . .	86
CONCLUSIONS GÉNÉRALES . . . . .	88
RÉSUMÉ . . . . .	89
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	91

## INTRODUCTION

L'amélioration des plantes cultivées demande des études de plus en plus nombreuses et approfondies dans des domaines multiples. Chez les caféiers, la nécessité de réaliser des hybridations interspécifiques commence à se faire sentir et l'étude des diverses espèces susceptibles d'intervenir dans les croisements s'impose avant la réalisation de ceux-ci. L'étude cytogénétique de ces espèces est à envisager en tout premier lieu.

Un exemple de l'importance que présente pour l'hybridation interspécifique la connaissance des caractéristiques cytologiques des caféiers nous est donné par l'insuccès des essais entrepris en vue de croiser *Coffea arabica* et *C. canephora*. On sait maintenant que cet insuccès est dû aux nombres chromosomiques différents des deux espèces, la première étant tétraploïde et la seconde diploïde. On a déjà dénombré les chromosomes des principales espèces, mais beaucoup de ces numérations sont contradictoires et, par conséquent, à revoir. D'autre part, de nombreuses espèces, actuellement délaissées, n'ont pas encore été étudiées, mais leurs possibilités éventuelles pour la sélection sont à envisager et de nouveaux examens cytologiques seront donc nécessaires chez ces espèces.

Une étude plus approfondie des chromosomes somatiques doit s'ajouter à leur simple numération. Il est évident, en effet, que l'identité des nombres chromosomiques est un critère bien insuffisant pour juger de la proximité systématique de deux espèces. Actuellement, les diverses classifications proposées pour le genre *Coffea* et les genres voisins sont encore incomplètes et elles diffèrent notablement les unes des autres. Jointe aux caractères morphologiques externes, la cytotaxonomie peut apporter des renseignements précieux et de valeur certaine pour différencier les espèces et trouver des affinités entre elles. Ces affinités doivent être connues pour permettre le choix des espèces à croiser.

Cette étude a pour but d'accroître nos connaissances cytologiques et génétiques des *Coffea*. Les espèces les plus connues et quelques autres, qui n'ont actuellement qu'un intérêt secondaire, seront examinées et

comparées à trois points de vue : nombre des chromosomes, longueur chromosomique et idiogramme des génomes.

Ce travail a débuté au cours de l'année académique 1953-1954 à l'Institut Carnoy de l'Université Catholique de Louvain. L'étude de cinq espèces (*Coffea canephora*, *C. ugandae*, *C. arabica*, *C. congensis* et *C. liberica*), ainsi que de trois hybrides interspécifiques (Conuga, Q.P. et Kawisari D) a fait l'objet d'un mémoire de Licence en sciences botaniques (1). Nous tenons à remercier le Professeur A. GILLES, qui nous a dirigé au cours de cette étude, pour l'aide et les conseils dont nous avons profité durant notre séjour dans le Laboratoire de Cytogénétique.

Le travail a été complété et terminé à la Division de Génétique de l'I.N.E.A.C., à Yangambi. Toutes les autres espèces disponibles ont été étudiées au cours de cette seconde période.

---

(1) N.D.L.R. Ce travail a valu à l'auteur d'être proclamé Lauréat du Concours Universitaire 1954-1955.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Matériel végétal.

Les racines nécessaires à notre étude proviennent de la Division du Caféier et du Cacaoyer de Yangambi et de la Station de Mulungu.

Nous avons trouvé à la Division du Caféier, les espèces et hybrides suivants :

*C. canephora* PIERRE : clone Robusta L. 215  
clone Robusta L. 215/199  
forme à port particulier

*C. ugandae* CRAMER

*C. congensis* FROEHNER

*C. liberica* BULL. : n° 1  
n° 2

*C. abeokutae* CRAMER

*C. klainii* PIERRE

*C. dewevrei* DE WILD. et TH. DUR.

*C. stenophylla* G. DON

*C. lebruniana* GERMAIN et KESLER

*C. horsfieldiana* MIQ.

Hybride Q.P. (*C. liberica* × *C. canephora*).

Conuga (*C. congensis* × *C. ugandae*)

Kawisari D (*C. liberica* × *C. arabica*)

*Psilanthopsis kapakata* (HIRSCHFELDT) CHEV.

Les autres échantillons nous sont parvenus de Mulungu ; ils appartiennent aux caféiers suivants :

*C. arabica* L. variétés Bourbon  
Local Bronze  
Kisenyi  
Blue Mountain Kenya

*C. eugenoides* MOORE

*C. kivuensis* LEBRUN

Hybride de *C. arabica* (Local Bronze) × *C. eugenoides* (n° 30).

## 2. Techniques.

La comparaison précise des chromosomes demande un traitement uniforme du matériel à étudier ; il est en effet prouvé que la contraction des structures cellulaires, qui peut modifier la longueur des chromosomes, varie suivant le fixateur utilisé.

Comme fixateur, nous avons utilisé le CRAF : mélange acide chromique - acide acétique - formol, proposé par NAVASHIN et modifié par RANDOLPH. Ce fixateur se compose des solutions A et B mélangées à parties égales au moment de l'emploi :

Solution A —	acide chromique . . . . .	1 g
	acide acétique glacial . . . . .	7 cm <sup>3</sup>
	eau . . . . .	92 cm <sup>3</sup>
Solution B —	formol commercial . . . . .	30 cm <sup>3</sup>
	eau . . . . .	70 cm <sup>3</sup>

Après une fixation d'un jour, les racines sont conservées dans l'alcool à 70° jusqu'au moment de l'inclusion dans la paraffine.

Les coupes microtomiques, épaisses de 7 à 12  $\mu$ , furent le plus souvent colorées au crystal violet. La méthode signalée par DARLINGTON et LA COUR [1942] ne nous a pas donné satisfaction comme telle ; il a été nécessaire d'augmenter notablement la durée des bains.

Le mode opératoire s'établit comme suit :

- déparaffinage et hydratation ;
- coloration dans le crystal violet en solution aqueuse à 1 %, pendant deux heures ;
- rinçage à l'eau ;
- passage dans l'alcool à 80° contenant 1 % d'iode et 1 % d'iodure de potassium, pendant une dizaine de minutes ;
- rinçage à l'alcool et différenciation rapide par quelques gouttes d'huile de girofle ;
- passage rapide dans les alcools, déshydratation et montage au baume.

Un certain nombre de coupes ont été colorées à l'hématoxyline ferrique suivant la méthode classique :

- déparaffinage et hydratation ;
- mordantage par l'alun ferrique ammoniacal en solution aqueuse à 3 % (huit heures) ;
- coloration dans l'hématoxyline à 1 % pendant seize heures ;
- différenciation par l'alun ferrique ;
- déshydratation et montage.

Pour l'examen de certains détails cytologiques, quelques racines de *Coffea canephora* ont été fixées dans chacun des mélanges suivants [DOUTRELIGNE, 1933] :

1. Liquide de Benda :
  - acide chromique à 1 % . . . . . 15 cm<sup>3</sup>
  - acide osmique à 2 % . . . . . 4 cm<sup>3</sup>
  - acide acétique glacial . . . . . 2 gouttes
2. Liquide de Helly :
  - eau distillée . . . . . 100 cm<sup>3</sup>
  - chlorure mercurique . . . . . 5,0 g
  - bichromate de potassium . . . . . 2,5 g
  - formol commercial . . . . . 10 cm<sup>3</sup>
3. Picro-formol de Regaud :
  - solution saturée d'acide picrique . . . . . 8 cm<sup>3</sup>
  - formol neutre . . . . . 2 cm<sup>3</sup>
4. Bichromate-formol de Regaud :
  - bichromate de potassium à 3 % . . . . . 8 cm<sup>3</sup>
  - formol neutre . . . . . 2 cm<sup>3</sup>

La réaction de Feulgen, utilisée pour colorer quelques préparations, consiste essentiellement en une hydrolyse par l'acide chlorhydrique normal à la température de 60° C (pendant un temps variable suivant le fixateur employé), suivie d'une coloration (pendant quatre heures) dans une solution de fuchsine basique dont voici la composition :

eau . . . . .	100 cm <sup>3</sup>
fuchsine basique . . . . .	0,5 g
acide chlorhydrique normal . . . . .	10 cm <sup>3</sup>
bisulfite de sodium . . . . .	1,5 g



## CHAPITRE PREMIER

### LE NOYAU ET LA MITOSE

#### § 1. NOYAU QUIESCENT ET NOYAU INTERPHASIQUE

##### 1. Caféiers diploïdes.

Les noyaux sont parfaitement semblables chez tous les caféiers à 22 chromosomes ; on peut donc grouper les espèces diploïdes et les étudier ensemble à ce point de vue.

Il faut distinguer dans la racine, d'une part les noyaux interphasiques, localisés dans le méristème, qui viennent de subir une division et peuvent en subir encore et, d'autre part, les noyaux quiescents, en repos permanent, dans des régions de la racine où les cellules sont étirées et vacuolisées ; ces noyaux ne se sont plus divisés depuis longtemps et ne subiront probablement plus de mitose.

Les noyaux interphasiques sont régulièrement sphériques ; leur diamètre varie suivant les tissus et est le plus souvent compris entre 5 et 7  $\mu$ . Ils sont sensiblement plus petits dans le plérome que dans le périlème où les cellules sont beaucoup plus grandes. Dans la coiffe, cellules et noyaux sont de taille fort uniforme.

Il n'y a généralement qu'un nucléole, assez rarement deux. A la base de la coiffe, cependant, les noyaux binucléols sont plus fréquents qu'ailleurs. Le diamètre du nucléole varie de 1,5 à 4  $\mu$  ; il est entouré d'une aréole incolore, provoquée par la contraction du noyau lors de la fixation.

A la périphérie du noyau s'observent des granules chromatiques, en nombre variable, toujours inférieur au nombre chromosomique. Près de la pointe de la racine, on en trouve souvent plus de dix ; ils de-

viennent de moins en moins nombreux dans les noyaux plus proches de la zone d'étirement. Ces granules sont de taille variable, leur forme est arrondie, allongée ou irrégulière. Dans les cellules de la coiffe, ils sont toujours en nombre assez uniforme ; ils sont aussi plus grands, leurs dimensions et formes sont plus régulières et constantes. Le reste de la substance nucléaire se colore très faiblement (fig. 1).

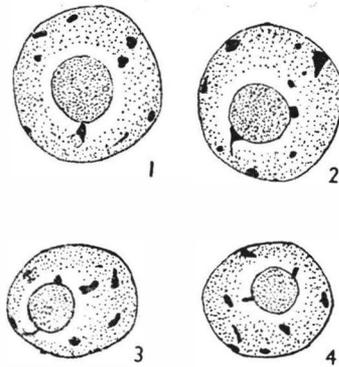


Fig. 1. — Noyaux interphasiques de *Coffea canephora* ( $\times 2.500$ ).  
(1 et 2, fixation : CRAF, coloration : hématoxyline ; 3 et 4, fixation : bichromate-formol de Regaud, coloration : Feulgen).

A la surface du nucléole, on reconnaît souvent un ou deux corpuscules chromatiques (planche I, 1-2) ; quand il y a deux nucléoles, chacun peut avoir un corpuscule, mais aucun n'en porte deux. De nombreux auteurs ont signalé chez diverses plantes la présence de tels granules nucléolaires [SOROKIN, 1927 ; SPRUMONT, 1928 ; EICHHORN, 1933, 1935 ; FERNANDES, 1936 ; DE ZEEUW, 1936 ; GUILLIERMONT et GAUTHERET, 1937 ; DANGEARD, 1937, 1938 ; NATIVIDADE, 1937 ; HAMEL, 1937 ; BENOIST, 1937]. Suivant certains cytologistes, ils sont formés de la même substance que le nucléole ; d'autres pensent qu'ils sont de nature chromatique ou distinguent dans le même noyau deux types de formations. Il semble bien que, chez les caféiers, ces corpuscules soient de nature chromatique ; avec le crystal violet, ils se colorent en effet de la même manière que les granules périphériques du noyau et que les chromosomes aux divers stades de la mitose, tandis que le nucléole reste habituellement incolore. La réaction de Feulgen, souvent considérée comme spécifique pour la chromatine, colore aussi de façon identique ces corpuscules et les parties chromatiques, à l'exclusion du nucléole (cependant, DOUTRELIGNE [1939] se basait sur cette même réaction pour

signaler la présence de granules de nature nucléolaire chez *Coffea arabica*).

Dans les cellules très vacuolisées du cylindre cortical de la racine, les noyaux sont le plus souvent de forme arrondie, parfois allongée. Leur diamètre est assez variable, mais il atteint souvent  $10\ \mu$ . Ils semblent donc plus grands que dans le méristème, où le diamètre ne dépasse généralement pas  $9\ \mu$ . Cependant, le volume doit être à peu près identique car, dans les cellules vacuolisées, le noyau est aplati et logé dans le protoplasme pariétal ; il semble rond ou ovale suivant la direction de la coupe ; sa forme réelle est donc plutôt lenticulaire.

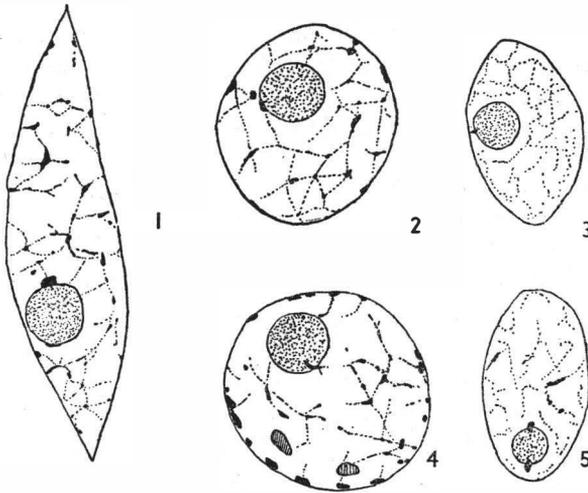


Fig. 2. — Noyaux quiescents : 1 à 3, *Coffea liberica* (fixation : CRAF, coloration : hématoxyline) ; 4 et 5, *C. canephora* (fixation : bichromate-formol de Regaud, coloration : Feulgen) ( $\times 2.500$ ).

Dans les cellules longues et étroites, le noyau est allongé dans le sens de l'étirement ; c'est surtout fréquent dans le cylindre central, où les cellules sont les plus étroites. Le noyau prend alors une forme elliptique ou fusiforme et se termine en pointe aux deux extrémités (fig. 2,1) ; sa longueur peut ainsi atteindre  $30\ \mu$ , tandis que sa largeur est réduite en conséquence ( $3\ \mu$ ).

Dans le noyau quiescent, en repos permanent, les granules chromatiques superficiels sont beaucoup plus rares que dans le méristème ; la plupart des noyaux n'en possèdent pas ou leur nombre est très réduit. On y retrouve assez souvent un ou deux corpuscules nucléolaires

comparables à ceux du noyau interphasique, mais ils sont de forme plus irrégulière et allongée.

La masse nucléaire semble occupée par un réseau très mince qui se colore faiblement. Ce réseau peut être exagéré par une fixation brutale, mais il se retrouve dans les racines fixées par des mélanges qui contractent très peu les diverses structures (liquides de Benda, Helly et Regaud).

## 2. Caféiers tétraploïdes.

Les noyaux sont plus volumineux chez les caféiers à 44 chromosomes : dans le méristème, leur diamètre varie le plus souvent entre 7 et 9  $\mu$ . Quand le nucléole est unique, il mesure environ 3  $\mu$ . L'augmentation du volume nucléaire correspond à un accroissement proportionnel du volume des cellules.

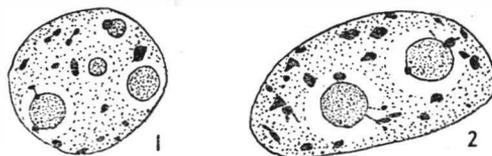


Fig. 3. — Noyaux interphasiques de l'hybride Kawisari ( $\times 2.500$ ).  
(Fixation : CRAF, coloration : hématoxyline).

Les granules chromatiques sont plus nombreux que dans les noyaux diploïdes, mais leur nombre n'atteint pas celui des chromosomes. On en compte en moyenne trente par noyau dans le méristème.

La proportion des noyaux binucléolés est beaucoup plus importante que chez les espèces diploïdes ; elle varie suivant les tissus de la racine et atteint environ 25 %. En outre, les noyaux à trois nucléoles ne sont pas rares et on en observe parfois à quatre nucléoles. Quand il y a plusieurs nucléoles, ils peuvent être égaux ou non ; ils sont parfois très petits, de taille comparable à celle de certains granules chromatiques ; ils s'en distinguent cependant par l'aréole de fixation et par leur forme régulièrement sphérique ; dans beaucoup de préparations, leur coloration est aussi beaucoup plus faible.

On retrouve encore des corpuscules nucléolaires ; leur nombre maximum est de quatre par noyau.

## § 2. DÉROULEMENT DE LA MITOSE

### 1. Prophase.

Les noyaux qui entrent en mitose sont volumineux. Les granules chromatiques s'accroissent, ils sont souvent prolongés par des filaments peu colorés dont les extrémités se perdent dans la substance nucléaire ou qui les reliait à des granules plus petits. Ces filaments, d'abord très minces, s'épaississent ensuite et absorbent plus facilement les colorants tandis que les granules s'amincissent progressivement.

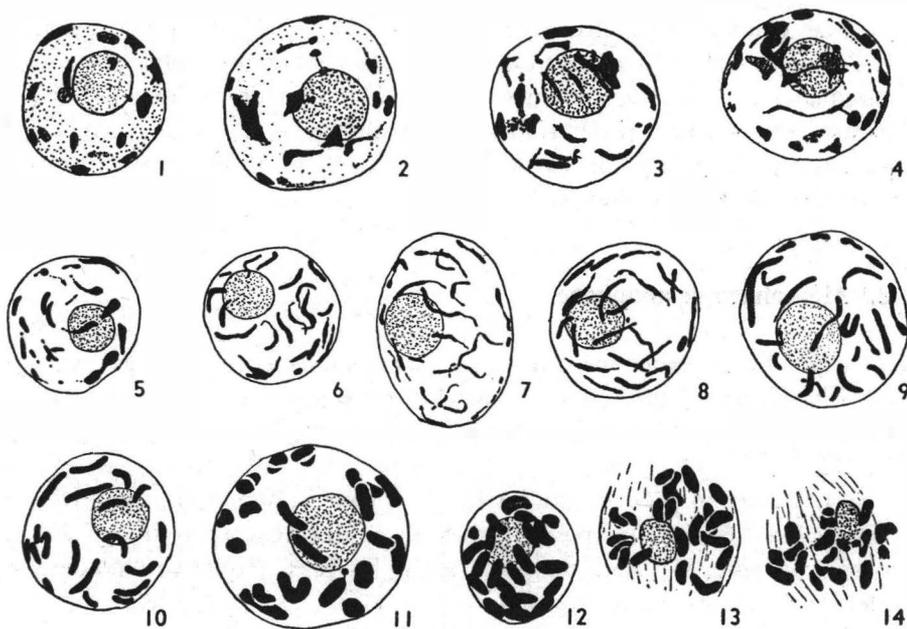


Fig. 4. — Prophase : 1 à 4, 9 à 11, 13 et 14, *Coffea liberica* ; 7, 8 et 12, *C. canephora* ; 5 et 6, hybride *Conuga* ( $\times 2.500$ ).  
(Fixation : CRAF, coloration : 5 à 8, 12 à 14, hématoxyline ; 1 à 4 et 9 à 11, crystal violet).

A un stade intermédiaire de la prophase (fig. 4,7), le noyau est rempli de chromosomes longs et minces, d'épaisseur variable d'un endroit à l'autre, recourbés et entortillés. Ils se régularisent progressivement et leur chromatinité devient constante sur toute leur longueur. En même temps, ils prennent un aspect plus raide et s'isolent les uns des autres (fig. 4,10). A ce stade, on constate souvent que les chromosomes ne sont pas éparpillés au hasard dans le noyau, mais plus ou moins orientés

parallèlement entre eux : les deux noyaux représentés par les dessins 1 et 2 de la figure 7 sont au même stade ; dans le premier, on voit à peu près toute la longueur des chromosomes, tandis que dans le second, la plupart sont perpendiculaires au plan du dessin.

En prométaphase, les chromosomes se rassemblent autour du nucléole, la limite du noyau disparaît et le fuseau commence à se marquer.

Le nucléole n'évolue guère au cours de la prophase. Il est probable que dans les noyaux à plusieurs nucléoles, ceux-ci se fusionnent avant le début de la mitose car on en trouve très rarement plus d'un pendant la prophase.

Le volume du nucléole ne varie pas de façon perceptible avant la fin de la prophase et sa forme reste presque toujours sphérique ; sa chromaticité ne diminue pas non plus avant la fin de ce stade. Il disparaît généralement juste avant la métaphase ; il persiste cependant parfois plus longtemps et peut se retrouver jusqu'au début de l'anaphase, mais son volume est alors toujours réduit.

## **2. Métaphase et anaphase.**

Les chromosomes métaphasiques sont disposés en une plaque régulière, la plupart étant étalés sur toute leur longueur dans le plan équatorial : seuls les plus longs bras chromosomiques peuvent être en dehors de ce plan.

Les deux moitiés longitudinales de chaque chromosome sont étroitement associées et superposées ; elles ne se distinguent presque jamais quand on voit la plaque du pôle. Seuls, les plus grands chromosomes montrent parfois, mais très rarement, à l'une de leurs extrémités, la dualité de leur structure.

Vue de profil, la plaque équatoriale est très régulière et d'épaisseur uniforme. On y distingue souvent une bande médiane plus claire, due au début du partage des chromosomes en deux moitiés longitudinales (fig. 7,8).

Le fuseau métaphasique est formé de fines striations convergentes à partir de l'équateur. Ces striations sont un peu plus nettes en face de chaque chromosome.

L'anaphase voit les deux moitiés longitudinales des chromosomes se séparer et se diriger chacune vers un pôle, entraînées par le point d'insertion (fig. 5,1).

### 3. Télophase.

Parvenus aux pôles, les chromosomes forment de chaque côté un amas compact et il devient impossible de les distinguer les uns des autres. Exceptionnellement, on peut voir, avant le tassement polaire, les chromosomes très courts et épais former des anastomoses qui les unissent entre eux (fig. 5,2 ; planche I,3).

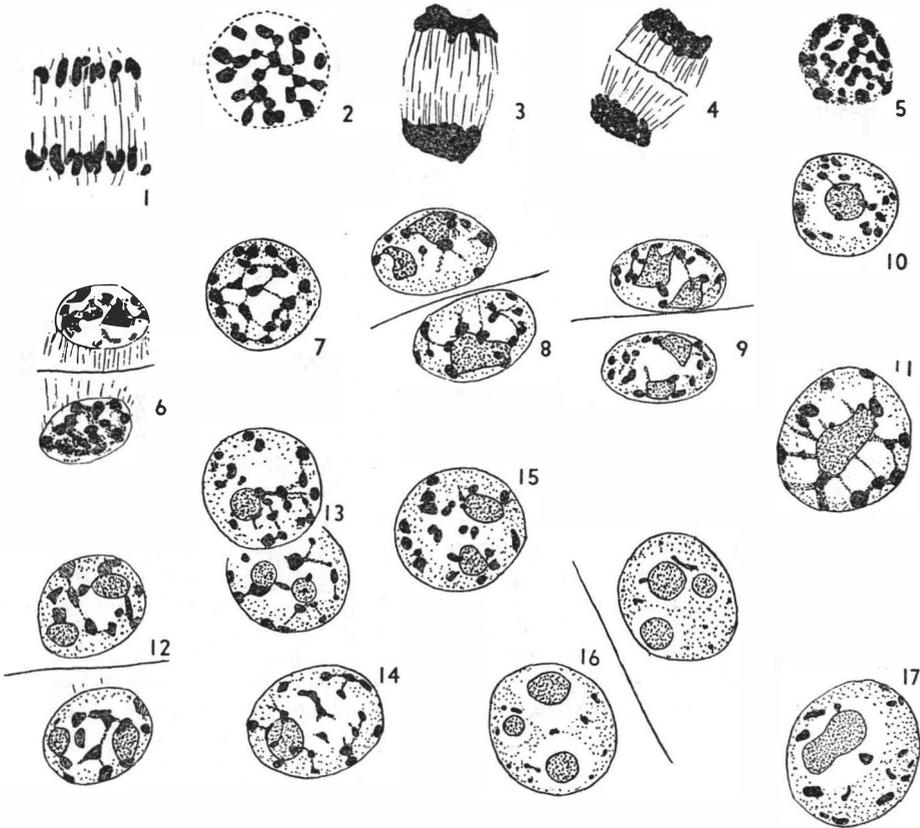


Fig. 5. — Anaphase-télophase : 1, 2, 4, 8, 10 et 14, *Coffea canephora* ; 3, 5 à 7, 11 à 13, 15 et 17, *C. liberica* ; 9, hybride Conuga ; 16, hybride Kawisari ( $\times 2.500$ ). (Fixation : CRAF, coloration : 1 à 4, 6, 8 à 12, 14 à 17, hématoxyline ; 5, 7 et 13, crystal violet).

C'est à ce stade que prend naissance la membrane qui va isoler chacun des noyaux-fils dans une cellule. Elle se produit à mi-chemin entre eux, dans le fuseau. Celui-ci s'élargit jusqu'à rejoindre les parois de la cellule primitive en même temps que la nouvelle membrane s'accroît vers l'extérieur. Le fuseau peut ainsi devenir très large par rapport

à sa longueur quand la division a lieu dans une grande cellule très vacuolisée.

Les noyaux-fils se décolorent ensuite localement, tandis que certaines parties restent sombres. D'abord confuse, la structure interne de ces noyaux montre bientôt, sur un fond clair, un certain nombre de granules très chromatiques reliés entre eux par des anastomoses moins colorées (anastomoses produites au début du tassement polaire) (fig. 5,7 ; planche I,4). Le noyau gonfle, les granules s'écartent, tout en restant unis par les filaments ; on peut alors facilement les compter et l'on retrouve très souvent le nombre chromosomique.

Les nucléoles apparaissent à un stade plus ou moins avancé, généralement très tôt. Au début, il y a souvent deux masses nucléolaires chez les caféiers diploïdes, jusqu'à trois ou quatre chez les tétraploïdes. Ces amas de substance nucléolaire sont de forme irrégulière et sont reliés aux granules chromatiques par des filaments ; ils se colorent de la même manière que les anastomoses qui unissent les granules entre eux et aux nucléoles et leur nature est probablement identique (fig. 5,11).

Les nucléoles apparaissent symétriquement dans les deux noyaux : ils naissent en même temps et en des endroits correspondants. Cette symétrie est surtout apparente chez les espèces à 44 chromosomes, où les nucléoles sont plus nombreux (fig. 5,16). Les mêmes différences de taille se retrouvent dans les deux noyaux-fils. Cette symétrie n'existe qu'à l'origine car, après peu de temps, chaque noyau évolue indépendamment : les nucléoles peuvent se fusionner dans l'un et rester distincts dans l'autre.

Après peu de temps, les nucléoles s'arrondissent, les anastomoses s'atténuent et disparaissent. Le nombre des granules chromatiques visibles diminue et un granule, ou deux seulement (un à quatre chez les tétraploïdes), restent accolés aux nucléoles.

Au début de la télophase, les amas polaires, puis les jeunes noyaux, sont aplatis, de forme lenticulaire ; dans la suite, leur diamètre n'augmente guère, mais ils s'accroissent par gonflement dans l'espace d'abord occupé par le fuseau et, à la fin de la télophase, les noyaux sont sphériques.

### § 3. SATELLITES ET NUCLÉOLES

#### 1. Forme et nature des satellites.

Certains chromosomes de *Coffea* possèdent des satellites. L'interprétation que nous donnerons de ces formations aura une répercussion

sur l'étude morphologique des chromosomes chez les diverses espèces : ce problème vaut donc d'être soulevé ici.

Chez beaucoup de plantes, le satellite est un petit bouton sphérique relié à l'extrémité d'un des bras du chromosome par un filament très mince ; ce bouton a généralement un diamètre inférieur à l'épaisseur du chromosome, surtout quand celui-ci est volumineux. Suivant l'opinion la plus courante, le satellite est une portion du chromosome qui est écartée de celui-ci à la suite de l'étirement ou de la dés spiralisation d'une portion intermédiaire qui forme le filament [SPRUMONT, 1928 ; NAVASHIN, 1934 ; DARLINGTON, 1937 ; MENSINKAI, 1939 ; FERNANDES, 1951].

Cependant, l'aspect différent des satellites chez certaines espèces a suggéré à quelques cytologistes une interprétation différente de ces formations. Pour THERMAN-SUOMALAINEN [1948, 1949], il n'y a pas, chez *Polygonatum*, un filament mince, mais une zone chromosomique normale, ou peut-être moins spiralée, qui est achromatique et se colore moins facilement que les parties chromatiques. Chez *Gossypium*, WOUTERS [1948] observe aussi des zones achromatiques qui peuvent se marquer en clair ou rester colorées comme le reste de la chromatine, sans montrer alors de satellite. Celui-ci ne serait pas relié au chromosome par un filament, les cas douteux semblant plutôt dus à une décoloration incomplète de la zone achromatique. Ce ne seraient pas des « satellites », mais des « zones achromatiques » déterminant des appendices.



Fig. 6. — Formes diverses du chromosome satellitifère chez les *Coffea* ( $\times 2.500$ ).

Chez la plupart des *Coffea* étudiés, nous avons observé une très grande variabilité quant à la taille des satellites et à la façon dont ils sont reliés aux chromosomes (fig. 6). Certains sont aussi larges que les chromosomes, d'autres sont beaucoup plus petits et même absents, un filament persistant seul ; ils sont en général sphériques mais peuvent être allongés ; ils sont fréquemment reliés au chromosome par un filament, rarement bien précis ; parfois, ils en sont séparés par un simple rétrécissement ou une partie moins colorée ; souvent aussi, la zone intermédiaire est totalement incolore. Le filament a une longueur relativement constante, il peut cependant être beaucoup plus long ou très court. Quand on trouve deux satellites dans une même cellule, ils sont semblables ou différents par leur forme, leur taille ou leur mode d'union.

Cette variation dans l'aspect des satellites rend leur interprétation difficile. L'observation de nombreux chromosomes satellitifères nous incite à appliquer aux *Coffea* les conclusions de WOUTERS pour *Gossypium*. Dans les cas où le satellite est séparé du chromosome par une zone peu colorée, nous considérons cette zone comme faisant partie du chromosome. Cependant, de nombreux exemples montrent que le satellite peut être dû, au moins en partie, à un étirement plus ou moins important. Quand le satellite, aussi large ou un peu plus mince que le chromosome, lui est relié par un filament très ténu, la longueur réelle du chromosome satellitifère doit être diminuée de la valeur de ce filament ; quand le satellite a la forme typique d'un petit point, beaucoup plus étroit que le chromosome, à l'extrémité d'un filament mince, la longueur du chromosome sera celle de sa partie principale.

Dans certaines cellules, on ne retrouve qu'un satellite, et dans beaucoup d'autres, aucun n'est visible. Dans ces cas, les homologues des chromosomes satellitifères doivent être recherchés parmi les chromosomes de même longueur que ceux-ci ; éventuellement, la position identique du centromère peut aussi servir de critère.

## 2. Relations chromosomes - nucléoles.

Le problème de l'origine du nucléole est directement lié à la présence et à la nature des satellites ; à certains stades de la mitose, on a souvent observé, en effet, un rapport entre ces formations ou, plus généralement, entre les chromosomes et le nucléole [DE SMET, 1914 ; VAN CAMP, 1924 ; SOROKIN, 1927 ; ZIRKLE, 1931 ; SMITH, 1933 ; MAC CLINTOCK, 1934 ; DE ZEEUW, 1936 ; FERNANDES, 1937].

Nous avons aussi observé chez les *Coffea* des connexions très nettes entre les chromosomes et les nucléoles, au cours de la mitose.

En prophase, le nucléole est assez souvent relié à un ou deux chromosomes chez les formes diploïdes ; cette connexion est surtout visible quand deux chromosomes sont en contact avec le nucléole, qui semble étiré entre eux (fig. 7,1 et 2). Chez les caféiers tétraploïdes, cette connexion est plus fréquente et l'on peut compter jusqu'à quatre chromosomes associés au nucléole (fig. 7,3 ; planche I,5). Certains de ces chromosomes ont déjà un satellite, d'autres en sont dépourvus. Les chromosomes satellitifères ne sont pas nécessairement associés au nucléole ; ils en sont parfois détachés, mais restent encore dans son voisinage. Les chromosomes attachés au nucléole n'y sont pas accolés latéralement : ils ne sont en contact avec lui que par une de leurs extrémités, éventuellement par le satellite.

En métaphase, le nucléole persiste dans un nombre relativement grand de cellules ; il est attaché à un chromosome et allongé en forme de larme ou de massue (planche I,6); parfois, il est relié à la plaque équatoriale par deux portions rétrécies. Dans certains cas, il est possible

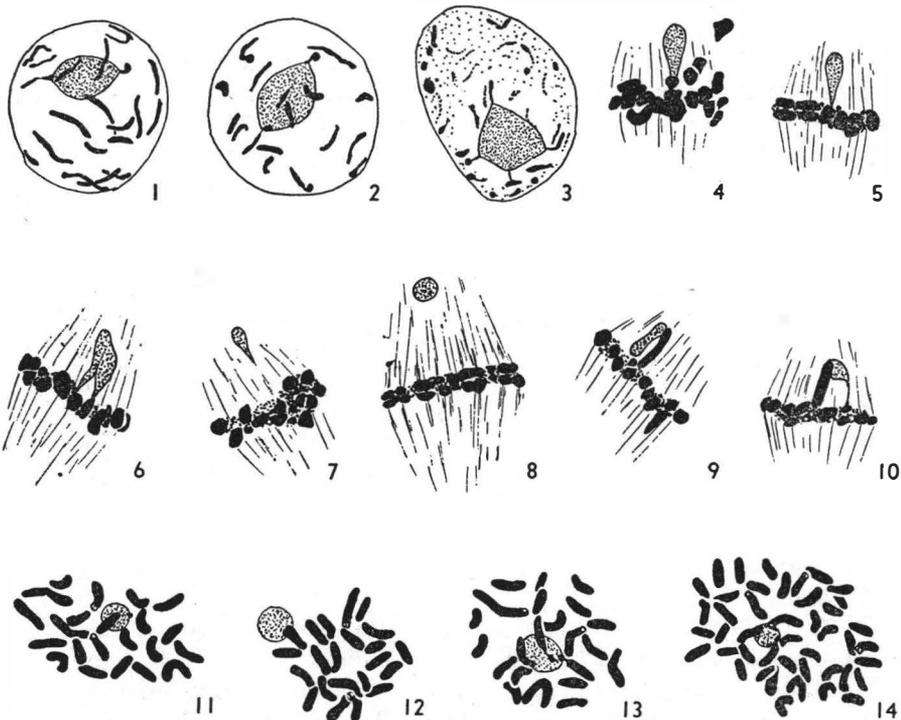


Fig. 7. — Relations entre chromosomes et nucléoles : 1, 5, 6, 9, 10 et 12, *Coffea canephora* ; 2, 4, 8, 11 et 13, *C. liberica* ; 7, hybride Q.P. ; 3 et 14, hybride Kawisari ( $\times 2.500$ ).

(Fixation : CRAF, coloration : 1 à 12, hématoxyline ; 13 et 14, crystal violet).

de reconnaître dans une métaphase le chromosome ou, parfois, les chromosomes qui retiennent le nucléole ; ce sont souvent des chromosomes satellitifères (fig. 7,11 et 13). Le nucléole représenté à la fig. 7,14 est relié par quatre parties étirées à l'extrémité des quatre chromosomes les plus proches.

Les nucléoles semblent subir une forte attraction vers les pôles du fuseau ; certains d'ailleurs parviennent à se libérer des chromosomes et reprennent alors une forme sphérique (planche I,7). Très rarement, le nucléole entraîne avec lui le chromosome qui lui est associé (fig. 7,9 et 10).

### 3. Origine du nucléole.

Le nucléole se reforme à la télophase. Les fragments nucléolaires persistant à la métaphase n'interviennent jamais dans cette formation : quand ils ne disparaissent pas dans le fuseau, ils sont éliminés dans le cytoplasme.

Des études réalisées sur du matériel plus favorable ont montré que, chez certaines plantes du moins, la substance nucléolaire se rassemble d'abord en petites gouttelettes à la surface des chromosomes [DE SMET, 1914 ; VAN CAMP, 1924]. Dans la suite, les chromosomes satellitifères sont responsables de la formation du nucléole ou plutôt de l'« organisation » de la substance nucléolaire [MACCLINTOCK, 1934].

Les phénomènes anaphasiques sont assez obscurs chez les caféiers, mais ils ne semblent pas différents. Au début, la substance nucléolaire est d'abord répandue sur tous les chromosomes, entre lesquels elle forme des anastomoses et filaments peu colorés. Très tôt, cette substance se rassemble en une ou plusieurs masses qui ne sont plus reliées qu'à quelques chromosomes. Il est impossible de reconnaître les satellites à ce stade, mais certains indices permettent d'attribuer à un seul chromosome du lot haploïde l'accumulation de la substance nucléolaire en un nucléole :

1° Le nombre maximum des nucléoles qui se forment à la télophase correspond au nombre de lots chromosomiques présents dans l'espèce (et au nombre maximum de satellites visibles en métaphase) ; deux chez les espèces à 22 chromosomes, quatre chez celles à 44 chromosomes.

2° La symétrie des nucléoles dans les deux noyaux est un autre indice en faveur de l'intervention de certains chromosomes dans leur formation. En effet, si deux nucléoles de même volume apparaissent en des endroits équivalents dans les deux noyaux, c'est à la suite du déplacement symétrique de deux chromosomes-fils identiques à partir de la plaque métaphasique.

Il semble donc que, chez les *Coffea*, certains chromosomes jouent un rôle dans l'apparition des nucléoles. Il est impossible de prouver directement qu'il s'agit des satellitifères, mais l'association de ces derniers aux nucléoles pendant plusieurs stades de la mitose est en faveur de cette hypothèse.

## CHAPITRE II

### NOMBRES CHROMOSOMIQUES

#### § 1. DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

Toutes les espèces de caféiers étudiées jusqu'à présent possèdent un nombre chromosomique multiple de 11, valeur qui doit être considérée comme nombre de base pour ce genre. On compte le plus souvent 22 ou 44 chromosomes (nombres somatiques), mais on en trouve aussi 66, 88 et des valeurs impaires, telles que 33 et 55.

Le premier nombre chromosomique fut donné pour *Coffea arabica* par VON FABER [1912], qui avait compté 16 chromosomes ; mais toutes les recherches suivantes sont en désaccord avec cette valeur.

En 1932, HOMEYER trouve  $2n = 22$  chez *Coffea arabica* et *C. semiexserta*.

En 1934, FAGERLIND, étudiant de nombreuses espèces de Rubiacées, compte 44 chromosomes chez *Coffea arabica* ; DOUTRELIGNE [1939] arrive au même résultat.

Depuis lors, la plupart des numérations effectuées au Brésil ont confirmé ce dernier chiffre. En 1939, KRUG, MENDES et CARVALHO donnent la liste de vingt et une variétés et de plusieurs formes à 44 chromosomes somatiques ; on y trouve les principales variétés cultivées en Amérique du Sud : Bourbon, Maragogipe, Mokka. Il faut encore y ajouter les variétés Nacional et Amarello, signalées par KRUG en 1938.

En 1941, cependant, LEBRUN signale 22 chromosomes chez la variété Bourbon, donc une des variétés considérées comme tétraploïdes en Amérique du Sud. Au Brésil aussi, on connaît des *Coffea arabica* à 22 chromosomes ; on en a d'abord fait la variété *monosperma*, mais CARVALHO [1952] a montré que ces plants sont simplement des mutants haploïdes, issus de diverses variétés de *C. arabica*. Après doublement

expérimental de leur nombre chromosomique, en retrouve, en effet, les caractères morphologiques de ces variétés ; A.J.T. MENDES avait déjà obtenu, en 1947, des plants fertiles à 44 chromosomes, par traitement à la colchicine de greffons de la variété *monosperma*.

Outre les formes à 22 et 44 chromosomes, il existe chez *Coffea arabica* des plants à 66 et à 88 chromosomes, groupés dans la variété Bullata. Suivant CARVALHO [1952], il faudrait sans doute aussi la considérer comme un groupe artificiel contenant des formes polyploïdes de véritables variétés.

Le nombre des chromosomes est moins discuté, et probablement plus constant, chez les autres espèces.

Chez *Coffea canephora*, on n'a jamais signalé que 22 comme nombre diploïde [HEYN, 1936 ; KRUG, 1938] ; *Coffea ugandae* possède aussi 22 chromosomes [KRUG, 1937].

Pour *Coffea congensis*, KRUG [1938] en compte 22, tandis que FAGERLIND [1937] trouve 44 chromosomes.

Chez *Coffea liberica*, HEYN [1936] a compté 44 et FAGERLIND [1937] 22 chromosomes somatiques.

On a trouvé 22 chromosomes chez les espèces proches du Liberica : *C. dewevrei* [KRUG, 1937], *C. dybowskii* [KRUG, 1937], *C. excelsa* [HEYN, 1936 ; MENDES, 1938 ; KRUG, 1938] et *C. abeokutae* [HEYN, 1936 ; KRUG, 1937].

Pour cette dernière espèce cependant, FAGERLIND [1937] signale 44 chromosomes.

Chez *Coffea stenophylla*, FAGERLIND [1937] a compté 22 chromosomes, alors que LEBRUN [1941] a trouvé 44 chromosomes.

Le nombre chromosomique est égal à 22 chez *C. bengalensis* [FAGERLIND, 1937] et chez *C. eugenioides* [DOUGHTY, 1939].

Suivant DEVREUX [1955], il y a aussi 22 chromosomes somatiques chez *C. lebruniana* et *C. kivuensis*.

On connaît les nombres chromosomiques de quelques hybrides importants : l'hybride de *C. arabica* × *C. liberica*, connu sous le nom de Kawisari D, possède 44 chromosomes, tandis que l'on en a trouvé 44 et 33 chez le Kawisari B [HEYN, 1936] ; la « Forme 387 » (*C. arabica* × *C. dewevrei*) a aussi 44 chromosomes [MENDES, 1949].

## § 2. OBSERVATIONS PERSONNELLES

Il est facile de compter les chromosomes somatiques dans les méristèmes radiculaires : les métaphases y sont nombreuses et beaucoup permettent une numération certaine.

Nous avons dénombré 22 chromosomes somatiques chez les espèces et variétés suivantes :

- Coffea canephora* (trois clones)
- C. ugandae*
- C. congensis*
- C. kivuensis*
- C. eugenioides*
- C. liberica* (deux clones)
- C. abeokutae*
- C. klainii*
- C. dewevrei* var. *excelsa*
- C. lebruniana*
- C. horsfieldiana*

D'autre part, nous avons repris dans le tableau I les nombres chromosomiques signalés dans la bibliographie pour les diverses espèces, ainsi que les valeurs que nous avons observées.

TABLEAU I

*Nombres chromosomiques somatiques.*

	Bibliographie	Observations
<i>C. canephora</i> PIERRE	22	22
<i>C. ugandae</i> CRAMER	22	22
<i>C. congensis</i> FROEHNER	22, 44	22
<i>C. arabica</i> L.	(16) 22, 44, 66, 88	44
<i>C. kivuensis</i> LEBRUN	22	22
<i>C. eugenioides</i> MOORE	22	22
<i>C. liberica</i> BULL.	22, 44	22
<i>C. dewevrei</i> DE WILD. et Th. DURAND (= <i>C. excelsa</i> CHEV. et PORTÈRES)	22	22
<i>C. dybowskii</i> PIERRE	22	—
<i>C. klainii</i> PIERRE	—	22
<i>C. abeokutae</i> CRAMER	22, 44	22
<i>C. stenophylla</i> G. DON	22, 44	22
<i>C. lebruniana</i> GERMAIN et KESLER	22	22
<i>C. horsfieldiana</i> MIQ.	—	22
<i>C. bengalensis</i> (ROXB.) HEYNE	22	—
<i>C. semiexserta</i> COLEBR.	22	—
<i>Psilanthopsis kapakata</i> (HIRSCHFELD) CHEV.	—	36

Remarquons, que les quatre variétés étudiées de *Coffea arabica* (Bourbon, Local Bronze, Kisenyi et Blue Mountain Kenya) sont tétraploïdes, avec 44 chromosomes.

L'hybride Q.P. (*C. liberica* × *C. canephora*) s'est montré diploïde, de même que le Conuga (*C. congensis* × *C. canephora* var. *ugandae*).

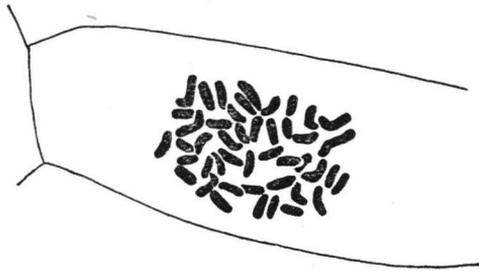


Fig. 8. — Métaphase à 45 chromosomes chez l'hybride Kawisari D (× 2.500).  
(Fixation : CRAF, coloration : hématoxyline).

Le Kawisari D (*C. liberica* × *C. arabica*) est tétraploïde. Chez cet hybride, nous avons cependant trouvé deux plaques métaphasiques comptant indubitablement 45 chromosomes (fig. 8) ; ces deux cellules anormales étaient situées dans un même secteur d'une racine, l'une dans le périlème, l'autre dans le dermatogène. Une trentaine d'autres cellules, appartenant à la même racine et à d'autres, possédaient le nombre normal de 44 chromosomes.

Les espèces parentales étant l'une tétraploïde, l'autre diploïde, l'hybride de *C. arabica* et *C. eugenioides* devrait être triploïde, avec un nombre somatique de 33 chromosomes ; en réalité, l'exemplaire que nous avons analysé (n° 30) possède un chromosome surnuméraire (nombre somatique = 34) (fig. 9 ; planche I,8).

*Psilanthopsis kapakata*, d'abord décrit sous le nom de *Coffea kapakata* HIRSCHFELD, possède 36 chromosomes somatiques. On n'y retrouve pas le nombre de base 11, typique des caféiers, et les chromosomes sont morphologiquement différents de ceux des autres espèces étudiées. Il est donc logique, comme l'a fait CHEVALIER, de séparer cette espèce du genre *Coffea*. Le même auteur rapporte [1947] que l'on a obtenu des

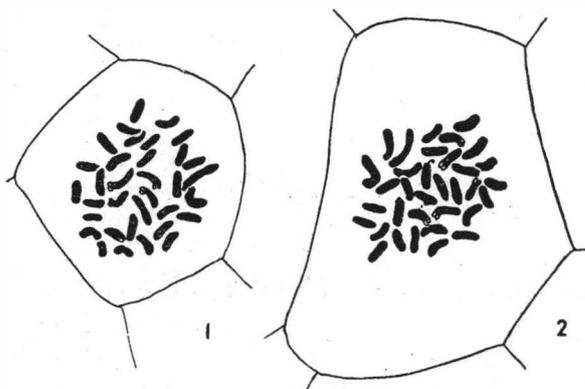


Fig. 9. — Hybride de *C. arabica* × *C. eugenoides* à 34 chromosomes (× 2.500).  
(Fixation : CRAF, coloration : crystal violet).

hybrides artificiels entre *P. kapakata* et plusieurs espèces de *Coffea* (*C. arabica* et *C. canephora*); ce fait semble étrange, puisque les trois espèces ont des nombres chromosomiques différents.

## CHAPITRE III

### LONGUEUR CHROMOSOMIQUE MOYENNE

#### § 1. MÉTHODES DE MESURE ET DE CALCUL

##### 1. Mesure des longueurs chromosomiques.

Les plaques métaphasiques sont nombreuses dans les méristèmes radiculaires ; cependant, toutes ne sont pas susceptibles de servir au calcul des longueurs chromosomiques moyennes. Il faut évidemment d'abord y retrouver tous les chromosomes. Il n'est pas indispensable qu'ils soient tous dans un même plan, mais chacun doit être visible sur toute sa longueur sans que l'on touche à la vis micrométrique ; si cette condition n'est pas remplie, on ne mesure que la projection horizontale du chromosome.

Pour mesurer les chromosomes de *Triticum* et d'*Aegilops*, KAGAWA [1927] a mis au point la méthode de projection, grâce à laquelle il peut déterminer la longueur réelle des chromosomes qui ne sont pas étalés dans le plan équatorial. Le cytologiste japonais mesure la projection horizontale de chaque bras chromosomique incliné et détermine la différence de niveau entre l'extrémité du bras et le point de courbure, ces deux valeurs lui permettant de calculer la longueur des bras. En outre, il tient compte de l'épaisseur du chromosome et de la transparence du milieu, qui donne une fausse idée du niveau réel où se trouve l'extrémité du bras relevé.

Pour les chromosomes de *Gossypium*, plus courts que ceux de ces graminées, WOUTERS [1948] utilise la même méthode, mais au lieu de mesurer la composante verticale, il estime simplement l'inclinaison des bras par la vitesse à laquelle se déplace la section optique du chromosome lorsqu'on manie la vis micrométrique.

Ces méthodes de projection sont compliquées et peu pratiques s'il faut mesurer de nombreux chromosomes ; leur utilité est réduite si les chromosomes sont courts et s'il est possible de trouver suffisamment de plaques métaphasiques où ils sont horizontaux. C'est heureusement le cas chez les caféiers, où nombreuses sont les cellules dont tous les chromosomes sont étalés dans le plan équatorial.

Les plaques métaphasiques jugées convenables sont dessinées à la chambre claire, à un grossissement de 2.200 ; l'axe du chromosome est marqué, ainsi que ses extrémités, puis le dessin est achevé par observation directe.

Pour les mesures, nous avons utilisé une échelle formée d'intervalles de longueur croissante, chacun mesurant 0,22 mm de plus que le précédent ; cet accroissement de 0,22 mm correspond, à l'échelle des chromosomes, à 0,1  $\mu$ . Pour mesurer les chromosomes droits ou à peu près droits, il suffit de déplacer l'échelle le long de leur axe jusqu'à ce qu'on trouve un intervalle qui corresponde à leur longueur. Pour les chromosomes en V ou en L, il faut mesurer chaque bras séparément, à partir de leur point de jonction ; quand la courbure ne se fait pas en un point bien net, on suppose le chromosome rectifié et l'on cherche quel intervalle lui correspondrait si ces deux bras se trouvaient dans le prolongement l'un de l'autre.

Quand les 22 (ou 44) chromosomes sont mesurés, la somme des valeurs trouvées exprime la longueur chromosomique ou longueur totale de chromatine de la cellule. Nous la comparerons chez les différentes espèces et chez leurs hybrides, considérant donc l'ensemble du lot chromosomique diploïde comme un tout.

Quelles que soient les précautions prises, il est évident que la longueur trouvée pour chaque chromosome n'est pas parfaitement rigoureuse ; il y a donc des erreurs dues aux mesures. Une autre source d'erreur, vraisemblablement plus importante, réside dans l'imperfection des dessins. Pour déterminer l'importance de cette seconde cause d'erreur, nous avons dessiné cinq fois, à plusieurs jours d'intervalle, une même plaque métaphasique prise au hasard : les deux valeurs extrêmes de la longueur chromosomique totale diffèrent de 5 % de cette longueur. Nous avons, d'autre part, mesuré cinq fois les chromosomes sur un même dessin d'une plaque métaphasique, et la différence maximum (due à l'imperfection des mesures) ne dépasse pas 2,3 % (1).

---

(1) NAVASHIN [1934] a recherché les mêmes erreurs dans la mesure des chromosomes de *Crepis* et il est arrivé à des valeurs comparables.

## 2. Méthode statistique.

Les chromosomes d'une espèce n'ont pas une longueur constante qui se retrouve dans toutes les cellules ; ils subissent des influences très diverses et leurs dimensions varient dans d'assez larges limites : dans une cellule du périlème, nous avons mesuré une longueur chromosomique de 30,1  $\mu$ , tandis que, dans une cellule contiguë du même tissu, les chromosomes mis bout à bout n'atteignent que 24,1  $\mu$ , soit une différence de 22 %.

Des chromosomes plus courts dans une cellule peuvent correspondre à un volume plus réduit de chromatine mais, souvent, les chromosomes d'une cellule sont allongés ou raccourcis, étirés ou contractés proportionnellement à leur longueur. Il peut cependant arriver qu'un seul, ou quelques-uns d'entre eux, soient plus longs et plus minces que les autres ou même, qu'une portion seulement d'un chromosome soit étirée.

Ces exemples montrent qu'il faut un nombre aussi grand que possible de mesures ; s'il se trouve parmi elles une valeur très différente des autres, son effet se fera peu sentir, à condition que les observations soient assez nombreuses. Pour comparer les caféiers étudiés, nous avons pris des moyennes calculées à partir de vingt-cinq mesures, ce qui suffit pour une analyse statistique des résultats.

D'autres valeurs ont été calculées :

1° Le coefficient de variation, qui est l'écart-type exprimé sous forme d'un pourcentage de la moyenne ; il permet de comparer la variabilité des mesures chez des plantes dont la longueur chromosomique est différente.

2° L'écart-type (ou erreur standard) de la moyenne permet la comparaison des moyennes. Les moyennes qui seront données plus loin seront accompagnées de la valeur de cet écart-type précédée du signe  $\pm$ .

3° L'écart-type d'une différence entre deux moyennes, calculé à partir des écarts-types de ces moyennes, permet d'estimer la confiance que l'on peut avoir en cette différence. Si celle-ci vaut deux fois son écart-type, elle est significative avec un coefficient de sécurité de 95 % ; si la différence atteint trois fois son écart-type, la sécurité dépasse 99 %. En raison des nombreuses causes d'erreur qui augmentent la variabilité des mesures de longueurs chromosomiques, il semble prudent de n'admettre comme significatives que les différences atteignant le seuil de 99 %.

## § 2. VARIATION DE LA LONGUEUR CHROMOSOMIQUE DANS UNE MÊME PLANTE

La longueur des chromosomes peut varier de façon très importante suivant la région de la plante où ils se trouvent.

La présente étude est limitée aux méristèmes radiculaires ; même dans ce matériel, des variations assez notables apparaissent. Pour éliminer au maximum les causes d'erreurs systématiques, nous avons comparé les chromosomes dans les trois tissus du méristème : plérome, périblème et dermatogène.

### 1. Plérome.

S'il existe une relation entre le volume des cellules et la longueur des chromosomes [NAVASHIN, 1931], il faut s'attendre à trouver des valeurs plus faibles dans les petites cellules du plérome que dans celles du périblème, qui sont beaucoup plus grandes. Les métaphases sont beaucoup moins claires dans le périblème que dans les autres histogènes et le diamètre des plaques y est moindre, les chromosomes étant plus rapprochés.

Nous avons mesuré les chromosomes dans trois de ces cellules du centre de la racine, chez *Coffea ugandae*, et obtenu une moyenne de 29,6  $\mu$ . La moyenne est de 32,6  $\mu$  pour vingt-cinq métaphases du périblème, soit une différence de près de 10 %.

Dans la plupart des cellules du plérome, les métaphases sont plus compactes et plus confuses que celles que nous avons mesurées, ces dernières ont en effet été choisies parce qu'il était possible d'y distinguer tous les chromosomes, ce qui est rare. En général, les plaques métaphasiques sont plus étroites et les chromosomes y semblent encore plus courts.

Il est donc certain que la longueur chromosomique est moindre dans le plérome que dans le périblème. Les divisions étant plus nombreuses et plus faciles à interpréter dans ce dernier tissu, nous avons donc négligé le plérome pour nos mesures.

### 2. Dermatogène.

Les tissus qui restent utilisables pour la mesure des chromosomes sont le périblème et le dermatogène. Chez *Crepis*, suivant NAVASHIN [1934], la longueur est maximum dans le dermatogène. De même, DANGEARD [1941] trouve que les chromosomes sont plus longs et plus minces dans l'épiderme que dans le reste de la racine de *Pinus maritima*.

Chez les caféiers, les chromosomes sont, en général, bien étalés et semblent plus courts et plus épais dans les cellules superficielles de la racine que dans le périblème (fig. 10; planche I,9).

Pour comparer ces deux tissus, nous avons mesuré les chromosomes de quelques cellules dermatogéniques chez plusieurs espèces ou hybrides (huit plants).

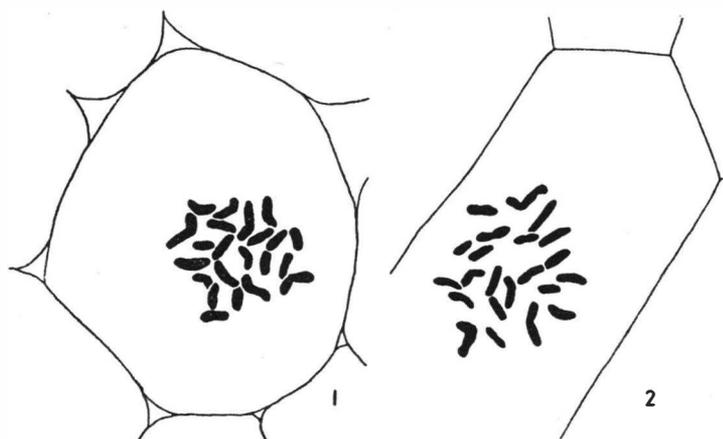


Fig. 10. — Plaques métaphasiques de *Coffea congensis* : 1, dans le dermatogène ; 2, dans le périblème ( $\times 2.500$ ).  
(Fixation : CRAF, coloration : crystal violet).

Comparées aux moyennes obtenues pour le périblème, ces valeurs sont souvent plus faibles pour le dermatogène ; sur trente-trois mesures, onze sont supérieures à la moyenne du périblème pour le caféier considéré, mais ne dépassent guère cette moyenne, tandis que les valeurs inférieures en diffèrent plus nettement.

Chez *C. congensis*, cinq des six valeurs trouvées sont supérieures à la moyenne du périblème ; chez *C. liberica*, quatre sont supérieures, trois inférieures et une égale. Exception faite pour ces deux espèces, les chromosomes sont presque toujours plus courts dans le dermatogène que dans le périblème. Ajoutons-y le Kawisari, où la moyenne de dix-sept cellules du périblème est de 6 % supérieure à celle de huit cellules du dermatogène ; parmi ces huit dernières, une seule a une valeur un peu plus élevée que la première moyenne. Faut-il en conclure qu'il y a des différences entre espèces ? Nous ne le pensons pas car nous n'avons pris, pour chaque espèce, qu'un nombre restreint d'exemples et les différences observées peuvent s'expliquer par le volume des cellules.

Chez les caféiers, les cellules dermatogéniques sont plus courtes que les autres dans les coupes longitudinales de la racine ; en coupe transversale, elles sont le plus souvent étroites et allongées radialement ; au total, elles ont un volume inférieur à celui des cellules voisines du périlème. S'il est vrai qu'à un même niveau de la racine. (1) la longueur chromosomique est proportionnelle au volume cellulaire, il est normal que les chromosomes soient plus petits dans le dermatogène. Cependant, on y trouve aussi, de temps en temps, des cellules beaucoup plus larges que leurs voisines et qui, vers le centre de la racine, sont souvent plus allongées aussi (2). Leur volume est bien supérieur à celui des autres cellules du dermatogène. La différence est surtout marquée dans les grosses racines, où l'assise superficielle est très bien délimitée et formée de cellules particulièrement longues et étroites.

Dans les cellules du dermatogène, les chromosomes sont donc généralement plus courts que dans le périlème, sauf quand il s'agit de cellules plus grandes. Pour mesurer les chromosomes dermatogéniques, nous avons dessiné de préférence les métaphases larges et claires de ces cellules plus volumineuses, ce qui explique que nous avons encore souvent des longueurs chromosomiques supérieures à la moyenne du périlème. Il suffit que, chez une espèce, nous ayons utilisé une ou deux racines où le dimorphisme des cellules était très marqué, pour que les chiffres semblent indiquer un allongement des chromosomes dans l'assise superficielle de la racine.

En conclusion, nous pouvons dire que chez les caféiers, les chromosomes ne sont pas plus longs dans le dermatogène que dans le périlème, qu'ils y sont même généralement plus courts. Etant donné leur grande variabilité, provoquée par la diversité du volume cellulaire, les chromosomes du dermatogène ne conviennent pas pour l'établissement des longueurs moyennes. C'est pourquoi nous avons utilisé uniquement, quand c'était possible, des chromosomes du périlème.

### 3. Périlème.

Une dernière question qui se pose est de savoir si, dans le périlème, il est indifférent de prendre les plaques métaphasiques à n'importe quel

---

(1) La longueur des chromosomes est liée à la quantité de cytoplasme plutôt qu'au volume global de la cellule, qui est fortement modifié par la vacuolisation, et donc par son éloignement de la pointe de la racine.

(2) NAVASHIN [1931] a observé chez *Crepis* un dimorphisme semblable des cellules dermatogéniques : il appelle secondaires les cellules les plus fréquentes, et primaires, des cellules qui peuvent être une fois et demi plus grandes et qui sont réparties parmi les autres à des intervalles irréguliers (les différences de surface sont souvent plus grandes chez les caféiers).

niveau. On constate, en effet, que les chromosomes sont mieux séparés dans les grandes cellules déjà vacuolisées que dans les cellules encore petites du méristème ; en même temps, ils y semblent plus longs.

Pour voir si cette différence est réelle, nous avons mesuré cinquante métaphases dans le périblème, chez *Coffea ugandae*. Nous avons groupé d'une part, vingt-cinq plaques équatoriales trouvées vers la pointe des racines, tandis que les vingt-cinq autres proviennent de la région déjà vacuolisée du méristème. Les moyennes sont respectivement  $31,8 \pm 0,412 \mu$  et  $32,8 \pm 0,526 \mu$  et la différence vaut  $1,0 \pm 0,67 \mu$ . Cette différence n'atteint même pas deux fois son écart-type et n'est pas significative.

Il est donc inutile de tenir compte du niveau où sont prises les métaphases, pour autant qu'on ne les choisisse pas systématiquement dans une zone limitée du méristème.

La différence que nous venons de trouver chez *C. ugandae* n'atteint que 3 % et elle est due au fait que les plaques métaphasiques ont intentionnellement été partagées en deux groupes suivant leur niveau.

En outre, la plupart de ces mesures proviennent de deux racines très épaisses, où la zone méristématique est longue et le volume cellulaire très différent entre la pointe extrême de la racine et la zone vacuolisée.

#### 4. Autres sources de variation.

NAVASHIN [1934] signale d'autres causes de variation : les chromosomes sont plus longs dans les racines adultes que dans les racines embryonnaires (issues de graines), et la différence atteint 4,3 % chez *Crepis capillaris* ; il a aussi mesuré séparément les chromosomes de trois individus de cette espèce : pour l'ensemble du lot chromosomique, la plus grande différence entre deux individus était de 5,3 %.

Nous n'avons pas pu faire la même comparaison ; nous pouvons seulement comparer entre elles des racines différentes : parmi cinquante métaphases de *C. ugandae*, dix-huit proviennent d'une racine et vingt-sept d'une autre ; pour la première, la moyenne est de  $32,8 \mu$  et pour la seconde de  $33,2 \mu$  ; la différence :  $0,4 \mu$  est négligeable. La valeur ne varie pas beaucoup non plus entre diverses racines chez les autres espèces.

### § 3. VARIATIONS A L'INTÉRIEUR DES ESPÈCES

LELIVELD [1939] a étudié à Java les chromosomes somatiques de divers clones de *C. canephora*. Voici les longueurs totales (moyennes de vingt mesures) qu'elle a obtenues pour trois clones :

S A. 24 . . . . .	28,9 ± 1,2 μ
S A. 75 b . . . . .	24,2 ± 0,4 μ
B P. 42 . . . . .	23,3 ± 0,7 μ

En conclusion de son travail, l'auteur estime que la mesure des chromosomes donne des valeurs trop peu différentes pour servir à la différenciation des clones, mais que les longueurs chromosomiques peuvent être utiles en cas de doute, par exemple pour reconnaître si, à la suite d'un croisement, une plante est hybride ou non.

Dans notre matériel, trois espèces sont représentées par plusieurs échantillons d'origine différente : *C. canephora*, *C. arabica* et *C. liberica*.

### 1. *Coffea canephora* Pierre.

Les trois clones que nous avons étudiés chez cette espèce sont :

- L. 215 ;
- L. 215/199, forme « congensoïde », morphologiquement différent du précédent ; ce clone provient d'une graine produite par un plant du clone L. 215 ;
- une forme d'aspect particulier, avec branches plagiotropes érigées. Cette plante n'a aucune parenté avec les deux clones précédents.

Les longueurs chromosomiques sont très peu différentes :

- clone L. 215 . . . . . 30,0 ± 0,662 μ
- clone L. 215/199 . . . . . 29,7 ± 0,592 μ
- forme à branches érigées . . . . . 29,6 ± 0,382 μ

Les différences entre ces moyennes ne dépassent pas  $0,40 \pm 0,76 \mu$ , soit 1,3 %, elles sont loin d'être significatives, et l'on peut dire que ces trois clones ont une longueur chromosomique semblable.

Il serait dangereux de conclure, à la vue de ces trois valeurs, que tous les caféiers Robusta possèdent des chromosomes de même longueur. Les clones étudiés par LELIVELD [1939] sont plus variables et les chiffres signalés par cet auteur sont nettement inférieurs à ceux que nous avons trouvés. Il est probable qu'en multipliant le nombre de nos échantillons, nous aurions aussi décelé des formes différentes quant à la longueur de leurs chromosomes.

Le coefficient de variation est élevé pour les clones L. 215 et L. 215/199 : 11,03 et 9,97 %, moindre pour la forme à branches plagiotropes érigées : 6,45 %. Ces chiffres, qui n'ont probablement aucune

valeur pour caractériser les clones, expriment simplement la plus grande variabilité des longueurs chromosomiques mesurées chez les deux premières formes.

Dans le tableau IV (p. 44) sont réunis les résultats des mesures qui ont permis le calcul des longueurs moyennes : pour chaque clone, ce tableau donne la répartition, suivant leur longueur, des 550 chromosomes mesurés dans les cinq-cinq métaphases choisies.

Ces mêmes valeurs sont représentées graphiquement à la figure 15 (p. 47). Dans ce diagramme, les classes de longueur ont été groupées deux à deux ; l'abscisse  $0,85 \mu$ , par exemple, réunit les chromosomes répartis entre les colonnes  $0,8$  et  $0,9 \mu$  du tableau. Sans cette précaution, les courbes montrent des minima et maxima variés qui ne correspondent pas à la réalité. Ils peuvent être dus à l'imperfection des échelles utilisées lors des mesures : si un intervalle est un peu trop grand, trop de chromosomes sont réunis dans la colonne qui lui correspond, aux dépens des colonnes précédente et suivante ; l'inverse est vrai pour un intervalle trop petit. Lorsque la longueur d'un chromosome est intermédiaire entre deux valeurs, un facteur psychologique peut aussi intervenir, en faisant préférer un chiffre à l'autre. Ces causes d'erreur sont en grande partie éliminées lorsque les mesures sont regroupées ; les courbes obtenues de cette façon sont aussi plus régulières du fait que, le nombre des classes étant réduit de moitié, chacune reprend environ un nombre double de mesures.

Malgré les différences accidentelles, les trois courbes de fréquence obtenues pour *C. canephora* ont une allure identique chez les trois clones ; la fréquence est la plus grande pour des chromosomes longs de  $1,0$  à  $1,3 \mu$ , ce maximum étant légèrement déplacé vers la gauche par rapport à la moyenne qui est de  $1,35 \mu$  (longueur totale divisée par 22).

Les trois courbes s'élèvent brusquement jusqu'à un maximum et descendent, d'abord rapidement, ensuite de plus en plus lentement, pour les longueurs chromosomiques supérieures. Cette partie à pente faible de la courbe correspond aux plus grands chromosomes de l'idiogramme, tandis que le maximum groupe l'ensemble des chromosomes plus petits, dont la longueur varie peu d'une paire à l'autre.

## 2. *Coffea arabica* L.

Quatre variétés de culture ont été comparées au point de vue longueur chromosomique :

Bourbon . . . . .	$60,4 \pm 0,968 \mu$
Local Bronze . . . . .	$60,3 \pm 0,580 \mu$
Kisenyi . . . . .	$57,4 \pm 0,634 \mu$
Blue Mountain . . . . .	$56,9 \pm 0,604 \mu$

Les deux premières variétés d'une part, les deux dernières d'autre part, ont des longueurs chromosomiques équivalentes, mais ces deux groupes diffèrent significativement entre eux ; la différence ne dépasse pourtant pas 5,5 %, mais les observations à partir desquelles sont calculées les moyennes sont en général peu variables, comme le montrent les coefficients de variation :

Bourbon . . . . .	8,01 %
Local Bronze . . . . .	4,81 %
Kisenyi . . . . .	5,52 %
Blue Mountain . . . . .	5,31 %

La répartition des chromosomes par classes de longueur est donnée dans le tableau II et représentée à la figure 11.

TABLEAU II

*Coffea arabica, répartition des chromosomes.*

Longueur ( $\mu$ )	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
Bourbon . . . . .	11	26	91	79	128	242	187	121	69	45
Local Bronze . . . . .	3	22	70	119	187	202	168	112	65	47
Kisenyi . . . . .	4	54	133	114	193	210	156	88	45	26
Blue Mountain . . . . .	4	44	109	172	212	203	137	76	38	33
Longueur ( $\mu$ )	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
Bourbon . . . . .	34	20	16	8	14	2	4	2	1	—
Local Bronze . . . . .	28	28	19	12	6	6	5	1	—	—
Kisenyi . . . . .	25	21	8	5	8	1	5	4	—	—
Blue Mountain . . . . .	27	18	13	6	6	—	1	—	1	—

Les quatre courbes sont semblables (les variations accidentelles sont moins accentuées que chez les espèces diploïdes telles que le Robusta, puisque les courbes montrent la répartition de 1.100 chromosomes au lieu de 550). La seule différence à retenir entre ces courbes est un déplacement global vers la gauche, d'autant plus marqué que la longueur moyenne est plus petite. Une moyenne inférieure est donc due au fait que, dans l'ensemble, tous les chromosomes sont un peu plus courts.

L'allure des courbes est la même que chez le Robusta ; ici aussi, les maxima sont situés à gauche par rapport aux moyennes.

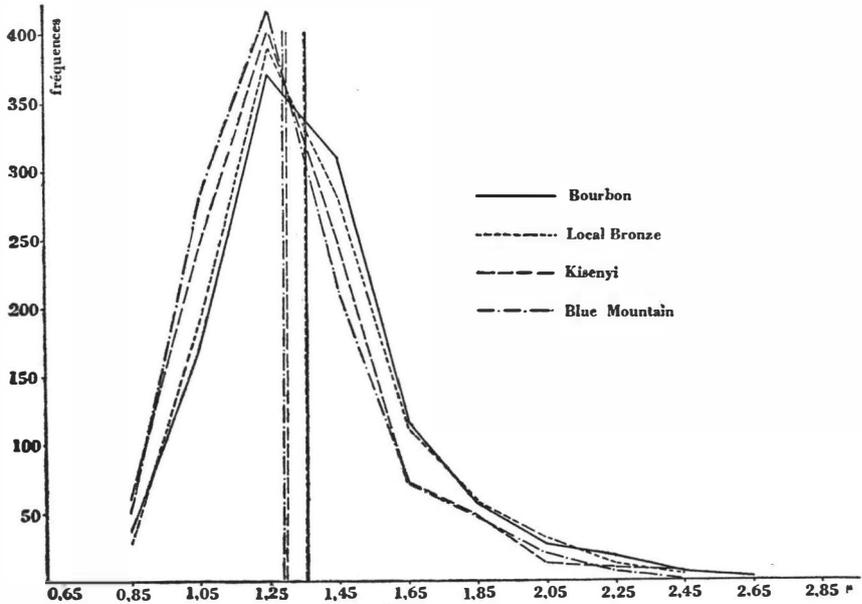


Fig. 11. — *Coffea arabica*: courbes de fréquence des longueurs chromosomiques.

### 3. *Coffea liberica* Bull.

Nous avons trouvé une différence assez forte entre les deux souches étudiées de *C. liberica*; les moyennes sont  $35,3 \pm 0,426 \mu$  pour la première et  $33,3 \pm 0,410 \mu$  pour la seconde; la différence, qui atteint 5,8 %, est significative au point de vue statistique puisqu'elle vaut trois fois son écart-type ( $2,0 \pm 0,59 \mu$ ). Bien que supérieure aux variations observées entre trois clones de *C. canephora*, cette différence n'est pas encore très importante et les deux longueurs restent du même ordre de grandeur.

Les courbes de fréquence des longueurs chromosomiques sont comparables à celles que nous avons déjà vues et le maximum est déplacé vers la droite pour la forme à chromosomes plus longs (fig. 17).

## § 4. VARIATIONS SUIVANT LES ESPÈCES

### 1. Série Abyssinicae.

LEBRUN [1941] réunit dans cette série des caféiers de faible taille et à feuilles relativement petites. On y trouve une espèce tétraploïde (*C. arabica*), originaire d'Ethiopie et largement cultivée, et trois diploïdes

(*C. congensis*, *C. kivuensis* et *C. eugenioides*). *C. congensis* n'existe qu'en forêt équatoriale, dans le bassin inférieur du Congo et de l'Ubangi. Les deux dernières espèces sont indigènes dans les forêts de montagnes du Congo oriental; elles sont morphologiquement peu différentes et CHEVALIER [1947] considère même *C. kivuensis* comme une variété botanique de *C. eugenioides*.

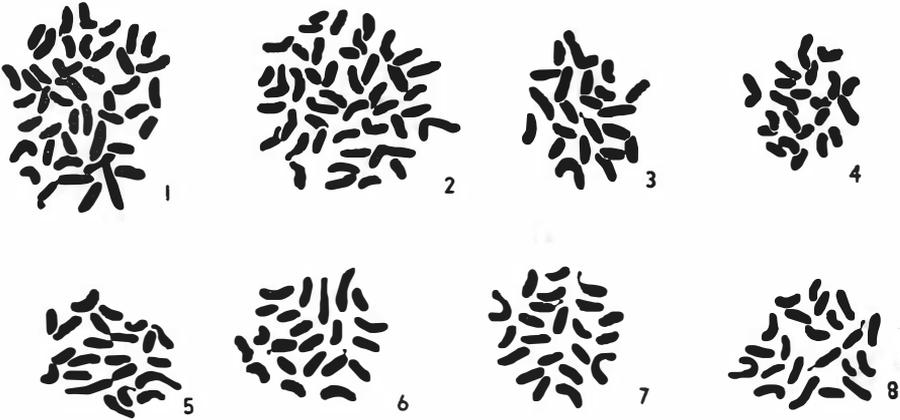


Fig. 12. — Chromosomes métaphasiques de la série *Abyssinicae*; 1 et 2, *Coffea arabica*; 3 et 4, *C. congensis*; 5 et 6, *C. kivuensis*; 7 et 8, *C. eugenioides* ( $\times 2,500$ ). (Fixation : CRAF, coloration : 1 à 3, hématoxyline; 4 à 8, crystal violet).

Pour faciliter la comparaison entre les formes à 22 et 44 chromosomes, les longueurs chromosomiques de ces dernières ont été réduites de moitié (tableau III).

TABLEAU III  
Série *Abyssinicae*, valeurs calculées.

	Longueur chromosomique	Coefficient de variation
<i>C. arabica</i> L.		
Bourbon . . . . .	30,2 $\pm$ 0,484 $\mu$	8,01 %
Local Bronze . . . . .	30,1 $\pm$ 0,290 $\mu$	4,81 %
Kisenyi . . . . .	28,7 $\pm$ 0,317 $\mu$	5,52 %
Blue Mountain . . . . .	28,4 $\pm$ 0,302 $\mu$	5,31 %
<i>C. congensis</i> FROEHNER . . . . .	31,1 $\pm$ 0,334 $\mu$	5,37 %
<i>C. kivuensis</i> LEBRUN . . . . .	34,3 $\pm$ 0,436 $\mu$	6,36 %
<i>C. eugenioides</i> MOORE . . . . .	34,8 $\pm$ 0,367 $\mu$	5,29 %

*C. congensis* a des chromosomes un peu plus grands que ceux de *C. arabica*. Cette différence n'est vraiment significative que par rapport aux variétés Kisenyi et Blue Mountain.

*C. kivuensis* et *C. eugenioides* ont des longueurs chromosomiques semblables (à 0,5  $\mu$  près) et nettement supérieures à celles des deux autres espèces de la série : la différence atteint 15 à 20 % par rapport à *C. arabica* et 12 % par rapport à *C. congensis*.

Au point de vue distribution des chromosomes des diverses longueurs, les fréquences sont consignées dans le tableau II (p. 41) pour *C. arabica*, dans le tableau IV pour les autres espèces.

TABLEAU IV

Série Abyssinicae, répartition des chromosomes.

Longueur ( $\mu$ )	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
<i>C. congensis</i>	1	9	36	73	65	84	73	60	34	32	27	18
<i>C. kivuensis</i>	—	1	5	16	52	82	107	77	54	55	17	17
<i>C. eugenioides</i>	—	1	5	21	49	64	86	80	63	57	24	15
Longueur ( $\mu$ )	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1
<i>C. congensis</i>	13	15	2	4	3	—	1	—	—	—	—	—
<i>C. kivuensis</i>	10	18	7	6	5	5	1	4	6	2	2	1
<i>C. eugenioides</i>	18	23	13	8	5	5	4	7	2	—	—	—

Les courbes des fréquences de *C. kivuensis* et *C. eugenioides* sont tout à fait comparables (fig. 13) : les deux maxima coïncident et atteignent une hauteur peu différente, les diverses parties des deux graphiques évoluent parallèlement.

Dans le même diagramme, on a représenté pour *C. arabica* une courbe qui est la moyenne de celles des quatre variétés étudiées. La courbe des fréquences de *C. congensis* s'y superpose, mais le maximum est moins élevé et la dernière partie de la courbe s'abaisse moins vite, ce qui donne une moyenne supérieure pour une position identique du maximum.

Les courbes de *C. kivuensis* et *C. eugenioides* sont superposables à celle de *C. arabica*, mais déplacées vers la droite sur une distance équivalente à l'accroissement de la longueur chromosomique (en moyenne,

les chromosomes de *C. arabica* mesurent  $1,34 \mu$ , ceux de *C. congensis*,  $1,41 \mu$ , ceux de *C. kivuensis* et *C. eugenioides*, respectivement  $1,56$  et  $1,58 \mu$ ).

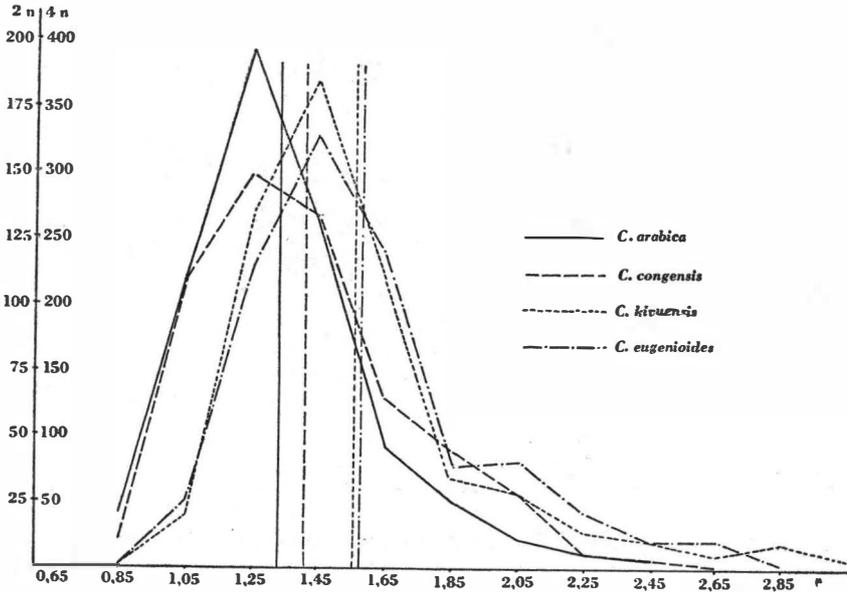


Fig. 13. — Série *Abyssinicae* : courbes de fréquence des longueurs chromosomiques.

## 2. Série *Robustae*.

Deux espèces congolaises font partie de cette série, caractérisée par une taille moyenne et des feuilles relativement grandes ; ce sont *C. canephora* et *C. brevipes*. Nous n'avons malheureusement pu étudier la seconde espèce et nous nous sommes donc limité à l'examen du Robusta. Cette espèce est répandue du Sénégal à l'Angola et l'une de ses variétés, parfois considérée comme une espèce distincte (*C. ugandae* CRAMER), est, comme son nom l'indique, originaire de l'Uganda.

Le tableau V reprend les valeurs déjà signalées pour trois clones de *C. canephora*, en même temps que celles obtenues chez *C. ugandae*. On voit que les chromosomes de cette dernière espèce sont plus grands que ceux qui ont été mesurés chez les Robusta ; la différence atteint 8,7 à 10,0 % suivant le clone de Robusta envisagé ( $2,6 \pm 0,79 \mu$  pour

le L. 215) et elle est statistiquement significative avec une sécurité de 99 % au moins.

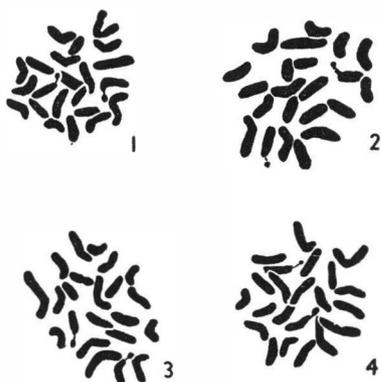


Fig. 14. — Chromosomes métaphasiques de la série *Robustae* : 1 et 2, *Coffea canephora* ; 3 et 4, *C. ugandae* ( $\times 2.500$ ).  
(Fixation : CRAF, coloration : 1 et 2, hématoxyline ; 3 et 4, crystal violet).

#### TABLEAU V

*Série Robustae, valeurs calculées.*

	Longueur chromosomique	Coefficient de variation
<i>C. canephora</i> PIERRE		
L. 215 . . . . .	$30,0 \pm 0,662 \mu$	11,03 %
L. 215/199 . . . . .	$29,7 \pm 0,592 \mu$	9,97 %
Branches érigées . . . . .	$29,6 \pm 0,382 \mu$	6,45 %
<i>C. ugandae</i> CRAMER . . . . .	$32,6 \pm 0,430 \mu$	6,62 %

Les courbes de fréquence des longueurs chromosomiques sont dessinées à la figure 15 pour les trois clones de *C. canephora* et pour *C. ugandae*. Pour ce caféier, le graphique est comparable aux autres mais, comme dans les autres groupes, l'ensemble de la courbe est déplacé vers la droite par rapport aux formes à longueur chromosomique moindre.

Le tableau VI réunit les données qui ont permis l'établissement de ce graphique.

TABLEAU VI

Série Robustae, répartition des chromosomes.

Longueur ( $\mu$ )	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
<i>C. canephora</i>										
L. 215 . . . .	14	31	60	53	65	77	65	43	24	40
L. 215/199 . . .	9	41	62	73	66	55	66	46	36	24
Branches érigées	—	16	66	66	104	87	67	37	34	13
<i>C. ugandae</i> . . .	1	6	29	32	61	89	84	58	43	47

Longueur ( $\mu$ )	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
<i>C. canephora</i>										
L. 215 . . . .	33	18	9	8	2	3	2	2	—	1
L. 215/199 . . .	11	22	13	14	6	3	2	1	—	—
Branches érigées	7	12	11	14	11	3	2	—	—	—
<i>C. ugandae</i> . . .	26	15	18	23	4	7	6	1	—	—

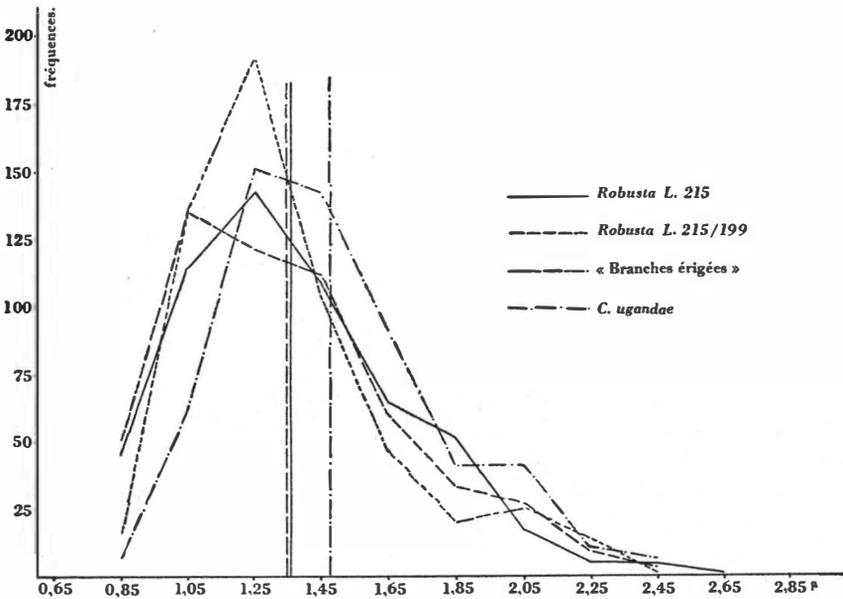


Fig. 15. — Série Robustae : courbes de fréquence des longueurs chromosomiques.

### 3. Série *Libericae*.

Nous avons étudié quatre caféiers appartenant à ce groupe :

- *Coffea liberica* BULL. : sa distribution géographique est proche de celle de *C. canephora*, mais elle est moins étendue au Congo belge ;
- *C. dewevrei* DE WILD. et Th. DUR. (*C. excelsa* CHEV.) est considéré par LEBRUN [1941] comme une variété dérivée de *C. liberica* ; son aire de distribution correspond à celle de l'espèce-type ;
- *C. abeokutae* CRAMER est originaire d'Afrique occidentale ;
- *C. klainii* PIERRE, voisin de *C. liberica*, possède des feuilles plus longues et des fruits plus gros ; il pousse dans les forêts du Gabon.

TABLEAU VII

*Série Libericae, valeurs calculées.*

	Longueur chromosomique	Coefficient de variation
<i>C. liberica</i> BULL. n° 1 . . .	35,3 ± 0,426 μ	6,03 %
n° 2 . . .	33,3 ± 0,410 μ	6,16 %
<i>C. dewevrei</i> DE WILD. et DUR.	33,7 ± 0,365 μ	5,43 %
<i>C. abeokutae</i> CRAMER . . .	28,3 ± 0,346 μ	6,11 %
<i>C. klainii</i> PIERRE . . . . .	32,1 ± 0,310 μ	5,00 %

Les longueurs chromosomiques moyennes et les coefficients de variation des quatre espèces sont données dans le tableau VII. Parmi ces valeurs, la seule aberrante est celle de *C. abeokutae*, plus faible que toutes les autres. Par rapport à ce caféier, les autres espèces de la série ont des chromosomes plus longs de 24,7 et 17,7 % (*C. liberica*), 19,1 % (*C. dewevrei*) et 13,4 % (*C. klainii*).

*C. dewevrei* a des chromosomes relativement longs ; la valeur trouvée est intermédiaire entre les deux chiffres de *C. liberica*. Quant à *C. klainii*, ses chromosomes sont un peu plus petits ; la différence est significative avec *C. dewevrei* et la première forme de *C. liberica* ; avec la seconde forme de celui-ci, elle ne l'est que si l'on juge suffisant un coefficient de sécurité de 95 %. Bref, ces trois espèces, bien que possédant des longueurs chromosomiques statistiquement différentes, peuvent être rapprochées pour ce caractère ; les différences entre les moyennes sont en

effet du même ordre de grandeur que celles qui peuvent s'observer à l'intérieur d'une espèce (*C. liberica*). Par contre, *C. abeokutae* s'en distingue nettement par la valeur remarquablement faible de sa longueur chromosomique.

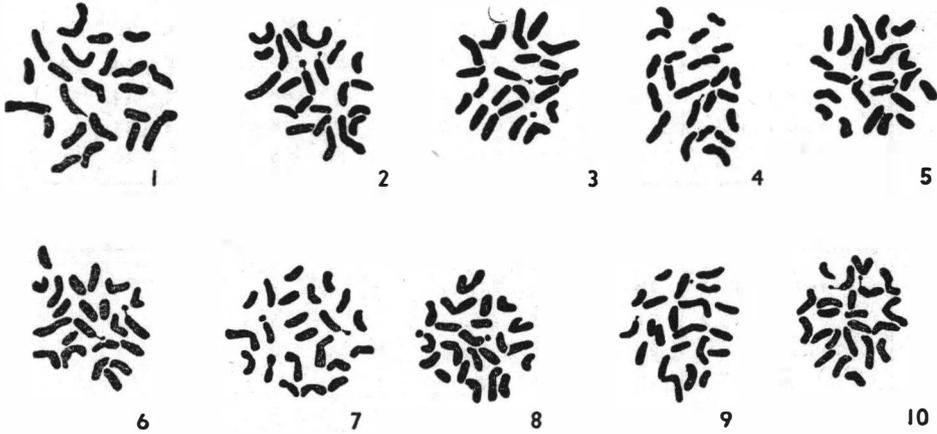


Fig. 16. — Chromosomes métaphasiques de la série *Libericae*: 1 à 4, *Coffea liberica*; 5 et 6, *C. deweyrei*; 7 et 8, *C. abeokutae*; 9 et 10, *C. klainii* ( $\times 2.500$ ).  
(Fixation: CRAF, coloration: crystal violet).

MENDES [1938], qui a étudié la morphologie des chromosomes chez *C. excelsa*, signale que les chromosomes sont plus longs chez ce caféier que chez les autres et que leur longueur totale est le plus souvent de  $42 \mu$  (1). Dans notre matériel, nous n'avons jamais trouvé de plaque métaphasique dont l'ensemble atteigne cette longueur.

Les fréquences des longueurs chromosomiques sont données dans le tableau VIII et représentées à la figure 17. Les cinq courbes de fréquence sont comparables entre elles et du même type que pour les autres caféiers. Ces courbes représentent des espèces à longueur chromosomique assez différente; il est donc possible de préciser, dans ce diagramme, leur évolution en fonction de cette longueur.

Quand les chromosomes sont courts (*C. abeokutae*), le maximum est élevé et bien marqué, la partie droite de la courbe s'abaisse relativement vite. Chez ces caféiers, les plaques métaphasiques sont donc composées de chromosomes de longueur assez peu différente.

(1) Pour la fixation du matériel, cet auteur a utilisé le CRAF et quelques autres mélanges sans observer de différences entre les fixateurs.

TABLEAU VIII

Série Libericae, répartition des chromosomes.

Longueur ( $\mu$ )	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
<i>C. liberica</i> n° 1	—	—	4	18	16	46	67	61	68	55	46	47
n° 2	—	1	6	25	37	69	86	57	46	48	44	42
<i>C. deweyrei</i>	—	—	4	13	29	51	92	68	69	54	44	37
<i>C. abeokutae</i>	1	8	33	61	104	86	71	58	40	22	24	10
<i>C. klainii</i>	—	1	5	26	47	75	82	87	53	44	30	33

Longueur ( $\mu$ )	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
<i>C. liberica</i> n° 1	28	30	14	12	12	9	4	5	6	2	—	—
n° 2	21	19	11	10	9	6	6	5	1	—	1	—
<i>C. deweyrei</i>	28	21	8	8	8	8	4	2	1	1	—	—
<i>C. abeokutae</i>	13	7	7	4	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>C. klainii</i>	22	10	7	11	4	7	3	3	—	—	—	—

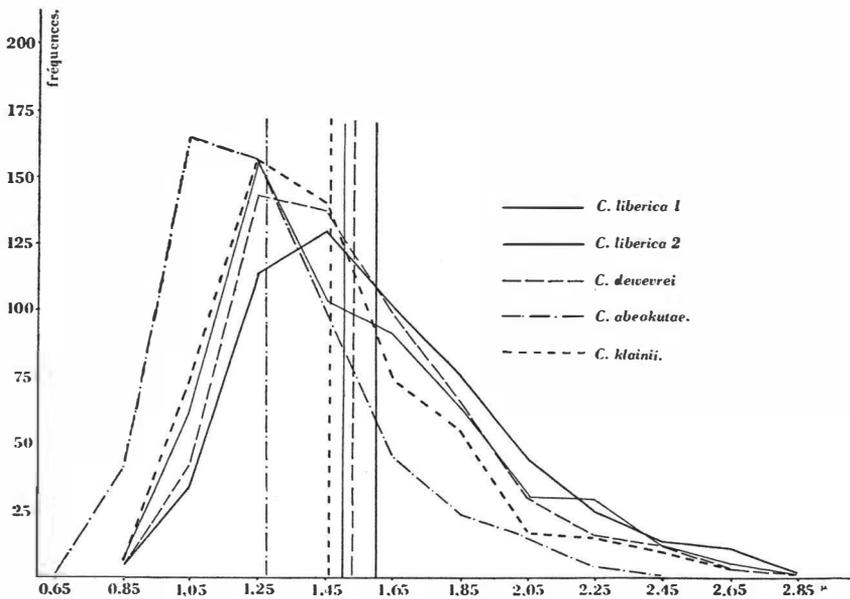


Fig. 17. — Série Libericae : courbes de fréquence des longueurs chromosomiques.

Lorsque la longueur moyenne augmente, l'origine de la courbe se déplace vers une longueur chromosomique un peu supérieure, le maximum s'élargit et s'abaisse, la partie droite de la courbe reste à un niveau supérieur et sa pente diminue. Chez ces caféiers (*C. liberica* n° 1), les plus petits chromosomes sont donc un peu plus longs que chez les précédents, ceux de taille moyenne ont une dimension plus variée et se répartissent entre des classes de longueur plus nombreuses, de même que les plus longs, qui subissent un accroissement supérieur aux petits. Quand la longueur chromosomique totale augmente, chaque chromosome s'allonge donc d'autant plus qu'il appartient à une catégorie de longueur supérieure.

#### 4. Autres espèces.

Les caféiers envisagés ici ne sont pas repris dans la classification de LEBRUN (*op. cit.*), parce que non indigènes au Congo belge ou non décrits à la date de cette publication. Ces espèces n'ont entre elles aucune parenté et seront étudiées séparément.

##### a) *Coffea stenophylla* G. DON

Originnaire du Sierra-Leone et des régions voisines, ce caféier possède des feuilles étroites et produit des petits fruits, bleu-noir à maturité.

Ses chromosomes ont une longueur comparable à celle de la plupart des caféiers déjà étudiés. La moyenne est de  $32,1 \pm 0,351 \mu$ ; le coefficient de variation vaut 5,45 %.

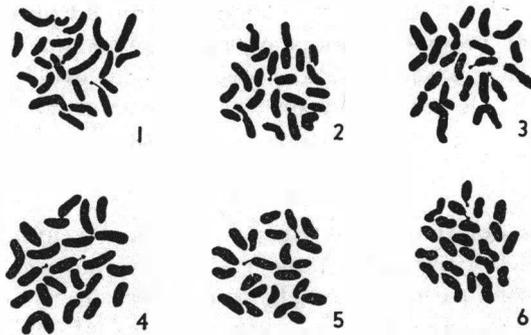


Fig. 18. — Chromosomes métaphasiques chez *Coffea* spp.: 1 et 2, *C. stenophylla*; 3 et 4, *C. lebruniana*; 5 et 6, *C. horsfieldiana* ( $\times 2.500$ ).  
(Fixation : CRAF, coloration : crystal violet).

La courbe des fréquences (fig. 19) ressemble à celle des autres espèces et présente les mêmes caractéristiques.

b) *Coffea lebruniana* GERMIN et KESLER

Cette espèce congolaise, récemment décrite [1955], se distingue nettement des autres caféiers par des feuilles acuminées, terminées en spatule, des anthères presque entièrement comprises dans le tube de la corolle et un style très court non exsert.

Au point de vue longueur chromosomique moyenne, *C. lebruniana* est comparable aux autres espèces :  $32,8 \pm 0,377 \mu$ . Le coefficient de variation vaut 5,76 %.

Ce caféier se distingue de tous les autres par une courbe de fréquence des longueurs chromosomiques légèrement différente (fig. 19). Par comparaison avec les espèces à longueur chromosomique voisine (*C. ugandae*, *C. liberica* n° 2, *C. klainii*, *C. stenophylla*), le maximum de la courbe est un peu déplacé vers la droite, tandis que la partie droite s'abaisse plus rapidement.

En outre, ce maximum est plus proche de la moyenne que chez ces espèces, ce qui signifie que chez *C. lebruniana*, les chromosomes de longueur moyenne sont un peu plus grands que chez les autres espèces à longueur totale semblable, mais que les plus longs chromosomes, ou certains d'entre eux, sont moins allongés.

c) *Coffea horsfieldiana* MIQ. (*C. madurensis* TEIJSM. et BINN.)

Contrairement à toutes les espèces précédentes, qui sont africaines, ce caféier est originaire d'Indonésie (Java-Madura). C'est un arbuste de petite taille, à feuilles caduques, avec fruit solitaire, pédicellé et marqué d'un sillon longitudinal.

C'est chez ce caféier que nous avons observé les plus petits chromosomes ; ils sont presque toujours moins dispersés que chez les autres espèces. Ils sont relativement épais, beaucoup sont ovoïdes et même globuleux (fig. 18), le centromère est souvent visible sous la forme d'une zone transversale moins chromatique. La longueur totale moyenne des 22 chromosomes atteint seulement  $26,8 \pm 0,287 \mu$  (coefficient de variation : 5,37 %).

La courbe des fréquences (fig. 19) ne montre aucune particularité marquante : elle est fort comparable à celle de *C. abeokutae*, dont la longueur chromosomique n'est pas tellement supérieure ; la courbe est seulement un peu moins étalée, les chromosomes, surtout les plus longs, étant encore plus contractés.

d) *Psilanthopsis kapakata* (HIRSCHFELD) CHEV.

Cet arbuste, originaire d'Angola, porte des feuilles petites et des fruits sillonnés longitudinalement.

TABLEAU IX

Répartition des chromosomes.

Longueur ( $\mu$ )	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
<i>C. stenophylla</i>	—	—	4	35	52	66	110	76	36	42	32	20	18
<i>C. lebruniana</i>	—	—	6	10	35	69	78	94	79	55	34	20	23
<i>C. horsfieldiana</i>	1	11	45	85	99	97	79	48	27	23	16	8	4
<i>P. kapakata</i>	1	5	16	19	27	39	50	36	30	27	15	11	6

Longueur ( $\mu$ )	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2
<i>C. stenophylla</i>	20	10	8	10	7	1	1	1	1	—	—	—	—
<i>C. lebruniana</i>	12	16	8	3	3	2	1	—	1	—	—	1	—
<i>C. horsfieldiana</i>	6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P. kapakata</i>	5	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

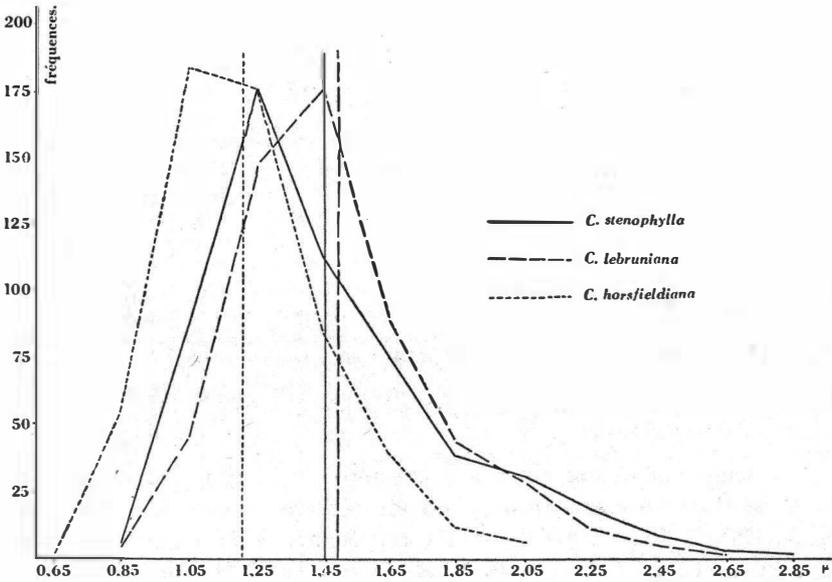


Fig. 19. — *Coffea* spp.: courbes de fréquence des longueurs chromosomiques.

Les plaques métaphasiques permettant la mesure des chromosomes sont rares chez cette espèce et il n'a pas été possible de calculer une moyenne précise. Ce calcul n'est d'ailleurs pas nécessaire à l'identification de la plante, puisqu'elle se distingue beaucoup plus facilement par son nombre chromosomique différent et par l'aspect particulier de ses chromosomes.

Pour huit plaques métaphasiques dessinées à un grossissement de 3.300, nous avons calculé une longueur moyenne de  $48,40 \pm 1,84 \mu$ . Les huit longueurs mesurées sont très différentes les unes des autres : la différence atteint 34,5 % entre les valeurs extrêmes et le coefficient de variation est de 19,5 %.

En moyenne, la longueur d'un chromosome individuel (longueur totale divisée par le nombre chromosomique) est du même ordre de grandeur que celle des caféiers,  $1,42 \mu$ , pour  $1,22 \mu$  chez *C. horsfieldiana*,  $1,41 \mu$  chez *C. congensis* et  $1,60 \mu$  chez *C. liberica* n° 1.

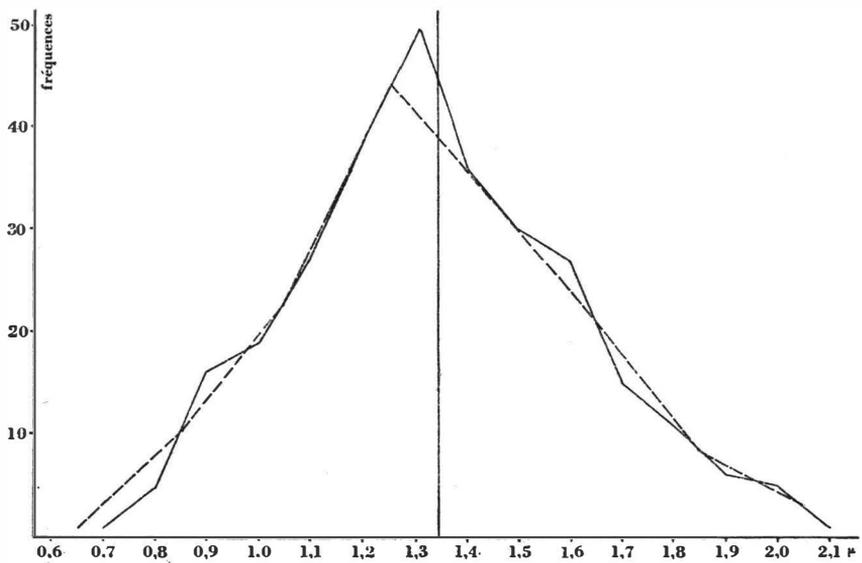


Fig. 20. — *Psilanthopsis kapakata* : courbes de fréquence des longueurs chromosomiques.

Les deux cent quatre-vingt-huit chromosomes mesurés dans les huit cellules de *Psilanthopsis kapakata* ont été répartis suivant leur longueur (tableau IX) et leur distribution est représentée à la figure 20. Contrairement à ce qui s'observe chez les *Coffea*, la courbe des fréquences est presque symétrique et le maximum n'est que légèrement décalé par

rapport à la moyenne. La pente de la courbe est assez faible et à peu près semblable des deux côtés du maximum.

Nous avons superposé à ce graphique une courbe obtenue en groupant les mesures deux à deux comme nous l'avons fait pour les caféiers : les deux courbes sont presque identiques.

## § 5. LONGUEUR CHROMOSOMIQUE DE QUELQUES HYBRIDES INTERSPÉCIFIQUES

### 1. Conuga.

Cet hybride provient d'un croisement entre *Coffea congensis* et *C. canephora* var. *ugandae*. Morphologiquement, il est intermédiaire entre les deux parents.

L'individu que nous avons étudié (n° 208) a des chromosomes plus longs que les deux espèces parentales :  $33,5 \pm 0,470 \mu$  contre  $31,1 \pm 0,334 \mu$  chez *C. congensis* et  $32,6 \pm 0,430 \mu$  chez *C. ugandae* ; cependant, si la différence est significative entre l'hybride et *C. congensis*, elle ne l'est pas entre Conuga et *C. ugandae*. Cette valeur supérieure de la longueur chromosomique chez l'hybride par rapport à celle des parents n'est donc pas certaine.

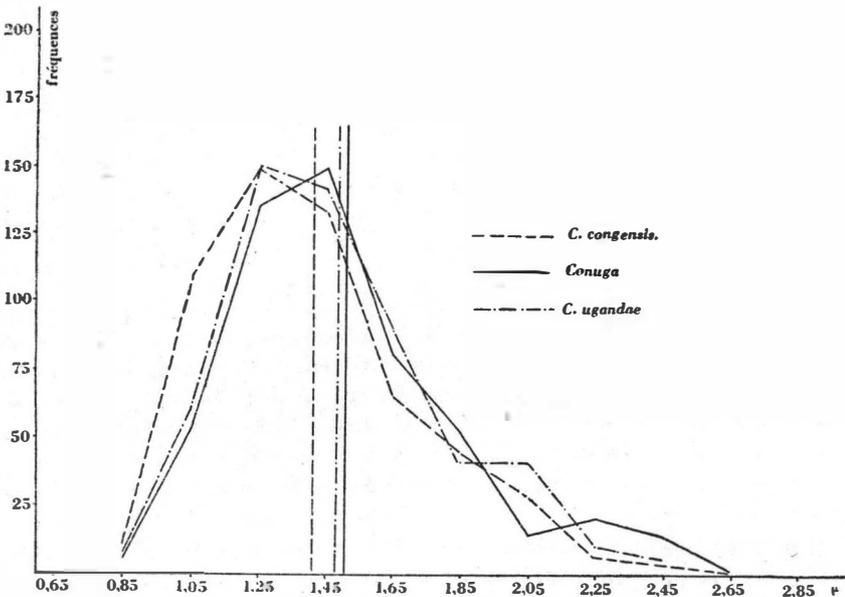


Fig. 21. — Conuga : courbes de fréquence des longueurs chromosomiques.

Signalons que LELIVELD [1939] a mesuré les chromosomes d'un hybride Conuga (Con. S.A. 36) et trouvé une longueur bien inférieure :  $26,1 \pm 0,7 \mu$ .

Pour l'hybride que nous avons étudié, le coefficient de variation vaut 7,01 %.

Dans la figure 22, la courbe de fréquence des chromosomes du Conuga est comparée à celles des deux espèces parentales. Les trois diagrammes sont très semblables, surtout ceux de l'hybride et de *C. ugandae*.

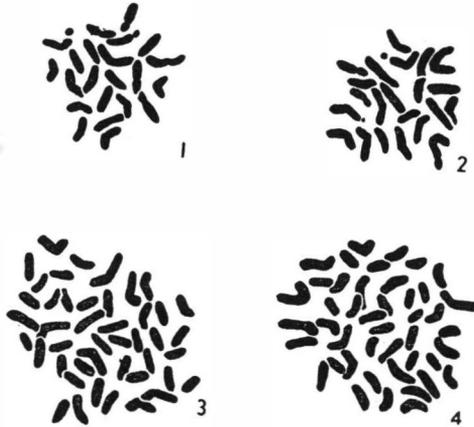


Fig. 22. — Chromosomes métaphasiques chez *Coffea* hybrides : 1 et 2, Conuga ; 3 et 4, Kawisari ( $\times 2,500$ ).  
(Fixation : CRAF, coloration : hématoxyline).

## 2. Hybride Q.P.

Cet hybride de *C. liberica* et *C. canephora* a une longueur chromosomique intermédiaire entre celles des espèces parentales :

<i>C. canephora</i>	: $30,0 \pm 0,662 \mu$
	$29,7 \pm 0,592 \mu$
	$29,6 \pm 0,382 \mu$
Hybride Q.P.	: $31,1 \pm 0,438 \mu$
<i>C. liberica</i>	: $35,3 \pm 0,426 \mu$
	$33,3 \pm 0,410 \mu$

Les différences avec les trois clones de Robusta ne sont pas significatives (pour une probabilité de 99 %); elles le sont avec *C. liberica*.  
Le coefficient de variation de l'hybride est de 7,04 %.

Comme la longueur chromosomique, la courbe des fréquences se situe entre celle du Robusta L. 215 et les deux courbes de *C. liberica* (fig. 24).

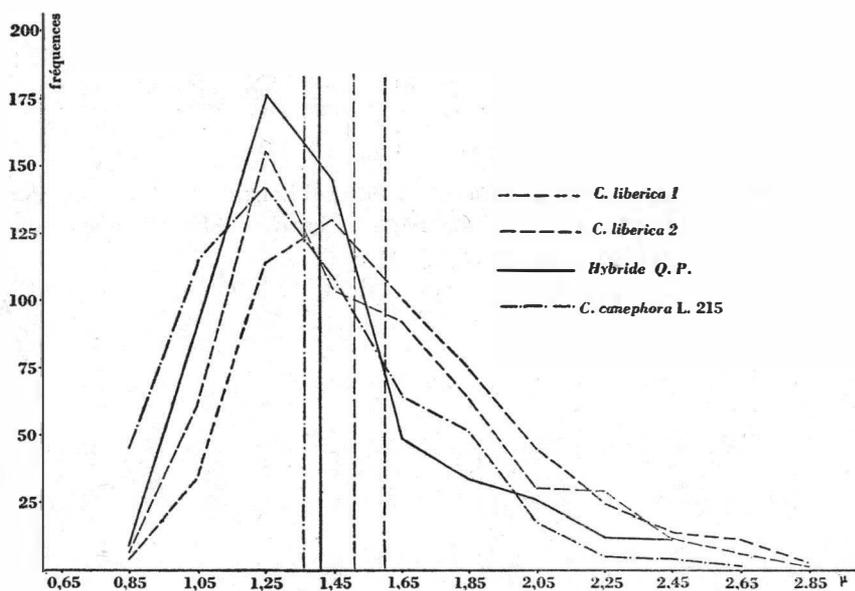


Fig. 23. — Hybride Q.P. : courbes de fréquence des longueurs chromosomiques.

### 3. Kawisari D.

Le Kawisari D est un hybride tétraploïde de *C. liberica* et *C. arabica*. Sa longueur chromosomique moyenne atteint  $60,7 \pm 0,850 \mu$ .

Pour ce caféier, nous n'avons pu trouver dans le périlème vingt-cinq métaphases suffisamment claires et huit mesures proviennent de cellules du dermatogène; pour celles-ci, la longueur moyenne est inférieure de 8 % à la moyenne des dix-sept cellules du périlème, qui est de  $61,8 \mu$ . La longueur signalée ci-dessus ( $60,7 \mu$ ) est donc probablement inférieure à la réalité.

Les chromosomes de l'hybride sont légèrement plus longs que ceux de *C. arabica* et nettement plus courts que ceux de *C. liberica*. Voici ces diverses moyennes exprimées pour 22 chromosomes, en vue de faciliter les comparaisons :

<i>C. arabica</i>	: 30,2 ± 0,484 μ
	30,1 ± 0,290 μ
	28,7 ± 0,317 μ
	28,4 ± 0,302 μ
Kawisari D	: 30,4 ± 0,425 μ (ou 30,9 μ)
<i>C. liberica</i>	: 35,3 ± 0,426 μ
	33,3 ± 0,410 μ

Les différences sont significatives entre l'hybride et les deux dernières variétés de *C. arabica* d'une part, et entre l'hybride et les deux souches de *C. liberica*, d'autre part.

Le coefficient de variation a une valeur de 7,00 %.

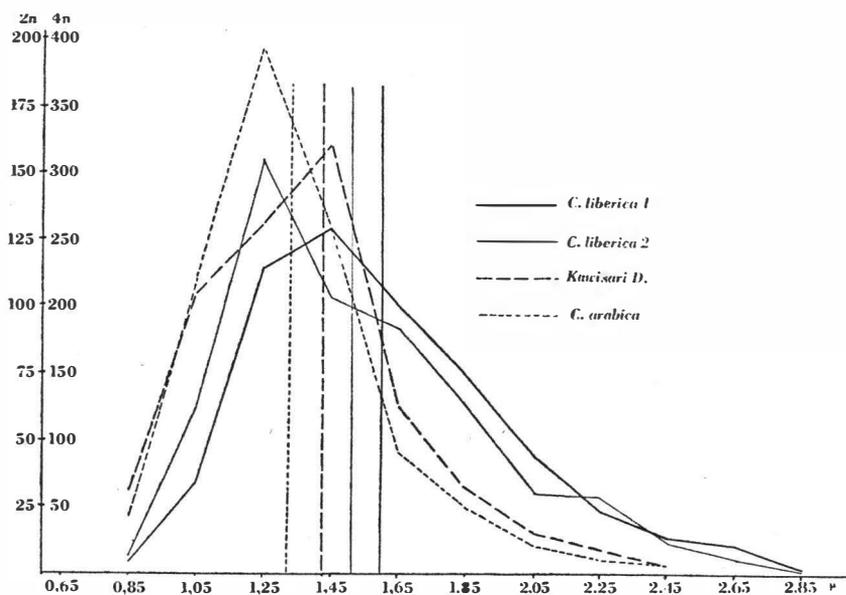


Fig. 24. — Kawisari D : courbes de fréquence des longueurs chromosomiques.

Dans l'ensemble, la courbe de fréquence des longueurs chromosomiques du Kawisari est située à mi-chemin entre les courbes de *C. liberica* et le diagramme moyen des quatre variétés de *C. arabica* (fig. 24).

## CHAPITRE IV

### IDIOGRAMME MOYEN

#### § 1. MÉTHODES DE MESURE ET DE CALCUL

##### 1. Identification des chromosomes.

Un idiogramme est la représentation schématique des chromosomes d'une garniture haploïde, où sont indiquées leur longueur et leurs particularités éventuelles. Avant de pouvoir calculer la longueur moyenne d'un chromosome et d'en décrire l'aspect moyen, il est indispensable de pouvoir reconnaître les homologues dans chaque plaque métaphasique et dans les diverses cellules d'une espèce. Trois critères sont généralement utilisés dans ce but : ce sont la longueur des chromosomes, la position du centromère et la présence de constriction secondaires ou de satellites. Certains auteurs se basent en outre sur les associations somatiques.

##### a. *Longueur des chromosomes.*

Chez les plantes à chromosomes peu nombreux et de grande taille, on peut parfois reconnaître ceux-ci en se basant sur leur longueur. Ce critère à lui seul ne suffit pas pour les caféiers, car les chromosomes qui appartiennent à des paires différentes ont presque tous une longueur assez semblable. En outre, leur étirement est variable, non seulement d'une cellule à l'autre, mais aussi dans une même cellule : deux chromosomes reconnus avec certitude comme homologues ont rarement une taille identique ; les différences sont le plus souvent dues à une spiralisation plus ou moins serrée et parfois à l'étirement variable de certaines portions chromosomiques. Le relèvement des bras chromosomiques en dehors du plan équatorial peut aussi amener de légères différences. A

titre d'exemple, le tableau X reprend les différentes longueurs du chromosome I (le plus facile à reconnaître) mesurées dans les huit métaphases utilisées chez quelques espèces.

TABLEAU X  
Longueurs du chromosome I (en microns).

Métaphases	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>C. canephora</i>	2,4	2,3	2,0	2,6	2,4	2,2	2,5	2,2
	2,3	2,3	2,1	2,2	2,0	2,1	2,3	2,0
<i>C. liberica</i>	2,2	3,0	2,5	2,3	1,9	2,7	2,3	2,6
	2,3	2,7	2,4	2,2	1,9	2,5	2,0	2,5
<i>C. kivuensis</i>	2,8	2,3	2,2	2,3	2,4	2,3	2,2	2,4
	2,8	2,6	2,0	2,2	2,3	2,1	1,8	2,5
<i>C. stenophylla</i>	2,3	2,4	2,0	2,4	2,2	1,9	2,4	2,2
	2,1	2,2	2,0	1,9	1,9	1,9	2,0	2,3
<i>C. horsfieldiana</i>	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6	2,2	1,5	1,8
	1,5	1,6	1,7	1,7	1,3	1,9	1,5	1,7

Puisque la longueur des chromosomes homologues est variable et l'écart entre chromosomes appartenant à des paires voisines peu important, leur mensuration ne peut donner qu'une indication et d'autres critères sont nécessaires à l'identification des paires chromosomiques.

#### b. Position du centromère.

Cette position est souvent caractéristique. Le centromère, aussi appelé constriction primaire ou point d'insertion au fuseau, partage le chromosome en deux bras de longueur égale ou plus ou moins différente, suivant qu'il est médian, submédian, intermédiaire ou subterminal. Chez les caféiers, le centromère est submédian ou médian pour la plupart des chromosomes. Quelques-uns seulement ont un bras nettement plus important que l'autre et leur insertion peut être qualifiée d'intermédiaire.

Dans les cellules où les chromosomes sont courts et épais, il est presque impossible de reconnaître les points d'insertion ; il faut des métaphases larges et à chromosomes peu contractés pour les distinguer facilement. Le centromère peut se reconnaître par une légère constriction ou par une courbure plus ou moins nette du chromosome. Dans certains cas, malheureusement très rares, le centromère se marque, sur la plupart des chromosomes d'une cellule, comme une très fine section transversale peu colorée.

La courbure du chromosome au point d'insertion n'est pas un critère suffisant pour l'identifier. Les chromosomes homologues à centromère identique se présentent différemment suivant les cellules et dans une même plaque métaphasique : leur courbure est plus ou moins marquée ou même nulle. Dans une cellule, les plus longs chromosomes sont, plus souvent que les petits, courbés à l'endroit du point d'insertion ; quand on compare plusieurs cellules d'une même espèce ou d'espèces différentes, le nombre de chromosomes courbés diminue lorsque leur contraction augmente. Il est donc impossible de caractériser un chromosome par sa forme en V, en L ou en I, à moins, par exemple, de parler d'une forme en V, quand la position du centromère est telle que le chromosome peut présenter cette forme en V.

### *c. Constrictions secondaires et satellites.*

Toutes les espèces de caféiers étudiées possèdent des satellites, mais leur présence n'est pas régulière et de très nombreuses cellules n'en montrent aucun. Chez les formes diploïdes, on peut trouver un ou deux chromosomes satellitifères, tandis que chez les tétraploïdes, il y en a au maximum quatre.

La présence des satellites rend possible l'identification d'une paire chromosomique, mais elle pose un nouveau problème, celui de la nature du satellite lui-même. Ce problème a été évoqué dans un chapitre précédent.

Les plus grands chromosomes possèdent assez souvent sur leur long bras une constriction secondaire, rétrécissement peu accentué qui détermine à l'extrémité du chromosome un renflement sphérique ou allongé, aussi épais que le bras qu'il termine. Contrairement à la zone achromatique des satellites, cette constriction n'entame jamais profondément l'épaisseur du chromosome.

D'autres chromosomes aussi possèdent une constriction secondaire près d'une de leurs extrémités, mais leur manifestation est trop rare pour servir de critère. Il en est de même des autres différenciations, telles que les extrémités effilées, qui apparaissent très rarement sur certains chromosomes (extrémité libre du satellitifère, par exemple).

#### d. *Associations somatiques.*

Certains cytologistes utilisent ce critère pour reconnaître les chromosomes homologues. Ils ont observé que, chez diverses espèces, les chromosomes métaphasiques sont souvent groupés par deux et que les paires sont composées d'éléments de même taille et de même forme. Ce fait a été noté à la mitose chez les *Dablia* [LAWRENCE, 1931], chez *Hyacinthus orientalis* [DE MOL, 1926], dans le genre *Yucca* [MULLER, 1910].

Il est fort possible que l'association somatique soit présente chez certaines plantes, mais elle ne semble pas exister chez les caféiers que nous avons analysés. On trouve parfois rapprochés des chromosomes de longueur semblable et courbés au même endroit, ils sont toujours petits <sup>(1)</sup>. Il faudrait que les chromosomes dont l'homologie est prouvée par leur aspect caractéristique, tels ceux des quatre premières paires, soient régulièrement rapprochés pour que le critère soit probant ; ce n'est malheureusement pas le cas.

## 2. Détermination des idiogrammes.

### a. *Formes diploïdes.*

Pour obtenir un idiogramme représentatif, il est nécessaire de disposer, pour chaque chromosome, de plusieurs mesures. Dans ce but, nous avons dessiné, pour les différents caféiers diploïdes, huit plaques métaphasiques, à un grossissement de 3.300.

Comme pour le calcul des longueurs chromosomiques, nous avons choisi des métaphases claires, en veillant spécialement à ce que tous les chromosomes soient allongés dans le plan équatorial. Parmi ces plaques métaphasiques, nous avons conservé de préférence celles où les chromosomes sont très allongés et les satellites apparents. Dans une même racine, et surtout chez certaines espèces, la contraction des chromosomes peut varier notablement de cellule à cellule. Quand les chromosomes sont fortement contractés, les différences de longueurs individuelles sont moins tranchées et les autres critères permettant de les repérer (centromères, satellites et constriction) deviennent très confus et inutilisables.

Nous avons mesuré les chromosomes au moyen d'une règle dont les divisions valent 0,33 mm, longueur qui équivaut à 0,1  $\mu$  à l'échelle des

---

(1) Suivant LAWRENCE [1931], l'association est plus facile entre petits chromosomes parce que leurs mouvements sont moins contrariés. Mais, puisqu'ils sont les plus nombreux à posséder même longueur et même localisation du centromère, il faut ajouter que le hasard peut plus facilement les réunir.

chromosomes. Quand le centromère était visible, nous avons déterminé la longueur des deux bras. Nous avons aussi mesuré la longueur des satellites et de l'espace qui les sépare des chromosomes et noté la présence éventuelle des renflements déterminés par les constriction secondaires.

Dans chaque métaphase, les longueurs obtenues pour les chromosomes homologues sont réunies par paires. Pour les plus grands, l'homologie se reconnaît à leur taille et à leurs caractères particuliers. La plupart cependant ne montrent aucun caractère distinctif, ils ont une longueur peu différente et la position de leur centromère est inconnue ou mal définie et, probablement, peu variable. Ces chromosomes sont placés par ordre de longueur décroissante ; quand la position du centromère n'est d'aucun secours, les paires sont formées des chromosomes dont la longueur est la plus voisine. Bien que ce moyen soit imparfait, il est le seul possible.

Les paires étant constituées dans les huit métaphases et les chromosomes mesurés, nous disposons pour chacun de ceux-ci de seize valeurs. Ces valeurs permettent de calculer la longueur moyenne des 11 chromosomes du lot haploïde. Pour un certain nombre de ceux-ci, nous connaissons aussi la longueur des deux bras et il est possible de trouver la position moyenne de leur centromère.

Les métaphases retenues pour la détermination des idiogrammes ayant été choisies pour la facilité d'y distinguer les divers types de chromosomes, la longueur chromosomique de ces cellules est en général supérieure à la moyenne. Pour ramener la longueur des chromosomes à une valeur plus proche de la réalité, nous avons modifié les moyennes, de manière à ce que la longueur totale des 11 chromosomes de l'idiogramme soit égale à la moitié de la longueur chromosomique moyenne calculée au chapitre précédent pour les 22 chromosomes d'une cellule.

#### b. *Formes tétraploïdes.*

Chez le Kawisari, hybride tétraploïde, des chromosomes de *C. arabica* et de *C. liberica* sont réunis, mais il est impossible de les distinguer. En effet, la variabilité d'un chromosome particulier dans les diverses cellules d'une même espèce est nettement supérieure aux différences moyennes manifestées par ce chromosome quand on le compare dans plusieurs espèces. Chez cette forme tétraploïde, il faut distinguer onze groupes de quatre chromosomes semblables ; si, dans chacun de ces groupes, nous les prenons deux à deux, en les supposant appartenir aux deux espèces parentales, les différences entre deux paires d'homologues seraient du même ordre de grandeur que celles qui existent entre deux paires non homologues voisines.

Si *C. arabica* est un allotétraploïde, comme le supposent KRUG et CARVALHO [1951], on devrait distinguer dans son génome les chromosomes des deux caféiers qui lui ont donné naissance. Mais cette distinction éventuelle est impossible et, pour *C. arabica* comme pour le Kawisari, les chromosomes seront réunis par quatre.

Pour ces deux caféiers tétraploïdes, nous n'avons dessiné que quatre plaques métaphasiques, chaque type de chromosome étant représenté quatre fois dans toutes les cellules, les moyennes calculées pour les quatre métaphases proviennent donc encore de seize mesures.

## § 2. VALEURS RÉELLES

### 1. Types chromosomiques.

Dans les idiogrammes, nous avons placé les onze chromosomes d'un lot haploïde par ordre de taille décroissante.

Dans ce lot haploïde, le plus grand chromosome, qui aura le n° I, est caractérisé par la position submédiane de son centromère ; il est très souvent courbé en cet endroit, d'où son aspect en L plus ou moins ouvert. Dans de nombreux cas, son identité est confirmée, chez tous les *Coffea*, par une constriction secondaire à l'extrémité du long bras.

Le chromosome II est plus court, son point d'insertion apparaît moins souvent et il est plus proche d'une des extrémités. Cette position intermédiaire du centromère donne aussi à ce chromosome la forme d'un L, mais le petit bras est plus court que chez le premier.

L'insertion des chromosomes III et IV est médiane ou du moins très proche du milieu. Quand ces chromosomes sont courbés à l'endroit du centromère, il sont en forme de V ou de U. Le plus petit des deux peut être différencié, à l'une de ses extrémités, en un satellite plus ou moins apparent ; quand ce satellite n'apparaît pas, le plus petit des deux chromosomes à insertion médiane est considéré comme l'homologue des satellitifères et porte comme lui le n° IV. Chez certains caféiers, la longueur du chromosome satellitifère est telle qu'il devrait occuper une situation différente dans l'idiogramme ; pour la facilité des comparaisons cependant, nous lui laisserons la quatrième position, que cette différence soit réelle ou fortuite.

Les sept autres paires chromosomiques diffèrent peu les unes des autres quant à leur longueur. Dans les plaques métaphasiques (diploïdes), on distingue pourtant assez souvent deux chromosomes nette-

ment plus courts qui forment la paire XI et, dans certaines cellules particulièrement claires, il semble y avoir parmi les autres, une variation dans la position du centromère. Dans la plupart des cas cependant, il est impossible d'y reconnaître des paires d'homologues, les longueurs étant trop semblables, les centromères trop rares et leur position imprécise à cause de la faible taille des chromosomes ; cette localisation ne semble d'ailleurs pas très différente de l'un à l'autre. En conséquence, les paires V à XI ont été formées en plaçant tous ces chromosomes par ordre de taille et en réunissant deux à deux les plus proches. La position du centromère obtenue pour l'un de ces chromosomes n'est pas sûre, puisque certains des chromosomes qui ont permis sa détermination peuvent appartenir à d'autres paires. Les valeurs qui sont données pour ces chromosomes ne sont donc en réalité que des estimations d'une position moyenne du centromère pour ces chromosomes et pour leurs voisins.

Le nombre des centromères visibles étant plus élevé pour les premières paires, la longueur moyenne des deux bras est plus précise pour les premiers chromosomes de l'idiogramme. Nous ne signalerons d'ailleurs ces longueurs que si le centromère était visible sur au moins quatre chromosomes.

## 2. Valeurs moyennes.

Nous donnons ci-dessous, pour toutes les espèces étudiées et quelques hybrides, la longueur moyenne (en microns) de chacun des chromosomes (I à XI) de l'idiogramme ainsi que, pour les chromosomes où ce calcul a pu se faire, la longueur du bras le plus long, puis celle du petit, longueurs qui situent le centromère. Ces valeurs sont des longueurs réelles, ramenées aux moyennes calculées au chapitre III.

### 1° *C. arabica* L. (Bourbon)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,05	1,63	1,51	1,46	1,41	1,31	1,27	1,23	1,13	1,10	1,00
1,28	1,08	0,91	—	—	—	—	—	—	—	—
0,77	0,55	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—

### 2° *C. congensis* FROEHNER

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,19	1,69	1,66	1,61	1,37	1,33	1,25	1,20	1,16	1,12	0,98
1,34	1,06	0,94	0,87	—	0,77	—	0,66	—	0,61	—
0,85	0,63	0,72	0,74	—	0,56	—	0,54	—	0,51	—

3° *C. kivuensis* LEBRUN

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,40	1,82	1,68	1,61	1,55	1,49	1,46	1,37	1,32	1,27	1,17
1,41	—	0,92	—	—	—	—	—	—	—	—
0,99	—	0,76	—	—	—	—	—	—	—	—

4° *C. eugenoides* MOORE

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,31	1,84	1,74	1,60	1,62	1,53	1,48	1,43	1,36	1,31	1,18
1,48	1,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,83	0,59	—	—	—	—	—	—	—	—	—

5° *C. canephora* PIERRE (L. 215)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1,94	1,61	1,50	1,50	1,36	1,30	1,26	1,25	1,18	1,10	1,00
1,21	1,06	0,84	0,75	0,76	0,74	—	—	—	0,62	—
0,73	0,55	0,66	0,75	0,60	0,56	—	—	—	0,48	—

6° *C. ugandae* CRAMER

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,17	1,78	1,71	1,60	1,49	1,44	1,36	1,30	1,23	1,17	1,05
1,35	1,15	0,99	0,83	0,91	—	0,77	0,72	—	—	—
0,82	0,63	0,72	0,77	0,58	—	0,59	0,58	—	—	—

7° *C. liberica* BULL. (n° 1)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,41	1,98	1,88	1,79	1,59	1,52	1,43	1,38	1,31	1,24	1,14
1,43	1,26	1,14	0,95	—	—	—	—	—	—	—
0,98	0,72	0,74	0,84	—	—	—	—	—	—	—

8° *C. dewevrei* DE WILD. et TH. DUR.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,25	1,89	1,73	1,70	1,58	1,50	1,40	1,31	1,25	1,18	1,03
1,38	1,20	0,94	—	0,93	—	—	—	—	—	—
0,87	0,69	0,79	—	0,65	—	—	—	—	—	—

9° *C. abeokutae* CRAMER

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1,94	1,49	1,45	1,59	1,28	1,18	1,14	1,10	1,06	0,99	0,89
1,18	0,97	0,82	—	0,70	0,64	0,65	0,73	—	—	—
0,76	0,52	0,63	—	0,58	0,54	0,49	0,37	—	—	—

10° *C. klainii* PIERRE

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,21	1,75	1,62	1,49	1,49	1,43	1,38	1,35	1,23	1,09	0,99
1,39	1,18	0,90	0,75	0,87	0,86	0,71	—	0,73	—	—
0,82	0,57	0,72	0,74	0,62	0,57	0,67	—	0,50	—	—

11° *C. stenophylla* G. DON

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,26	1,76	1,65	1,60	1,46	1,39	1,35	1,30	1,18	1,11	0,97
1,46	—	0,90	—	—	—	—	—	—	—	—
0,80	—	0,75	—	—	—	—	—	—	—	—

12° *C. lebruniana* GERMAIN et KESLER

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,30	1,75	1,66	1,39	1,51	1,46	1,39	1,31	1,28	1,21	1,13
1,41	1,13	0,90	—	—	—	—	0,72	—	—	—
0,89	0,62	0,76	—	—	—	—	0,59	—	—	—

13° *C. horsfieldiana* MIQ.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1,69	1,47	1,37	1,27	1,25	1,19	1,15	1,07	1,05	0,99	0,90
0,97	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

14° *Conuga*

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,28	1,89	1,71	1,64	1,52	1,46	1,39	1,31	1,24	1,21	1,11
1,29	1,14	0,97	0,82	0,84	—	—	—	—	—	—
0,99	0,75	0,74	0,82	0,68	—	—	—	—	—	—

15° Kawisari D

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2,04	1,73	1,57	1,47	1,35	1,28	1,27	1,23	1,14	1,11	1,00
1,32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

### 3. Comparaison des idiogrammes.

Les idiogrammes de tous les *Coffea* étudiés sont représentés aux figures 25 et 25a. Les mêmes types de chromosomes se retrouvent chez toutes les espèces et les différences entre idiogrammes sont rares.

Le tableau XI donne, pour les quatre premiers chromosomes de chaque caféier, la longueur des deux bras, en pour cent de la longueur totale du chromosome.

TABLEAU XI

*Longueur relative des bras chromosomiques.*

Chromosomes	I		II		III		IV	
<i>C. arabica</i>	62	38	66	34	60	40	—	—
<i>C. congensis</i>	61	39	63	37	57	43	54	46
<i>C. kivuensis</i>	59	41	—	—	55	45	—	—
<i>C. eugenoides</i>	64	36	68	32	—	—	—	—
<i>C. canephora</i>	62	38	66	34	56	44	50	50
<i>C. ugandæ</i>	62	38	65	35	58	42	52	48
<i>C. liberica</i>	59	41	64	36	61	39	53	47
<i>C. dewevrei</i>	61	39	63	37	55	45	—	—
<i>C. abeokutæ</i>	61	39	65	35	57	43	—	—
<i>C. klainii</i>	63	37	67	33	56	44	50	50
<i>C. stenophylla</i>	65	35	—	—	55	45	—	—
<i>C. lebruniana</i>	62	38	65	35	54	46	—	—
<i>C. horsfieldiana</i>	57	43	—	—	—	—	—	—
Conuga	56	44	61	39	57	43	56	44
Kawisari D	65	35	—	—	—	—	—	—
Moyennes	61	39	65	35	57	43	52,5	47,5

Pour le chromosome I, le petit bras vaut en moyenne 39 % de l'ensemble ; ce pourcentage varie, suivant les espèces et hybrides, entre 35 (*C. stenophylla* et Kawisari D) et 44 % (*Conuga*) mais les deux tiers des valeurs sont comprises entre 37 et 41 %. Chez tous les caféiers, ce chromosome possède une constriction secondaire à l'extrémité du long bras.

Le petit bras du chromosome II vaut en moyenne 35 % de la longueur totale. Le long bras ne vaut pas deux fois le petit ; cependant, le centromère est un peu plus rapproché d'une extrémité que pour le chromosome I et l'insertion est plutôt intermédiaire. Suivant les espèces, le pourcentage qui revient au petit bras varie entre 32 et 39 % mais, pour plus de la moitié des caféiers où ce calcul a été fait, la variation est faible (34 à 36 %). Dans une espèce donnée, le centromère n'est jamais plus proche d'une extrémité dans le chromosome I que dans le chromosome II, mais le petit bras du chromosome I d'une espèce peut être relativement plus court que celui du chromosome II d'une autre espèce.

Le chromosome III a une insertion submédiane ou presque médiane : son centromère délimite deux bras qui valent respectivement 43 et 57 % de la longueur totale. Dans la moitié des espèces, le petit bras représente de 42 à 44 % de la longueur du chromosome ; chez les autres espèces, les limites atteignent 39 et 46 %.

L'insertion du chromosome IV est aussi médiane, mais elle est plus proche du milieu du chromosome que sur le précédent, puisque le petit bras vaut de 44 à 50 % (en moyenne 47,5 %) de la longueur totale et le long bras de 50 à 56 % (en moyenne 52,5 %). Chez tous les *Coffea*, ce chromosome possède un satellite (ce satellite apparaît très rarement chez l'hybride Kawisari et ne s'observait dans aucune des quatre plaques métaphasiques utilisées pour le calcul de cet idiogramme). Pour les espèces où la position du centromère de ce chromosome a pu être déterminée, le satellite est situé sur le plus long des deux bras.

Le chromosome satellitifère est le plus souvent le quatrième de l'idiogramme pour la taille ; il y a cependant quelques exceptions : il est identique au chromosome III chez *C. canephora* et au chromosome V chez *C. klainii*, légèrement plus court que le chromosome V chez *C. eugenioides* ; chez *C. abeokutae*, sa longueur le place en seconde position et chez *C. lebruniana*, à la sixième place. Seules les deux dernières espèces peuvent être considérées comme des exceptions, les différences qui apparaissent chez les trois premières étant trop faibles pour être retenues.

La longueur des chromosomes diminue lentement entre les numéros V et XI. Quand une position du centromère est calculée pour un de ces chromosomes, elle est médiane à submédiane. Le centromère est aussi médian ou submédian pour le chromosome XI, mais il se manifeste rarement.

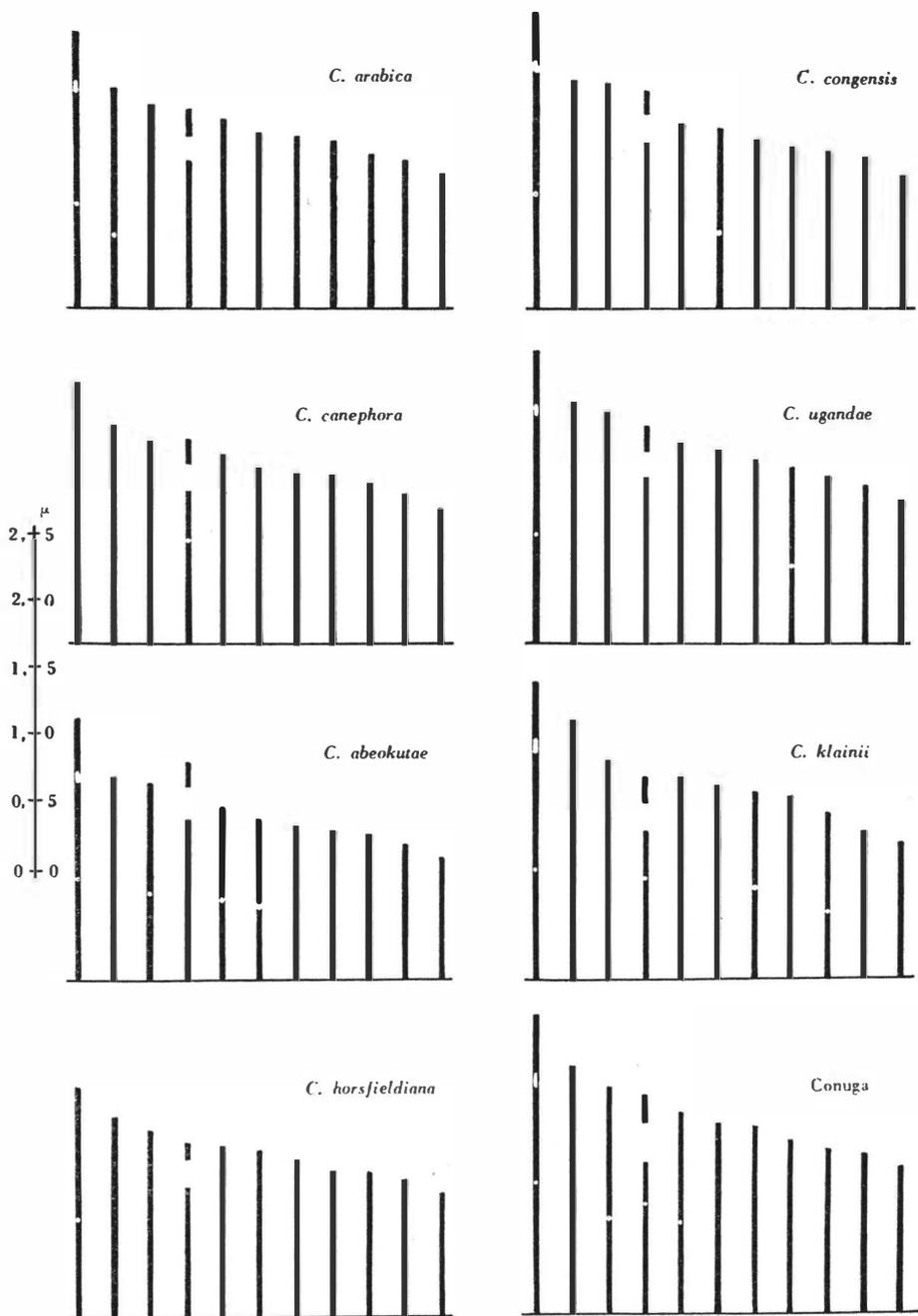


Fig. 25. — Idiogrammes moyens : longueurs réelles.

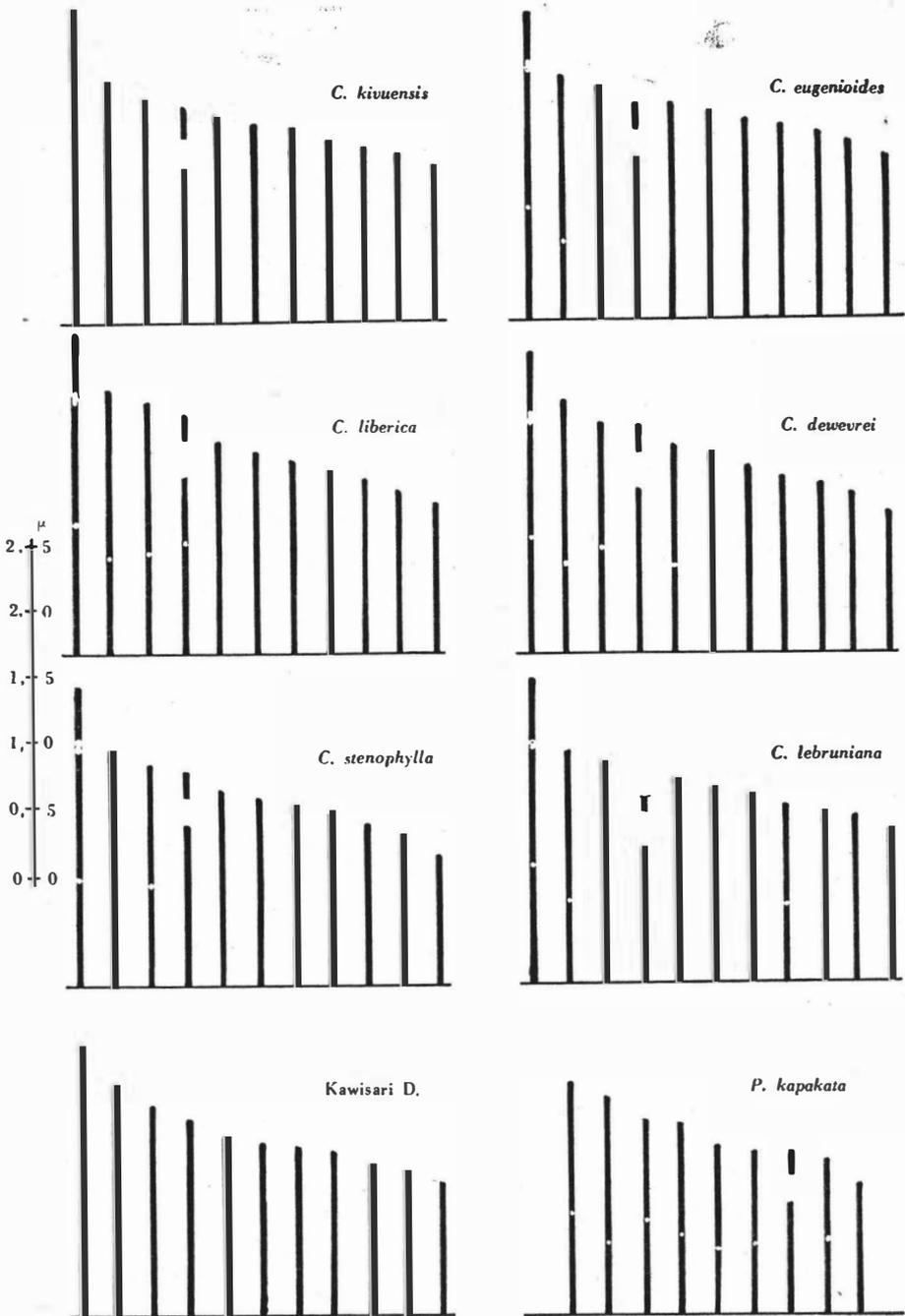


Fig. 25 a. — Idiogrammes moyens : longueurs réelles.

#### 4. L'Idiogramme de *Coffea excelsa*.

Un idiogramme a été déterminé pour *C. excelsa* (*C. dewevrei*) par MENDES [1938]. Dans cinq métaphases dessinées à un grossissement de 3.125, cet auteur a numéroté les chromosomes et calculé la longueur moyenne de chacun d'eux ; il a ensuite calculé leur longueur relative sous forme d'un pourcentage de la longueur chromosomique totale.

Chez cette espèce, MENDES distingue trois classes de chromosomes ; il n'y a pas de limites précises entre elles, les chromosomes intermédiaires semblant parfois appartenir à l'une des autres classes, mais en moyenne, six rentrent dans les limites de la première et huit dans celles de la troisième.

— *Classe A* : chromosomes de 2,0 à 3,3  $\mu$ .

Paire I : chromosomes en L ; leur longueur vaut environ 13 % du total de la métaphase. Le grand bras possède une constriction secondaire près de la pointe (l'auteur a encore trouvé des constriction secondaires sur d'autres chromosomes, mais elles sont trop rares pour être caractéristiques).

Paires II et III : 2 à 2,8  $\mu$  ; un L et un V.

— *Classe B* : chromosomes de  $\pm 2\mu$ .

Paires IV, V et VI : centromères médians ou submédians ; il est impossible de distinguer ces paires.

Paire VII : forme en L, insertion subterminale.

— *Classe C* : chromosomes de 1 à 2  $\mu$ .

Paires VIII à XI : bâtonnets ; parfois, ils se présentent comme des V et possèdent une insertion plus ou moins médiane. Le plus petit de ce groupe apparaît le plus souvent en forme de V.

Indépendamment du fait que MENDES trouve des longueurs nettement plus élevées, son idiogramme correspond à celui que nous avons déterminé chez *C. dewevrei* et chez les autres *Coffea*. Les chromosomes I, II et III ont les mêmes caractéristiques (centromères et constriction secondaire) ; un des chromosomes des paires IV à VI, à insertion médiane ou submédiane, peut être comparé au satellitifère (MENDES ne mentionne pas de satellites). Parmi les chromosomes V à XI, nous n'avons pu distinguer plusieurs groupes, comme l'a fait cet auteur.

### § 3. LONGUEURS RELATIVES

#### 1. Valeurs calculées.

Il est difficile de comparer d'une espèce à l'autre les différents chromosomes de l'idiogramme, quand leur longueur est exprimée en microns, car les différences qui s'observent peuvent être provoquées par un allongement ou un raccourcissement de l'ensemble des chromosomes chez certaines espèces.

Pour pouvoir juger avec plus de précision de l'homologie des chromosomes chez les différents *Coffea*, nous avons exprimé ci-dessous leurs longueurs sous une forme relative, en pourcent de la longueur totale des 11 chromosomes de l'idiogramme. La longueur des deux bras chromosomiques est aussi exprimée par rapport à cette longueur totale.

#### 1° *C. arabica* L. (Bourbon)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,6	10,8	10,0	9,7	9,3	8,7	8,4	8,1	7,5	7,3	6,6
8,5	7,1	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—
5,1	3,7	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—

#### 2° *C. congensis* FROEHNER

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
14,0	10,8	10,6	10,3	8,9	8,6	8,1	7,1	7,5	7,2	6,3
8,6	6,8	6,0	5,6	—	4,9	—	4,2	—	3,9	—
5,4	4,0	4,6	4,7	—	3,7	—	3,5	—	3,3	—

#### 3° *C. kivuensis* LEBRUN

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
14,0	10,6	9,8	9,4	9,1	8,7	8,5	8,0	7,7	7,4	6,8
8,2	—	5,4	—	—	—	—	—	—	—	—
5,8	—	4,4	—	—	—	—	—	—	—	—

#### 4° *C. eugenoides* MOORE

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,3	10,6	10,0	9,2	9,3	8,8	8,5	8,2	7,8	7,5	6,8
8,5	7,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	3,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—

5° *C. canephora* PIERRE (L. 215)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
12,9	10,7	10,0	10,0	9,1	8,7	8,4	8,3	7,9	7,3	6,7
8,1	7,0	5,6	5,0	5,1	4,9	—	—	—	4,1	—
4,8	3,7	4,4	5,0	4,0	3,8	—	—	—	3,2	—

6° *C. ugandae* CRAMER

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,3	10,9	10,5	9,8	9,2	8,9	8,4	8,0	7,5	7,1	6,4
8,3	7,0	6,1	5,1	5,6	—	4,7	4,4	—	—	—
5,0	3,9	4,4	4,7	3,6	—	3,7	3,6	—	—	—

7° *C. liberica* BULL. (n° 1)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,6	11,3	10,7	10,1	8,9	8,6	8,1	7,8	7,5	7,0	6,4
8,1	7,2	6,5	5,4	—	—	—	—	—	—	—
5,5	4,1	4,2	4,7	—	—	—	—	—	—	—

8° *C. dewevrei* DE WILD. et TH. DUR.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,4	11,2	10,3	10,1	9,4	8,9	8,4	7,8	7,4	7,0	6,1
8,2	7,1	5,6	—	5,5	—	—	—	—	—	—
5,2	4,1	4,7	—	3,9	—	—	—	—	—	—

9° *C. abeokuta* CRAMER

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,6	10,6	10,3	11,3	9,1	8,4	8,1	7,8	7,5	7,0	6,3
8,3	6,9	5,8	—	5,0	4,6	4,7	5,2	—	—	—
5,3	3,7	4,5	—	4,1	3,8	3,4	2,6	—	—	—

10° *C. klainii* PIERRE

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,8	10,9	10,1	9,3	9,3	8,9	8,6	8,4	7,7	6,8	6,2
8,7	7,3	5,6	4,7	5,4	5,3	4,5	—	4,5	—	—
5,1	3,6	4,5	4,6	3,9	3,6	4,1	—	3,2	—	—

11° *C. stenophylla* G. DON

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
14,1	11,0	10,3	10,0	9,1	8,7	8,4	8,1	7,4	6,9	6,0
9,1	—	5,6	—	—	—	—	—	—	—	—
5,0	—	4,7	—	—	—	—	—	—	—	—

12° *C. lebruniana* GERMAIN et KESLER

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
14,0	10,7	10,1	8,5	9,2	8,9	8,5	8,0	7,8	7,4	6,9
8,6	6,9	5,5	—	—	—	—	4,4	—	—	—
5,4	3,8	4,6	—	—	—	—	3,6	—	—	—

13° *C. horsfieldiana* MIQ.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
12,6	11,0	10,2	9,5	9,3	8,9	8,6	8,0	7,8	7,4	6,7
7,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

14° *Conuga*

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,6	11,3	10,2	9,8	9,1	8,7	8,3	7,8	7,4	7,2	6,6
7,7	6,8	5,8	4,9	5,0	—	—	—	—	—	—
5,9	4,5	4,4	4,9	4,1	—	—	—	—	—	—

15° *Kawisari* D

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,4	11,2	10,2	9,7	8,9	8,5	8,4	8,1	7,7	7,3	6,6
8,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

## 2. Comparaison entre chromosomes homologues.

Chez les différents caféiers, les dimensions relatives des chromosomes homologues varient d'une façon plus ou moins importante. Trois espèces se distinguent assez nettement : *C. abeokutae*, *C. lebruniana* et *C. horsfieldiana*, tandis que les chromosomes ont des longueurs relatives

plus constantes chez les dix autres espèces. Celles-ci peuvent être réunies en un groupe pour lequel nous avons calculé les moyennes suivantes :

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,6	10,9	10,2	9,8	9,2	8,8	8,4	8,0	7,6	7,1	6,4

Dans ce groupe de dix espèces, les valeurs les plus différentes sont, pour le chromosome I, celles de *C. stenophylla* ( $14,1 \pm 0,27$ ) et de *C. canephora* ( $12,9 \pm 0,23$ ). La différence entre les deux,  $1,2 \pm 0,36$ , est significative avec une probabilité de 99 %. Les différences sont moins importantes entre les autres espèces : entre *C. stenophylla* et *C. ugandae* ( $13,3 \pm 0,30$ ), par exemple, la différence vaut  $0,8 \pm 0,41$  et ne serait significative qu'au seuil de 95 %.

Par rapport à *C. liberica*, où le chromosome I a une longueur relative de  $13,6 \pm 0,25$  (identique à la moyenne générale de ce chromosome), les différences ne dépassent jamais deux fois leur écart-type et ne sont pas significatives :

<i>C. stenophylla</i> :	$0,5 \pm 0,37$
<i>C. canephora</i> :	$0,7 \pm 0,34$
<i>C. ugandae</i> :	$0,3 \pm 0,39$

Le chromosome I de *C. horsfieldiana* est plus petit que la moyenne :  $12,6 \pm 0,31$ . La différence ( $1,0 \pm 0,40$ ) n'est pas nettement significative avec *C. liberica* ; elle l'est avec une espèce, comme *C. stenophylla*, où ce chromosome est particulièrement long ( $1,5 \pm 0,42$ ).

En moyenne, le chromosome II vaut 10,9 % de l'ensemble du lot chromosomique. Les dimensions extrêmes de ce chromosome sont  $10,6 \pm 0,16$  (*C. kivuensis*) et  $11,3 \pm 0,19$  (*C. liberica*); ces deux valeurs diffèrent assez nettement :  $0,7 \pm 0,25$ . Les écarts sont cependant peu importants entre l'une de ces espèces et une autre, comme *C. ugandae*, où ce chromosome a une dimension moyenne ( $10,9 \pm 0,15$ ):  $0,3 \pm 0,22$  et  $0,4 \pm 0,24$ .

Le chromosome III (moyenne 10,2 %) a pour dimensions extrêmes  $9,8 \pm 0,14$  chez *C. kivuensis* et  $10,7 \pm 0,24$  chez *C. liberica*. Ces valeurs ne diffèrent pas significativement de la longueur du même chromosome chez *C. deuvevei*, longueur à peu près égale à la moyenne générale :  $10,3 \pm 0,20$ . Les différences entre cette dernière espèce et les deux précédentes sont de  $0,5 \pm 0,25$  (*C. kivuensis*) et de  $0,4 \pm 0,32$  (*C. liberica*). La différence entre ces extrêmes est significative ( $0,9 \pm 0,28$ ).

Pour le chromosome satellitifère, aucune des dix espèces ne s'écarte fortement de la moyenne (9,8 %). Cependant, comme pour les précédents, les différences entre les valeurs extrêmes atteignent trois fois leur écart-type :

<i>C. eugenioides</i>	:	9,2 ± 0,25
<i>C. congensis</i>	:	10,3 ± 0,24
Différence	:	1,1 ± 0,35

Les différences ne sont plus significatives avec une espèce où le chromosome IV a une longueur proche de la moyenne générale :

<i>C. stenophylla</i>	:	10,0 ± 0,28
Différence avec <i>C. eugenioides</i>	:	0,8 ± 0,38
Différence avec <i>C. congensis</i>	:	0,3 ± 0,37

Parmi les trois espèces aberrantes, deux se distinguent nettement par des longueurs différentes de leur chromosome satellitifère :

- *C. abeokutae*, où il est plus long qu'ailleurs (11,3 ± 0,16)
- *C. lebruniana*, où il est plus court (8,5 ± 0,20).

Ces deux longueurs relatives se distinguent significativement de celles des dix premières espèces, sauf pour quelques valeurs extrêmes de celles-ci :

Différence <i>C. lebruniana</i> - <i>C. stenophylla</i>	:	1,5 ± 0,34
<i>C. lebruniana</i> - <i>C. eugenioides</i>	:	0,7 ± 0,32
<i>C. abeokutae</i> - <i>C. stenophylla</i>	:	1,3 ± 0,32
<i>C. abeokutae</i> - <i>C. congensis</i>	:	1,0 ± 0,28

Pour les sept derniers chromosomes de l'idiogramme, les différences sont faibles, mais leur comparaison ne peut être rigoureuse, puisque leur identification est très aléatoire. L'allongement de l'un des derniers chromosomes chez une espèce par exemple, ne peut apparaître dans l'idiogramme car, en l'absence d'autres caractères, cet allongement n'aboutit qu'à déplacer ce chromosome.

### 3. Comparaison entre espèces.

Les figures 26 et 26a représentent les idiogrammes moyens des caféiers, dessinés à partir des valeurs relatives. La plupart des espèces sont semblables. Cependant, quelques-unes se distinguent par une longueur un peu différente de l'un ou l'autre de leurs chromosomes. C'est surtout le cas pour *C. lebruniana* et *C. abeokutae*, dont le chromosome IV est respectivement plus court et plus long que chez les autres. *C. horsfieldiana* se distingue aussi, dans une mesure moindre, par son chromosome I relativement court.

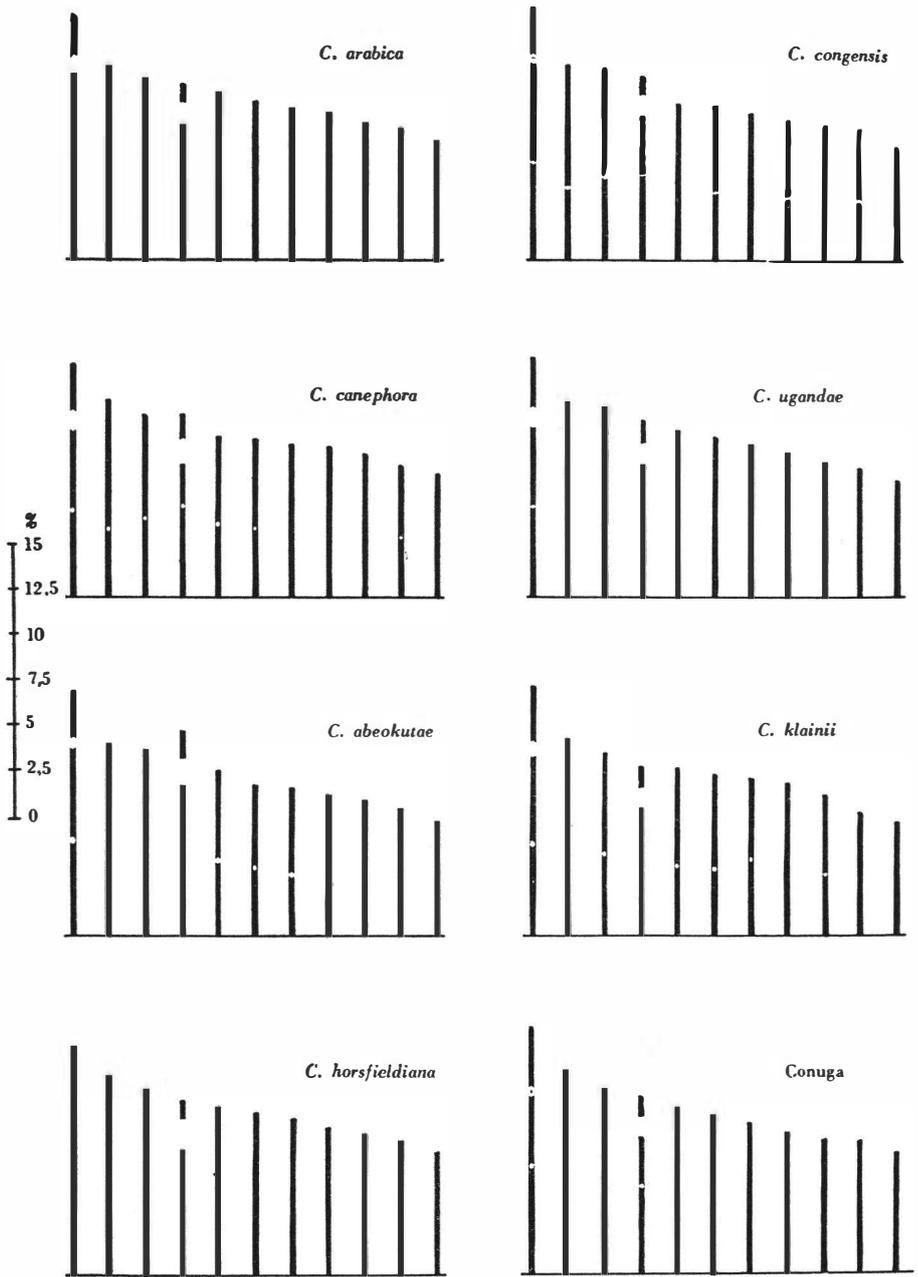


Fig. 26. — Idiogrammes moyens : valeurs relatives.

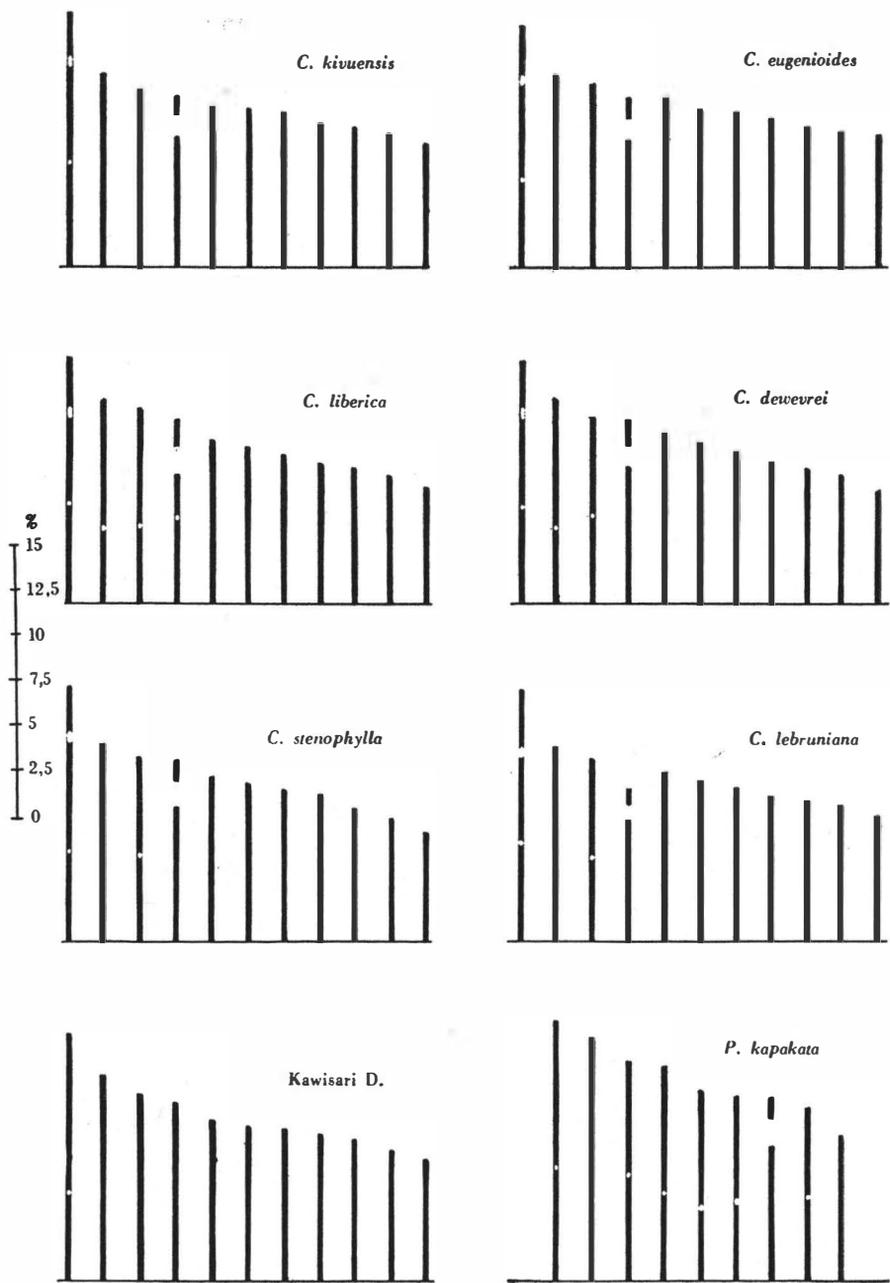


Fig. 26 a. — Idiogrammes moyens : valeurs relatives.

Parmi les autres espèces, les distinctions sont moins importantes, bien que certaines différences entre chromosomes homologues atteignent le seuil statistiquement significatif de 99 %. Cependant, ces valeurs extrêmes ne s'écartent jamais de façon significative de la moyenne générale.

Les idiogrammes des deux hybrides ne présentent aucune particularité, les valeurs relatives calculées sont comparables à celles des idiogrammes de toutes les espèces étudiées.

#### § 4. IDIOGRAMME DE *PSILANTHOPSIS KAPAKATA*

On a déjà signalé que les chromosomes de cette espèce sont très différents de ceux des *Coffea* : ils sont plus minces, moins bien étalés dans le plan équatorial, leur longueur est plus variable d'une cellule à l'autre, ils se colorent moins bien, leurs centromères apparaissent plus souvent, les satellites semblent dus uniquement à l'allongement d'une portion chromosomique plutôt qu'à une zone achromatique non étirée et leur forme est peu variable.



Fig. 27. — Chromosomes métaphasiques de *Psilanthopsis kapakata* ( $\times 2.500$ ).  
(Fixation : CRAF, coloration : crystal violet).

Dans la plupart des plaques métaphasiques, qui comptent 36 chromosomes, il y a quatre satellites et, dans les préparations les plus claires, on retrouve plus ou moins aisément quatre exemplaires de chacun des principaux types chromosomiques. Il semble donc que cette plante soit forme tétraploïde avec 9 comme nombre de base.

L'idiogramme moyen a été déterminé à partir de quatre métaphases où les chromosomes ont été réunis en neuf groupes. Voici (tableau XII) les valeurs réelles (en microns) et relatives (en pour cent) obtenues ainsi que, pour les chromosomes où la position du centromère a pu être calculée, le pourcentage que représente chaque bras du chromosome considéré.

TABLEAU XII

Chromosomes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Valeurs réelles	1,74	1,63	1,46	1,44	1,27	1,22	1,22	1,15	0,97
	0,99	1,09	0,77	0,86	0,79	0,70	—	0,60	—
	0,75	0,54	0,69	0,58	0,48	0,52	—	0,55	—
Valeurs relatives	14,4	13,4	12,1	11,9	10,5	10,1	10,1	9,5	8,0
	8,1	9,0	6,4	7,1	6,5	5,8	—	5,0	—
	6,3	4,4	5,7	4,8	4,0	4,3	—	4,5	—
Centromères	57	67	53	60	62	57	—	52	—
	43	33	47	40	38	43	—	48	—

Dans cet idiogramme, les chromosomes sont rangés suivant leur longueur, mais ils pourraient être partagés en plusieurs classes d'après la position de leur centromère :

- centromère intermédiaire, situé aux deux tiers du chromosome (chromosomes II) ;
- insertion submédiane (chromosomes I, IV, V et VI) ;
- centromère médian (chromosomes III et VIII).

La position du centromère n'a pu être calculée pour les chromosomes VII et IX, mais elle semble médiane pour les deux. Le premier des deux se distingue par un satellite, le second, par sa petite taille.

Il serait peut-être possible de trouver des analogies entre certains chromosomes des genres *Coffea* et *Psilanthopsis*, mais on ne peut comparer directement les longueurs relatives, les pourcentages étant calculés pour des nombres différents de chromosomes.

## CHAPITRE V

### DISCUSSION

#### § 1. LONGUEURS CHROMOSOMIQUES MOYENNES

Dans l'ensemble, les longueurs chromosomiques ne diffèrent pas fortement. Sauf dans des cas exceptionnels, l'observation d'une seule plaque métaphasique ne peut donner aucune indication suffisante et ne permet nullement de déterminer l'espèce examinée. En présence d'une métaphase à chromosomes très longs ou très courts, il est possible d'éliminer un certain nombre d'espèces dont la longueur chromosomique moyenne est nettement différente, mais une valeur intermédiaire peut provenir pratiquement de n'importe quel caféier.

Une moyenne calculée à partir de vingt-cinq mesures ne caractérise pas une espèce avec certitude, car toutes les valeurs intermédiaires existent entre les extrêmes. Parmi les *Coffea* que nous avons étudiés, un seul, *C. horsfieldiana*, se distingue significativement de tous les autres : ses chromosomes sont nettement plus courts que ceux de tous les caféiers africains examinés. Il n'est pas certain que cette espèce soit la seule à présenter ce caractère ; on peut s'attendre, au contraire, à trouver des longueurs comparables chez d'autres caféiers morphologiquement et géographiquement voisins.

Pour l'ensemble des douze espèces africaines étudiées (dont certaines sont considérées parfois comme des variétés), les longueurs chromosomiques moyennes se situent toutes entre 28,3 (*C. abeokutae*) et 35,3  $\mu$  (*C. liberica* n° 1). L'écart entre moyennes spécifiques atteint donc au maximum 7  $\mu$ , soit 22 %. Cet écart n'est pas très important puisque, dans une même racine, deux cellules voisines du périlème peuvent montrer une différence semblable (p. 34).

En comparant entre elles ces douze espèces, on y trouve des longueurs chromosomiques différentes (fig. 28), mais aucune ne se distingue nettement de l'ensemble. Il serait impossible de réunir les caféiers dont les chromosomes ont une longueur semblable. Une telle classification aboutirait à réunir d'une part *C. kivuensis*, *C. eugenioides*, *C. liberica* et *C. dewevrei* et, d'autre part, *C. arabica*, *C. canephora* et *C. abeokutae*, les autres espèces (*C. congensis*, *C. ugandae*, *C. klainii*, *C. stenophylla* et *C. lebruniana*) étant intermédiaires. Ces trois groupes d'espèces ne correspondraient à aucune classification systématique. On trouve dans chacun une ou deux espèces appartenant aux diverses séries de la classification de LEBRUN [1941]. D'autre part, les espèces *C. stenophylla* et *C. eugenioides*, classées par CHEVALIER [1947] dans les sous-sections *Melanocoffea* et *Mozambicoffea*, voisinent, dans une classification basée sur les longueurs chromosomiques, avec diverses espèces de la section *Eucoffea*.

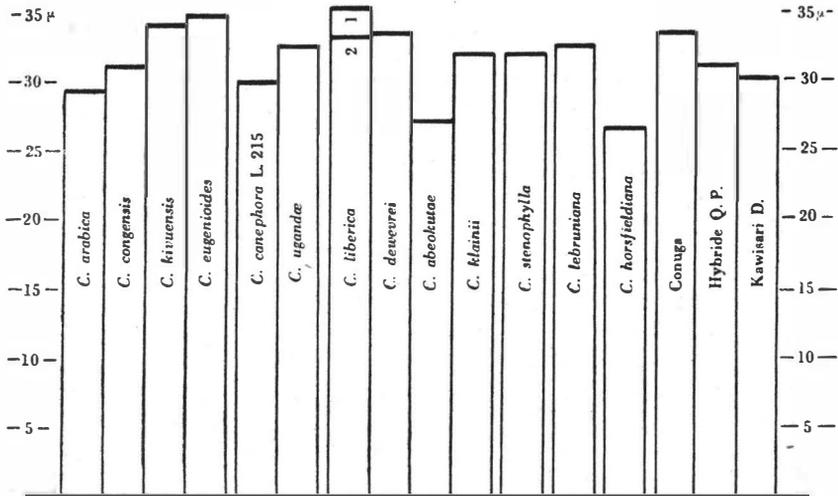


Fig. 28. — Longueurs chromosomiques moyennes.

La détermination des longueurs chromosomiques totales ne peut donc être d'aucun secours pour une classification d'ensemble des caféiers africains ; cependant, l'exemple de *C. horsfieldiana* indique qu'en élargissant le cadre des comparaisons, il peut être possible de trouver, dans le genre *Coffea*, des groupes qui se distinguent nettement des autres.

Deux espèces à longueur chromosomique identique (*C. klainii* et *C. stenophylla*, par exemple) ne sont pas nécessairement plus proches

que deux autres entre lesquelles la différence est plus importante. Cependant, les plantes qui montrent beaucoup d'affinités entre elles ont des longueurs peu différentes. Les valeurs sont très semblables quand on compare plusieurs souches d'une même espèce (*C. canephora*, *C. arabica*). Il en est de même quand la comparaison porte sur des espèces voisines, telles que *C. kivuensis* et *C. eugenoides*, ou les caféiers du groupe *Liberica* (*C. liberica*, *C. dewevrei*, *C. klainii*). Si la longueur chromosomique ne suffit pas à déterminer les affinités, du moins peut-elle intervenir pour confirmer le rapprochement de certaines espèces, rapprochement basé sur des caractères morphologiques et géographiques.

## § 2. DIAGRAMMES DES FRÉQUENCES CHROMOSOMIQUES

Ces diagrammes sont établis au moyen des mesures qui ont servi au calcul des longueurs totales et les indications que l'on peut y trouver se rapprochent des conclusions tirées de l'examen des idiogrammes moyens.

Dans l'ensemble, les courbes de tous les *Coffea* étudiés se ressemblent : elles s'élèvent rapidement jusqu'à un maximum, puis s'abaissent de plus en plus lentement pour des longueurs croissantes des chromosomes. La longueur moyenne calculée pour un chromosome est toujours supérieure à l'abscisse de la fréquence maximum.

La partie droite des courbes correspond aux plus grands chromosomes des idiogrammes : dans ceux-ci, le chromosome I dépasse toujours nettement tous les autres ; sa longueur variant dans d'assez larges limites suivant les cellules, les mesures qui s'y rapportent sont un peu dispersées dans le diagramme des fréquences. Pour *C. liberica* n° 1, par exemple, cinquante chromosomes ont une longueur comprise entre 2,2 et 2,8  $\mu$  et occupent, dans la courbe, la zone à pente faible ; cette zone comprend surtout les chromosomes de la paire I.

Les autres chromosomes de l'idiogramme se ressemblent plus ; considérés tous ensemble, ils se confondent plus ou moins. Le maximum de la courbe correspond aux chromosomes VI à IX, qui ont une longueur à peu près semblable.

Ainsi que nous l'avons signalé au sujet de la série *Libericae* (p. 49), les courbes de fréquence ont une allure différente suivant la longueur totale de l'espèce. En général, les caféiers à petits chromosomes (*C. arabica*, *C. abeokutae*, *C. horsfieldiana*) ont un maximum plus élevé et plus étroit, tandis que la courbe est souvent plus étalée et à maximum

moindre pour les espèces à grands chromosomes (*C. liberica*). Cet étalement est dû au fait que l'allongement des grands chromosomes de l'idiogramme est plus important que celui des petits, quand la longueur totale augmente. Cet allongement est à peu près proportionnel à leur longueur car les rapports restent constants entre les chromosomes non homologues ; le chromosome XI vaut un peu moins de la moitié du chromosome I chez les caféiers à moyenne élevée (*C. liberica* n° 1 : 47 %, *C. kivuensis* : 49 %) comme chez les espèces à moyenne inférieure (*C. abeokutae* : 47 %, *C. arabica* : 49 %). Chez ces dernières, l'allure de la courbe est différente parce qu'il y a moins de classes de longueur entre les extrêmes et, de ce fait, plus de chromosomes par classe. Les courbes seraient plus semblables si le nombre de classes était le même pour les espèces à petits chromosomes, donc si la largeur des intervalles diminuait en même temps que la longueur chromosomique.

Trois *Coffea* ont un idiogramme différent des autres : *C. abeokutae*, *C. lebruniana* et *C. horsfieldiana*.

Chez *C. abeokutae*, le chromosome satellitifère est plus grand que chez la plupart des espèces. Pour l'ensemble des mesures, il doit donc y avoir plus de grands chromosomes qu'ailleurs et la partie droite de la courbe des fréquences devrait prendre plus d'importance ; cette différence est cependant trop faible pour se marquer.

*C. lebruniana* se caractérise, au contraire, par un chromosome satellitifère plus petit ; la différence n'est pas plus importante que dans le cas précédent, mais elle apparaît dans le diagramme des fréquences, parce que cette courbe peut se comparer à celles d'autres espèces qui ont une moyenne à peu près semblable. Pour une position voisine de la moyenne, le maximum est déplacé vers la droite, tandis que la partie de la courbe qui correspond aux grands chromosomes est plus réduite. Le chromosome satellitifère étant plus court, il n'intervient plus dans cette partie mais se confond avec les nombreux chromosomes qui forment le maximum.

Chez *C. horsfieldiana*, le chromosome I est proportionnellement plus court qu'ailleurs. La courbe de cette espèce ne peut se comparer directement à aucune autre, puisque c'est le seul *Coffea* qui possède une longueur chromosomique moyenne aussi faible. Il faut toutefois observer que la partie droite de la courbe, où se situe ce chromosome I, est très peu marquée et que le maximum correspond presque à la moyenne. *C. abeokutae* qui, à l'opposé de *C. horsfieldiana*, possède plus de grands chromosomes, montre un maximum identique, bien que sa moyenne soit supérieure, mais la pente de la partie droite de la courbe est plus faible et elle se prolonge plus loin. Les diagrammes des fréquences chromosomiques traduisent donc les légères différences existant dans l'idiogramme de ces deux espèces.

### § 3. IDIOGRAMME MOYEN

La plupart des caféiers étudiés ont des idiogrammes semblables ; dix espèces ne montrent aucune déviation notable par rapport à un idiogramme moyen que nous pouvons appeler l'idiogramme du genre *Coffea* (fig. 29).

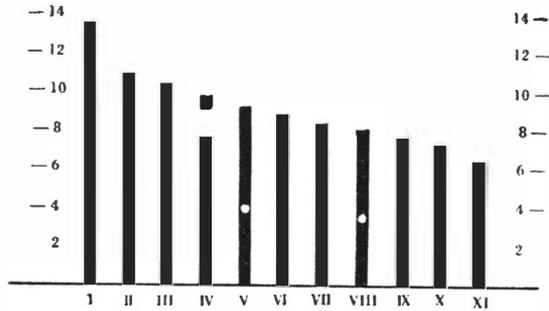


Fig. 29. — Idiogramme moyen du genre *Coffea* (valeurs relatives).

En fait, les comparaisons sont limitées aux quatre premiers chromosomes, les sept autres ne pouvant être étudiés séparément.

De nombreuses espèces n'ont pas été envisagées et il n'est pas prouvé que cette représentation des chromosomes somatiques s'applique au genre tout entier ; les variations sont probablement plus importantes pour l'ensemble des espèces. Cependant, l'intérêt de cet idiogramme réside dans le fait qu'il est commun à tous les caféiers cultivés, ainsi qu'aux espèces dérivées et voisines :

<i>C. arabica</i>	<i>C. ugandae</i>
<i>C. congensis</i>	<i>C. liberica</i>
<i>C. kivuensis</i>	<i>C. dewevrei</i>
<i>C. eugenioides</i>	<i>C. klainii</i>
<i>C. canephora</i>	<i>C. stenophylla</i>

toutes ces formes étant africaines.

L'idiogramme moyen des *Coffea* comprend les onze chromosomes classés par ordre de longueur décroissante :

Chromosome I : la longueur moyenne de ce chromosome varie entre 1,94 et 2,41  $\mu$  suivant les espèces, mais dans une espèce donnée, certaines valeurs particulières sortent de ces limites. Il vaut en moyenne 13,6 % de la longueur totale du génome. Le centromère est situé aux deux cinquièmes du chromosome et détermine deux bras de longueur inégale. Chez toutes les espèces, le long bras possède une constriction secondaire à quelques dixièmes de microns de son extrémité.

Chromosome II : il vaut, en valeur relative, 10,9 % et sa longueur réelle varie entre 1,61 et 1,98  $\mu$ . Il est inséré au fuseau par un point situé aux deux tiers de sa longueur. Le grand bras chromosomique vaut donc deux fois le petit.

Chromosome III : il intervient, en moyenne, pour 10,2 % dans la longueur totale et varie entre 1,50 et 1,88  $\mu$ . Le point d'insertion est proche du milieu, le petit bras vaut un peu plus des trois quarts du grand.

Chromosome IV : ce chromosome mesure 1,46 à 1,79  $\mu$  (9,8 % de l'ensemble du génome). Le centromère est médian ou presque médian ; les deux bras sont à peu près semblables et le plus long peut être terminé par un satellite. La dimension de ce satellite varie beaucoup, de même que son éloignement du chromosome, mais il apparaît chez toutes les espèces et dans un nombre variable de cellules ; ses modifications de forme et de volume se retrouvent également chez toutes les espèces.

Chromosomes V à X : la longueur varie peu de l'un à l'autre ; la différence n'est pas grande entre le cinquième (9,2 %, soit 1,36 à 1,62  $\mu$ ) et le dixième (7,2 %, c'est-à-dire 1,09 à 1,31  $\mu$ ). Le centromère est submédian à intermédiaire.

Chromosome XI : il est assez nettement plus court que le dernier chromosome du groupe précédent et vaut 6,4 % de la longueur totale (0,97 à 1,18  $\mu$ ). Son centromère est rarement visible, il est probablement submédian.

Les idiogrammes qui se distinguent de la moyenne ont déjà été signalés. Ce sont d'abord ceux de *C. abeokutae* et *C. lebruniana*, où le chromosome IV a une longueur différente. Plusieurs hypothèses peuvent être proposées pour expliquer ces anomalies : délétions ou échanges de fragments chromosomiques, étirement plus ou moins important de certains chromosomes ou différenciation d'un satellite sur un autre chromosome.

La troisième espèce aberrante est *C. horsfieldiana*, où le chromosome I est significativement plus court que chez la plupart des autres caféiers. Ce chromosome ne montre pas de constriction secondaire ; ce fait est probablement dû à la contraction plus forte des chromosomes ; chez cette espèce, tous les chromosomes sont fortement contractés, épais et courts. Cependant, les satellites apparaissent fréquemment ; ils sont petits, de dimensions assez constantes et le plus souvent reliés au chromosome par un filament mince.

Les idiogrammes déterminés pour les deux hybrides, Conuga et Kawisari D, ne diffèrent pas beaucoup de ceux de leurs parents et des espèces voisines de ceux-ci. Les constrictions secondaires et les satellites apparaissent rarement chez le Kawisari et n'ont pas été observés dans les quatre cellules utilisées pour la détermination de l'idiogramme. En outre, chez cette hybride, l'emplacement du point d'insertion s'observe rarement.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'étude des chromosomes somatiques des *Coffea* fait apparaître peu de différences spécifiques ; le nombre de base est toujours égal à 11, la longueur chromosomique totale varie assez peu et tous les génomes comportent les mêmes types de chromosomes, parfois légèrement modifiés. En outre, les noyaux et tous les stades de la mitose sont semblables chez toutes les espèces étudiées.

La conclusion à tirer de cette étude est l'étroite parenté des espèces de *Coffea*. L'évolution n'a pas provoqué de perturbations dans le nombre chromosomique de base ni permis l'apparition de modifications importantes dans les génomes. Les différences observées sont des modifications du nombre chromosomique par polyploïde, des différences de longueur totale probablement dues, en partie, à une contraction plus ou moins importante et, pour quelques espèces, de légères transformations dans l'aspect de certains chromosomes ; d'autres modifications peuvent s'être produites, surtout dans les petits chromosomes, mais passent inaperçues. La plupart des caractères qui différencient les espèces ont donc pour origine des modifications géniques et chromosomiques invisibles au microscope : mutations de gènes, inversions, translocations, etc.

Cette étude ne fait apparaître aucun obstacle important à l'hybridation entre les espèces qui possèdent le même nombre chromosomique. Les différences de longueurs chromosomique qui existent entre certaines espèces ne peuvent être considérées comme un empêchement à l'appariement des chromosomes, puisque des différences aussi importantes se retrouvent à l'intérieur de l'espèce. Les modifications visibles de la structure de certains chromosomes ne semblent pas suffisantes non plus pour empêcher l'hybridation des caféiers.

La plupart des espèces ayant apparemment les mêmes chromosomes, il n'est pas possible de prévoir quels seront les croisements susceptibles de réussir; à priori, toutes les combinaisons doivent être possible entre ces caféiers, s'ils ont un même nombre chromosomique. Toutefois, les mutations entraînant des modifications submicroscopiques peuvent être suffisamment nombreuses et importantes pour rendre plus difficiles ou même impossibles certaines hybridations et d'autres barrières génétiques peuvent exister, mais ces obstacles éventuels sont imprévisibles. A la suite d'une telle étude, les seules espèces qui semblent plus éloignées sont *C. abeokutae*, *C. lebruniana* et *C. horsfieldiana*; ces deux dernières se distinguent d'ailleurs assez nettement par leurs caractères morphologiques.

*Psilanthopsis kapakata*, considéré comme proche des caféiers et même classé à l'origine dans le genre *Coffea*, s'en distingue très nettement par son nombre chromosomique et la morphologie de ses chromosomes. Il est très peu probable que cette plante montre des affinités étroites avec les véritables caféiers et qu'elle puisse s'hybrider avec eux.

## RÉSUMÉ

Les chromosomes somatiques de treize *Coffea*: *C. arabica*, *C. congensis*, *C. kivuensis*, *C. eugenioides*, *C. canephora*, *C. ugandae*, *C. liberica*, *C. dewevrei*, *C. abeokutae*, *C. klainii*, *C. stenophylla*, *C. lebruniana* et *C. horsfieldiana* ont été étudiés. Tous sont diploïdes avec 22 chromosomes, sauf *C. arabica* qui en possède 44. Les hybrides Conuga et Q.P. sont diploïdes, le Kawisari, tétraploïde. La caryologie et la mitose sont identiques chez tous ces caféiers. *Psilanthopsis kapakata* est un tétraploïde à 36 chromosomes.

Les longueurs chromosomiques ont été comparées statistiquement chez une ou plusieurs formes de chacun de ces caféiers. Les valeurs obtenues pour l'ensemble des 22 chromosomes sont en général assez peu différentes et se situent toutes entre 26,8 et 35,3  $\mu$ . Ces comparaisons

confirment la proximité systématique de certaines espèces, mais ne permettent pas d'établir une classification générale du genre.

Les idiogrammes moyens ont été établis et sont exprimés d'une part en microns, d'autre part en pour cent de la longueur totale des chromosomes d'un génome. Les mêmes chromosomes se retrouvent chez les différentes espèces et un idiogramme moyen des caféiers africains a été dessiné. Quelques espèces seulement montrent des différences de détail, mais significatives, par rapport à cette représentation moyenne.

En conclusion, on peut dire le genre homogène et les espèces examinées très voisines au point de vue cytologique. Cette étude ne met en évidence aucun obstacle aux hybridations interspécifiques.

## BIBLIOGRAPHIE

1942. BABCOCK, E.B., Systematics, cytogenetics and evolution in *Crepis*, *Bot. Rev.*, VIII, p. 139.
1937. BENOIST, J., Recherches caryologiques sur quelques espèces du genre *Salvia*, *Rev. Cyt. Biol. vég.*, II, p. 415.
1912. BONNET, J., Sur le groupement par paires des chromosomes dans les noyaux diploïdes, *Arch. für Zellforschung*, VII, p. 231.
1929. CHEVALIER, A., Les caféiers du Globe, Fasc. I, Paris.
1947. CHEVALIER, A., Les caféiers du Globe, Fasc. III, Paris.
1937. DANGEARD, P., Recherches sur la structure des noyaux chez quelques Angiospermes, *Le Botaniste*, XXVIII, p. 291.
1938. DANGEARD, P., Sur la numération des chromocentres dans le noyau quiescent ou interphasique, *C.R. Séan. Acad. Sci.*, Paris, CCVI, p. 1752.
1941. DANGEARD, P., Sur les différences de taille entre les chromosomes appartenant à différents tissus dans la plantule de pin maritime, *C.R. Séan. Soc. Biol.*, CXXXV, p. 581.
1937. DARLINGTON, C.D., Recent advances in cytology, 2<sup>e</sup> éd., Londres.
1945. DARLINGTON, C.D. et JANAKI AMMAL, E.K., Chromosome atlas of cultivated plants, Londres.
1947. DARLINGTON, C.D. et LA COUR, L.F., The handling of chromosomes, Londres.
1955. DARLINGTON, C.D. et WYLIE, A.P., Chromosome atlas of flowering plants, Londres.
1921. DE LITARDIÈRE, R., Recherches sur l'élément chromosomique dans la caryocinèse somatique des Filicinées, *La Cellule*, Louvain, XXXI, p. 255.
1927. DE MOL, W.E., On chromosomal constrictions, satellites and nucleoli in *Hyacinthus orientalis*, *Beitr. Biol. Pflanzen*, XV, p. 93.
1928. DE MOL, W.E., Nucleolar number and size in diploid, triploid and aneuploid Hyacinths, *La Cellule*, Louvain, XXXVIII, p. 5.
1914. DE SMET, E., Chromosomes, prochromosomes et nucléoles dans quelques Dicotylées, *La Cellule*, Louvain, XXIX, p. 333.
1955. DEVREUX, in GERMAIN, R. et KESLER, W., Un *Coffea* nouveau du Congo belge, *Bull. Jard. Bot. Etat*, Bruxelles, XXV, p. 405.
1953. DE WET, J.M.J., Nucleoli numbers in *Danthonia* polyploids, *Cytologia*, XVIII, p. 229.
1936. DE ZEEUW, J., Recherches sur les noyaux euchromocentriques et leur division (*Lupinus luteus* et *L. hirsutus*), *La Cellule*, Louvain, XLIV, p. 389.

1955. DOUGHTY, L.R., Ann. Rep. E. Afr. Agric. Res. Sta. Amani.
1933. DOUTRELIGNE, J., Chromosomes et nucléoles dans les noyaux du type euchromocentrique, *La Cellule*, Louvain, XLII, p. 30.
1939. DOUTRELIGNE, J., Les divers « types » de structure nucléaire et de mitose somatique chez les Phanérogames, *La Cellule*, Louvain, XLVIII, p. 191.
1929. EICHHORN, A., Sur la mitose somatique des Pinacées, *Arch. Anat. microscop.*, XXV, p. 489.
1930. EICHHORN, A., Sur la notion de prochromosomes et de chromocentres, *C.R. Séan. Soc. Biol.*, CIV, p. 854.
1931. EICHHORN, A., Recherches caryologiques comparées chez les Angiospermes et les Gymnospermes, *Arch. Bot.*, V, 2, p. 1.
1934. EICHHORN, A., Types définis et types intermédiaires dans la mitose des végétaux, *Cytologia*, Tokio, V, p. 253.
1934. EICHHORN, A. et FRANQUET, R., Sur le noyau du *Musa ensete* et sa division, *C.R. Séan. Soc. Biol.*, CXVII, p. 653.
1934. FAGERLIND, F., Beiträge zur Kenntnis der Zytologie der Rubiaceen, *Hereditas*, XIX, p. 223.
1937. FAGERLIND, F., *Acta Hort. berg.*, XI, p. 195.
1935. FERNANDES, A., Les satellites chez *Narcissus reflexus* et *N. triandrus*. I. Les satellites des métaphases somatiques, *Bol. Soc. Broteriana*, X, p. 149.
1936. FERNANDES, A., Les satellites chez les Narcisses. II. Les satellites pendant la mitose, *Bol. Soc. Broteriana*, XI, p. 87.
1937. FERNANDES, A., Les satellites chez les Narcisses. III. La nature du filament, *Bol. Soc. Broteriana*, XII, p. 139.
1951. FERNANDES, A., Sur l'hétérochromatinisation des chromosomes nucléolaires, *Bol. Soc. Broteriana*, XXV, p. 249.
1934. FERWERDA, F.P., Conuga-koffie, *Bergcultures*, VIII, 26, p. 601.
1936. GAZET DU CHATELIER, J., Un nouveau type de noyau interphasique, *Bull. Soc. bot. France*, LXXXIII, p. 81.
1955. GERMAIN, R. et KESLER, W., Un *Coffea* nouveau du Congo belge, *Bull. Jard. Bot. Etat*, Bruxelles, XXV, p. 405.
1931. GRÉGOIRE, V., Euchromocentres et chromosomes dans les végétaux, *Acad. Roy. Belg. Bull. Classes Sci.*, Sér. 17, p. 1435.
1937. GUILLIERMOND, A. et GAUTHERET, R., Contribution à l'étude de la structure du noyau dans les cellules végétales, *Rev. Cyt. Biol. vég.*, II, p. 254.
1937. HAMEL, J., Etudes caryologiques sur quelques Bégoniacées, *Rev. Cyt. Biol. vég.*, II, p. 392.
1929. HEITZ, E., Heterochromatin, Chromocentren, Chromomeren, *Ber. Deutsch. Bot. Gezel.*, XLVII, p. 274.
1936. HEYN, A.N.J., Cytologische onderzoekingen aan enkele tropische cultuurgewassen en de betekenis van dergelijk onderzoek voor de plantenverdeling, *Landbouw*, XII, p. 11.

1936. HILLE RIS LAMBERS, M., Gegevens over Conuga, *Bergcultures*, X, 19, p. 596.
1932. HOMEYER, H., Zur Zytologie der Rubiaceen, *Planta*, XVIII, p. 640.
1927. KAGAWA, F., Cytological studies on *Triticum* and *Aegilops*. I. Size and shape of somatic chromosomes, *La Cellule*, Louvain, XXXVII, p. 231.
1930. KOERPERICH, J., Etude comparative du noyau, des chromosomes et de leurs relations avec le cytoplasme (*Nothoscordum*, *Eucomis*, *Beschorneria*), *La Cellule*, Louvain, XXXIX, p. 309.
1936. KRUG, C.A., Contribuição para o estudo da cytologia do genero *Coffea*, *Bol. tecn. Inst. agr. Campinas* (Brésil), 11.
1937. KRUG, C.A., Estudos cytologicos em *Coffea*, II, *Bol. tecn. Inst. agr. Campinas* (Brésil), 22.
1951. KRUG, C.A. et CARVALHO, A., The genetics of *Coffea*, in *Advances in Genetics*, IV, p. 127.
1929. KUHN, E., Die Beziehung der Chromocentren zur Chromosomenbildung, *Ber. Deutsch. Bot. Gezell.*, XLVII, p. 420.
1948. LAMOTTE, M., Introduction à la biologie quantitative, Paris.
1931. LAWRENCE, W.J.C., The secondary association of chromosomes, *Cytologia*, Tokio, II, p. 332.
1941. LEBRUN, J., Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo, *Publ. I.N.E.A.C.*, hors série, 183 pp.
1939. LELIVELD, J.A., Cytologische gegevens betreffende eenigè clonen van *C. robusta*, *Arch. Koffiecultuur Ned. Indië*, XIII, p. 1.
1934. MAC CLINTOCK, B., The relation of a particular chromosomal element to the development of the nucleoli in *Zea Mays*, *Zeitschr. Zellf. mikrosk. Anat.*, XXI, p. 294.
1922. MARTINS MANO, T., Nucléole et chromosomes dans le méristème radriculaire de *Solanum tuberosum* et *Phaseolus vulgaris*, *La Cellule*, Louvain, XXII, p. 17.
1938. MENDES, A.J.T., Morfologia dos cromossôimos de *Coffea excelsa*, *Bol. techn. Inst. agr. Campinas* (Brésil), 56.
1939. MENSINKAI, S.W., The conception of the satellite and the nucleolus, and the behaviour of these bodies in cell division, *Ann. Bot.*, Nouv. Sér., III, p. 763.
1910. MÜLLER, L., Ueber karyokinetische Bilder in den Wurzelspitzen von *Yucca*, *Jahrb. wissensch. Bot.*, XLVII, p. 99.
1937. NATIVIDADE, V.J., Recherches cytologiques sur quelques espèces et hybrides du genre *Quercus*, *Bol. Soc. Broteriana*, XII, p. 21.
1931. NAVASHIN, M., Chromatim mass and cell volume in related species, *Univ. Calif. Publ. Agr. Sci.*, VI, p. 202.
1934. NAVASHIN, M., Chromosome alterations caused by hybridization and their bearing upon certain general genetic problems, *Cytologia*, Tokio, V, p. 169.

1938. RESENDE, F., Nucleoli and Sat-chromosomes, *Bol. Soc. Broteriana*, XIII, p. 391.
1933. SMITH, F.H., The relation of the satellites to the nucleolus in *Galtonia candicans*, *Amer. Jl Bot.*, XX, p. 188.
1927. SOROKIN, H., Idiograms, nucleoli and satellites of certain *Ranunculaceae*, *Amer. Jl Bot.*, XVI, p. 407.
1928. SPRUMONT, G., Chromosomes et satellites dans quelques espèces d'*Ornithogalum*, *La Cellule*, Louvain, XXXVIII, p. 271.
1948. THERMAN - SUOMALAINEN, E., The structure of secondary constrictions, *Hereditas*, XXXIV, p. 513.
1949. THERMAN-SUOMALAINEN, E., Investigations on secondary constrictions in *Polygonatum*, *Hereditas*, XXXV, p. 80.
1924. VAN CAMP, G.M., Le rôle du nucléole dans la caryocinèse somatique (*Clivia miniata* REG.), *La Cellule*, Louvain, XXXIV, p. 7.
1912. VON FABER, F., Morphologisch-physiologische Untersuchungen an Blüten von *Coffea* Arten, *Ann. Jard. bot. Buitenzorg*, XXV, p. 59.
1948. WOUTERS, W., Contribution à l'étude taxonomique et caryologique du genre *Gossypium* et application à l'amélioration du cotonnier au Congo belge, Publ. I.N.E.A.C., Sér. scient. n° 34, 383 pp.
1931. ZIRKLE, C., Nucleoli of the root-tip and cambium of *Pinus Strobus*, *Cytologia*, Tokio, II, p. 85.
1955. XXX, Rapport annuel pour l'exercice 1954, Publ. I.N.E.A.C., hors série.

PLANCHES

## EXPLICATION DE LA PLANCHE I

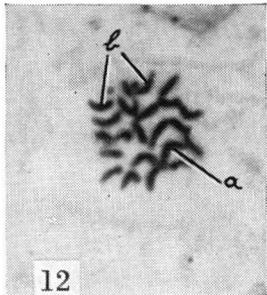
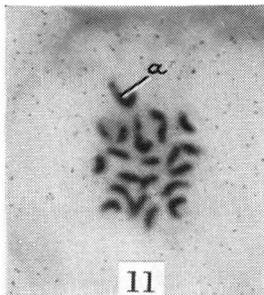
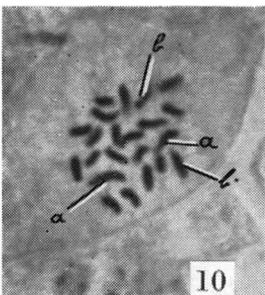
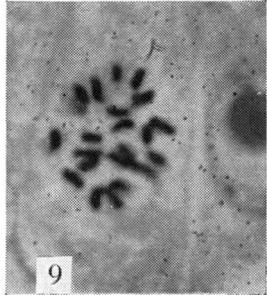
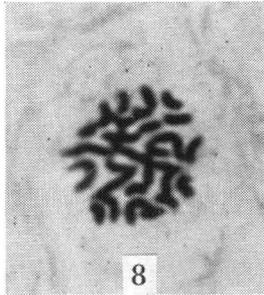
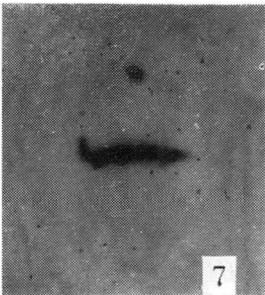
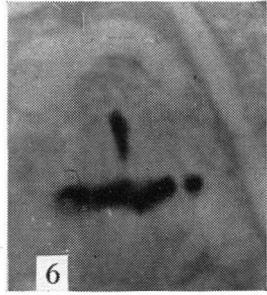
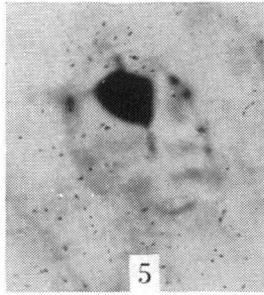
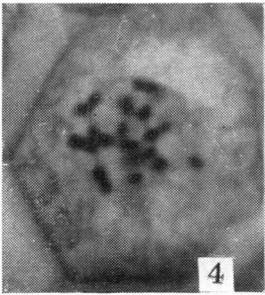
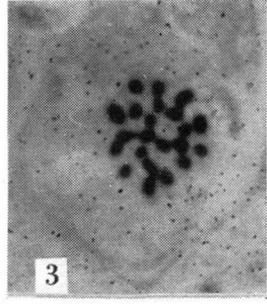
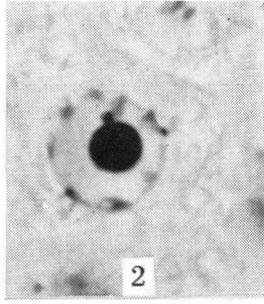
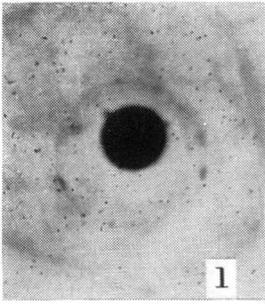
- 1 — *C. canephora* : Noyau interphasique ; deux corpuscules nucléolaires.
- 2 — *C. eugenoides* : Noyau interphasique ; un corpuscule nucléolaire.
- 3 — *C. canephora* : Premier stade de la télophase (avant le tassement polaire).
- 4 — *C. canephora* : Noyau en télophase (après le tassement polaire).
- 5 — *Kawisari D.* : Prophase ; nucléole relié à quatre chromosomes.
- 6-7 — *C. canephora* : Nucléole persistant en métaphase.
- 8 — Hybride *C. arabica* × *C. eugenoides* : Plaque métaphasique à 34 chromosomes.
- 9 — *C. canephora* : Plaque métaphasique dans une cellule du dermatogène.
- 10-12 — *C. canephora* : Plaques métaphasiques dans le périblème.
  - a — chromosome I (constriction secondaire),
  - b — chromosome IV (satellite).

Fixation : CRAF.

Coloration : hématoxyline (1, 3 à 7, 9 et 11),  
crystal violet (2, 8, 10 et 12).

Grossissement : × 2.200.

PLANCHE I



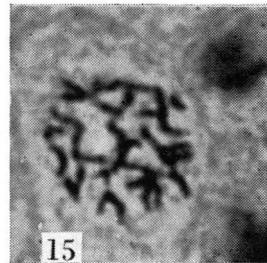
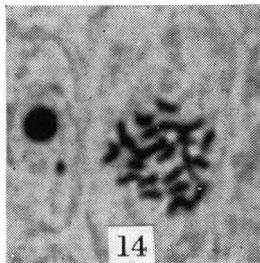
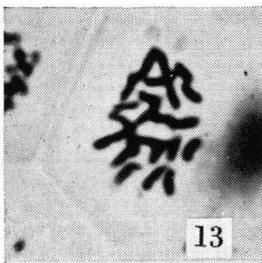
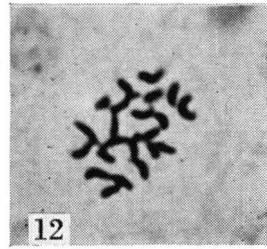
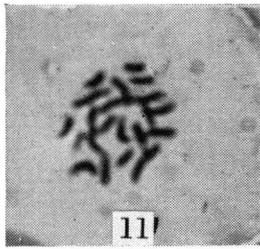
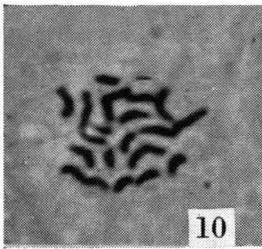
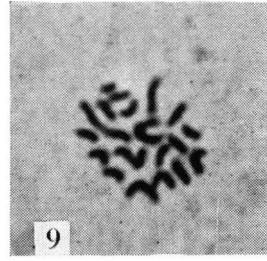
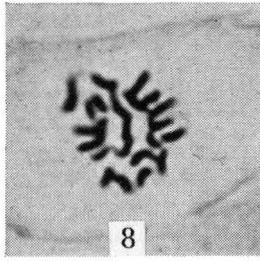
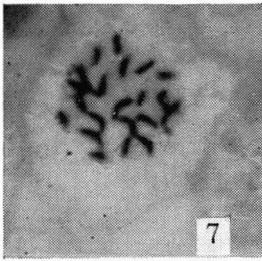
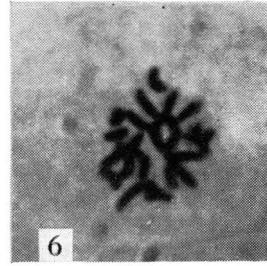
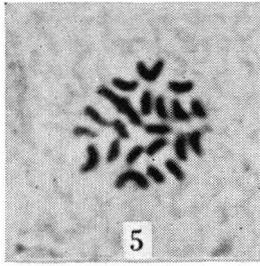
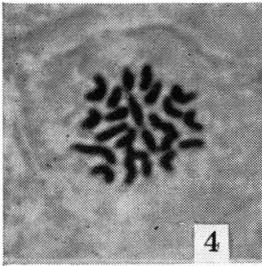
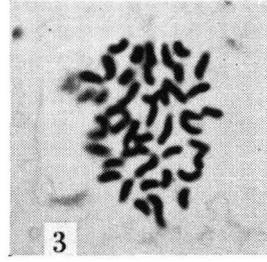
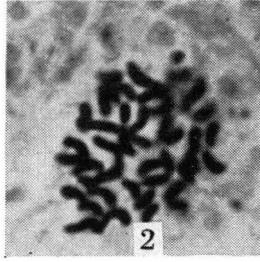
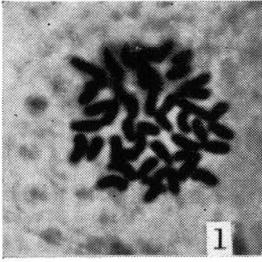
## EXPLICATION DE LA PLANCHE II

- 1-3 — *C. arabica*
- 4 — *C. kivuensis*
- 5 — *C. eugenioides*
- 6 — *C. canephora* (clone L. 215/199)
- 7 — *C. canephora* (forme à branches plagiotropes érigées)
- 8 — *C. liberica* (n° 2)
- 9 — *C. dewevrei*
- 10 — *C. abeokuta*
- 11 — *C. klainii*
- 12 — *C. stenophylla*
- 13 — *C. lebruniana*
- 14 — *C. horsfieldiana*
- 15 — *Psilantopsis kapakata*

Fixation : CRAF.

Coloration : hématoxyline (7),  
                  crystal violet (1 à 6 et 8 à 15).

Grossissement : × 2.200.





**ROBYNS, W.**, Membre de l'Académie Royale Flamande des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique ;  
**SCHOENAERS, F.**, Professeur à l'Ecole de Médecine Vétérinaire de l'Etat, à Cureghem ;  
**SIMONART, P.**, Professeur à l'Université Catholique de Louvain ;  
**SOYER, L.**, Secrétaire général de l'Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale ;  
**STANER, P.**, Inspecteur royal ;  
**STOFFELS, E.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gembloux ;  
**TAVERNIER, R.**, Professeur à l'Université de Gand ;  
**TULIPPE, O.**, Professeur à l'Université de Liège ;  
**VAN DE PUTTE, M.**, Membre du Conseil Colonial ;  
**WILLEMS, J.**, Vice-Président du Fonds National de la Recherche Scientifique.

#### B. — COMITÉ DE DIRECTION

*Président :*

**M. JURION, F.**, Directeur général de l'I.N.E.A.C.

*Représentant du Ministre du Congo belge et du Ruanda-Urundi :*

**M. STANER, P.**, Inspecteur royal.

*Secrétaire :*

**M. LEBRUN, J.**, Secrétaire général de l'I.N.E.A.C.

*Membres :*

**MM. GILLIEAUX, P.**, Membre du Comité Cotonnier Congolais ;  
**HENRARD, J.**, Directeur de l'Agriculture, Forêts, Elevage et Colonisation, au Ministère du Congo belge et du Ruanda-Urundi ;  
**HOMES, M.**, Professeur à l'Université Libre de Bruxelles ;  
**OPSOMER, M.**, Professeur à l'Institut Agronomique de Louvain ;  
**STOFFELS, E.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gembloux ;  
**TAVERNIER, A.**, Professeur à l'Université de Gand.

#### C. — DIRECTEUR GÉNÉRAL

**M. JURION, F.**

---

