

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

**RECHERCHES SUR L'AUTOSTÉRILITÉ
DU CAFÉIER ROBUSTA
(*Coffea canephora* PIERRE)**

PAR

M. DEVREUX

Ingénieur agronome Lv.
Assistant à la Division de
Génétique

G. VALLAEYS

Ingénieur agronome Gx
Chef de la Division du Caféier
et du Cacaoyer

ET

P. POCHET

Ingénieur agronome Lv.
Assistant à la Division du Caféier
et du Cacaoyer

A. GILLES

Docteur en Sciences
Professeur à l'Université de Louvain
Chargé de mission de l'I.N.E.A.C.

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 78
1959

PRIX : 40 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 BRUIYNE, 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 ;

**RECHERCHES SUR L'AUTOSTÉRILITÉ
DU CAFÉIER ROBUSTA
(*Coffea canephora* PIERRE)**

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

RECHERCHES SUR L'AUTOSTÉRILITÉ
DU CAFÉIER ROBUSTA
(*Coffea canephora* PIERRE)

PAR

M. DEVREUX

Ingénieur agronome Lv.
Assistant à la Division de
Génétique

G. VALLAEYS

Ingénieur agronome Gx
Chef de la Division du Caféier
et du Cacaoyer

ET

P. POCHET

Ingénieur agronome Lv.
Assistant à la Division du Caféier
et du Cacaoyer

A. GILLES

Docteur en Sciences
Professeur à l'Université de Louvain
Chargé de mission de l'I.N.É.A.C.

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 78
1959

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	9
CHAPITRE I. — <i>Revue bibliographique</i>	II
1. Indes néerlandaises	11
2. Uganda	13
3. Brésil	14
4. Côte d'Ivoire	14
5. Congo belge	15
CHAPITRE II. — <i>Mise au point de méthodes expérimentales</i>	17
1. Agents de pollinisation	17
2. Viabilité et conservation du pollen	20
3. Efficacité de l'isolement	21
CHAPITRE III. — <i>Expérimentation au champ</i>	23
CHAPITRE IV. — <i>Recherche des causes de l'autostérilité</i>	30
1. Structure florale	30
2. Micro- et macrosporogénèse	31
3. Vitesse de croissance des tubes polliniques	36
DISCUSSION ET CONCLUSIONS	37
RÉSUMÉ	40
BIBLIOGRAPHIE	41

INTRODUCTION

L'amélioration du caféier Robusta, entreprise au début de ce siècle, a d'abord été menée suivant les méthodes classiques appliquées aux plantes arbustives. Bientôt cependant, divers problèmes se sont posés, dont la solution pouvait mettre en cause la validité des principes. On avait notamment remarqué depuis longtemps que la fructification, en conditions d'autopollinisation, était peu abondante. Cette constatation a suscité de nombreuses recherches expérimentales dont les résultats ont été interprétés de façon variable et incertaine.

Il est pourtant essentiel, pour une sélection efficace, de connaître avec précision le comportement de la plante cultivée dans des conditions déterminées.

Cette étude relate les étapes successives de l'expérimentation effectuée dans ce but. Les résultats permettent, nous semble-t-il, une interprétation non équivoque.

CHAPITRE PREMIER

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Pour mettre en relief l'évolution des opinions sur la sélection et la biologie florale, analysons, aussi succinctement que possible, les travaux menés jusqu'ici aux Indes néerlandaises, en Uganda, en Côte d'Ivoire, au Brésil et au Congo belge.

1. Indes néerlandaises.

En 1900, des essais de culture des caféiers locaux étaient en cours ; des graines de Robusta du Congo belge furent alors introduites. Une sélection massale permettait, dès 1916, de retenir vingt-six arbres mères qui devaient être multipliés par greffe au cours des années suivantes. De petites parcelles monoclonales furent établies et mises en observation. A cette même époque, les sélectionneurs s'appliquaient à connaître la biologie florale de leurs caféiers, mais c'est en 1932 seulement que HILLE RIS LAMBERS publia une discussion des observations faites dans ce domaine. On avait tout naturellement tenté de pratiquer une autopolinisation forcée, en isolant des inflorescences sous manchon (méthode traditionnelle) ; toutefois, après quelques essais, cette méthode se révélait peu favorable, car « la nouaison était tellement faible que, sur une branche porteuse de plusieurs centaines de fleurs, deux ou trois fruits seulement se développaient ; ce qui portait à croire que le toilettage, avant l'isolement, n'avait pas été parfait ». On s'est adressé alors aux parcelles monoclonales, estimant que « l'on y récolte de la semence *pratiquement* autofécondée, à condition de négliger les fruits formés en périphérie de la parcelle. Dans de telles conditions, il apparaît que le taux de nouaison est faible, comparé à celui obtenu après pollinisation libre, mais nettement supérieur au taux constaté après autopolinisation sous manchon ».

Pour expliquer cette réduction du taux de nouaison, HILLE RIS LAMBERS (*op. cit.*) mentionne, en les adoptant, les constatations assez

limitées, semble-t-il, de VON FABER [1910] : « après autopollinisation, la croissance des tubes polliniques est beaucoup plus lente qu'après allo-pollinisation ».

Néanmoins, l'autopollinisation restait la voie la meilleure pour aboutir à l'homogénéité. Aussi se proposa-t-on de rechercher des clones capables de fructifier abondamment après autopollinisation, tout en s'efforçant de repérer les meilleurs clones complémentaires en vue de croisements immédiats. Pratiquement, plusieurs clones furent installés en champs monoclonaux d'une superficie de un hectare et il était entendu que la semence récoltée au centre de chaque champ pouvait être considérée comme produite par autofécondation. D'autre part, à la suite de nombreux croisements entre ces clones, des champs biclonaux, de production très importante, furent bientôt constitués.

FERWERDA [1932] reprend l'analyse des clones quant à leur capacité d'autofécondation et rapporte que, sur 10 clones mis à l'épreuve, 3 donnent une bonne fructification, 4 une production moyenne et 3 ne produisent que peu de fruits. Dans les cas les plus favorables, la fructification est cependant inférieure de moitié à celle des pollinisations libres. L'auteur signale également des cas où, en champ monoclonal, la production est si élevée qu'il faut la considérer comme due à une allopollinisation ; c'est pourquoi il conseille le mélange de clones ou la disposition en lignes alternées de semenceaux et de greffes.

HILLE RIS LAMBERS [1933, 1934, 1935] insiste à nouveau sur l'intérêt que revêt l'obtention d'une semence d'autofécondation. A son avis, le faible pourcentage de fructification dans les champs monoclonaux (1 à 13 % suivant les clones, pourcentage calculé quatre à six mois après la pollinisation) garde tout son intérêt en ce qui concerne la sélection ; pour l'obtention immédiate de grandes quantités de semences, il préconise la constitution de champs biclonaux isolés de superficie étendue ou mieux encore, la pulvérisation, dans les champs monoclonaux existants, du pollen d'un autre clone judicieusement choisi. Par cette méthode, on produirait une quantité importante de semences de croisements ainsi qu'une quantité très faible de semences d'autofécondation. HILLE RIS LAMBERS pose pour la première fois le problème de l'isolement des différents champs semenciers ; il estime qu'une pénétration de pollen étranger ne se fera pas sur une distance supérieure à six rangées de caféiers.

Après de nouvelles observations, le même auteur [1936] signale que la pollinisation croisée donne une fructification de dix à vingt fois supérieure à celle de l'autopollinisation ; dans ce dernier cas, ajoute-t-il, le taux de fructification ne dépasse pas 1 %.

A la même époque, FERWERDA [1936] s'est intéressé au transport du pollen, qui serait assuré par le vent et les insectes ; le rôle de ces derniers serait d'ailleurs moins important. Il est donc essentiel de protéger

les champs isolés contre tout apport de pollen étranger. L'auteur estime qu'il suffit pour cela de les séparer par une « barrière verte » de 15 à 30 m de largeur ; une haie buissonnante d'une largeur de un mètre constituerait cependant déjà un obstacle appréciable au passage du pollen.

FERWERDA, qui semble être le seul chercheur des Indes néerlandaises attaché à l'étude de ces problèmes à partir de 1936, déclare à ce moment avoir décelé, sur 12 clones autopollinisés, 3 clones autofertiles, alors que sur 80 croisements, 72 sont fertiles ; le taux de nouaison des clones autofertiles est faible (5 %) et de nombreuses fèves défectueuses apparaissent fréquemment [1937].

De nouvelles comparaisons ont été effectuées [1941] entre productions de parcelles monoclonales et de combinaisons définies de clones ; dans le second cas, la production est supérieure de 13 à 60 % à celle des parcelles monoclonales ; bien que celle-ci ait été surestimée, l'isolement, assuré par une bande de deux lignes de caféiers, était certainement insuffisant.

Par la suite, l'opinion de FERWERDA [1948] est plus ferme : « le caféier Robusta est fortement autostérile ; de sorte que, en cas de croisements dirigés, on peut omettre l'émasculature pourtant indispensable lorsque l'on désire expérimenter de façon précise ». Aussi l'auteur propose-t-il un nouveau schéma de sélection, basé exclusivement sur des croisements biclonaux.

Enfin, le même auteur [1954], revenant sur les étapes successives du schéma esquissé en 1948, en discute les difficultés et en propose un autre basé, celui-ci, sur l'aptitude à la combinaison et l'élimination par « top-cross ». L'autopollinisation n'est plus mentionnée que comme un facteur dont les effets sont négligeables.

2. Uganda.

Le faible pourcentage de fructification, après autopollinisation, est rapporté par LIEBENBERG [1929]. Celui-ci, considérant que le transport de pollen est assuré essentiellement par les insectes, estime que l'autopollinisation forcée n'est possible que par apport manuel de pollen aux fleurs isolées sous manchon.

THOMAS [1933] tente de mettre au point la technique d'isolement et de pollinisation manuelle par pinceau. Ses premiers essais, effectués sur de petits arbres greffés, entièrement isolés, sont sans résultats. L'année suivante [1934], il obtient, pour 7 clones, des taux variant de 6 à 45 %, dont il s'étonne vivement vu le faible degré d'autofertilité relevé ailleurs, tout spécialement aux Indes néerlandaises.

Lors d'un nouvel essai, THOMAS [1936] a obtenu des résultats analogues, alors que des clones introduits de Java, traités suivant le même processus, ne produisent que peu de fruits. Il insiste sur cette différence de comportement des types locaux et des types introduits et souligne l'intérêt considérable que peuvent présenter, pour la sélection, les types de l'Uganda à autofertilité élevée [1937].

Plus tard, le même auteur [1947] constate une grande variabilité dans les familles de semenceaux provenant des autopolinisations antérieures. La pollinisation croisée est, dit-il, le mode usuel de reproduction chez le caféier Robusta. Il annonce en même temps la poursuite des comparaisons des descendance d'auto- et d'allopollinisation ; mais, à notre connaissance, ces questions ne figurent plus dans les rapports ultérieurs du Département de l'Agriculture.

3. Brésil.

A la station de Campinas, à côté des recherches bien connues sur la sélection et la génétique de *Coffea arabica*, des travaux comparatifs ont été entrepris sur *C. canephora*. L'étude de l'autopolinisation en conditions d'isolement, due à MENDES [1949], amène l'auteur à considérer cette espèce comme strictement autostérile, aucune nouaison ne se produisant dans les manchons. Comparant ses résultats à ceux de FERWERDA et de THOMAS, et constatant, en outre, un degré d'interstérilité plus élevé que celui relevé à Java, MENDES explique ces différences en supposant que le matériel dont elle dispose est génétiquement plus homogène.

4. Côte d'Ivoire.

Ainsi que le rappelle PORTÈRES [1939], la culture du caféier Robusta, introduit de Java et d'Eala, a remplacé progressivement, dans cette région, dès 1924, celle des variétés Kouilou, Petit Indénié et Gros Indénié. Des produits sélectionnés de Yangambi et de Lula y furent également introduits, en 1935, et soumis à une sélection généalogique.

FRESSANGES [1954], à l'occasion d'une discussion de la sélection opérée, souligne les difficultés rencontrées ; les premiers essais d'autopolinisation ont abouti à un échec attribué à l'influence néfaste des cages d'isolement sur le développement des plantes ; lors d'essais ultérieurs, l'isolement de branches fleuries a été réalisé par des manchons de tulle moustiquaire ; les graines issues d'autofécondations ont produit des plants moins vigoureux que ceux provenant de pollinisations libres ; certains plants, cependant, sont très vigoureux ; il est possible qu'ils proviennent

d'une pollinisation accidentelle, l'isolement ayant été imparfait. C'est pourquoi, lors de nouveaux essais, les efforts ont porté sur le perfectionnement de l'isolement; il est réalisé, cette fois, par une double épaisseur de tulle; aucune graine d'autofécondation n'ayant été produite, l'auteur suppose que le confinement est responsable de l'avortement général des fleurs. FRESSANGES exprime dès lors l'opinion que l'autofécondation, chez *C. canephora*, est difficile. Au total, un arbre autopollinisé pourrait porter 155 graines, alors qu'en pollinisation libre, ce nombre s'élève à 1.500-2.000 graines.

JACQUES-FÉLIX [1954], se référant aux résultats de MENDES [1949], déclare que *C. canephora* appartient, du moins par certaines de ses lignées, au groupe des plantes auto-incompatibles dont le style est inhibiteur du pollen. L'auto-incompatibilité aurait donc un fondement biochimique.

5. Congo belge.

La plantation de Lula, fondée en 1911, dispose bientôt d'une collection importante de caféiers africains. Leur observation incite les chercheurs à accorder une importance prépondérante à *C. canephora* qui, sous le nom de caféier Robusta, bénéficie déjà d'un intérêt croissant aux Indes néerlandaises. Des semences sélectionnées peuvent rapidement être livrées, grâce à une sélection massale.

Les essais réalisés en 1920 ont montré la difficulté d'obtenir une semence pure, en raison surtout des multiples hybridations naturelles aisément réalisées. Aussi a-t-on, sans tarder, tenté de favoriser l'autofécondation par l'isolement en cages métalliques et, principalement, par l'installation de petites parcelles isolées.

A Yangambi, des caféiers ont été plantés, dès 1914, en association avec des hévéas puis avec des palmiers. Des extensions ont été réalisées, à partir de 1921, au moyen de semences de fécondation libre issues des meilleurs pieds mères de Lula et de Yangambi. Ces cultures constituent le matériel de départ de la sélection. En 1930 cependant, la Station de sélection de Yangambi introduit d'Indonésie des semences d'origines diverses considérées comme « légitimes », ainsi que des plants greffés qui, aussitôt, sont plantés en parcelles monoclonales isolées. L'année suivante, G. SLADDEN introduit du matériel sélectionné aux Indes néerlandaises : clones divers et lignées qualifiées « légitimes autofécondées ». En 1934, l'I.N.E.A.C., dès sa création, fonde, au sein du Centre de Recherches de Yangambi, la Division du Caféier, dont J.P.S. CRAMER, spécialiste de la caféiculture aux Indes néerlandaises, assume les fonctions de Conseiller. Parmi les activités proposées, figure l'étude de l'autofécondation en plantations monoclonales.

A la suite d'essais d'autofécondation, POSKIN [1938] obtient un résultat variant entre 1,6 et 18,8 % de nouaisons. La réussite de l'autofécondation serait, selon lui, contrariée par les artifices auxquels on est forcé de recourir. Les parcelles monoclonales, au nombre de 270 environ, sont destinées à fournir les descendance légitimes autofécondées des candidats arbres mères.

Le caractère allogame de la fécondation chez le Robusta a été reconnu très vite ; les faibles pourcentages de fructification, après autopollinisation, indiquent un certain degré d'auto-incompatibilité. POSKIN s'est attaché, en 1939, à l'étude de ce phénomène. Il compare les résultats de la pollinisation libre à ceux de l'autopollinisation forcée (manchons d'isolement) ; dans le premier cas, 63 % des fruits arrivent à maturité ; dans le deuxième cas, pour 10.919 fleurs, il obtient 19 fruits, soit 0,17 %. Une autostérilité aussi marquée lui semble anormale ; il admet la possibilité qu'une autostérilité passagère se soit manifestée pendant la période des essais ; ceux-ci ont, en effet, été menés en juin et juillet, mois de faible floraison.

L'étude comparative des descendance considérées comme issues d'autofécondations (parcelles monoclonales) s'est poursuivie, par tranches successives, de 1944 à 1951. Elle a porté sur un total de 138 descendance. On a retenu, à la suite de cette étude, 7 lignées dont les arbres mères ont été utilisés immédiatement pour l'établissement des grands champs clonaux destinés à livrer une semence de qualité. L'étude de la valeur de ces mêmes arbres mères, dans divers croisements, est en cours.

A ce stade cependant, le schéma suivi doit être remis à l'étude ; il est notamment indispensable de s'assurer que, dans les parcelles monoclonales, l'autofécondation se réalise effectivement et à l'exclusion de toute hybridation. L'analyse des opinions des divers chercheurs, et celle des travaux expérimentaux sur lesquels elles sont fondées, ne permet pas de considérer ce problème comme résolu. L'existence d'un certain degré d'autostérilité ne semble faire, depuis longtemps, aucun doute ; mais la variabilité des résultats, ainsi que les explications toujours assez confuses des auteurs, surtout dans les cas d'insuccès total de l'autopollinisation, rendent l'interprétation fort difficile ; en effet :

- en cas d'isolement par manchon, le confinement est rendu responsable de l'insuccès ;
- en parcelles monoclonales, on semble s'être trop peu préoccupé de l'isolement effectif des parcelles ;
- l'observation microscopique des tubes polliniques dans les styles, par VON FABER [1910] et MENDES [1949], semble avoir été trop peu poussée.

CHAPITRE II

MISE AU POINT DE MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

L'analyse des opinions exprimées par divers auteurs révèle que les techniques expérimentales ont toujours été déficientes dans une certaine mesure. Nous devons éviter ce défaut en étudiant soigneusement les agents de pollinisation, la viabilité du pollen, la possibilité de le conserver et l'efficacité de l'isolement expérimental.

1. Agents de pollinisation.

Il semble indubitable que le pollen soit transporté essentiellement par le vent et par les insectes ; mais les avis sont partagés quant à l'importance relative de ces deux agents ; le rôle des insectes paraît être particulièrement difficile à préciser.

HILLE RIS LAMBERS [1932] et FERWERDA [1933] ont constaté la présence dans les champs de caféiers d'une abeille, *Apis indica*, à laquelle ils attribuent un rôle fort limité dans les grandes plantations.

Le silence régnant dans les caféières suggère à DE HAAN [1923] un manque de vie ; FRANSSEN [1932] estime que, si les populations d'abeilles sont réduites, c'est parce que les caféiers ne sont pas entourés de plantes d'engrais vert et d'arbres d'ombrage susceptibles d'attirer les insectes lorsque les caféiers ne sont pas en fleurs.

Selon DE HAAN, dans les petites parcelles, les abeilles sont plus nombreuses à cause de la proximité d'autres espèces végétales. Une colonie d'abeilles est formée de 15.000 individus, pouvant s'éloigner du rucher jusqu'à une distance de un kilomètre ; la surface survolée par la colonie est donc de l'ordre de 314 hectares ; une abeille ne visite habituellement qu'un seul arbre avant de rentrer au rucher ; elle n'en visite plusieurs que lorsque leurs branches sont rapprochées sur une certaine partie de leur longueur ; d'autre part, les parcelles apparemment dépourvues d'abeilles sont aussi productives que celles qui en

possèdent ; aussi l'auteur conclut-il que le rôle pollinisateur de l'abeille est fort réduit, sinon négligeable, tout spécialement en pollinisation croisée.

DE STOPPELAAR [1933] ne partage pas cet avis ; pour lui, l'abeille visite au moins trois arbres en fleurs ; elle peut aussi, en cours de route, laisser tomber du pollen qui est alors transporté par le vent.

HILLE RIS LAMBERS [1937] rapporte, à la suite de divers essais, que 55 grains de pollen sont déposés par cm^2 en huit heures ; le stigmate, dont la surface n'est pas supérieure à 2 mm^2 , ne pourrait dès lors recevoir que 1,1 grain de pollen en huit heures ; la pollinisation est donc insuffisante, ce qui explique les faibles taux de fructification souvent constatés ; en outre, la dispersion du pollen est très faible par temps brumeux ou pluvieux.

FERWERDA [1933, 1948] considère que le vent est l'agent principal de la pollinisation ; au moment de la floraison, l'atmosphère est chargée de pollen ; ayant posé à divers endroits des lames de verre recouvertes d'une pellicule de glycérine, il constate que le pollen peut être transporté à une distance de 100 m, en région plane et bien dégagée, et peut s'élever jusqu'à 8 m grâce aux courants ascendants d'air chaud ; la quantité de pollen ainsi déplacée serait considérable, largement suffisante pour que toutes les fleurs soient pollinisées.

LIEBENBERG [1929] est tenté d'attribuer le rôle principal aux insectes. En effet, 178 fleurs émasculées, recouvertes d'une toile moustiquaire, n'ont produit que 4 graines, malgré un vent normal capable de transporter le pollen de nombreuses fleurs voisines de la branche isolée ; de plus, des rameaux primaires ensachés ont été agités dans le but de provoquer une chute du pollen sur les stigmates ; malgré cela, ils n'ont produit que très peu de fruits. Parmi les insectes, l'abeille à miel serait le meilleur pollinisateur à côté de deux autres abeilles plus petites, non identifiées.

Lors des essais d'autopollinisation forcée, relatés plus haut (p. 13), THOMAS [1934] a introduit dans les cages d'isolement des abeilles préalablement lavées à l'eau pour les débarrasser des grains de pollen qu'elles auraient pu porter ; dans de telles conditions, deux clones ont donné respectivement 19 et 6 % de nouaison.

Au Brésil, des recherches systématiques ont été menées pour connaître les agents de pollinisation de *C. arabica* ; il en résulte [KRUG, 1949] que le vent et les insectes ont sensiblement la même influence ; le vent serait cependant l'agent déterminant en cas de pollinisation croisée.

POSKIN souligne, en 1938, l'importance des abeilles à Yangambi ; elles y seraient, selon lui, plus nombreuses et plus actives qu'aux Indes néerlandaises.

Nous avons repris cette étude en décembre 1953 et janvier 1954, c'est-à-dire pendant la période des grandes floraisons. L'anthèse se produit le matin, entre 5 et 6 heures, et les anthères sont presque aussitôt déhiscentes ; à ce moment, quelques grains de pollen s'échappent et tombent sur les stigmates voisins, assurant ainsi une autopolinisation. C'est plus tard que le pollen est émis en abondance ; vers 9 heures en effet, soit trois à quatre heures après l'épanouissement floral, l'atmosphère est tellement chargée de pollen que les stigmates, observés dès après l'émasculatation, sont porteurs de grains de pollen. Ces observations nous ont amenés à conclure qu'il est indispensable d'opérer l'émasculatation et d'isoler les rameaux florifères entre 6 et 8 heures. Le pollen déplacé à ce moment de la journée est, sans aucun doute, transporté par le vent ; c'est, en effet, à partir de 10 ou 11 heures que les abeilles sont très nombreuses dans les caféières. L'insecte se pose sur la fleur, au bord de la corolle, et s'introduit profondément dans le tube corollin en direction du disque ; il récolte une grande quantité de nectar et de pollen dont il charge ses deux peignes ; son corps se couvre aussi de nombreux grains de pollen et son dos entre en contact avec les papilles stigmatiques ; la pollinisation est ainsi aisément accomplie.

Grâce à la collaboration de la Division de Phytopathologie et d'Entomologie, de nombreuses abeilles ont été capturées et identifiées ; l'espèce la plus abondante est *Apis mellifera* var. *italica* ; à côté de celle-ci, deux abeilles sauvages sont fréquemment récoltées. Ces insectes pollinisateurs butinent de fleur en fleur et passent d'un arbre à un autre jusqu'au moment où leur récolte est très abondante ; ils retournent alors vers le rucher.

Sur milieu gélosé sucré, le pouvoir germinatif du pollen prélevé sur les peignes des abeilles capturées a été excellent. Nous ne croyons toutefois pas que ce pollen, très aggloméré et adhérent fortement aux peignes, puisse servir effectivement à la pollinisation ; au contraire, celui qui couvre le dos de l'abeille ne présente pas les mêmes caractéristiques et doit, de ce fait, être d'une plus grande efficacité.

Encore faut-il savoir lequel des deux agents de pollinisation est prépondérant en conditions naturelles. Des rameaux florifères, entourés de manchons en tissu la veille de l'anthèse, ont été analysés neuf heures après l'épanouissement floral, sans qu'aucun mouvement artificiel ait été imprimé pour favoriser la dispersion pollinique ; l'analyse a montré que tous les stigmates sont couverts d'un pollen abondant. Dans un autre cas, quelques caféiers isolés dans de petits locaux hermétiques, en l'absence d'insectes, ont été soumis à un « vent artificiel » produit par un ventilateur de faible puissance ; cette fois encore, tous les stigmates analysés portaient de nombreux grains de pollen.

Ces faits montrent, nous semble-t-il, que le vent est incontestablement l'agent pollinisateur essentiel ; mais le rôle adjuvant des insectes, dans la dispersion du pollen, est ou peut être très grand.

2. Viabilité et conservation du pollen.

Pour conserver le pollen de *C. canephora*, HILLE RIS LAMBERS [1934] utilise la chaux vive ; le pollen est remué de temps en temps de façon à éviter les fermentations et la moisissure ; il estime maintenir ainsi le pouvoir de germination pendant trois à quatre semaines.

Ayant mené plusieurs essais avec des pollens de *C. canephora*, *C. excelsa* et d'hybrides interspécifiques, FERWERDA [1937] conclut que le milieu de germination le plus favorable est une solution de saccharose à 15 %, sans addition d'agar. A l'état frais, le taux de germination varie de 70 à 85 % ; desséché à l'air, et conservé sans précautions spéciales, il perd rapidement son pouvoir germinatif ; celui-ci est nul après une semaine. Par contre, conservé en dessiccateur sur chaux vive, le même pollen garde un pouvoir germinatif suffisant pendant un mois ou davantage ; des pollens de clones divers, dont les taux de germination variaient de 55 à 88 % après deux jours, germent encore, dans une proportion de 4 à 17 %, après vingt-six jours.

Suivant FERWERDA encore, la conservation sur pentoxyde phosphoreux assure un maintien du pouvoir germinatif jusqu'à six semaines après le prélèvement. L'auteur constate que le pollen humidifié artificiellement avant dessiccation se conserve pendant un temps beaucoup moins long ; ceci indique qu'il faut éviter de prélever du pollen, en vue de sa conservation, par temps très humide.

LIEBENBERG [1929], après avoir constaté que la viabilité du pollen est maintenue, aux champs, jusqu'à trente heures après la déhiscence des anthères, effectue des essais de germination de ce pollen dans des solutions de sucre de canne à concentrations variant de 0 à 35 % ; il en conclut que la concentration la plus favorable est de l'ordre de 10 % (exactement 7 à 12 %). Dans ces solutions, la germination est cependant fort variable ; quelques grains seulement germent après une heure, tandis que la majorité des grains ne germent qu'après un temps notablement plus long. D'autre part, le pouvoir germinatif, maintenu pendant quatre jours en conditions naturelles, persiste après sept jours de conservation en dessiccateur.

MENDES [1949] a obtenu le taux de germination le plus élevé (55,2 %) sur milieu gélosé à 0,5 % contenant 10 % de sucre de canne ; l'auteur constate en outre que, en conditions naturelles, le pollen perd rapidement son pouvoir germinatif, car il est très sensible aux variations

de température et d'humidité ; la conservation est aisément réalisée, pendant quatre à cinq jours, à basse température (0° C) et en atmosphère sèche (10 % d'humidité).

POSKIN, en 1938, s'est heurté, lui aussi, au problème de la conservation efficace du pollen. Ses premières recherches dans ce domaine lui ont montré qu'une solution de saccharose à 0,5 % était le milieu de germination le plus favorable ; d'autre part, un pollen conservé sur chlorure de calcium anhydre, après une dessiccation initiale par exposition au soleil pendant quelques heures, germe encore parfaitement après quinze jours, mais très faiblement après un mois. Dans la suite cependant, POSKIN utilise une solution à 1 % de sucre et obtient, sur ce milieu, un taux de germination de 69 à 72 % après quinze jours de conservation et 45 à 47 % après un mois de conservation ; dans les deux cas, les taux de germination sont obtenus en un temps très court : respectivement six et douze heures.

En présence de ces données bibliographiques assez variées, nous avons entrepris, en 1953-1954, la comparaison des méthodes proposées.

En ce qui concerne le milieu de germination, nos observations bien-tôt que les techniques de FERWERDA et de MENDES ne donnent aucun résultat utile. Après plusieurs tâtonnements, nous adoptons le milieu le plus simple : solution de sucre de canne à 1 %, sans addition d'agar ; sur ce milieu, le pourcentage de germination du pollen frais atteint 90 %.

Quant à la conservation du pollen, trois méthodes ont été comparées : dessiccateur au chlorure de calcium, dessiccateur au silicagel et dessiccateur à basse température (6° C). Sur silicagel, la déshydratation est insuffisante : 45 % d'humidité constituait le minimum obtenu. A basse température, le pouvoir germinatif décroît rapidement. La seule méthode à retenir est donc la conservation en dessiccateur sur chlorure de calcium anhydre, à température ordinaire ($\pm 25^{\circ}$ C). Des tests de germination effectués tous les trois jours pendant plus d'un mois nous ont indiqué que la décroissance du pouvoir germinatif est très faible pendant les trente premiers jours ; après cette période, le taux de germination tombe rapidement, en quelques jours, à 20 %.

Nous possédons donc, dès ce moment, une méthode favorable à une bonne conservation pendant un mois.

3. Efficacité de l'isolement.

Nous avons indiqué brièvement (chapitre premier) que l'on a eu recours à diverses méthodes d'isolement des inflorescences en vue de réaliser des autofécondations ; mais les auteurs n'ont pu tirer, de l'application de ces méthodes, des conclusions certaines et concordantes ; l'ana-

lyse de leur technique d'expérimentation nous a montré que le mode d'isolement devait être mis en cause : la matière utilisée pour la confection des manchons était, ou trop lâche et donc susceptible de permettre la pénétration d'un pollen étranger, ou trop imperméable et ne permettant pas l'aération nécessaire au développement normal des bourgeons floraux.

Il était dès lors urgent d'étudier systématiquement la valeur des méthodes employées, pour arrêter un mode d'expérimentation totalement efficace.

Rappelons sommairement les points essentiels des méthodes employées antérieurement. VOUTE et VAN HALL, en 1913, ont, les premiers, utilisé des manchons, sans résultat important. HILLE RIS LAMBERS [1932] estime que les manchons en tulle ne sont pas efficaces car du pollen étranger peut y pénétrer ; d'autre part, avec du « papier parchemin », l'étanchéité est assurée, mais la fructification est entravée. THOMAS [1933] isole entièrement des petits arbres greffés dans des cages en tissu moustiquaire ; il obtient ainsi 15 à 45 % de fructification. FRESSANGES [1954] rapporte que les premiers essais d'autopollinisation ont été effectués, en Côte d'Ivoire, par l'emploi de cages en fin treillis métallique ; les taux de fructification étant faibles, on a pensé que l'isolement entravait le développement ; dans d'autres essais, des manchons en tulle ont été installés pendant la période de floraison, mais l'étude de la descendance a montré qu'une pollinisation croisée avait dû se produire. Plus tard, les isolements ont été effectués sous une double épaisseur de tulle ; aucune fructification n'ayant été obtenue, on a pensé que le manchon produisait un « étouffement » des inflorescences. KRUG [1935] isole les fleurs de *C. arabica* au moyen de sacs en papier ou en toile. A Yangambi, POSKIN s'est attaché particulièrement, en 1938, à l'étude de divers types de manchons : sacs en papier fort, en papier fort paraffiné, en papier ordinaire paraffiné, en toile simple, en toile simple paraffinée, en toile double, en papier ordinaire doublé d'un sac de toile simple, en toile forté, en tissu moustiquaire simple, en tissu moustiquaire double. Il conclut que les sacs en toile double ou en toile forte sont les seuls à conseiller ; le tissu moustiquaire, simple ou double, laisse passer 10 grains de pollen par cm² ; le papier et la toile paraffinée entravent le développement.

En 1953 et 1954, nous avons étudié également cette question, dans un grand nombre de cas impliquant de nombreux isolements. En tout premier lieu, il nous a paru inutile d'envisager l'emploi de sacs en papier ou en toile paraffinée ; il est trop évident qu'ils doivent être proscrits. Dès lors, il fallait examiner divers types de toiles et en choisir une en fonction des interstices qu'elle comporte, ces interstices devant être plus petits que les grains de pollen de *C. canephora*.

Les grains de pollen ont un diamètre variant de 25 à 32 μ . Un premier tissu, jadis utilisé, s'est révélé trop lâche ; ses interstices sont

d'une dimension cinq fois supérieure à celle des grains de pollen. Un autre tissu, à trame très serrée, a donc été adopté pour la confection des manchons ; ceux-ci, de forme parallépipédique ou cylindrique, possèdent une armature métallique (gros fil de fer) et sont munis d'une « fenêtre » en matière plastique lorsqu'ils sont destinés à isoler les rameaux choisis pour la récolte du pollen. Ces manchons ont été placés, la veille du jour de l'anthèse, autour de nombreux rameaux ; l'extrémité du manchon est soutenue par un piquet, afin que le rameau isolé n'ait pas à supporter le poids du manchon (voir planches I et Ia).

Lors d'une première série d'essais, les rameaux isolés ont été émasculés (voir planche II); des stigmates ont ensuite été prélevés après deux, trois, quatre et cinq jours et examinés au microscope ; tous ces stigmates ne portaient aucun grain de pollen. L'efficacité de la méthode d'isolement était donc évidente. Encore fallait-il savoir si le manchon n'allait pas entraver le développement normal ; des pollisations croisées, effectuées manuellement à l'intérieur des manchons, ont donné un taux normal de fructification.

En adoptant ces manchons, nous sommes dès lors assurés de disposer d'une méthode efficace.

CHAPITRE III

EXPÉRIMENTATION AU CHAMP

Les analyses essentielles ayant été achevées et les méthodes techniques mises au point, nous avons procédé à des essais étendus. Ceux-ci se sont effectués en trois étapes :

- étude comparative, chez 4 clones, des autopolinisations par simple isolement et de celles réalisées manuellement après émasculature ;
- autopolinisation, par simple isolement, de nombreuses fleurs de 19 clones ;
- autopolinisation par isolement de plants entiers.

a. En décembre 1953, on a isolé, après élimination des boutons floraux trop développés et des jeunes fruits déjà formés, 13 rameaux de 4 clones différents. Pour chaque clone, certains rameaux sont

restés simplement enfermés dans leur manchon, tandis que d'autres étaient l'objet d'une pollinisation artificielle, le pollen d'autres pieds des mêmes clones étant déposé sur les stigmates au moyen d'un pinceau.

Au total, 431 fleurs ont été soumises à l'autopollinisation. Les manchons ont été enlevés après trois jours, les stigmates étant alors flétris ; l'élimination des nouveaux bourgeons a été poursuivie.

Un seul fruit mûr a été obtenu ; par conséquent, dans les deux cas envisagés, l'autofécondation ne s'est pas réalisée ; ce fruit, contenant d'ailleurs une seule fève, provient sans doute d'une nouaison déjà réalisée avant l'isolement.

b. Dix-neuf clones ont été soumis à l'autopollinisation, par simple isolement, au cours de quatre périodes de floraison abondante de la saison 1954-1955 : soit les 2 et 20 décembre 1954, le 16 janvier et le 3 février 1955. Nonante-huit rameaux, comportant un nombre total de 15.416 fleurs, ont ainsi été isolés ; les résultats sont rapportés au tableau I.

TABLEAU I
*Relevés mensuels des fruits au cours des onze mois
qui ont suivi l'autopollinisation.*

	Nombre de fruits relevés	Nombre de fruits en % du nombre de fleurs autopollinisées
1 ^{er} mois . . .	13.704	88,80
2 ^e mois . . .	10.634	68,90
3 ^e mois . . .	5.023	32,50
4 ^e mois . . .	1.320	8,50
5 ^e mois . . .	226	1,40
6 ^e mois . . .	72	0,46
7 ^e mois . . .	54	0,35
8 ^e mois . . .	46	0,29
9 ^e mois . . .	43	0,27
10 ^e mois . . .	39	0,25
11 ^e mois . . .	38	0,24

Ces données demandent cependant quelques commentaires :

1° Chez 10 clones, sur un total de 19, aucun fruit n'a atteint le stade de maturité. Chez 5 d'entre eux, tous les fruits noués ont disparu dès

le quatrième mois ; chez les 5 autres, cette disparition s'est étagée du cinquième au neuvième mois.

2° Pour les 9 clones restants, les pourcentages de fruits mûrs, par rapport aux nombres de fleurs pollinisées, sont respectivement : 0,045 - 0,080 - 0,160 - 0,450 - 0,740 - 0,820 - 0,870 et 1,40.

3° Parmi les 38 fruits mûrs récoltés, 20 sont normalement constitués ; 18 contiennent une seule fève, du type caracoli.

4° Les 38 fruits obtenus peuvent être considérés comme issus de pollinisations réalisées avant ou après l'isolement, ainsi qu'en témoigne le tableau II.

TABLEAU II
Mode de répartition des fruits.

Clone	Nombre de rameaux isolés	Nombre de fleurs auto-pollinisées	Nombre de fruits mûrs	Distribution des fruits
E 35	3	571	5	Sur 1 rameau
E 63	9	1.570	13	Sur 5 rameaux
E 71	4	287	4	Sur 1 rameau
SA 24	14	1.523	7	5 sur 1 rameau, 2 sur un autre
E 82	3	403	3	Sur 1 rameau
E 67	5	624	1	Sur 1 rameau
E 88	5	1.150	1	Sur 1 rameau
E 104	2	239	2	1 sur chaque rameau
SA 158	23	4.427	2	Sur 2 rameaux

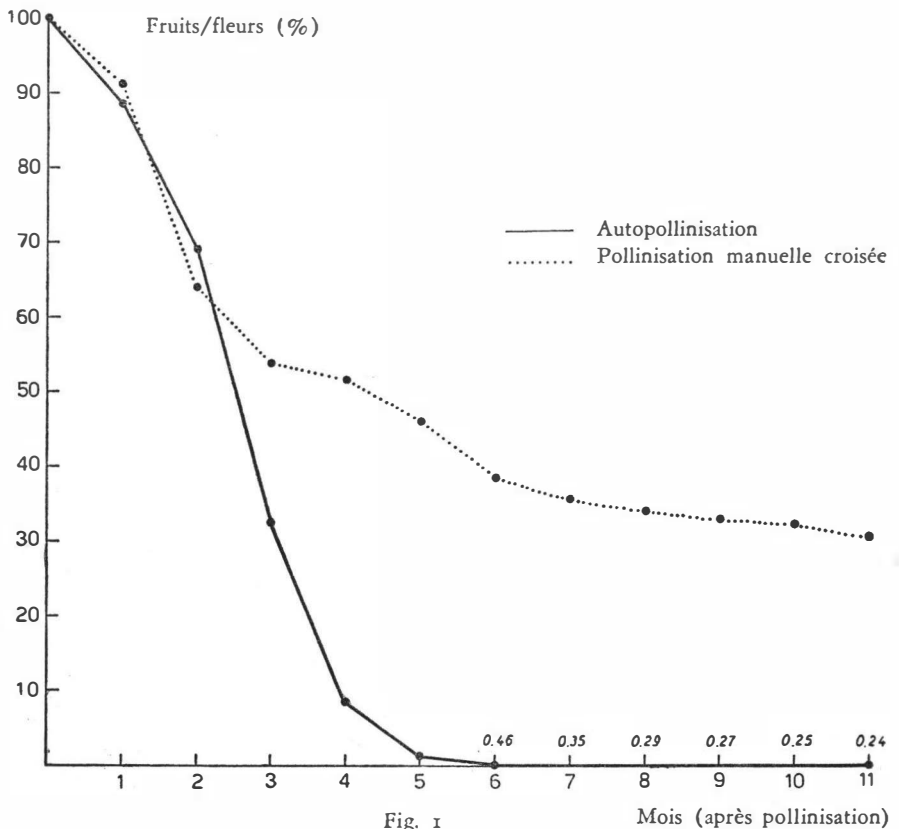
Il s'agit donc de fruits formés en très petit nombre (1, 2, 3, 4, 5) sur un rameau déterminé porteur, au départ, d'un nombre élevé de fleurs.

D'autre part, les mêmes clones ont été soumis, aux mêmes dates, à la pollinisation croisée effectuée manuellement : 72 rameaux, au total, comportant 7.609 fleurs ont été traités; 2.318 fruits mûrs furent récoltés au onzième mois. Le taux de fructification à cette époque s'élève donc à 30,4 % (tableau III).

La comparaison de ces deux séries de résultats est particulièrement aisée si l'on se reporte à la figure 1, qui montre l'évolution de la fructification dans les deux cas.

TABLEAU III
*Relevés mensuels des fruits au cours des onze mois
 qui ont suivi la pollinisation croisée.*

	Nombre des fruits relevés	Nombre des fruits en % du nombre de fleurs pollinisées
1 ^{er} mois . . .	6.951	91,30
2 ^e mois . . .	4.939	64,90
3 ^e mois . . .	4.142	54,40
4 ^e mois . . .	3.940	51,70
5 ^e mois . . .	3.496	45,90
6 ^e mois . . .	2.886	37,90
7 ^e mois . . .	2.680	35,20
8 ^e mois . . .	2.572	33,80
9 ^e mois . . .	2.511	33,00
10 ^e mois . . .	2.475	32,50
11 ^e mois . . .	2.318	30,40



Le développement des fruits formés en condition d'autopollinisation, dont le nombre relatif est négligeable, peut être légitimement imputé à des erreurs inévitables dans une expérimentation de ce genre.

c. Quelques caféiers ont été entièrement isolés, sous une tente de tissu semblable à celui des manchons, en décembre 1954 et en janvier-février 1955, et soumis à divers traitements :

1° Deux caféiers, n° 1 et n° 2, isolés le 8 février, portaient respectivement sur 16 et 22 rameaux, un total de 1.905 et 1.903 fleurs. L'évolution des fructifications observée mensuellement, pendant les onze mois qui suivirent l'autopollinisation, est indiquée dans le tableau IV.

TABLEAU IV
Relevés mensuels des fruits.

	Caféier n° 1	Caféier n° 2	Totaux	Nombre de fruits en % du nombre de fleurs autopollinisées
1 ^{er} mois . .	1.708	1.803	3.511	92,20
2 ^e mois . .	1.560	1.030	2.590	68,00
3 ^e mois . .	584	276	860	22,50
4 ^e mois . .	117	1	118	3,00
5 ^e mois . .	2	1	3	0,08
6 ^e mois . .	2	1	3	0,08
7 ^e mois . .	2	1	3	0,08
8 ^e mois . .	2	1	3	0,08
9 ^e mois . .	2	1	3	0,08
10 ^e mois . .	2	0	2	0,05
11 ^e mois . .	2	0	2	0,05

Ainsi donc, le caféier n° 1 a produit, au onzième mois, deux fruits mûrs, alors que le caféier n° 2 n'en a produit aucun. La disparition des fruits noués s'effectue, dans le premier cas, au cours des quatre premiers mois ; dans le second cas, au cours des trois premiers mois ; cette évolution est donc parallèle à celle constatée lors des essais antérieurs.

2° Deux caféiers, A 1 et A 2, furent isolés le 2 décembre 1954 et deux autres, B 1 et B 2, le 16 janvier 1955 ; A 1 et B 1 ont été soumis

à l'autopollinisation par isolement simple, tandis que A 2 et B 2 étaient soumis à la pollinisation croisée artificielle après émasculature de toutes les fleurs. Les observations sont rapportées dans le tableau V.

TABLEAU V

Relevés mensuels des fruits.

	Autopollinisation			Pollinisation croisée		
	Caféier A 1 (7 rameaux, 477 fleurs)	Caféier B 1 (12 rameaux, 879 fleurs)	Nombre de fruits en % du nombre de fleurs	Caféier A 2 (7 rameaux, 382 fleurs)	Caféier B 2 (12 rameaux, 987 fleurs)	Nombre de fruits en % du nombre de fleurs
1 ^{er} mois	445	824	93,50	368	920	94,2
2 ^e mois	304	569	64,30	307	779	86,3
3 ^e mois	11	0	0,81	272	657	68,0
4 ^e mois	0	0	—	223	585	59,3
5 ^e mois	0	0	—	194	559	55,1
6 ^e mois	0	0	—	187	543	53,4
7 ^e mois	0	0	—	176	532	51,8
8 ^e mois	0	0	—	161	525	50,2
9 ^e mois	0	0	—	156	524	49,7
10 ^e mois	0	0	—	156	522	49,6
11 ^e mois	0	0	—	135	427	42,6

L'autopollinisation (A 1 et B 1) n'a donc donné aucun fruit mûr ; tous les fruits noués ont disparu au cours des trois premiers mois pour A 1, dès les deux premiers mois pour B 1. Après pollinisation croisée (A 2 et B 2), 135 et 427 fruits mûrs, respectivement, ont été récoltés après onze mois ; le rendement moyen s'établit ainsi à 42,6 %.

Pour faciliter leur comparaison, les résultats obtenus pour les caféiers n° 1 et n° 2, A 1 et B 1, A 2 et B 2, ont été exprimés sous forme de trois courbes représentées par la figure 2.

Tous les résultats sont manifestement concordants. Il nous reste cependant à expliquer pourquoi les nombreux fruits, noués après auto-

pollinisation, disparaissent presque tous. En fait, une explication valable a déjà été proposée par les chercheurs brésiliens [MENDES, 1949] et par FERWERDA [1951] : en l'absence de fécondation, une nouaison apparente se produit, par suite d'un gonflement du réceptacle floral (ou de la

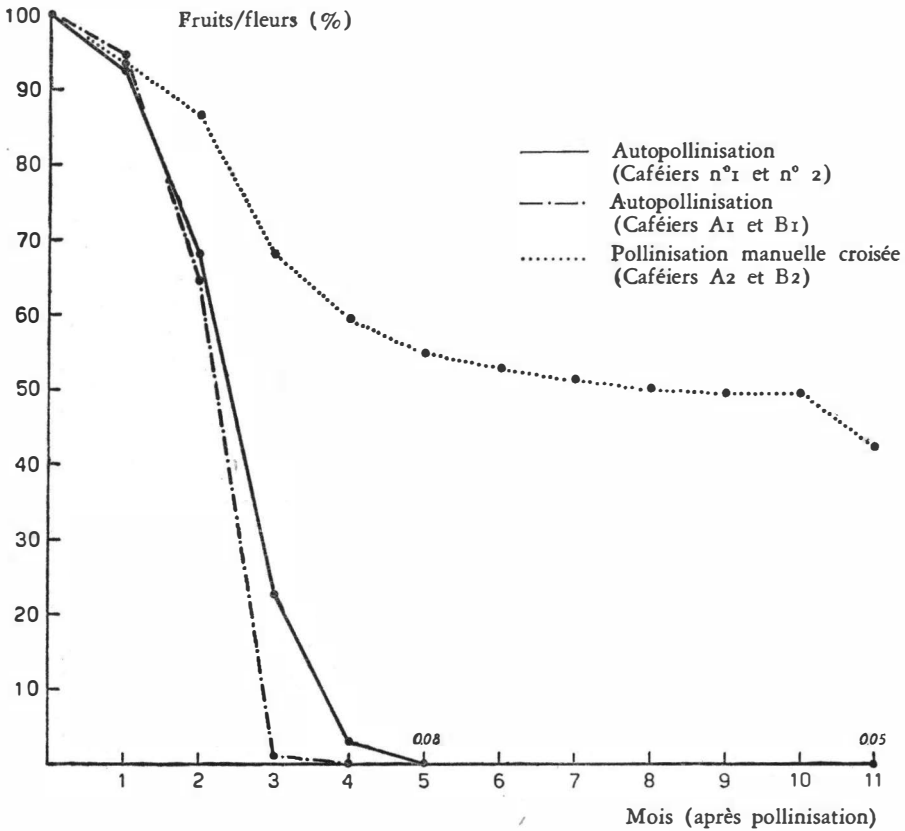


Fig. 2

paroi de l'ovaire) ; mais cet accroissement s'arrête bientôt, à un moment où devraient se dérouler les premières divisions endospermiques. La disparition massive des fruits noués est donc bien l'indication qu'une fécondation n'a pas eu lieu.

Ces diverses observations nous permettent de penser que la fécondation n'est pas réalisée après autopollinisation. En d'autres termes, *Coffea canephora* doit être considéré comme autostérile.

DUBLIN [1957] a effectué divers essais d'autopollinisation sur le caféier de la « Nana », considéré comme une variété de *Coffea canephora* ; il conclut que ce caféier est totalement autostérile. Il ajoute cependant : « il est probable que cette autostérilité n'existe de façon complète que chez certaines origines, et il est vraisemblable qu'une prospection très importante devrait permettre de découvrir des lignées autofertiles ».

CHAPITRE IV

RECHERCHE DES CAUSES DE L'AUTOSTÉRILITÉ

L'autostérilité étant démontrée, il importe d'en rechercher les causes. Analysons donc successivement : la structure florale au moment de l'anthèse, la micro- et la macrosporogénèse et la vitesse de croissance des tubes polliniques.

1. Structure florale.

La disposition des pièces florales, lors de leur évolution, peut être favorable à l'autopollinisation ou, au contraire, impliquer une projection du pollen avant que ne s'effectue une pollinisation quelconque. Chez *Coffea*, il était intéressant d'étudier la structure florale de l'espèce *arabica*, principalement autogame, et de lui comparer celle de l'espèce *canephora*.

Des boutons floraux ont été disséqués à divers stades de leur développement. L'analyse a révélé que, dans les deux espèces, le style atteint rapidement une longueur supérieure à celle des enveloppes florales encore fermées ; il est, de ce fait, replié sur lui-même. Les deux lèvres sigmatiques restent soudées jusqu'au moment de l'anthèse et les anthères ne sont pas déhiscents. Aucune pollinisation ne se produit donc à l'intérieur des boutons ; c'est seulement lors de l'épanouissement floral que le style s'étire et que les lèvres stigmatiques se séparent ; les anthères sont en déhiscence peu de temps après l'anthèse. Dans les deux espèces également, la longueur du style est très variable et il n'y a pas hétérostylie ; toutefois, chez *C. arabica*, le style est généralement plus court.

Il résulte de ces observations que, chez les deux espèces, les fleurs ne montrent pas de dispositions favorables à l'autopollinisation.

2. Micro- et macrosporogénèse.

On n'ignore pas que de multiples anomalies, frappant la méiose préparatoire à la formation des grains de pollen (microspores) ou des ovules (macrospores), peuvent être responsables d'une stérilité plus ou moins marquée d'un organisme. Ces phénomènes devaient, dès lors, être étudiés très soigneusement.

a. *Microsporogénèse.*

Dans les jeunes bourgeons floraux de *C. canephora*, il est extrêmement malaisé de repérer les stades méiotiques.

LELIVELD [1939] signale que la méiose s'amorce, à Java, environ trente-six heures après une forte pluie et se déroule ensuite en une période de six heures. Dans ces conditions, l'auteur prélève des bourgeons floraux de divers clones, les dissèque et traite séparément les anthères par le fixateur de Navashin additionné de saponine ; un tel processus technique assure une bonne pénétration du produit.

Les anthères sont ensuite débitées en coupes microtomiques d'une épaisseur de 15 μ , puis colorées par l'hématoxyline de Heidenhain. Dans ces coupes, les divers stades ont pu être observés ; dans tous les sporocytes, 22 chromosomes sont présents, disposés, en métaphase I, en 11 bivalents ; 9 de ceux-ci possèdent un seul chiasma en position terminale, les deux autres ont deux chiasmas (forme d'anneau). En diacynèse, cependant, LELIVELD relève, dans des clones bien précisés, la présence régulière d'un multivalent (quadrivalent ou pentavalent). De multiples anomalies, manifestées aux stades ultérieurs, seraient l'indice de la nature hybride des clones de Robusta ; l'absence d'homogénéité des descendance clonales serait due à des différences de structure génique des chromosomes homologues.

MENDES [1950] a également étudié la méiose dans les anthères de trois plants utilisés dans ses recherches sur l'autostérilité. Les anthères étaient fixées dans l'alcool acétique 3-1 et conservées ensuite, pendant plusieurs jours, dans le fixateur, à une température inférieure à 8° C. Après cette période, les sporocytes étaient étalés dans des frottis à l'acéto-carmin.

Bien qu'elle n'en fasse pas mention dans son article, l'auteur nous a fait part, dans une lettre personnelle, des difficultés considérables rencontrées lors de la recherche des stades sporocytaires ; elle a dû récolter des bourgeons floraux extrêmement nombreux, à différents stades d'allongement, depuis leur apparition jusqu'à l'époque de l'anthèse, pour arriver à observer les phases méiotiques. A cette occasion, elle a constaté, tout comme LELIVELD, que les jeunes sporocytes demeurent au stade

préméiotique pendant un temps très long ; après quoi, en quelques heures, toute l'évolution méiotique se produit et les grains de pollen se forment. Les observations de MENDES sont les suivantes :

— en leptotène et en zygotène, les chromosomes sont peu discernables ;
— en pachytène, l'association est rarement apparente; souvent, un chromosome est rattaché au nucléole par l'extrémité de son bras le plus court; tous les centromères sont nettement visibles ; en diacinèse, les 11 bivalents sont dispersés et leurs chiasmés sont analysables ; au cours de la seconde division, le matériel étudié présente, dans 6 % des cas, des anomalies de dissociation ; ainsi se forment des grains de pollen à 10 et 12 chromosomes au lieu de 11 chromosomes.

A Yangambi, les prélèvements, répétés à toutes les heures du jour et de la nuit, pendant plusieurs semaines, montrent que les bourgeons floraux, dès leur apparition, se développent rapidement jusqu'à atteindre une longueur de 7 à 8 mm ; à ce stade, les sporocytes sont en phase préméiotique et le développement cesse ; les bourgeons peuvent rester au même stade, tant morphologique que cytologique, pendant plusieurs mois.

A l'époque des grandes floraisons, en décembre et janvier, les bourgeons de 7 à 8 mm, devenus extrêmement nombreux, reprennent leur croissance : en quelques jours, leur longueur atteint environ 20 mm, la méiose se déroule et l'anthèse se produit. De nombreux prélèvements et analyses ont été effectués à cette époque en vue de préciser, dans la mesure du possible, les conditions favorables à l'évolution des sporocytes ; en fait, c'est quarante-huit heures après une forte chute de pluie que l'on observe cette évolution, à l'intérieur de bourgeons floraux commençant leur développement final, c'est-à-dire de longueur intermédiaire entre celle des bourgeons au repos (7-8 mm) et celle de la fleur « en chandelle ».

Pour l'étude cytologique, les bourgeons ont été fixés à l'alcool-acétique 3-1 et examinés en frottis à l'acéto-carmin ; les frottis les plus utiles ont ensuite été rendus permanents par déshydratation progressive à l'alcool butylique normal. Au début de la prophase, le sporocyte comporte un nucléole et un complexe filamenteux granuleux malaisément analysable. En diplotène, 11 groupes bivalents peuvent être reconnus, beaucoup plus distincts en diacinèse ; la majorité des bivalents possèdent un chiasma terminal, mais on en trouve occasionnellement ayant une forme de \bigcirc , à deux chiasmés.

Bien que de nombreux sporocytes aient été analysés de façon détaillée, aucun multivalent n'a été relevé (voir planche III); des multivalents « apparents » pourraient être signalés en diplotène et en début

de diacynèse ; mais ils ne constituent, sans doute, dans les cas observés, que des groupes de bivalents accidentellement rapprochés. En métaphase I, les 11 bivalents sont très agglomérés. La dissociation anaphasique est régulière. La seconde cinèse peut être considérée comme normale si l'on fait abstraction du manque de synchronisme de la dissociation anaphasique, phénomène assez courant, et les tétrades polliniques se forment de façon régulière. L'examen du pollen mûr révèle, cependant, la présence de grains vides, donc non viables ; mais leur faible pourcentage peut être tenu pour négligeable et sans incidence sur la fécondation et la fructification d'un plant ou d'un ensemble de plants.

En résumé, nos observations sont analogues à celles de LELIVELD et de MENDES ; nous devons reconnaître que rien, dans la microsporogénèse, ne peut être tenu pour responsable d'un éventuel échec de la pollinisation.

En ce qui concerne les conditions favorables à l'évolution définitive des bourgeons floraux (problème secondaire sans doute, mais qui ne pouvait manquer de nous embarrasser), il est intéressant de mentionner les résultats des recherches de MES [1957], poursuivies dans les installations du phytotron de Pasadena (Californie) sous la direction de WENT : les bourgeons floraux de *C. arabica*, comme ceux de *C. canephora*, passent par une période de repos qu'il pourrait être utile d'abrèger ou de supprimer et qu'il serait intéressant d'expliquer du point de vue théorique. Au cours d'une première série de recherches, l'auteur a vainement tenté de rompre cette « dormance » par divers traitements chimiques ; plus tard, il se consacre à l'étude de l'influence de l'hydratation et constate que la « dormance » est directement provoquée par un déficit en eau dans les bourgeons eux-mêmes ; en effet, après introduction d'eau dans la plante par une surface de sectionnement d'un rameau, ou après immersion du sommet entier de l'arbuste pendant une heure, l'évolution des bourgeons se produit sans délai et l'anthèse est réalisée en huit à dix heures, suivant la température du milieu. Détail complémentaire important : le déficit en eau mis en évidence est totalement étranger au taux d'hydratation du système racinaire ; la « dormance » se manifeste, en effet, même lorsque les racines sont saturées d'eau. Ceci est difficilement explicable ; l'auteur se propose de rechercher quels facteurs pourraient être responsables de ce déficit.

b. *Macrosporogénèse.*

La formation du sac embryonnaire a été étudiée en coupes microtomiques d'une épaisseur de 10 μ ; les ovaires avaient été prélevés au moment de l'anthèse et pendant les quelques jours suivants. Les coupes étaient colorées au crystal violet.

Les observations que nous y avons faites sont, ici encore, analogues à celles de MENDES [1950]. Tous les éléments du sac embryonnaire sont clairement visibles : les deux synergides et l'oosphère dans la région du micropyle, les trois antipodes dans la région chalazienne, les deux noyaux polaires, qui ne tardent pas à se fusionner, dans la région centrale.

La macrosporogénèse, comme la microsporogénèse, se déroule de façon normale ; aucun indice ne fait prévoir une quelconque stérilité.

3. Vitesse de croissance des tubes polliniques.

Nous avons mentionné (p. 11) les observations faites, sur ce point, par VON FABER [1910] et MENDES [1949]; suivant le premier de ces auteurs, les tubes polliniques s'allongent plus rapidement en pollinisation croisée qu'en autopolinisation ; suivant le second auteur, les tubes polliniques sont, en autopolinisation, peu nombreux et restent courts, alors qu'en pollinisation croisée, les tubes sont nombreux et s'allongent rapidement : ils atteignent l'ovaire en vingt-quatre heures.

Reprenant ce problème, nous avons observé les tubes polliniques en conditions de pollinisation naturelle, puis en conditions expérimentales d'autopolinisation forcée et de pollinisation croisée forcée.

a. *Pollinisation naturelle (pollinisation libre).*

De nombreuses fleurs ont été repérées la veille de l'anthèse puis fixées à l'alcool-acétique 3-1 le jour de l'anthèse et le lendemain à 6, 12 et 18 heures. Dans chaque cas, 10 styles au moins ont été examinés par frottis.

La technique employée est celle préconisée par MORRIS [1951] : frottis au lacto-phénol, coloration à la fuchsine acide à 1 % ; la technique de coloration au lacmoïde-jaune de Martius [NEBEL, 1931] nous a donné une moins bonne différenciation des tubes polliniques.

Stigmates fixés à 6 h (1^{er} jour) (voir planche IV, 12) :

L'anthèse s'est produite, selon toute vraisemblance, vers 5 heures, car les stigmates portent déjà quelques grains de pollen ; mais rares sont ceux qui ont déjà germé. Le nombre de grains varie entre 4 et 40 par stigmate ; deux stigmates portent des grains germés : sur l'un d'eux, 4 grains ont produit des tubes dont la longueur est égale à 3-7 fois le diamètre des grains ; sur l'autre, 3 grains portent des tubes de longueur égale à 3-10 fois le diamètre des grains.

Stigmates fixés à 12 h (1^{er} jour) (voir planche IV, 13) :

Tous les stigmates examinés sont couverts de nombreux grains de pollen (300 à 400 par stigmate); la plupart ont germé, mais les tubes polliniques ne s'avancent pas plus loin que la base du stigmate.

Stigmates fixés à 18 h (1^{er} jour) (voir planche IVa, 14) :

Les tubes polliniques, très nombreux, sont rassemblés en faisceaux et ont progressé dans le quart supérieur du style.

Stigmates fixés à 6 h (2^e jour) :

Les tubes polliniques ont parcouru le tiers supérieur du style ; leur allongement durant la nuit a donc été faible.

Stigmates fixés à 12 h (2^e jour) :

Les tubes polliniques, disposés en faisceaux denses, ont parcouru les deux tiers du style.

Stigmates fixés à 18 h (2^e jour) :

Les tubes polliniques ont, en majorité, atteint la base du style.

En conclusion, nous pouvons estimer que la pollinisation se produit avec le plus d'intensité vers 9-10 heures (voir p. 19) et qu'une période de trente à trente-trois heures s'écoule avant la fécondation des ovules.

b. *Pollinisation croisée contrôlée.*

Après émasculature et isolement de branches florifères, une pollinisation croisée est effectuée par dépôt de pollen sur les stigmates dès le début de leur période de réceptivité. Le pollen provenant de fleurs épanouies est prélevé dans des manchons d'isolement. On le récolte en secouant les fleurs une par une, au-dessus de petits flacons de verre. La pollinisation manuelle se fait à l'aide de petits pinceaux.

Les grains de pollen déposés en grand nombre germent rapidement et forment des tubes polliniques normaux qui, après trente-trois heures, atteignent la base du style. Ces constatations sont strictement semblables à celles faites en conditions de pollinisation libre (voir planche V).

c. *Autopollinisation contrôlée.*

L'autopollinisation a été effectuée, soit par simple isolement d'un rameau au moyen d'un manchon de tissu, soit par apport manuel, après émasculature et isolement, de pollen du même plant ou de plants différents du même clone, soit encore par isolement d'un arbre entier sous une tente en tissu très serré.

De nombreux stigmates et styles ont été prélevés, dès après l'an-thèse, à divers moments de l'évolution présumée des tubes polliniques, jusqu'au cinquième jour. Les caractéristiques suivantes ont été notées dans tous les cas : sept heures après la pollinisation, de nombreux grains de pollen ont amorcé la production de leur tube pollinique, d'autres n'ont pas encore germé. Dans la suite, on observe très vite diverses anomalies :

1° un ou, parfois, deux tubes polliniques très courts et immédiatement renflés ;

2° un tube pollinique, d'abord normal, se renfle ensuite ou se bifurque terminalement, ou encore emprunte un parcours sinueux et se déforme (voir planches VII et VIII) ;

3° des tubes polliniques assez longs, orientés vers la base du stigmate ; à cet endroit, ils se renflent considérablement à leur extrémité et éclatent (voir planche VI).

Ainsi donc, les anomalies se manifestent dans des tubes toujours situés dans la zone stigmatique et l'arrêt du développement apparaît à ce stade. Dans le style lui-même, on n'a jamais observé de tube pollinique, même cinq jours après la pollinisation.

Ces constatations ont été faites dans les stigmates et styles de neuf clones différents : L 215, L 211, L 93, SA 158, L 147, E 63, E 71, E 23 et E 104.

Nos résultats ne concordent pas avec ceux de VON FABER (*op. cit.*) ; en effet, la comparaison de la croissance des tubes polliniques en auto-pollinisation et en pollinisation croisée ne révèle pas une différence de vitesse de croissance, mais bien un arrêt total dans le premier cas ; d'autre part, l'arrêt du développement s'accompagne d'un phénomène bien caractéristique : l'éclatement de l'extrémité des tubes polliniques, phénomène que MENDES (*op. cit.*) non plus, ne semble pas avoir observé.

Il est donc clair que l'autofécondation est totalement impossible et que cette impossibilité est imputable aux tubes polliniques qui n'atteignent jamais les ovules à féconder.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'autostérilité de *Coffea canephora* ayant été démontrée expérimentalement, sa cause immédiate a été détectée : l'arrêt du développement des tubes polliniques en autopollinisation ou même l'éclatement de ces tubes dans les tissus du stigmate.

Il importait alors de rechercher une cause plus fondamentale de cette autostérilité stricte et d'examiner, d'un point de vue pratique, l'incidence de ce phénomène sur la conduite de la sélection.

Dans le monde végétal, l'incompatibilité, dont l'autostérilité constitue la forme la plus grave, est un phénomène fréquent ; ses divers aspects, dans des cas pourtant bien étudiés, ont fait l'objet d'observations assez divergentes pour que l'on ait été amené à élaborer une classification des « systèmes d'incompatibilité » [LEWIS, 1949, 1954 ; BATEMAN, 1954 ; DILLEMAN, 1948 ; GAGNIEU, 1950].

Trois systèmes principaux sont généralement admis :

- a) Système hétéromorphique ;
- b) Système homomorphique gamétophytique, impliquant soit des facteurs d'opposition, soit des facteurs associés ;
- c) Système homomorphique sporophytique.

a) Le système hétéromorphique est caractéristique des plantes hétérostylées ; dans ce cas, l'hérédité de l'autostérilité et celle de la longueur du style vont de pair. En effet, le pollen de plantes brévistylées est incapable d'assurer la fécondation des ovules d'une plante à styles courts, alors qu'il est parfaitement fonctionnel vis-à-vis d'ovules portés par une plante longistyle.

L'interprétation de cette incompatibilité en attribue la responsabilité à une paire allélique Ss où S est dominant ; la formule génotypique d'une plante brévistyle est, dans ce cas, SS ou Ss ; celle d'une plante longistyle est ss . Le pollen de la plante brévistyle sera donc géniquement homogène S ou hétérogène S et s , mais l'activité de s est influencée, avant la réduction chromosomique, par S ; de sorte que, si la compatibilité est évidente lorsque un grain de pollen S tend à féconder un ovule s (seul type possible pour une plante longistyle), elle se manifeste tout autant lorsque le grain de pollen est s . Le comportement du pollen dépend donc essentiellement de la constitution génétique de la plante qui l'a formé. C'est pourquoi l'incompatibilité est appelée sporophytique.

b) Le système homomorphique gamétophytique implique des facteurs d'opposition ou des facteurs associés.

1° *Facteurs d'opposition* : Les organes floraux étant tous morphologiquement identiques, leur différenciation est fondée sur une polyallélie bien caractérisée. Si l'on représente par S le gène responsable, les divers allèles seront : $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$. Les tissus sporophytiques, diploïdes, possèdent deux de ces allèles et ceux-ci se répartissent, lors de la méiose, de façon équivalente dans les grains de pollen formés.

Dès lors, le grain de pollen et le style pourront posséder une allèle identique ; ou bien, au contraire, leurs allèles seront différents. Dans le premier cas, l'incompatibilité se manifestera ; dans le second, le processus sera normalement fertile.

Les polyallèles exercent donc une sorte d'inhibition mutuelle, indépendamment de leur association dans le sporophyte.

Dans les cas de tétraploïdie, un tel système induit une réduction de l'autostérilité ou même une complète autofertilité ; ceci est important puisqu'on peut, dans ces conditions, rompre l'incompatibilité constatée chez une plante diploïde en doublant son nombre chromosomique.

Une plante tétraploïde possédera, par exemple, $S_1S_1S_2S_2$; son pollen sera formé de grains diploïdes homogéniques (S_1S_1 ou S_2S_2) ou hétérogéniques (S_1S_2) ; les premiers seront incapables de fécondation ; dans les autres (hétérogéniques), une interaction se produit entre les gènes S_1 et S_2 ; cette interaction sera dans certains cas très marquée, au point que l'un des gènes devienne dominant et que l'incompatibilité soit maintenue ; dans d'autres cas, l'interaction consiste en une simple compétition sans dominance ; dès lors, aucun des allèles de stérilité n'est capable d'agir efficacement et le tube pollinique, s'allongeant parfaitement, peut opérer une fécondation normale.

2° *Facteurs associés* : Dans la descendance d'un plant autostérile, il arrive que certains individus soient autofertiles, les graines d'autofécondation produisant 50 % de plants autofertiles et 50 % de plants autostériles.

Une explication satisfaisante de ce comportement a été fournie par KAKIZAKI [d'après DILLEMANN, 1948]. De telles plantes possèdent deux séries de polyallèles : les premiers, de type S , défavorables à la croissance des tubes polliniques ; les seconds, de type T , favorables à cette croissance. Les gènes de ces deux séries interrégissent et les gènes S se révèlent épistatiques par rapport aux gènes T ; ils sont donc capables d'inhiber l'action stimulante de T . Ainsi, soit une plante autofertile $S_1S_2T_1T_1$; on obtient, après autofécondation :

1. $S_1 S_1 S_1 S_1$
autostérile

2. $S_1 S_2 T_1 T_1$
autofertile

1. $S_2 S_2 T_1 T_1$
autostérile

L'action épistatique de S ne s'exerce donc que lorsque deux allèles identiques ($S_1 S_1$ ou $S_2 S_2$) sont associés à $T_1 T_1$.

c) Le système homomorphique sporophytique implique la présence, dans le sporophyte responsable de l'incompatibilité, de deux allèles manifestant des interactions fort variables ; dans les cas extrêmes, il y a dominance complète de l'un des allèles présents ; dans d'autres cas, le même allèle pourra n'être qu'incomplètement dominant ou même indifférent. Il est, dès lors, très malaisé de trouver un lien entre les divers phénotypes observés et leur constitution génotypique [BATEMAN, 1954].

Le type d'autostérilité rencontré chez *C. canephora* nous porte à en attribuer la responsabilité à un système homomorphique gamétophytique, impliquant des facteurs d'opposition ; cette autostérilité semble, en effet, s'étendre à tous les individus de l'espèce ; elle est conditionnée par un arrêt de la croissance des tubes polliniques dans la région stigmatique ; d'autre part, de multiples croisements ont été effectués et les cas d'interstérilité semblent peu fréquents.

Nous pouvons donc admettre que *C. canephora* possède de nombreux allèles de stérilité ; en cas d'autopollinisation, tous les grains de pollen portent un allèle S identique à l'un des deux allèles du style ; les tubes polliniques sont, de ce fait, rapidement inhibés.

D'autre part, en cas d'allopollinisation, vu le grand nombre d'allèles de stérilité, les combinaisons de loin les plus fréquentes seront les hétérozygotes ; l'interstérilité apparaîtra dans les rares cas où une combinaison homozygote tendra à se réaliser.

L'inhibition des tubes polliniques dans le tissu stigmatique est un phénomène physiologique conditionné, suivant certains auteurs, par des différences de pression osmotique ; d'autres y voient la manifestation de substances inhibitrices qui diffuseraient à partir du style ou de l'ovaire. Les études biochimiques de LINSKENS [1954] ont montré que, chez des clones autostériles de *Petunia*, des complexes spécifiques sont produits par interaction du style et des tubes polliniques. Le même auteur a prouvé, en outre, que ces complexes, formés après autopollinisation, sont différents de ceux qui sont repérés après pollinisation croisée. Dans les réactions d'incompatibilité, les produits détectés pourraient être assimilés à des anticorps.

RÉSUMÉ

L'autostérilité du caféier Robusta, confusément pressentie depuis longtemps, a été négligée faute d'une démonstration convaincante ; celle-ci était d'ailleurs impossible sans l'application de méthodes expérimentales rigoureuses.

Devant la nécessité de mettre au point un schéma de sélection et d'amélioration valable, les auteurs se sont attachés à l'étude de divers aspects de ce problème et ont démontré que, en conditions expérimentales très strictes, le caféier Robusta est strictement autostérile. En effet, à la suite de divers essais, qui ont porté, chez 19 clones, sur un nombre élevé de fleurs (plus de 15.000 dans un cas), en autopollinisation forcée (soit par simple isolement sans émasculatation, soit par pollinisation manuelle de fleurs émasculées et isolées), un nombre dérisoire de fruits a été obtenu (le pourcentage le plus élevé ne dépasse pas 0,24). Par contre, les fleurs des mêmes clones, soumises à la pollinisation croisée forcée, ont produit de nombreux fruits mûrs (30 à 40 %).

L'autostérilité ne doit être attribuée, ni à la structure florale, ni à la microsporogénèse, ni à la macrosporogénèse, mais bien aux anomalies de formation et de croissance des tubes polliniques qui, en aucun cas, ne traversent le style.

Une explication génétique de l'incompatibilité observée est esquissée, sans qu'il soit possible, actuellement, d'arriver à une certitude dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

1954. BATEMAN, A.J., Self incompatibility in the Cruciferae, *in* Proceedings of the 9th International Congress of Genetics, Bellagio 1953, Suppl. *Caryologia*, VI, p. 840.
1954. BATEMAN, A.J., The diversity of incompatibility systems in flowering plants, *in* Huitième Congrès international de Botanique, Paris, Sect. 10.
1943. BATEMAN, A.J., Specific difference in *Petunia*. II. Pollen growth, *Jl Genetics*, XLV, p. 236-42.
1955. COSTE, R., Les caféiers et les cafés dans le monde, Tome I. — Les caféiers, Ed. Larose, Paris, 381 pp.
1930. CRAMER, J.S., La sélection des caféiers, *Bull. écon. Indochine*, XXXIII, p. 927-40.
1923. DE HAAN, J.H., Bloei-biologie van Robusta Koffie, Mededeeling van Proefstation Malang, n° 40.
1933. DE STOPPELAAR, J.J., De beteekenis van *Apis Indica* als bloembestuiwend insect, *Bergcultures*, VII, p. 13.
1936. DE STOPPELAAR, J.J., Is er sprake van degeneratie van Robusta?, *Bergcultures*, X, p. 1160-9.
1948. DILLEMAN, G., L'auto-incompatibilité chez les Phanérogames, *Revue Scient.*, LXXXVI, 5, p. 303-14.
1957. DUBLIN, P., Recherches sur la floraison et la fructification du Caféier de la « Nana », *Agron. Trop.*, XII, p. 173-208.
1932. FERWERDA, F.P., Enten versus zaailingen bij Koffie, *Bergcultures*, VI, p. 530-1.
1933. FERWERDA, F.P., Bloei en bloeislaging bij Koffie, *Bergcultures*, VII, p. 306-12.
1935. FERWERDA, F.P., Gegevens der voornaamste zaaisels en clonen verkregen uit de Koffie-selectie op Bangelan, *Arch. Koffiecult.*, IX, p. 1-26.
1936. FERWERDA, F.P., Enkele waarnemingen over de bestuiving van Koffie, *Arch. Koffiecult.*, X, p. 32-41.
1936. FERWERDA, F.P., Die Befruchtungsverhältnisse bei den in Niederländisch-Indien angebauten Koffiearten, *Der Züchter*, VIII, p. 92-101.
1937. FERWERDA, F.P., Nadere gegevens over het optreden van onvolkomen ontwikkelde boonen bij Koffie, *Arch. Koffiecult.*, XI, p. 119-33.
1937. FERWERDA, F.P., Kiemkracht en levensduur van Koffiestuifmeel, *Arch. Koffiecult.*, XI, p. 135-50.

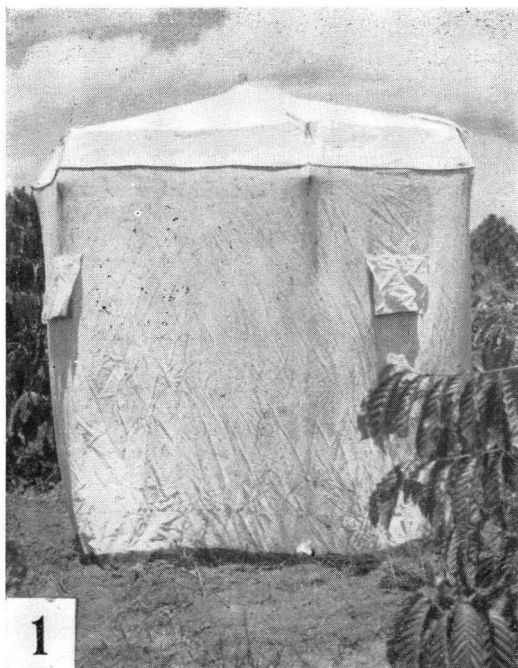
1941. FERWERDA, F.P., Resultaten van eenige mengproeven met Koffiecloonen op Bangelan, *Bergcultures*, XV, p.557-66.
1948. FERWERDA, F.P., Coffea breeding in Java, *Econ. Bot.*, II, p. 258-72.
1950. FERWERDA, F.P., Vruchtval bij Robusta-Koffie en zijn samenhang met bestuiving en bevruchting, *Vakblad voor Biologen*, XXXI, p. 123-30.
1954. FERWERDA, F.P., A tentative breeding method for Robusta and other Allogamous Coffee species, *Euphytica*, III, p. 12-9.
1932. FRANSSEN, C.J.H., De betekenis van Apis Indica als bloembestuivend insect, *Bergcultures*, VI, p. 1417-23.
1954. FRESSANGES, R., La sélection du caféier en Côte d'Ivoire, in Contribution à l'étude du caféier en Côte d'Ivoire, *Bull. Scient.*, Min. France d'Outre-Mer, 5, p. 223-31.
1950. GAGNIEU, A., L'incompatibilité chez les plantes supérieures. Problème de génétique végétale, *Année Biologique*, 3^e sér., XXVI, p. 81-110.
1945. GILBERT, S.M., The coffee research at experiment station Tanganyika Territory. A brief survey of the first ten years' work, *Emp. Jl exp. Agric.*, XIII, p. 113-24.
1929. HILLE RIS LAMBERS, M., Een en ander over Koffieselectie, *Bergcultures*, III, p. 1924-31.
1930. HILLE RIS LAMBERS, M., Vijfde verslag van de Robusta-selectie op Banaran, *Arch. Koffiecult.*, IV, p. 101-10.
1930. HILLE RIS LAMBERS, M., Een en ander over de resultaten op Banaran, *Bergcultures*, IV, p. 545-9.
1931. HILLE RIS LAMBERS, M., Een en ander over de resultaten op Soember Asin, *Bergcultures*, V, p. 684-95.
1932. HILLE RIS LAMBERS, M., Vijf jaar selectiewerk op Soember Asin, September 1926-October 1931, *Arch. Koffiecult.*, VI, p. 1-42.
1933. HILLE RIS LAMBERS, M., Nieuwe gegevens over de Koffieselectie en de Soember Asin nummers, *Bergcultures*, VII, p. 587-98.
1933. HILLE RIS LAMBERS, M., Gegevens over Koffiekruisingen op Soember Asin, *Bergcultures*, VII, p. 1409-17.
1934. HILLE RIS LAMBERS, M., Over kunstmatige kruisbestuiving van Koffietuinen, *Bergcultures*, VIII, p. 880-5.
1935. HILLE RIS LAMBERS, M., Eenige mededeelingen over den huidige stand van de Koffieselectie, *Bergcultures*, IX, p. 557-63.
1936. HILLE RIS LAMBERS, M., Koffieselectie, *Bergcultures*, X, p. 899-903.
1936. HILLE RIS LAMBERS, M., Koffiekruisingen als plantmateriaal, *Bergcultures*, X, p. 974-86.
1937. HILLE RIS LAMBERS, M., Bestuivings mogelijkheden bij Koffie, *Bergcultures*, XI, p. 791-800.
1937. HILLE RIS LAMBERS, M., Ontwikkelingswegen voor de Koffieselectie, *Bergcultures*, XI, p. 985-94.
1941. HILLE RIS LAMBERS, M., Koffieselectie en Koffieplantmateriaal, *Bergcultures*, XV, p. 1522-32.
1954. JACQUES-FÉLIX, H., Reproduction et multiplication. Les problèmes génétiques in Contribution à l'étude du caféier en Côte d'Ivoire, *Bull. Scient.*, Min. France d'Outre-Mer, 5, p. 65-76.
1935. KRUG, C.A., Hybridization of Coffee, *Jl Heredity*, XXVI, p. 325-30.

1951. KRUG, C.A. et CARVALHO, A., The genetics of *Coffea*, in *Advances in Genetics*, IV, p. 127-58.
1941. LEBRUN, J., Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo, Public. I.N.E.A.C., hors série, 184 pp.
1938. LELIVELD, J.A., De cytologie als hulpmiddel bij de selectie, *Bergcultures*, XII, p. 847-954.
1938. LELIVELD, J.A., Vruchtzetting bij Koffie, *Arch. Koffiecult.*, XII, 3, p. 127-64.
1939. LELIVELD, J.A., Cytologische gegevens betreffende eenige cloonen van *Coffea* « Robusta », *Arch. Koffiecult.*, X, 4, p. 1-26.
1940. LELIVELD, J.A., Nieuwe gezichtspunten voor het selectieonderzoek bij soortskruisingen van Koffie naar aanleiding van cytologische gegevens, *Bergcultures*, XIV, p. 380-6.
1942. LEWIS, D. et MODLIBOWSKA, I., Genetical studies in Pears. IV. Pollen tube growth and incompatibility, *Jl Genetics*, XLIII, p. 211-22.
1943. LEWIS, D., The incompatibility sieve for producing polyphoids, *Jl Genetics*, XLV, p. 261-4.
1943. LEWIS, D., Incompatibility in flowering plants, *Biol. Rev.*, XXVI, p. 472-96.
1954. LEWIS, D., Incompatibility in relation to physiology genetics and evolutionary taxonomy, in *Huitième Congrès international de Botanique*, Paris, Sect. 10.
1928. LIEBENBERG, L.C.C., Annual Report Dep. Agr. Uganda Protect., Part II, p. 48-9.
1929. LIEBENBERG, L.C.C., Annual Report Dep. Agr. Uganda Protect., Part II, p. 44-8.
1954. LINSKENS, H.F., Biochemical studies on the incompatibility reaction in the style of *Petunia*, in *Huitième Congrès international de Botanique*, Paris, Sect. 10.
1943. MATHER, K., Specific differences in *Petunia*. I. Incompatibility, *Jl Genetics*, XLV, p. 215-35.
1949. MENDES, C.H.T., Introdução as estudo da auto-esterilidade no genero *Coffea*, *Bragantia*, IX, p. 35-41.
1950. MENDES, C.H.T., Observações citológicas em *Coffea*. XVI. Microsporo-genese em *Coffea Canephora* PIERRE ex FROEHNER, *Bragantia*, X, 4, p. 97-103.
1950. MENDES, C.H.T., Observações citológicas em *Coffea*. XVII. O saco embrionario em *Coffea-Canephora* PIERRE ex FROEHNER, *Bragantia*, X, 4, p. 105-11.
1957. MES, M.G., *Portugaliae Acta Biologica*, IV, pp. 328-41 et 342-54.
1951. MORRIS, M.R., Cytogenetic studies on Buckwheat, *Jl Heredity*, XLII, 2.
1931. NEBEL, B.R., Lacmoid-Martius Yellow for staining pollen tubes in the Style, *Stain Technology*, VI, p. 27-9.
1934. PFALTZER, A., Beschouwingen over besafval bij Robusta, *Bergcultures*, VIII, p. 1094-9.
1939. PORTÈRES, R., Le choix des variétés et l'amélioration des caféiers en Côte d'Ivoire, *Rev. Bot. appl. Agron. trop.*, XIX, p. 18-29.
1938. POSKIN, J., (Rapport non publié).

1939. POSKIN, J., (Rapport non publié).
1933. SLADDEN, G., Le jardin semencier de Bangelan, *Bull. agr. Congo belge*, XXIV, 1, p. 3.
1952. THIRION, F., Vingt années d'amélioration de la culture du caféier Robusta à Yangambi, *Bull. Inf. INEAC*, IV, p. 321-56.
1933. THOMAS, A.S., Annual Report Dep. Agr. Uganda Protect., Part II, p. 33-40.
1934. THOMAS, A.S., Annual Report Dep. Agr. Uganda Protect., Part II, p. 50-7.
1936. THOMAS, A.S., Annual Report Dep. Agr. Uganda Protect., Part II, p. 57-65.
1937. THOMAS, A.S., Annual Report Dep. Agr. Uganda Protect., Part II, p. 57-67.
1947. THOMAS, A.S., The cultivation and selection of Robusta coffee in Uganda, *Emp. Jl exp. Agric.*, XV, p. 65-81.
1930. ULTEE, A.J., Korte mededeelingen van het proefstation Malang. Het bestuiven in gemengde tuinen, *Bergcultures*, IV, p. 482-3.
1932. ULTEE, A.J., Ons Koffie plantmateriaal, *Bergcultures*, VI, p. 304-8.
1954. VALLAEYS G., Progrès réalisés dans la sélection et la culture du caféier Robusta en 1953, *Bull. Inf. INEAC*, III, 3, p. 129-40.
1956. VALLAEYS, G., L'amélioration du caféier Robusta, *Bull. Inf. INEAC*, V, 1, p. 27-37.
1910. VON FABER, F.C., Een en ander over de biologie der Koffiebloem, *Teysmannia*, XXI, p. 556-77.

PLANCHES

PLANCHE I



1 et 2. -- Isolement d'un caféier sous tente.

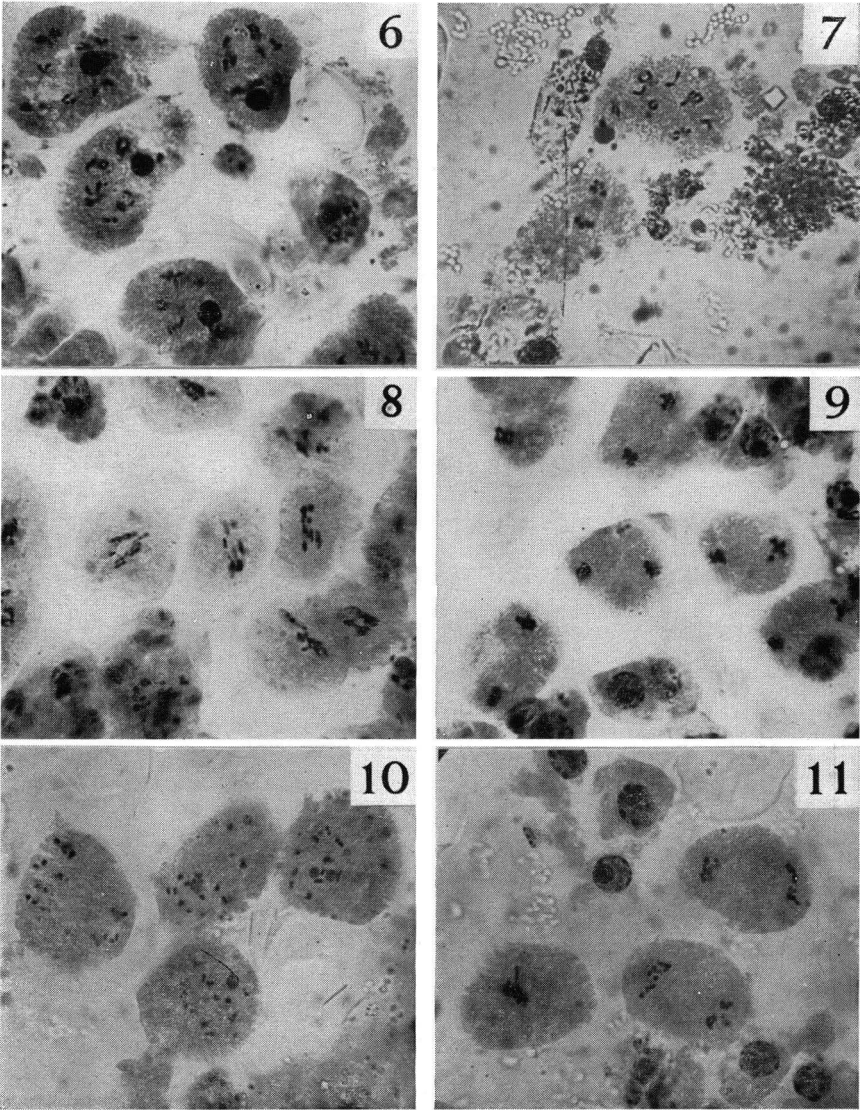


3. — Isolement de rameaux sous manchons.

PLANCHE II



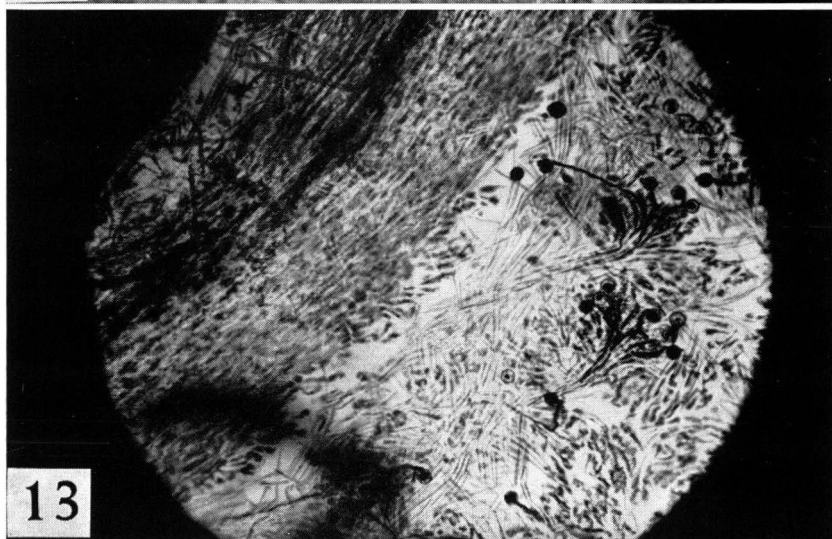
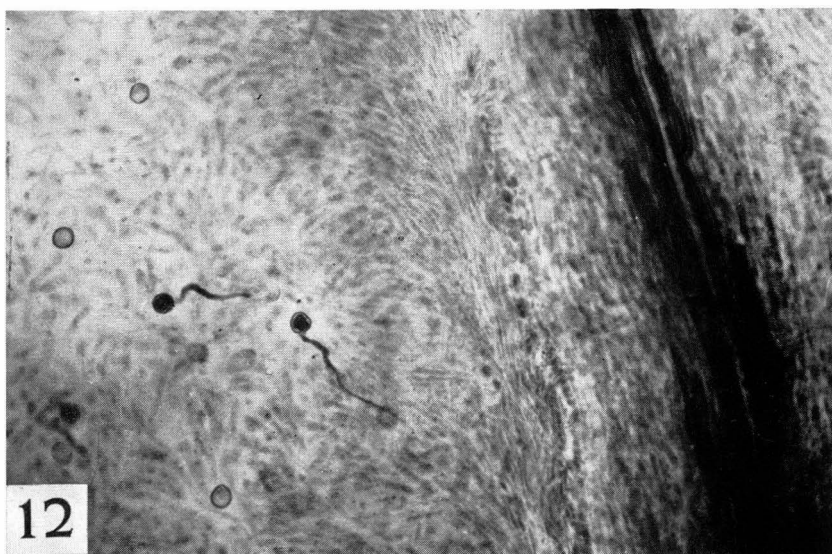
4 et 5. — Rameau florifère avant et après émasculation.



Méiose chez *Coffea canephora*.

6 et 7. — Diacinèse ; 8. — Prométaphase I ; 9. — Télaphase I ;
10. — Interphase ; 11. — Anaphase II.

PLANCHE IV

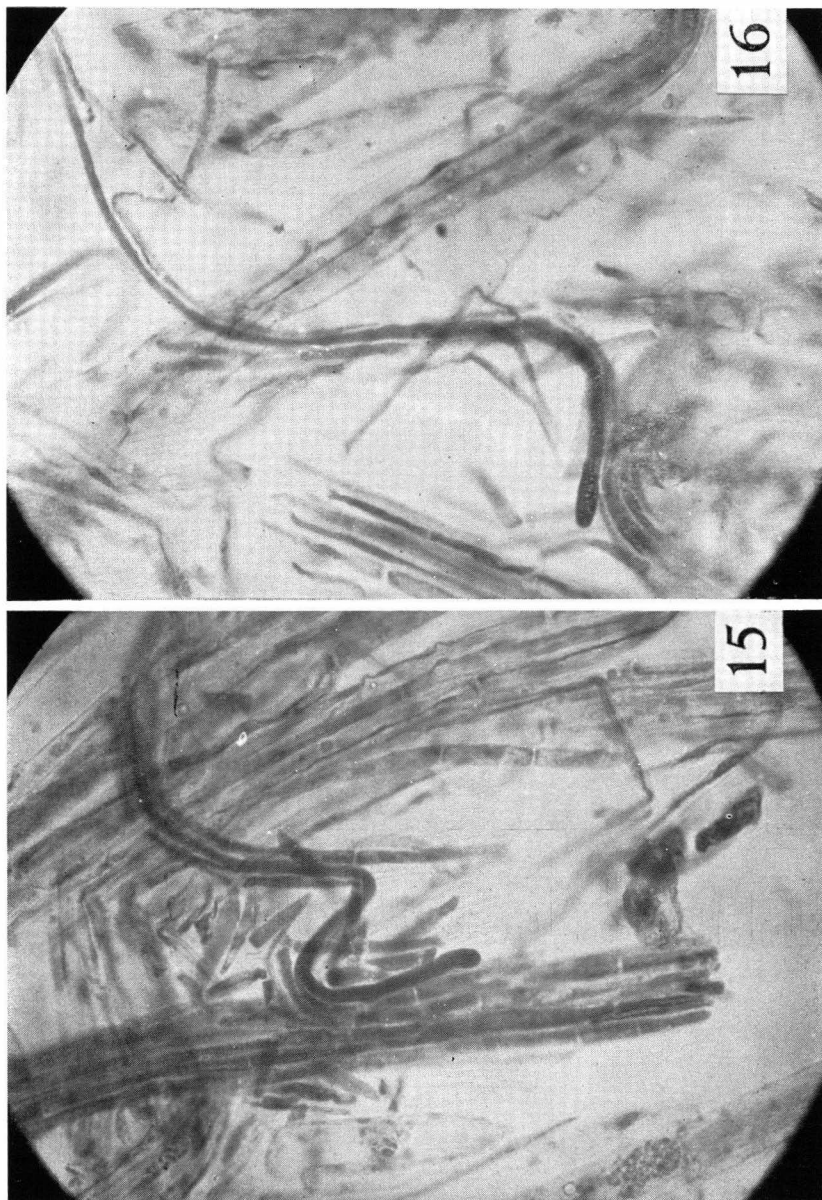


Pollinisation naturelle.

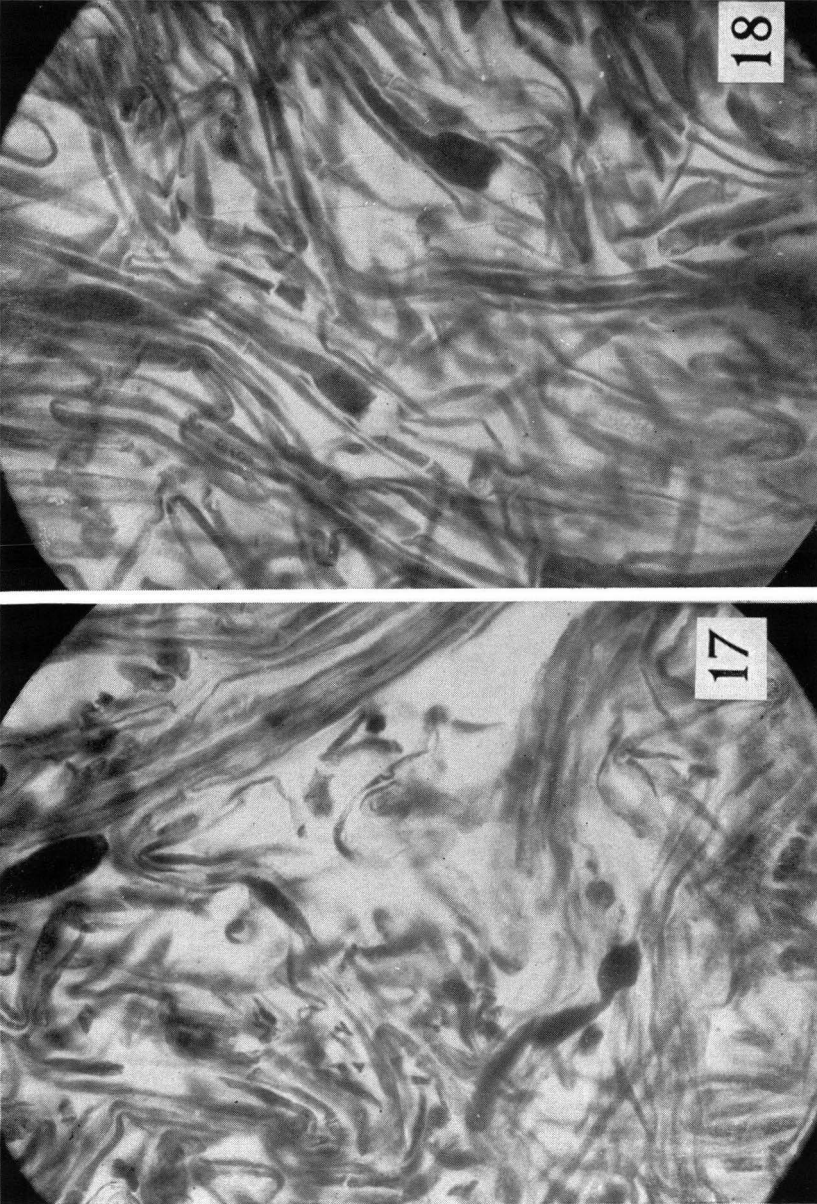
12. — Stigmates prélevés à 6 h ; 13. — Stigmates prélevés à 12 h ;



14. — Stigmata prélevés à 18 h.

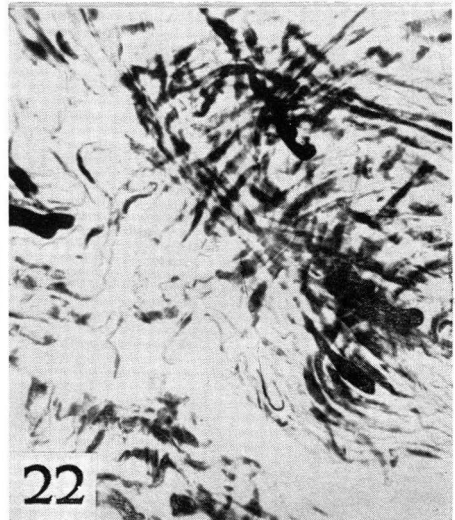
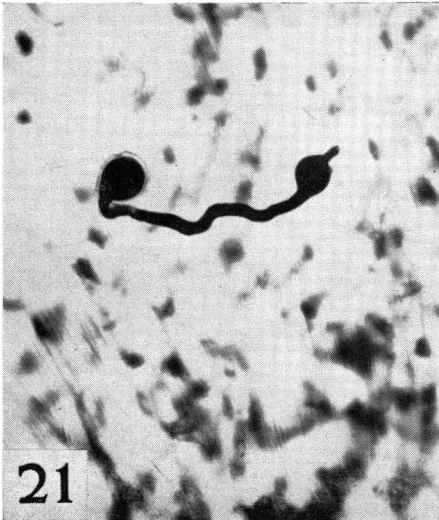
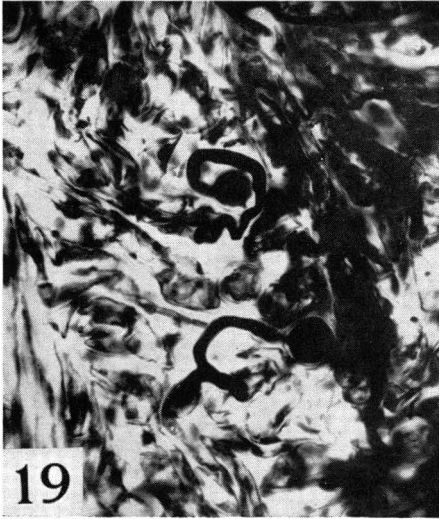


15 et 16. — Extrémités de tubes polliniques à la base du style, 33 h après pollinisation croisée manuelle.

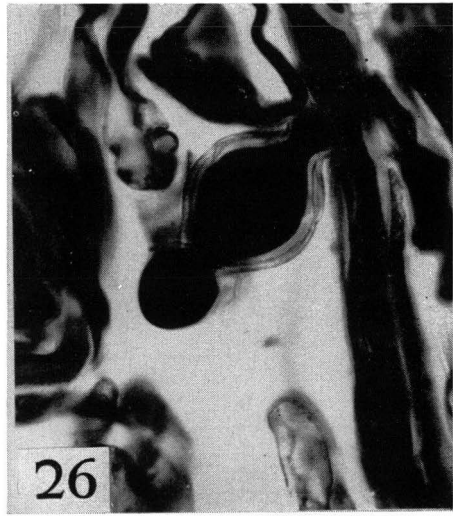
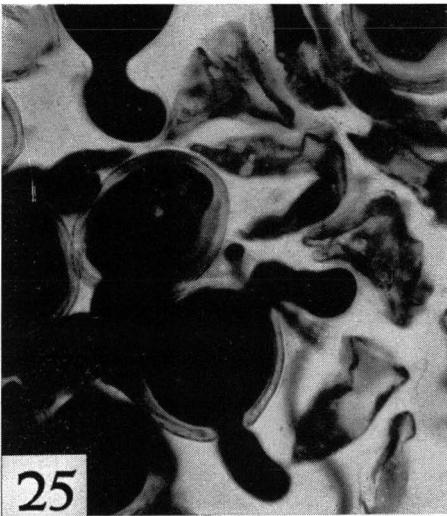
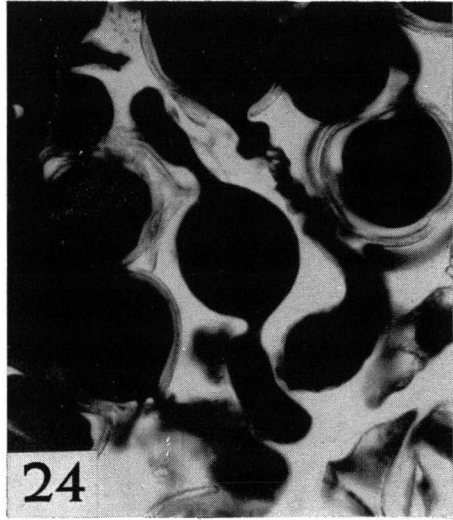
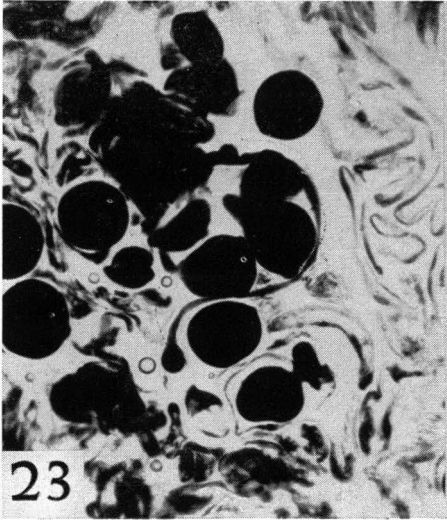


17 et 18. — Extrémités gonflées ou éclatées de tubes polliniques dans le stigmate, 33 h après autopollinisation manuelle.

PLANCHE VII



19 à 22. — Malformations des tubes polliniques après autopollinisation.



23 à 26. — Germinations anormales des grains de pollen après autopollinisation.

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.
