

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

Contribution expérimentale  
à l'étude de la Biologie florale de  
*Cinchona Ledgeriana* MOENS

PAR

**M. ENGELBEEN**

Docteur en Sciences agronomiques  
Chef du Bureau d'Études  
de l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge.

---

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 40  
1949

---

---

PRIX : 120 FR.

---

**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'INÉAC, 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 des Colonies.
2. Organisation de missions d'études agronomiques et formation d'experts et de spécialistes.
3. Études, recherches, expérimentation et, en général, tous travaux quelconques se rapportant à son objet.

**Administration :**

A. COMMISSION.

*Président :*

**M. GODDING, R.**, Sénateur, ancien Ministre des Colonies.

*Vice-Président :*

**M. JURION, F.**, Directeur Général de l'I.N.É.A.C.

*Secrétaire :*

**M. LEBRUN, J.**, Secrétaire Général de l'I.N.É.A.C.

*Membres :*

- MM. ANTOINE, V.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Université de Louvain;  
**ASSELBERGHS, E.**, Membre de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique;  
**BAEYENS, J.**, Professeur à l'Université de Louvain;  
**BOUILLENNE, R.**, Professeur à l'Université de Liège;  
**CONARD, A.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**DEBAUCHE, H.**, Professeur à l'Institut Agronomique de Louvain;  
**DE BAUW, A.**, Président du Comité Cotonnier Congolais;  
**DELEVOY, G.**, Membre de l'Institut Royal Colonial Belge;  
**DUBOIS, A.**, Professeur à l'Institut de Médecine Tropicale « Prince Léopold »;  
**GEURDEN, L.**, Professeur à l'École de Médecine Vétérinaire de l'État, à Gand;  
**GUILLAUME, A.**, Secrétaire Général du Comité Spécial du Katanga;  
**HAUMAN, L.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**HOMÈS, M.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**MAYNÉ, R.**, Recteur de l'Institut Agronomique de l'État, à Gembloux;  
**MULLIE, G.**, Vice-Président du Sénat, Membre du Conseil d'Administration du Fonds National de la Recherche Scientifique;  
**PONCELET, L.**, Météorologiste à l'Institut Royal Météorologique d'Uccle;  
**ROBERT, M.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**ROBYNS, W.**, Membre de l'Académie Royale Flamande des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique;  
**RODHAIN, J.**, Directeur de l'Institut de Médecine Tropicale « Prince Léopold », à Anvers;  
**STANER, P.**, Directeur au Ministère des Colonies;



Contribution expérimentale  
à l'étude de la Biologie florale de  
*Cinchona Ledgeriana* MOENS







*Cinchona Ledgeriana* MOENS

Rameau fleuri

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

---

Contribution expérimentale  
à l'étude de la Biologie florale de  
*Cinchona Ledgeriana* MOENS

PAR

**M. ENGELBEEN**

Docteur en Sciences agronomiques  
Chef du Bureau d'Études  
de l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge.

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 40  
1949



## TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS . . . . .	7
INTRODUCTION. <i>Généralités sur la Biologie florale</i> . . . . .	9
CHAP. I. <i>Aperçu critique de la bibliographie</i> . . . . .	15
CHAP. II. <i>Le matériel expérimental</i> . . . . .	20
1. Systématique . . . . .	20
2. Origine et fondements systématiques de l'espèce <i>Cinchona Ledgeriana</i> MOENS . . . . .	25
3. <i>Cinchona Ledgeriana</i> MOENS au Kivu . . . . .	26
4. Considérations générales sur l'hétérostylie . . . . .	26
CHAP. III. <i>Processus de la floraison</i> . . . . .	31
1. Épanouissement de la fleur . . . . .	31
A. Généralités . . . . .	31
B. Influence des facteurs externes sur l'épanouisse- ment . . . . .	33
2. Chute de la corolle et du style . . . . .	38
3. Époques de floraison . . . . .	50
4. Succession et durée de la floraison . . . . .	51
5. Accroissement du bouton floral . . . . .	58
CHAP. IV. <i>Développement des ovaires fécondés</i> . . . . .	59
1. Inflorescences fécondées librement . . . . .	59
2. Inflorescences fécondées librement et artificiellement éclaircies . . . . .	64
3. Inflorescences artificiellement pollinisées . . . . .	64
CHAP. V. <i>Les modes de pollinisation</i> . . . . .	69
1. Généralités . . . . .	69
2. Les modes de pollinisation chez <i>Cinchona Ledgeriana</i> MOENS . . . . .	71
3. Données expérimentales . . . . .	72
A. Anémopollinisation . . . . .	72
B. Autopollinisation naturelle . . . . .	76
C. Autopollinisation forcée . . . . .	78
(I) Autopollinisation forcée sous moustiquaire . . . . .	79
(II) Autopollinisation forcée sans moustiquaire . . . . .	80

BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

CHAP. VI.	<i>Modes de fécondation</i> . . . . .	82
	1. Essais sur la fécondation isomorphe . . . . .	82
	2. Croisements hétéromorphes . . . . .	83
CHAP. VII.	<i>Limites dans l'espace de la pollinisation naturelle</i> . . . . .	98
CHAP. VIII.	<i>Conditions paternelles de la fécondation</i> . . . . .	105
CHAP. IX.	<i>Conditions maternelles de la fécondation</i> . . . . .	119
CHAP. X.	<i>Méthodes de fécondation artificielle</i> . . . . .	122
	1. Fécondations sous manches isolantes . . . . .	122
	2. Fécondations non protégées . . . . .	124
	RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES . . . . .	127
	ANNEXE. Orientation générale de l'amélioration de <i>Cinchona Ledgeriana</i> MOENS . . . . .	131
	BIBLIOGRAPHIE . . . . .	137

## AVANT-PROPOS

*L'étude de Biologie florale, exposée dans ces pages, relate et commente les travaux et essais que nous avons poursuivis, pendant les années de guerre, à la Station expérimentale de l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge à Mulungu-Tshibinda (Kivu). Le dépouillement d'un important matériel de données biométriques et leur interprétation à la lumière d'une étude bibliographique approfondie ont été achevés en 1949.*

*Entrepris en vue de la défense d'une dissertation de Doctorat en Sciences agronomiques à l'Université de Louvain, ces travaux concernent plus particulièrement l'étude du mode de fécondation chez *Cinchona Ledgeriana* MOENS et de ses répercussions sur les techniques de la sélection.*

*Nous prions M. F. Jurion, Directeur général de l'I.N.É.A.C. en Afrique, d'agréer l'expression de notre reconnaissance pour la bienveillante autorisation qu'il nous accorda d'entreprendre ces recherches.*

*Nous remercions également M. E. Stoffels, Professeur à l'Institut agronomique de Gembloux et ancien Directeur de la Station de Mulungu, pour les encouragements qu'il nous a prodigués au cours de la préparation de ce mémoire.*

*C'est avec émotion que nous rendons ici hommage à la mémoire de M. le Professeur Dr J. Louis, notre ancien Chef de la Section des Recherches scientifiques de l'I.N.É.A.C., qui, au seuil de la guerre, nous exhorta à étudier un problème à échéance éloignée. Son dynamisme fut déterminant dans l'organisation et la poursuite de recherches longues et souvent décevantes.*

*Nous associons à cet hommage posthume M. A. Beirnaert, ancien Chef de la Section des Recherches agronomiques de l'I.N.É.A.C. et Chargé de Cours à l'Université de Louvain, qui, malgré les multiples charges de ses fonctions, voulut bien assumer la direction de notre dissertation. Un accident tragique nous priva d'un Maître dévoué et clairvoyant.*

*Dès lors, isolé, au cours des années de guerre, par l'absence de tutelle scientifique et par l'insuffisance de documentation et de matériel, nous nous sommes efforcé de rassembler le maximum de données expérimentales in vivo. Quelques observations inattendues et riches en possibilités nouvelles stimulèrent notre intérêt.*

*Dès la reprise des relations avec la Belgique, M. le Professeur J.-E. Opsomer nous fit l'honneur d'assumer la lourde tâche de Directeur de thèse. Qu'il veuille bien accepter ici l'expression de notre gratitude pour la direction éclairée qu'il apporta à la présentation de ce mémoire.*

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

*Qu'il nous soit également permis d'exprimer notre reconnaissance à MM. les Professeurs A. G. Dumon, J. Lebrun, P. Martens et E. Orman qui, en leur qualité de Membres du Jury, révisèrent notre mémoire. Leurs encouragements bienveillants et leurs critiques constructives nous furent très précieux pour l'amélioration de maint chapitre.*

*Si nos recherches ont pu conduire à quelques conclusions heureuses, le mérite en revient essentiellement aux Maîtres dévoués qui nous ont permis de bénéficier de leurs connaissances scientifiques. Nous prenons, pour notre part, l'entière responsabilité des lacunes et erreurs d'interprétation qui subsisteraient dans le texte.*

*Sans doute, peut-on regretter que l'étude in vitro et l'observation des interférences écologiques n'aient pas reçu plus d'ampleur. Bien que débordant du cadre de la présente étude, des recherches histologiques eussent été susceptibles d'élucider différents points demeurés obscurs. Les circonstances exceptionnelles de l'élaboration de notre mémoire justifient la délimitation précise de notre objectif.*

*Quelques observations écologiques et microscopiques, souvent fragmentaires et limitées par l'insuffisance de matériel de laboratoire, sont néanmoins relatées. Elles pourront orienter des études plus spécialisées dans le domaine des disciplines connexes à la Biologie florale.*

*Les données expérimentales qui ont servi à l'établissement du présent mémoire ont été déposées à l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge où elles pourront être consultées. Afin de ne pas alourdir inutilement notre dissertation, nous avons choisi quelques exemples typiques lorsque l'interprétation des résultats l'autorisait. Ailleurs, lorsque la validité des conclusions nécessitait un nombre élevé d'observations, nous avons limité leur exposé à des moyennes globales.*

# INTRODUCTION

## Généralités sur la Biologie florale.

La Biologie florale constitue un des chapitres les plus vastes et les plus passionnants de la Biologie végétale. Bien qu'elle prenne appui sur diverses disciplines de la Biologie, elle offre une homogénéité de buts et de méthodes remarquable.

F. PÉCHOUTRE (1909) lui assigna comme domaine « la connaissance de la structure et du mécanisme des dispositions qui, chez les Phanérogames, assurent le contact des éléments reproducteurs ». L'auteur précise cette définition en ces termes : « Le véritable domaine de la Biologie florale réside dans l'examen approfondi des structures florales considérées dans le retentissement qu'elles ont sur le mode de pollinisation. »

Cette limitation des objectifs de la Biologie florale au seul transport du pollen sur les organes femelles nous paraît trop restrictive. Elle écarte les processus physiologiques essentiels de la fécondation, du développement et de la maturité de l'ovaire.

Il est actuellement bien établi — et le rapport de nos observations le confirme à suffisance — que même l'apparition des caractères externes de la maturité des fruits, telle la déhiscence des capsules chez *Cinchona Ledgeriana* MOENS, ne suffit pas à démontrer l'efficacité du dépôt du pollen sur le stigmate.

Loin de représenter une finalité dans la reproduction générative, l'acte de la pollinisation n'a d'autre signification que celle d'un premier palier, purement mécanique, dont les conséquences physiologiques ou génétiques peuvent être nulles ou ne déclencher qu'une réaction histologique stérile.

Confiner la Biologie florale à l'étude morphologique de la fleur en fonction du rapprochement des éléments reproducteurs revient à amputer cette science d'un complément essentiel à son objet et à s'exposer, comme ce fut le cas maintes fois, à des conclusions prématurées ou erronées, basées davantage sur des spéculations philosophiques que sur l'observation objective.

La définition formulée par O. PORSCH (1924) reflète des préoccupations plus objectives. Elle circonscrit l'objectif de la Biologie florale à l'« observation exacte, la description et l'interprétation des structures et des modifications de la fleur qui se rapportent, directement ou indirectement, à la pollinisation ».

A notre sens, cette définition est encore insuffisamment précise parce qu'elle n'envisage que la simple pollinisation, indépendamment de son objectif essentiel qui est figuré par la fécondation et la grenaison fertile. En d'autres termes, l'expression « pollinisation *efficace* » circonscrirait plus exactement et plus utilement le champ des investigations.

La délimitation du domaine de la Biologie florale, telle qu'elle est proposée par F. PÉCHOUTRE, est inspirée des théories admises au début du siècle par la majorité des biologistes, préoccupés en premier lieu par le problème de l'origine des structures florales et des étapes phylogénétiques de leur évolution.

Nous croyons utile de rappeler brièvement et chronologiquement les traits saillants des principaux ouvrages classiques qui ont imprégné les conceptions initiales sur le mécanisme de la fécondation chez *Cinchona Ledgeriana* MOENS. Cette esquisse sera suivie d'un bref exposé des tendances actuelles de la Biologie florale.

Si l'on excepte principalement l'œuvre réactionnaire du botaniste français GASTON BONNIER (1881), les travaux antérieurs au  $xx^e$  siècle furent guidés par les théories darwiniennes et lamarckiennes qui considéraient la fleur comme un système organisé en vue d'assurer la fécondation grâce à des agents externes, et le plus souvent des insectes.

La naissance de la Biologie florale en une science relativement autonome date de 1761, lorsque J.G. KOELREUTER publia la première étude méthodique de la pollinisation. Malgré certaines intransigeances, — KOELREUTER n'admettait aucune restriction naturelle à l'entomopollinisation, — les travaux de cet auteur eurent le grand mérite de préciser le rôle important joué par les insectes en tant qu'agents de la pollinisation.

Poursuivant ces recherches, C.K. SPRENGEL présenta, en 1793, une description détaillée des adaptations florales de plus de 500 espèces végétales. En étudiant la morphologie florale en fonction des insectes, SPRENGEL réalisa la première tentative d'explication des formes organiques par l'adaptation au milieu. Ses travaux constituent ainsi la première assise de la théorie de la sélection naturelle. Ils seront, jusqu'à la fin du  $xix^e$  siècle, poursuivis, sur ces bases, par la plupart des biologistes.

En 1799, A. KNIGHT conclut à l'impossibilité d'autoféconder les plantes durant un nombre illimité de générations. W. HERBERT, en 1837, et C.F. GARTNER, en 1844, décrivent les résultats défavorables de l'autopollinisation.

S'appuyant sur d'innombrables observations, C.R. DARWIN tenta, de 1862 à 1878, d'expliquer scientifiquement les conclusions de SPRENGEL et de ses disciples. Après avoir souligné, en 1862, la répulsion de la nature pour l'autofécondation perpétuelle et, en 1877, la vigueur

## INTRODUCTION

accrue des descendance hybrides, le naturaliste anglais formula la théorie de la sélection naturelle suivant laquelle les modifications structurales de la fleur, susceptibles de contrecarrer son adaptation à la fertilisation croisée, sont continuellement éliminées. Cette sélection est régie par le principe de la lutte pour la vie qui évince les formes les moins vigoureuses.

Dans une étude publiée en 1877, sur les plantes hétérotylées<sup>1</sup>, polygames, dioïques, gynodioïques et cleistogames, DARWIN établit que la fertilité parfaite, chez les formes hétérotylées, dépend de l'action mutuelle des deux formes.

L'école darwinienne compta de nombreux disciples, tels que FRIEDRICH HILDEBRAND (1867) et le botaniste suédois SÉVERIN AXELL (1869). Ce dernier estime que les plantes les mieux organisées au point de vue sexuel réalisent la pollinisation dans des conditions optima d'économie dans le temps et l'espace. L'entomophilie<sup>2</sup> constitue un perfectionnement sur l'anémophilie<sup>3</sup>. Pour les plantes anémophiles, la progression va de la diécie à la monécie et à la protogynie. Chez les plantes entomophiles, les étapes de l'évolution de la diécie sont représentées par la monécie, la protandrie, l'hercogamie, l'hétérotylie et l'homostylie.

Dans le même ordre d'idées, les travaux de F. DELPINO, publiés de 1867 à 1875, s'efforcèrent d'établir les relations qui unissent les procédés de pollinisation aux caractères biologiques et morphologiques des espèces. D'après cet auteur, les espèces, initialement plus nombreuses, évolueraient en formes subordonnées les unes aux autres suivant une conception biologique préétablie. DELPINO proposa une classification systématique du règne végétal suivant les adaptations florales et les modes de fécondation.

En 1873, HERMAN MÜLLER publia une étude approfondie des insectes anthophiles et établit, pour de nombreuses espèces végétales, des listes très complètes d'insectes visiteurs. Les théories évolutionnistes de cet auteur, basées sur le perfectionnement parallèle de l'insecte et de la fleur, impliquent le façonnage de la fleur à la meilleure convenance de l'insecte. Ces principes furent longtemps admis par les biologistes allemands. Citons, parmi les principaux disciples de MÜLLER, KERNER VON MARILAUN (1891), E. LOEW (1895) et surtout P. KNUTH (1898-1905) qui imprégna fortement les travaux de nombreux biologistes

1. Hétérotylie (HILDEBRAND, 1870) = Dimorphisme floral caractérisé par l'existence, dans une même espèce, de deux ou plusieurs sortes d'individus différant par la longueur des styles de leurs fleurs.

2. Entomophilie (DELPINO, 1868-1875) = Adaptation des plantes à la pollinisation par les insectes.

3. Anémophilie (DELPINO, 1868-1875) = Adaptation des plantes à la pollinisation par le vent.

néerlandais. En dépit de ses conclusions exagérées, l'école de MÜLLER a grandement contribué à la connaissance approfondie des facteurs zoologiques de la fécondation.

Deux biologistes belges, LÉO ERRERA et GUSTAVE GEVAERT, reprirent, en 1878, les théories darwiniennes et les complétèrent. Ils établirent une classification sexuelle et florale des végétaux suivant la distribution des sexes, la morphologie florale et les modes de pollinisation. Le premier de ces deux auteurs rédigea, en 1905, une importante étude, cependant incomplète sur certains points, relative aux caractères hétérostyliques secondaires des Primevères.

Une première application au règne végétal de la théorie évolutionniste de l'adaptation, innovée par le naturaliste français JEAN-BAPTISTE DE LAMARCK, fut présentée, en 1883, par C.V. NÆGELI. Suivant ses conceptions, l'action excitatrice des insectes prévaudrait dans les modifications architecturales de la fleur, et ce, dans un sens favorable à l'entomopollinisation. Cette théorie, qui confère à l'adaptation une orientation « raisonnée », n'est plus guère admise aujourd'hui.

Par les tendances réactionnaires de son œuvre, GASTON BONNIER (1881) se situe en marge des auteurs précédents. En 1879, il publia une étude anatomique et physiologique des nectaires, qui constitue une critique des théories finalistes de H. MÜLLER. Si ce botaniste français a nié, d'une manière sans doute excessive, toute relation entre la fleur et l'insecte, il n'en a pas moins contribué utilement à battre en brèche le dogme de l'adaptation réciproque de la morphologie zoologique et des structures florales.

Grâce aux progrès des connaissances sur les phénomènes intimes de la sexualité, le principe de la prépondérance de la fécondation croisée fut abandonné définitivement vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Depuis lors, sous l'impulsion de nombreuses disciplines scientifiques et grâce à une interprétation physico-chimique de plus en plus précise des manifestations de la vie, la Biologie florale s'est organisée en un corps de doctrines très développées et rigoureusement contrôlées.

O. PORSCH (1924) a codifié les principes objectifs qui doivent guider l'observation et l'interprétation des phénomènes floraux, et a proposé une technique scientifique d'investigation. Il souligne le danger du dogme darwinien qui, en recherchant la signification des dispositions florales vis-à-vis de la pollinisation croisée, entraîne la Biologie florale dans un domaine subjectif. Nos connaissances actuelles ont d'ailleurs établi que les résultats plus favorables de la fécondation croisée, tels qu'ils ressortent des travaux de DARWIN, résultent de l'emploi d'un matériel hybride qui est le plus souvent autostérile et où la pollinisation xénogamique ne peut être qu'avantageuse. Quant aux espèces pures, elles ne tirent aucun avantage du croisement.

## INTRODUCTION

P. MARTENS (1936) et P. JAEGER (1938), en conformité avec les prescriptions objectives de PORSCH (1924), condamnent également les spéculations « finalistes » échafaudées sur des dispositifs apparemment favorables à l'allogamie ou irréductibles avec l'autogamie.

En ce qui concerne plus spécialement l'hétérostylie et l'autostérilité, dont nous rapporterons plus loin quelques données documentaires, E. LEHMANN (1928) a résumé les données acquises jusqu'alors, sans cependant pouvoir émettre des conclusions définitives. Il consigne une importante bibliographie sur de nombreux points imparfaitement élucidés.

En 1928, J. C. SCHOUTE, se référant à ses observations sur *Lythrum Salicaria*, estime que l'hétérostylie conduit à la stérilité de la pollinisation « illégitime ».

F. LAIBACH (1930) et J. STIRLING (1932-1933) confirment l'opinion de J.C. SCHOUTE (1928) sur l'apparition récente de l'hétérostylie.

Une importante synthèse des connaissances acquises sur l'hétérostylie et sur la stérilité par croisement est réalisée, en 1930, par F. BRIEGER.

Au point de vue génétique, E.M. EAST (1934) établit que l'autostérilité, chez le Tabac, constitue un cas d'allélie multiple, figuré par la série  $S^1$ ,  $S^2$ ,  $S^3$ , etc. Une plante peut être hybride pour deux allèles, mais ne peut être pure pour aucun des facteurs. Nous aurons donc les combinaisons  $S^1/S^2$ , ou  $S^1/S^3$ , ou  $S^2/S^3$ , etc. La fécondation, qui est irréalisable entre gamètes présentant un allèle commun, ne peut être autogame.

Étudiant plus spécialement l'autostérilité sous son aspect cytologique, E. SEARS (1937) écrit que ce phénomène résulte, en tout état de cause, de l'absence de fécondation, qui peut être due à une déficience des organes mâles ou femelles, ou à une impossibilité de conjonction entre gamètes mâles et femelles.

W.P. THOMPSON (1940) décrit les causes suivantes d'incompatibilité : absence de germination du pollen; croissance lente, éclatement ou arrêt des tubes polliniques dans le style; empêchement de la fécondation de l'œuf ou du noyau secondaire; avortement embryonnaire ou post-embryonnaire; défaut de développement ou développement anormal de l'endosperme. Suivant le même auteur, les causes de stérilité hybride sont : troubles pré-méiotiques, avortement des grains de pollen, leur développement lent, ou l'absence de germination, incapacité pour les tubes polliniques d'atteindre le sac embryonnaire, avortement du sac embryonnaire, développement aberrant de l'endosperme.

E.-N. TRANSEAU, H.C. SAMPSON et L.-H. TIFFANY (1940) citent de nombreux exemples d'empêchements à l'autofécondation par inhibition de la croissance du tube pollinique dans le style, par dichogamie et par diécie. Suivant ces mêmes auteurs, une plante est dite autostérile lorsque sa fécondation ne peut être assurée que par du pollen étranger.

Ainsi, chez le Pétunia, l'autostérilité paraît imputable à la formation d'une hormone qui inhibe la germination du pollen issu de la même lignée.

Sur la base de ses recherches sur les conditions de fécondation des essences fruitières, F. KOBEL (1943) a déterminé trois manifestations de stérilité : 1° l'autostérilité (arrêt de la croissance des tubes polliniques dans le tissu du style); 2° la triploïdie (constitution défectueuse du pollen); 3° l'interstérilité (disposition héréditaire due aux séries de facteurs allèles multiples).

Suivant D. LEWIS (1942), l'inhibition du tube pollinique par incompatibilité peut être réduite par des températures élevées. Le même auteur (1946) a réalisé, par traitement aux rayons X, la transformation de plantes normalement autostériles en plantes autofertiles.

Dans une récente mise au point de nos connaissances génétiques sur *Trifolium pratense*, S.S. ATWOOD (1947) signale que les auteurs s'accordent actuellement pour attribuer l'autostérilité à une série multiple d'allèles de telle sorte que la présence simultanée d'un même facteur, dans le pollen et dans le style, inhibe la croissance du tube. Les auteurs admettraient, en général, l'existence d'un grand nombre d'allèles conditionnant l'autostérilité et dont certains, moins actifs, permettraient une « pseudo-fécondation ».

En conclusion d'une importante étude documentaire, E. CASPARI (1948) admet l'existence d'une transmission des caractères cytoplasmiques par les plastides, par les plasmagènes ou par les virus. Dans certains cas, un état particulier du cytoplasme, tel qu'un degré déterminé d'hydratation des colloïdes du plasma, peut être transmis par voie matrocline. D'autre part, il semblerait établi que certains gènes pourraient se comporter différemment suivant la nature du cytoplasme; des chromosomes ou des combinaisons génétiques auraient une action léthale dans certains cytoplasmes. Au point de vue théorique, cette interprétation pourrait apporter un fondement partiel à nos propres observations.

D'autres données bibliographiques, qui concernent plus directement l'objet de nos travaux, seront brièvement énoncées aux chapitres I (*Aperçu critique de la bibliographie*), II, 4 (*Considérations générales sur l'hétérostylie*) et V, 1 (*Généralités sur les agents de la pollinisation*).

## CHAPITRE I

### Aperçu critique de la bibliographie.

La bibliographie relative à la biologie florale de *Cinchona Ledgeriana* MOENS est encore très fragmentaire et renferme même souvent des renseignements contradictoires.

L'étude la plus importante est due au sélectionneur hollandais C. FEENSTRA-SLUITER (1919). Encore, de l'aveu même de l'auteur, ce travail est-il très insuffisant; il se limite, en effet, à l'observation de deux arbres respectivement micro- et macrostyle.

Pour la clarté de l'exposé, la mise au point bibliographique sera établie par matière, plutôt que par auteur.

#### A. — Morphologie florale.

L'hétérostylie caractéristique des fleurs du Quinquina est signalée par la plupart des auteurs (KUNTZE, 1878; MOENS, 1882; KNUTH, 1898-1905; BEILLE, 1909; GROOTHOFF, 1912 et 1919; VAN LEERSUM, 1913; FEENSTRA-SLUITER, 1919; SPRUIT, 1923). Les arbres sont macro- ou microstyles selon que les stigmates de leurs fleurs surplombent les anthères ou sont dominés par celles-ci. Ces deux types floraux n'apparaissent jamais conjointement sur le même arbre.

#### B. — Développement des organes mâles.

MOENS (1882) note que la maturité des organes mâles coïncide généralement avec l'anthèse et rapporte qu'il a parfois réussi à féconder des ovaires avec du pollen provenant de boutons floraux sur le point de s'épanouir. Les grains de pollen mesurent de 0,027 à 0,032 mm sur 0,008 mm.

FEENSTRA-SLUITER (1919) signale également que les grains de pollen mûrs sont provisoirement enfermés dans les anthères et que l'éclatement de ces dernières se produit lors de l'ouverture de la fleur. Il renseigne les dimensions suivantes pour les grains de pollen secs et mûrs : 0,024 à 0,031 mm sur 0,011 à 0,015 mm. La paroi extérieure du grain est repliée de manière à former une fente à sa partie supérieure. Comme chez *C. succirubra* PAV. et *C. Calisaya* WEDD., aucune différence volumétrique n'a été observée entre les grains de pollen provenant de fleurs micro- ou macrostyles.

Toujours suivant cet auteur, la durée de la vitalité du pollen est conditionnée par l'humidité de l'air. Du pollen, enfermé dans des sachets

de papier et placé dans des tubes de verre sous différentes conditions hygrométriques, conservait son pouvoir germinatif jusqu'à dix jours en air sec, mais le perdait rapidement en atmosphère humide.

FEENSTRA-SLUITER (1919) signale encore que le tube pollinique atteint la base du style, 24 heures après la pollinisation; 24 heures sont encore nécessaires pour atteindre le micropyle de l'ovule et pénétrer à l'intérieur pour joindre le sac embryonnaire.

### C. — Développement des organes femelles.

Nous n'avons trouvé aucune indication bibliographique sur la durée de fécondité du gynécée.

Quelques renseignements histologiques sur le développement des ovaires fécondés sont donnés par FEENSTRA-SLUITER (1919).

### D. — Modes de pollinisation.

La plupart des auteurs (FEENSTRA-SLUITER, 1919; GROOTHOFF, 1912 et 1919; KNUTH, 1898-1905; MOENS, 1882; SANDS, 1923; SPRUIT, 1923; VAN LEERSUM, 1913) admettent la nécessité de l'entomopollinisation pour les fleurs microstyles. Pour les fleurs macrostyles, ils estiment que les insectes sont moins indispensables, puisque l'autopollinisation est possible grâce à la chute rapide de la corolle et au glissement des étamines sur les stigmates. L'anémopollinisation est également considérée comme probable.

Suivant MOENS (1882), l'anémopollinisation expliquerait l'hybridation fréquente observée dans les descendances d'arbres macrostyles. FEENSTRA-SLUITER (1919) signale la présence de petits nuages de pollen lors de l'ouverture des fleurs microstyles.

### E. — Adaptations à la pollinisation.

MOENS (1882) indique la coloration jaune crème des fleurs et leur odeur pénétrante qui rappelle celle de *Cheiranthus Cheiri*; ces effluves seraient perçus, lors des fortes floraisons, à longue distance.

Par contre, KUNTZE (1878) signale la couleur terne (« schmutzig-farbig ») et l'absence d'odeur des fleurs. Il en déduit que la pollinisation ne peut être qu'anémophile, les insectes délaissant les fleurs malgré leur structure apparemment favorable à l'entomopollinisation.

MOENS (1882) note la surabondance d'insectes lors de la saison florifère. Ceux-ci pollinisent le pistil en introduisant leur trompe jusqu'au disque nectarifère, situé à la base du style. Un Hyménoptère, *Bombus rufipes* LEPÉL., constituerait le principal agent de pollinisation. A Java, il butine, toute la journée, de fleur en fleur. Quelques grands

## APERÇU CRITIQUE DE LA BIBLIOGRAPHIE

Lépidoptères se rencontrent également durant la saison florifère : *Papilio Priamus* BOISD., *Ornothoptera criton* FELD. et *O. pompejus* CRAM.

FEENSTRA-SLUITER (1919) signale encore la présence de petits Diptères et de punaises dans les fleurs par temps pluvieux.

MOENS (1882) a trouvé aux métatarses postérieurs de *Bombus rufipes* des petits amas de pollen, bien que ce dernier ne soit ni visqueux ni aggloméré. Ce pollen était vraisemblablement agglutiné avec un peu de nectar. Les parties buccales étaient abondamment garnies de pollen.

MOENS et GAMMIE (1882), ce dernier, horticulteur au Bengale, ont observé une hybridation moins marquée lors des floraisons intenses qui localisent plus étroitement les déplacements des insectes butineurs.

Bien qu'ayant en vue la même espèce de *Cinchona*, MOENS (1882) et KUNTZE (1878) signalent des propriétés visuelles et olfactives diamétralement opposées. Cette contradiction, aux dires de MOENS (1882), ne peut s'expliquer que par une erreur taxonomique de la part de KUNTZE.

### F. — Périodes de floraison.

Suivant MOENS (1882), la plus forte floraison se produit, à Java, de janvier à avril. Des arbres fleurissent néanmoins durant toute l'année. L'intensité de la floraison reflète les conditions climatologiques qui ont prévalu au cours de la saison antérieure. La mousson sèche, normale de juillet à octobre, favorise la floraison de décembre à avril. Par contre, des pluies incessantes dépriment l'intensité florifère.

L'induction normale de la floraison requiert, selon MOENS, un repos végétatif complet.

SANDS (1923), de son côté, note qu'à Java le début et l'optimum de la floraison varient considérablement d'un arbre à l'autre.

### G. — Fécondation.

Sur ce point encore, la documentation est fragmentaire et contradictoire.

Les auteurs admettent, en général, la fécondité des pollinisations croisées « légitimes »<sup>1</sup>, basées sur le dimorphisme floral. Une fleur microstyle ne peut être fécondée que par du pollen d'une fleur macro-

1. DARWIN (1878) qualifie de « légitime » la fécondation qui unit des éléments sexuels issus, l'un d'une fleur microstyle, l'autre d'une fleur macrostyle. Lorsque la fécondation s'opère entre fleurs microstyles ou entre fleurs macrostyles, celle-ci est dénommée « illégitime ». Cette terminologie, adoptée par les biologistes ultérieurs qui étudièrent l'hétérostylie, prête à équivoque. Pour les généticiens, en effet, une fécondation est dite légitime lorsque les géniteurs paternel et maternel sont connus avec certitude; elle est illégitime dans le cas inverse. Afin d'éviter toute ambiguïté, nous avons introduit les expressions *fécondations hétéromorphes et isomorphes* en place des concepts *fécondations légitimes et illégitimes*.

style et, réciproquement, le pollen de fleurs microstyles est nécessaire à la fertilisation des pistils macrostyles.

MOENS (1882) et VAN LEERSUM (1913) réussirent l'autofécondation de quelques fleurs macrostyles; les autofécondations tentées sur des fleurs microstyles échouèrent.

FEENSTRA-SLUITER (1919) ne put autoféconder deux arbres, l'un micro-, l'autre macrostyle, féconds entre eux. Il émet l'hypothèse d'une variabilité individuelle, indépendante du dimorphisme floral.

Un jardin isolé du clone macrostyle n° 23, à Java, livra, d'après SPRUIT (1923), une descendance affaiblie.

Ces différentes données ne permettent aucune conclusion formelle. Les quelques essais d'autofécondation ne renseignent, ni les conditions d'opération, ni les précautions ou les modalités de technique. De plus, aucun contrôle germinatif n'est mentionné.

#### H. — Applications à la sélection.

Le recours de la sélection à la Biologie florale fut peu important.

Se basant sur la théorie darwinienne relative à l'efficacité supérieure de la fécondation croisée entre fleurs micro- et macrostyles, les sélectionneurs hollandais (FEENSTRA-SLUITER, 1919; KERBOSCH, 1937; VAN LEERSUM, 1913) ont orienté la sélection vers l'organisation de jardins isolés, groupant un ou plusieurs clones macrostyles et un ou plusieurs clones microstyles, sans porter leur attention sur le degré de compatibilité entre géniteurs ou sur la valeur physiologique des semences.

#### I. — Conclusions.

Cet aperçu documentaire sur la biologie florale de *Cinchona Ledgeriana* MOENS souligne à suffisance les lacunes et les contradictions de notre information au moment où nous avons entamé nos travaux.

Ainsi que le relève FEENSTRA-SLUITER (1919), il est indispensable de reprendre systématiquement l'étude de la biologie florale de *C. Ledgeriana* MOENS sur des bases plus amples et plus rigoureuses.

Les principales questions à résoudre sont :

Le mode de fécondation repose-t-il sur le dimorphisme floral ou sur des différences individuelles ?

La fécondation est-elle tributaire du vent, des insectes ou de l'auto-pollinisation ?

Quelles sont les compatibilités et incompatibilités génétiques de fécondation ?

Quels sont les facteurs externes et internes qui conditionnent la floraison et la fécondation ?

## APERÇU CRITIQUE DE LA BIBLIOGRAPHIE

Quelles sont les conditions paternelles et maternelles, extrêmes et optima, de la fécondation ?

Quels sont les caractères morphologiques qui permettent de contrôler, à priori, la fécondation et la maturité physiologique ?

L'étude de ces questions, dont la solution est indispensable à l'orientation de la sélection, constitue l'objet du présent exposé.

## CHAPITRE II

### Le matériel expérimental.

La présente esquisse taxonomique ne vise qu'à préciser le matériel étudié. Une étude systématique détaillée déborderait du cadre de nos recherches, sans utilité pratique immédiate sur l'orientation de la sélection.

#### 1. — Systématique.

Par suite du nombre élevé d'hybrides cultivés, la systématique des espèces et variétés du genre *Cinchona* L. présente une grande complexité.

L'imprécision de nos connaissances sur la localisation des habitats originels oppose un nouvel obstacle à l'étude taxonomique du genre.

Les classifications proposées par MOENS (1882), WEDDEL, HOWARD, KUNTZE (1878), etc., reposent davantage sur des bases morphologiques arbitraires que sur l'examen des filiations génétiques.

Des 35 espèces, jadis cultivées, deux seulement présentent encore aujourd'hui un intérêt agronomique : *Cinchona succirubra* PAV. et, surtout, *C. Ledgeriana* MOENS. Les auteurs, et notamment MOENS (1882) et PRUD'HOMME (1902), considèrent généralement ces deux dernières comme des espèces originelles, sans cependant justifier cette conception.

Le genre *Cinchona* L. appartient à la famille des Rubiacées, sous-famille des Cinchonoïdées, tribu des Cinchonées.

Le genre *Cinchona* L. possède tous les caractères par lesquels il appartient à ces groupes majeurs et sa description, élaborée par OUDEMANS (in GROOTHOFF, 1912) et conforme à nos observations au Kivu, peut s'établir comme suit :

#### Genre *Cinchona* L.

Arbres de port et de taille variables suivant les espèces et le milieu écologique.

Feuilles pétiolées, à nervation pennée, à nervure centrale bien marquée; nervures blanches, vertes, brunes ou rouges avec une gamme très riche de nuances.

Formes du limbe rondes ou effilées, avec tous les intermédiaires, conditionnées par l'espèce, la variété ou le type, ainsi que, pour un même sujet, par les branches tutrices, vieilles ou jeunes, florifères ou végétatives.

Glabres ou légèrement tomenteuses; de coloration variant du vert tendre au vert très sombre.

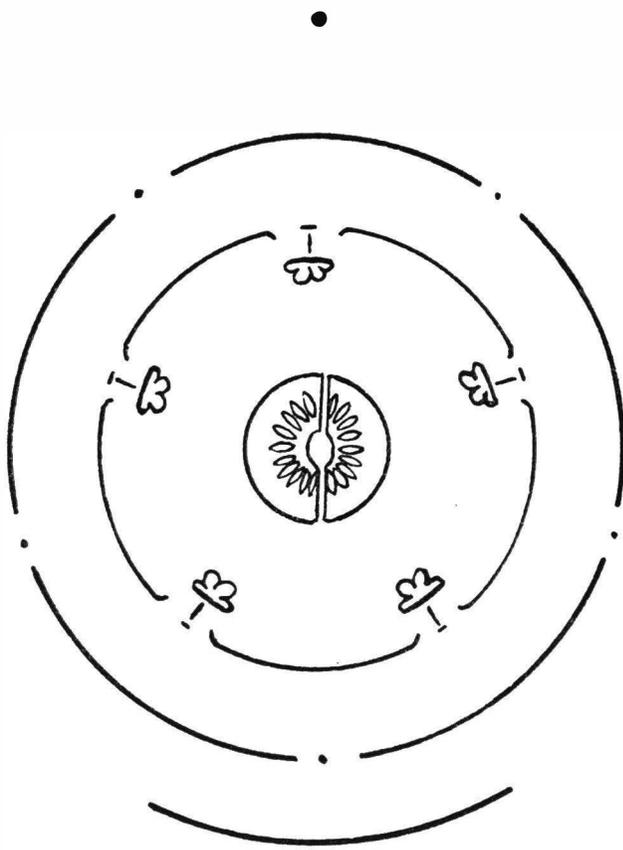


Fig. 1.  
**Diagramme floral du genre CINCHONA (Rubiaceae).**

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

Domaties<sup>1</sup> glanduleuses ou plumeuses, à l'intersection des nervures centrales et secondaires et parfois aux nervures secondaires.

Stipules interpétiolaires, glanduleuses à la base et caduques.

Inflorescences terminales, définies, constituées par des grappes de cymes<sup>2</sup>.

Flours hermaphrodites, hétérostyles, actinomorphes, courtement pétiolées et stipulées (fig. 1).

Calice gamosépale, court, à 5 dents, persistant, implanté au-dessus de l'ovaire.

Corolle longuement tubulée, cylindrique, surmontée de 5 lobes pubescents sur leur face interne, odorante (sauf chez *C. Pahudiana* How.), rappelant le jasmin, blanche, crémeuse ou purpurine.

Étamines au nombre de 5, alternes avec les lobes de la corolle, à filets plus ou moins longs suivant la styliie et soudés par leur partie basale à la corolle.

Style bifide, entouré à la base d'un disque nectarifère, à stigmates surplombant les anthères (fleurs macrostyles) ou dominés par celles-ci (microstyles)<sup>3</sup>.

Ovaire infère, à 2 loges antéro-postérieures.

Fruit : capsule plus ou moins allongée, couronnée par le calice, à déhiscence septicide, du bas vers le haut.

Graines aplaties, ailées sur les bords, albuminées, de coloration variant du brun pâle ou orangé au brun foncé, suivant les espèces, l'âge et l'état de conservation. Environ 25 graines par fruit. Dimensions variables avec l'espèce : de 4 à 10 mm de longueur sur 1 à 3 mm de largeur. Aile membraneuse de 4 à 5 mm.

### *Cinchona Ledgeriana* MOENS.

(= *C. Calisaya* WEDD., var. *Ledgeriana* HOWARD) (fig. 2 à 8).

Description d'après OUDEMANS in GROOTHOFF (1912) :

Arbres à port pyramidal ou fuselé, suivant les types.

Croissance très variable suivant les situations.

Écorce épaisse et riche en alcaloïdes. Espèce la plus riche en sulfate de quinine.

1. Domaties : cryptes foliaires, glanduleuses ou non, en forme d'ampoules ou fossettes, s'ouvrant à la partie inférieure des feuilles en un orifice rond ou en fente, et plus ou moins bien visibles le long de la nervure centrale, ou seulement à son extrémité, à l'intersection des nervures latérales, parfois sur ces nervures latérales.

2. Les inflorescences du genre *Cinchona* L. sont parfois, à tort, considérées comme des grappes composées ou grappes de grappes. Nous montrerons plus loin, à propos de l'ordre d'épanouissement des fleurs, que, pour une même inflorescence, les boutons terminaux des axes s'ouvrent en premier lieu. Ce phénomène répond au concept de l'inflorescence définie.

3. Les cascarilleros (récolteurs sud-américains) dénommaient les arbres microstyles : mâles (macho) et les macrostyles : femelles (hembra).

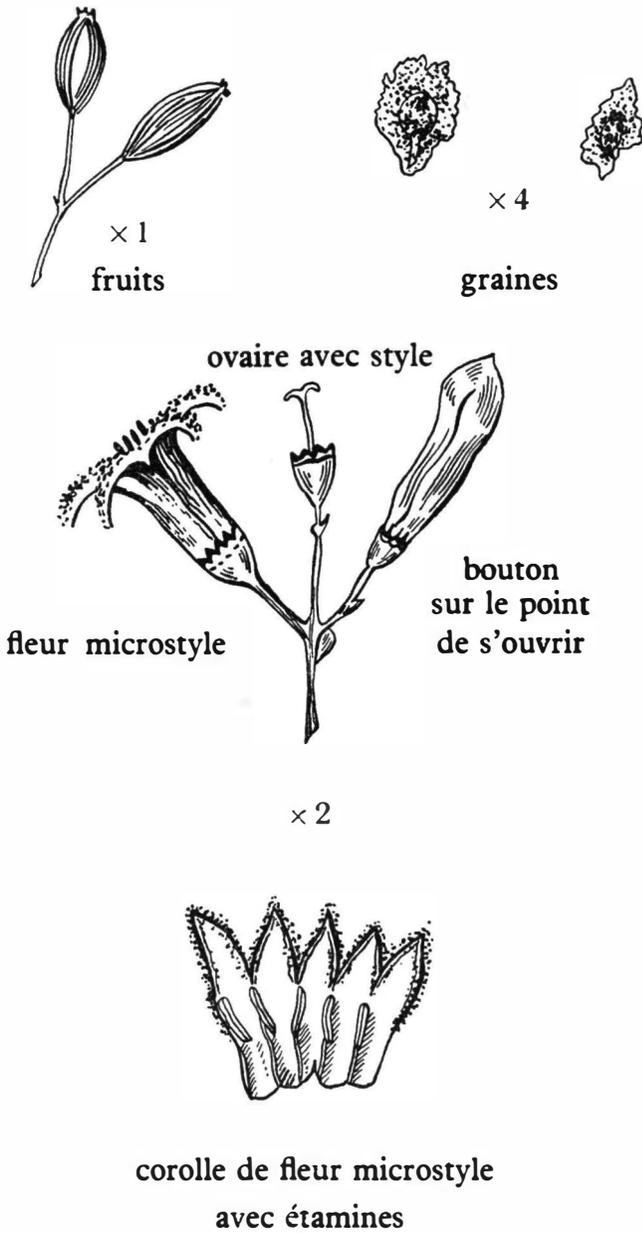


Fig. 2.  
**C. Ledgeriana MOENS.**

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

Branches persistantes, à angle d'insertion avec la tige très aigu (de 15 à 22° suivant les types).

Feuilles elliptiques, oblongues ou lancéolées-obovales, à sommet rond ou aigu, avec toutes les transitions.

Très glabres, à domaties plus ou moins bien marquées aux aisselles des nervures secondaires et de formes différentes, souvent à 9 nervures secondaires; vert clair à sombre, mates ou brillantes<sup>1</sup>, légèrement veloutées sur jeunes rameaux et rougeâtres.

Le limbe des feuilles sur jeunes branches mesure de 25,5 à 28,5 cm de longueur sur 9 à 13 cm de largeur; sur branches non florifères, de 7 à 15 cm sur 2 à 6 cm; aux inflorescences, de 3 à 8 cm sur 1 à 3 cm.

Sur jeunes branches, les feuilles sont larges avec la plus grande largeur au milieu du limbe, entre 5 et 11 nervures secondaires, à domaties peu visibles en dessous.

Sur branches végétatives, les feuilles sont généralement elliptiques.

Pétiole des feuilles adultes : 1,3 à 1,6 cm.

Pétiole des jeunes feuilles : 1 à 3 cm.

Pétiole de coloration variable : vert, brun ou rougeâtre.

Flurs penchées ou retombantes, longuement pétiolées (4 mm).

Calice vert, rougissant rapidement avec la maturité des fruits, à sépales courts et pointus au sommet.

Corolle blanche ou crèmeuse, très odorante, de forme tubuleuse, découpée dans sa partie supérieure en 5 pétales pointus.

Style de 7 mm de longueur chez les fleurs macrostyles et de 2 mm chez les fleurs microstyles.

Étamines de 2,5 mm de longueur chez les fleurs macrostyles et de 7 mm chez les fleurs microstyles.

Fruits petits et abondants, glabres ou faiblement pubescents, plus ou moins ovoïdes, à disque de coloration et de dimensions variables, à pétiole de 5 à 8 mm de longueur.

Dimensions des fruits : de 8 à 12 mm de longueur sur 3 à 4 mm de largeur.

Graines petites et très légères : 1 g en contient 3500.

Dimensions : de 4 à 5 mm de longueur sur 1 à 3 mm de largeur.

Nombre somatique (2n) de chromosomes : 34? (MENDES, 1939); 40 (FAGERLIND, 1937) (suivant DARLINGTON et JANAKI AMMAL, 1945).

### *Cinchona Calisaya* WEDD.

Différences botaniques essentielles avec *C. Ledgeriana* MOENS (suivant GROOTHOFF, 1912) :

Angle d'insertion des branches plus ouvert.

1. Le type, considéré par MOENS (1882) comme pur, a des feuilles mates et vert tendre.

## MATÉRIEL EXPÉRIMENTAL

Feuilles plus épaisses et plus larges, moins mates dans le jeune âge, à domaties bien marquées sur la face inférieure, aux aisselles des nervures secondaires.

Inflorescences relativement peu fournies.

Fleurs dressées, crémeuses ou jaune clair.

Capsules de 20 mm de longueur sur 6 à 10 mm de largeur, arrondies à la base, à peine atténuées au sommet, non striées.

Teneur des écorces moins riche en sulfate de quinine.

### 2. — Origine et fondements systématiques de l'espèce

*Cinchona Ledgeriana* MOENS.

L'origine des *Cinchona Ledgeriana* MOENS, actuellement en culture, remonte au lot de semences vendu en 1865 par l'Anglais CHARLES LEDGER au gouvernement hollandais.

Le lieu de la cueillette ne fut pas précisé par le récolteur.

D'après LEDGER, les semenciers devaient se trouver dans la province de Caupolican, dans le nord de la Bolivie, à 120 milles de Pelechuco. Mais il fut impossible à LEDGER et à d'autres chercheurs de retrouver l'endroit.

VAN LEERSUM (1913) rattacha les plantules issues de ce premier lot de semences à *Cinchona Calisaya* WEDDEL. Cependant, en 1872, la floraison de deux arbres fit apparaître des caractères morphologiques (coloration et port des fleurs) non spécifiques du Quinquina de WEDDEL. D'autres divergences apparurent dans la teneur en alcaloïdes des écorces, la forme des feuilles et l'angle d'insertion des branches.

Suivant GROOTHOFF (1912), WEDDEI groupa ces quinquinas en une variété de *C. Calisaya* WEDD.

Par contre, HOWARD y vit le type originel de *C. Calisaya* WEDD.

KUNTZE (1878), de son côté, conclut à un hybride naturel de *C. micrantha* RUIZ. et PAVON et de *C. Calisaya* WEDD. Cette origine hybride est également admise par BEILLE (1909).

SCHEFFER et MOENS (1882) établirent que cette nouvelle espèce constituait, en réalité, la forme originelle de *C. Calisaya* WEDD. Ce dernier dériverait ainsi de la nouvelle espèce dénommée, pour l'en différencier, *C. Ledgeriana* MOENS.

Notons que ces différentes hypothèses ne sont étayées par aucune confirmation expérimentale ou génétique. L'exiguïté et probablement même la disparition du centre d'origine ne suffisent pas à attribuer l'origine du Quinquina de LEDGER à l'hybridation ou à une mutation. *C. Ledgeriana* MOENS pourrait aussi bien constituer un hybride d'espèces actuellement disparues.

3. — *Cinchona Ledgeriana* MOENS au Kivu.

Les premiers quinquinas de LEDGER, plantés en 1931 à la station de l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge à Mulungu-Tshibinda (Kivu), proviennent de semences M.R.G. (Mengsel Rioeng-Goenoeng) d'origine javanaise. Ces semences sont issues, en troisième génération, d'une sélection massale continue d'arbres à haute teneur en quinine et représentatifs du type botanique considéré par MOENS (1882) comme étant pur.

A Mulungu, les quinquinas issus du premier lot de semences indonéerlandaises (4<sup>e</sup> génération M.R.G.) présentent un polymorphisme plus accentué que celui des autres espèces de *Cinchona* L. cultivées dans les collections de l'I.N.É.A.C. Nous y avons décelé des caractères propres à diverses espèces et plus particulièrement à *C. officinalis* L. (*C. Condaminea* H.B., *C. Uritusinga* PAVON, *Quina-Quina* LA CONDAMINE). Par contre, les caractères de *C. Calisaya* WEDD. et de *C. micrantha* RUIZ. et PAVON, observés fréquemment dans le lot initial de Java, n'apparaissent que rarement au Kivu.

La première descendance générative, issue d'arbres mères choisis dans notre quinquinaie initiale, manifeste encore une variabilité très large. Des caractéristiques spécifiques de *C. succirubra* PAVON et de *C. officinalis* L. y apparaissent plus fréquemment que dans les parcelles d'introduction. La manifestation de ces caractères extra-spécifiques ne peut être attribuée qu'à la proximité de géniteurs de ces deux dernières espèces.

Quant aux premières descendances génératives de jardins clonaux isolés, elles accusent un polymorphisme beaucoup moins marqué que celui des descendances génératives d'arbres mères choisis. Nous n'y avons pas remarqué de caractères propres à *C. succirubra* PAVON ou à *C. officinalis* L.

Nous sommes donc vraisemblablement en présence de disjonctions polyfactorielles déclenchées par une hybridation interspécifique intense. Les caractères de *C. micrantha* RUIZ. et PAVON et de *C. Calisaya* WEDD., régulièrement éliminés au cours des trois générations initiales à Java, n'apparaissent plus ici que sporadiquement, alors qu'en 5<sup>e</sup> génération, au Kivu, surgissent de nouvelles combinaisons provoquées par l'hybridation interspécifique locale. Le contrôle de la fécondation, en jardins isolés, détermine, au contraire, une homogénéisation phénotypique et une épuration rapides.

Un phénomène analogue a pu se produire dans le centre d'origine de *C. Ledgeriana* MOENS.

## 4. — Considérations générales sur l'hétérostylie.

*Cinchona Ledgeriana* MOENS est une espèce hétérostylée dimorphe. D'après W. BURCK (1883-1884), la moitié des espèces dimorphes connues appartiennent à la famille des Rubiacées.

## MATÉRIEL EXPÉRIMENTAL

Par suite de l'importance biologique de l'hétérostylie sur le mode de fécondation et des controverses qu'a suscitées ce dimorphisme floral, il nous paraît opportun de retracer brièvement quelques données bibliographiques.

Suivant la définition donnée par F. HILDEBRAND (1870), l'hétérostylie est une forme de dimorphisme floral caractérisé par l'existence, dans une même espèce, de deux ou plusieurs sortes d'individus différant par la longueur des styles de leurs fleurs.

La première mention d'hétérostylie, due à W. CURTIS, figure dans la description du genre *Primula* : 1<sup>re</sup> édition de *Flora Londinensis* (1777-1787).

En 1793, K.C. SPRENGEL observa ce type de dimorphisme sur *Hottonia palustris*, une autre Primulacée. Tout en lui déniait une existence fortuite, l'auteur ne propose aucune explication biologique à cette particularité.

Depuis la publication des importants travaux de CHARLES DARWIN (1878), la Primevère officinale est devenue le type classique des plantes hétérostyles dimorphes. Dans cette espèce, les stigmates de la forme macrostylée présentent une surface beaucoup plus rugueuse que chez le type microstyle par suite de la hauteur deux à trois fois supérieure des papilles. Les grains de pollen des fleurs microstyles diffèrent, en diamètre, des grains issus des fleurs macrostyles dans la proportion de 100 à 67.

Dans cette même espèce, de nombreux caractères sexuels secondaires distinguent les deux formes.

Ces traits particuliers furent plus spécialement étudiés par LÉO ERRERA (1905) chez *Primula elatior* JACQ. Citons, parmi les caractères propres aux pieds macrostyles : stigmates plus sphéroïdaux, anthères légèrement plus petites, grains de pollen pourvus d'une cannelure en moins, limbe des pétales moins rétréci à la base, ouverture de la corolle moins prononcée, graines légèrement moins lourdes et à qualité inférieure, teinte florale généralement plus foncée, etc.

Chez *Primula elatior*, LÉO ERRERA (1905) a observé une répartition assez égale des pieds hétérostyles. Nos comptages ont abouti aux mêmes conclusions dans différentes populations de *Cinchona Ledgeriana* MOENS (ENGELBEEN, 1947).

Par contre, chez *Primula officinalis*, R. CHODAT (1905) a constaté une prédominance de 1/16 en faveur de la microstylie.

Quant à la signification biologique de l'hétérostylie sur la fécondation, elle fut étudiée plus particulièrement par CH. DARWIN (1862, 1863 et 1878) et F. HILDEBRAND (1870 et 1895).

Suivant DARWIN (1878), l'union « illégitime » ou isomorphe, par opposition à l'union « légitime » ou hétéromorphe, définit la fécondation d'une forme hétérostylée par le pollen provenant de la même forme.

La fécondation « illégitime » peut être autogame <sup>1</sup>, geitonogame <sup>2</sup> ou xénogame <sup>3</sup>. Six cas d'union isomorphe sont donc théoriquement réalisables. Quant à l'union « légitime », elle est nécessairement xénogame.

CH. DARWIN confina ses expériences au mode xénogamique « pour donner à ses expériences toute la justesse désirable et pour écarter tout dommage résultant d'une autofécondation ou d'un croisement trop rapproché ».

Les conclusions de DARWIN et de HILDEBRAND concordent dans leurs grandes lignes : fécondité des unions « légitimes » généralement plus élevée que celle des fécondations « illégitimes », mais à des degrés très variables suivant les espèces. Ainsi, un même genre peut grouper des espèces dont l'union « illégitime » est presque complètement stérile et des espèces à fécondation « légitime » relativement féconde. De même, les résultats des fécondations « légitimes » peuvent se rapprocher sensiblement ou, au contraire, présenter une très grande variabilité.

F. HILDEBRAND (1895) établit que, dans les fécondations « illégitimes » d'espèces dimorphes, l'union des formes macrostyles est plus fertile que celle des types microstyles, sauf, toutefois, chez la Pulmonaire où les deux modes d'union sont presque stériles.

A l'issue d'importantes recherches expérimentales sur la pollinisation, P. RICHER (1905) conclut à la variabilité des résultats obtenus de l'autogamie, de la geitonogamie et de la xénogamie.

Dans deux études très documentées, E. DE WILDEMAN (1936 et 1948) réfute les assertions de CH. DARWIN et de ses disciples, sur le rôle conservateur de l'hétérostylie à l'égard des espèces. Suivant E. DE WILDEMAN, « l'hétérostylie, un stade de la séparation des sexes, est une des causes de la stérilité ». Ce même auteur reprend la conception du botaniste hollandais BURCK (1884) qui considère l'hétérostylie, séparant les sexes dans le temps et l'espace, comme l'aboutissement de toutes les Rubiacées.

La différenciation volumétrique fréquente des grains de pollen, chez les formes hétérostylées, et leur action sur la fécondation, ont déterminé de nombreuses controverses.

F. DELPINO (1868-1875) estimait que le volume plus grand des grains polliniques des fleurs microstyles répondait au chemin plus long à parcourir par les tubes polliniques en fécondation « légitime ».

1. Autogamie (L. ERRERA et G. GEVAERT, 1878) = Pollinisation d'une fleur hermaphrodite par son propre pollen.

2. Geitonogamie (KERNER) = Allogamie se produisant entre deux fleurs d'une même plante.

3. Xénogamie (L. ERRERA et G. GEVAERT, 1878) = Pollinisation entre fleurs appartenant à des individus différents. La xénogamie est isomorphe (TSHERMAK) lorsque les individus croisés appartiennent à la même variété. Elle est hétéromorphe (TSHERMAK) lorsque les géniteurs sont de variétés, de races ou d'espèces différentes.

Cette hypothèse n'est admise qu'avec réserve par CH. DARWIN (1877). Celui-ci cite différents exemples d'espèces hétérostylées où les grains polliniques sont de grosseur identique. En outre, de nombreuses disproportions entre le volume des grains polliniques et la longueur des styles sont observées.

S'appuyant sur la possibilité de germination des deux formes polliniques sur un même style, C.V. NÆGELI (1883) réfute l'explication proposée par F. DELPINO. La différence de volume — et parfois de coloration — serait déterminée par des facteurs internes qui contre-carrent la fécondation « illégitime » au même titre que la longueur des papilles stigmatiques (dont la différenciation résulterait de la hauteur d'insertion des organes tuteurs).

En conclusion d'une étude expérimentale minutieuse sur *Primula acaulis*, C.E. CORRENS (1889) dénie toute relation entre la grosseur des grains polliniques et la longueur du style. De nombreux comptages de descendance d'espèces hétérostylées indiquent la prépondérance de la même forme, dans les fécondations « illégitimes », et l'égalité des deux formes, en union « légitime ».

Nous avons déjà résumé les conceptions de F. LAIBACH (1930) sur l'hétérostylie. Signalons seulement que la représentation génétique de la forme microstyle par *Aa* et celle du type macrostyle par *aa*, dont le croisement reproduit indéfiniment ces deux caractères morphologiques en quantités égales, peut s'appliquer à notre Quinquina.

Touchant la xénogamie hétéromorphe obligatoire, qui s'est vérifiée dans nos travaux, E. BAUR (1930) invoque une « symbiose sexuelle ».

L'autostérilité a également fait l'objet d'innombrables observations. CH. DARWIN (1878) désigne ainsi la « stérilité d'une fleur hermaphrodite due à l'inefficacité de son propre pollen ». Pour définir ce phénomène, F. DELPINO (1868-1875) adopte le terme Adynamandrie.

Ces auteurs reconnaissent des degrés dans l'autostérilité.

DARWIN (1878) conclut à la prépotence du pollen allogamique sur le pollen autogamique. Chez les vraies plantes autostériles, le pollen serait inefficace.

Sur *Corydalis cava*, réputé autostérile, F. HILDEBRAND (1870) obtint, accidentellement, quelques rares fruits autofécondés.

Suivant F. PÉCHOUTRE (1909), qui rapporte les observations de FRITZ MÜLLER, la descendance obtenue en Angleterre de plants d'*Eschscholtzia californica*, intégralement autostériles au Brésil, n'était que partiellement autostérile dès la première génération. Inversement, la descendance de ces plants anglais manifesta, au Brésil, une autostérilité totale.

L'autostérilité se limite parfois à certains individus de la même parenté.

F. PÉCHOUTRE écrit en 1909 : « L'autostérilité est, dans l'état actuel de nos connaissances, un phénomène si surprenant qu'il ne peut intéresser que des races hybrides et non des espèces pures. De même, dans les espèces pures, le pollen propre est toujours prépotent par rapport aux pollens étrangers. »

F. LAIBACH (1930) émet l'hypothèse que, chez de nombreuses espèces végétales, l'hétérostylie serait aux stades initiaux de son évolution. Touchant l'hétérostylie des Primulacées et de *Lythrum Salicaria*, J. STIRLING (1932-1933) conclut à l'instabilité morphologique des organes de la reproduction; se basant sur les multiples formes florales, il admet également l'apparition récente de l'hétérostylie.

Appuyées sur le progrès des sciences physico-chimiques, les recherches plus récentes ont permis une connaissance de plus en plus précise du mécanisme de l'autostérilité.

Nous ne citerons que quelques auteurs dont les expériences présentent quelque similitude avec nos propres essais.

En 1934, E.M. EAST établit que les influences majeures qui affectent la croissance du tube pollinique résultent d'une réaction nutritive et d'une réaction d'incompatibilité (réaction mutuelle entre style et tube pollinique du type antigène). Les substances dépressives pour la croissance du tube pollinique sont absentes dans les boutons floraux qui, eux, peuvent être autofécondés, du moins chez de nombreuses espèces. L'autofécondation, en fin de saison florale, de plantes autostériles, peut être due à la formation moins active de ces substances.

Z. ALAM, en 1936, réussit à autoféconder l'espèce autostérile *Eruca sativa* LAM. en pollinisant des boutons floraux, deux jours avant leur épanouissement.

Une autofécondation partielle fut obtenue à l'aide de fleurs âgées. L'incompatibilité est attribuée à une substance inhibitante, absente deux jours avant l'ouverture des fleurs et surtout active au moment de l'épanouissement. ALAM découvrit des individus totalement autofertiles et observa des gradations dans l'autostérilité et l'autofertilité:

En 1937, R. SEARS soutint l'hypothèse d'E.M. EAST sur l'analogie entre les réactions d'autostérilité et celles d'immunité. Les cas d'autostérilité ne différeraient entre eux que par la localisation des substances inhibitantes.

Chez les espèces autostériles *Solanum subtilius* et *S. tuberosum*, PUSHKARNATH (1943) obtint des graines autofécondées par pollinisation des boutons, trois ou quatre jours avant épanouissement, à l'aide de pollen de fleurs mûres. Les plantes issues de ces graines autofécondées présentèrent toute la gamme de variabilité, depuis la floraison abondante jusqu'à l'absence totale de fleurs. L'auteur suppose que le caractère « non-floraison » est lié ici au facteur d'autostérilité.

## CHAPITRE III

### Processus de la floraison.

#### 1. — Épanouissement de la fleur.

##### A. — Généralités.

Les boutons floraux sur le point de s'ouvrir se caractérisent par un renflement terminal en massue. Leurs dimensions, forme et coloration constituent des caractères individuels, qui peuvent être utilisés dans les clefs d'identification des clones (voir figure 9).

La plupart des fleurs s'épanouissent le matin, aux premiers rayons du soleil. Les pétales se dégagent un à un et découvrent les poils laineux de la face interne. Aucun ordre systématique ne préside à cet épanouissement.

Chez les fleurs microstyles, l'épanouissement est plus rapide et l'incurvation des pétales vers l'extérieur plus prononcée que chez les fleurs macrostyles. Mais cette particularité, dont nous n'avons pu observer aucune exception, ne s'est pas traduite par un avantage quelconque en faveur d'un mode de fécondation déterminé.

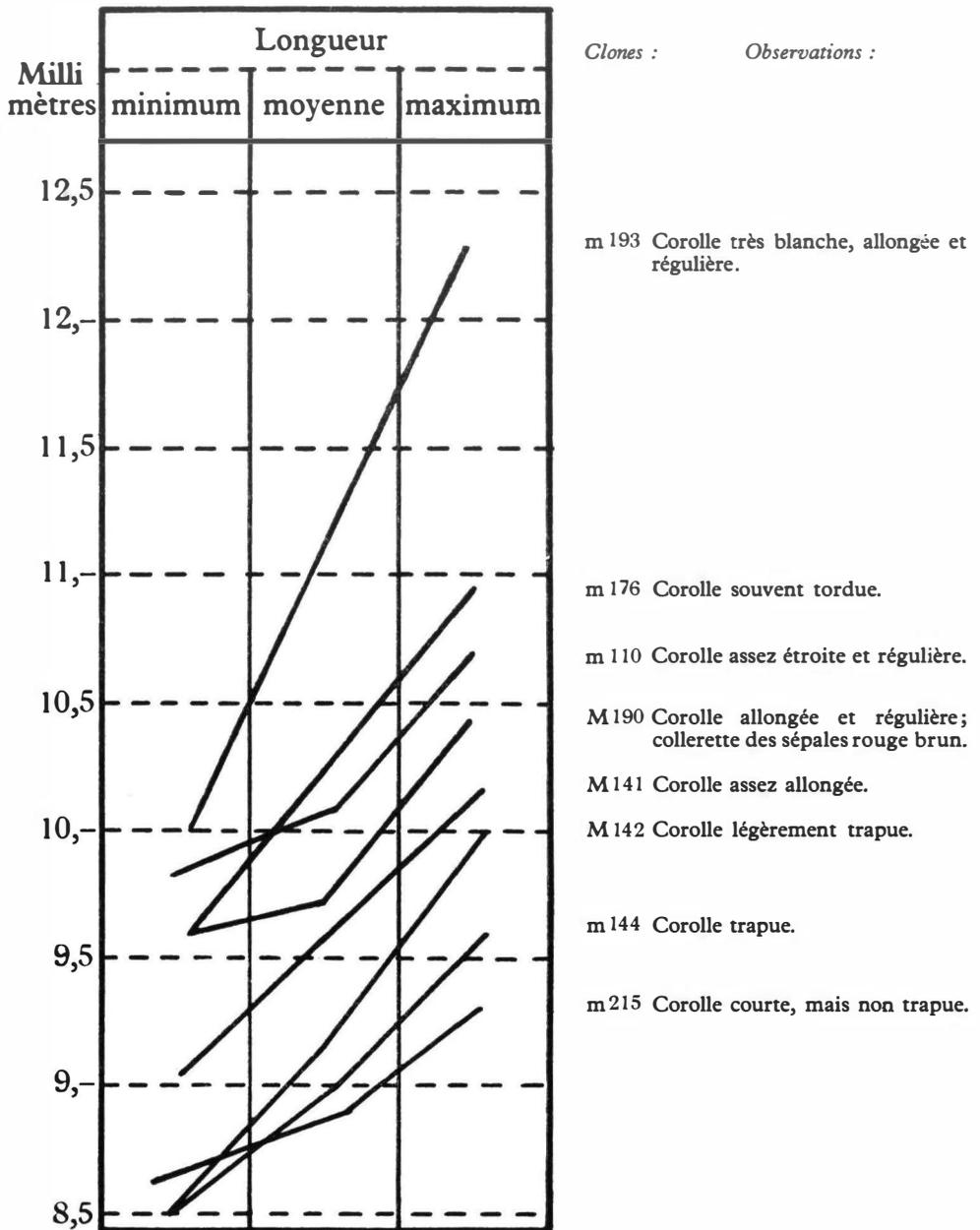
FEENSTRA-SLUITER (1919) signale que les lobes du pistil des fleurs macrostyles s'ouvrent très rapidement. Nous n'avons jamais observé de stigmates de fleurs macrostyles très ouverts : ils se détachent à peine et tardivement. Les stigmates de fleurs microstyles sont, par contre, déjà ouverts au stade de bouton floral.

Cette différence n'a d'ailleurs aucune influence sur la fécondation : nos essais établissent que les deux faces des stigmates, également recouvertes de papilles, sont susceptibles d'être efficacement pollinisées.

Dans la figure 3 (Coroles de fleurs fraîchement épanouies de quelques clones), nous renseignons, pour huit clones, et à raison de cent fleurs par clone, les longueurs moyennes et extrêmes des corolles, ainsi que quelques caractéristiques morphologiques.

Par suite de l'importance de la variabilité fluctuante, la longueur de la corolle ne constitue qu'un caractère secondaire; elle ne caractérise que des groupes de clones. Ainsi, par exemple, la longueur totale des corolles florales, à des stades d'épanouissement rigoureusement identiques et prélevées au même moment sur le même arbre et sous des conditions écologiques semblables, varia de 10,0 à 12,2 mm pour le clone microstyle n° 193 et de 8,5 à 10,0 mm pour le clone macrostyle n° 142.

Fig. 3. — Corolles de fleurs épanouies de quelques clones.



*Remarque* : Les lettres « m » ou « M », devant l'indicatif des clones, indiquent que les arbres sont micro- ou macrostyles. Cette convention a été adoptée pour tous les exemples que nous énoncerons.

Tout aussi malaisée est la discrimination basée sur la couleur, dont les nuances sont trop faiblement marquées pour être aisément caractérisées. Les fleurs récemment épanouies sont, par exemple, plus blanches chez les sujets du clone m 193 que chez les autres quinquinas.

L'observation de la forme des corolles, mince ou épaisse, allongée ou trapue, régulière ou tordue, est moins aléatoire.

Chez les boutons floraux sur le point de s'épanouir, le contrôle biométrique des corolles a conduit à des conclusions identiques (voir figure 9).

L'utilisation de l'ensemble de ces caractères, complétée par des particularités secondaires, autorise cependant l'identification de clones ou de groupes de clones sans marquer toutefois de différence systématique entre fleurs micro- ou macrostyles.

#### B. — *Influence des facteurs externes sur l'épanouissement.*

Dans le but de pouvoir grouper rationnellement et suivant un indice climatologique les innombrables fécondations artificielles exigées pour les besoins de la sélection, nous nous sommes efforcé de déterminer d'éventuelles corrélations entre le déclenchement de l'épanouissement et l'occurrence des phénomènes météorologiques.

Afin d'élucider cette question avec précision, de nombreuses inflorescences, choisies en conditions différentes de sol, d'altitude et d'exposition, furent étiquetées et les phénomènes floraux furent quotidiennement annotés et confrontés avec les relevés météorologiques.

Les multiples observations, réitérées en conditions de temps et d'espace très diversifiées, ont établi que, si les facteurs écologiques influent sur l'intensité de la floraison, ils ne déterminent, par contre, aucune variabilité dans le moment de l'épanouissement; l'âge et l'époque florifères sont principalement tributaires de facteurs internes. Ces observations sont consignées plus loin.

Certains facteurs externes exercent, néanmoins, une influence sur l'intensité de la floraison des arbres d'un même clone.

De jeunes arbres fleurissent parfois abondamment : ces floraisons précoces, observées durant les saisons sèches prolongées et sur clones déficients, reflètent, en général, un développement racinaire insuffisant. Pour enrayer un épuisement extrême, encore accru par une floraison surabondante, l'ablation des fleurs s'impose d'urgence. L'arrachage des arbres décéla un enracinement superficiel. Il fut d'ailleurs observé que les floraisons excessives s'atténuaient avec l'approfondissement du système racinaire.

Ajoutons que la floraison surabondante et précoce n'est pas toujours générale pour tous les individus d'un même clone. Un sol trop compact ou à nappe phréatique superficielle, une attaque pathogène des coiffes

TABLEAU

DATES (1943)	TEMPÉRATURE (°C)								PLUIES (mm)		
	SOUS ABRI							SOL m	8 h	14 h	17
	M	m	$\frac{M+m}{2}$	M-m	8 h	14 h	17 h				
<b>AVRIL</b>											
22	25	14	19,5	11	19	22	17	13	—	—	8,5
23	24	14,5	19,2	9,5	18	23	18	13	1,5	—	0,5
24	24,5	12,5	18,5	12	17,8	18,8	16	12,5	5,-	0,5	25,-
25	25	13,5	19,2	11,2	17	20	17	13	5,5	—	—
26	27,4	13	20,2	14,4	19	20	19,5	13	16,-	—	1,-
27	27	14,5	20,7	12,5	19	20	16,8	9,5	2,-	—	—
28	29,5	14	21,7	15,5	19	24	21	13,5	—	—	—
29	24	13,5	18,7	10,5	18,5	23	17	10,5	2,-	—	—
30	23	14,5	18,7	8,5	17	20,5	19	10	—	—	—
<b>MAI</b>											
1	24	10	17,2	14	19	23	22	10,5	1,-	—	—
2	25	13	19	12	20	25	21	12	—	—	—
3	25	14	19,5	11	17	25	20	11,5	4,-	—	—
4	24	14,5	19,2	9,5	18	18	17	12	—	3,-	1,-
5	24	13,5	18,7	10,5	19	22	17	11	—	—	25,-
6	24	14,5	19,2	9,5	23	20,5	20	10	3,-	—	—
7	24	14	19	10	19	23	19	10	—	—	—
8	25	14	19,5	11	20	24	19	12	—	—	2,-
9	24	15	19,5	9	18	24	19	14	—	—	—
10	24,5	14	19,2	10,5	20	20	19	13	—	—	1,-
11	23	15	19	8	19	19	18	13	1,-	1,-	—
12	24,5	14	19,2	10,5	19	24	18	11	—	—	—
13	24	14	19	10	16	22	19	12	—	2,-	—
14	24,5	15	19,7	9,5	20	22	19	11,5	—	—	—
15	27	14	20,5	13	20	20,5	18	12	11,-	—	—
16	25	13	19	12	18	24	19	12	10,-	—	—
17	24	13,5	18,2	10,5	19	22	20	12	1,-	—	—
18	25	13,5	19,2	11,5	18,5	24	20,5	11	—	—	—
19	25	13,5	19,2	11,5	20	23	19	11,5	—	—	—
20	24	13,5	18,7	10,5	20,5	24	16	11,5	—	—	2,-
21	24	13,5	18,7	10,5	21	23	18	11,5	—	—	0,5
22	24	13	18,5	11	19	19,5	22	11	23,-	—	—
23	25	14	19,5	11	19	25	24	12,5	—	—	—
24	25	10,5	17,7	14,5	19	24	22	11	—	9,-	—
25	25	14	19,5	11	20	25	20,5	11,5	20,-	—	—
26	25,5	13	19,2	12,5	20	24	22	10	—	—	—
27	25,5	14,5	20	11	20	24	22	11,5	—	—	—
28	24,5	14	19,2	10,5	19	24	22	11	—	—	—
29	25	10,5	17,7	14,5	19	23	20	10,5	—	—	—
30	25	13	19	12	14	25	21	12	—	—	—
31	25	13,5	19,2	11,5	19,5	25	21	11	—	—	—
<b>JUIN</b>											
1	24	14	19	10	20	22	20	12	—	—	—
2	24	13,5	18,7	10,5	20,5	24	19	12	—	—	—
3	24	12,5	18,2	11,5	19	24	22	12	—	—	—
4	24	13,5	18,7	10,5	17	20	17,5	10	47,-	—	—
5	24	12,5	18,2	11,5	19	22	20	15	—	—	—
6	23	12	17,5	11	18	21	17	12	—	—	—
7	22	13	17,5	9	17	20	20	13	—	—	—
8	23	11	17	12	18	21	21	13	—	—	—
9	26	12	19	14	20	21	22	13	—	—	—
10	24	13	18,5	11	17	21	17	13	—	—	—
11	24	13	18,5	11	17	21	21	12,5	—	—	—
12	23	14	18,5	9	18	22	19	12	—	—	—

M = maximum.

m = minimum.

OBSERVATION : forte grêle le 4 ju

ées météorologiques.

HUMIDITÉ RELATIVE			INSO-LATION	LUCIMÈTRE DE BELLANI			EVAPO- ROM.	INFLORESCENCE M 278/36/475				
h	14 h	17 h		en h	8 h	14 h		17 h	8 h	(1)	(2)	(3)
1	91	90	0,5	4	17	17,8	2	1	0	5	14	13
1	83	90	—	1,6	14,4	16	0,4	—	—	—	—	—
5	77	89	0,5	0,8	8,4	10	1,8	1	1	3	4	—
5	78	86	2,5	0,0	10,2	16,8	0,6	—	—	—	—	—
3	78	81	4	9,8	18,7	25,5	1,1	—	—	—	—	—
1	81	84	4,5	0,0	13,4	15,6	1,2	1	1	1	3	—
5	75	73	5	0,6	15,8	22,2	1,7	—	—	—	—	—
0	87	90	7,5	3,2	18,2	20,0	1,2	1	1	4	4	—
0	86	81	4,5	9,0	15,4	19,0	1,9	3	3	3	4, 5 et 6	—
1	87	86	8,5	0,0	19	25,2	1,6	3	1	2	3, 4 et 9	2
1	84	91	3	0,8	20	28	1,3	1	1	2	4	—
0	84	91	4	0,0	16	20,4	2,5	1	1	3	7	—
5	81	90	2	1,4	14	14	1,7	1	0	2	6	10
0	82	80	5,5	2	16,8	17	2,3	3	1	1, 1 et 2	2, 5 et 10	5
19	86	81	3	1	14,6	18,6	1,1	1	1	1	5	—
35	83	81	9	3,8	20,6	23,8	1,3	2	1	1	3	5
31	83	90	8	2,2	18,6	20	1,8	3	1	2	3, 3 et 5	6
30	84	72	9	2	16	20	2,7	2	1	1 et 2	2	6
36	91	90	6	2,8	16	20	0,8	3	1	3	3, 3 et 5	5
31	95	90	2	2	12,4	14	1,2	5	2	2 et 4	4, 6 et 7	6, 8 et 15
35	58	90	7	1,4	15,4	19	1,2	1	1	3	3	—
79	91	90	6,5	3	16,4	17,4	1,6	3	0	2, 4 et 6	4, 4 et 6	6, 8 et 9
81	82	90	3,5	0,6	14,6	15,4	1,7	4	0	1, 1, 3, 4	3 et 4	6, 7 et 8
77	95	95	5	6,8	19,6	20	1,5	2	0	2 et 3	2 et 4	6 et 7
95	88	90	8,5	2	16	22	2	1	0	3	5	6
85	86	81	8	0,4	14,6	19	1,8	4	1	1 et 2	2, 3 et 9	4, 6 et 11
90	75	86	8,5	0,6	18	24	1,9	3	0	1, 2 et 3	3	4, 4 et 6
91	87	85	3	1,8	12,6	15	2,4	1	0	4	4	5
81	92	89	7	6	17,4	19	1,7	3	0	1, 2 et 4	4	5 et 6
86	87	90	6	2	19,8	23,2	1,5	2	0	1 et 2	4	2 et 5
90	86	86	3	0,6	12	15,4	2	2	0	2 et 6	4 et 6	4 et 5
90	92	92	7	0,2	16	20	1,2	—	—	—	—	—
90	83	82	8,5	0,4	17,4	22,8	2	3	1	1, 7 et 8	3, 7 et 8	3 et 10
91	88	91	9,5	1,8	16,8	23,6	1,5	6	9	1 et 4	3 et 4	3, 4, 5 et 7
81	75	82	9,5	2,6	18	23	2,5	2	0	2 et 4	4	4 et 6
90	75	82	10	2,4	21	26	2,5	2	0	1 et 4	4	3 et 6
81	79	91	6,5	0,8	17,6	21	3,5	5	1	1, 3, 4, 7	3, 4 et 7	4 et 5
81	83	91	6,5	0,2	19	20,4	2,9	1	0	2	6	7
89	84	82	5	0,2	16	20	3,5	1	0	2	2	7
86	95	95	6,5	1,4	21,4	23,2	4	4	0	2 et 4	4 et 5	1 et 3
81	91	91	4	0,6	13,4	17	4	—	—	—	—	—
86	83	81	5	2	17,4	19	2,5	4	0	2 et 5	2, 5 et 6	3, 5 et 6
90	84	83	6	2	16	18,7	2,5	1	0	4	4	3
90	91	85	2,5	0,2	14,6	18	1,5	1	0	1	3	4
77	83	91	7	1,6	13,6	20	2	1	0	5	5	2
81	91	90	5,5	0,4	10	15	2	2	0	3 et 6	5 et 6	4
90	95	95	6,5	0,2	13,6	19	3	—	—	—	—	—
85	82	91	10	3,2	20,2	25	2,7	—	—	—	—	—
64	91	91	10	1,8	20	24	3,2	—	—	—	—	—
84	82	90	6	0,2	14,2	17,6	3	1	0	1	5	2
84	84	86	5,5	0,0	14	18,4	2,7	1	0	—	—	1
71	91	81	1,5	0,0	8,6	13,4	2,6	—	—	—	—	—

Nombre de fleurs épanouies.  
 Nombre de fleurs épanouies et parvenues à fructification.  
 Nombre de jours compris entre l'épanouissement et la chute des corolles.  
 Nombre de jours compris entre l'épanouissement et la chute des styles.  
 Nombre de semaines comprises entre l'épanouissement et la chute ou la dessiccation éventuelles des ovaires.

radiculaires et, en général, tout accident ou facteur susceptible d'atrophier le chevelu et de favoriser un enracinement traçant peuvent déclencher ce phénomène. Dans ce cas, la déficience n'est pas du ressort de la génétique, mais elle est justiciable de la phytopathologie ou de l'expérimentation culturale.

Mais, lorsque l'hyperfloraison précoce est générale à tous les arbres d'un même clone, le m 193 par exemple, quelles que soient les conditions ambiantes, l'élimination des arbres déficients s'impose. La fixité du caractère « enracinement traçant » dans la descendance végétative fait préjuger de l'hérédité de ce caractère. Des essais systématiques n'ont pas été entrepris sur la nature héréditaire de ce caractère. Mais, même sa récessivité éventuelle pourrait déterminer des combinaisons indésirables.

Pour un même clone, les arbres en bordure des parcelles ou suffisamment espacés (à 2,50 × 3,50 m au minimum) sont les plus florifères.

Sur un même arbre, les floraisons exposées au soleil levant sont plus nombreuses et mieux fournies que les inflorescences ombragées ou orientées vers l'ouest.

Notons que, dans les régions montagneuses du Kivu, la luminosité constitue un facteur climatologique important. La luminosité, maximum au cours de la matinée, décroît considérablement durant l'après-midi par suite de la nébulosité de l'atmosphère. L'aspect plus vigoureux des plantations situées sur les versants orientaux est déterminé par ce facteur.

La disposition des jardins semenciers devra tenir compte de ces prescriptions. Celles-ci sont d'autant plus importantes que les clones, choisis comme semenciers, sont généralement peu florifères.

Quant à l'épanouissement proprement dit de la fleur, nous n'avons pu déterminer aucune corrélation positive entre le moment ou la rapidité de l'épanouissement et les facteurs externes.

Ne disposant pas de l'appareillage microclimatologique requis pour enregistrer l'incidence des facteurs écologiques à la surface même des organes étudiés, nous avons dû limiter nos observations aux enregistrements météorologiques suivants :

Température : *sous abri* : maximum, minimum, amplitude (maximum-minimum), moyenne (moitié de la sommation des maximum et minimum), températures à 8, 14 et 17 heures.  
*au sol* : minimum à 8 heures.

Humidité : pluviométrie et humidité relative de l'atmosphère à 8, 14 et 17 heures.

Évaporation : évaporométrie à 8 heures.

Insolation : nombre d'heures d'insolation relevé à l'héliographe.

Luminosité : lucimètre de Bellani à 8, 14 et 17 heures.

## PROCESSUS DE LA FLORAISON

Organisés essentiellement en vue de caractériser le régime climatique local, les relevés météorologiques ne présentent pas la précision rigoureuse qui est généralement requise pour les recherches écologiques.

Une étude écoclimatologique de la floraison du Quinquina doit encore être conduite systématiquement.

Bien que sujets à caution, les bulletins météorologiques que nous avons mis en parallèle avec les résultats de nos observations florales ont autorisé d'intéressantes conclusions d'ordre général :

1<sup>o</sup> L'épanouissement des fleurs a lieu indépendamment des conditions climatologiques qui prévalent ;

2<sup>o</sup> La pollinisation, la fécondation et la chute des styles, des corolles ou des ovaires ne sont pas influencées par les conditions ambiantes.

Une confirmation expérimentale de ces conclusions est exposée plus loin.

Nous donnons, dans le tableau I, un exemple de relevé météorologique comparé aux caractéristiques florales de toutes les fleurs de l'inflorescence M 278/36/475 <sup>1</sup>.

L'épanouissement de la fleur constitue un phénomène de courbure autonome provoqué par des localisations spéciales du grand allongement qui donnent lieu à des conformations durables, par opposition aux simples variations de la turgescence qui sont réversibles.

Peu avant l'épanouissement, la terminaison apicale du bouton est fortement distendue. Comme l'indiquent les données du tableau II, ce gonflement des tissus s'accompagne d'une légère perte de poids des organes floraux. Les pesées furent effectuées, immédiatement après récolte, en conditions ordinaires de laboratoire.

TABLEAU II

*Poids moyens de fleurs et boutons.*

STADES FLORAUX	Type macrostyle	Type microstyle
Fleur épanouie . . . . .	28 mg	31 mg
Bouton sur le point de s'ouvrir . . .	20 mg	22,5 mg
Bouton avant gonflement de la terminaison . . . . .	25 mg	30 mg

1. L'indicatif des inflorescences renseigne successivement le type floral, le clone, l'arbre et l'inflorescence observés. Nous avons adopté cette convention pour toutes les numérotations.

Ces données figurent les moyennes pondérales de cent échantillons prélevés au même moment sur inflorescences voisines et pareillement exposées de deux arbres à stylic différent. Pour un même type floral, les fluctuations en poids des trois stades sont sensiblement identiques.

Dans l'exemple envisagé, le poids plus élevé des boutons et fleurs microstyles n'implique pas une supériorité générale du type floral; ces différences sont purement individuelles.

Alors qu'un gonflement histologique implique un apport supplémentaire d'eau, la perte de poids des organes floraux aux stades proches de l'anthèse ne peut se justifier que par une consommation accrue de métabolites sous l'action de la respiration.

Nous savons, en effet, que l'intensité respiratoire varie d'après les organes, les périodes et les espèces. Parmi les organes, ce sont les racines qui respirent le moins activement; puis viennent, par ordre d'intensité croissante, les tiges, les feuilles, les fleurs et, dans celles-ci, les étamines et les carpelles; cette gradation montre que plus l'activité des organes est intense, plus aussi la respiration est abondante. En ce qui concerne les périodes de développement, c'est au moment de leur croissance que les organes respirent le plus, par exemple les bourgeons au moment où ils s'épanouissent (GRÉGOIRE, 1936).

La chaleur dégagée par les organes floraux en période de grand développement peut être très élevée.

Les données numériques que nous apportons confirment donc, en les précisant, les processus intimes des phénomènes de l'épanouissement des fleurs.

Que conclure de cette recherche au point de vue pratique des fécondations artificielles? Il n'est pas possible d'organiser les travaux en fonction d'un indice écologique qui agirait sur le moment de l'épanouissement; ce dernier ne figure en effet qu'un phénomène d'allongement autonome.

Malgré la répétition des observations en conditions saisonnières différentes, aucun groupement dans le temps n'a été enregistré pour les épanouissements. Ceux-ci se produisirent, dans tous les cas envisagés, avec une fréquence due au hasard plutôt qu'à une influence systématique.

## 2. — Chute de la corolle et du style.

Des considérations erronées ont été émises dans la bibliographie.

Dans la revue de la documentation, au chapitre I, nous avons noté que certains auteurs (FEENSTRA-SLUITER, 1919; MOENS, 1882; SPRUIT, 1923; VAN LEERSUM, 1913), se basant sur la chute plus rapide de la corolle, admettaient l'autofécondation des fleurs macrostyles. Les étamines polliniseraient les stigmates lors du glissement de la corolle.

Cependant, l'influence de la persistance de la corolle sur la fructification n'avait pas été établie systématiquement. La présomption de l'influence de la chute ou de la flétrissure ou dessiccation de la corolle nécessite une confirmation.

Dans les conditions locales de Mulungu, l'observation de nombreuses inflorescences sous différentes circonstances écologiques n'a montré aucun écart chronologique entre les chutes de corolles des deux types floraux. Les corolles des fleurs, qu'elles soient micro- ou macrostylées, se séparent de l'ovaire durant les huit jours qui suivent l'épanouissement avec une fréquence maximum au cours des trois premiers jours.

Afin de ne négliger aucune possibilité de corrélation entre la chute des corolles et le dimorphisme floral, nous avons dissocié, dans nos observations, le détachement de la corolle de la chute proprement dite. Des particularités, telle la fanaison éventuelle de la corolle sur la fleur, furent également enregistrées. Mais en aucun cas, nous n'avons noté une différence systématique quelconque dans le comportement des fleurs micro- ou macrostylées.

Les choses se passent comme si la chute des corolles était conditionnée par les secousses imprimées aux branches. On se rappellera que, chez *Cinchona Ledgeriana* MOENS, les fleurs sont penchées, souvent même retombantes.

Bien qu'elle soit peu marquée, une corrélation a été observée entre l'humidité atmosphérique et la persistance de la corolle, sans toutefois influencer la fructification (cf. tableau I).

Il est généralement admis, dans la pratique courante des fécondations artificielles, que le taux de réussite dépend des conditions atmosphériques. Nos résultats, obtenus en de multiples essais de fécondation, effectués en conditions très variées, ne fluctuèrent pas sensiblement. Des fécondations, naturelles ou artificielles, sous des pluies battantes, n'entraînèrent aucune coulure de pollen et livrèrent des graines parfaitement fertiles.

Dans tous nos essais, l'habileté de l'opérateur constitua l'élément prédominant. Alors que l'ambiance n'agit que faiblement sur le résultat final de la pollinisation, des écarts constants et importants furent enregistrés entre les taux de réussite obtenus par des travailleurs opérant en conditions identiques. Dans les chapitres ultérieurs, nous illustrerons ce point essentiel par des données numériques.

Afin de déterminer le rôle éventuel de la chute de la corolle ou du style sur la fécondation, nous avons noté, quotidiennement et individuellement pour tous les ovaires de différentes inflorescences, les dates de l'épanouissement, du détachement, de la fanaison éventuelle et de la chute des corolles; de la dessiccation et de la chute du style et des fruits; de la déhiscence des capsules ou de l'apparition de tout autre

TABLEAU III

Date d'épanouissement	COROLLE				Chute du style	Chute ou dessiccation éventuelle des fruits	MATURITÉ DES FRUITS				Observations sur le fruit		
	Détachement éventuel	Fanaison éventuelle	Chute	En jours après épanouissement			Nombre de graines	Faculté germinative (en %)	Énergie germinative (en jours)	Déhiscence		Semaines après épanouissement	
<b>AVRIL</b>													
22			5		14	13				25	92	17 ± 1,8	
24			3		4					16	81	14 ± 2,7	Arqué à petites graines.
27			1		3					2	100	15 ± 3	
29			4		4					25	72	15 ± 1,9	
30			3		4					30	90	14,4 ± 2,5	Arqué.
»			3		5					22	91	18,1 ± 2,2	»
»			3		6								
<b>MAI</b>													
1			2		4					31	90	16,5 ± 3,2	Abattu par grêle.
»			2		9					6	100	13,5 ± 1,2	Abattu par grêle.
»			2		3					33	57	15,1 ± 2	Blessé par grêle.
2	1		2		4								
3	1		3		7								
4			2		6	10							Fendu par grêle.









phénomène ou incident susceptible de modifier les résultats de la fécondation. Enfin, les capsules déhiscentes, récoltées individuellement en sachets numérotés, furent soumises à des comptages des graines et au contrôle de la faculté et de l'énergie <sup>1</sup> germinatives des semences.

Les observations se sont donc étendues depuis le stade de l'épanouissement du bouton floral jusqu'à la détermination de la valeur physiologique des graines en germoirs de laboratoire. On ne peut, en effet, pour conclure valablement, — et nos travaux ultérieurs l'ont démontré à suffisance, — confiner l'expérimentation aux caractères apparents de la fructification. C'est à la négligence de cette prescription fondamentale qu'il faut attribuer les conclusions prématurées de nombreux auteurs.

Nous consignons, dans le tableau III, les variations morphologiques de la corolle et la durée de la persistance du style de toutes les fleurs d'une même inflorescence, par comparaison à la fructification et à la maturité éventuelles.

L'examen de ce tableau permet les conclusions suivantes :

1° Des fleurs épanouies le même jour manifestent un certain synchronisme dans la persistance de la corolle, sans que cette homologie implique cependant une signification quant à la fertilité des ovaires;

2° Le détachement ou la flétrissure de la corolle n'influent en rien sur la fécondité;

3° Pour des fleurs épanouies le même jour, la durée de persistance du style varie considérablement et indépendamment de la fertilité de l'ovaire.

L'exemple envisagé se rapporte à une inflorescence de fleurs macrostyles. Conduite avec rigueur, l'observation systématique infirme l'opinion des auteurs relative à une influence des phénomènes contrôlés sur la fécondation.

Il est intéressant de noter — et ce phénomène fut observé pour toutes les inflorescences — que la grande majorité des fruits fertiles résultèrent des fleurs écloses en premier lieu.

Des raisons morphologiques sont incapables d'expliquer ce point : il n'existe pas de degrés dans la fécondité des premières et dernières fleurs. Par l'ablation des premières épanouies, dans de nombreuses inflorescences, nous avons pu observer une fructification normale des fleurs ouvertes en dernier lieu. Ce point sera précisé plus loin.

Pour la clarté de l'exposé, nous synthétisons, dans le tableau IV, les variations des chutes de corolles et de styles de l'inflorescence M 278/36/475.

1. L'énergie germinative des lots de semences, qui traduit la rapidité et la régularité de la germination, est figurée dans nos relevés par le nombre moyen de jours requis pour l'apparition de la radicule, suivi de sa déviation standard.

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

TABLEAU IV

Nombre de jours après épanouissement de la fleur	FRÉQUENCES, EN POUR-CENT, DES CHUTES DE			
	COROLLES		STYLES	
	d'ovaires parvenus à maturité	d'ovaires non parvenus à maturité	d'ovaires parvenus à maturité	d'ovaires non parvenus à maturité
1	28,8	21,6	—	—
2	19,0	39,6	5,3	9,7
3	37,9	11,5	31,3	23,6
4	9,5	14,4	26,3	33,3
5	—	4,3	10,6	15,3
6	—	4,3	5,3	9,7
7	—	4,3	5,3	5,6
8	4,8	—	5,3	—
9	—	—	5,3	1,4
10	—	—	5,3	—
14	—	—	—	1,4
	100,0	100,0	100,0	100,0

La chute des styles est moins dépendante des conditions externes que celle des corolles. Cette différence est mise en relief par l'échelonnement des fréquences : régulier pour les chutes de styles et désordonné pour les chutes de corolles<sup>1</sup>.

Dans le cas envisagé, les chutes de corolles s'étagèrent du 1<sup>er</sup> au 8<sup>e</sup> jour après l'ouverture des fleurs, et celles des styles, du 2<sup>e</sup> au 14<sup>e</sup> jour. Le maximum de chutes se situe entre le 2<sup>e</sup> et le 3<sup>e</sup> jour pour les corolles et entre le 3<sup>e</sup> et le 4<sup>e</sup> jour pour les styles.

La comparaison des colonnes « ovaires parvenus » et « non parvenus à maturité » n'indique aucune différence nette d'amplitude ou de fréquence. Dans l'éventualité d'une corrélation entre la fécondité des ovaires et la persistance des corolles ou des styles, les fréquences des

1. Cette observation ne préjuge pas de la fécondation.

PROCESSUS DE LA FLORAISON

deux colonnes auraient dû se situer dans des zones différentes et s'échelonner en un ordre inverse.

Des chutes hâtives ou tardives de corolles ou de styles ne permettent donc pas de préjuger de la fécondité des ovaires.

Pour infirmer l'opinion relative à la chute plus rapide des corolles de fleurs macrostyles, nous renseignons, dans le tableau V, les fréquences comparatives de chutes de corolles et de styles de trois inflorescences d'arbres voisins, observées synchroniquement dans des conditions identiques.

La fréquence moyenne des chutes de corolles, en nombres de jours après l'épanouissement de la fleur, est de 2,674 pour le clone macrostyle 278, de 3,475 pour le clone microstyle 228 et de 2,040 pour le clone microstyle 165. Les fréquences moyennes des chutes de styles sont respectivement de 4,385, 4,900 et 3,893.

TABLEAU V

Nombre de jours après épanouissement de la fleur	FRÉQUENCES, EN POUR-CENT, DES CHUTES DE					
	COROLLES DES CLONES			STYLES DES CLONES		
	M 278	m 228	m 165	M 278	m 228	m 165
1	23,4	2,5	37,5	—	—	—
2	34,4	15,0	37,5	8,8	—	—
3	17,8	47,5	12,6	25,3	15,0	26,3
4	13,4	10,0	8,3	31,8	22,5	21,1
5	3,3	17,5	4,1	14,3	40,0	26,3
6	3,3	7,5	—	8,8	10,0	—
7	3,3	—	—	5,5	7,5	21,1
8	1,1	—	—	1,1	2,5	—
9	—	—	—	2,2	2,5	5,2
10	—	—	—	1,1	—	—
14	—	—	—	1,1	—	—
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0



**Fig. 4. — Croquis d'une branche florifère (réduit 2,5 fois).**

- a)* Boutons de 1 mm.
- b)* Ovaires en voie d'épaississement.
- c)* Boutons de 1 mm et boutons en croissance.
- d)* Boutons en croissance.
- e)* Début d'épanouissement.
- f)* Boutons de 1 à 1,5 mm.
- g)* Rameau végétatif.
- h)* Ovaires en voie d'épaississement.

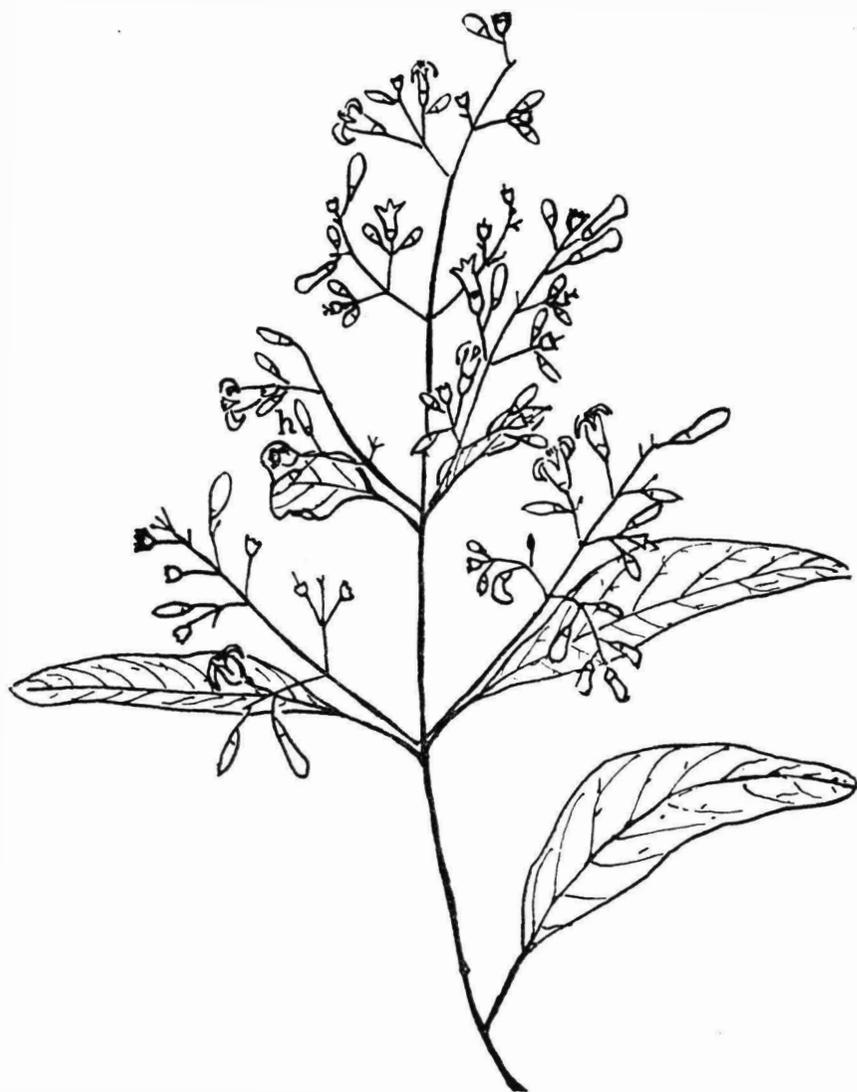


Fig. 5. — Croquis agrandi de l'inflorescence *e* (voir fig. 4).

Boutons, fleurs et ovaires d'âge différent :

Ovaires en croissance, non en croissance, avec style desséché, avec style frais.

Fleurs ouvertes depuis un ou quelques jours, fraîchement épanouies.

Boutons floraux sur le point de s'ouvrir, gros, petits, desséchés. Pétioles de boutons ou d'ovaires tombés.

On constate que la moyenne des chutes des corolles et styles du clone macrostyle 278 s'intercale entre les moyennes des deux clones microstyles.

Par suite de l'asymétrie des diagrammes de fréquences, incompatible avec l'allure de la courbe de Gauss, les incidences des chutes sont uniquement dues au hasard et excluent, dans les conditions locales de l'expérimentation, des différences dans le comportement des deux types floraux.

### 3. — Époques de floraison.

Au Kivu, l'époque de la grande floraison couvre les mois de décembre à mars. Des floraisons sporadiques sont cependant visibles durant toute l'année. L'observation de MOENS (1882), relative à une influence, à Java, de la saison antérieure sur l'intensité de la floraison, se vérifie également en Afrique.

De l'enregistrement mensuel de l'intensité florifère des arbres mères et de leurs descendances végétatives, établies en conditions écologiques variées, il apparaît que la périodicité de la floraison constitue un caractère régulier et intrinsèque de l'individu. Par contre, l'intensité de la floraison est, dans une large mesure, liée à des facteurs extrinsèques d'ordre écologique : sol, climat, altitude, orientation, dégagement des fleurs, pratiques culturales, etc. Par suite de leurs répercussions sur le rendement des jardins grainiers, les conditions favorables à la floraison ont fait l'objet de nombreuses observations.

Tout aussi importante est la connaissance du cycle florifère des clones avant leur introduction dans un jardin semencier isolé. Il est, en effet, nécessaire que les périodes manifestent un synchronisme suffisant pour permettre la pollinisation croisée entre arbres à types floraux différents, la seule, comme il sera montré plus loin, qui assure la fécondation.

Dans l'exemple suivant, relatif à un jardin isolé, observé de mars à octobre 1943, nous renseignons l'intensité florifère mensuelle des géniteurs, en regard des résultats germinatifs fournis par les analyses grainières.

Ce jardin semencier isolé comporte deux clones macrostyles (100 et 164) et un clone microstyle (143). Un second clone microstyle, déficient, avait été éliminé.

Le synchronisme florifère des clones 100 et 143 est assez étroit durant la période de contrôle. L'intensité florifère du clone 164, par contre, ne concorde pas avec l'allure florifère du clone 143.

Parallèlement, le taux de graines fertiles décroît avec l'asynchronisme florifère. Ainsi, les mois de septembre et octobre voient la faculté germinative des semences tomber à 12 et 10 %.

## PROCESSUS DE LA FLORAISON

TABLEAU VI

CLONES	FLORAISON MENSUELLE							
	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.
M 100	assez rare		moins rare			± nulle		
M 164	très rare		assez rare			moins rare		
m 143	rare		moins rare			± nulle		
Faculté germinative en %.	57	42	96	88	88	83	12	10

Les plus hauts pourcentages de fertilité s'obtiennent lorsque les chances de pollinisation hétéromorphe sont les plus fortes. Ce fait explique la mauvaise qualité des semences des premières et dernières grenaisons de la saison.

Dans l'exemple choisi, l'asynchronisme florifère du clone M 164 est donc indésirable pour l'obtention de semences fertiles.

Actuellement, le danger des floraisons asynchrones dans les jardins semenciers est pratiquement éliminé par la création de jardins semenciers en fonction des résultats comparatifs des descendance issues des croisements artificiels.

#### 4. — Succession et durée de la floraison.

Les données expérimentales relatives à l'ordre suivant lequel se succède l'épanouissement des fleurs d'une même inflorescence, à la durée requise pour la floraison complète d'une inflorescence, ainsi qu'aux corrélations éventuelles avec la fructification, ont été recueillies à l'occasion des recherches précédentes sur l'influence de la fécondation sur la chute des corolles. Dans cette étude, les modifications extérieures de tous les ovaires avaient été enregistrées depuis l'épanouissement de la fleur jusqu'à la grenaison, et les semences avaient été contrôlées individuellement en germoirs de laboratoire.

Pour éviter toute détérioration aux organes génératifs et écarter toute influence externe résultant d'un mode de marquage, le repérage des ovaires fut réalisé à l'aide de schémas. Assez lente aux stades initiaux de la floraison, lorsque les inflorescences sont encore très fourniees, cette méthode de contrôle est plus aisée lorsque les ovaires sont noués. Plus de la moitié des ovaires, en effet, ne parviennent pas à fructifier.

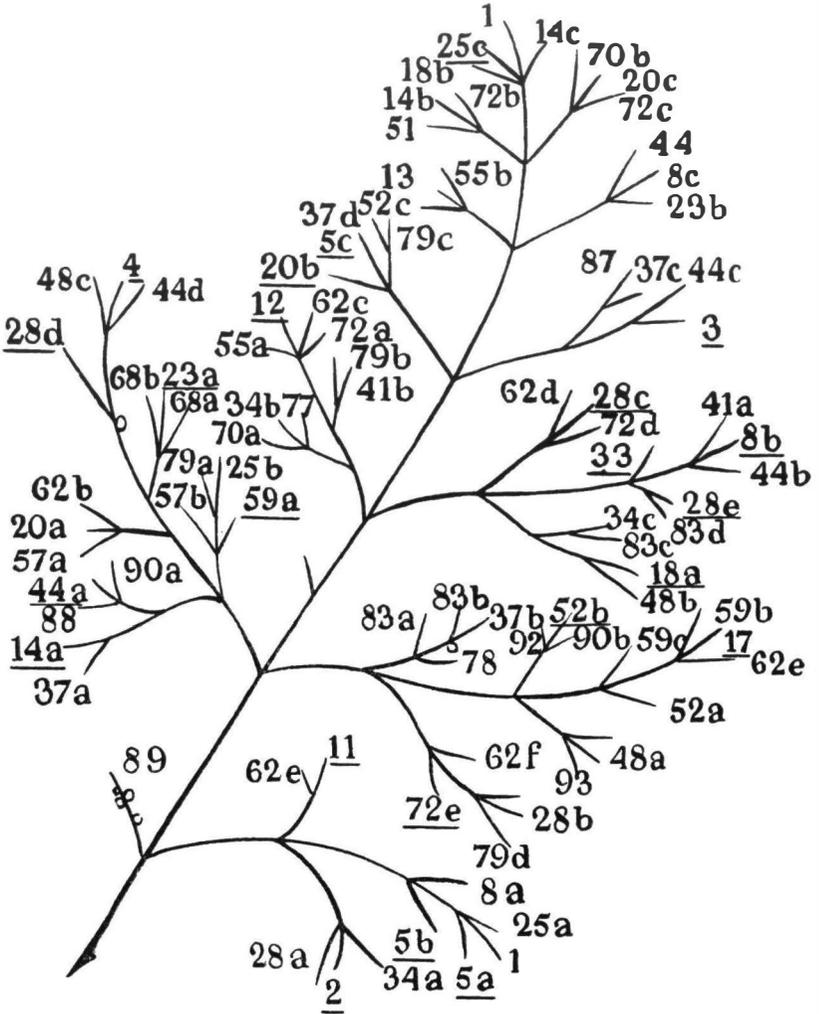
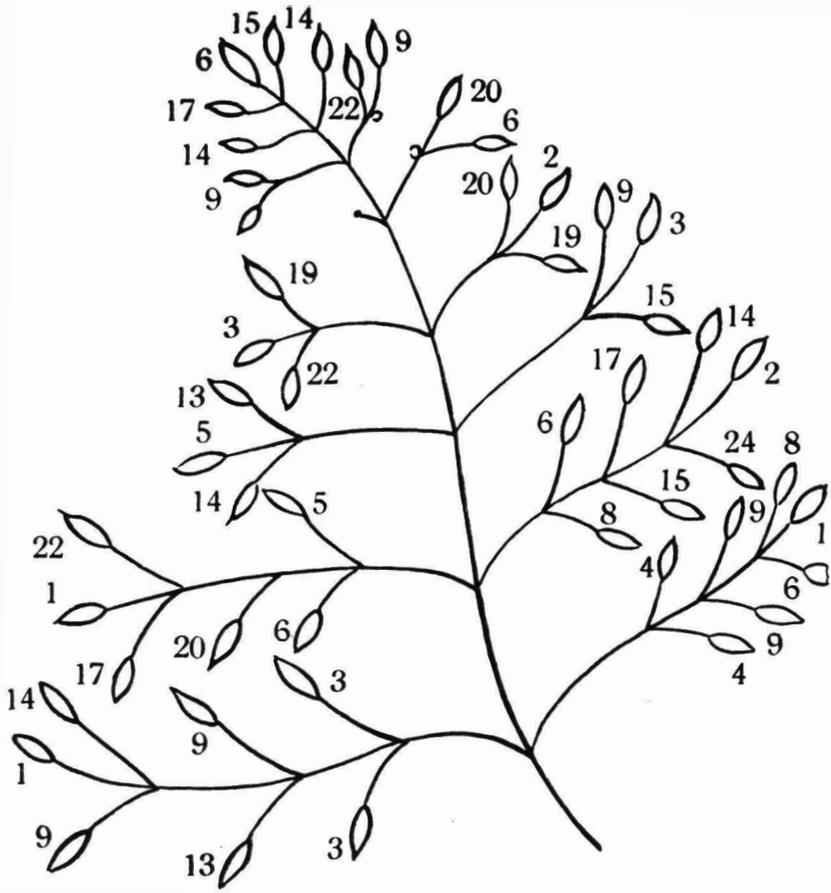


Fig. 6. — Schéma de l'inflorescence M 278/36/475.

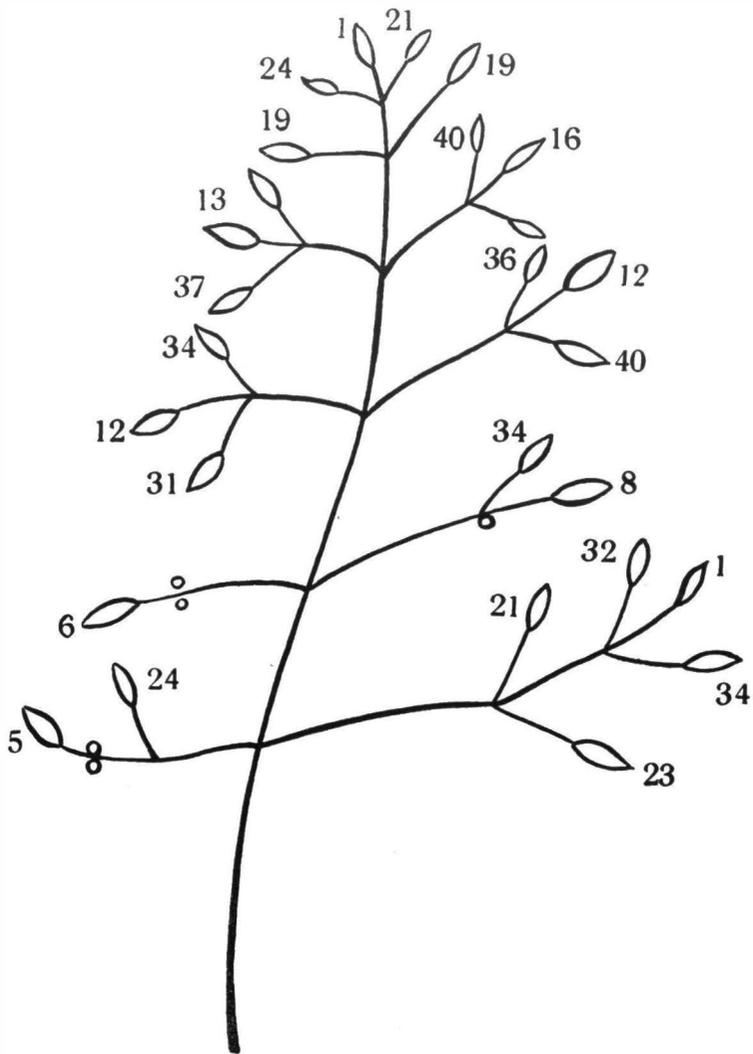
Les chiffres renseignent l'ordre d'épanouissement des boutons.  
 Les chiffres soulignés représentent les fruits parvenus à déhiscence.  
 Les boutons non numérotés ne se sont pas épanouis.



**Fig. 7. — Inflorescence microstyle 228/50/1393.**

Les chiffres renseignent le nombre de jours entre l'ouverture du bouton floral et le début de l'épanouissement.

Les boutons non numérotés se sont desséchés avant épanouissement.



**Fig. 8. — Inflorescence microstyle 165/58/1231.**

Les chiffres renseignent le nombre de jours entre l'ouverture du bouton et le début de l'épanouissement.  
 Les boutons non numérotés se sont desséchés avant le stade épanouissement.

## PROCESSUS DE LA FLORAISON

La succession des floraisons correspond à celle des autres plantes à inflorescences définies :

1<sup>o</sup> Ouverture de la fleur terminale de chaque embranchement secondaire;

2<sup>o</sup> Ouverture des fleurs massées près de l'axe principal;

3<sup>o</sup> Épanouissement des boutons situés entre les fleurs terminales et basales de chaque axe secondaire.

Des exemples de durée et de succession d'épanouissement sont schématisés dans les figures 5, 6, 7 et 8.

Pour les floraisons en conditions naturelles de fécondation, moins de la moitié des fleurs donnent naissance à des graines fertiles.

Les pourcentages d'ovaires parvenus à maturité sont extrêmement variables et excèdent rarement 50 %. Ces taux de fructification dépendent d'innombrables facteurs physiologiques, écologiques et pathologiques; il est malaisé, sinon impossible, d'évaluer leur importance relative. Cependant, pour des floraisons d'un même clone, observées synchroniquement et en conditions ambiantes voisines, nous avons observé une corrélation inverse entre la densité florifère et les pourcentages de fructification (voir tableau VII).

TABLEAU VII

Numéro des inflorescences	Nombre de fleurs	Nombre de fruits	Nombre de fruits en % des fleurs
M 278/ 39/1640	8	4	50
M 278/124/1084	23	10	43,5
M 278/ 36/ 475	93	22	23
M 278/ 36/1571	273	30	11

Il semble donc qu'une action physiologique tende à limiter la fructification.

Dès lors, il pouvait être fructueux de déterminer si, par leur ordre d'épanouissement ou par leur situation sur les axes florifères, certains boutons n'étaient pas plus aptes que d'autres à parvenir à maturité. Dans l'affirmative, il pouvait être avantageux, pour la pratique des fécondations dirigées, de sélectionner les boutons privilégiés.

Sur inflorescences fécondées naturellement, la fructification fut, dans tous les cas, plus fréquente pour les fleurs écloses les premières, c'est-

à-dire les fleurs terminales des axes formés en premier lieu. Ainsi, les 15 premières floraisons de l'inflorescence M 278/36/475 (voir tableau III), soit moins des 15 % des floraisons totales, ont produit la moitié des capsules parvenues à maturité. Aucune corrélation systématique ne fut cependant déterminée entre l'ordre chronologique de l'épanouissement et la quantité de semences logées dans la capsule ou leur faculté et énergie germinatives. Les graines issues des premières fleurs épanouies ne présentèrent pas une valeur germinative supérieure à celles des floraisons ultérieures.

Afin d'établir si l'avantage fructifère des premières fleurs écloses était imputable à une situation privilégiée sur l'inflorescence ou à une priorité d'origine physiologique, nous avons, avant le stade de l'épanouissement, supprimé, à diverses reprises, les boutons présumés privilégiés. Dans tous les cas, les chances de fructification décreurent avec l'ordre chronologique des épanouissements. Ainsi que nous l'avons déjà signalé, là où seules les dernières floraisons avaient été maintenues, les ovaires fructifièrent normalement, contrairement aux résultats observés sans égrappage.

La netteté de ces conclusions expérimentales exclut donc, avec évidence, toute influence heureuse de l'emplacement des ovaires sur la fructification. L'avantage de la situation des fleurs n'est qu'indirect en ce qu'elle hâte le moment de la floraison et condamne à la stérilité les ovaires en surnombre.

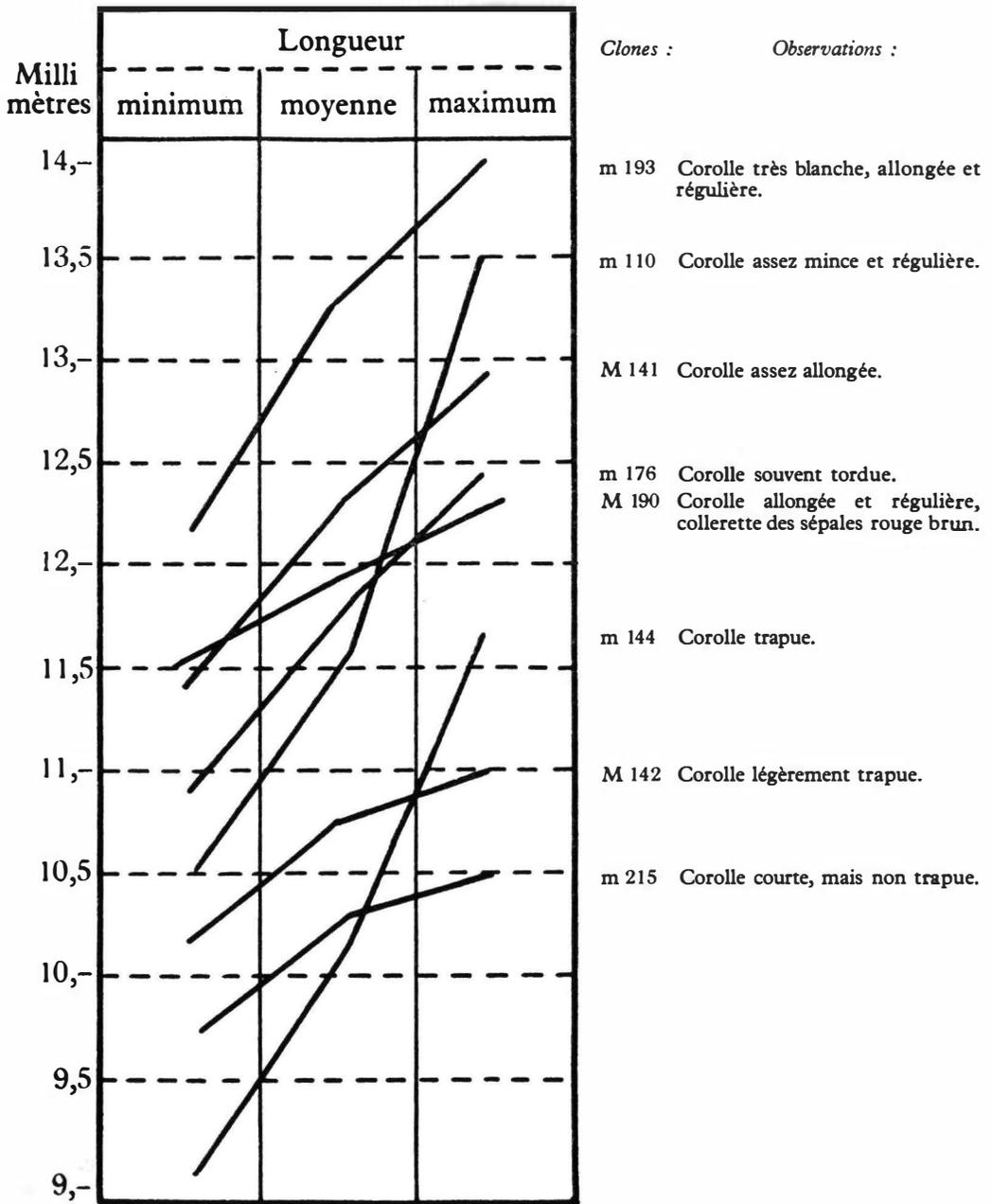
Alors qu'en conditions naturelles de fécondation, sans aucune intervention, on note un antagonisme entre la densité florifère et les taux d'ovaires parvenus à fructification, cette corrélation inverse n'apparaît plus chez les inflorescences éclaircies et abondamment pollinisées.

Dans ce dernier cas, en effet, il n'existe plus de compétition entre les ovaires, puisque ceux-ci sont numériquement réduits aux possibilités physiologiques des géniteurs maternels. Les pourcentages de fructification, même en conditions apparemment identiques, varient alors au hasard, sans qu'il soit possible d'invoquer une influence écologique ou pathologique quelconque. Après égrappage, nous avons fréquemment obtenu des pourcentages de fructification de 100 %.

Il apparaît ainsi que la fructification des ovaires d'une même inflorescence est reliée à un équilibre nutritif. Dès la troisième semaine qui suit l'anthèse, les ovaires s'épaississent rapidement et entraînent une consommation accrue de matières élaborées. Le déséquilibre physiologique se traduit, à ce stade, par la dessiccation et la chute des ovaires en surnombre.

Puisque tout ovaire est apte à la fécondation, quelle que soit sa situation sur l'inflorescence et pour autant qu'un égrappage ait réduit la densité florifère, il est superflu et même irrationnel de polliniser

Fig. 9. — Corolles de boutons sur le point de s'épanouir.



des inflorescences trop denses, l'éclaircie naturelle se chargeant de réduire leur importance à des proportions normales. Une préférence sera toutefois accordée aux floraisons situées en conditions optima de nutrition.

**5. — Accroissement du bouton floral.**

L'hétérostylie ne se traduit pas par une différence externe des boutons floraux.

Dans la figure 9, nous renseignons, pour huit clones, les dimensions moyennes et extrêmes des boutons sur le point de s'épanouir. Les moyennes ont été établies sur des échantillons de cent boutons, prélevés le même jour en conditions identiques.

Nos observations concordent avec les conclusions relatives aux mensurations de corolles de fleurs fraîchement épanouies (voir figure 1).

L'accroissement du bouton floral, de l'ébauche à l'épanouissement, dure généralement deux mois.

En partant de boutons de 1/2 à 1 mm, on observe, durant le premier mois, un accroissement en longueur d'environ 1 mm par semaine, suivi d'un développement général, en longueur et en largeur, durant une semaine ou deux. Un accroissement très rapide et exclusivement en longueur a lieu ensuite durant deux semaines. La veille de l'épanouissement, la terminaison apicale du bouton est considérablement distendue en massue.

Comme on le verra plus loin, ce gonflement terminal constitue un indice simple pour caractériser le stade de développement désiré en vue de la fécondation dirigée.

## CHAPITRE IV

### Développement des ovaires fécondés.

Les ovaires d'une centaine d'inflorescences, fécondées librement ou artificiellement, furent mesurés à intervalles réguliers au compas d'épaisseur. Cette recherche a été entreprise en vue de mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre le développement de l'ovaire et le mode de fécondation.

#### 1. — Inflorescences fécondées librement.

A titre d'exemple, nous indiquons, dans le tableau VIII, les épaississements d'ovaires de l'inflorescence M 278/36/475.

TABLEAU VIII

AGE en semaines depuis l'épanouissement	ACCROISSEMENT MOYEN				
	des ovaires parvenus à maturité		des ovaires non parvenus à maturité		
	Longueur mm	Épaisseur mm	Nombre	Longueur mm	Épaisseur mm
1	2,5	2,4	69	2,325	2,00
2	2,5	2,4	63	2,325	2,05
3	3,5	2,4	56	2,5	2,1
4	4,0	2,6	43	2,6	2,13
5	5,76	3,0	31	2,8	2,25
6	7,6	3,6	16	3,7	2,56
7	8,65	4,14	10	4,0	2,85
8	10,43	4,73	7	5,14	3,1
9	11,2	5,13	5	5,57	3,3
10	11,7	5,33	3	8,1	4,0
11	12,1	5,44	—	—	—
12	12,25	5,5	—	—	—
13	12,36	5,52	—	—	—
14	12,41	5,54	—	—	—
15	12,45	5,55	—	—	—
16	12,49	5,56	—	—	—
36 à 41	12,49	5,56	—	—	—

Le nombre d'ovaires parvenus à maturité était de 22. Par « ovaires parvenus à maturité », nous entendons le stade d'aboutissement normal de leur évolution complète, c'est-à-dire les fruits au stade de la déhiscence.

Par suite de l'occurrence d'ovaires apparemment bien développés, mais tombés accidentellement, les dimensions des ovaires non parvenus à maturité sont légèrement exagérées.

Les mêmes données nous ont servi pour dessiner le diagramme reproduit à la figure 10. L'échelle figurée à gauche du diagramme se rapporte à l'accroissement en longueur; l'échelle de droite a trait à l'épaississement.

On observera le synchronisme des accroissements en longueur et en épaisseur. Ce gonflement ne devient apparent qu'à la fin de la seconde semaine, pour n'atteindre son allure maximum qu'entre le premier et le second mois. La courbe ainsi dessinée s'étale ensuite très rapidement pour devenir horizontale à la fin du troisième mois.

L'accroissement ainsi figuré s'accompagne de virages de couleurs, caractéristiques pour chaque clone.

La forme et les dimensions des ovaires fécondés constituent également des caractères utiles pour l'identification des clones.

Conduites sur un très grand nombre d'inflorescences et en conditions très variées, nos observations ont montré que l'allure du développement des ovaires permet de préjuger de la réussite de la fécondation : les ovaires à croissance retardée n'arrivent pas à fructification ou, si celle-ci a lieu, ils livrent des semences stériles.

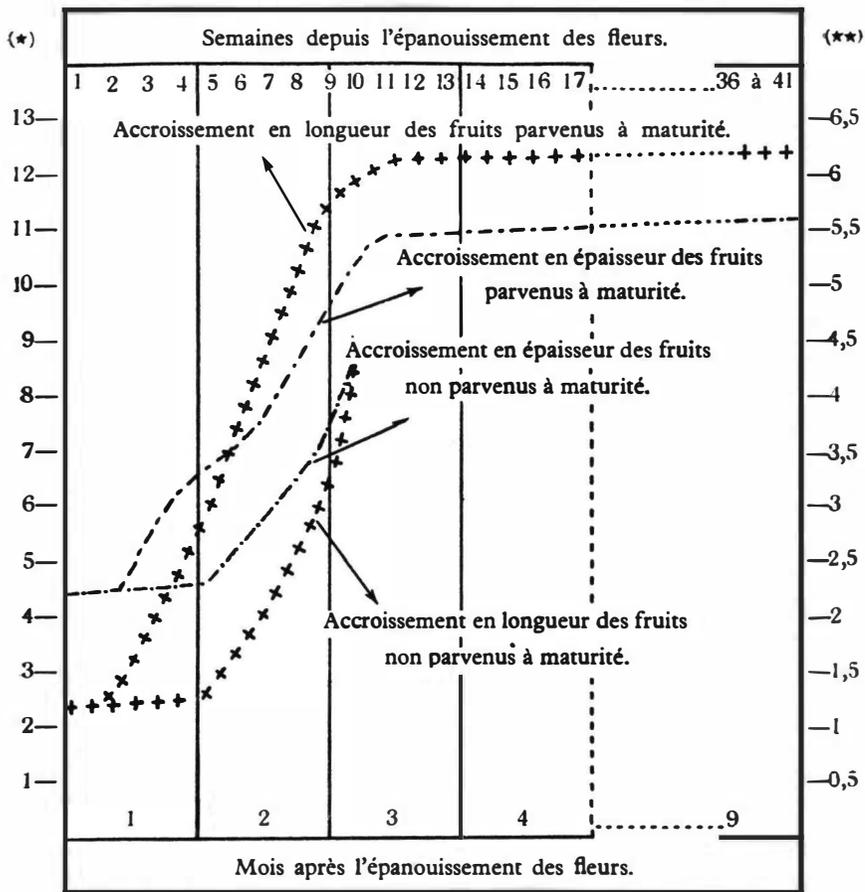
Cette corrélation entre le développement de l'ovaire et la fécondité du fruit constitue un indice biométrique précieux.

Dès le début de l'épaississement de l'ovaire, il est possible, en comparant les dimensions de ce dernier aux normes établies pour le clone, de prévoir la fertilité de la future grenaison. Cette corrélation ne se vérifie toutefois que dans la mesure où des accidents indépendants de la fécondation ne viennent interrompre le cours normal du développement.

Dans tous les cas observés, un accroissement ralenti impliquait le dépérissement, à plus ou moins brève échéance, des ovaires. Parfois même, des fruits à dimensions inférieures aux normes manifestèrent des signes extérieurs de maturité et produisirent des graines apparemment fertiles; aucune germination ne fut cependant obtenue de ces dernières.

On conçoit aisément l'intérêt pratique de l'indice biométrique proposé lorsque l'on considère les nombreuses et longues manipulations requises pour s'assurer des résultats semenciers de la fécondation. Cet indice présente, de plus, l'avantage de ne pas tenir compte des accidents qui pourraient entacher d'erreurs les conclusions « in natura ».

Fig. 10. — Diagramme de l'accroissement des fruits de l'inflorescence M 278/36/475.



(\*) Longueur des fruits en millimètres + + + +

(\*\*) Épaisseur des fruits en millimètres - - - -

Touchant les relations entre le mode de fécondation et la bonne fin du développement ovarique, nous dirons d'abord que nous avons toujours observé une homogénéité biométrique plus forte en fécondation artificielle qu'en fécondation naturelle.

Le tableau IX donne le classement des fruits d'une même inflorescence (M 278/36/475) par ordre régressif de grandeur. Les dimensions renseignées correspondent aux mensurations maxima enregistrées lors de la maturité apparente. L'âge des fruits, au moment de la récolte, est exprimé en semaines comprises entre l'épanouissement de la fleur et la déhiscence de la capsule.

Par suite de courbures résultant de piqûres d'insectes, la longueur des fruits 3, 5a, 5b et 25c, marqués d'un astérisque (\*), est représentée par la projection, mesurée au compas d'épaisseur.

Si l'on excepte ces fruits irréguliers, on constate une relation entre le développement des fruits et la quantité des semences.

C'est ainsi que, dans le présent exemple, la régression de la longueur des ovaires au stade maximum de leur développement (de 15,6 à 9,0 mm) correspond à une réduction assez régulière du nombre total des semences par capsule (de 37 à 2 graines). La réduction quantitative des semences est particulièrement importante lorsque la longueur du fruit n'excède pas 11 mm; cinq capsules mesurant de 9,0 à 11,4 mm ne donnèrent, chacune, qu'un nombre de graines compris entre 2 et 6.

Pour les fruits déhiscents après la 34<sup>e</sup> semaine depuis l'épanouissement des fleurs, les facultés germinatives des graines récoltées varient de 75 à 100 %, indépendamment des dimensions des capsules. Quant aux fruits déhiscents avant cette limite de maturité, la faculté germinative des semences décroît considérablement, pour s'annuler rapidement, avec la précocité de la déhiscence. Ainsi, dans l'exemple cité, les 33 graines d'un fruit ouvert à la 30<sup>e</sup> semaine, soit 3 semaines avant le terme normal, n'accusèrent qu'une faculté germinative de 57 %; celle-ci tomba à 51 % pour les 37 graines d'une capsule à déhiscence hâtée de 7 semaines et, pour les 25 graines d'une capsule déhiscente à la 25<sup>e</sup> semaine, la germination fut nulle.

Cette observation, dont l'importance apparaîtra plus loin, se vérifia, dans tous les cas, avec une rigoureuse régularité.

Par contre, aucune corrélation ne put être établie entre le développement des ovaires et l'énergie germinative des semences.

Les observations qui précèdent ne concernent que les inflorescences en conditions naturelles de fécondation et sans réduction artificielle du nombre des ovaires.

TABLEAU IX

NUMÉROS des capsules	DIMENSIONS		AGE des capsules au moment de la déhiscence (en semaines)	NOMBRE DE GRAINES	
	Longueur mm	Épaisseur mm		totales	germées
8 b	15,6	6,1	38	31	28
44 a	14,9	5,6	37	31	26
2	14,4	6,5	39	25	23
59 a	14,2	5,6	36	9	8
14 a	14,0	6,4	27	37	19
5 c	13,1	5,6	38	22	20
12	13,0	6,5	30	33	19
28 d	13,0	5,5	36	21	20
52 b	12,8	5,2	25	25	0
23 a	12,8	5,0	36	19	18
(*) 3	12,7	5,1	40	16	13
18 a	12,7	4,7	40	24	21
(*) 25 c	12,5	5,3	38	24	22
72 e	12,0	5,2	34	18	0
(*) 5 a	11,5	6,0	38	25	18
(*) 5 b	11,5	6,0	38	30	27
17	11,5	5,0	41	29	23
33	11,4	5,0	36	7	6
20 b	10,5	5,3	37	6	6
11	10,3	5,1	38	6	6
4	10,2	5,5	38	2	2
28 c	9,0	5,3	36	8	6

**2. — Inflorescences fécondées librement et artificiellement éclaircies.**

Des inflorescences de fécondation libre, préparées en vue du maintien exclusif des boutons sur le point de s'ouvrir, fournirent des résultats analogues :

1<sup>o</sup> Les quantités de semences par capsule dépendent des dimensions des fruits ;

2<sup>o</sup> La faculté germinative des semences est satisfaisante et due au hasard pour les fruits à développement conforme ou supérieur aux normes clonales et dont la déhiscence n'a pas lieu avant la 34<sup>e</sup> semaine qui suit l'épanouissement de la fleur.

Ainsi, des huit boutons de l'inflorescence M 278/39/1640, sept produisirent des fruits mesurant, à la fin du 3<sup>e</sup> mois, 17,2/5,7 mm et livrant, à la fin du 8<sup>e</sup> mois, des graines fertiles ; un fruit, moins développé (15,9/5,5 mm), fut déhiscent au 6<sup>e</sup> mois et ne livra que des graines stériles.

**3. — Inflorescences artificiellement pollinisées.**

Dans le tableau X, nous renseignons, par ordre régressif de développement, les résultats analogues de quelques inflorescences du clone M 278, artificiellement pollinisées par le clone m 228.

Les dimensions signalent, successivement, la longueur et l'épaisseur moyennes des fruits à la fin du 3<sup>e</sup> mois.

Pour chaque inflorescence, les nombres de fruits sont exprimés en pour-cent du nombre total d'ovaires pollinisés.

Nous avons noté plus haut que, sauf accidents extrinsèques, un développement normal annonçait une fructification fertile et, par voie de conséquence, impliquait une déhiscence de la capsule au delà d'un délai minimum.

Chaque infirmation apparente de la validité de l'indice biométrique est effectivement justifiée, sur nos fiches d'observations, par des mentions telles que « arbres en voie de dépérissement », « branche desséchée », « pétiole desséché » ou « brisé » ou « jaunissant », etc.

En excluant ces cas aberrants, on constate que l'égrappage a augmenté les dimensions moyennes des ovaires fécondés et que les fruits du clone M 278, qui, à la fin du 3<sup>e</sup> mois, n'avaient pas atteint 15 mm de longueur, ne produisaient qu'exceptionnellement quelques graines fertiles.

Cet accroissement de volume en fonction de l'éclaircie, s'explique aisément si l'on admet l'hypothèse d'un déséquilibre nutritif entraîné par la pléthore florifère.

Pour tous les clones étudiés, nous avons pu déterminer la limite de développement minimum, en dessous de laquelle la fructification

TABEAU X

NUMÉROS des inflorescences M 278 ♀ × m 228 ♂	DIMENSIONS (en num)	POURCENTAGES de fruits à graines		OBSERVATIONS	
		stériles	fertiles		
44/1336	18,0/4,5	—	45,0	Sur arbre dépérissant. Sur branche dépérissante.	
15/75	17,5/6,3	37,5	—		
25/76	17,5/5,5	75,0	25,0		
123/105	17,0/6,0	—	—		
44/27	16,0/6,0	12,5	25,0		
30/1328	15,5/6,0	3,8	34,6		
124/281	15,5/5,2	—	40,0		
123/1325	15,2/6,5	6,2	56,2		
126/103	14,5/6,0	—	—		Dessiccation du pétiole. Dessiccation avant déhiscence. Dessiccation avant déhiscence. Dessiccation avant déhiscence. Pétiole brisé. Pétiole jaunissant.
121/1400	12,2/5,2	—	—		
124/27	11,7/6,0	—	10,0		
122/80	9,4/4,5	—	—		
84/1329	9,0/4,5	—	—		
87/89	8,0/4,1	—	—		
88/127	6,0/3,2	—	—		

BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

est nulle ou très insuffisante. La connaissance des normes d'accroissement permet d'éliminer, à priori, les croisements indésirables.

Nous indiquons, dans le tableau XI, les résultats moyens de quelques croisements réalisés sur une grande échelle.

TABLEAU XI

Croisements ♀ × ♂	Dimensions extrêmes des fruits parvenus à maturité (en mm)	Pourcentages de capsules à graines	
		stériles	fertiles
M 100 × m 215	14,0/4,0 à 15,0/5,0	—	75,00
m 110 × M 141	13,0/4,5 à 14,0/5,0	5,22	15,65
m 110 × M 142	13,5/5,0 à 16,0/6,0	4,00	50,60
M 141 × m 110	14,0/4,5 à 15,0/5,0	9,52	22,85
M 141 × m 193	14,0/4,5 à 15,0/5,0	—	26,60
M 142 × m 110	11,0/4,5 à 13,5/5,0	13,50	11,745
M 142 × m 193	11,0/4,5 à 13,5/5,0	7,14	14,28
m 193 × M 100	13,0/6,4 à 14,5/6,5	—	26,60
m 193 × M 141	12,5/6,3 à 13,0/6,5	1,76	6,19
m 193 × M 142	14,0/6,0 à 16,5/6,2	3,57	45,23
m 165 × M 278	13,5/5,0 à 16,0/5,2	—	68,18
m 215 × M 100	14,0/6,0 à 14,5/6,2	13,33	46,67
m 228 × M 278	10,0/4,4 à 12,5/6,0	16,14	43,10
M 278 × m 165	15,0/5,2 à 18,0/6,3	—	25,00
M 278 × m 228	15,0/5,2 à 18,0/6,0	7,24	25,955

L'indicatif des croisements renseigne en premier lieu le clone maternel. Les clones 100, 141, 142 et 278 sont macrostyles; les autres clones sont microstyles.

Nous exprimons les quantités de capsules, à graines fertiles ou stériles, en pourcentages du nombre total d'ovaires artificiellement pollinisés.

Malgré l'hétérogénéité des conditions ambiantes, le nombre élevé de pollinisations permet d'escompter une répartition assez régulière de la variabilité.

## DÉVELOPPEMENT DES OVAIRES FÉCONDÉS

Les clones macrostyles 141 et 142, pollinisés par les clones microstyles 110 et 193, déterminent des taux de réussite et des dimensions fructifères sensiblement parallèles. Le clone semencier M 141 se féconde mieux que le M 142.

Les croisements inverses donnent des résultats très différents : le pollen du clone M 142 féconde mieux les clones m 110 et 193 que le pollen du M 141. De même, le croisement M 100  $\times$  m 215 est plus productif que le croisement inverse.

Ces divergences dans la réussite de la fécondation se traduisent par des différences dans le développement des ovaires. On observe, au sein d'un même clone maternel, une relation assez étroite entre les dimensions du fruit et le pourcentage de capsules à graines fertiles. Ainsi, les longueurs extrêmes des fruits mûrs de trois croisements différents avec un même clone maternel, le m 193, s'établirent à 12,5 et 13 mm pour les pollinisations avec le clone M 141, à 13 et 14,5 mm avec le clone M 100, à 14 et 16,5 mm avec le clone M 142; les taux de capsules à graines fertiles, en fonction du nombre des ovaires fécondés, furent respectivement de 6,19, de 26,60 et de 45,23 %.

De même, les différences sont nettement marquées pour la fécondation du clone m 193 par les clones macrostyles 100, 141 et 142.

Quant au clone M 278, il se laisse indifféremment polliniser par les clones microstyles 228 et 165, mais il pollinise plus efficacement le semencier 165 que le 228.

Il existe donc toute une gamme dans les compatibilités de fécondation. Ce degré de fertilité ou d'efficacité du croisement peut se déceler, dès le 3<sup>e</sup> mois, par l'indice biométrique des ovaires.

D'autre part, la réussite d'un croisement ne permet pas de préjuger du succès du croisement inverse.

Il n'a pas davantage été possible d'attribuer une différence quelconque des résultats de la fécondation au type de style. Nos observations initiales tendaient à prouver que, dans la pratique des fécondations artificielles, le choix d'un géniteur femelle à fleurs microstyles était plus efficace que le croisement inverse. Il s'avéra rapidement que cette différence était imputable à l'inhabilité des opérateurs : plus délicate que celle des fleurs microstyles, la castration des fleurs macrostyles déterminait, au début, un pourcentage élevé d'ovaires meurtris. Une sélection sévère des opérateurs élimina cette cause de perturbation. Ce point sera développé dans un chapitre ultérieur.

En conclusion du chapitre sur le développement des ovaires fécondés, nous soulignerons l'absolue nécessité, en Biologie florale, de dissocier le concept de la maturité physiologique de l'apparence externe de la fécondation.

Ainsi que nos recherches l'ont établi avec évidence, l'épaississement de l'ovaire ou même la déhiscence de la capsule, voire une production

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

grainière, ne constituent nullement des preuves de la fécondation ou de la fertilité des graines. Il est néanmoins possible de préjuger macroscopiquement de l'avenir de l'ovaire à la condition de substituer, à l'examen superficiel, une observation biométrique rigoureuse.

L'absence d'un matériel suffisamment nombreux pour pouvoir éliminer les perturbations extrinsèques, une organisation expérimentale trop peu rigoureuse et, surtout, la limitation hâtive des travaux, sont responsables des lacunes et contradictions fréquentes de la bibliographie.

## CHAPITRE V

### Les modes de pollinisation.

#### 1. — Généralités.

La pollinisation croisée s'opère par l'intermédiaire de facteurs mécaniques ou physiologiques. F. DELPINO (1868-1875) distingue des plantes hydrophiles, anémophiles et zoïdiophiles, selon que le transport du pollen est assuré par l'eau, le vent ou les organismes vivants. Parmi ces derniers, on range principalement les insectes, les oiseaux, les limaces et les chauves-souris.

A la suite de F. DELPINO (1868-1875), la plupart des auteurs considèrent l'anémopollinisation comme un mode primitif de transport du pollen. Elle se présente surtout chez les Gymnospermes et les Angiospermes inférieures, chez lesquelles de nombreuses fleurs mâles, généralement disposées en strobiles ou inflorescences strobiliformes, émettent des quantités considérables de pollen.

Suivant SÉVERIN AXELL (1869), les fleurs anémophiles se caractérisent par l'abondance du pollen et la grandeur des stigmates. Les grains de pollen sont pulvérulents et lisses, dépourvus des aspérités fréquentes chez les fleurs entomophiles. Les stigmates sont généralement amples et plumeux. Diverses autres adaptations favoriseraient l'anémopollinisation : la floraison vernale, c'est-à-dire avant la poussée des feuilles, l'allongement des filets staminaux qui oscillent au moindre vent. Ces fleurs sont généralement peu voyantes, sans nectaires ni parfums.

KERNER VON MARILAUN (1891) cite quelques Scrophulariacées et Éricacées qui, entomophiles au cours de la première phase de leur floraison, deviennent anémophiles avec l'épuisement des nectaires et l'allongement des filets des étamines. L'anémophilie deviendrait en quelque sorte un pis-aller!

F. HILDEBRAND (1895) a observé, chez le genre *Cyclamen*, un passage analogue du stade entomophile à la phase anémophile lorsque les grains de pollen sont libérés par la disparition de la substance huileuse qui les agglutine initialement.

Diverses adaptations protègent le pollen contre l'humidité : ouverture des anthères des Graminées par temps sec, présence d'une bractée en forme d'écusson chez les plantes à châton, etc.

Notre *Cinchona Ledgeriana* MOENS ne présente aucune des adaptations anémophiles invoquées ci-dessus.

Au Kivu, nous n'avons jamais observé les « petits nuages de pollen » perçus par C. FEENSTRA-SLUITER (1919) lors de l'épanouissement des fleurs microstyles.

Beaucoup de biologistes admettent que les insectes constituent les agents de transport les plus sûrs et les plus efficaces du pollen. On cite, parmi les principaux groupes d'insectes anthophiles et, par ordre régressif d'importance, les Hyménoptères, les Lépidoptères, les Diptères et les Coléoptères. Dans les pays chauds, les Thrips (Orthoptères) et les Aphides (Hémiptères) figurent des agents très actifs de la fécondation.

Les moyens d'attraction visuels ou procédés d'affichage des fleurs entomophiles (forme, taille et couleur) constituèrent un des thèmes favoris des biologistes du XIX<sup>e</sup> siècle (DELPINO, 1868-1875; KERNER VON MARILAUN, 1891; LOEW, 1895; MÜLLER, 1873). La plupart de ces spéculations furent ultérieurement controversées.

Au lieu d'être pulvérulent, comme chez les fleurs anémophiles, le pollen dit entomophile est fréquemment visqueux. Cette caractéristique lui permet d'adhérer aisément aux insectes. De plus, les grains de pollen présentent généralement sur leur surface externe des protubérances qui facilitent leur fixation.

D'autres adaptations favorables à l'entomophilie résideraient dans le parfum émané des fleurs et dans certaines dispositions spéciales de celles-ci, telle l'hétérostylie.

Notons que les perforations produites dans les corolles par certains insectes, surtout les bourdons, ne constituent pas nécessairement une pollinisation. Nous avons fréquemment constaté, chez les fleurs de Quinquina, ces lacérations situées, en général, légèrement au-dessus des glandes nectarifères qui constituent un anneau turgescant à la base du style. Prises en observation, de telles fleurs parvenaient rarement à maturité sans néanmoins extérioriser des nécroses.

Les partisans de la thèse entomophiliste s'accordent pour reconnaître au liquide sucré secrété par les nectaires, un pouvoir d'attraction sur les insectes, plus puissant que celui exercé par la poussière pollinique. Les nectaires ou glandes nectarifères se localisent, en effet, sur les parties les plus diverses des fleurs et même en dehors de celles-ci.

Pour d'autres botanistes, dont J. SACHS (1893), les nectaires revêtent un sens purement physiologique. La formation et l'exsudation superficielle d'une substance fortement osmotique (sucrée) détermine la succion des liquides contenus dans les glandes. Le nectar se forme ensuite par dissolution des substances sucrées dans l'eau extraite. Cette activité nectarifère s'atténue rapidement avec la dilution des matières osmotiques.

Signalons que chez de nombreuses plantes à ovaire infère, et notamment chez les Rubiacées, les nectaires floraux s'organisent en un bourrelet assez proéminent autour de la base du style : le disque.

Actuellement, la plupart des biologistes, et notamment O. PORSC (1924), H. CAMMERLOHER (1931), P. MARTENS (1936), P. JAEGER (1938) et F. KNOLL (1942), que nous avons déjà cités, réfutent les générali-

sations outrancières et limitent leurs conclusions à des cas particuliers rigoureusement observés. Ils estiment que l'occurrence d'un dispositif favorable à un mode de pollinisation n'exclut pas à priori tout autre moyen de transport. Ainsi, par exemple, l'« appareil d'affichage » qui, par ses couleurs voyantes, semble inviter les insectes à recueillir le nectar sécrété à la surface de la paroi de l'ovaire, constitue tout au plus une indication. L'expérimentation scientifique et l'étude physico-chimique des processus intimes de la fleur sont aujourd'hui substitués aux interprétations subjectives.

En 1921, F. KNOLL, à la suite d'une étude sur les mouvements de l'air, mit en évidence l'action du vent sur le vol des insectes. Au sujet de l'attraction olfactive et visuelle des fleurs, il admet que les insectes sont généralement emportés passivement par le vent, mais que, dans certains cas, ils se dirigent vers les fleurs contre le vent. L'action des insectes peut donc varier suivant la nature de ceux-ci : un Coléoptère de petite taille ne sera pas affecté de la même façon par les déplacements d'air qu'un Diptère ou un Hyménoptère. Les expériences de F. KNOLL (1921) établissent une variation dans la fécondation des inflorescences suivant leur situation ou leur exposition aux courants aériens.

La distribution dans l'air des insectes, qui a fait l'objet de nombreux travaux, a plus particulièrement été étudiée par P.A. GLICK (1939). Des récoltes furent opérées en avion jusqu'à 1.600 m d'altitude.

Dans le même ordre d'idées, E.-N. TRANSEAU, H.C. SAMPSON et L.H. TIFFANY (1940), s'appuyant sur les travaux poursuivis aux États-Unis, reconnaissent que les grains de pollen peuvent être transportés à plusieurs kilomètres de distance, mais que, dans la majorité des cas, ils perdent leur pouvoir germinatif après un ou deux jours.

Quant à l'entomopollinisation, ces mêmes auteurs estiment que les nombreux procédés d'affichage, fréquemment invoqués, ne reposent actuellement que sur des données insuffisantes et peu rigoureuses.

Notons encore, pour l'avoir expérimenté nous-même, que H. CAMMERLOHER (1931) conteste l'action pollinisatrice de toute intervention animale. Il s'agit fréquemment d'un parasitisme d'aucun secours, et souvent même destructif pour les organes floraux.

## 2. — Les modes de pollinisation chez

*Cinchona Ledgeriana* MOENS.

Nous avons résumé précédemment quelques rares observations citées par les auteurs, ainsi que les déductions qu'ils se sont crus autorisés à développer.

Au Kivu, comme d'ailleurs à Java, les fleurs de *Cinchona Ledgeriana* MOENS revêtent une coloration blanche à jaune crème et émettent un parfum suave et pénétrant, écœurant même, lorsque les floraisons sont abondantes.

Des Hyménoptères et quelques Lépidoptères butinent dans les quinqueraias. Nous avons observé, assez fréquemment, des Hémiptères et diverses larves à l'intérieur des boutons floraux; ces dernières rongeaient le plus souvent la base du style. En introduisant leur trompe jusqu'à l'anneau nectarifère, situé à la base du style, les insectes butineurs véhiculent le pollen de fleur en fleur et assurent ainsi la pollinisation des stigmates.

Sur la base de la structure florale, les auteurs (MOENS, 1882; GROOTHOFF, 1912; VAN LEERSUM, 1913; SPRUIT, 1923, etc.) admettent, en général, la nécessité de l'entomopollinisation pour les fleurs microstyles. Du point de vue théorique, cette déduction n'est pas rigoureusement exacte. Une autopollinisation pourrait, en effet, résulter de la chute mécanique du pollen sur les stigmates qui, dans ce type floral, sont dominés par les anthères. Par ailleurs, la chute de la corolle pourrait exposer le pistil à l'anémopollinisation.

Quant aux fleurs macrostyles, les auteurs précédemment cités estiment que les insectes sont moins impérieusement requis : l'auto-pollinisation peut être provoquée, lors de la chute de la corolle, par le glissement des étamines sur les stigmates; l'anémopollinisation est également probable par suite de la situation des stigmates qui émergent de la corolle. Suivant MOENS (1882), la fréquence des hybrides dans les descendances génératives d'arbres à fleurs macrostyles, serait justiciable de l'anémopollinisation.

Nous nous sommes efforcé, dans les conditions locales de Mulungu, de vérifier ces hypothèses par une expérimentation méthodique et objective.

### 3. — Données expérimentales.

#### a) ANÉMOPOLLINISATION.

Nous avons tâché, en premier lieu, de mettre en évidence une éventuelle pollinisation par gravité ou par le vent. A cet effet, il importait d'éviter toute influence possible des insectes. C'est pourquoi nous arrachâmes la corolle de boutons sur le point de s'ouvrir. C'est en observant des insectes qui s'agrippent au rebord de la corolle pour enfoncer leur trompe jusqu'au disque nectarifère que nous songeâmes à ce procédé simple et réellement efficace.

Les filets des étamines étant soudés par leur partie basale à la corolle, l'enlèvement de cette dernière constitue une émasculatation de la fleur. La technique en est simple, mais exige certaines précautions : l'ovaire est maintenu entre le pouce et l'index de la main gauche sans écraser ou comprimer l'organe encore très délicat, de la main droite on saisit la corolle en lui imprimant deux ou trois torsions légères.

Le gynécée, ainsi découvert, n'offre aucun appui à l'insecte pollinisateur. Une intervention des petits insectes rongeurs, les Thrips par

## MODES DE POLLINISATION

exemple, ou des pucerons attirés par le nectar, était néanmoins à craindre. Mais les résultats de notre expérimentation exclurent cette possibilité d'entomopollinisation.

Les essais portèrent sur des boutons parvenus au stade maximum de développement, afin de répondre à la double prescription de l'isolation et de la fécondité. Hormis la présence d'insectes minuscules ou la possibilité d'autopollinisation, les stigmates sont, en effet, à l'abri de l'influence du pollen, si ce n'est celui qui serait transporté par l'air, ce que nous cherchons à expérimenter. D'autre part, les stigmates sont déjà fécondables à ce stade. Ce point sera ultérieurement précisé.

Pour les fleurs macrostyles, les chances d'autopollinisation sont accrues par suite du glissement des étamines le long du pistil, lors de la castration.

En cas de stérilité des ovaires soumis à ces essais, il faudra donc conclure à l'absence simultanée de l'autopollinisation naturelle et de l'anémopollinisation.

Quelque 525 inflorescences appartenant à des clones différents et choisies en conditions écologiques et saisonnières diversifiées, furent ainsi traitées.

Ces essais se poursuivirent de mai 1943 à décembre 1944. En voici les résultats essentiels :

Les clones microstyles 23, 31, 86, 87, 123, 124, 156, 165, 176, 228 et 240 ne manifestèrent aucun épaississement d'ovaire.

L'inflorescence m 144/20/1117 produisit deux ovaires épaissis (soit 6 % des ovaires qu'elle comportait) à dimensions inférieures aux normes du clone. Un seul ovaire parvint à déhiscence, au 8<sup>e</sup> mois, mais ne renfermait que des graines stériles.

L'inflorescence m 144/10/1420 livra, après 1 mois, 2 ovaires (soit 7,76 % du nombre total de fleurs) à peine épaissis et virant au rouge. Ces ovaires se desséchèrent avant maturité, l'un au 3<sup>e</sup> mois, l'autre au 4<sup>e</sup> mois ; ils n'atteignirent que la moitié des dimensions normales du clone.

Préparée au début de sa floraison, l'inflorescence m 144/204/138 donna, après 1 mois et 1 semaine, un tiers d'épaississements : 12,5 % des ovaires furent déhiscents après 7 mois et 2 semaines et 4,17 % après 7 mois et 3 semaines. Tous les fruits étaient de dimensions inférieures aux normes et à semences stériles.

Sectionnée prématurément par la grêle, l'inflorescence m 165/5/140, traitée au début de son épanouissement, donna naissance, après 1 mois et 3 semaines, à 31,6 % d'ovaires à peine épaissis.

Pour le clone m 215, quelques rares ovaires virèrent au rouge, mais se desséchèrent après 2 mois et 2 semaines.

Toiletée avant le début de l'anthèse, une inflorescence (m 193/32/1620) produisit, au 7<sup>e</sup> mois, 1 fruit (soit 4,7 % du nombre total) déhiscents, à dimensions inférieures aux normes et à graines stériles.

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

Les clones macrostyles 100, 190 et 142 n'accusèrent aucun épaississement d'ovaire.

Deux ovaires (soit 9,5 % du nombre total) de l'inflorescence M 139/2/259 virèrent légèrement au rouge et se desséchèrent après 2 mois et 3 semaines.

Après 2 mois, 11,1 % des ovaires de l'inflorescence M 141/6/236 commencèrent à s'épaissir : 7,4 % se desséchèrent après 7 mois, n'ayant atteint que la moitié de leur développement normal.

Deux épaississements d'ovaires (soit 20 % du nombre total) de l'inflorescence M 278/57/1538 furent observés après 1 mois. Les fruits se desséchèrent à la fin du 2<sup>e</sup> mois.

Les inflorescences M 278/128/1068, 278/77/72 et 278/124/227 fournirent chacune 1 ovaire faiblement épaissi (soit respectivement 6,7 %, 10 % et 4,35 % du nombre total d'ovaires); ces trois ovaires se desséchèrent respectivement aux 4<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> mois.

On ne peut attribuer l'absence de grenaison fertile à des lésions provoquées par l'ablation de la corolle car la pollinisation croisée hétéromorphe, pratiquée sur des fleurs émasculées de la même manière, fut opérante dans tous les cas.

Les *conclusions* sont évidentes.

1<sup>o</sup> Aucune semence fertile ne fut obtenue des 525 inflorescences préparées en vue du maintien exclusif des boutons sur le point de s'épanouir et émasculées.

Par conséquent, l'anémopollinisation et l'autofécondation naturelle, lors de l'émasculature, sont à exclure comme modes de fécondation pour *Cinchona Ledgeriana* MOENS au Kivu.

Il peut sembler étrange que les grains de pollen, qui sont cependant légers, n'aient pas été véhiculés par l'air jusque sur les stigmates. En fait, les grains de pollen sont étroitement agglutinés aux stades initiaux de l'anthèse. Lorsque, après quelques jours, ils commencent à se différencier, ils restent gélatineux et adhèrent aisément à toute surface qui se présente. On pourrait cependant admettre que, sous l'action de vents violents, des grains isolés ou des masses polliniques soient disséminés au loin. Mais cette éventualité ne peut être qu'exceptionnelle si l'on considère que nos essais furent conduits sous des conditions météorologiques très diverses. Par ailleurs, nous n'avons jamais observé, à Mulungu, la présence de petits nuages de pollen qui fut signalée, par FEENSTRA-SLUITER (1919), lors de l'ouverture des fleurs microstyles.

2<sup>o</sup> L'autopollinisation aurait pu se produire chez les fleurs microstyles, par la chute du pollen surplombant le pistil et, chez les fleurs macrostyles, par contact direct entre stigmates et étamines. De fait, nous avons parfois observé à la loupe des traces de pollen sur les stig-

mates des boutons fraîchement émasculés; cette pollinisation ne fut cependant jamais féconde.

Cependant, comme l'établiront nos essais ultérieurs, les organes sexuels, mâles et femelles, sont parfaitement mûrs au stade ultime du développement des boutons floraux.

Un corollaire important se dégage de ces deux premières conclusions : dans les conditions locales de l'expérience, seule l'entomopollinisation constitue, pour *Cinchona Ledgeriana* MOENS, un mode naturel de fécondation.

3° Un pourcentage infime d'ovaires épaissis accuse un développement régulièrement inférieur aux normes du clone.

Quelques cas rarissimes de déhiscence de fruits (5 sur 5.250) n'aboutirent qu'à la libération de graines stériles. Ce sont, sans doute, des cas analogues qu'ont visés certains travaux, mentionnés précédemment, et dont les conclusions ont manifestement dépassé la portée de l'observation.

4° On conçoit que ces résultats entraînent des conséquences capitales pour la pratique des fécondations artificielles. Ils permirent d'asseoir, avec sécurité, la technique sur des bases plus simples.

A l'abri de toute pollinisation naturelle, les boutons mûrs et émasculés peuvent, en effet, être fécondés artificiellement et en l'absence de protection, sans risque de pollution par du pollen étranger.

Lente et malaisée, par suite de nombreuses manipulations requises pour l'isolement des fleurs, l'ancienne technique limitait considérablement les possibilités pratiques de la fécondation artificielle. Pour éviter tout apport de pollen extérieur, les inflorescences paternelles et maternelles fleurissaient sous moustiquaires hermétiquement fixées, d'une part à un tuteur et, à l'autre extrémité, aux branches fructifères. Le choix de ces dernières était ainsi conditionné par leur situation aisément accessible. Il importait de contrôler à la loupe le dépôt éventuel du pollen sur les stigmates, de vérifier minutieusement l'étanchéité des manches isolantes, de fixer celles-ci sans endommager les branches ou blesser les organes floraux. Il convenait également de pyrêthrer abondamment les fleurs pour écarter tout insecte susceptible de déterminer une pollinisation intempestive. La fécondation artificielle nécessitait l'enlèvement et la remise des moustiquaires qui étaient définitivement retirées après quelques jours.

Malgré la minutie des soins apportés, on conçoit aisément que ces multiples manipulations, qui réclamaient de nombreux aides, entraînaient la perte de nombreux ovaires et branches fructifères. Les résultats grainiers étaient disproportionnés aux travaux exigés.

En supprimant les opérations d'isolement, les poudrages insecticides et les contrôles permanents, la nouvelle technique de fécondation

artificielle, que nous décrirons plus loin, a considérablement réduit les échecs, accru la sécurité des pollinisations et permis la conduite des travaux sur une grande échelle. Ce dernier point est, comme nous l'exposerons ultérieurement, particulièrement important pour une organisation rationnelle de la sélection du Quinquina.

#### b) AUTOPOLLINISATION NATURELLE.

Bien que les auteurs (MOENS, 1882; VAN LEERSUM, 1913; SPRUIT, 1923, etc.) admettent généralement l'existence de l'autofécondation, surtout pour les fleurs macrostyles, les bases expérimentales, telles qu'elles sont rapportées dans la bibliographie, sont fragmentaires et insuffisamment circonscrites.

Nous avons déjà infirmé plus haut l'influence, pour des boutons floraux macrostyles sur le point de s'épanouir, de la chute de la corolle sur l'autofécondation naturelle.

De décembre 1941 à janvier 1944, nous avons isolé, en conditions écologiques et saisonnières variées, 25 inflorescences pour chacun des 27 clones contrôlés, afin de vérifier une éventuelle autofécondation.

#### *Technique d'isolement.*

Pour assurer l'isolement des cymes, deux modèles de manches furent utilisés suivant la grandeur des branches fructifères à recouvrir. L'un, de 70 cm de longueur sur 70 cm de circonférence, était, dans sa partie médiane, maintenu en forme de cylindre à l'aide de deux anneaux en fil de fer; l'autre, de 50 cm de longueur sur 50 cm de circonférence, n'était soutenu que par un seul anneau.

Nos essais antérieurs ont établi que la protection des fleurs contre toute pollinisation étrangère se bornait à l'éloignement des insectes pollinisateurs. Des moustiquaires à trame assez lâche devaient donc suffire — et l'expérience le démontra — à isoler les organes génératifs. Elles présentaient, sur les manches hermétiquement closes, l'avantage d'assurer des conditions normales d'aération. Les manches imprégnées de stéarine furent néanmoins préférées par suite de la plus grande maniabilité due à leur rigidité. L'étanchéité qui en résultait n'entrava nullement les processus de fécondation, car les croisements hétéromorphes réalisés en conditions analogues furent féconds dans tous les cas. Par suite des vols fréquents dont ils furent l'objet, les sacs en papier transparent, d'un emploi très aisé, ne furent plus utilisés.

L'efficacité de la technique d'isolement adoptée fut démontrée par l'absence de toute fructification fertile. Par ailleurs, cette stérilité ne saurait être imputée à une entrave physiologique quelconque, puisque toutes les pollinisations croisées hétéromorphes, opérées en conditions identiques, produisirent des semences fertiles.

## MODES DE POLLINISATION

### *Résultats de l'expérimentation.*

Les clones microstyles 8, 59, 107, 123, 126, 144, 165 et 206 ne manifestèrent aucun épaississement d'ovaire.

L'inflorescence m 193/35/278, isolée durant 16 jours, livra, après 7 mois et 2 semaines, un fruit déhiscent (soit 11,1 % du nombre total d'ovaires de la cyme), mais à dimensions inférieures aux normes du clone et à semences stériles.

L'inflorescence m 215/2/193, isolée durant 10 jours, donna un ovaire (soit 4,3 % du nombre total) à peine épaissi, qui se dessécha après 4 mois et 3 semaines.

L'inflorescence m 215/13/220, isolée durant 10 jours, livra 4 ovaires (soit 25 % du nombre total) à peine épaissis et secs après 3 mois et 3 semaines.

L'inflorescence m 228/39/1258, isolée durant 8 jours, livra un ovaire (soit 3,1 % du nombre total) à peine épaissi et sec après 4 mois et 2 semaines.

L'inflorescence m 34/2/1604, isolée durant 2 jours, accusa 16 épaississements (soit 11,1 % du nombre total d'ovaires) à dimensions presque normales, mais à semences stériles.

L'inflorescence m 86/6/1410, isolée durant 9 jours, livra un ovaire épaissi (soit 3 % du nombre total), qui se dessécha avant maturité.

Les inflorescences m 87/4/50, 87/4/1398, 87/8/1592 et 87/9/1596, isolées respectivement durant 9, 16, 15 et 7 jours, livrèrent quelques ovaires épaissis et secs avant déhiscence.

L'inflorescence m 122/2/698, isolée durant 9 jours, donna quelques épaississements d'ovaires, qui tombèrent tous avant maturité.

Les clones macrostyles 2, 11, 25, 83 et 190 ne produisirent aucun épaississement d'ovaire.

L'inflorescence M 27/3/1640, isolée durant 6 jours, livra trois ovaires épaissis (soit 18 % du nombre total) à dimensions presque normales, qui tombèrent tous avant déhiscence.

L'inflorescence M 80/5/653, isolée durant 9 jours, livra un ovaire légèrement épaissi (soit 6 % du nombre total), qui tomba au 3<sup>e</sup> mois.

L'inflorescence M 100/1/52, isolée durant 6 jours, donna six ovaires (soit 12 % du nombre total) à dimensions presque normales, déhiscent après 4 mois et 1 semaine et à semences stériles.

Les inflorescences M 100/4/1425, 100/9/1353 et 100/9/1358, isolées durant 16, 9 et 9 jours, accusèrent chacune un épaississement, très inférieur aux normes; ces ovaires se desséchèrent au 2<sup>e</sup> mois.

Les inflorescences M 112/1/265 et 112/1/142, isolées durant 9 jours, livrèrent respectivement 3 et 2 ovaires, à peine épaissis, qui se desséchèrent avant le 4<sup>e</sup> mois.

L'inflorescence M 139/10/1404, isolée durant 9 jours, produisit un ovaire (soit 2 % du nombre total) à peine épaissi et sec au 2<sup>e</sup> mois.

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

Les inflorescences M 142/1/1638 et 142/1/29, isolées durant 5 jours, donnèrent respectivement 4 et 1 ovaires, à peine épaissis et qui tombèrent au 3<sup>e</sup> mois.

L'inflorescence M 278/44/15, isolée durant 6 jours, livra trois ovaires, à dimensions inférieures aux normes et secs après 3 mois et 3 semaines.

### *Conclusions.*

Bien que des grains de pollen aient été observés sur les stigmates, aucune semence fertile ne fut obtenue.

Sur les 625 inflorescences isolées sous manches, à peine 11 inflorescences macrostyles et 12 microstyles produisirent quelques épaississements d'ovaires qui furent cependant, dans tous les cas, très inférieurs aux dimensions normales des fruits.

Devant la constance et la netteté des résultats expérimentaux, on est en droit d'estimer que les données bibliographiques sont imputables davantage à des conclusions prématurées qu'à une différenciation quelconque du matériel végétal observé.

Peut-on conclure avec certitude que, dans les conditions locales, l'autofécondation naturelle soit absolument bannie chez *Cinchona Ledgeriana* MOENS? La stricte objectivité ne permet pas d'étendre, à priori, nos conclusions au delà des limites assignées par l'expérimentation. Une adaptation individuelle pourrait, en effet, déterminer une éventuelle autofécondation. Des exemples similaires ont été rapportés pour d'autres plantes. C'est ainsi que, pour *Chrysanthemum cinerariaefolium* L., le Pyrèthre de Dalmatie, réputé autostérile, nous avons découvert à Tshibinda (Kivu) un clone parfaitement autofécond.

Eu égard à l'importance numérique de nos observations, on peut néanmoins admettre que l'autogamie éventuelle de quinquinas de LEDGER serait exceptionnelle et ne présenterait aucun intérêt au point de vue de l'amélioration.

### c) AUTOPOLLINISATION FORCÉE.

Les essais que nous venons de rapporter ne reproduisent pas intégralement les conditions naturelles de l'autopollinisation. Dans l'exposé précédent, *autofécondation naturelle* n'est, en effet, pas synonyme d'*autofécondation « in natura »* : l'action des insectes pollinisateurs étant exclue sous moustiquaires, nos essais ne sauraient rejeter, à priori, toute possibilité d'autofécondation dans la nature. Les insectes pourraient, par exemple, intervenir lorsque l'agglutination des grains de pollen empêche leur dépôt par gravité ou frottement.

Afin de contrôler cette éventualité et asseoir l'étude expérimentale sur des bases plus larges, nous avons conduit, durant plusieurs saisons florales, différentes séries d'essais sur l'autofécondation forcée, avec et sans manches isolantes.

## MODES DE POLLINISATION

Cet artifice expérimental fut adopté parce que, en plus des complications techniques requises pour éviter l'apport de pollen étranger, l'introduction d'insectes dans les moustiquaires présentait encore l'inconvénient de ne pouvoir, en cas de succès de l'autofécondation, déterminer la modalité de pollinisation en cause. Notre technique, plus simple et plus précise, s'est efforcée de reproduire artificiellement, par pollinisation directe, la fécondation à des stades de maturité différents des organes génératifs et sous des conditions saisonnières variées.

Des exemples de réussite de l'autofécondation forcée chez des plantes réputées autostériles abondent dans la bibliographie. Nous en avons, dans un chapitre précédent, cité quelques-uns qui concernent des espèces hétérostyles.

### (I) *Autopollinisation forcée sous moustiquaire.*

De multiples modalités de pollinisation artificielle de stigmates, à divers stades de maturité, furent expérimentées, à raison de 25 inflorescences par clone, avec du pollen à maturité variable et récolté sur le même bouton ou fleur, sur la même inflorescence, sur le même arbre ou sur un autre sujet du même clone.

C'est à cause de la similitude de leurs résultats, que nous avons groupé arbitrairement sous une même rubrique, non seulement nos essais relatifs à la stricte autogamie, mais encore les pollinisations concernant la geitonogamie et la xénogamie entre sujets d'un même clone.

#### *Résultats expérimentaux.*

Les clones microstyles 193, 215, 220 et 228 ne produisirent aucun épaissement d'ovaire.

L'inflorescence m 34/3/582, autopollinisée au moment de l'épanouissement avec son propre pollen, livra, au 5<sup>e</sup> mois, quelques fruits déhiscents, à dimensions légèrement inférieures aux normes et à semences stériles.

L'inflorescence m 87/8/592, autopollinisée dans les mêmes conditions, donna deux ovaires, à peine épaissis et en voie de dessiccation au 3<sup>e</sup> mois.

Les clones macrostyles 2 et 278 ne déterminèrent aucun épaissement d'ovaire.

L'inflorescence M 27/3/1576, autopollinisée, deux jours après épanouissement, avec son propre pollen, livra 4 épaissements (soit 25 % du nombre total); trois ovaires se desséchèrent à la fin du 2<sup>e</sup> mois et le dernier au 3<sup>e</sup> mois.

L'inflorescence M 190/6/1349, en fin de floraison et dont seuls les derniers boutons furent conservés, autopollinisée 3 jours après épanouissement avec pollen de fleur fraîchement épanouie, donna 3 ovaires (soit 13 % du nombre total) légèrement épaissis et secs à la fin du 4<sup>e</sup> mois.

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

Les inflorescences M 142/1/115 et 142/41/29, autopolinisées trois jours après épanouissement avec pollen de même âge, donnèrent respectivement 2 (soit 7 % du nombre total) et 1 (soit 4 %) ovaires, à dimensions très inférieures aux normes et desséchés au cours du 4<sup>e</sup> mois.

### *Conclusions.*

Les tentatives d'autopolinisation sous moustiquaires et en conditions de pollinisation variées et extrêmes n'aboutirent, pour près de 3.000 ovaires pollinisés, qu'à la production de quelques semences d'ailleurs stériles. Signalons que la flétrissure des stigmates fut régulièrement observée, deux jours après la pollinisation artificielle, alors que les organes non pollinisés conservaient leur fraîcheur pendant plusieurs jours.

### (II) *Autopolinisation forcée sans moustiquaire.*

Dès que furent recueillies les preuves suffisantes de l'inefficacité de l'anémopollinisation, nos essais d'autofécondation artificielle furent poursuivis, sans protection aucune et à raison de 30 inflorescences par clone, avec des ovaires émasculés avant l'épanouissement de la corolle. Toute une gamme de combinaisons génitrices s'étendit progressivement aux stades maternels et paternels les plus juvéniles possible et à différentes époques florifères, voire hors saison.

### *Résultats expérimentaux.*

Les clones microstyles 123, 124, 176, 193 et 228 ne livrèrent aucun épaissement d'ovaire.

Les premiers boutons de l'inflorescence m 31/3/1704, pollinisés avec boutons d'une autre floraison du même arbre, donnèrent deux ovaires en cours d'épaississement, qui séchèrent après 4 mois.

Les derniers boutons de l'inflorescence m 144/10/522, pollinisés dans les mêmes conditions, livrèrent deux ovaires en voie d'épaississement, dont l'un tomba après 2 1/2 mois et l'autre, à dimensions inférieures aux normes, se dessécha après 6 mois.

L'inflorescence m 144/204/1424, pollinisée par un autre arbre du même clone, donna un ovaire, très inférieur aux normes et sec après 6 1/2 mois.

Les clones macrostyles 100, 133, 141 et 142 ne produisirent aucun épaissement d'ovaire.

L'inflorescence M 252/30/1337, autopolinisée au stade de bouton sur le point de s'ouvrir, donna naissance à un ovaire épais (soit 16,67 % du nombre total), à dimensions inférieures aux normes et sec après 6 mois et 2 semaines.

Les derniers boutons de l'inflorescence M 278/87/1108, autopolinisés, une semaine avant épanouissement, avec du pollen de bouton conservé

## MODES DE POLLINISATION

durant 6 jours et assez pulvérulent, donnèrent 15 % d'ovaires épaissis qui se desséchèrent avant le 7<sup>e</sup> mois.

Une inflorescence hors saison, M 278/71/112, autopollinisée avec du pollen de bouton récolté la veille, livra, après 1 mois, de très faibles épaissements (25 %); les ovaires tombèrent rapidement.

### *Conclusions.*

Autopollinisés en conditions saisonnières variées et avec du pollen à différents stades proches ou éloignés de l'anthèse et soumis ou non à une conservation préalable, les quelque 4.000 boutons, également traités à diverses phases de leur maturité et castrés avant l'épanouissement de la corolle, ne produisirent aucune semence. Une dizaine de nouaisons de fruits, soit 0,25 % de l'ensemble des boutons floraux, furent observées, mais le développement des organes fut, dans tous les cas, très inférieur aux normes d'épaississement. Notons que notre expérimentation a envisagé non seulement la stricte autogamie, mais encore la geitonogamie et la xénogamie isomorphe. Enfin, l'échec de l'autofécondation chez des boutons floraux émasculés constitue une nouvelle preuve de l'efficacité de la technique d'isolement par ablation des corolles.

En conclusion de nos nombreux essais sur les agents de la pollinisation dans les conditions écologiques de Mulungu, dont aucun ne révéla une variabilité individuelle quelconque, on est en droit d'exclure l'anémo- et l'autopollinisation, ainsi que la geitonogamie et la xénogamie entre sujets d'un même clone comme modes de fécondation. Par voie de conséquence, seule l'entomopollinisation croisée est efficace. Encore cette dernière doit-elle, ainsi que nous l'établirons dans le chapitre suivant, être hétéromorphe, pour aboutir à son terme physiologique normal, c'est-à-dire la production de semences fertiles.

## CHAPITRE VI

### Modes de fécondation.

Le principe de l'autostérilité absolue de nombreuses plantes cultivées, telles que beaucoup d'arbres fruitiers et l'Hévée, fut infirmé par la Biologie expérimentale. Quelques essais d'autofécondation du Pyrèthre (*Chrysanthemum cinerariaefolium* L.), considéré comme autostérile, nous ont permis de découvrir, en octobre 1943, un clone autogame, à grenaison abondante et fertile.

Par suite de l'occurrence possible d'une variabilité individuelle, les expériences doivent être nombreuses et répétées avant de permettre l'énoncé d'une conclusion définitive.

Après avoir éprouvé, avec des résultats nettement négatifs, tant l'autopollinisation que l'anémopollinisation, il paraît évident que seule l'entomopollinisation est capable de féconder naturellement le gynécée chez *C. Ledgeriana*.

En principe, cette fécondation croisée par insectes peut s'effectuer entre fleurs différentes (hétéromorphes) ou semblables (isomorphes) quant au type de style. DARWIN (1878) estimait que la pollinisation dite « légitime » était plus favorable que la pollinisation « illégitime ». Nous avons signalé, plus haut, quelques indications documentaires qui infirment cette conception.

Sans doute, la structure des fleurs hétérostyles favorise-t-elle l'entomopollinisation hétéromorphe. Elle n'exclut cependant pas à priori le mode isomorphe de fécondation.

Il importait, par conséquent, que nous organisions d'autres expériences. Il est, en effet, indispensable, en vue de l'établissement rationnel de jardins semenciers, de prévoir les résultats de la pollinisation.

#### 1. — Essais sur la fécondation isomorphe.

Nos essais sous moustiquaires furent conduits de fin 1941 à début 1944, et, sans moustiquaires, jusqu'à fin 1944.

Les pollinisations isomorphes de fleurs s'effectuèrent sous manches isolantes; celles de boutons floraux s'opérèrent, après émascation, sans moustiquaires.

Les essais furent entrepris avec les clones précédemment expérimentés : ces clones, candidats semenciers, constituaient en effet un matériel d'étude plus utilisable.

## MODES DE FÉCONDATION

De multiples combinaisons entre éléments sexuels d'âges différents furent expérimentées sur un total de 650 pollinisations isomorphes microstyles et 600 macrostyles. En voici les *résultats* :

Une seule inflorescence manifesta un épaissement ovarique. Les 7 derniers boutons de l'inflorescence microstyle 144/10/285, pollinisés avec du pollen frais de boutons sur le point de s'ouvrir de l'arbre microstyle 34/3, donnèrent, après 3 semaines, trois ovaires virant au rouge et s'épaississant au cours de la semaine suivante. Le développement fut lent et inférieur aux normes du clone 144. Deux ovaires tombèrent après 3 1/2 mois, le dernier se dessécha au 4<sup>e</sup> mois.

### *Conclusions.*

La multiplicité des essais, conduits en différentes conditions, nous autorise à exclure la pollinisation isomorphe comme mode de fécondation naturel chez *Cinchona Ledgeriana* MOENS.

Il peut être utile, pour l'interprétation des faits, de rapprocher cette aversion entre éléments sexuels issus d'une même forme florale, des résultats défavorables de l'autopollinisation.

Sans doute, pas plus que pour l'autofécondation, la Biologie expérimentale n'est autorisée, malgré l'abondance des preuves et la constance des conclusions, à exclure, d'une manière catégorique, toute possibilité de fécondation isomorphe. Cette éventualité est néanmoins très improbable, car l'existence d'une variabilité individuelle quelconque se fût manifestée, comme chez les plantes partiellement autostériles, par toute une gamme de résultats s'étendant de la stérilité à la fécondation. Or, dans toutes nos tentatives de conjugaison entre gamètes produits uniquement par des fleurs microstyles ou uniquement par des fleurs macrostyles, les résultats apparurent avec une rigoureuse netteté : les rares semences obtenues furent toutes stériles.

### 2. — Croisements hétéromorphes.

Contrairement aux résultats pratiques de la fécondation isomorphe, tous les croisements opérés entre fleurs micro- et macrostyles, effectués sur grande échelle pour les besoins de la sélection, furent féconds, mais les pourcentages de graines fertiles oscillèrent dans des limites étendues.

Nous avons signalé plus haut, dans le tableau XI, quelques résultats de fécondation hétéromorphe. Ils indiquent que le type floral maternel n'influe pas sur le taux de réussite, que les résultats ne permettent pas de préjuger du succès du croisement inverse et qu'il existe toute une gamme dans les compatibilités de fécondation.

A cet égard, les pourcentages globaux de fructification, souvent plus élevés chez les géniteurs maternels microstyles que chez les semenciers macrostyles, pourraient faire conclure à une différence systématique

dans la susceptibilité de fécondation des deux types floraux. Cette différence résulte, en réalité, des dommages provoqués aux organes femelles par l'ablation de la corolle, moins aisée chez les fleurs macrostyles. Avec des opérateurs habiles, les taux de fructification s'équivalent dans les deux cas.

Notons que l'extrême variabilité des résultats individuels d'un même croisement, en conditions identiques, exige de nombreuses répétitions pour l'établissement de moyennes concluantes. Les fluctuations sont imputables aux nombreux accidents externes qui interfèrent, au cours du développement des ovaires, avec les résultats de la fécondation. Ainsi, les piqûres d'insectes, la percussion des grêlons, la dessiccation ou la cassure des branches fructifères provoquent des chutes d'ovaires ou des déhiscences prématurées de fruits qui entraînent la récolte de graines non mûres.

Dans cet ordre d'idées, l'emploi de l'indice biométrique du développement des fruits, plutôt que l'analyse germinative des semences, réduit notablement la variabilité des résultats par suite de l'élimination de nombreux accidents extrinsèques. Quelques données statistiques sont renseignées plus loin.

Le cas des branches fructifères cassées, fréquent dans les quinquinaires au moment de la récolte des semences, a, pour des raisons pratiques, plus spécialement été étudié. Nos observations ont montré que la dessiccation de la branche fructifère entraînait la déhiscence des fruits; celle-ci s'annonçait, une à deux semaines avant, par la flétrissure des feuilles terminales, suivie par le jaunissement progressif des autres feuilles. Mais, dans tous les cas, cette déhiscence pathologique ne fut dommageable à la valeur germinative des graines que lorsqu'elle se produisit avant que les semences aient atteint leur maturité physiologique, c'est-à-dire, en général, avant le septième mois depuis la floraison.

Nous avons tenté de reproduire le mécanisme physiologique du dessèchement par ablation, totale ou partielle, des feuilles de branches fructifères aux différents stades de la fructification : aucune dessiccation de branche ou déhiscence de capsule avant terme ne fut enregistrée.

Par contre, la cassure ou la torsion de la branche tutrice était suivie, après une ou deux semaines, de la déhiscence des capsules.

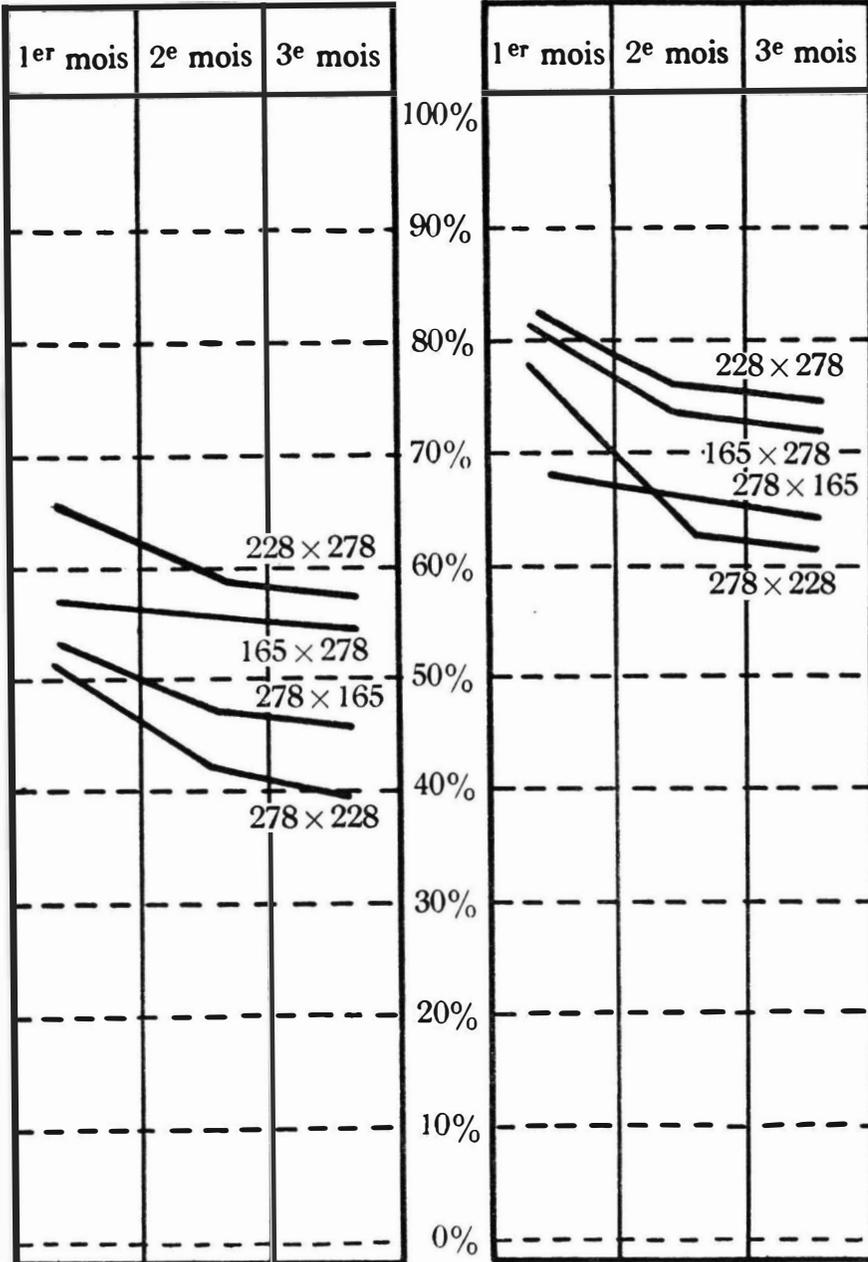
Ces expériences démontrent que l'alimentation des branches fructifères est parasitaire : une dessiccation hâtive est provoquée par une interruption alimentaire.

Les pourcentages élevés de graines stériles, constatés durant les saisons exceptionnellement sèches, s'expliquent par cette déficience alimentaire. Quant aux dommages occasionnés aux branchettes fructifères par les récolteurs, ils ne sont d'aucune influence sur la valeur semencière, puisqu'à ce moment l'âge minimum requis pour la maturité physiologique est dépassé.

Fig. 11. — Taux moyens d'épaississements d'ovaires avec

MANCHES ISOLANTES

BOUTONS ÉMASCULÉS



La fragilité des organes floraux est mise en évidence par l'augmentation des taux de réussite, qui résulte de la réduction des manipulations entraînée par la nouvelle technique de fécondation artificielle. L'augmentation du pourcentage de fécondation peut atteindre 35 %.

Dans la figure 11, nous résumons les résultats de la fécondation de quatre croisements opérés sur grande échelle et suivant les deux techniques opératoires (sous manches isolantes et avec boutons émasculés). L'échelle renseigne les quantités d'ovaires épaissis en pour-cent du nombre total d'ovaires pollinisés. Ces taux concernent les trois premiers mois qui suivent la pollinisation.

Dans les exemples figurés, le gain moyen en ovaires fécondés est d'environ 20 % en faveur de la nouvelle technique. Pour les deux séries de diagrammes, l'échelonnement des croisements est parallèle. Cette symétrie serait logique si elle n'impliquait que la confrontation de deux méthodes de fécondation. Mais les différences sont, en outre, d'ordre physiologique : les fécondations sous manches isolantes s'effectuent sur des fleurs écloses, alors que, dans la nouvelle technique, les fécondations sont opérées sur des boutons sur le point de s'épanouir. L'influence du stade de développement des organes sexuels sera étudiée plus loin.

On peut déjà déduire, de l'allure des deux séries de graphiques, la prédominance des facteurs internes (manque de fécondité) sur les influences externes. En effet, un rôle plus actif des accidents externes se traduirait par un fléchissement plus marqué des taux de croisements sous moustiquaires, consécutif au nombre plus élevé des manipulations.

Signalons encore que la différence essentielle entre les deux séries de croisements réside dans l'écart des points de départ; le comportement ultérieur des diagrammes est sensiblement identique. En outre, le fléchissement plus accentué au deuxième qu'au troisième mois, souligne également l'origine physiologique des pertes d'ovaires.

Comme nous l'exposerons plus loin, le pollen constitue une autre source de variabilité : des essais de germination sur grains de pollen provenant de la même inflorescence, trahissent de très grandes différences de fertilité, de fleur à fleur. Aussi est-il avantageux de réitérer la pollinisation avec différents boutons d'une même cyme.

La variabilité de la fertilité du pollen fait présager une fluctuation analogue de la fécondité du gynécée. En effet, la stérilité des ovaires, pollinisés à différentes reprises et dans des conditions identiques à celles des ovaires voisins féconds, serait inexplicable en l'absence d'une incompatibilité à la fécondation, qui devrait être vérifiée par des recherches cytologiques.

Par suite de l'occurrence de nombreux accidents externes, indépendants de la fécondation, l'enregistrement des taux d'épaississements initiaux constitue une détermination plus précise du degré de compati-

TABEAU XII

NUMÉROS des arbres et des inflorescences	FÉCONDACTION ♀ × ♂	OVAIRES ÉPAISSIS (en %) au				FRUITS (en %)	
		1 <sup>er</sup> mois	2 <sup>e</sup> mois	3 <sup>e</sup> mois	4 <sup>e</sup> mois	stériles	fertiles
25/76	M 278 × m 228	100,0	100,0	100,0	100,0	75,0	25,0
123/1325	M 278 × m 228	93,7	81,2	81,2	81,2	6,2	56,2
122/80	M 278 × m 228	88,2	17,6	17,6	secs	—	—
57/191	M 278 × m 228	87,5	87,5	87,5	secs	—	—
109/253	M 278 × m 165	87,5	87,5	87,5	87,5	—	25,0
27/78	M 278 × m 165	85,7	85,7	85,7	secs	—	—
36/1571	naturelle	77,0	30,0	21,0	15,0	—	11,0
39/1640	naturelle	75,0	75,0	75,0	75,0	12,5	37,5
15/75	M 278 × m 228	75,0	75,0	50,0	37,5	37,5	—
36/475	naturelle	74,5	29,0	24,5	23,0	1,0	21,0
30/1328	M 278 × m 228	65,3	65,3	50,0	50,0	3,8	34,6
77/703	naturelle	57,0	34,0	28,0	28,0	—	—
126/103	M 278 × m 228	55,5	55,5	11,1	secs	—	—
44/27	M 278 × m 228	50,0	50,0	50,0	37,5	12,5	25,0
109/200	M 278 × m 165	40,0	40,0	40,0	10,0	—	—
45/754	M 278 × m 228	38,4	34,6	34,6	34,6	3,8	19,1
44/1333	M 278 × m 228	36,3	36,3	9,0	9,0	—	—
121/1342	naturelle	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	—
77/506	naturelle	12,5	12,5	12,5	secs	—	—

bilité des fécondations hétéromorphes : les observations initiales sont moins aléatoires que les conclusions pratiques.

Dans le tableau XII, nous renseignons, par ordre régressif, les pourcentages d'ovaires épaissis sur quelques inflorescences du clone M 278, au cours des quatre premiers mois du développement. Les fruits parvenus à déhiscence sont exprimés en pour-cent du nombre total d'ovaires recensés.

Ces inflorescences pollinisées, le même jour et en conditions analogues, manifestent une hétérogénéité initiale qui s'accuse de plus en plus à la fin du développement. Les discordances avec le résultat semencier final sont principalement imputables à des accidents ou à des déhiscences prématurées.

Quant à la variabilité des résultats de la fécondation libre, elle peut se justifier par le hasard des pollinisations; l'irrégularité des butinages n'explique cependant pas l'écart entre les résultats initiaux et finaux. Il semble ici que les pollinisations répétées contribuent dans une large mesure à assurer l'efficacité des fécondations.

Au tableau III, nous avons renseigné l'âge minimum requis pour la maturité physiologique des fruits de l'inflorescence M 278/36/475, de fécondation naturelle.

Nous avons montré, par ailleurs, que toute capsule prématurément déhiscente ne contenait que des graines stériles. Cette observation trouve son application dans la pratique des récoltes semencières. Connaissant l'époque de la floraison et le moment de la maturité réelle d'un clone, on pourra aisément éliminer les capsules déhiscents avant terme, sans devoir recourir aux opérations, nombreuses et longues, de l'analyse germinative.

Dans le tableau XIII, nous indiquons, en mois écoulés depuis la floraison, les déhiscences de fruits en pour-cent du nombre total des ovaires pollinisés. Les déhiscences de fruits à graines fertiles sont indiquées en chiffres italiques.

Pour les croisements envisagés dans le tableau XIII, la limite minimum de fertilité des fruits déhiscents varie du 7<sup>e</sup> au 8<sup>e</sup> mois. Le tableau XIV reprend ces mêmes exemples, mais indique les facultés germinatives moyennes des échantillons grainiers.

Suivant ces données, le nombre de graines germées, en pour-cent des nombres totaux, se situe entre 40 et 98 %.

Pour un même croisement, la variation mensuelle des taux de germination est relativement faible. Ce caractère paraît constant et inhérent au croisement. Par suite d'une moindre interférence avec les influences ambiantes, les variations mensuelles de la germination semencière (voir tableau XIV) sont notablement moins accusées que les variations des taux de déhiscences (voir tableau XIII) d'un même croisement.

TABLEAU XIII

CROISEMENT ♀ × ♂	DÉHISCENCE DES CAPSULES (en %)									
	4 <sup>e</sup> mois	5 <sup>e</sup> mois	6 <sup>e</sup> mois	7 <sup>e</sup> mois	8 <sup>e</sup> mois	9 <sup>e</sup> mois	10 <sup>e</sup> mois			
M 100 × m 215	—	—	—	—	75,00	—	—	—	—	—
m 110 × M 141	—	2,61	—	2,61	5,22	—	—	—	—	—
m 110 × M 142	2,00	—	—	2,00	14,30	—	—	10,43	—	—
M 141 × m 110	—	9,52	—	8,57	14,28	—	—	35,90	—	0,40
M 141 × m 193	—	—	—	—	26,60	—	—	—	—	—
M 142 × m 110	2,15	3,72	3,52	{ 4,11 7,04 }	4,70	—	—	—	—	—
M 142 × m 193	1,78	5,35	7,14	3,57	—	—	—	3,57	—	—
m 193 × M 142	2,38	—	1,19	7,14	27,38	—	—	10,71	—	—
m 193 × M 100	—	—	—	—	20,00	—	—	6,67	—	—
m 193 × M 141	—	0,88	—	0,88	6,19	—	—	—	—	—
m 165 × M 278	—	—	—	—	68,18	—	—	—	—	—
m 215 × M 100	—	2,86	5,71	4,76	21,90	—	—	24,76	—	—
m 228 × M 278	0,54	8,60	7,00	9,10	33,50	—	—	0,50	—	—
M 278 × m 228	—	2,13	2,98	2,13	17,87	—	—	8,08	—	—
M 278 × m 165	—	—	—	12,50	12,50	—	—	—	—	—

TABLEAU XIV

CROISEMENT ♀ × ♂	FACULTÉ GERMINATIVE (en %)									
	4 <sup>e</sup> mois	5 <sup>e</sup> mois	6 <sup>e</sup> mois	7 <sup>e</sup> mois	8 <sup>e</sup> mois	9 <sup>e</sup> mois	10 <sup>e</sup> mois			
M 100 × m 215	—	—	—	—	75	—	—	—	—	—
m 110 × M 141	—	0	—	0	72	84	—	—	—	—
m 110 × M 142	0	—	—	0	98	96	90	—	—	—
M 141 × m 110	—	0	—	96	96	—	—	—	—	—
M 141 × m 193	—	—	—	—	92	—	—	—	—	—
M 142 × m 110	0	0	0	0	88	—	—	—	—	—
M 142 × m 193	0	0	0	80	—	80	—	—	—	—
m 193 × M 142	0	—	0	68	73	71	—	—	—	—
m 193 × M 100	—	—	—	—	72	70	—	—	—	—
m 193 × M 141	—	0	—	0	80	—	—	—	—	—
m 165 × M 278	—	—	—	—	92	—	—	—	—	—
m 215 × M 100	—	0	0	0	84	96	—	—	—	—
m 228 × M 278	0	0	0	84	89	89	—	—	—	—
M 278 × m 228	—	0	0	0	96	92	—	—	—	—
M 278 × m 165	—	—	—	40	44	—	—	—	—	—

Le tableau XIII, qui synthétise les résultats de la déhiscence ou maturité apparente des ovaires, et le tableau XIV, qui concrétise la fertilité réelle des graines de ces ovaires, semblaient devoir marquer un certain parallélisme dans leurs résultats numériques. Cependant, la comparaison de ces deux tableaux n'autorise pas ce rapprochement. Positive pour les pollinisations des clones m 110 et M 278, la corrélation est négative pour le clone m 193. De même, les résultats des croisements inverses n'obéissent à aucun synchronisme.

Ce dualisme s'explique par la difficulté de distinguer la maturité apparente de la maturité réelle (physiologique). Comme nous l'avons déjà relevé à différentes reprises, cette source de confusion est à l'origine de nombreuses erreurs. Tel est encore le cas de M. W. N. SANDS (1923) qui fixe la maturité des fruits entre le 5<sup>e</sup> et le 6<sup>e</sup> mois après la floraison.

En ce qui concerne les croisements inverses, la figure 12 met en évidence quelques divergences de compatibilité. Elle indique les taux moyens d'ovaires épaissis, durant les trois premiers mois du développement, pour une série de croisements opérés sous moustiquaires.

L'hétérogénéité des diagrammes et l'irrégularité du classement, soulignent à suffisance la complexité du problème des compatibilités de fécondation. S'il ne mettait en cause que les affinités chromosomiques des cellules parentales, il se traduirait par la parité des croisements inverses.

La question ne peut pas non plus se poser exclusivement sur le terrain du dimorphisme floral. Les précautions plus grandes, nécessitées par la castration des fleurs macrostyles, peuvent réagir sur les résultats du croisement. Une prédominance de ce facteur serait toutefois marquée par une régression unilatérale de la fécondité des clones maternels macrostyles.

Les perturbations, internes ou externes, des résultats de la fécondation, ne sont pas justiciables de la Biologie expérimentale. Nous nous bornerons à signaler une anomalie qui exige, pour la pratique de la sélection, l'inversion des croisements étudiés.

Dans la figure 12, le diagramme du croisement M 100 × m 215, deux clones d'ailleurs phénotypiquement très voisins, se détache nettement des autres; les taux mensuels d'ovaires épaissis sont constants et élevés. Le croisement inverse se classe également en tête, bien que de façon moins nette.

Il en va de même pour les clones m 165, m 228 et M 278, qui forment un groupe caractéristique à grandes feuilles claires et mates. Leur affinité morphologique se traduit également par une compatibilité de fécondation sensiblement équivalente.

Cette tendance au groupement des croisements constitue un indice du rôle joué vraisemblablement par les affinités chromosomiques.

Fig. 12. — Taux moyens d'épaississements d'ovaires de fécondations inverses sous manches isolantes.

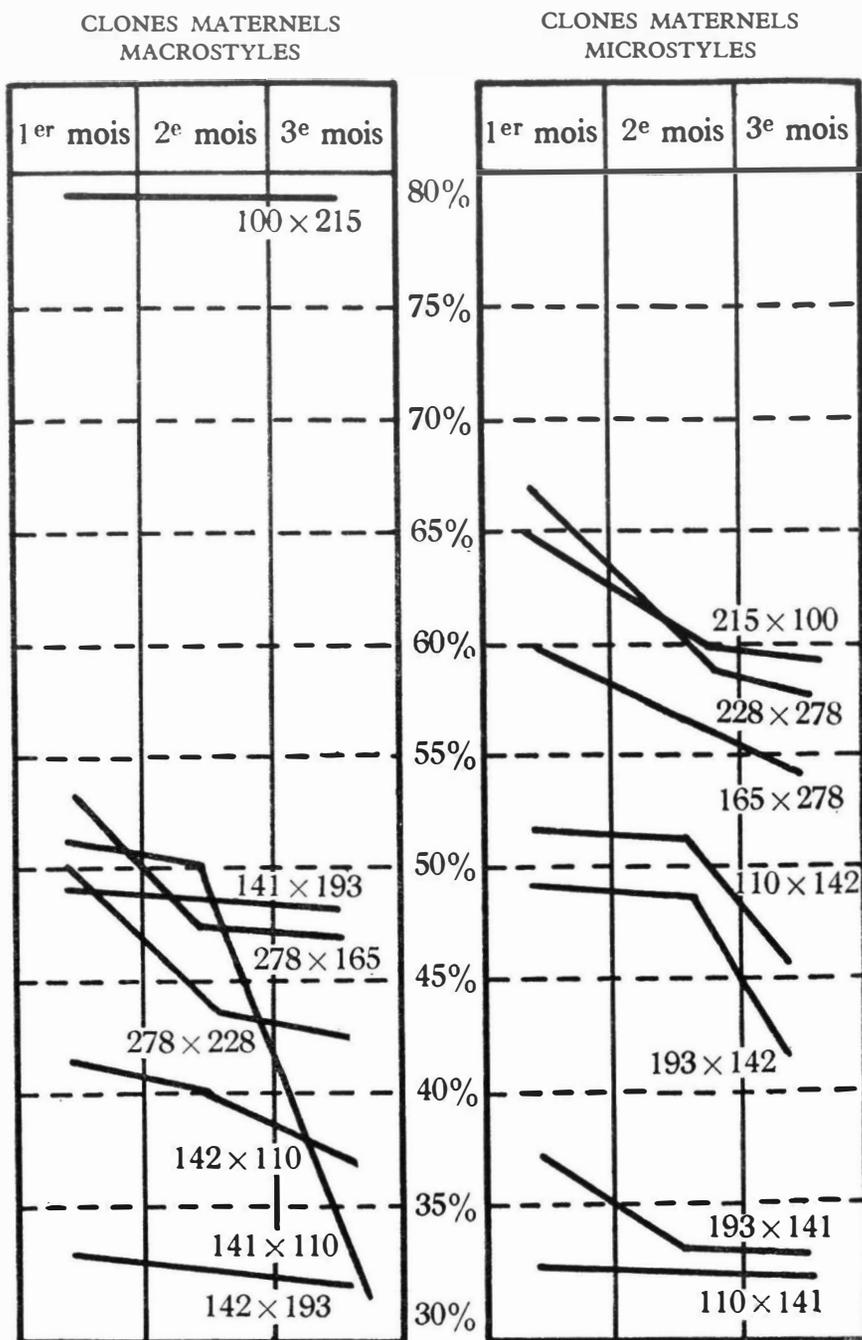
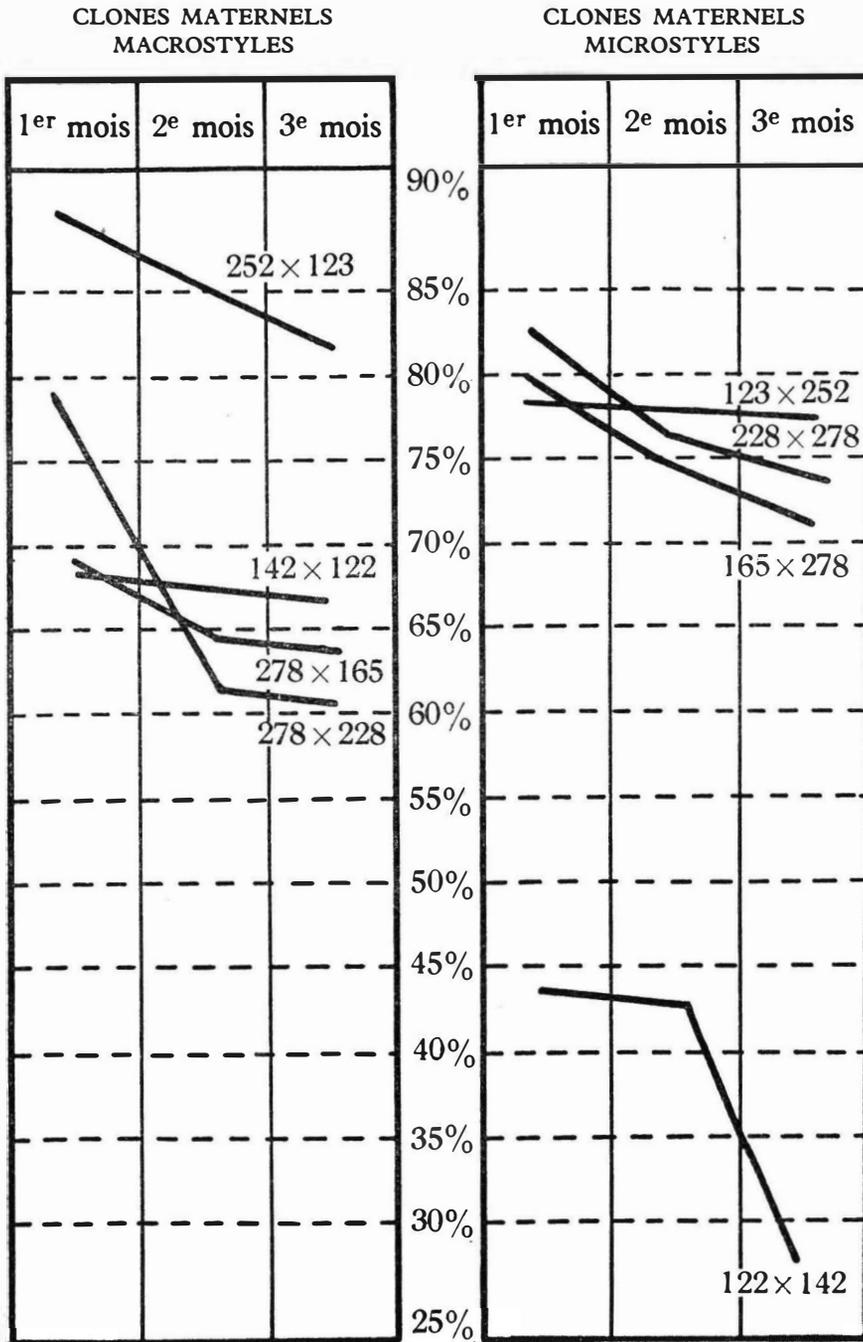


Fig. 13. — Taux moyens d'épaississements d'ovaires de fécondations inverses avec boutons émasculés.



On ajoutera que la chute brusque du croisement M 142 × m 193, en discordance avec les autres diagrammes, a vraisemblablement été provoqué par des accidents externes.

Les données moyennes renseignées dans ce diagramme résultent d'observations de fécondation conduites sur grande échelle et sous manches isolantes. Des croisements inverses, signalés dans la figure 13, indiquent les moyennes générales obtenues avec la nouvelle technique de fécondation. Seuls les croisements entre le clone macrostyle 278 et les clones microstyles 165 et 228, sont communs aux deux dernières figures. L'élévation assez forte des diagrammes de cette dernière figure permet d'apprécier le degré d'amélioration obtenue.

Notons que la supériorité du croisement M 252 × m 123, deux clones phénotypiquement très dissemblables, et du croisement inverse, ne saurait s'expliquer par une affinité de caractères. Par contre, la médiocrité des résultats du croisement des clones m 122 et M 142, morphologiquement très voisins, est nettement discordante.

Quant à l'analogie de comportement des croisements entre les clones m 165, m 228 et M 278, elle est à rapprocher de ce qui a été constaté par les données de la figure 12.

Ce parallélisme dans la parité de diagrammes obtenus par des techniques de fécondation différentes, tend à minimiser l'importance de la variabilité due aux accidents fortuits.

Nous avons vu précédemment (voir tableau X) que la variabilité individuelle des ovaires, et même des inflorescences, fécondés, était caractérisée par une amplitude très forte.

De même, nous avons montré que l'organisation des fécondations artificielles, sur échelle industrielle, n'était réalisable qu'avec la nouvelle technique de pollinisation.

Pour la lecture des diagrammes, dressés d'après les moyennes de nos croisements sur grande échelle, il est nécessaire de signaler que les fréquences des fécondations varient considérablement. Basée essentiellement sur l'amélioration génétique, la sélection a, en effet, accordé une importance variable aux candidats géniteurs.

En une seule campagne, qui englobait les trois ou quatre mois de floraison abondante, et avec l'assistance de trois aides, plus de 20.000 pollinisations furent opérées.

Mais les pollinisations ne furent pas uniformément réparties entre les croisements. Les qualités exceptionnelles des deux clones m228 et M278 déterminèrent plus de la moitié des pollinisations relevées dans les figures 12 et 13. Environ 5.000 pollinisations furent opérées dans les deux sens pour le croisement M 278 × m 165.

L'écart entre la moyenne réelle et la moyenne calculée s'atténuant normalement avec la fréquence des fécondations, les diagrammes des

Fig. 14. — Taux moyens d'épaississements d'ovaires  
des fécondations des clones m 165 et 228 par les clones M 133, 201 et 278.  
(pollinisations de boutons émasculés)

CLONE m 165

CLONE m 228

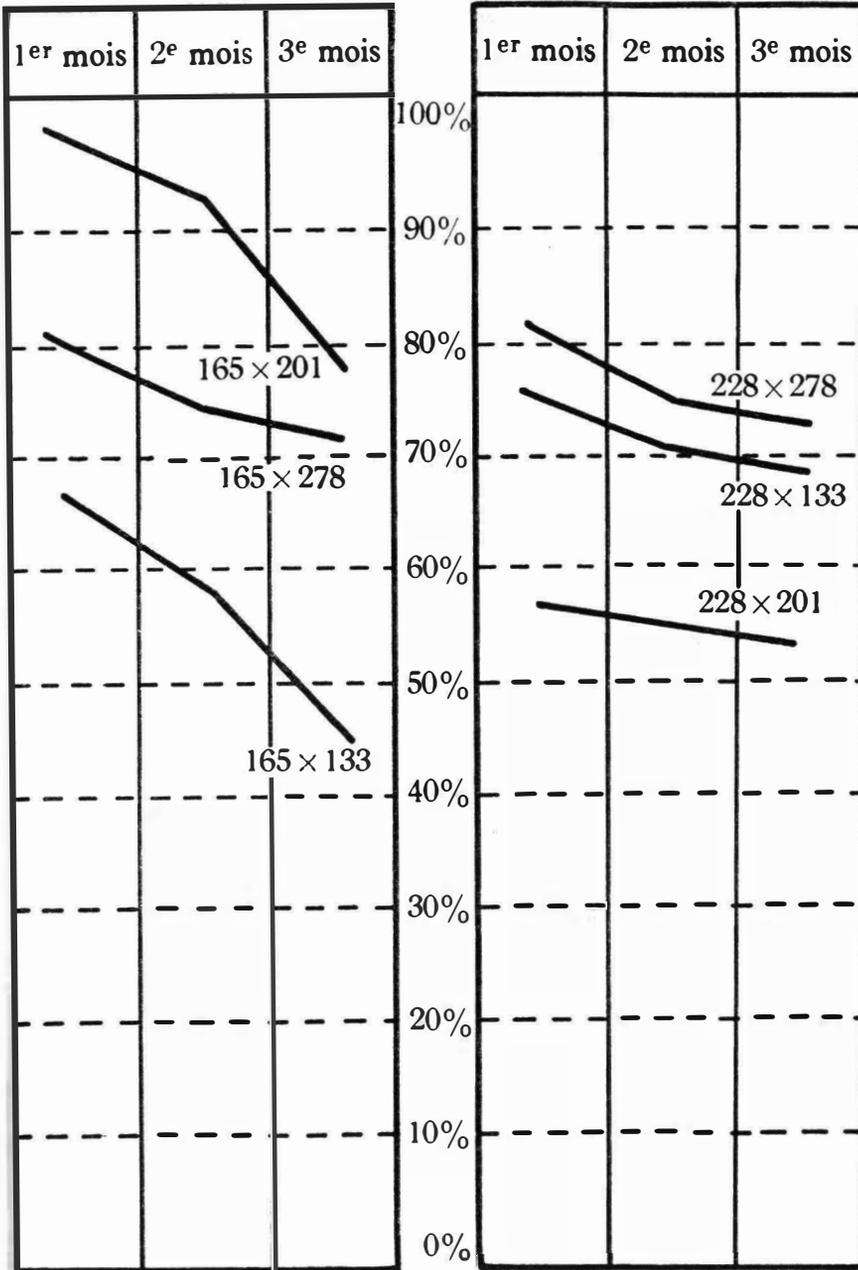
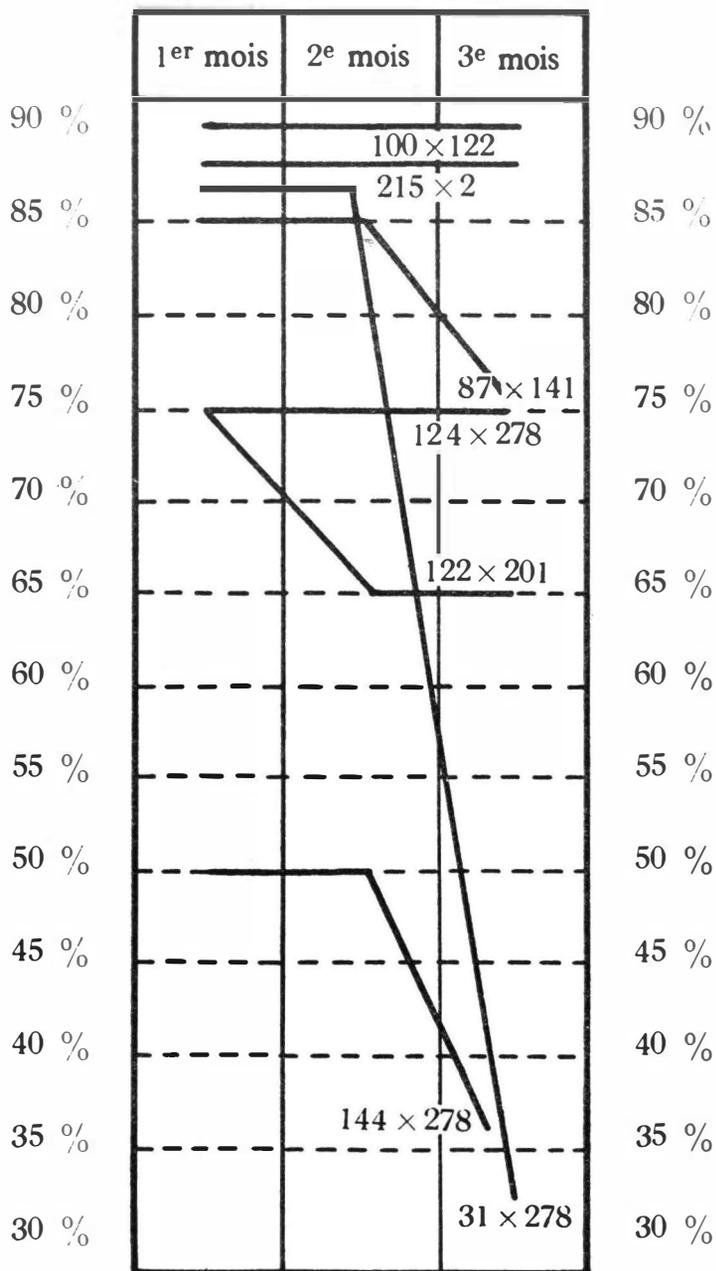


Fig. 15. — Taux moyens d'épaississements d'ovaires de quelques fécondations avec boutons émasculés.



## MODES DE FÉCONDATION

croisements  $M 278 \times m 228$  et  $M 278 \times m 165$ , ainsi qu'inverses, doivent donc normalement atteindre une précision plus forte.

En nous référant exclusivement à ces quatre croisements, nous constatons :

1° La supériorité, dans les deux figures, du croisement  $M 278 \times m 165$ , mais l'infériorité de son croisement inverse.

2° La supériorité générale des croisements à géniteur maternel microstyle sur leurs croisements inverses; elle se chiffre par un taux de réussite supplémentaire de 7 à 15 %.

3° La supériorité générale de la nouvelle technique sur l'ancienne. La différence se chiffre par un écart de 10 à 20 %.

Dans la figure 14, nous consignons les premiers résultats de la fécondation de deux clones microstyles (165 et 228) par trois clones macrostyles (133, 201 et 278). Les graphiques renseignent les pourcentages d'ovaires épaissis durant les trois mois qui suivent l'épanouissement.

Les taux d'épaississements sont établis d'après les résultats de croisements sur grande échelle, suivant la nouvelle technique d'émasculatation des boutons.

Ces graphiques confirment à nouveau le principe de la variabilité des compatibilités de la fécondation hétéromorphe : un même pollen ne détermine pas des résultats identiques sur des géniteurs maternels différents.

Remarquons que le clone  $m 228$  manifeste, pour des pollinisations identiques, des variations inférieures à celles du clone  $m 165$ . L'amplitude maximum est de 12 % pour le clone 228, contre 35 % pour le clone 165.

La figure 15 représente quelques moyennes d'épaississements établies sur un maximum de 500 pollinisations par croisement. La variabilité extrême des diagrammes, leurs discordances et l'écart de l'amplitude des sept croisements reproduits, soulignent l'importance de la variabilité individuelle et la nécessité de multiplier les essais en vue de l'établissement de données concluantes.

Nous avons également exprimé les taux d'ovaires épaissis en pour-cent du nombre total des ovaires pollinisés suivant la nouvelle méthode. Les observations se rapportent aux trois premiers mois qui suivent la pollinisation. Les clones 2, 100, 141, 201 et 276 sont macrostyles. L'amplitude finale du 3<sup>e</sup> mois marque un écart supérieur de 20 % par rapport à l'amplitude initiale.

## CHAPITRE VII

### **Limites dans l'espace de la pollinisation naturelle.**

Afin de déterminer, dans les conditions locales de l'expérimentation, la distance minimum requise pour mettre les jardins semenciers isolés à l'abri de toute pollinisation indésirable, nous avons recueilli quelques observations dans des quinqueraines qui, par suite de la répartition irrégulière des arbres micro- et macrostyles, se prêtèrent assez aisément à l'évaluation des distances de pollinisation.

Les fiches individuelles des cymes-témoin mentionnaient :

Numéros du clone, de l'arbre et de l'inflorescence. Date de prise en observation. Comptages des boutons, fleurs et ébauches avec leur stade de développement. Observations éventuelles (particularités morphologiques, pathologiques, etc.). Exposition et situation des cymes. Observations périodiques : comptages, accidents, développement des ovaires, début de la dessiccation des feuilles et branches fructifères, etc. État végétatif et situation de l'arbre semencier.

Les fruits déhiscents furent récoltés séparément et les graines contrôlées en germoirs de laboratoire. A cette occasion furent relevés : le nombre de capsules et de semences et leurs particularités éventuelles, ainsi que la faculté et l'énergie germinatives.

D'autre part, les relevés climatologiques et les observations sur l'intensité florifère des clones des divers jardins, permirent une étude assez précise de l'espacement des géniteurs dans les conditions locales de l'expérimentation.

Les résultats individuels de la fécondation naturelle s'avérèrent très irréguliers et impropres à une estimation biométrique de la corrélation. Des inflorescences voisines sur un même arbre, en conditions ambiantes apparemment semblables et prises simultanément en observation, manifestèrent des différences dans les taux de fécondation atteignant 50 %. Cette hétérogénéité ressortit, de toute évidence, aux causes dépendantes et indépendantes de la fécondation, telles que nous les avons exposées ci-dessus.

La fécondation étant tributaire des insectes, en butte à leur tour aux perturbations atmosphériques, on conçoit que des données spatiales soient d'application strictement locale. Nos observations ayant été organisées intentionnellement en périodes de faible floraison, il est vraisemblable que la pénurie de fleurs étendit anormalement le rayon d'action des insectes pollinisateurs. Loin d'être défavorable, ces circonstances renforcèrent la validité des données.

TABLEAU XV

*Distances de pollinisation.*

Indicatifs des inflorescences — Nombre de boutons	Ovaires (en %) 1 <sup>er</sup> mois 2 <sup>e</sup> mois 3 <sup>e</sup> mois 4 <sup>e</sup> mois	Age des fruits récoltés (en mois et semaines)	Fruits récoltés (en %) aux différents âges	Faculté et énergie germinatives aux différents âges	Éloignement minimum (en mètres) de floraisons hétéromorphes isolées ou compactes
<b>FLORAISONS DE FIN MAI 1943</b>					
M 278/36/1571 273 boutons	77 30 21 15	6 m. 2 s. 8 m. 3 s.	0,37 11,32	nulles 90 % - 14 jours	A 20 m d'un arbre à floraisons rares. A 64 m d'un clone à floraisons moins rares.
M 278/36/475 94 boutons	74,5 29 24,5 23	5 m. 3 s. 6 m. 1 s. 6 m. 4 s. 7 m. 3 s. 8 m. 1 s. 8 m. 2 s. 8 m. 3 s. 8 m. 4 s. 9 m. 9 m. 1 s.	1,06 1,06 1,06 1,06 4,24 3,18 7,42 1,06 2,12 1,06	nulles 51 % - 17 jours 57 % - 15 jours nulles 86 % - 13 jours 93 % - 14 jours 91 % - 15 jours 92 % - 17 jours 84 % - 15 jours 79 % - 15 jours	Idem.

TABLEAU XV (suite I)

M 278/39/1640 8 boutons sur le point de s'ouvrir	75 75 75 75	6 m. 7 m. 3 s.	12,50 37,50	nulles nulles	A 21 m d'un arbre à florai- sons rares. A 61 m d'un clone à florai- sons moins rares.
M 278/77/7031 122 boutons	57 34 28 0		néant		A 25 m d'un arbe à florai- sons rares. A 57 m d'un clone à florai- sons moins rares.
M 142/17/229 41 boutons	22 22 12 7	4 m. 7 m.	2,44 2,44	nulles nulles	A 33 m d'un clone assez florifère.
m 228/39/511 24 boutons sur le point de s'ouvrir	33 17 0 0		néant		A 40 m d'un clone à fleurs très rares.
m 228/50/538 12 boutons	75 17 17		néant		A 44 m d'un clone à fleurs très rares.
m 215/19/1351 46 boutons	75 64 59 50	8 m. 2 s.	30,50	86 % - 14 jours	A 3,50 m d'un arbre à florai- sons très rares. A 28 m d'un clone à fleurs rares.

TABLEAU XV (suite II)

	8 m. 3 s.	22,70	91 % - 14 jours	Idem.
m 215/19/247 28 boutons	64 51 40 40			
<b>FLORAISONS DE FIN OCTOBRE 1943</b>				
M 278/77/506 16 boutons	12,5 12,5 12,5 0	néant		A 49 m d'un arbre à quelques floraisons. A 59 m d'un clone très florifère.
M 278/121/1342 6 boutons	17 17 17 17	17,00	2 % - 14 jours	Idem.
M 142/14/112 30 boutons	63 63 63 63	3,33 3,33 6,67 ) + 26,68	nulles 11 % - 17 jours nulles 4 % - 10 jours	A 53 m d'un arbre à floraisons rares. A 37 m d'un clone à quelques floraisons.
M 142/15/508 16 boutons	81 81 31 31	12,50	nulles	Idem.

TABEAU XV (suite III)

m 193/13/83 21 boutons	57,1 57,1 57,1 47,6	6 m. 7 m. 2 s. 7 m. 3 s.	4,76 23,80 14,27	24 % - 9 jours 96 % - 8 jours 96 % - 8 jours	A 3,50 m d'un clone assez florifère.
m 193/26/269 70 boutons	22,9 22,9 22,9 22,9	8 m. 8 m. 1 s.	8,59 2,86	96 % - 10 jours 96 % - 10 jours	A 7 m d'un clone assez florifère.
m 215/16/1332 27 boutons	48,1 48,1 48,1 29,6	7 m. 1 s.	18,50	nulles	A 28 m d'un clone à quelques floraisons.
m 215/16/703 14 boutons	64,3 64,3 64,3 64,3	7 m. 1 s. 7 m. 3 s.	7,14 21,42	84 % - 11 jours 80 % - 11 jours	Idem.
m 215/19/378 37 boutons	48,6 48,6 48,6 48,6	6 m. 2 s. 7 m. 2 s. 8 m. 1 s. 8 m. 2 s.	2,70 16,20 2,70 2,70	nulles nulles 96 % - 11 jours 96 % - 11 jours	Idem.
m 215/28/1109 70 boutons	24,3 24,3 24,3 24,3	7 m. 7 m. 1 s.	15,73 2,86	73 % - 9 jours 80 % - 10 jours	Idem.

## LIMITES DANS L'ESPACE DE LA POLLINISATION NATURELLE

Bien que nos observations ne revêtent qu'une valeur strictement locale, elles autorisent certaines conclusions d'ordre général. Dans le tableau XV, nous reproduisons quelques exemples relevés dans un même jardin. Celui-ci a été choisi à dessein à cause de son dispositif asymétrique et du nombre restreint de clones florifères au cours des deux époques envisagées.

Dans la première colonne du tableau XV, nous renseignons l'indicatif de l'inflorescence et le nombre global de boutons au moment de la prise en observation, c'est-à-dire au début de l'épanouissement. Le terme « bouton » est employé dans son sens large et range sous la même appellation les différents stades floraux : boutons, fleurs et ébauches de fruits; les boutons aux stades ultimes de développement en constituent la grande majorité.

Les taux d'ovaires, reproduits dans la seconde colonne, renseignent, par rapport au total initial, les pourcentages d'ovaires au cours des quatre mois qui suivent la prise en observation.

Les récoltes individuelles des fruits parvenus à déhiscence furent effectuées hebdomadairement.

Leurs caractéristiques sont rapportées dans les 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> colonnes. Le moment des récoltes est renseigné dans la 3<sup>e</sup> colonne; il est exprimé en mois et semaines écoulés depuis la prise en observation. Il ne s'agit donc pas de l'âge réel des capsules.

Le nombre des capsules déhiscentes, recueillies durant les différentes cueillettes hebdomadaires, figure, dans la 4<sup>e</sup> colonne, en regard du moment de la récolte; il est exprimé en pour-cent du nombre total d'ovaires initialement observés.

Toutes les graines récoltées furent mises en germination. Elles furent analysées séparément, par inflorescence et par lots récoltés, en germoirs de laboratoire. Le pourcentage de germination et la durée moyenne de celle-ci, sont renseignés dans la 5<sup>e</sup> colonne.

Les distances minima entre la cyme observée et d'autres inflorescences à style opposée, susceptibles de la féconder, sont indiquées dans la dernière colonne.

Malgré une variabilité individuelle des résultats de la fécondation, on constate une relation entre grenaisons fertiles et rapprochement du pollinisateur : la distance de 20 à 30 mètres constitue, dans les conditions envisagées, un maximum pour l'obtention d'une récolte de semences satisfaisante.

Les exemples relevés dans le tableau XV soulignent à nouveau la nécessité de tenir compte du synchronisme florifère des clones semenciers.

Voici quelques autres données au sujet de la distance de pollinisation.

Dans un jardin clonal, des inflorescences du clone microstyle 277, entouré de clones macrostyles à floraison synchronique, donnèrent de

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

63 à 80 % de capsules dont la faculté germinative oscilla entre 64 et 100 %.

Les semences d'un champ de quinquinas de LEDGER, situé à 150 mètres d'une parcelle de *Cinchona succirubra* PAV., produisirent un grand nombre d'hybrides entre ces deux espèces. L'enlèvement de ces *C. succirubra* réduisit l'hybridation de la descendance au taux normal imputable aux dissociations de *C. Ledgeriana* MOENS.

Un jardin isolé, établi à 300 mètres d'une autre quinquinaie et à floraison exclusivement et temporairement microstyle, ne livra aucune semence fertile.

### *Conclusions.*

L'isolement des jardins dépendra surtout de leur exposition. Dans les conditions expérimentées, une marge de sécurité de 300 mètres est suffisante pour assurer un isolement absolu. Une distance de 20 à 30 mètres figure l'éloignement maximum des géniteurs pour assurer une récolte grainière satisfaisante. Le transport du pollen se réalise encore sur un parcours de 150 mètres, mais ne fut plus observé au delà de 300 mètres.

## CHAPITRE VIII

### Conditions paternelles de la fécondation.

Pour établir le stade idéal de la fécondité du pollen, nous avons organisé de nombreux essais de germination de grains de pollen. En laboratoire, ces expériences furent pratiquées en cellules Van Tieghem, avec des solutions à concentration variée de saccharose. Ce sucre fut préalablement ramené à poids constant, par séjour en exsiccateur. Cette précaution est indispensable pour une étude comparative à différentes concentrations.

Les phases de la germination s'observent nettement et aisément au microscope. Le grain de pollen fertile gonfle rapidement pour prendre une forme arrondie. Stérile, il conserve, au contraire, un aspect ratatiné.

Une protubérance à l'un des pores de la paroi externe, annonce le début de la germination. Le tube germinatif croît plus ou moins vite; la longueur du tube est également très variable.

Les solutions à 2 % de saccharose donnèrent généralement les meilleurs résultats pour la germination du pollen de fleurs microstyles. Par contre, des concentrations légèrement supérieures (jusqu'à 3 %) activèrent la germination du pollen des fleurs macrostyles.

Ces différences entre les concentrations optima de saccharose, suivant le type de style, pourraient trouver une application dans la germination « in natura » du pollen. Mais une différence éventuelle dans les sécrétions stigmatiques ne saurait résoudre le problème de l'autostérilité ou de l'incompatibilité de la fécondation isomorphe. En effet, si la nature chimique des sécrétions du stigmate favorisait la germination du pollen issu d'une fleur à style opposée, elle serait cependant incapable d'annihiler complètement la germination du pollen de fleurs appartenant au même type morphologique.

Des analyses microchimiques des stigmates micro- et macrostyles seraient susceptibles de contribuer à la solution de ce problème.

Nous résumons ci-dessous quelques exemples de germinations en laboratoire. Les tubes polliniques sont considérés comme « courts » ou « longs » selon que leur longueur atteint au maximum 3 mm ou excède 6 mm. Les longueurs « moyennes » se rangent entre ces dimensions. Les germinations sont « rares », « assez nombreuses », « nombreuses » ou « très nombreuses » lorsque le développement du tube a été observé pour quelques grains, pour le quart, pour la moitié ou pour les trois quarts des organismes. Rappelons qu'il ne s'agit ici que d'essais orientatifs conduits en vue d'établir l'opportunité d'expériences systématiques.

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

L'organisation de ces dernières ne fut cependant pas réalisée, parce qu'il apparut rapidement que les essais de germination en laboratoire ne figurèrent, tout au plus, qu'une simple *possibilité* de germination *in vivo*. Ainsi, par exemple, une catégorie de pollen, dont une partie des grains avait germé en laboratoire, ne déterminait pas nécessairement la fécondation des ovaires. En d'autres termes, les conditions de la germination s'avèrent plus favorables en milieu artificiel que dans la nature.

### **Pollen m 144 :**

<i>Pollen récolté le même jour sur :</i>	<i>Tubes polliniques :</i>
boutons, 15 jours avant épanouissement . . .	néant.
boutons, 8 jours avant épanouissement . . .	après 1 ½ h : en voie de germination.
boutons sur le point de s'ouvrir . . . . .	après 3 jours : rares et longs.
	après 1 ½ h : en voie de germination.
	Après 3 jours : nombreux et longs.
fleurs fraîchement épanouies . . . . .	après 1 ½ h : nombreux et moyens.
	après 3 h : nombreux et longs.
fleurs flétries . . . . .	néant.

#### *Pollen récolté depuis 1 jour sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en sachet . . .	après 2 h : rares.
	après 1 jour : nombreux et longs.
fleurs fraîches, conservées en exsiccateur . . .	après 2 jours : rares et longs.
fleurs fraîches, en sachet de papier . . . . .	néant.

#### *Pollen récolté depuis 2 jours sur :*

fleurs fraîches, en sachet de papier . . . . .	néant.
--	--------

#### *Pollen récolté depuis 3 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en sachet . . .	après 1 jour : nombreux et longs.
fleurs fraîches, en sachet . . . . .	après 1 jour : rares et moyens.

#### *Pollen récolté depuis 5 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en exsiccateur . . . . .	néant.
fleurs fraîches, en exsiccateur . . . . .	néant.

#### *Pollen récolté depuis 11 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en flacon ordinaire . . . . .	néant.
fleurs fraîches, en flacon ordinaire . . . . .	néant.

## CONDITIONS PATERNELLES DE LA FÉCONDATION

### *Pollen récolté depuis 15 jours sur :*

### *Tubes polliniques :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en sachet . néant.  
boutons sur le point de s'ouvrir, en flacon . néant.  
fleurs fraîches, en sachet . . . . . néant.  
fleurs fraîches, en flacon . . . . . néant.

### *Pollen récolté depuis 22 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en exsiccateur . . . . . après 2 h : rares et moyens.  
fleurs fraîches, en exsiccateur . . . . . néant.

### *Pollen récolté depuis 35 jours sur :*

boutons sur le point de s'épanouir, en exsiccateur pendant 22 jours et, ensuite, en flacon pendant 13 jours . . . . . néant.  
fleurs fraîches, idem . . . . . néant.

### **Pollen m 215 :**

#### *Pollen récolté le même jour sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir . . . . . après 2 h : nombreux et longs.  
fleurs fraîches . . . . . après 2 h : nombreux et longs.

#### *Pollen récolté depuis 3 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en sachet . après 2 h : rares et moyens.  
après 1 jour : assez nombreux et moyens à longs.  
fleurs fraîches, en sachet . . . . . après 2 jours : rares et courts.

#### *Pollen récolté depuis 4 jours sur :*

fleurs fraîches, en sachet . . . . . après 1 jour : rares et moyens.

### **Pollen m 165 :**

#### *Pollen récolté le même jour sur :*

boutons, 15 jours avant épanouissement . . néant.  
boutons, 8 jours avant épanouissement . . après 1 jour : rares et courts.  
boutons sur le point de s'ouvrir . . . . . après 2 h : rares et courts.  
après 1 jour : nombreux et longs.  
fleurs fraîches . . . . . après 2 h : nombreux en voie de germination.  
après 5 h : nombreux et longs.  
fleurs en voie de fanaison . . . . . après 1 jour : assez nombreux et longs.

#### *Pollen récolté depuis 2 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en sachet . après 2 h : nombreux et longs.  
fleurs fraîches, en sachet . . . . . après 2 h : nombreux et longs.

BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

*Pollen récolté depuis 16 jours sur :*

*Tubes polliniques :*

- boutons sur le point de s'ouvrir, en exsiccateur pendant 15 jours et en flacon pendant 1 jour . . . . . néant.  
fleurs fraîches, idem . . . . . néant.  
fleurs fraîches, en glacière (0 °C) pendant 15 jours et en flacon pendant 1 jour . néant.

**Pollen m 228 :**

*Pollen récolté le même jour sur :*

- boutons sur le point de s'ouvrir . . . . . après 2 h : assez nombreux à nombreux et longs.  
fleurs fraîches . . . . . après 1 jour : rares et longs.  
fleurs flétries . . . . . néant.

*Pollen récolté depuis 1 jour sur :*

- boutons sur le point de s'ouvrir, en sachet . . . . . après 3 h : assez nombreux et en voie de germination.  
fleurs fraîches, en sachet . . . . . néant.

*Pollen récolté depuis 3 jours sur :*

- boutons sur le point de s'ouvrir, en sachet . . . . . après 2 h : nombreux et longs.  
fleurs fraîches, en sachet . . . . . après 2 h : assez nombreux et longs.

**Pollen m 192 :**

*Pollen récolté depuis 6 jours sur :*

- fleurs fraîches, en exsiccateur . . . . . après 2 ½ h : assez nombreux, en voie de germination.

*Pollen récolté depuis 9 jours sur :*

- fleurs fraîches, en exsiccateur . . . . . néant.

*Pollen récolté depuis 32 jours sur :*

- boutons sur le point de s'ouvrir, en exsiccateur pendant 30 jours et en flacon pendant 2 jours . . . . . néant.  
fleurs fraîches, idem . . . . . néant.

*Pollen récolté depuis 43 jours sur :*

- boutons sur le point de s'ouvrir, en exsiccateur pendant 30 jours et en flacon pendant 13 jours . . . . . néant.  
fleurs fraîches, idem . . . . . très rares et courts.

CONDITIONS PATERNELLES DE LA FÉCONDATION

*Pollen récolté depuis 46 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en exsiccateur pendant 30 jours et en flacon pendant 16 jours . . . . . néant.  
 fleurs fraîches, idem . . . . . néant.

*Tubes polliniques :*

**Pollen M 139 :**

*Pollen récolté le même jour sur :*

boutons, 8 jours avant épanouissement . . . néant.  
 boutons sur le point de s'ouvrir . . . . . après 1 jour : rares, en voie de germination.  
 après 3 jours : nombreux et moyens.  
 fleurs fraîches . . . . . après 1 ½ h : assez nombreux, en voie de germination.  
 après 3 jours : nombreux et courts.

*Pollen récolté depuis 1 jour sur :*

fleurs fraîches . . . . . néant.

*Pollen récolté depuis 5 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en exsiccateur . . . . . néant.  
 fleurs fraîches, en exsiccateur . . . . . néant.

*Pollen récolté depuis 14 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en exsiccateur pendant 13 jours et en flacon pendant 1 jour . . . . . néant.  
 fleurs fraîches, idem . . . . . néant.

*Pollen récolté depuis 35 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en exsiccateur pendant 22 jours et en flacon pendant 13 jours . . . . . néant.  
 fleurs fraîches, idem . . . . . néant.

**Pollen M 142 :**

*Pollen récolté le même jour sur :*

fleurs fraîches . . . . . après 2 h : rares, en voie de germination.  
 après 4 h : nombreux et courts.

*Pollen récolté depuis 1 jour sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en sachet . . . . . après 1 jour : assez nombreux et de longueurs inégales (courts et moyens).  
 fleurs fraîches, en sachet . . . . . après 1 jour : rares et moyens.



## CONDITIONS PATERNELLES DE LA FÉCONDATION

*Pollen récolté depuis 7 jours sur :*

*Tubes polliniques :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en sachet . néant.  
fleurs fraîches, en sachet . . . . . après 1 jour : rares et courts.

*Pollen récolté depuis 8 jours sur :*

fleurs fraîches, en exsiccateur . . . . . néant.

*Pollen récolté depuis 16 jours sur :*

boutons sur le point de s'ouvrir, en exsiccateur pendant 15 jours et en flacon pendant 1 jour . . . . . néant.  
fleurs fraîches, idem . . . . . néant.  
boutons sur le point de s'ouvrir, en glacière (0 °C) pendant 15 jours et en flacon pendant 1 jour . . . . . néant.  
fleurs fraîches, idem . . . . . néant.

Pour le pollen de fleurs microstyles, nous avons, dans la quasi-totalité des cas, constaté une germination plus hâtive, plus rapide, plus longue et plus générale que pour le pollen de fleurs macrostyles. Cette différence trouverait une justification naturelle dans le fait que le chemin est plus long à parcourir par le tube germinatif du pollen des fleurs microstyles en fécondation hétéromorphe.

Ces différences de croissance pourraient expliquer l'autostérilité ou l'incompatibilité de la fécondation isomorphe des fleurs macrostyles; elles sont cependant incapables de fournir une explication pour les fleurs microstyles.

L'objectif essentiel de ces essais en laboratoire visait à établir les conditions paternelles idéales des pollinisations artificielles.

Outre la détermination des limites de vitalité du pollen et du moment optimum de la maturité, quelques essais de conservation de pollen tendirent à fixer le mode optimum et la durée maximum de conservation.

Ce dernier point devait trouver une application dans l'organisation de la récolte du pollen et la possibilité de croiser des arbres à floraison asynchrone. Il pouvait, en effet, être utile, pour les besoins de la sélection, d'accoupler des géniteurs présentant des caractères particulièrement désirables, malgré la discordance des époques de floraison.

Nous n'avons constaté aucune influence de l'âge de l'arbre producteur sur la vitalité du pollen : des prélèvements polliniques opérés sur des arbres d'âges très différents, depuis les floraisons prématurées des jeunes sujets jusqu'aux fleurs naissant sur des arbres âgés de 13 ans, ne marquent aucune différence dans la vitalité.

Le taux de grains de pollen féconds est généralement très faible, surtout pour les fleurs macrostyles, mais son abondance pallie à sa

déficience. Comme le démontrent d'ailleurs les résultats des fécondations libres et artificielles, la faible faculté germinative des grains de pollen, issus des fleurs macrostyles, ne se traduit nullement par des taux de fécondation réduits.

La germination dépend beaucoup des variations individuelles. Certaines fleurs peuvent livrer du pollen absolument stérile, tandis que d'autres, voisines sur la même inflorescence et au même stade de développement, contiennent du pollen fertile.

Il en résulte une conséquence pratique pour les pollinisations artificielles : à savoir la nécessité de féconder à plusieurs reprises le même ovaire avec du pollen de fleurs différentes. Cette conclusion a été confirmée expérimentalement sur le terrain.

\* \* \*

Le contrôle de la fertilité éventuelle du pollen des fleurs non épanouies s'imposait pour permettre la simplification des opérations de pollinisation.

En vue de garantir l'origine du pollen des fleurs épanouies, les inflorescences pollinisatrices devaient, en effet, s'ouvrir sous manches isolantes. Sans cette précaution, les étamines des fleurs risquaient d'être polluées par du pollen d'origine inconnue.

Ces prescriptions amplifiaient considérablement les travaux : toilette des cymes pollinisatrices par ablation des fleurs ouvertes, pyréthrages, fixation des manches isolantes, contrôles et récoltes quotidiennes, entraînant de nombreuses manipulations de moustiquaires. L'importance de ces opérations requérait la surveillance constante du sélectionneur. De plus, la destination exclusive des cymes à la pollinisation réduisait le matériel de travail. Ce gaspillage était particulièrement dommageable au cours des périodes de faible floraison et pour les clones peu florifères.

On conçoit, dès lors, que la fertilité éventuelle du pollen renfermé dans les boutons présentait des avantages sérieux : la corolle fermée figurait une protection parfaite et naturelle. La récolte de pollen pouvait se limiter à la cueillette des corolles à un stade de maturité suffisant, sans dommage pour l'inflorescence, qui répondait ainsi à deux fins : paternelle et maternelle.

Une telle organisation devait donc permettre une économie appréciable de matériel.

Nos essais de germination établirent la fertilité du pollen prélevé dans les boutons sur le point de s'ouvrir. La fertilité fut cependant moindre que celle des fleurs fraîchement épanouies. Mais, alors que le pollen de boutons voit sa fertilité s'accroître après un jour et conserve sa vitalité durant quelques jours dans des sachets de papier, le pollen de fleurs fraîches perd rapidement son pouvoir germinatif, souvent

## CONDITIONS PATERNELLES DE LA FÉCONDATION

même le soir de l'épanouissement. La durée maximum de conservation du pollen en sachets de papier atteignit sept jours.

Ces conclusions sont importantes pour la pratique des fécondations. Outre la multiplicité des manipulations, le gaspillage et les risques nombreux entraînés par la récolte du pollen sur fleurs ouvertes, l'atténuation rapide de la vitalité du pollen de fleurs épanouies réduisait encore l'efficacité des travaux.

L'organisation actuelle est plus simple et meilleure. Des corolles sur le point de s'épanouir sont directement prélevées et recueillies en sachets de papier, numérotés et datés; la pollinisation peut s'effectuer durant quelques jours, à partir du lendemain de la récolte.

Quelques rares germinations de pollen, provenant de boutons récoltés huit jours avant épanouissement, furent obtenues. Alors que le pollen de boutons sur le point de s'épanouir germe généralement après 1 1/2 heure, celui de boutons incomplètement développés commence seulement, après le même laps de temps, à se différencier nettement, pour ne germer que deux ou trois jours plus tard.

Les grains de pollen peuvent se présenter sous une forme plus ou moins agglutinée avec une coloration variant du jaune franc au gris terne : ces particularités ne se traduisent cependant par aucune différence dans la faculté germinative. L'opinion courante qui considère des grains de pollen ternes ou agglomérés comme étant stériles, est infirmée par nos résultats de laboratoire comme par l'expérimentation directe *in natura*.

Ces grains de pollen présentent néanmoins certains inconvénients techniques. La couleur pâle, presque blanche, empêche l'examen aisé du dépôt pollinique sur les stigmates blancs. Quant au pollen très agglutiné, il se détache moins rapidement de la masse pollinique. Ces inconvénients se traduisent par un ralentissement des opérations.

Nous n'avons constaté aucune différence dans la conservation ou la germination des grains de pollen imputable aux conditions écoclimatiques de la récolte. Contrairement aux observations de FEENSTRA-SLUITER (1919), nous n'avons observé aucune déperdition plus rapide de la vitalité du pollen récolté par temps humide. Le pollen récolté dans ces conditions accusait le même pouvoir germinatif et la même conservation de vitalité que le pollen récolté par temps sec. Par contre, une dessiccation trop brutale du pollen humide déterminait sa destruction : ces grains, ratatinés, restaient inertes en solutions nutritives.

En exsiccateur comme en glacière, nous avons pu conserver la vitalité du pollen de boutons durant trois semaines, alors que, par cette même technique, le pollen de fleurs épanouies était tué après deux ou trois jours. Il est vraisemblable que le périanthe, hermétiquement clos dans le bouton, protège le pollen contre une dessiccation trop brutale.

BILOGIE FLORALE DU QUINQUINA

A défaut d'un contrôle systématique des conditions de température, d'humidité et de luminosité, nos essais orientatifs de laboratoire n'autorisent cependant aucune conclusion définitive. Par suite des circonstances exceptionnelles, il nous fut impossible d'acquérir un hygrothermostat, indispensable pour une étude méthodique des facteurs de la conservation.

Signalons à ce propos que, pour différentes espèces du genre *Cinchona*, N.E. PFEIFFER (1944) réussit à conserver, durant un an, la vitalité de 5 à 19 % de grains de pollen, à l'abri de la lumière, sous des conditions hygrométriques de 35 à 50 % et à une température de 10 °C. La conservation sous vide échoua.

Pour l'ensemble des croisements artificiels, réalisés au cours de la période expérimentale, les taux d'épaississements d'ovaires, fécondés par du pollen de boutons sur le point de s'épanouir et recueilli en sachets de papier, s'établissent comme suit :

TABLEAU XVI

*Fécondité du pollen de boutons sur le point de s'épanouir.*  
(Fécondations artificielles.)

DURÉE DE CONSERVATION DU POLLEN	FÉCONDATION (en %)
Pollinisations immédiates . . . . .	47,75
» 1 jour après récolte . . . . .	79,18
» 2 jours » » . . . . .	78,08
» 3 jours » » . . . . .	68,25
» 4 jours » » . . . . .	66,72
» 5 jours » » . . . . .	65,73
» 6 jours » » . . . . .	42,85
» 7 jours » » . . . . .	17,14
» 8 jours » » . . . . .	0

Les résultats de la pollinisation sont exprimés en pourcentages d'épaississements, afin d'éliminer la majeure partie des accidents indépendants de la fécondation. Quant aux variations internes, elles sont, par suite du grand nombre des croisements, réparties au hasard.

## CONDITIONS PATERNELLES DE LA FÉCONDATION

Les pollinisations répétées d'un même pistil, avec des étamines de boutons différents, contribuent vraisemblablement à l'obtention de résultats relativement élevés.

Ces observations expérimentales corroborent les conclusions du laboratoire : augmentation de la valeur germinative du pollen le lendemain de la récolte, et le maintien de sa vitalité durant quelques jours.

La vitalité maximum du pollen s'observe durant les deux jours qui suivent sa récolte. Au sixième jour, sa valeur est légèrement inférieure à celle qui caractérise l'état frais, pour devenir nulle au huitième jour.

Nous renseignons au tableau XVII les taux d'épaississements obtenus avec du pollen de fleurs épanouies sous moustiquaires. Dans ce cas-ci, le pollen n'a pas été conservé en sachets de papier; il a été directement prélevé sur les inflorescences à des stades différents après l'épanouissement.

### TABLEAU XVII

*Fécondité du pollen de fleurs épanouies.*  
(Fécondations artificielles.)

POLLINISATION	FÉCONDATION (en %)
Pollinisations immédiates avec pollen frais . . . . .	62,50
Pollen de fleurs épanouies depuis 1 jour . . . . .	75,16
»    »    »    »    2 jours . . . . .	52,70
»    »    »    »    3 jours . . . . .	54,32
»    »    »    »    4 jours . . . . .	50,25
»    »    »    »    5 jours . . . . .	42,65

Ces résultats expérimentaux confirment les conclusions du laboratoire relatives à la régression germinative rapide du pollen de fleurs épanouies. Par suite des pollinisations échelonnées, le fléchissement de la germination est cependant moins accusé *in natura* qu'au laboratoire.

La fécondité maximum du pollen de fleurs ouvertes est atteinte au premier jour après l'épanouissement. En se basant sur les données du tableau XVI, la maturité optimum devrait normalement être atteinte le jour même de l'épanouissement. Il est probable qu'une certaine dessiccation des masses polliniques, encore incomplètement différenciées, favorise la pollinisation.

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

Les taux d'épaississements d'ovaires, avec pollen de fleurs fraîchement épanouies sous moustiquaires et recueilli en sachets de papier, sont résumés dans le tableau XVIII.

### TABLEAU XVIII

*Fécondité du pollen de fleurs épanouies.*  
(Fécondations artificielles.)

DURÉE DE CONSERVATION DU POLLEN	FÉCONDATION (en %)
Pollinisations immédiates . . . . .	62,50
» 1 jour après récolte . . . . .	56,34
» 2 jours » . . . . .	33,34
» 3 jours » . . . . .	0

Ces résultats confirment les conclusions du laboratoire relatives à la mauvaise conservation du pollen de fleurs épanouies en sachets de papier.

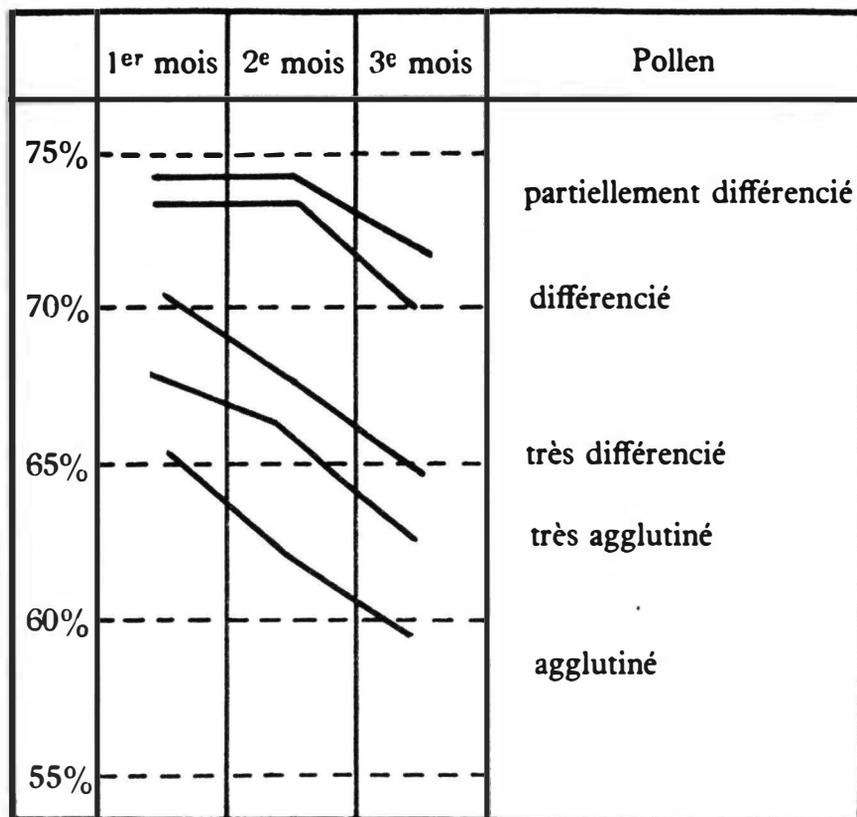
Les chiffres donnés dans les tableaux XVI à XVIII constituent des moyennes « pratiques ». Par suite de la différence des techniques employées, ils n'autorisent pas la comparaison des résultats : les pertes d'ovaires, dues aux manipulations des manches isolantes, défavorisent en effet les données des deux derniers tableaux.

En définitive, la méthode la plus simple et la plus efficace pour la récolte du pollen, consiste dans la cueillette de boutons sur le point de s'ouvrir. Du pollen fertile pourra exceptionnellement être recueilli sur boutons plus jeunes. Mais les cas de fertilité sont rares : des fécondations avec pollen de jeunes boutons, conservé durant deux jours en sachets de papier, livrèrent 3,57 % d'épaississements. De même, la réussite maximum avec anthères de jeunes boutons fut obtenue après conservation durant quatre jours en sachets de papier : 88,89 %. Ces exceptions n'intéressent guère la pratique courante des fécondations.

De même qu'en laboratoire, l'intensité de l'agglomération ou la coloration du pollen n'eurent aucune influence sur la fécondation.

L'observation de l'intensité de l'agglutination du pollen a permis de réaliser la figure 16. L'épaississement des fruits, au cours des trois premiers mois qui suivent la fécondation, est exprimé en pour-cent du nombre total des ovaires pollinisés. Il concerne des croisements du

Fig. 16. — Influence du degré d'agglutination des grains de pollen sur la fécondation.



## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

clone M 278 par le clone m 228, opérés par la technique des boutons émasculés.

Le pollen, provenant de boutons sur le point de s'ouvrir, fut utilisé après un jour de conservation en sachets de papier. Il fut, suivant son degré d'agglomération, classé en cinq catégories.

La répartition au hasard des diagrammes infirme toute corrélation entre la viscosité du pollen et sa fertilité.

Dans ce graphique, la qualification de la pulvérulence du pollen est assez arbitraire : elle ne repose pas sur des données numériques objectives, mais sur l'appréciation subjective. L'allure des diagrammes est néanmoins très probante. Les deux objets extrêmes « très différencié » et « très agglutiné », aisément discernables, accusent des résultats semblables. Par contre, les deux nuances « partiellement différencié » et « agglutiné », notions assez subjectives et voisines, occupent des situations extrêmes dans le graphique.

La discordance des diagrammes exclut donc toute influence de la pulvérulence du pollen.

## CHAPITRE IX

### Conditions maternelles de la fécondation.

Pour assurer aux fécondations artificielles leur rendement semencier optimum, il importe de fixer, outre les conditions polliniques, les prescriptions d'ordre maternel : maturité du pistil, besoins nutritifs de la cyme, vigueur végétative du semencier, son orientation, conditions écoclimatiques, etc.

La fécondité du grand nombre de nos croisements artificiels, opérés sur boutons avec du pollen de boutons, infirme l'opinion de la coïncidence de la maturité des organes génitaux avec l'ouverture de la fleur. Nous avons même réussi à féconder des ovaires, huit jours avant l'épanouissement.

Les résultats expérimentaux de la pollinisation des stigmates de fleurs ou de boutons sont sensiblement identiques. Les taux moyens d'épaississements d'ovaires ne fléchissent qu'à peine, durant les quatre jours qui suivent l'émasculatation des boutons sur le point de s'ouvrir : de 68,25 % à 57,34 %. Nos croisements, effectués cinq jours après émasculatation, déterminent encore une réussite de 42,62 %. Au delà de ce terme, la chute du rendement est rapide.

Nous avons déjà montré que tous les boutons d'une cyme, à quelques exceptions près, sont fécondables, indépendamment de la succession de l'épanouissement et de la situation sur les inflorescences. Si ces dernières ne sont point toilettées, seules les premières floraisons accuseront, par suite du déséquilibre nutritif, des épaississements d'ovaires.

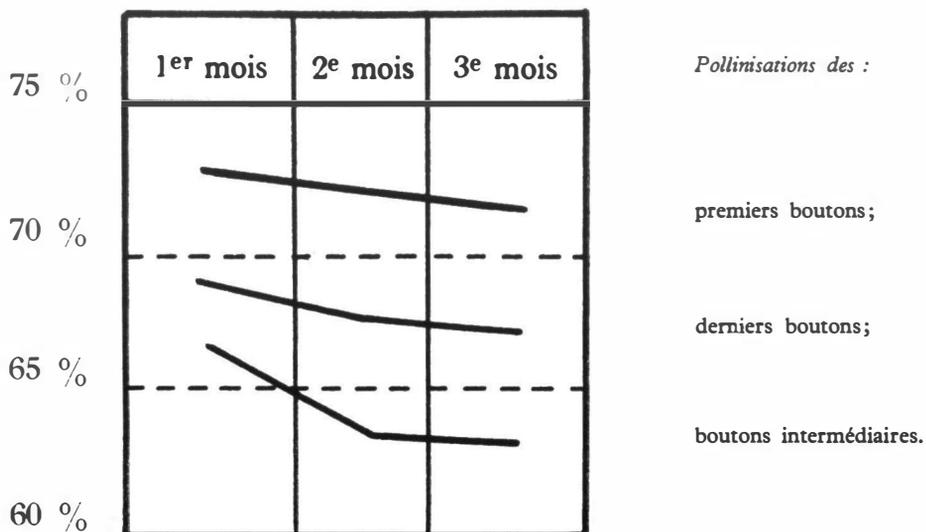
L'influence de l'âge du semencier est conditionnée par ces mêmes prescriptions alimentaires. Les floraisons intempestives des jeunes sujets déficients livrent exceptionnellement des graines fertiles : la dessiccation prématurée des branches fructifères, entraînée par l'affaiblissement du sujet, provoque la déhiscence des capsules avant terme.

Aucune différence de fécondation, en fonction de l'exposition de la cyme, ne fut constatée. L'orientation de l'inflorescence ne détermine, non plus, aucune différence dans les taux de fécondation. Par orientation de l'inflorescence, nous entendons la situation de celle-ci sur des branches florifères considérées dans leur orientation par rapport aux points cardinaux. Quant à l'exposition, elle concerne ici l'état de dégagement des floraisons ou l'enfouissement de celles-ci dans le feuillage.

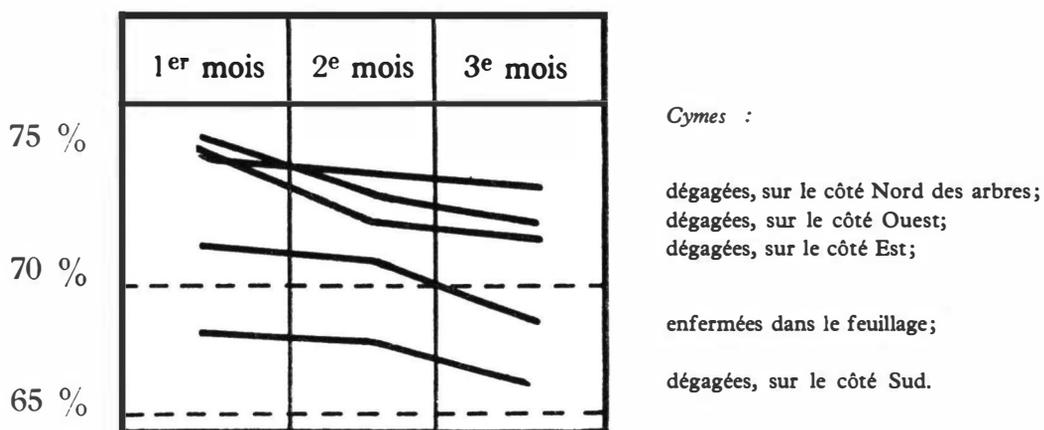
L'exposition et l'orientation influent sur l'intensité de la floraison et, consécutivement, sur la récolte de semences fertiles. Mais les pourcentages de fécondation, par rapport au nombre total de fleurs, restent

*Taux moyens d'épaississements d'ovaires de fécondations  
avec boutons émasculés.*

**Fig. 17. — Influence de l'ordre de succession des boutons  
d'une même cyme sur la fécondation.**



**Fig. 18. — Influence de l'orientation et de l'exposition  
des inflorescences sur la fécondation.**



CONDITIONS MATERNELLES DE LA FÉCONDATION

TABLEAU XIX

Situation des inflorescences	Orientation des branches florifères	Taux d'épaississement des ovaires au		
		1 <sup>er</sup> mois	2 <sup>e</sup> mois	3 <sup>e</sup> mois
Dégagée	Nord	75,0	74,6	74,3
Dégagée	Sud	67,6	67,5	66,9
Dégagée	Est	75,7	72,9	72,6
Dégagée	Ouest	76,6	73,9	72,3
Cachée	—	72,0	71,2	68,8

inchangés. Nous résumons, dans le tableau XIX, les résultats fructifères obtenus, au cours des trois premiers mois qui suivent l'anthèse, par la pollinisation de boutons émasculés. Les taux d'épaississements sont exprimés en fonction du nombre initial de styles fécondés. Les observations sont schématisées par la figure 18.

Les faces Est des arbres sont les plus prolifiques. Quant aux cymes cachées dans le feuillage, elles sont rares et de densité très faible. Les taux d'épaississements de ces deux types d'inflorescences très dissemblables, montrent néanmoins des valeurs très voisines.

## CHAPITRE X

### Méthodes de fécondation artificielle.

Les conclusions pratiques des recherches expérimentales sur la fécondation de *C. Ledgeriana* MOENS ont permis une amélioration et une simplification de la technique des fécondations artificielles.

Nous avons exposé les applications pratiques de nos observations au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Les opérations de la fécondation seront reprises ici dans leur ordre chronologique et sous un angle de plus pure application.

Pour permettre une vue d'ensemble de la technique et suivre, pas à pas, les améliorations réalisées, nous exposerons, en premier lieu, le mode opératoire suivi dans l'ancienne méthode de fécondation à l'abri de manches isolantes.

#### 1. — Fécondations sous manches isolantes.

##### A. — Préparation de l'inflorescence pollinisatrice.

a) Choix d'une cyme dense, au début de son épanouissement et aisément accessible.

Les nombreuses manipulations, imposées par l'emploi des moustiquaires, prescrivent ces conditions de densité et d'accès facile. Afin de prolonger au maximum la durée de la production pollinique d'une même inflorescence, le choix se porte de préférence sur celles qui sont en voie d'épanouissement. Ces conditions optima ne sont pas toujours réalisées. Les arbres mères choisis, ou leurs clones, sont généralement peu florifères. L'emploi d'escabeaux ralentit les opérations et leur contrôle.

b) Étiquetage des inflorescences.

c) Toilette de la cyme par ablation des fleurs ouvertes. Cette opération s'impose parce que les corolles épanouies sont vraisemblablement déjà polluées par apport de pollen étranger, lors des butinages. Seules, les fleurs ouvertes sous moustiquaire donnent toute garantie de pureté.

d) Pyrèthrage de l'inflorescence. L'action insecticide de la poudre de pyrèthre est totale et sans aucun danger pour l'opérateur. Ces poudrages pallient aux risques d'introduction de pollen étranger par les insectes qui auraient accidentellement été enfermés dans les moustiquaires.

e) Protection de la cyme sous manche isolante, imprégnée de stéarine (moins fusible que la paraffine au soleil).

Les modèles et le mode de fixation des manches isolantes ont été décrits précédemment.

Nous avons également signalé que les multiples manipulations des moustiquaires constituent une opération délicate et lente. Elles limitent considérablement les travaux de fécondation.

De plus, le contrôle permanent est requis : inspection minutieuse des moustiquaires avant emploi, enveloppement précautionneux de la cyme pour éviter l'arrachage des boutons, fermeture hermétique sans cependant endommager les branches fructifères, contrôle quotidien des manches. Une sélection d'opérateurs habiles est indispensable à la réalisation satisfaisante de ces desiderata.

B. — *Récolte du pollen.*

Les corolles épanouies sont recueillies en sachets de papier, datés et numérotés à l'indicatif de la cyme.

Pour éviter la cueillette de corolles détachées des inflorescences surplombantes, seules les corolles encore adhérentes à l'ovaire sont récoltées.

La récolte se poursuit jusqu'à épanouissement complet de la cyme ou suivant les besoins en pollen. La durée de récolte d'une même inflorescence s'étend généralement sur une période de deux à quatre semaines. Chaque récolte comporte les mêmes précautions et risques de l'enlèvement et de la fixation des manches, déjà signalés ci-dessus.

C. — *Préparation de la cyme mère.*

La cyme mère requiert les mêmes prescriptions de choix, d'étiquetage, de pyrèthrage et d'isolation que l'inflorescence pollinisatrice.

Quant à la toilette des inflorescences, elle vise au maintien exclusif des boutons floraux non épanouis.

D. — *Castration de la cyme mère.*

Celle-ci a lieu généralement quelques jours après la préparation de la cyme, lorsque la majorité des boutons sont éclos. La castration est opérée par ablation des corolles. Celles-ci serviront à la pollinisation d'un clone hétéromorphe.

Toutes les fleurs épanouies et les boutons en voie d'épanouissement sont émasculés. Les petits et moyens boutons sont supprimés à l'aide de pinces à pointes fines et recourbées.

Suivant le stade d'épanouissement, un pourcentage plus ou moins élevé de corolles tombées ou détachées facilite la castration. Le détachement des corolles des fleurs ouvertes est aisé et rapide : l'ovaire est

maintenu en place, mais sans pression, tandis que l'on retire la corolle en appuyant légèrement sur le rebord externe, comme pour la refermer.

L'émasculature des boutons exige plus de précautions : le détachement de la corolle s'obtient par un léger mouvement de va-et-vient qui brise la base des pétales. La corolle est alors retirée en la faisant glisser doucement, suivant l'axe de la fleur, pour éviter l'arrachage des stigmates. La castration des boutons macrostyles est particulièrement délicate : les stigmates peuvent être arrachés au passage de l'étranglement formé par l'anneau staminal.

E. — *Pollinisation.*

La cyme étant castrée, la pollinisation est effectuée immédiatement.

Une corolle de l'inflorescence pollinisatrice est prélevée du sachet numéroté. Dans la pratique courante, la préférence est accordée au pollen fraîchement récolté.

La corolle est saisie par sa partie basale. D'un coup d'ongle, on sectionne le tiers ou les deux tiers terminaux de la corolle, selon qu'il s'agit du type micro- ou macrostyle. Par pression et roulement entre les doigts, on fait jaillir les anthères. On obtient ainsi une petite brosse que l'on passe légèrement sur les stigmates du pistil. Suivant le degré de maturité des anthères et la pulvérulence des grains de pollen, une même corolle pollinise ordinairement de trois à sept ovaires.

En vue de contrôler l'habileté de l'opérateur, le nom de l'aide, ainsi que le total des pollinisations, sont notés.

L'inflorescence est ensuite protégée, pendant une semaine, sous manche isolante. Durant cette période, les moustiquaires sont quotidiennement contrôlées. Toutes les opérations, observations et comptages sont notés et datés.

Pour permettre l'établissement rationnel des jardins semenciers et augmenter l'efficacité de la sélection, d'innombrables fécondations sont nécessaires. Sans un matériel et un personnel européen et indigène nombreux, ces travaux sont irréalisables par la technique décrite ci-dessus.

2. — **Fécondations non protégées.**

Grâce à l'étude expérimentale de la fécondation, d'importantes modifications de la technique opératoire ont été réalisées. La détermination du mode de fécondation a fixé la caractéristique essentielle de la nouvelle méthode : suppression des manches isolantes.

Aucune distinction n'étant faite entre cymes mères et cymes pollinisatrices, la récolte du pollen s'opère automatiquement sans précautions préalables.

A. — *Récolte du pollen.*

Elle s'effectue simultanément avec la castration des boutons en voie d'épanouissement. Les corolles sont recueillies dans des sachets de papier, datés et numérotés à l'indicatif du clone.

Nos essais ont prouvé la maturité du pollen contenu dans les boutons sur le point de s'ouvrir. La maturité maximum est obtenue, en sachets de papier, durant les deux jours qui suivent la récolte.

B. — *Préparation de la cyme.*

a) Choix de la cyme. La préférence est accordée, non pas aux floraisons denses, mais aux inflorescences à nombre élevé de boutons sur le point de s'ouvrir, c'est-à-dire à terminaison apicale fortement renflée en massue. L'étude de la succession de l'épanouissement d'une cyme montre que ce stade optimum est réalisé lors de l'ouverture des boutons massés le long de l'axe principal.

Il est fait choix, dans la mesure du possible, des inflorescences situées dans les meilleures conditions végétatives. L'accès facile de ces dernières est moins impérieux qu'avec l'emploi des moustiquaires.

b) Étiquetage des cymes.

c) Toilette des cymes. Elle consiste à ne maintenir que les boutons en voie d'épanouissement.

C. — *Castration.*

Elle est pratiquée immédiatement après le contrôle qui suit la toilette de la cyme. Le contrôle personnel du sélectionneur est indispensable à ce moment pour éviter le maintien de pistils de fleurs déjà épanouies.

L'émasculature des boutons sur le point de s'ouvrir a été décrite plus haut.

D. — *Pollinisation.*

La pollinisation est effectuée, le plus aisément, avec du pollen récolté la veille. L'avantage de cette pratique est triple :

1° La corolle, encore plus ou moins turgescence, se manipule aisément.

2° Le pollen est bien visible et moins visqueux.

3° Le maximum de maturité est atteint.

Un même ovaire est repollinisé par quatre ou cinq corolles différentes. Cette précaution est nécessitée par la grande variabilité de fécondité entre grains de pollen des différentes corolles d'une même inflorescence.

Les pyréthrages et la protection sont devenus inutiles, aucune autre fécondation naturelle ne pouvant plus avoir lieu.



# RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

## Résultats pratiques de l'étude de la biologie florale de *C. Ledgeriana* MOENS.

Les principaux résultats pratiques de nos recherches se résument comme suit :

### I. — Processus de la floraison.

#### 1. *Épanouissement de la fleur.*

La pollinisation a lieu sur les deux faces des stigmates.

Certains facteurs écologiques influent sur l'intensité de la floraison, dans des limites fixées par l'hérédité. Aucune corrélation ne fut établie entre les facteurs externes et le moment de l'épanouissement. Durant l'époque de floraison, les fleurs s'épanouissent indépendamment des conditions climatologiques.

#### 2. *Chute de la corolle et du pistil.*

Les chutes ou les persistances plus ou moins prolongées des corolles et styles, n'ont aucune action sur la fécondité.

#### 3. *Époques de floraison.*

L'âge et l'époque de floraison sont des caractères héréditaires.

Il est nécessaire de créer les jardins semenciers isolés avec des clones à floraisons synchroniques.

#### 4. *Succession et durée de la floraison.*

Dans la nature, seules les premières floraisons de la cyme parviennent à maturité. Cette fécondité est en relation avec l'équilibre nutritif de l'inflorescence et non avec la situation des fleurs sur cette dernière ou leur ordre de succession. Les dernières fleurs épanouies sont fécondables après ablation de celles qui précèdent.

#### 5. *Accroissement du bouton floral.*

L'épanouissement du bouton est annoncé par la forte distension de la massue apicale qu'il forme.

### II. — Développement des ovaires fécondés.

L'accroissement des ovaires fécondés ne devient apparent qu'à la fin de la seconde semaine, pour atteindre un maximum entre le premier

et le second mois. Le développement s'atténue ensuite rapidement pour cesser à la fin du troisième mois.

Les ovaires destinés à ne pas arriver à maturité, se développent plus lentement.

Les normes du développement des ovaires fécondés sont constantes pour un même clone. Cet indice biométrique, précieux pour préjuger de la fécondité, réduit considérablement les opérations en vue du contrôle des fécondations.

### III. — Modes de pollinisation.

L'anémo- et l'autopollinisation efficaces sont exclues. Seule l'entomopollinisation réalise la fécondation dans les conditions locales.

Ces conclusions ont déterminé une réorganisation avantageuse de la technique des fécondations artificielles : la méthode proposée est plus simple, plus précise et plus efficace. Elle autorise, en outre, la conduite des fécondations sur grande échelle.

### IV. — Modes de fécondation.

La pollinisation isomorphe est stérile. La fécondation hétéromorphe constitue le seul mode naturel et fertile de fécondation chez *C. Ledgeriana* MOENS.

Bien que la fécondation hétéromorphe est compatible à des degrés différents, elle ne manifeste cependant aucune incompatibilité absolue.

Le degré de compatibilité d'un croisement ne permet pas de prévoir les résultats du croisement inverse.

La maturité apparente des capsules se traduit par la déhiscence. La maturité physiologique requiert une durée qui n'est jamais inférieure à 7 mois à partir de l'anthèse.

Les déhiscences avant terme sont accidentelles et stériles.

### V. — Limites dans l'espace de la pollinisation.

Vraisemblablement tributaire des conditions locales, la fécondation est exceptionnelle à 30 mètres et nulle à 300 mètres.

L'alternance ou le rapprochement des clones hétéromorphes s'impose pour l'établissement des jardins semenciers isolés.

### VI. — Conditions paternelles de la fécondation.

Le pollen est mûr dans les boutons sur le point de s'ouvrir.

Pour le pollen de boutons, conservé en sachets de papier, le pouvoir germinatif est accru le lendemain de la récolte et se maintient durant quatre ou cinq jours. La libération généralement plus aisée du pollen, le lendemain de la récolte, facilite la pollinisation.

## RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Chez les fleurs épanouies, la régression germinative du pollen est rapide.

La germination du pollen des boutons ou fleurs d'une même cyme est très variable. Dans la pratique des fécondations artificielles, les pollinisations successives sont nécessaires.

### VII. — Conditions maternelles de la fécondation.

Établie pour les boutons sur le point de s'épanouir, la fécondité se maintient durant les quatre ou cinq jours qui suivent l'épanouissement.

La nutrition des ovaires constitue la principale prescription pour la maturité des fruits.

### VIII. — Mise au point d'une nouvelle méthode de fécondation artificielle.

Un parallèle est effectué entre la méthode utilisée précédemment et les améliorations et simplifications adoptées à la suite de ces recherches.

La nouvelle technique de fécondation artificielle se caractérise essentiellement par la suppression des manches isolantes, ce qui a permis d'augmenter l'efficacité des pollinisations et d'accélérer considérablement le rythme des travaux. Elle permet ainsi d'asseoir la sélection du *Quinquina* sur des bases rationnelles.



## ANNEXE

### Orientation générale de l'amélioration de *Cinchona Ledgeriana* MOENS.

Afin de mettre en évidence le rôle que la nouvelle technique de fécondation artificielle est appelée à jouer dans l'organisation de la sélection, nous avons annexé à notre mémoire un bref aperçu sur les traits saillants de l'amélioration du Quinquina.

En pratique, toute sélection végétale s'efforce d'obtenir un matériel de plantation susceptible de produire la quantité maximum de matières utiles à l'unité de surface.

Dans les conditions écologiques du Kivu et au stade actuel des recherches, les graines demeurent, pour *Cinchona Ledgeriana* MOENS, le seul mode de propagation utilisé sur une échelle industrielle. Cette situation est regrettable, car le Quinquina, hétérostyle et autostérile, trouverait dans la multiplication végétative un mode de sélection rapide et efficace. Des recherches méthodiques sur le bouturage sont actuellement en cours à la station expérimentale de l'I.N.É.A.C. à Mulungu-Tshibinda.

Au niveau actuellement atteint par les travaux en cours, l'objectif ultime de la sélection du Quinquina de LEDGER réside dans la production de semences à potentiel élevé en alcaloïdes utiles à l'unité de surface. Par « production élevée en alcaloïdes utiles », nous entendons la résultante pratique d'un faisceau hétéroclite de critères physiologiques, chimiques, pathologiques et agronomiques. Pour pouvoir garantir le potentiel économique des semences, il importe, avant la diffusion de celles-ci, d'en contrôler les résultats définitifs en champs comparatifs. Ces essais *in natura* constituent le banc d'épreuve de la valeur génétique, culturelle et commerciale de la graine.

Ainsi que le déclare SPRUIT (1923) : « La sélection du Quinquina n'a pu, pour de multiples raisons, tirer tout le profit des règles scientifiques de la génétique. » En effet, l'hétérozygotie évidente des assemblages chromosomiques et l'hybridation constante interdisent la création de lignées pures. Le souci d'obtenir des lignées épurées guida cependant les premiers sélectionneurs indo-néerlandais, de 1862 à 1917.

#### A. — Évolution des tendances de la sélection du Quinquina à Java.

De provenance bolivienne, les graines vendues, en 1865, par LEDGER au gouvernement hollandais, constituent le point de départ de la sélec-

## BILOGIE FLORALE DU QUINQUINA

tion indo-néerlandaise. Elles produisirent, à Java, 324 arbres, connus sous le nom de « génération d'importation » et pour lesquels MOENS créa, en 1872, une nouvelle espèce : *Cinchona Ledgeriana*.

### 1. Orientation qualitative (Pureté morphologique et teneur en alcaloïdes) (1872-1917).

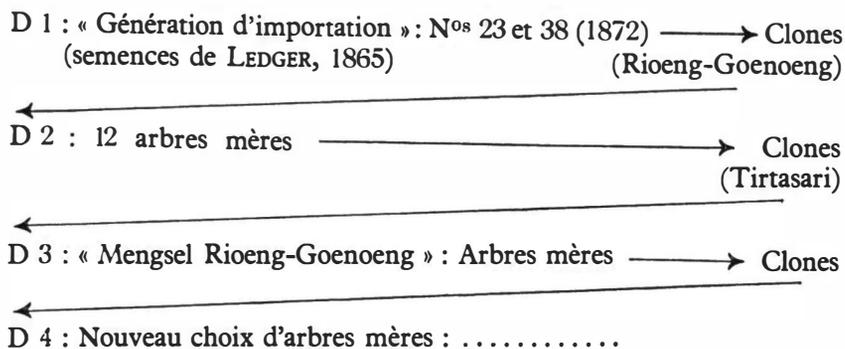
Il est naturel que MOENS, constatant la grande hétérogénéité de cette population, se soit efforcé d'isoler des lignées, considérées comme représentatives du Quinquina de LEDGER.

Deux arbres, les n<sup>os</sup> 23 et 38, furent choisis arbitrairement comme prototypes par suite de leur teneur élevée en sulfate de quinine. Ils furent multipliés végétativement, par la greffe, à Rioeng-Goenoeng.

La première descendance générative de ces deux clones révéla une très grande hétérogénéité chimique et morphologique. Parmi les descendants rappelant le phénotype originel, les douze arbres à teneur la plus élevée furent greffés dans un jardin isolé, à Tirtasari. Les semences issues de ce jardin sont connues sous le nom de M.R.G. (Mengsel Rioeng Goenoeng).

Cette sélection massale se répétera ainsi, sur les mêmes bases, durant de nombreuses années : constitution de jardins semenciers avec greffes d'arbres à haute teneur et apparemment purs.

Conduite par des chimistes, cette orientation initiale de la sélection peut se schématiser ainsi :



### 2. Orientation quantitative (Vigueur végétative) (jusqu'en 1917).

En marge de la sélection « qualitative », les praticiens tentèrent de fixer des caractères favorables à la production : croissance vigoureuse, résistance aux maladies, etc.

La plupart des tentatives portèrent sur la seconde génération. Par suite de la forte hybridation de ce matériel avec *C. Calisaya* WEDD.,

cette sélection « quantitative », qui se poursuivit jusqu'en 1917, s'écarta progressivement de l'objectif morphologique initial.

En l'absence de données écologiques, les résultats pratiques de cette première période de la sélection furent médiocres.

### 3. *Orientation biométrique (Quinine par anneau. Épreuve des clones en lignes) (1917-1927).*

En 1917, KERBOSCH et SPRUIT substituèrent des bases biométriques aux méthodes empiriques en vigueur jusqu'alors, pour estimer la valeur productive des clones. Ils introduisirent la notion plus précise de l'« anneau ».

Un anneau, considéré comme représentatif de la quantité totale de quinine contenue dans l'arbre, correspond à un cylindre d'écorce, haut de 10 cm et situé à 1 mètre du sol. Le prélèvement des échantillons, nécessaire à l'estimation de l'anneau, se fait suivant les méthodes ordinaires d'échantillonnage. On peut exprimer la valeur de l'anneau par la formule suivante :

$$\text{Quinine par anneau} = \text{Circonférence} \times \text{Poids des écorces par dm}^2 \times \% \text{ Quinine.}$$

Suivant ces auteurs, l'anneau refléterait assez fidèlement la croissance et la ramification de l'arbre : à un anneau important doit normalement correspondre un développement végétatif luxuriant.

Par ailleurs, l'épreuve des clones est réalisée en longues lignes alternées avec un clone témoin ou standard. Les résultats sont convertis en pour-cent des standards voisins.

### 4. *Orientation écologique et biométrique (Adaptation. Fumure. Quinine par arbre) (1927 et suiv.).*

Les fluctuations des résultats incitèrent les sélectionneurs à étudier la variation du matériel. Pour évaluer la variabilité de la valeur des « anneaux », entraînée par l'hétérogénéité du milieu, KERBOSCH et SPRUIT établirent la notion de « quinine à l'arbre » :

$$\text{Quinine par arbre} = \text{Quinine par anneau} \times \frac{\text{Hauteur}}{3}.$$

Le pouvoir d'adaptation des clones aux conditions écologiques fut contrôlé en réitérant les essais comparatifs en bons et en mauvais terrains.

Toujours suivant les données bibliographiques, l'orientation générale de la sélection indo-néerlandaise peut se schématiser ainsi :

a) La quantité de quinine contenue dans un anneau d'écorce, constitue le critère de productivité du candidat semencier;

b) Le contrôle de la productivité s'effectue en longues lignes de greffes, en alternance avec un clone standard;

c) L'examen de l'adaptation requiert la répétition des essais en terrains fumés et non fumés;

d) Les producteurs qui ont satisfait à ces diverses épreuves, sont plantés en jardins semenciers isolés, à raison d'un ou deux clones macrostyles, pour un ou deux clones microstyles.

##### 5. Remarques.

Basée sur une présomption de corrélation entre la valeur des géniteurs et celle des descendances génératives, l'orientation générale de la sélection, décrite ci-dessus, accorde une importance bien plus grande à l'observation des descendances végétatives qu'au contrôle des descendances génératives, objectif ultime de la sélection.

Par suite de l'hétérozygotie des caractères, le croisement d'arbres de valeur ne produit pas nécessairement, et l'expérimentation l'a prouvé, une descendance de valeur. Tout au plus, peut-on admettre que les chances d'efficacité sont augmentées par l'emploi de bons géniteurs.

Il est donc indispensable, avant l'établissement d'un jardin semencier, de prévoir les résultats des croisements projetés. L'épreuve essentielle et définitive de la sélection doit être fournie par les essais comparatifs des plants issus des croisements artificiels. Connaissant les croisements les plus avantageux, il sera loisible d'établir à bon escient des jardins isolés utiles.

#### B. — Orientation de la sélection du Quinquina au Kivu.

L'organisation générale de la sélection du Quinquina s'inspire, dans ses grandes lignes, des travaux indo-néerlandais. Elle comprenait, en bref, les étapes suivantes :

a) Observation *in situ* et analyse des candidats arbres mères;

b) Propagation végétative des candidats en conditions écologiques variées;

c) Contrôle détaillé et permanent des clones quant à leur comportement et leur richesse en alcaloïdes;

d) Établissement de jardins semenciers groupant quelques clones micro- et macrostyles très prometteurs;

e) Contrôle des descendances génératives.

Cet aperçu, très schématisé, souligne la lenteur et la durée d'un cycle complet d'observations dont chaque stade requiert plusieurs années. La longueur de ce processus, axé en majeure partie sur l'étude la plus

## . ANNEXE

complète possible des clones, s'imposait par l'impossibilité de disposer de quantités suffisantes de semences issues de croisements artificiels.

La mise au point d'une technique capable de réaliser les hybridations sur une grande échelle, permet d'asseoir la sélection sur des bases plus simples et plus rationnelles. Ainsi, l'objectif ultime de la sélection, jadis l'aboutissement d'une longue chaîne de travaux et d'observations, peut être entrepris dès l'entrée en floraison des arbres mères. Dans le cas d'une floraison insuffisante, les arbres mères sont éventuellement utilisés comme géniteurs paternels. Des recherches sont actuellement en cours à la station de l'I.N.É.A.C. à Mulungu-Tshibinda, en vue de hâter et d'intensifier la floraison des arbres de sélection.

A la fin de 1945, différentes descendance, totalisant plusieurs milliers de fécondations artificielles, étaient groupées en un jardin comparatif. Il importe, évidemment, que ces essais soient conduits en différents milieux écologiques et plus particulièrement en conditions conformes à celles des futures plantations.

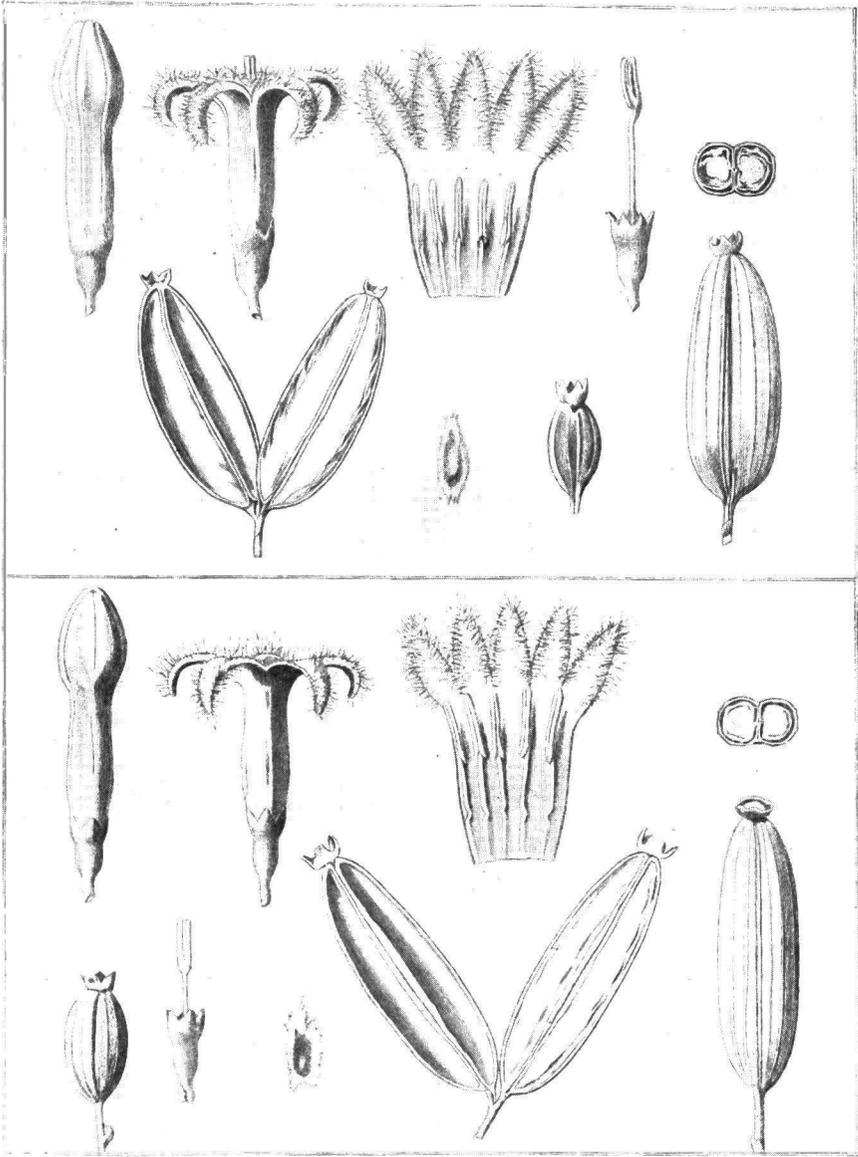
Dès lors, ce sont les conclusions de ces essais comparatifs, et non plus les présomptions fournies par le contrôle des géniteurs, qui présideront à l'établissement des jardins semenciers isolés.

On conçoit aisément l'importante économie en temps et en espace, réalisée par la suppression de l'étude approfondie des clones, ainsi que l'efficacité accrue d'une sélection orientée, dès le début, vers son objectif pratique.



# Planches





(D'après J.C.B. MOENS, 1882)

*Cinchona Ledgeriana* MOENS

Bouton floral, fleur épanouie, éléments floraux, fruits et graines  
des types macro- (au-dessus) et microstyle (au-dessous)



Floraisons



Cyme toilettée



Fleurs castrées

*Cinchona Ledgeriana* MOENS  
(type macrostyle)



Floraisons



Cyme toilettée



Fleurs castrées

*Cinchona Ledgeriana* MOENS  
(type microstyle)



Floraisons et fructifications



Inflorescences

*Cinchona Ledgeriana* MOENS



Ovaires en voie d'épaississement



Capsules en déhiscence

*Cinchona Ledgeriana* MOENS



Arbres âgés de 14 ans  
(Altitude : 2.100 m)



Plants greffés sur pieds de *C. succirubra* PAV.,  
âgés de 3 ans

*Cinchona Ledgeriana* MOENS



Jardin semencier isolé  
(Arbres âgés de 4 ans)



Jardin semencier isolé  
(Plants âgés de 1 an)

*Cinchona Ledgeriana* MOENS



Jeune arbre tordu à floraison surabondante



Jeune sujet partiellement dégarni par une fructification excessive

*Cinchona Ledgeriana* MOENS



« Hybrides d'Entebbe » âgés de 12 ans  
(Altitude : 2.100 m)



Hybrides naturels dans une pépinière de *C. Ledgeriana* MOENS  
(5<sup>e</sup> génération M.R.G.)

*Quinquinas hybrides*



*Cinchona Calisaya* WEDD.  
(Sujet âgé de 1 an)



*Cinchona succirubra* PAV. entouré de *C. robusta* TRIMEN  
(Arbres âgés de 14 ans)



Inflorescences et infrutescences



Arbres âgés de 11 ans avec jeunes greffes de *C. Ledgeriana* MOENS  
sur rejets de souches

*Cinchona succirubra* PAV.

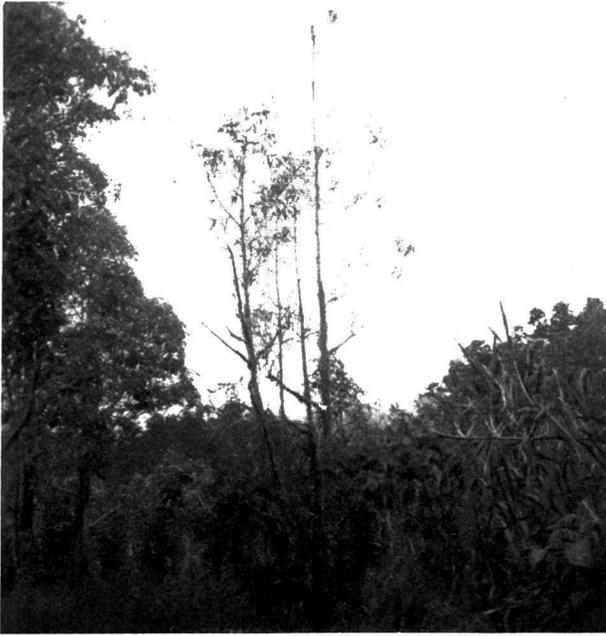


Arbre âgé de 14 ans  
(Altitude : 1,950 m)



Inflorescences en cours d'épanouissement

*Cinchona robusta* TRIMEN



Arbre âgé de 14 ans  
(Altitude : 1.950 m)



Fleurs et fruits

*Cinchona officinalis* L.



# Publications de l'INÉAC

Les publications de l'INÉAC peuvent être échangées contre des publications similaires et des périodiques émanant des Institutions belges ou étrangères. S'adresser : 12, rue aux Laines, à Bruxelles. Elles peuvent être obtenues moyennant versement du prix de vente au n° 8737 du compte chèques postaux de l'Institut.

Les études sont publiées sous la responsabilité de leurs auteurs.

## SÉRIE SCIENTIFIQUE

1. LEBRUN, J., **Les essences forestières des régions montagneuses du Congo oriental**, 264 pp., 28 fig., 18 pl., 25 fr., 1935 (épuisé).
2. STEYAERT, R.-L., **Un parasite naturel du *Stephanoderes*. Le *Beauveria bassiana* (BALS).** VUILLEMIN, 46 pp., 16 fig., 5 fr., 1935.
3. GHESQUIÈRE, J., **État sanitaire de quelques palmeraies de la province de Coquilhatville**, 40 pp., 4 fr., 1935.
4. STANER, P., **Quelques plantes congolaises à fruits comestibles**, 56 pp., 9 fig., 9 fr., 1935 (épuisé).
5. BEIRNAERT, A., **Introduction à la biologie florale du palmier à huile**, 42 pp., 28 fig., 12 fr., 1935.
6. JURION, F., **La brûlure des caféiers**, 28 pp., 30 fig., 8 fr., 1936.
7. STEYAERT, R.-L., **Étude des facteurs météorologiques régissant la pullulation du *Rhizoctonia solani* KÜHN sur le cotonnier**, 27 pp., 3 fig., 6 fr., 1936.
8. LEROY, J.-V., **Observations relatives à quelques insectes attaquant le caféier**, 30 pp., 9 fig., 10 fr., 1936 (épuisé).
9. STEYAERT, R.-L., **Le port et la pathologie du cotonnier. — Influence des facteurs météorologiques**, 32 pp., 11 fig., 17 tabl., 15 fr., 1936.
10. LEROY, J.-V., **Observations relatives à quelques hémiptères du cotonnier**, 20 pp., 18 pl., 9 fig., 35 fr., 1936.
11. STOFFELS, E., **La sélection du caféier *arabica* à la station de Mulungu (premières communications)**, 41 pp., 22 fig., 12 fr., 1936.
12. OPSOMER, J.-E., **Recherches sur la « Méthodique » de l'amélioration du riz à Yangambi. I. La technique des essais**, 25 pp., 2 fig., 15 tabl., 15 fr., 1937.
13. STEYAERT, R.-L., **Présence du *Sclerospora Maydis* (RAC.) PALM (*S. javanica* PALM) au Congo belge**, 16 pp., 1 pl., 5 fr., 1937.
14. OPSOMER, J.-E., **Notes techniques sur la conduite des essais avec plantes annuelles et l'analyse des résultats**, 79 pp., 16 fig., 20 fr., 1937 (épuisé).
15. OPSOMER, J.-E., **Recherches sur la « Méthodique » de l'amélioration du riz à Yangambi. II. Études de biologie florale. — Essais d'hybridation**, 33 pp., 7 fig., 10 fr., 1938.
16. STEYAERT, R.-L., **La sélection du cotonnier pour la résistance aux stigmato-mycoses**, 29 pp., 10 tabl., 8 fig., 9 fr., 1939.
17. GILBERT, G., **Observations préliminaires sur la morphologie des plantules forestières au Congo belge**, 28 pp., 7 fig., 10 fr., 1939.
18. STEYAERT, R.-L., **Notes sur deux conditions pathologiques de l'*Elaeis guineensis***, 13 pp., 5 fig., 4 fr., 1939.
19. HENDRICKX, F., **Observations sur une maladie verruqueuse des fruits du caféier**, 11 pp., 1 fig., 3 fr., 1939.
20. HENRARD, P., **Réaction de la microflore du sol aux feux de brousse. — Essai préliminaire exécuté dans la région de Kisantu**, 23 pp., 6 fr., 1939.
21. SOYER, D., **La "rosette" de l'arachide. — Recherches sur les vecteurs possibles de la maladie**, 23 pp., 7 fig., 11 fr., 1939.

22. FERRAND, M., **Observations sur les variations de la concentration du latex *in situ* par la microméthode de la goutte de latex**, 33 pp., 1 fig., 12 fr., 1941.
23. WOUTERS, W., **Contribution à la biologie florale du maïs. — Sa pollinisation libre et sa pollinisation contrôlée en Afrique centrale**, 51 pp., 11 fig., 14 fr., 1941.
24. OPSOMER, J.-E., **Contribution à l'étude de l'hétérosis chez le riz**, 30 pp., 1 fig., 12 fr., 1942.
- 24bis. VRIJDAGH, J., **Étude sur la biologie des *Dysdercus supersticiosus* F. (Hemiptera)**, 19 pp., 10 tabl., 15 fr., 1941 (épuisé).
25. DE LEENHEER, L., **Introduction à l'étude minéralogique des sols du Congo belge**, 45 pp., 4 fig., 15 fr., 1944.
- 25bis. STOFFELS, E., **La sélection du caféier *arabica* à la station de Mulungu. (Deuxième communications)**, 72 pp., 11 fig., 30 tabl., 50 fr., 1942 (imprimé en Afrique) - (épuisé).
26. HENDRICKX, F.-L., LEFÈVRE, P.-C. et LEROY, J.-V., **Les *Antestia* spp. au Kivu**, 69 pp., 9 fig., 5 graph., 50 fr., 1942 (épuisé).
27. BEIRNAERT, A. et VANDERWEYEN, R., **Contribution à l'étude génétique et biométrique des variétés d'*Elaeis guineensis* JACQUIN (Communication n° 4 sur le palmier à huile)**, 100 pp., 9 fig., 34 tabl., 60 fr., 1941 (épuisé).
28. VRIJDAGH, J., **Étude de l'acariose du cotonnier, causé par *Hemitarsonemus latus* (BANKS) au Congo belge**, 25 pp., 6 fig., 20 fr., 1942 (épuisé).
29. SOYER, D., **Miride du cotonnier. *Creontiades Pallidus* RAMB. *Capsidae* (Miridae)**, 15 pp., 8 fig., 25 fr., 1942 (épuisé).
30. LEFÈVRE, P.-C., **Introduction à l'étude de *Helopeltis orophila* GHESQ.**, 46 pp., 6 graph., 10 tabl., 14 photos, 45 fr., 1942 (épuisé).
31. VRIJDAGH, J., **Étude comparée sur la biologie de *Dysdercus nigrofasciatus* STAL., et *Dysdercus melanodores* KARSCH.**, 32 pp., 1 fig., 3 pl. en couleurs, 40 fr., 1942 (épuisé).
32. CASTAGNE, E., ADRIAENS, L. et ISTAS, R., **Contribution à l'étude chimique de quelques bois congolais**, 30 pp., 15 fr., 1946.
33. SOYER, D., **Une nouvelle maladie du cotonnier. La Psyllose provoquée par *Paurocephala gossypii* RUSSELL**, 40 pp., 1 pl., 9 fig., 50 fr., 1947.
34. WOUTERS, W., **Contribution à l'étude taxonomique et caryologique du genre *Gossypium* et application à l'amélioration du cotonnier au Congo belge**, 383 pp., 5 pl., 18 fig., 250 fr., 1948.
35. HENDRICKX, F.-L., **Sylloge fungorum congensium**, 216 pp., 100 fr., 1948.
36. FOUARGE, J., **L'attaque du bois de Limba (*Terminalia superba* ENGL. et DIELS) par le *Lyctus brunneus* LE C.**, 17 pp., 9 fig., 15 fr., 1947.
37. DONIS, C., **Essai d'économie forestière au Mayumbe**, 92 pp., 3 cartes, 63 fig., 70 fr., 1948.
38. D'HOORE, J. et FRIPIAT, J., **Recherches sur les variations de structure du sol à Yangambi**, 60 pp., 8 fig., 30 fr., 1948.
39. HOMÈS, M. V., **L'alimentation minérale du Palmier à huile *Elaeis guineensis* JACQ.**, 124 pp., 16 fig., 100 fr., 1949.
40. ENGELBEEN, M., **Contribution expérimentale à l'étude de la Biologie florale de *Cinchona Ledgeriana* MOENS**, 140 pp., 18 fig., 28 photos, 120 fr., 1949.

## SÉRIE TECHNIQUE

1. RINGOET, A., **Notes sur la préparation du café**, 52 pp., 13 fig., 5 fr., 1936 (épuisé).
2. SOYER, L., **Les méthodes de mensuration de la longueur des fibres du coton**, 27 pp., 12 fig., 3 fr., 1935.
3. SOYER, L., **Technique de l'autofécondation et de l'hybridation des fleurs du cotonnier**, 19 pp., 4 fig., 2 fr., 1935.
4. BEIRNAERT, A., **Germination des graines du palmier *Elaeis***, 39 pp., 7 fig., 8 fr., 1936 (épuisé).

5. WAELKENS, M., **Travaux de sélection du Coton**, 107 pp., 23 fig., 15 fr., 1936.
6. FERRAND, M., **La multiplication de l'*Hevea brasiliensis* au Congo belge**, 34 pp., 11 fig., 12 fr., 1936 (épuisé).
7. REYFENS, J.-L., **La production de la banane au Cameroun**, 22 pp., 20 fig., 8 fr., 1936.
8. PITTEY, R., **Quelques données sur l'expérimentation cotonnière. — Influence de la date des semis sur le rendement. — Essais comparatifs**, 61 pp., 47 tabl., 23 fig., 25 fr., 1936.
9. WAELKENS, M., **La purification du Triumph Big Boll dans l'Uele**, 44 pp., 22 fig., 15 fr., 1936.
10. WAELKENS, M., **La campagne cotonnière 1935-1936**, 46 pp., 9 fig., 12 fr., 1936.
11. WILBAUX, R., **Quelques données sur l'épuration de l'huile de palme**, 16 pp., 6 fig., 5 fr., 1937.
12. STOFFELS, E., **La taille du caféier *arabica* au Kivu**, 34 pp., 22 fig., 8 photos et 9 planches, 15 fr., 1937 (épuisé).
13. WILBAUX, R., **Recherches préliminaires sur la préparation du café par voie humide**, 50 pp., 3 fig., 12 fr., 1937.
14. SOYER, L., **Une méthode d'appréciation du coton-graines**, 30 pp., 7 fig., 9 tabl., 8 fr., 1937 (épuisé).
15. WILBAUX, R., **Recherches préliminaires sur la préparation du cacao**, 71 pp., 9 fig., 20 fr., 1937.
16. SOYER, D., **Les caractéristiques du cotonnier au Lomani. — Étude comparative de cinq variétés de cotonniers expérimentées à la station de Gandajika**, 60 pp., 14 fig., 3 pl., 24 tabl., 20 fr., 1937.
17. RINGOET, A., **La culture du quinquina. — Possibilités au Congo belge**, 40 pp., 9 fig., 10 fr., 1938 (épuisé).
18. GILLAIN, J., **Contribution à l'étude des races bovines indigènes au Congo belge**, 33 pp., 16 fig., 10 fr., 1938.
19. OPSOMER, J.-E. et CARNEWAL, J., **Rapport sur les essais comparatifs de décorticage de riz exécutés à Yangambi en 1936 et 1937**, 39 pp., 6 fig., 12 tabl. hors-texte, 8 fr., 1938.
20. LECOMTE, M., **Recherches sur le cotonnier dans les régions de savane de l'Uele**, 38 pp., 4 fig., 8 photos, 12 fr., 1938.
21. WILBAUX, R., **Recherches sur la préparation du café par voie humide**, 45 pp., 11 fig., 15 fr., 1938.
22. BANNEUX, L., **Quelques données économiques sur le coton au Congo belge**, 46 pp., 14 fr., 1938.
23. GILLAIN, J., **"East Coast Fever". — Traitement et immunisation des bovidés**, 32 pp., 14 graphiques, 12 fr., 1939.
24. STOFFELS, E.-H.-J., **Le quinquina**, 51 pp., 21 fig., 3 pl., 12 tabl., 18 fr., 1939 (épuisé).
- 25a. FERRAND, M., **Directives pour l'établissement d'une plantation d'*Hevea* greffés au Congo belge**, 48 pp., 4 pl., 13 fig., 15 fr., 1941.
- 25b. FERRAND, M., **Aanwijzingen voor het aanleggen van een geënte *Hevea* aanplanting in Belgisch-Congo**, 51 pp., 4 pl., 13 fig., 15 fr., 1941.
- 25c. FERRAND, M., **Directives pour l'établissement d'une plantation d'*Hevea* greffés au Congo belge**, 39 pp., 25 fr., 1941 (réimpression en Afrique du n° 25a).
26. BEIRNAERT, A., **La technique culturale sous l'Équateur**, xi-86 pp., 1 portrait héliogr., 4 fig., 22 fr., 1941 (épuisé).
27. LIVENS, J., **L'étude du sol et sa nécessité au Congo belge**, 53 pp., 1 fig., 16 fr., 1943.
- 27bis. BEIRNAERT, A. et VANDERWEYEN, R., **Note préliminaire concernant l'influence du dispositif de plantation sur les rendements. (Communication n° 1 sur le palmier à huile)**, 26 pp., 8 tabl., 10 fr., 1940 (épuisé).



28. RINGOET, A., **Note sur la culture du cacaoyer et son avenir au Congo belge**, 82 pp., 6 fig., 36 fr., 1944.
- 28bis. BEIRNAERT, A. et VANDERWEYEN, R., **Les graines livrées par la station de Yangambi (Communication n° 2 sur le palmier à huile)**, 41 pp., 15 fr., 1941 (épuisé).
29. WAELKENS, M. et LECOMTE, M., **Le choix de la variété de coton dans les Districts de l'Uele et de l'Ubangui**, 31 pp., 7 tabl., 25 fr., 1941 (épuisé).
30. BEIRNAERT, A. et VANDERWEYEN, R., **Influence de l'origine variétale sur les rendements (Communication n° 3 sur le palmier à huile)**, 26 pp., 8 tabl., 20 fr., 1941 (épuisé).
31. POSKIN, J.-H., **La taille du caféier *robusta***, 59 pp., 8 fig., 25 photos, 60 fr., 1942 (épuisé).
32. BROUWERS, M.-J.-A., **La greffe de l'*Hevea* en pépinière et au champ**, 29 pp., 8 fig., 12 photos, 30 fr., 1943 (épuisé).
33. DE POERCK, R., **Note contributive à l'amélioration des agrumes au Congo belge**, 78 pp., 60 fr., 1945 (imprimé en Afrique).
34. DE MEULEMEESTER, D. et RAES, G., **Caractéristiques de certaines variétés de cotons spécialement congolaises**, Première partie, 110 pp., 40 fr., 1947.
35. DE MEULEMEESTER, D. et RAES, G., **Caractéristiques de certaines variétés de cotons spécialement congolaises**, Deuxième partie, 37 pp., 40 fr., 1947.
36. LECOMTE, M., **Étude des qualités et des méthodes de multiplication des nouvelles variétés cotonnières au Congo belge**, 56 pp., 4 fig., 40 fr., 1949.
37. VANDERWEYEN, R. et MICLOTTE, H., **Valeur des graines d'*Elaeis guineensis* JACQ. livrées par la station de Yangambi**, 24 pp., 15 fr., 1949.

#### HORS SÉRIE

- \*\* **Renseignements économiques sur les plantations du secteur central de Yangambi**, 24 pp., 3 fr., 1935.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1936**, 143 pp., 48 fig., 20 fr., 1937.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1937**, 181 pp., 26 fig., 1 carte hors texte, 20 fr., 1938.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1938 (1<sup>re</sup> partie)**, 272 pp., 35 fig., 1 carte hors texte, 35 fr., 1939.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1938 (2<sup>e</sup> partie)**, 216 pp., 25 fr., 1939.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1939**, 301 pp., 2 fig., 1 carte hors texte, 35 fr., 1941.
- \*\*\* **Rapport pour les Exercices 1940 et 1941**, 152 pp., 50 fr., 1943 (imprimé en Afrique) (épuisé).
- \*\*\* **Rapport pour les Exercices 1942 et 1943**, 154 pp., 50 fr., 1944 (imprimé en Afrique) (épuisé).
- \*\*\* **Rapport pour les Exercices 1944 et 1945**, 191 pp., 80 fr., 1947.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1946**, 184 pp., 70 fr., 1948.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1947**, 217 pp., 80 fr., 1948.
- GOEDERT, P., **Le régime pluvial au Congo belge**, 45 pp., 4 tabl., 15 planches et 2 graphiques hors texte, 30 fr., 1938.
- BELOT, R.-M., **La sériciculture au Congo belge**, 148 pp., 65 fig., 15 fr., 1938 (épuisé).
- BAEYENS, J., **Les sols de l'Afrique centrale et spécialement du Congo belge**, tome I. Le Bas-Congo, 375 pp., 9 cartes, 31 fig., 40 photos, 50 tabl., 150 fr., 1938 (épuisé).
- LEBRUN, J., **Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo**, 183 pp., 19 pl., 80 fr., 1941.

- \*\*\* **Communications de l'I.N.É.A.C., Recueil n° 1**, 66 pp., 7 fig., 60 fr., 1943 (imprimé en Afrique).
- \*\*\* **Comptes rendus de la Semaine agricole de Yangambi** (du 26 février au 5 mars 1947), 2 vol. illustr., 952 pp., 500 fr., 1947.

## FLORE DU CONGO BELGE ET DU RUANDA-URUNDI

### SPERMATOPHYTES

Volume I, 456 pp., 43 pl., 12 fig., édition sur papier ordinaire : 300 fr., édition sur papier mince : 500 fr., 1948.

### COLLECTION IN-4°

LOUIS, J. et FOUARGE, J., **Essences forestières et bois du Congo.**

Fascicule 1. Introduction (*en préparation*).

Fascicule 2. *Afrormosia elata*, 22 pp., 6 pl., 3 fig., 55 fr., 1943.

Fascicule 3. *Guarea Thompsoni*, 38 pp., 4 pl., 8 fig., 85 fr., 1944.

Fascicule 4. *Entandrophragma palustre*, 75 pp., 4 pl., 5 fig., 180 fr., 1947.

Fascicule 5. *Guarea Laurentii*, XIV-14 pp., 1 portrait héliogr., 3 pl., 60 fr., 1948.

Fascicule 6. *Macrobium Dewevrei* (en impression).

BERNARD, E., **Le climat écologique de la Cuvette centrale congolaise**, 240 pp., 36 fig., 2 cartes, 70 tabl., 300 fr., 1945.

### FICHES BIBLIOGRAPHIQUES

Les fiches bibliographiques éditées par l'Institut peuvent être distribuées au public moyennant un abonnement annuel de 300 francs (pour l'étranger, port en plus). Cette documentation bibliographique est éditée bimensuellement, en fascicules d'importance variable, et comprend environ 3000 fiches chaque année. Elle résulte du recensement régulier des acquisitions des bibliothèques de l'Institut qui reçoivent la plupart des publications périodiques et des ouvrages de fond intéressants la recherche agronomique en général et plus spécialement la mise en valeur agricole des pays tropicaux et sub-tropicaux.

Outre les indications bibliographiques habituelles, ces fiches comportent un indice de classification (établi d'après un système empirique calqué sur l'organisation de l'Institut) et un compte rendu sommaire en quelques lignes.

Un fascicule-spécimen peut être obtenu sur demande.

## BIBLIOGRAPHIE

1947. ACOSTA SOLIS, M. — Cinchonas del Ecuador, Guito, Équateur.
1936. ALAM, Z. — Self-sterility in *Eruca sativa* LAM., in *Resumptio Genetica*, XII, 2, 1938.
1947. ATWOOD, S.S. — Cytogenetics and breeding of forage crops in DEMEREC, M., *Advances in genetics*, vol. I, New-York.
1869. AXELL SÉVERIN. — Om anordningarna för fanerogama växternas bef ruktning, Stockholm (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1913. BARLOW, N. — Preliminary note on Heterostylism in *Oxalis* and *Lythrum*, *J. Genetics*, III, 1.
1921. BAUR, E. — Die wissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung, Berlin.
1930. BAUR, E. — Einführung in die Vererbungslehre, Berlin.
1909. BEILLE, L. — Précis de Botanique pharmaceutique, tome II.
1936. BŒUF, F. — Les bases scientifiques de l'amélioration des plantes, Paris.
1879. BONNIER, G. — Les nectaires; étude critique anatomique et physiologique, *Ann. Sc. Nat. Bot.*, VI<sup>e</sup> série, VIII, pp. 1-213 (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1881. BONNIER, G. — Les fleurs et les insectes, *Rev. scient. de la France et de l'Étranger*, 2 avril (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1930. BRIEGER, F. — Selbsterilität und Kreuzungssterilität, Berlin.
- 1883-1884. BURCK, W. — Sur l'organisation florale chez quelques Rubiacées, *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, III, pp. 105-120, et IV, pp. 12-87.
1931. CAMMERLOHER, H. — Blütenbiologie, I. Wechselbeziehungen zwischen Blumen und Insekten, Berlin.
1948. CASPARI, E. — Cytoplasmic inheritance in DEMEREC, M., *Advances in genetics*, vol. II, New-York.
1905. CHODAT, R. — Sur la fréquence des formes hétérostylées dans le *Primula officinalis*, *Arch. Sc. phys. et nat.*, Genève, XIX.
1889. CORRENS, C. E. — Kulturversuche mit dem Pollen von *Primula acaulis*, *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, VII (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1945. COSTER, C. H. — The work of the West Java Research Institute in Buitenzorg, in P. HONIG et F. VERDOORN, *Science and scientists in the Netherlands Indies*, New-York.
1937. CRANE, M. B. et BROWN, A.G. — Incompatibility and sterility in the sweet cherry, *Prunus avium* L., *J. Pomol. and hortic. Sci.*, XV, pp. 86-116.
- 1777-1787. CURTIS, W. — Flora Londinensis, 1<sup>e</sup> éd. (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1945. DARLINGTON, C.D. et JANAKI AMMAL, E.K. — Chromosome Atlas of cultivated plants, Londres.
1862. DARWIN, C. — On the two forms, or dimorphic conditions, in the species of *Primula* and on their remarkable sexual relations, *J. Linn. Soc. Bot.*, VI, pp. 77-96.
1863. DARWIN, C. — Observations sur l'hétéromorphisme des fleurs, *Ann. Sc. nat. (Bot.)*, série IV, XIX, pp. 204-255.
1877. DARWIN, C. — Des effets de la fécondation croisée et de la fécondation directe dans le règne végétal. Traduction française de HECKEL, Paris, Reinwald.
1878. DARWIN, C. — Des différentes sortes de fleurs dans les plantes de la même espèce. Traduction française de HECKEL, Paris, Reinwald.
- 1868, 1875. DELPINO, F. — Ulteriori osservazione sulla dicogamia nel regno vegetale, *Atti della soc. ital. dell. sci. nat. in Milano*, XI et XII.
1936. DE WILDEMAN, E. — Intersexualité, unisexualité chez quelques Phanérogames, Bruxelles.
1948. DE WILDEMAN, E. — Stérilité ou vieillissement et disparition des espèces végétales, 2 vol., Bruxelles.
1934. EAST, E.M. — The reaction of the stigmatic tissue against pollen-tube growth in selfed self-sterile plants, in *Resumptio Genetica*, X, 4, 1936.

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

1942. ENGELBEEN, M. — Semences améliorées et rentabilité des quinquinaies, *Le Courrier agricole d'Afrique*, Léopoldville, VI, 7.
1947. ENGELBEEN, M. — Caractères floraux et phénomènes de fructification chez *C. Ledgeriana* in « Rapport pour les exercices 1944 et 1945, Publicat. hors série de l'I.N.É.A.C., Bruxelles, p. 125 ».
1948. ENGELBEEN, M. — Orientation générale de la sélection de *Cinchona Ledgeriana* MOENS au Kivu. Conférence africaine des Sols à Goma, Communication n° 97, Bruxelles.
1905. ERRERA, L. — Sur les caractères hétérostyliques secondaires des Primevères, *Recueil de l'Inst. bot. de Bruxelles*, VI, p. 225.
1909. ERRERA, L. — Une leçon élémentaire sur le darwinisme, *Recueil d'œuvres de Léo Errera*, Botanique générale, II, pp. 163-268, Bruxelles.
1878. ERRERA, L. et GEVAERT, G. — Sur la structure et les modes de fécondation des fleurs et en particulier sur les *Pentastemon gentianoides* et *Pentastemon Hartwegi*, *Bull. Soc. bot. Belgique*, XVII, pp. 38-248.
1919. FEENSTRA-SLUITER, C. — Observations et considérations sur la floraison, la fécondation et la fructification chez *Cinchona Ledgeriana* MOENS. Traduction française de *Mededeelingen van het Kina-Proefstation*, VI.
1946. FRITSCH, F.E. et SALISBURY, E. — Plant form and function, Londres.
1884. GARTNER, C.F. — Beiträge zur Kenntnis der Befruchtung, Stuttgart (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1924. GATIN, C.L. — Dictionnaire aide-mémoire de Botanique, Paris.
1939. GLICK, P.A. — The distribution of insects, spiders and mites in the air. *U. S. Department of Agricult., Techn. Bull.*, 673.
1936. GRÉGOIRE, V. — Éléments de Botanique, Louvain.
1912. GROOTHOFF, A. — De Kinacultuur, Amsterdam.
1919. GROOTHOFF, A. — Rationeele exploitatie van Kina-plantsoenen, Amsterdam.
1837. HERBERT, W. — Amaryllidaceae with a treatise on crossbred vegetables (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1870. HILDEBRAND, F. — Ueber die Bestäubungsvorrichtungen bei den Fumariaceen, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, VII.
1895. HILDEBRAND, F. — Ueber die Empfindlichkeit gegen Richtungsveränderungen bei Blüten von *Cyclamen*-Arten, *Bot. Zeit.* (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1922. HOLLAND, J.H. — The useful plants of Nigeria, including plants suitable for cultivation in West Africa and other tropical Dependencies of the British Empire, *Rev. Bot. Gardens, Kew, Bull. Misc. Inform., Add. ser.*, IX.
1945. HONIG, P. — Chapters in the history of Cinchona. I. A short introduction review, in P. HONIG et F. VERDOORN, *Science and scientists in the Netherlands Indies*, New-York.
1938. JAEGER, P. — Morphologie et biologie florales chez les Dipsacacées, Colmar.
1926. JOHANNSEN, W. — Elemente der exakten Erblichkeitslehre, Iéna.
1900. JUMELLE, H. — Les cultures coloniales. Plantes industrielles et médicinales, Paris.
1737. JUSSIEU, J. (DE) — Description de l'arbre à quinquina. Traduction française, Paris, 1936.
1937. KERBOSCH, M. — Twintig jaren bemesting en selectie in de kinacultuur, *Bergcultures*, 28, p. 1019.
1891. KERNER VON MARILAUN. — Pflanzenleben, 2 vol., Leipzig et Vienne.
1921. KNOLL, F. — Insekten und Blumen, I, *Abhandl. Zool. Bot. Gesellsch.*, Vienne.
1942. KNOLL, F. — Handbuch der Biologie, Vienne.
- 1898-1905. KNUTH, P. — Handbuch der Blütenbiologie, 5 Teile, Leipzig.
1943. KOBEL, F. — Étude des conditions de fécondation des essences fruitières à pépins et à noyaux, *Rev. intern. Agric.*, Rome, XXXIV, 10, p. 409t.
- 1763, 1766. KOELREUTER, J.G. — Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen, Leipzig, 1761, nebst Fortsetzungen, 1, 2, et 3, Leipzig (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1878. KUNTZE, O. — Monographie der Gattung *Cinchona*, Inaug.-Diss., Leipzig.

## BIBLIOGRAPHIE

1878. KUNTZE, O. — *Cinchona*, Arten, Hybriden und Kultur der Chinabäume, Leipzig.
1930. LAIBACH, F. — Die Heterostylie und ihre Bedeutung für die Pflanzenzüchtung, *Der Züchter*, II, 5, p. 9.
1928. LEHMANN, E. — Selbsterilität, Heterostylie in *Handb. der Vererbungswiss.*, II, Berlin.
1942. LEWIS, D. — The physiologie of incompatibility in plants. I. The effect of temperature. *Proc. Roy. Soc.*, 131, Ser. B, 862, p. 13.
1946. LEWIS, D. — Useful X-Ray mutations in plants. *Nature*, Londres, CLVIII, 4015, p. 519.
1895. LOEW, E. — Einführung in die Blütenbiologie auf historischen Grundlage, Berlin.
1936. MARTENS, P. — Pollination et biologie florale chez *Parnassia palustris*, *Bull. Soc. Roy. Botan. Belgique*, LXVIII, 2, pp. 183-221.
1882. MOENS, J.C.B. — De Kinacultuur in Azië, Batavia.
1873. MÜLLER, H. — Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und die gegenseitige Anpassung beider. Ein Beitrag zur Erkenntnis des ursächlichen Zusammenhanges in der organischen Natur, Leipzig (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1883. NAEGELI, C.V. — Mechanised-physiologische Theoria der Abstammungslehre, Munich (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1936. NEBEL, B.R. et RUTTLE, M.L. — Storage experiments with pollen of cultivated fruit trees, *J. Pomol. and hort. Sci.*, XIV, pp. 347-359.
1930. ORMAN, E. — Cours de Morphologie et de Physiologie professés à l'Université Catholique de Louvain (inédit).
1909. PÉCHOUTRE, F. — Biologie florale, Paris.
1944. PERROT, E. — *Matières premières usuelles du règne végétal*, tome II.
1794. PERSON. — in *Usteri's Annalen*, II, Stück (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1944. PFEIFFER, N.E. — Prolonging the life of *Cinchona* pollen by storage under controled conditions of temperature and humidity, *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, 13, p. 281 (d'après *Forestry Abstr.*, VI, 4, p. 218, 1945).
1924. PORSCH, O. — Methodik der Blütenbiologie in E. ABDERHALDEN's, *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden*, Berlin et Vienne.
1940. POSNETTE, A.F. — Self-incompatibility in *Cocoa* (*Theobroma* spp.), *Trop. Agric.*, Trinidad, XVII, 4, p. 67.
1902. PRUD'HOMME, E. — Le quinquina, Paris.
1943. PUSHKARNATH. — Studies in sterility in potatoes, *Indian Journ. Genetics and Pl. Breeding*, III, 2, p. 121 (d'après *Biol. Abstr.*, XX, I, p. 69, 1946).
1905. RICHER, P. — Recherches expérimentales sur la pollinisation, Paris.
1936. RILEY, H.P. — The genetics and physiology of self-sterility in the genus *Capsella*, in *Resumptio Genetica*, XII, 2, 1938.
1893. SACHS, J. — Ueber Wachstumsperiode und Bildungsreize, *Flora*.
1923. SANDS, M.W.N. — La culture des arbres à quinquina à Java.
1943. SCHMIDT, G.A. et MARCUS, A. — *Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft*, zweiter Band, Berlin.
1928. SCHOUTE, J.C. — Ueber die Morphologie der Heterostylie insbesondere bei *Lythrum Salicaria*. *Rec. trav. bot. néerl.*, XXV, A.
1937. SEARS, E.R. — Cytological phenomena connected with self-sterility in the flowering plants, *Genetics*, 22, in *Resumptio Genetica*, XIII, 1, 1938.
1900. SEMLER, H. — Die tropische Agrikultur, zweiter Band, zweite Auflage, Wismar.
1793. SPRENGEL, C.K. — Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen, Berlin (d'après F. PÉCHOUTRE, 1909).
1923. SPRUIT, C.P.P. zoon. — Chinarinden, in C. FRUWIRTH, *Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung*, Fünfter Band, Berlin.
1932. STIRLING, J. — Studies of flowering in heterostyled and allied species, I, *Primulaceae*, *Hartley Bot. Laborat.*, 8, Liverpool.
1933. STIRLING, J. — *Id.*, II, The Lythraceae. *Lythrum Salicaria* L., *ibid.*, 10.
1939. STOFFELS, E. — Le quinquina, Public. I.N.É.A.C., sér. techn. N°24, Bruxelles.

## BIOLOGIE FLORALE DU QUINQUINA

1945. TAYLOR, N. — Chapters in the history of Cinchona, V, Modern developments, in P. HONIG et F. VERDOORN, Science and scientists in Netherlands Indies, New-York.
1940. THOMPSON, W.P. — The causes of hybrid sterility and incompatibility, *Trans. Roy. Soc. Can.*, V (Biol. Sci.), 3, p. 34 (d'après *Plt Breed. Abstr.*, XV, 1, p. 5, 1943).
1942. TOBLER, F. et ULBRICHT, H. — Koloniale Nutzpflanzen, Leipzig.
1940. TRANSEAU, E.-N., SAMPSON, H.C. et TIFFANY, L.H. — Textbook of Botany. New-York et Londres.
1945. VAN GORKOM, K.W. — Chapters in the history of Cinchona, II, The introduction of Cinchona into Java, in P. HONIG et F. VERDOORN, Science and scientists in the Netherlands Indies, New-York.
1945. VAN GORKOM, K.W. *Id.*, IV, Cinchona cultivation after Yunghuhn's death, *ibid.*
1913. VAN LEERSUM, P. — Kina, in K.W. VAN GORKOM's Oost-Indische Cultures, opnieuw uitgegeven onder redactie van H.C. PRINSEN GEERLIGS, derde deel, Amsterdam.
1945. VAN LEERSUM, P. — Chapters in the history of Cinchona, III, Yunghuhn and Cinchona cultivation, in P. HONIG et F. VERDOORN, Science and scientists in the Netherlands Indies, New-York.
1947. WELLENSIEK, S.J. — Grondslagen der algemeene plantenveredeling, Haarlem.

**VAN DEN BRANDE, J.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'État, à Gand;  
**VAN DE PUTTE**, Membre du Conseil Colonial;  
**VAN DER STRAETEN, E.**, Administrateur de Sociétés Coloniales;  
**VAN GOIDSENHOVEN, G.**, Recteur de l'École de Médecine Vétérinaire de  
de l'État, à Cureghem;  
**VAN STRAELEN, V.**, Directeur de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de  
Belgique;  
**WILLEMS, J.**, Directeur du Fonds National de la Recherche Scientifique.

**B. COMITÉ DE DIRECTION.**

*Président :*

**M. JURION, F.**, Directeur Général de l'I.N.É.A.C.

*Secrétaire :*

**M. LEBRUN, J.**, Secrétaire Général de l'I.N.É.A.C.

*Membres :*

**MM. ANTOINE, V.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Université de Louvain;  
**DE BAUW, A.**, Président du Comité Cotonnier Congolais;  
**HAUMAN, L.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**HOMÈS, M.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**STANER, P.**, Directeur au Ministère des Colonies;  
**VAN STRAELEN, V.**, Directeur de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de  
Belgique.

**C. DIRECTEUR GÉNÉRAL.**

**M. JURION, F.**



Des Presses des E<sup>ts</sup> VROMANT, s. A.  
3, rue de la Chapelle, Bruxelles.