

**CAHIERS O. R. S. T. O. M.**

---

**PHYSIOLOGIE DES PLANTES TROPICALES CULTIVÉES**

**Vol. I. 1 -**

**Publié sous la direction de Mr P. PRÉVOT  
Chef de la division IV à l'O.R.S.T.O.M.  
Directeur de Recherches Agronomiques à l'I.R.H.O.**

---

**O. R. S. T. O. M.  
P A R I S  
1964**

## PRÉFACE

Dans la préface du premier volume de "Physiologie des Plantes tropicales cultivées", nous avons défini ainsi le but de cette publication : "Faire la synthèse de nos connaissances sur la physiologie des plantes tropicales cultivées".

Cette revue, modeste au départ, pourra se développer selon les circonstances. Notre intention est de commencer en donnant un aperçu de l'état actuel de nos connaissances ; ceci révélera les principales lacunes qu'il peut être souhaitable de combler.

Il faut cependant insister sur le fait que nous n'avons pas l'intention de faire une monographie des recherches agronomiques des plantes tropicales cultivées. Notre but n'est pas aussi ambitieux. Par exemple, bien que d'un intérêt pratique certain, les nombreuses expériences sur l'application d'engrais minéraux ne seront pas systématiquement analysées.

D'un autre côté, nous discuterons des méthodes et des études permettant une interprétation physiologique des résultats agronomiques et des recherches de physiologie se rapportant à la nutrition minérale.

En un stade ultérieur, nous espérons pouvoir publier des travaux inédits sur la physiologie des plantes tropicales cultivées. Cette perspective dépend entièrement des chercheurs qui nous apporteront leur collaboration.

Nous serons heureux de toutes suggestions et de toutes contributions que voudront bien nous apporter les spécialistes des cultures tropicales.

Dans ce numéro, nous avons le plaisir de présenter un important travail sur la physiologie du caféier, réalisé par Mr RABECHAULT, chargé de recherches à l'ORSTOM, avec la collaboration de Mr CAMBRONY de l'IFCC.

Comme nous l'avons indiqué, cette revue bibliographique n'est pas une monographie du caféier car, dans ce cas, elle ferait double emploi avec d'autres publications, parmi lesquelles l'ouvrage bien connu de Mr COSTE, Directeur Général de l'IFCC.

Cependant les auteurs, avec raison, ont pensé utile de décrire en détail la croissance et le développement de la plante.

Par suite de l'abondance des matières, il était nécessaire de diviser la publication en quatre parties :

- 1° — de la germination à la morphogénèse ;
- 2° — physiologie de la croissance du système racinaire ;
- 3° — physiologie de la croissance de la partie aérienne ;
- 4° — physiologie de la floraison.

Dr P. PREVOT

## PREFACE

In the preface of the first volume of "Physiology of tropical crops", we thus defined the aims pursued in this series of publication : "The summing up of all we know about tropical crops physiology".

It will, from the start, be rather modest in form, but will remain open to any modification if so required by future developments.

We intend to begin by giving an account of the present state of our knowledge. This will reveal the main gaps which it may be desirable to fill.

It should, however, be stressed that we do not intend to provide a monography on agricultural investigations of tropical crops. Our aim is not quite so ambitious. For instance, although they may be of practical interest we will not report on the numerous experimental applications of inorganic fertilizers. We will, on the other hand, discuss methods and investigations enabling a physiological interpretation of agronomic achievements and of physiological studies referring to mineral nutrition.

At a later stage, we hope to be able to publish first hand research work on the physiology of tropical crops. The achievement of this hope obviously, lies in the hands of the research workers who will cooperate.

Any suggestions and any contributions from tropical crops experts will be gratefully received.

I want to thank those who have given encouragements after the first volume.

We have now the pleasure to present an important study carried out by Mr RABECHAULT, Chargé de Recherches ORSTOM, with the collaboration of Mr CAMBRONY of IFCC on the Physiology of Coffee-tree.

As we pointed out this bibliographical review does not represent a monography on the coffee-tree, or it would duplicate other publications such as the well-known work of Mr COSTE, General Director of IFCC (4).

However, and with reason, the authors have thought to be useful to describe in details the growth and development of the plant.

Because of the abundance of information collected, it became necessary to subdivide the publication in four parts, which are :

- 1° - from germination to morphogenesis ;
- 2° - physiology of growth of the root system ;
- 3° - physiology of growth of the aerial part ;
- 4° - physiology of blooming.

Dr P. PREVOT

# LA PHYSIOLOGIE DU CAFÉIER

## I

### DE LA GERMINATION A LA MORPHOGÉNÈSE

par

**H. RABECHAUT**

Chargé de Recherches

à

l'OFFICE DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

**H. CAMBRONY**

Ingenieur en Chef

Adjoint au Directeur Général à

l'INSTITUT FRANCAIS

DU CAFE ET DU CACAO

---

#### SOMMAIRE

	Pages
La Plante ... ..	11
I — Multiplication générative et végétative du Caféier	
A — La germination ... ..	15
B — Multiplication végétative ... ..	19
1 — Le bouturage et la rhizogénèse ... ..	19
a — Préparation des rameaux au bouturage ... ..	23
b — Action des substances stimulatrices de la croissance ... ..	23
c — Particularités de la rhizogénèse chez le caféier ... ..	25
2 — La greffe ... ..	29
a — Choix et comportement des greffons . ... ..	31
b — Compatibilités et Incompatibilités ... ..	32
II — Morphogénèse ... ..	36
A — Comportement des bourgeons dans la morphogénèse du caféier ... ..	40
1 — Bourgeons des axes orthotropes .. ...	41
a — Distribution des bourgeons le long des rameaux orthotropes ... ..	41
b — Origine des bourgeons ... ..	41

2 — Bourgeons des branches plagiotropes	...	...	...	...	...	44
a - Bourgeons "tête de série"	...	...	...	...	...	44
b - Bourgeons "sériés"	...	...	...	...	...	44
3 — Les bourgeons et la morphogénèse florale	...	...	...	...	...	45
Morphogénèse et histogénèse des primordia floraux	...	...	...	...	...	46
B — Physiologie de la morphogénèse	...	...	...	...	...	48
1 — Résultats obtenus à l'aide du greffage et du bouturage .	...	...	...	...	...	48
2 — Résultats obtenus à l'aide d'ablations	...	...	...	...	...	49
C — Interventions de l'homme sur la Morphogénèse - La Taille..	...	...	...	...	...	55
1 — La taille comme moyen d'équilibrer le développement en fonction du climat	...	...	...	...	...	57
2 — La physiologie de la taille	...	...	...	...	...	59
III — Conclusions	...	...	...	...	...	62

## INTRODUCTION

L'importance de la production de café dans l'économie mondiale n'est plus à démontrer, le commerce extérieur de certains pays comme le Brésil est en majorité consacré à ce produit. Une des caractéristiques du commerce du café est la continuelle augmentation de la consommation, celles d'autres produits similaires comme le thé étant plus ou moins stationnaire (R. COSTE 4).

Malgré cette importance du caféier sur le plan de l'économie mondiale, il faut bien dire que cet arbre n'a pas fait l'objet d'études physiologiques très approfondies et si nous avons dû traiter de la "Physiologie du Caféier" *sensu stricto*, notre exposé se fût réduit à quelques dizaines de pages, car la majeure partie des recherches effectuées dans ce domaine porte en réalité sur l'écologie ou l'agronomie. Nous sommes avertis de ces nuances, essentielles pour certains, mais nous demandons au lecteur de considérer que l'ample moisson de résultats obtenus dans ces deux disciplines n'en est pas moins intéressante, ne serait-ce que pour dégager si possible les thèmes de recherches de physiologie pure qui deviennent chaque jour plus nécessaires à la compréhension des mécanismes intimes des phénomènes de la vie.

Dans l'effort qui permit ces dernières années une meilleure connaissance de la physiologie et de l'écophysiologie du caféier, nous devons une mention toute particulière aux chercheurs des pays d'Amérique latine ou d'Amérique centrale, par exemple à ceux de la Station Agronomique de Campinas (Brésil) et ceux de l'Instituto Inter-americano de Ciencias agricolas (I.I.C.A.) à Turrialba (Costa-Rica), organisme qui, à lui seul, publie plusieurs revues sur le café et le caféier, et qui réunit la bibliographie mondiale paraissant sur ce sujet. Il faudrait aussi citer les contributions fort importantes des chercheurs néerlandais à Java, de ceux de l'Indian Coffee Board et des Territoires de l'Est Africain, etc...

La richesse en observations relatives à l'agronomie, à l'écophysiologie et à la physiologie, nous ont amenés à scinder notre exposé en plusieurs parties qui paraîtront dans cette revue au fur et à mesure de l'achèvement de leur rédaction, et dans un ordre non conventionnel, car il est bien difficile de dire, par exemple, si la nutrition minérale doit prendre le pas sur la croissance. De même, dans chaque partie ainsi taillée, la distribution des chapitres est purement artificielle ; ainsi en est-il de l'ouverture des stomates dont l'étude pourrait figurer aussi bien dans l'étude de la photosynthèse que dans celle de la transpiration, comme l'a fait remarquer avant nous L.E. MULLER (27).

Avant d'aborder le sujet qui nous préoccupe, nous désirons dire quelques mots avant tout sur la plante, en regrettant, faute de place, de n'avoir pu donner plus d'importance à cette partie générale qui fera peut-être défaut à certains, mais qui sera donnée *in extenso* dans un ouvrage général que nous publierons à l'issue de cette suite d'exposés. L'anatomie et la biologie générale y seront reprises, ainsi que la composition chimique dans un numéro ultérieur de cette revue consacré au Métabolisme du Caféier.

## BIBLIOGRAPHIE

### OUVRAGES GÉNÉRAUX SUR LE CAFÉIER

1. ABEELE M. Van den, R.VANDEPUT (1951) - Plantes stimulantes - Publ. Minist. des Colonies, Bruxelles, 1951.
2. CHENEY R.H. (1925) - Coffee - A monograph of the economic species of the Genus Coffea (University Press), New-York, 1925.
3. CHEVALIER A. (1929-1947) - Les caféiers du globe.  
Fasc. 1 - Généralités, 196 p., 1929.  
Fasc. 2 - Iconographie des caféiers sauvages et cultivés, 36 p., 158 pl., 1942.  
Fasc. 3 - Systématique des caféiers et faux caféiers, 356 p., 1947.  
(P. Le Chevalier Edit.), Paris, 1929-1947.
4. COSTE R. (1955) - Les caféiers et les cafés dans le monde - Tome I : Les Caféiers ; Tome II Vol. 1 et 2 : Les cafés (Larose Edit.), Paris, 1955-1960.
5. CRAMER P.J.S. (1957) - A litterature review of Coffee Research in Indonesia - Inter-Amer. Inst. Agric. Sci., Public. n°15, Turrialba, Costa Rica, 1957.
6. DI FULVIO A. (1947) - The world's Coffee - Intern. Inst. of Agric., Bureau FAO, Rome, 526 p., 1947.
7. DUBLIN P. (1961) - Quelques données sur la productivité du caféier Excelsa en République Centrafricaine - Café Cacao Thé, Vol. V, n°1, pp. 11-27, 1961.
8. GARDNER V.R. (1950) - Estudio sobre la fructificacion irregular de los cafetos - Agr. Trop. Bogota, n°11, pp. 53-60, Nov. 1950.
9. HAARER A.E. (1956) - Modern coffee production, 467 p., (Leonard Hill Ltd), London, 1956.
10. JACQUES-FELIX H. et coll. (1954) - Contributions à l'étude du caféier en Côte d'Ivoire - Trav. Centre Rech. Agron. Bingerville, Côte d'Ivoire - L'Agron. Trop., Bull. Scient. n° 5, 495 p., Nogent-sur-Marne, 1954.
11. KRUG C.A., J.E.T. MENDES, A. CARVALHO (1938) - Taxonomia de l'Arabica L., descricao das variedades e formas encontradas no Estado do Sao Paulo - Inst. Agron. do Est. de São Paulo, Campinas, Bras., 57 p., 1938.
12. LEBRUN J. (1941) - Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo - Publ. INEAC, hors sér., n°9, 1941.
13. PERROT E. (1944) - Les Matières premières usuelles du Règne végétal - Vol. II, Le Café, pp. 2146-2194 (Masson et Cie Edit.), Paris, 1944.
14. MARTINEZ A., C.N. JAMES (1960) - Café : Bibliographia de las publicaciones que se encuentran en la biblioteca del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - (I.I.C.A.), Turrialba, Costa Rica, 1 vol., 21x27, 637 pp. 1960.
15. SACKS B., P.G. SYLVAIN (1959) - Advance in Coffee production and Technology, Coffee and Tea Industry, New-York, 1959.
16. SIBERT Ed. (1932) - Les caféiers de la Côte d'Ivoire - I botanique et culture (Centre d'Etudes Colon. Edit.), Paris, 1932.
17. UKERS W.H. (1942) - All about coffee (Sec. Edit. Tea and Coffea Trade Jnl. Co), 796 p., New-York, 1942.
18. WELLMAN F.L. (1961) - Coffee : Botany, cultivation and utilisation - 1 vol., 16x25, 488 p. (Leonard Hill Ltd Edit.), London, 1961.
19. WILDEMAN E. de (1941) - Etudes sur le genre Coffea L. Classification, caractères morphologiques, biologiques et chimiques, sélection et normalisation - 1 vol. 496 p., Acad. Roy. de Belgique, Palais des Académies, Bruxelles, 1941.
20. INDIAN COFFEE BOARD (1951) - A review of the past exp. work on Coffee in south India with suggestion for the future - Coffee Res. Stat. Bolehonnur - Indian Coffee Board, Mysore, India, 1951.

## LA PLANTE

Les caféiers sont des arbres appartenant au genre *Coffea*, famille des Rubiacées, dans laquelle on compte déjà de nombreuses plantes médicinales et stimulantes (PERROT 13).

Les caféiers ont été classés dans la tribu des Coffeideae, sous-tribu des Coffeineae et parmi les espèces appartenant à 4 sous-sections : les Erythrocoffea (arbres buissonnants de 4 à 8 m, à fruits rouges) avec le *C. arabica* L. l'espèce principale et le *C. canephora* Pierre ; les Pachycoffea (arbres de 4 à 20 m, à grandes feuilles persistantes coriaces et fruits rouge-bruns en général plus gros que les précédents) avec 3 espèces d'intérêt local (Ouest africain) : *C. liberica* Bull. ex Hiern, *C. abeokutae* Cramer, *C. Dewevrei* de Wild. race *C. excelsa* Chev. ; les Melanocoffea (arbustes à port fastigié et feuilles étroites oblongues et fruits noirs) avec le *C. stenophylla* G. Don d'intérêt secondaire, et enfin les Mascarocoffea (arbres ou arbustes buissonnants qui ont souvent des feuilles persistantes xeromorphes) comprenant des espèces sauvages localisées à Madagascar et qui présentent le caractère d'avoir des grains sans caféine (CHEVALIER 3).

L'espèce principale est le *C. arabica* L. à laquelle sont rapportées la majorité des études sur le caféier, et qui produit le meilleur café. Elle est à l'origine des 9/10<sup>è</sup> du café produit dans le monde. Sa culture est surtout effectuée au Brésil, en Colombie et dans les pays d'Amérique Centrale, dont la latitude et le climat lui conviennent. Très exigeante, sa culture est limitée dans les pays tropicaux, notamment en Afrique, par l'altitude alors nécessaire pour compenser les hautes températures et l'insolation qui provoquent, par des floraisons trop rapprochées, un épuisement rapide des arbres et l'apparition de maladies dites "physiologiques".

Le reste de la production mondiale de café est le fait d'espèces plus robustes cultivées surtout en Afrique, parmi lesquelles le *C. canephora* Pierre var. *robusta* et var. *kouilouensis* sont les plus répandues (95 %), le reste étant obtenu des *C. liberica* Hiern et *C. excelsa* Chev.

Pour le lecteur qui n'a jamais vu de caféier, disons qu'il rappelle un peu un cerisier qui aurait des feuilles opposées, stipulées et plus épaisses. Ses fruits sont d'ailleurs des drupes rouges qui portent le nom de "cerises". Ajoutons que ses fleurs blanches, groupées à l'aisselle des feuilles elliptiques opposées sur les rameaux, sont blanches et rappellent, par la forme et aussi par leur parfum, celles du jasmin, avec lequel on le confondait autrefois.

Le caféier peut être obtenu à partir de semences, de boutures ou de greffes. Les semis ont lieu en germe à partir du café vert fraîchement récolté. Lorsque l'humidité est convenable et la température de 30 à 35°C., les premières radicules sortent de la graine au bout de 20 à 30 jours. La germination est épigée ; l'allongement de l'hypocotyle entraîne la semence hors de terre au bout de 40 à 45 jours. Les feuilles cotylédonaire qui se dégagent ensuite des enveloppes de la graine après épuisement des réserves de l'albumen s'étalent en deux lames opposées, plates, arrondies, vertes, qui flétrissent et tombent lorsque la plantule a 6 à 8 feuilles.

Le jeune plant a un port pyramidal et son système racinaire comporte une racine pivotante allongée. Cette structure se déforme et se complique au cours de la vie du caféier dont le déroulement des phases est plus ou moins accéléré selon le milieu dans lequel se développe la plante.

La vie d'un caféier a pu être subdivisée arbitrairement en trois phases successives : la phase de croissance juvénile, la phase de productivité et la phase du déclin physiologique.

La **phase juvénile** se déroule au germe et en pépinière. Nous venons d'en décrire les principales étapes ; elle commence à la germination et se déroule jusqu'à la première floraison. Pendant cette période, la croissance est accélérée et la plante acquiert sa maturité de floraison ; sa durée est de 2 ans 1/2 environ. C'est au cours de cette phase qu'a lieu, en général, la transplantation au champ, lorsque les plantes sont âgées de 4 à 18 mois.

La densité des arbres dans les plantations varie de 400 à 3 200 arbres à l'ha selon le climat, la nature et la richesse du sol, le système de culture et selon des dispositifs variés : plantation régulière (en carré, en triangle ou en haies) ou plantation irrégulière (suivant les lignes de niveau du terrain).

La nécessité de l'ombrage est un des problèmes importants de la culture des caféiers. Il a ses partisans et ses détracteurs. La densité des arbres d'ombrage et des caféiers sur les plantations pose de nombreux problèmes sur le plan physiologique, écophysiological et agronomique, qui seront évoqués dans les exposés qui paraîtront dans cette revue. Le plus important de ces problèmes est celui de la compétition quant à la nutrition hydrique, minérale et carbonée entre les arbres d'ombrage et les caféiers, et entre les caféiers eux-mêmes.

Le début de la **phase de productivité** est marqué par le déclenchement de la première floraison. Elle peut durer plusieurs dizaines d'années (on a observé des arbres de 50 et 100 ans), mais dans les conditions d'une exploitation rationnelle, cette phase ne dépasse guère 15 à 20 ans. On observe une augmentation du rendement pendant les 6 premières années, puis une production maxima et stationnaire pendant 8 à 10 ans environ.

Au cours de la phase de productivité, le caféier perd sa forme pyramidale, surtout les espèces à port buissonnant ou fastigié. La tige principale orthotrope est remplacée par d'autres axes orthotropes, tandis que la ramification excessive des branches transforme tout à fait l'aspect de l'arbre.

Dans le sol, le pivot n'est plus prolongé par une seule racine principale, mais par plusieurs racines coaxiales portant de nombreuses racines secondaires dont il est souvent difficile de voir l'organisation type.

Ce débordement de végétation, de croissance et de floraison incontrôlées, conduiraient rapidement l'arbre à la dernière phase de sa vie si le planteur n'intervenait par un système de taille approprié au climat, au mode de culture et à la morphogénèse propre à chaque variété pour équilibrer la charpente, la croissance et la production des fruits.

Pendant la phase de productivité, les périodes de croissance et de floraison alternent ou se superposent selon les climats ou les espèces. Dans les climats où alternent saisons sèches et saisons humides, la pluie est souvent le facteur limitant de l'expression de la floraison. Les fleurs initiées en fin de saison des pluies restent en boutons dormants pendant la saison sèche et épanouissent au début de la saison des pluies suivante. Les arbres se couvrent alors de guirlandes de fleurs blanches du plus bel effet. Ces fleurs se forment à l'aisselle de chaque paire de feuilles et sont groupées ainsi en glomérules à chaque noeud des branches fructifères.

Les branches fructifères ne sont pas les mêmes selon les espèces et l'un des buts de la taille est d'équilibrer la production des branches à fonction végétative et générative des plants. La floraison est basifuge sur l'arbre, centrifuge sur les rameaux et basipète sur chaque inflorescence.

Chez les *C. canephora* Pierre, les émissions florales ne se produisent que sur les rameaux feuillus ayant poussé pendant la saison humide précédente (bois jeune de l'année). Chez les excelsoides (*C. liberica* Hiern et *C. excelsa* Chev.) et parfois chez le *C. arabica* L. des fleurs peuvent être également formées sur du vieux bois.

La corolle des fleurs reste épanouie pendant 3 jours environ. L'organogénèse des pièces florales chez *C. arabica* L. a été très bien étudiée dès 1864 par MARCHAND (206) puis chez *C. liberica* par VON FABER (190) et chez *C. canephora* Pierre par VAN DER MEULEN (212).

La sécheresse peut entraver l'épanouissement des fleurs et provoquer leur avortement ou des atrophies (PORTERES 218-219).

Lorsque la fécondation est terminée, le développement du fruit est relativement long chez le caféier. Le temps nécessaire pour atteindre alors la maturation est variable selon les espèces et les variétés : 7 à 9 mois chez le *C. arabica* L., 9 à 11 mois chez le *C. canephora* Pierre, 11 à 12 mois chez le *C. excelsa* Chev., 12 à 14 mois chez le *C. liberica* Hiern (COSTE 4).

Au cours de ce développement, le caféier a besoin de plus en plus d'éléments nutritifs. C'est une période critique qui réclame toute l'attention de l'agronome et du planteur, car le caféier, à ce moment-là, est très sensible au moindre déséquilibre physiologique qui entraîne la production de fruits anormaux.

Des problèmes physiologiques sont également posés par le déroulement de la fructification. Il est évident que l'on a intérêt à ce que ces fructifications soient groupées, ce qui diminue les frais de la récolte et donne un café plus homogène.

La cueillette est, en général, effectuée à la main ou bien les cerises mûres sont séparées des branches par des moyens mécaniques et sont ramassées à terre.

La productivité est extrêmement variable selon les variétés, les climats, la richesse du sol.

Les cerises sont débarrassées de leur partie charnue après la récolte ; c'est le dépulpage qui se fait le plus souvent par voie de fermentation. A ce moment interviennent des enzymes, présents dans les fruits, et dont nous parlerons ultérieurement. Le dépulpage peut être également fait avec des fruits secs à l'aide d'une machine. Mais la méthode de préparation par voie humide est préférable dans la majorité des cas. Le grain de café est entouré encore après dépulpage d'une enveloppe dure qui tapisse la paroi interne de chacune des deux loges du fruit : c'est la parche. Cette parche est enlevée à l'aide d'une déparcheuse ; après un polissage nécessaire pour enlever une fine pellicule encore adhérente au grain (dépelliculage), on obtient le café commercial ou café vert qui sera mis à sécher à l'air libre avant le stockage et la vente.

Pour plus de détails sur cette partie générale concernant le caféier, nous renvoyons le lecteur aux ouvrages cités dans la bibliographie précédant ce chapitre (COSTE 4 - UKERS 17, etc.).

La phase de déclin physiologique intervient à l'issue d'une période d'exploitation très variable selon l'espèce, le climat et le mode de culture. Il se traduit par une défoliation de plus en plus accusée, un arrêt de la croissance et de la productivité et un affaiblissement général conduisant à la mort.

Le feuillage clairsemé ne subsiste que par endroits en maigres bouquets à l'extrémité des rameaux, tandis que, dans le sol, les racines présentent le même délabrement, pivot nécrosé, chevelu rare, irrégulier, d'aspect terreux, etc. Les recepages ne peuvent parvenir à changer le cours des événements. Le parasitisme accélère au contraire le déclin physiologique qui conduit l'arbre à la mort.

En pratique, cette phase n'est atteinte que chez les arbres se développant à l'état sauvage ou dans les plantations familiales mal exploitées. Habituellement, les arbres sont changés après une période d'exploitation de 15 à 20 ans.

\*

\* \*

Ce sont les phénomènes marquant des premiers stades de la croissance juvénile et qui conduisent le caféier à sa phase de productivité : la germination, la rhizogénèse, puis la morphogénèse de la partie aérienne qui feront l'objet du présent exposé.

Les premières étapes de la croissance se manifestent, en effet, dès la germination ou dès l'enracinement d'une bouture ou la prise d'une greffe, moyens par lesquels le caféier peut se multiplier. La germination, le bouturage, le greffage, impliquent le déroulement de processus physiologiques dont la plupart n'ont encore fait l'objet d'aucune étude sérieuse. Chacun de ces phénomènes comporte un ou plusieurs facteurs limitants ou stimulants : pour la germination, le premier facteur limitant est la perte du pouvoir germinatif ; pour le bouturage, c'est l'incapacité rhizogène, et pour la greffe, ce sont les phénomènes d'incompatibilité. Cet ensemble fera l'objet de la première partie de notre exposé, sous le titre "Multiplication générative et végétative".

Dès les premiers stades du développement de la plantule s'établissent les processus qui règlent la croissance de l'arbre et de ses divers organes. Ces processus, sous l'influence du génome, organisent l'individu en équilibre avec le milieu ; la forme apicale, le port de l'arbre notamment attire le premier l'attention, ceci nous amènera tout naturellement à notre deuxième chapitre : "La morphogénèse".

Celui-ci sera augmenté d'un court paragraphe relatant les effets exercés par l'homme sur la morphogénèse au moyen de "La taille".

## BIBLIOGRAPHIE

### GÉNÉRALITÉS SUR LA PHYSIOLOGIE DU CAFÉIER

21. ALVIM P. de T. - Suelo Tico, 7, 29, pp. 58-62, 1953.
22. ALVIM P. de T. - Coffee and tea Ind. (New-York), Vol. 81, n°11, pp. 17-8, 20, 22 et 24-25, 1958.
23. ALVIM P. de T. (1959) - Recientes progresos en nuestro conocimiento del arbol del café - I Fisiologia in "Progresos en la técnica de la produccion del café" (Costa-Rica) - Inst. Interameric. de Ciencias Agric., pp. 11-23, 1959.
24. ALVIM P. de T. - Coffee (Turrialba), Vol. 2, n°6, pp. 51-62, 1960.
25. ALVIM P. de T., A. HUERTA, J. VILLAFUERTE - Informe Ann. del Inst. Interameric. de Ciencias Agric., Turrialba ; prospectus n° 208, pp. 22-3, 1953.
26. JACQUES-FELIX H. (1954) - Généralités sur la physiologie, la biologie, la génétique et l'écologie du caféier - in "H. JACQUES-FELIX" 10
27. MULLER L.E. - Primera Reunion tecnica Interameric. de Café, Doc. n°5, 41 p. Bogota, 1960.
28. RAYNER R.W. (1951) - Annual report of the pathologist and physiologist Coffee Services - Coffee Board Kenya, p. 265, Nov. 1951.
29. SCHWEIZER J. - De Bergcultures n°35, 1953.
30. SYLVAIN P.G. - Fed. Cafetalera Centro-americana El Caribo, Oct. 1950, in "Bol. Inf. Centr. Nac. Inf. Caf., Chinchina, Colombie, n°15, p. 3, 1951.
31. SYLVAIN P.G. (1960) - Algunos Trastornos finologicos del cafeto - Turrialba - Inst. Interameric. de Ciencias, Costa-Rica, 24 p., 1960.
32. SYLVAIN P.G. - Turrialba, Costa-Rica, 4, n°1, pp. 13-22, 1954.
33. SYLVAIN P.G. - Koffee u. Tee Markt (Hambourg), n°10, pp. 4-7 ; n°11, pp. 11-14, pp. 14-15; n°13, pp. 9-13 ; n°14, pp. 10-12, 1955.
34. SYLVAIN P.G. (1959) - Recomendaciones para el desarrollo de otros proyectos : Relaciones de agua - Informe sobre una visita de consulta al Instituto Salvadoreno de Investigaciones del Café con referencia especial a los problemas finologicos (n° 35-E) - Inst. Interameric. Ciencias Agric. Turrialba, pp. 19-21, Août 1959,
35. SYLVAIN P.G. (1959) - Report on consultation to the "Instituto Salvadoreno del Café" with special reference to physiological problems - Report. to USOM/El Salvador, 21 p., Déc. 1959.

# I - MULTIPLICATION GÉNÉRATIVE ET VÉGÉTATIVE DU CAFÉIER

## A - GERMINATION

La graine doit être mûre pour germer ; elle ne présente pas de période de dormance et germe dès la récolte. Encore faut-il que les fruits n'aient pas fermenté.

De nombreux essais sur la préparation des semences ont été effectués d'où il ressort des opinions diverses. Pour MAMPRIM (48), les cerises dépulpées à sec donnent des semences bien supérieures aux cerises sèches entières, aux cerises fraîches entières ou aux graines dépulpées fraîches. R. COSTE (4) présente des résultats d'expériences effectuées au Congo Belge selon lesquelles la décortication et le polissage mécanique peuvent provoquer une diminution du pouvoir germinatif de 50 à 100 %, d'où il faut conclure que le café vert du commerce est impropre à la semence. Il préconise de partir de fruits mûrs que l'on décortique et dont les graines sont mises à sécher à l'ombre. On obtient de cette manière jusqu'à 91 % de levée.

Si le semis n'est pas effectué à partir de graines fraîches, le pouvoir germinatif diminue peu à peu. Aux Indes (4), un semis échelonné de 15 jours en 15 jours après la récolte a permis d'observer la perte progressive du pouvoir germinatif. Pendant les deux premiers mois, les graines germent encore à 96 et 93 %. Il se produit une baisse rapide au cours du 4ème mois et au 6ème mois les germinations s'annulent.

ULTEE (56) a pu prolonger la vie des graines par un séchage modéré (40 % de leur teneur en eau initiale) suivi d'un stockage en sacs de jute placés dans du charbon de bois humidifié (à raison de 150 g d'eau chaque mois par kg de charbon). Après 6 mois, les graines germaient encore à 94 %, et après 9 mois à 78 %.

La semence du caféier, comme la plupart des semences qui n'ont pas de période de repos et une faculté germinative de courte durée, a un protoplasme commun à toutes les cellules, car celles-ci ont une paroi épaisse mais communiquent entre elles par des plasmodesmes. Aussi les liquides et les gaz nécessaires à la germination ne peuvent circuler dans la graine que grâce à ces pores. Leur déformation par le séchage est l'une des causes de la perte de la faculté germinative selon GENKEL' et SHZHOO SHI-SJUI (47).

La lumière jouerait un rôle sur la perte du pouvoir germinatif ainsi qu'il ressort des travaux de BOREL (40) et de DUFOURNET (43). Après un mois de séchage au soleil, les semences perdent 70 à 80 % de leur pouvoir germinatif tandis que celles séchées à l'ombre ne perdent que 10 à 19 %. Les radiations de faible longueur d'onde seraient les plus actives car les ultra-violets empêchent rapidement toute possibilité de germination selon RIBEIRO (51). Cependant, les auteurs précités n'ont pas tenu compte de l'effet déshydratant du séchage au soleil. Le rôle de l'humidité dans la conservation du pouvoir germinatif a été souligné par THOMAS (54) dès 1935.

BACCHI (36), qui a bien étudié au Brésil pendant plusieurs années la conservation des semences et leur pouvoir germinatif, a observé que les rayons solaires avaient bien une influence néfaste mais que leur action était liée à la teneur en eau des graines. La semence peut être séchée en plein soleil à condition que son humidité ne soit pas descendue au-dessous du point critique 8 à 9 %.

Les résultats obtenus par cet auteur (37-38) ont permis de réviser l'opinion générale selon laquelle "le stockage des semences insuffisamment séchées détériore leur pouvoir germinatif". A l'air libre, quelle que soit leur humidité, les semences peuvent conserver leur pouvoir germinatif pendant 8 à 10 mois. En récipients hermétiquement clos, la longévité des graines est inversement proportionnelle à leur teneur en eau (20 % - 4 mois ; 13 % - 8 mois et 10 % - 21 mois) (BACCHI 38).

L'oxygène de l'air joue certainement aussi un rôle important ainsi qu'il a été déjà constaté chez d'autres graines à réserves lipidiques (cotonnier). La lipolyse est accélérée surtout lorsque le milieu se prête à l'activité des lipases. Les acides gras libérés tuent l'embryon ou inhibent son développement. Ainsi, la conservation des graines à l'abri de l'air (bouteilles cachetées, charbon de bois, etc.) peut prolonger leur vitalité.

Lorsque la graine est viable, sa germination est malgré tout assez lente, 40 à 70 jours (du semis à la levée). La germination peut être influencée par de nombreux facteurs : l'imbibition d'eau de la graine, la température, le pH du sol, la quantité d'oxygène disponible (en rapport surtout par la profondeur du semis), l'état et la structure du sol, etc.

En ce qui concerne l'imbibition, DUPRIEZ (44) a considéré qu'elle s'effectuait en deux étapes. La première, rapide, est une imbibition gouvernée par des phénomènes physiques, tension superficielle, pouvoir d'absorption, perméabilité, etc. Elle est accélérée dans une certaine mesure par les hautes températures. La seconde dépend de phénomènes biologiques où interviennent, à la faveur de la reprise de l'activité méristématique et de la vie cellulaire en général, les processus métaboliques.

La première étape est terminée au bout de quelques heures. Elle aboutit à un taux de gonflement final caractéristique pour chaque espèce et variété. Il existe une relation entre les teneurs en eau initiale et finale ; les graines à forte pression osmotique ont une imbibition plus rapide, selon DUPRIEZ. Cet auteur a étudié l'imbibition à 20°C, et a constaté que les graines d'*arabica* avaient des taux élevés ou moyens de gonflement et imbibition associés à une vitesse d'imbibition lente, ou parfois très lente. Chez le *C. excelsa* et le *C. canephora* var. *robusta*, les taux de gonflement et d'imbibition étaient, au contraire, faibles, et la vitesse d'imbibition lente, voire très lente, tandis que pour le *C. liberica* les taux de gonflement et d'imbibition étaient très faibles et la vitesse d'imbibition toujours très lente.

L'étude de l'imbibition à des températures graduelles de 15 à 45° C a montré que les hautes températures 35-45° C augmentaient nettement le taux d'imbibition du *liberica*, agissaient modérément sur celui du *robusta*, et n'avaient que peu ou pas d'influence sur celui de *C. excelsa* et *C. arabica*.

La vitesse d'imbibition est très accélérée par les hautes températures chez *C. canephora* var. *robusta* et *C. excelsa*, tandis qu'elle l'est modérément chez *C. arabica* et *C. liberica*.

Enfin, lorsque l'on trempe les graines dans l'eau, non seulement celles-ci absorbent de l'eau et gonflent mais, en revanche, elles perdent des substances dans l'eau et notamment des tanins (acide chlorogénique) qui empêchent la prolifération des agents pathogènes. Cette exosmose est plus ou moins importante. Elle est faible chez *C. liberica*, *C. canephora* var. *robusta* et *C. excelsa* (0,8 à 3,0 %) et moyenne chez *C. arabica* (4,9 à 5,5 %) (DUPRIEZ 44).

Le pH du sol, lorsqu'il varie de 4 à 8, ne semble pas influencer la germination et notamment les pertes provoquées dans les semis par le "Mal del Telluelo" (B. CRANDALL, L. ABREGO, B. PATINO, T. VILANOVA 42). Ces auteurs ont noté, dans leurs expériences sur la préservation des semences contre cette maladie, que la croissance des plantules était affectée pour des pH inférieurs à 4,5 et supérieurs à 7. Ils ont observé le maximum de croissance dans les lots où le pH du substrat était proche de la neutralité.

La vitesse de la germination est en corrélation avec la position de la graine dans le sol (E.A. PAGACZ 49). La profondeur d'enfouissement de la graine dans le sol agit également.

DUFOURNET (43) a constaté à Madagascar que la levée avait lieu au bout de 13 jours pour des graines semées à 1cm de profondeur, 17 jours pour celles à 3cm et 28 jours pour celles à 5cm. Ces observations sont certainement liées aux phénomènes de respiration et d'imbibition de la graine qui règlent les processus physiologiques de la germination.

Des hormones ont été utilisées pour améliorer la germination. L'acide  $\beta$  indolyl acétique, en particulier, la stimule. Le trempage des graines dans une solution à la concentration  $10^{-4}$  améliore le pourcentage de germination de 30 % par rapport au Témoin (de FLUITER 45) mais n'améliore pas leur viabilité.

Les étapes de la croissance et du développement des plantules ont fait l'objet de nombreuses observations (PAGACZ 49, FRESSANGES 46, MOENS 213). Mais sur le métabolisme des semences en cours de germination, nous n'avons trouvé dans la littérature que les travaux déjà très anciens de WEEVERS (57-58), relatifs à la caféine.

En résumé, nous voyons qu'il reste encore beaucoup de questions à résoudre touchant :

- . à la conservation du pouvoir germinatif,
- . aux mécanismes physiologiques de la perte de la vitalité des graines,
- . aux moyens d'entraver les réactions biochimiques qui conduisent à l'inhibition et à la mort de l'embryon,
- . à la vie même de la graine (respiration, par exemple).

Et puis il y a aussi tout ce qui concerne la germination (effets de divers facteurs physiques et chimiques) en complément des résultats déjà acquis. Le métabolisme de la graine au cours de la germination et de la plantule au cours des premiers stades de sa germination est pratiquement inconnu.

## BIBLIOGRAPHIE

### PHYSIOLOGIE DE LA CROISSANCE

#### GERMINATION

36. BACCHI O. - *Bragantia* (Campinas), Vol. 14, n°22, pp. 225-36, 1955.
37. BACCHI O. - *Bragantia* (Campinas), Vol. 15, n°8, pp. 83-91, 1956.
38. BACCHI O. - *Bragantia*, Bras., Vol. 17, n°11, pp. 157-66, n°18, pp. 205-12, n°20, pp. 261-70, 1958.
39. BERTEAU A., Ed. SAUVAGE - *Rev. Gén. Bot., Fr.*, 27, pp. 129-41, 1915.
40. BOREL E. - Rapport de la Station de Tuyên Quang, année 1947, Saigon, Indochine.
41. CARVALHO A., F.J. MONTEIRO SALLES - *Bol. Superint. Serv. do Café, São Paulo*, n°370, pp. 11-20, 1957.
42. CRANDALL B.S., L. ABREGO, B. PATINO, T. VILANOVA - *Café de el Salvador (Rev. Asoc. Cafet. Salvador)* 19 (220), pp. 1701-3, 1949 et repris 19 (222), pp. 1879-81, 1949.
43. DUFOURNET R. - *Bull. Agric. Madagascar*, n°9, pp. 7-10, 1949.
44. DUPRIEZ H. - *Agricultura, Belg.*, 10, n°1, pp. 151-68, 1962.
45. FLUITER H.J. de - *De Bergcultures*, XIII, p. 43, 1939.
46. FRESSANGES R. - Germination et premiers développements des plantules de caféiers in "H. JACQUES-FELIX" - *L'Agron. Trop., Bull. Scient.* n°5, contrib. n°5, pp. 221-2.
47. GENKEL' P.A., CHZHOO SHI-SJUI - *Fiziol. Rasten SSSR*, 5, n°4, pp. 305-9, 1958.

48. MAMPRIM O.A. - Revista de Agricult., Piracicaba, 22, pp. 109-18, 1947.
49. PAGACZ E.A. - Bull. Inform. INEAC, Belg., 9, n°1, pp. 1-6, 1960.
50. PRAT H., E. CALVET - C.R. Acad. Sci., 139, p. 222, 1945.
51. RIBEIRO O. - Bol. Ministr. Agric. R.O., n°32, 1943.
52. SCHWEIZER J. - Archief voor de Koffiecult. in Nederl. Indië, I, pp. 249-71, 1927.
53. TELXEIRA E.F. - Rev. Inst. Café, Saõ Paulo, Bras., ano 11, n° 113, pp. 1004-6, 1936.
54. THOMAS A.E. - East Afric. Agric. jour., pp. 147-52, 1937.
55. TRENCH A.D. - Coffee seed selection - Depart. Agric. Kenya, Bull. n°10, Nairobi 1932.
56. ULTEE A.J. - Arch. voor Koffie-cultuur, n°2, pp. 75-83, Soerabaya, 1933.
57. WEEVERS Th. - Rapport à l'assemblée gén. de la Féd. intern. Pharm. 1927  
(cf. H. JACQUES-FELIX, **10**, p.33).
58. WEEVERS Th. - Ann. jard. Bot. Buitenzorg, sér. 2, Vol. 6, 1907 ; vol. 9, 1910, et Arch.  
Neerland Sci. phys. et Nat. série 38, 5, 1930 (cf. H. JACQUES-FELIX, **10**, p. 33).
59. WIESCHUEGEL E.G. - Exp. Stat. Rec., LXXIV, p. 47, 1936.
60. ANONYME - Fifth Ann. Rep. of the Research Depart. of the Indian Coffee Board, pp. 45-6,  
1951-52.

## B - MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE

Dans de nombreux cas, la multiplication végétative des caféiers s'est révélée utile, voire nécessaire. De nombreux auteurs ont souligné ses avantages et abordé son étude dans tous les pays producteurs de café : aux Indes ex Néerlandaises par CRAMER (129-132), COOLHAAS (128), MEIJER (146) ; en Indochine par BOREL (63), GUINARD (95), du PASQUIER (158) ; aux Indes PATTABHIRAMAN et GOPALKRISHNAN (105-106), THOMAS (116) ; dans l'Est africain par GILBERT (88 à 91), GILLET (92 à 94) ; dans l'Ouest africain par PORTERES (108), SLADDEN (113), EUVERTE (74), VALLAEYS (118) ; à Madagascar par CARRE (124-125), MAISTRE (143), TOURNEUR (168) ; à Haïti par BLANCHET (62) ; en Amérique du Sud par CHOUSSY (127), GONZALES (138), INFORZATO (97 à 99), MENDES (101 et 148 à 150), MONTEALEGRE (101), etc.

Le bouturage et sa variante, le marcottage, ont été utilisés pour la formation de clones à partir de pieds-mères intéressants, et surtout en vue de la multiplication normale du caféier, parallèlement au semis. Il faut dire que ce mode de multiplication a éclipsé tous les autres depuis quelques années, car il permet d'obtenir des champs monoclonaux dont tous les arbres par conséquent sont identiques, et dont la production est homogène.

Le greffage a vu son heure de gloire de 1928 à 1940. Il a servi davantage à la résolution de problèmes biologiques dans lesquels notamment on cherchait l'influence du sujet sur le greffon, ou plus simplement la substitution d'organes défailants ou sensibles d'une espèce par les organes similaires plus résistants d'une autre, qu'à la multiplication proprement dite.

### 1 - Bouturage et Rhizogénèse

On peut distinguer six sortes de boutures selon H. JACQUES-FELIX (26) :

- 1 — les boutures de racines qui auront à différencier des bourgeons caulinaires ;
- 2 — les boutures "plançon" effectuées à partir d'un morceau assez long de tige adulte ;
- 3 — les boutures de parties herbacées ou aoûtées, de tête ou d'un tronçon de la tige principale ou d'un gourmand orthotrope comportant plusieurs nœuds ;
- 4 — les boutures de tête ou d'un tronçon d'une branche latérale comportant plusieurs nœuds ;
- 5 — les boutures à un nœud, clivé ou non ;
- 6 — les boutures de feuilles.

Les boutures de racines (type 1) n'ont donné aucun résultat, bien que l'on ait parfois constaté chez certaines espèces (*C. canephora* var. *robusta*), la formation naturelle de drageons à partir du système racinaire (H. JACQUES-FELIX).

SLADDEN au Congo Belge (113) et FERNIE (76) ont signalé des cas d'enracinement naturel des feuilles (type 6). L'enracinement des feuilles a été obtenu expérimentalement chez *C. arabica* L. par MENDES (101) et OVERBEEK (104), mais ce mode de bouturage n'a pas eu plus de succès que le précédent.

Les boutures "plançon" (bouture type 2) ont une bonne reprise (PORTERES 108) mais ne peuvent être utilisées, car elles nécessitent la destruction de la tige principale de l'arbre.

Des résultats plus substantiels ont été obtenus (H. JACQUES-FELIX) à l'aide des boutures 3, 4 et 5, mais l'utilisation des boutures du 4ème type et celles du 5ème type, lorsqu'elles sont faites à partir de rameaux latéraux plagiotropes, s'est révélée le plus souvent sans intérêt du fait que les plantes obtenues étaient de formes buissonnantes et incapables de donner des rameaux orthotropes (voir chap. Morphogénèse). Cette affirmation de la plupart des auteurs a été réfutée par FERNIE (76-77) qui déclare avoir obtenu deux sortes de plantes avec de telles boutures de *C. arabica* L. et *C. canephora* Pierre.

Les unes donnaient effectivement des plantes "fixées" à rameaux plagiotropes mais les autres pouvaient former, malgré tout, un axe principal. Cependant, chez ces dernières, la croissance de l'axe était relativement lente et l'enracinement difficile. Le bouturage des rameaux plagiotropes (bouture type 4) est donc, semble-t-il, à écarter. Les chances de succès, sans dégradation trop importante de l'arbre "mère" se limitent donc à l'utilisation des boutures des types 3 et 5.

Plusieurs facteurs semblent influencer la rhizogénèse chez les boutures de rameaux orthotropes : la longueur de la bouture, le nombre de nœuds, le nombre de feuilles, la forme de la section, l'endroit du prélèvement sur le rameau, l'humidité et la température, la saison à laquelle la bouture est effectuée, et même l'heure du prélèvement.

En ce qui concerne la longueur, les données oscillent entre 6 et 15 centimètres pour les tronçons de tige. Ces boutures doivent posséder 1 à 3 nœuds, et être pourvues d'une paire de feuilles, et la majorité des auteurs s'accorde pour préconiser l'utilisation de bois jeune ou semi-aoûté vers le sommet des rameaux.

EVANS (75) a utilisé avec succès des boutures de 15 cm à trois nœuds dont un pourvu de feuilles.

Pour GUINARD (95) au Viet-Nam, les boutures de *C. arabica* à deux entre-nœuds sont supérieures aux autres. Les boutures à 3 entre-nœuds se dessèchent plus facilement et perdent la paire de feuilles du nœud médian.

Il a obtenu les résultats suivants : 1 entre-nœud 72 % — 2 entre-nœuds 88 % et 3 entre-nœuds 50 %, de boutures vivantes après 1 an. L'état des feuilles laissées sur la bouture joue aussi un grand rôle. Cet auteur a observé que les boutures dont les feuilles conservées sont à moitié sectionnées ont des bourgeons qui démarrent plus vite que celles auxquelles on laisse des feuilles entières, les meilleures reprises étaient obtenues malgré tout avec les boutures à 2 entre-nœuds et 2 feuilles entières (88 %).

FIESTER, (79-81) auquel nous sommes redevables d'une mise au point et de travaux fort intéressants sur le bouturage, signale qu'à Turrialba (Costa Rica) le matériel idéal est constitué par les 3 premiers nœuds de rameaux orthotropes ; les boutures à un nœud et deux feuilles seraient les meilleures.

Mais un seul nœud portant une paire de feuilles suffit (VALLAEYS 118). On a obtenu des résultats satisfaisants en diminuant la proportion de tige (bouture type 5) ou en séparant en deux parties un morceau de tige avec son nœud, par clivage dans le sens de l'axe du rameau. Les deux boutures qui en résultent comportent chacune une feuille. La réduction de la fraction de tige à sa plus simple expression permet encore d'obtenir des résultats satisfaisants pourvu que le bourgeon axillaire sur le nœud, à la base du pétiole, soit conservé. Ce mode de bouturage par clivage d'un nœud a été préconisé par J.E.T. MENDES (100). Il donne un très important pourcentage de reprise, surtout si l'on a soin de traiter les boutures à l'aide d'auxines. Cet auteur a constaté que le bouturage de rameaux plagiotropes (bouture type 4), par cette méthode, donne également des plantes buissonnantes plagiotropes. Etant donné le nombre de plants que l'on peut obtenir par cette méthode lorsqu'elle s'adresse aux rameaux orthotropes, J.E.T. MENDES propose de l'utiliser comme test pour l'étude des mutations induites artificiellement, de la polyploidisation par la colchicine et autres substances, et pour les études sur la biologie des insectes qui attaquent les feuilles du caféier.

GAIE (85), qui a expérimenté à l'aide de ces boutures à un nœud ou à un nœud clivé, selon la méthode préconisée par MENDES -(loc. cit.)-, a eu un pourcentage bien supérieur d'enracinement avec les boutures à un nœud clivé. Ce type de bouture lui a donné des plantes qui présentaient un système racinaire à racine pivotante comme pour celles issues de semis. En outre, l'axe principal de ces boutures (à 10-12 mois) était susceptible d'être arqué pour la conduite en "multicaule", ainsi qu'il est pratiqué au Congo Belge avec les jeunes plants issus de semis.

La forme (en biseau, horizontale, oblique, etc.) et le niveau de la section de la bouture par rapport au nœud n'a guère d'influence sur l'enracinement selon EVANS (75). Cependant,

cet auteur reconnaît une légère supériorité aux boutures sectionnées en biseau, surtout lorsque la section est effectuée dans un entre-nœud. Dans ce cas, le pourcentage d'enracinement, au bout de 6 mois, est supérieur à celui des boutures dont la section a été opérée au niveau du nœud. La section de la base de la bouture, en forme de double biseau, donne les meilleurs résultats aux Indes (*C. arabica* L.).

L'aoûtéme du bois a une grande importance ; dans certains cas on déconseille l'utilisation de la partie terminale des rameaux orthotropes qui se dessèche et pourrit facilement.

Chez *C. Canephora*, les boutures de rameaux trop aoûtées obtenues à partir de rameaux portant des boutons floraux, des fleurs ou des fruits ne racinent pas, ou difficilement selon FRESSANGES (84).

GUINARD (95) fait une distinction entre ce qu'il appelle bois vert et bois rouge, basée sur la coloration extérieure du rameau. Dans le premier cas, le rameau est semi-aoûté mais encore vert. Dans le second, l'aoûtéme est plus important ; les tanins, condensés dans l'écorce donnent à celle-ci une coloration rouge. Ce sont les premières boutures qui reprennent le mieux, bien que leurs bourgeons axillaires croissent plus lentement.

Nous venons de voir que la plupart des auteurs s'accordent sur la nécessité de bouturer du bois jeune (FERNIE 76, FIESTER 79 80, EVANS 75, ROELOFSEN 110, etc.). Il y a, à ce sujet, une expérience fort instructive de GAIE (85), qui montre bien la diminution de la faculté d'enracinement le long d'un rameau orthotope. GAIE sectionne de tels rameaux en tronçons, comprenant un entre-nœud, un nœud et une paire de feuilles. Chaque bouture est ainsi repérée selon le numéro du nœud prélevé en partant du sommet vers la base du rameau. Les résultats ont été consignés dans le TABLEAU I ci-dessous.

TABLEAU I

INFLUENCE DU STADE DE MATURITE DE LA BOUTURE DE *C. ARABICA* L.,  
SUR SON APTITUDE A L'ENRACINEMENT SELON GAIE (85)

Ordre du nœud à partir du sommet du rameau	Pourcentages						Longueur moyen des racines après 60 jours (en cm)	Observations
	Bout. enracinées après			Bout. nécrosées après				
	60 j	70 j	80 j	60 j	70 j	80 j		
2ème	88,6	92,6	93,1	-	-	-	4,7	Non aoûté
3ème	85,1	90,9	92,6	-	-	-	4,3	Non aoûté
4ème	80,6	87,4	89,2	1,1	1,1	1,1	3,4	Non aoûté
5ème	73,7	84,0	86,8	2,3	2,3	2,9	2,5	Non aoûté
6ème	62,3	77,7	81,7	2,9	2,9	3,4	1,7	Trace d'aoûtéme
7ème	49,1	68,0	74,8	6,3	6,3	6,9	1,1	Début d'aoûtéme
8ème	30,8	41,7	51,4	14,9	14,9	16,6	0,5	Début d'aoûtéme
Moyennes	67,2	77,5	81,4	3,9	3,9	4,4		

On voit brusquement diminuer le pourcentage d'enracinement des boutures prélevées au 5ème nœud, et augmenter le pourcentage des boutures nécrosées, tandis que la longueur moyenne des racines obtenues au 60ème jour diminue graduellement des boutures du sommet du rameau vers celles de la base. L'opinion, selon laquelle les boutures de tête ne sont pas utilisables, semble donc tout à fait erronée.

D'ailleurs, ce fait a été déjà signalé en 1939 par ROELOFSEN et COOLHAAS (111). Ces auteurs ont montré, en effet, que les boutures de tête de rameaux orthotropes ont une rapidité d'enracinement et un pourcentage de reprise bien supérieurs aux boutures de tronçons des mêmes rameaux conseillés par d'autres auteurs.

Les échecs obtenus avec les boutures de tête seraient dûs, selon eux, à ce que l'on a utilisé des boutures trop courtes ; leur longueur doit varier entre 20 et 30 cm. Elles doivent comporter 2 à 3 feuilles et 1 à 2 nœuds au-dessous sur lesquels les feuilles et les rameaux latéraux doivent être supprimés.

Des boutures de ce type racinent plus vite que les boutures de tronçons, soit au bout de 1 mois 1/2 à 2 mois. Cependant, il peut en subsister qui, au bout d'un an, n'ont pas encore de racines (ROELOFSEN 110).

FIESTER (80) indique que le milieu le plus favorable au bouturage du *C. arabica* L. à Turrialba (Costa Rica) est obtenu en réglant la température entre 25 et 30° C et l'humidité à 90-100 % ; la lumière solaire n'est atténuée que lorsqu'elle est vraiment trop intense. GAIE (85) n'a pas constaté d'effet néfaste d'une baisse de température pendant la nuit lorsque celle-ci ne descend pas au-dessous de 15° C. GUISCAPRE-ARRILAGA (96) conseille, pour obtenir un enracinement à 88 %, de régler l'humidité sous chassis par une pulvérisation presque continue d'eau ; GAIE (85) est de cet avis, mais il ne laisse les boutures en atmosphère saturée d'eau que pendant la première quinzaine.

VALLAEYS (118) a remarqué, au contraire, qu'un excès d'humidité augmentait le pourcentage des nécroses et de la pourriture des boutures ; il préconise un arrosage tous les deux jours seulement. GUINARD (95) obtient les meilleurs résultats en donnant une quantité d'eau correspondant à une chute de pluie de 2 mm par jour.

Dans les pays tropicaux, la saison sèche est la période critique pour le bouturage (GUINARD 95 - VALLAEYS 118). Au Kenya, EVANS (75) a remarqué que les mois de Mars à Juin, puis d'Octobre à Novembre, étaient les plus favorables au bouturage. Ces mois correspondent, en effet, dans ce pays, aux deux saisons des pluies. Il précise que le bouturage est influencé bien davantage par l'humidité que par la température. Le même auteur, ayant effectué des prélèvements de boutures sur des rameaux orthotropes de *C. arabica* tout le long du jour, a obtenu une reprise nettement plus importante dans les lots préparés entre 8 et 13 heures.

Si difficile que paraisse le bouturage de certaines espèces ou des rameaux aoûtés, leur enracinement n'est systématiquement pas bloqué par un système irréversible si l'on en croit les résultats obtenus au Congo Belge par VALLAEYS (118). Cet auteur a pu provoquer l'enracinement des boutures de *robusta* en les maintenant en culture aseptique. Pour cela, le sol était stérilisé à l'aide de chloropicrine, tandis que les boutures étaient désinfectées par un traitement au "Fermate" (préparation commerciale renfermant 76 % de diméthyl dithiocarbamate ferrique à 5 %) pendant 15 minutes. Avec un arrosage tous les deux jours, les nécroses ne s'installent pas.

Dans ce cas, la néoformation des racines s'est révélée plus ardue et plus lente. Mais le pourcentage de reprise a été, en définitive, fort acceptable, soit 61,1 % au bout de 6 semaines et 80 % au bout de 8 semaines, sans aucune bouture nécrosée, les 20 % restants ayant donc encore toute chance de raciner.

A signaler que les essais de cicatrisants (Sol. de sulfate de cuivre à 6 % ou sol. de bichromate de potassium à 6 %) faits par cet auteur n'ont abouti qu'à augmenter le taux de nécroses, les tissus étant tués au-delà de la cicatrice par ces substances.

## a - Préparation des rameaux au bouturage

Il est facile de dire que les boutures doivent être faites avec des rameaux orthotropes, plus difficile est d'en trouver. Sur un jeune pied, il n'y a qu'un rameau orthotrope, c'est la tige principale, la sacrifier ne serait pas de bonne politique, aussi on a imaginé plusieurs procédés de préparation des arbres "mère" au bouturage. Le recepage est un moyen radical qui provoque le départ sur la souche de nombreux scions droits, certaines ablations provoquent le départ de rameaux orthotropes qui remplacent la tige principale ; mais une méthode plus élégante consiste simplement à plier les rameaux orthotropes simples ou les branches ; cette arcure les oblige à ramifier et l'on peut obtenir les rameaux orthotropes désirés.

Sans vouloir trop entrer dans les détails, il nous faut signaler encore une autre méthode de préparation des rameaux au bouturage. Devant le délai important de l'enracinement des boutures du caféier, 2 mois à 1 an, certains auteurs se sont préoccupés de "préparer" les rameaux. Leur manque-t-il de l'auxine ? Leur manque-t-il des substances de réserve ? Ne sont-ils pas habitués, autrement dit est-ce qu'ils ont besoin d'être conditionnés, préparés à la séparation du pied même, préparés à la blessure ? Lorsqu'un rameau est séparé de la plante, il lui faut vivre sur lui-même et former des racines qu'il n'a plus. Ce conditionnement consiste à pratiquer, en général, une annellation du rameau que l'on se propose de bouturer. Il y a ainsi une préparation à la blessure, un début de sevrage et, de plus, dans la partie située au-dessus de l'annellation s'accumulent les produits de la photosynthèse, des carbohydrates, des auxines, etc.

ROELOFSEN et COOLHAAS (111) pour leur part, ont constaté que cette annellation, pratiquée sur des gourmands quelques mois avant le prélèvement des boutures, était préjudiciable à ces dernières.

Mais PATTABHIRAMAN et GOPALKRISHNAN (105), qui ont étudié de façon systématique cette méthode de préparation sur *C. canephora* var. *robusta*, ont constaté que l'annellation 1 mois seulement avant le prélèvement de bouture (comprenant 1 nœud feuillé) n'avait pas d'influence si cette annellation portait sur un seul entre-nœud. Par contre, si elle était pratiquée pendant une période de croissance vigoureuse d'un gourmand, et à chaque entre-nœud, le coefficient d'enracinement des boutures à un nœud prélevées ensuite sur ce gourmand annelé par rapport à celles prélevées sur un gourmand non annelé, avait un rapport de 9 à 1.

## b - Action de substances stimulatrices de la croissance

De nombreuses substances ont été utilisées avec des fortunes diverses pour favoriser la rhizogénèse : l'eau chaude ou froide, le gaz carbonique, le permanganate de potassium, le sucre de canne, le nitrate d'ammonium, l'urine de bovidés et des extraits d'urine, ainsi que des substances de synthèse à action auxinique, l'acide  $\beta$  indol acétique, l'acide  $\beta$  indol propionique, l'acide  $\beta$  indol butyrique, l'acide  $\alpha$  naphthalène acétique, l'acide 2,4 dichlorophenoxyacétique (BUGNICOURT 67).

Le permanganate de potassium s'est révélé absolument néfaste (VALLAEYS 118) et les trempages à l'eau froide ou chaude inefficaces (GUINARD 95, EVANS 75). Quant à l'action bénéfique du gaz carbonique sur la rhizogénèse mise en évidence par ZIMMERMAN et HITCHCOCK (26), elle n'a pas été retrouvée par GILLET (92-94).

Par contre, l'extrait d'urine de bovidés qui renferme une certaine quantité d'hétéro-auxine, préconisé par PATTABHIRAMAN et GOPALKRISHNAN (105) a provoqué aux Indes la reprise de 87,6 % de boutures de *C. canephora* var. *robusta*. Cet extrait favorise aussi le bouturage lorsqu'il est précédé d'un pseudo-marcottage aérien au cours duquel est donné le traitement. Ce pseudo-marcottage consiste en une annellation des rameaux à bouturer ; les annellations sont pratiquées de distance en distance aux endroits où seront sectionnées les boutures. Les plaies sont badigeonnées à l'aide de l'extrait d'urine et maintenues humides pendant 15 à 20 jours. Les boutures prélevées sur ces rameaux reprennent à 83 %.

L'action de l'urine de bovidés a été confirmée par EVANS (75) sur des boutures de *C. arabica* L. Une solution à 1 % (1 cm<sup>3</sup> pour 100 cm<sup>3</sup> d'eau) d'urine de vache accélère l'enracinement au bout des 3ème et 4ème mois de bouturage, mais n'accroît pas le pourcentage de boutures racinées au bout du 6ème mois.

En ce qui concerne les effets des substances de croissance sur la rhizogénèse, les avis sont très partagés.

Dans les expériences réalisées par GAIE (85) au Congo Belge sur *C. arabica* L., les acides  $\beta$  indol butyrique et  $\alpha$  naphthalène acétique se sont montrés totalement inefficaces sur des boutures à un nœud trempées pendant 24 heures dans des solutions à 50 et 75 mg/l ou pendant 5 secondes dans des solutions plus concentrées à 4 000 et 10 000 mg/l. Les boutures ainsi traitées ont donné un pourcentage d'enracinement inférieur aux témoins.

L'emploi de produits commerciaux Rh A. (à base d'acide  $\beta$  indol acétique) Rh B. (à base d'acide  $\alpha$  naphthalène acétique, et Ro (composé de : 0,05 % de thiourée, 0,4 % de naphthalène acétamide et 0,05 % d'acide 2 méthyl-1 naphtylacétique) n'ont pas donné de meilleurs résultats. Les boutures à un nœud clivé racinaient cependant mieux que les boutures à un nœud non clivé en présence de ces produits.

FERNIE (76) puis PRESSANGES (33-84) n'ont pas observé non plus d'effets de ces substances sur l'enracinement. Par contre, de nombreux auteurs sont d'un avis tout à fait différent (GUISCAFRE-ARRILAGA (96), GILBERT et JACKSON (89), INFORZATO (97 à 99), VALLAEYS (118), ROELOFSEN et COOLHAAS (111), etc.). GUISCAFRE-ARRILAGA (96) a observé une accélération de l'enracinement par les substances de croissance, mais il précise que leur emploi ne détermine pas forcément la production de racines dans tous les cas.

L'acide  $\beta$  indol butyrique n'augmente pas le nombre de racines formées, mais leur vigueur (VALLAEYS 118). Le trempage rapide de boutures de *C. canephora* var. *robusta* dans une solution concentrée à 0,25 % d'A.I.B. a un effet stimulant sur la vitesse et la vigueur de l'enracinement mais non sur le pourcentage de réussite globale après 2 mois. L'utilisation d'une solution encore plus concentrée (0,5 %) tout en ayant un effet certain sur la vigueur de l'enracinement a montré un effet dépressif sur le pourcentage de reprise. VALLAEYS (118), ROELOFSEN et COOLHAAS (111), partisans des boutures de tête, ont obtenu des résultats peu encourageants par un trempage de longue durée dans une solution à 200 mg/l. Ils ont bien observé une rapidité de l'enracinement accrue avec des solutions de faible concentration, mais une mortalité des boutures également très importante, surtout chez les boutures non terminales. Par contre, ils eurent avec ces dernières un pourcentage de reprise nettement amélioré par l'application de lanoline additionnée de substance de croissance.

Dans les expériences réalisées par EVANS (75), on retrouve aussi un effet stimulateur évident des diverses auxines et de leurs préparations commerciales sur les boutures de *C. arabica* L. Les traitements comprenaient : le trempage des boutures pendant 2 secondes dans une solution concentrée d'auxine : acide  $\beta$  indol acétique (A.I.A.) 125 à 750 mg ; acide  $\beta$  indol butyrique (A.I.B.) 125 à 1 000 mg ; acide  $\alpha$  naphthalène acétique (A.N.A.) 125 à 2 000 mg ou acide 2,4 dichlorophénoxyacétique 125 à 1 000 mg dans 100 cc. d'un mélange à parties égales d'eau et d'alcool méthylique.

L'A.I.B. aux concentrations 125 et 250 mg % accélérât l'enracinement pendant les 3ème et 4ème mois, mais n'avait pas d'influence sur le total de la reprise au 6ème mois. L'A.N.A. à 0,25 % accélérât, non seulement l'enracinement aux 3ème et 4ème mois, mais le pourcentage de reprise au 6ème mois ; l'A.I.A. donnait des résultats comparables à l'A.N.A.

Des traitements plus longs ont eu également des succès, par exemple un trempage d'une durée de 18 heures, à l'aide de 100 ppm ( $10^{-4}$ ) d'acide  $\beta$  indolyl acétique de boutures de jeunes pousses de *C. arabica*, provoque l'enracinement de 79 % d'entre elles au bout de 9 semaines, tandis que, dans le même temps, 3 % seulement des boutures-témoin racinent. (STOUTEMEYER cité par PEARSE 107). L'A.I.A. utilisé aussi (en solution dans la lanoline) a donné de très bons résultats, et JACKSON (89) a préconisé l'usage du vide pour faire mieux pénétrer l'auxine dans les tissus.

INFORZATO (99) a montré que plusieurs substances dérivées du noyau indol comme l'hétéroauxine étaient actives sur la rhizogénèse. REANO (109) a obtenu également des résultats positifs aux Philippines en appliquant toute une gamme d'auxines, et a fait l'étude anatomique comparative des cals obtenus.

Les auxines agissent aussi en mélange avec des substances diverses. Les seuls résultats peu probants en ce qui concerne l'action des produits commerciaux sont, semble-t-il, ceux de GAIE dont nous avons parlé plus haut et qui sont relatifs aux produits RhA, RhB et Ro. Par contre, SUNDARAM (115) a obtenu de très bons résultats en traitant des boutures de *C. arabica* L. à l'aide d'un mélange comprenant de l'A.I.A. 100 mg/l, du nitrate d'ammonium 0,2 % et du dextrose 3 %. Elles agissent enfin sous forme de préparations commerciales comme la "rootone" (DOMINGO et CATABAY 73), l'hortormone A. (ARROYO 61, EVANS 75) ou le seradix (EVANS 75). La rootone stimule à la fois la production des racines et la croissance des boutures. Les boutures de bois dur présenteraient même avec ce produit un pourcentage de reprise supérieur à celle de bois demi-aoûté ou aux boutures apicales (DOMINGO et CATABAY 73). L'hortormone A en poudrage ne donne pas des résultats toujours régulièrement positifs, mais en solution à 0,5 % et trempage 2 secondes EVANS (75) a obtenu une accélération de l'enracinement au 6ème mois.

Il semble enfin qu'un seul traitement au moment de la mise en place de la bouture ne soit pas suffisant pour maintenir un niveau optimum d'auxine dans la bouture pendant la longue période nécessaire à la néoformation des racines, car EVANS (75) a pu augmenter le pourcentage de racines grâce à une seconde application au 2ème mois, après la formation du cal.

On peut donc conclure que les auxines stimulent en général la rhizogénèse chez le caféier. Si FERNIE (loc. cit.), puis FRESSANGES (loc. cit.) n'ont pas observé cet effet, ceci peut être expliqué par le fait, tout d'abord, que ces auteurs n'ont peut-être pas pris les précautions nécessaires en pareil cas et qu'ils se sont adressés à des clones ou, comme FRESSANGES, à des variétés particulièrement réfractaires à la rhizogénèse (*C. excelsa* Chev.). En outre, cet échec peut être imputé aussi aux concentrations utilisées. Ainsi, dans les expériences de JACKSON (89), l'A.I.A. exerçait une action favorable à la concentration  $10^{-4}$  (1/10 000), tandis que cette substance était toxique à  $4.10^{-4}$  (4/10 000).

### c - Particularités de la rhizogénèse chez le Caféier

Il a été noté tout d'abord la diminution progressive de la faculté de néoformation des racines le long d'un rameau orthotrope. Ceci est également remarquable lorsque l'on augmente la longueur prélevée du rameau. En principe, par conséquent, c'est dans les boutures de tête (apicales) que doit se trouver concentrée la faculté maxima de génération des racines, en principe seulement, car les résultats obtenus par les boutures de tête sont contradictoires. Si ROELOFSEN et COOLHAAS (111) obtiennent une meilleure reprise c'est qu'ils prélèvent des boutures longues de 20 à 30 cm dont la base intéresse des tissus déjà semi-aoûtés. Il y a aussi le problème soulevé par VALLAEYS (118). Tous les tronçons d'un rameau sont susceptibles de raciner si on les préserve de l'action des agents pathogènes ; selon cet auteur il suffit de bouturer en milieu aseptique, et les rameaux les plus lignifiés, les plus aoûtés, arrivent à émettre des racines. Des résultats similaires ont été obtenus par EUVERTE (74) à Madagascar.

JACQUES-FELIX (96) attire l'attention sur le fait que les boutures plançons, longue portion de l'axe principal de caféiers adultes dont l'usage a été conseillé par PORTERES (108), racinent plus sûrement que toute autre partie de l'arbre. Il pense que plus un rameau est tronçonné, c'est-à-dire plus les boutures sont courtes, moins elles ont de chance de raciner, car elles n'ont que très peu de polarité hormonale. En outre, il émet l'hypothèse que la faculté de raciner s'accroît en descendant vers la base de l'arbre, d'où l'intérêt de bouturer des rameaux situés aussi bas que possible... voire des racines ; les résultats de GAIE (loc. cit.) semblent démontrer le contraire.

En ce qui concerne la rhizogénèse, il faut chercher à en expliquer le mécanisme à la lumière des travaux de BOUILLENNE (64 à 66) et de GAUTHERET (86-87). La formation de la rhizocaline par les parties aériennes, et de la caulocaline par les racines ne peut expliquer, dans notre cas, les particularités de la rhizogénèse. Certes, les boutures herbacées forment leurs racines avant de développer sensiblement leurs bourgeons, ce qui leur permet de mieux résister (CHEESMAN et SPENCER 69), mais c'est sans doute que ces boutures disposent d'une partie aérienne capable de sécréter la fameuse rhizocaline (BOUILLENNE 64 à 66) qui règle la formation des racines.

Tandis que, si les boutures aoûtées ne peuvent raciner, c'est peut-être que le centre de formation de la rhizocaline (le bourgeon) est insuffisamment développé.

Dans l'expérience de FRESSANGES (83-84), où l'on a greffé un pivot, une racine principale sur une bouture incapable de raciner mais qui a déjà formé un cal, il y aurait néo-formation de racines par l'apport de rhizocaline dont la greffe est pourvue. Ceci rappelle les résultats de CAMUS (68) sur l'induction d'une vascularisation d'un tissu non différencié sous l'influence de la greffe d'un bourgeon.

Avec les boutures clivées, ayant par conséquent une feuille avec son bourgeon axillaire et une moitié de tronçon du rameau correspondant, divers auteurs après MENDES (101) ont vu se différencier sur le talon de la bouture et dans l'alignement du bourgeon plusieurs racines dont l'une prenait le pas sur les autres, donnant ainsi rapidement un système souterrain pivotant comme dans les plantes issues de semis. Il faut voir là une augmentation de l'effet du bourgeon et de la feuille sur la formation et le développement des racines due à une réduction de moitié des tissus de la tige qui perturbent plus ou moins, chez d'autres boutures, la polarité et le transport des hormones.

On a observé aussi très souvent que les parties aériennes n'exerçaient leur action sur la différenciation de racines qu'après un temps très long, et l'on a pensé que les feuilles, et surtout les bourgeons et, en particulier, le bourgeon terminal, exerçaient une inhibition sur l'enracinement.

GUINARD (95) a remarqué que les boutures, chez lesquelles le développement des bourgeons axillaires était le plus rapide, racinaient moins facilement. Il y a donc une balance partie aérienne, partie souterraine. Ainsi, lorsque les feuilles d'une bouture sont coupées, le départ des bourgeons est plus rapide, mais le pourcentage d'enracinement diminue.

La suppression du bourgeon terminal chez les boutures de tête n'accroît pas cependant le pourcentage de boutures racinées, mais aurait toutefois une influence favorable sur la vitesse d'enracinement aux 3ème et 4ème mois (EVANS 75). Peut-on en conclure à une action légèrement inhibitrice du bourgeon terminal ? Ceci irait à l'encontre de la théorie de la rhizocaline dont nous avons parlé plus haut !

On ne sait pas, d'ailleurs, si la présence ou le développement du bourgeon empêche le développement radicaire par inhibition ou par mobilisation de l'eau et des substances de réserve.

Pour qu'une bouture ne racine pas avant 4 mois, parfois un an, il existe un facteur limitant non négligeable. Peut-être est-ce une difficulté d'hydratation, une carence de l'histogénèse, un défaut de polarité hormonal, la présence d'un inhibiteur (la caféine, par exemple) ? Ce sont autant de questions qui, à notre avis, n'ont pas reçu de réponse.

En ce qui concerne la caféine, sa teneur ne semble pas être en relation avec la faculté de rhizogénèse car les variétés (*C. canephora* var. *robusta*) qui en renferment le plus ne sont pas celles qui ont le plus de difficultés à former des racines. Le trempage dans l'eau 24 H. avant la mise en place des boutures, qui augmente la réussite de 15 à 25 % chez le théier, n'a pas donné de résultats chez *C. arabica* L. (GUINARD 95, EVANS 75). Bien au contraire, après 10 mois, 79 % des boutures sans trempage sont encore vivantes, contre 58 % chez celles qui ont été trempées (GUINARD 95). Par contre, il y a peut-être une action inhibitrice qui demande à être contrebalancée par un apport d'auxine, substance dont la bouture est incapable de faire la synthèse. C'est peut-être la raison du succès d'un deuxième traitement au cours du bouturage ?

Enfin, FRESSANGES (83-84) pour en revenir encore à son expérience de greffe de racine, provoque par cette méthode l'enracinement de variétés qui tout en n'étant pas impossibles à bouturer, ne peuvent être classées parmi les plus aptes à l'enracinement. Or, ces mêmes variétés, si l'on en croit les résultats très fragmentaires de cet auteur, répondent mal aux auxines.

N'y a-t-il pas, entre les Excelsoïdes (*C. excelsa* Chev., *C. liberica* Hiern) et le groupe comprenant les Canéphoroides (*C. canephora* var. *robusta*, *C.c.* var. *kouilouensis*) et le *C. arabica* L., une disparité, les premiers répondant à une greffe des racines, les secondes aux auxines. Bien d'autres question viennent à l'esprit encore...

## BIBLIOGRAPHIE

### MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE

#### BOUTURAGE

61. ARROYO C. - Suelo Tico, n°23, pp. 335-8, 1950.
62. BLANCHET - Bull. Agric. Haiti, n°3, pp. 13-4, 1950.
63. BOREL E. (1947) - Observations sur la Culture du Caféier - Rapport orig., Saïgon, 1947 (cf. COSTE 4).
64. BOUILLENNE R. (1951) - La rhizogénèse - Coll. Intern. du C.N.R.S. Strasbourg Juillet 1949 - Publ. in Année Biologique, T. 26, 1950 et Arch. Inst. Bot. Liège, Vol. 19, (1948-49) 1951.
65. BOUILLENNE R., M. BOUILLENNE (1938) - Contribution à l'étude de la Néof ormation et de la croissance des racines - Bull. Soc. Roy. Bot. Belge, 29, pp. 43-67, 1938.
66. BOUILLENNE R., M. BOUILLENNE-WALRAND - Lejeunia, 11, pp. 17-36, 1947.
67. BUGNICOURT F. - Bull. Econ. Indochine, Gouv. Général, Fasc. II, 42 p., Saïgon, 1942.
68. CAMUS G. (1949) - Recherches sur le rôle des bourgeons dans les phénomènes de morphogénèse - Thèse Doct. es-sciences Univers. Paris, 1949.
69. CHEESMAN E., G. SPENCER - Trop. Agric., 8, pp. 201-3, 1936.
70. CHOUARD P. (1939) - Les hormones de croissance et leur emploi pratique spécialement dans le bouturage - Rev. Bot. Appl., n°212, pp. 255-70, et n°213, pp. 333-50, 1939.
71. CHAVANCY A., J. LANFRANCHI, A. GUINARD - Arch. des Rech. Agron. et Past. au Viet-Nam, n°19, pp. 131-49, Saïgon, 1953.
72. COOPER W.C., U.T. STOUTEMEYER - Trop. agric., XXII, 2, p. 21, 1945.
73. DOMINGO B.S., F.G. CATABAY - Araneta J. Agr., 8, 1, pp. 28-38, 1961.
74. EUVERTE G. (1954) - Le caféier Robusta en Afrique - Doc. Ronéo, Stat. Ivoloïna, Madagascar, 1954 (cf. COSTE, 4, p. 86).
75. EVANS H.R. - Trop. Agric., Trinidad, 35, n°1, pp. 65-76, 1958.
76. FERNIE L.M. - East Afric. Agric. Jour., V., 4, pp. 323-9, 1940.
77. FERNIE L.M. - Kenya Coffee (Nairobi), Vol. XXVI, n°310, pp. 379-83, 1961.
78. FERWERDA F.P. - Emp. Jour. of Exp. Agric., 11, n°7, pp. 189-99, 1934
79. FIESTER D.R. - Turrialba, Costa-Rica, I, pp. 146-9, 1951.
80. FIESTER D.R. - Thèse non publiée photocopiée Inst. Interam. Ciencias Agric. Turrialba (Costa Rica) 92 p. 20x24, Jul. 1952.
81. FIESTER D.R. - Turrialba (Costa Rica) Vol. 7, n°3, pp. 57-64, 1957.
82. FLUITER H.J. de - Bergcult., 11, 34, p. 1226, 1957.
83. FRESSANGES R. - Bull. Centre Rech. Agron. Bingerville, 2° trimestre, pp. 1-12, 1951.
84. FRESSANGES R. - in H. JACQUES-FELIX, 10, pp. 232-5, 1954.

85. GAIE W. - Bull. Informat. INEAC, Belg., 6, n°3, pp. 175-96, 1957.
86. GAUTHERET R.J. (1959) - La culture des tissus végétaux (Masson et Cie, Edit.) Paris, 1959.
87. GAUTHERET R.J. - C.R. Acad. Sci., Paris, T. 253, pp. 1514-6, 1961.
88. GILBERT S.M. - East Afric. Agric. Jour., XII, 2, p. 73, 1946.
89. GILBERT S.M., T.H. JACKSON - East Afric. Jour., n°3, pp. 229-34, 1937.
90. GILBERT S.M. - Trop. Agric., n°11, pp. 209-10, 1944.
91. GILBERT S.M. - East Afric. Agric. Jour., XII, 2, p. 73, 1946.
92. GILLETT S. - East Afric. Agric. Jour., I, pp. 76-83, 1935.
93. GILLETT S. - Malayan, Agric. Jour., 23, pp. 488-92, 1935.
94. GILLETT S. - Emp. Jour. of Exp. Agric., n°2, Juillet 1935 (Res. in "Rev. Bot. Appl. p. 211, 1936).
95. GUINARD A. - (Voir Chavancy A, J. Lanfranchi, A. Guinard 71)
96. GUISCAFRE-ARRILAGA J. - Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci., 48, pp. 279-90, 1946.
97. INFORZATO R. - Marchés coloniaux, III, 95, p. 1251, 1947.
98. INFORZATO R. - Bol. Sup. Serv. do Café, São Paulo, 21, pp. 288-93, Juin 1946.
99. INFORZATO R. - Bol. Superint. Serv. Café, São Paulo, 23, pp. 736-40, 1948.
100. MAYNE W. - The Planter's Chronicle Déc. 1938 et East Afr. Agr. Jour., V, 3, pp. 186-9, 1939.
101. MENDES J.E.F. - Bragantia, X, n°7, pp. 209-11, Juil. 1950.
102. MONTEALEGRE M.R. - Rev. Inst. Def. Café Costa Rica, XVII, pp. 189-96, 1946
103. NAUNDORF G. - Contribucion a la propagacion vegetativa del Café - Publ. tech. Estacion Agr. Exp. de Palmira, pp. 97-101, 1950.
104. OVERBEEK J. Van (1946) - Ann. Rep. of the Inst. of Trop. Agric. Puerto Rico 1944-45, pp. 12-57, 1946.
105. PATTABHIRAMAN T.V., K.S. GOPALKRISHNAN - Current Sci., 16, 12, p. 385, 1947.
106. PATTABHIRAMAN T.V., K.S. GOPALKRISHNAN - Indian Coffee, pp. 39-41, Févr., 1950.
107. PEARSE H.L. (1948) - Growth substances and their practical importance in horticulture - Commonwealth Bureau of Hortic. and Plantation Crops - Techn. Communic. n°20, 233 p., 1948.
108. PORTERES R. - Rev. Bot. appl., 15, pp. 682-94, Sept. 1935.
109. REANO P.C. - Philipp. Agric., XXIX, 2, p. 87, 1940.
110. ROELOFSEN P.A. - Bergcult., XIII, 29, p. 994, 1939.
111. ROELOFSEN P.A., C. COOLHAAS - Arch. voor de Koffiecult., 13, pp. 87-150, 1939.
112. SCHWEIZER J., J.C. S'JACOBS - Bergcult., XII, 45, p. 1526, 1938.
113. SLADDEN G.E. - C.R. VIIè Congrès Intern. Agric. Trop. et Subtrop. pp. 147-8, Paris, 1937.
114. SPANJERSBERG G., R. GAUTHERET - C.R. Acad. Sci., Paris, T. 255, pp. 19-23, 1962.
115. SUNDARAM S. - Indian Coffee, XVII, n°2, pp. 31-41, 1953.
116. THOMAS K.M., R.L. NARASIMHASWAMY - Indian Coffee Board, Monthly Bull., XII, 4, pp. 3-5, 1948.
117. TRIANA J.V. - Bol. Inf., Colombia, pp. 29-34, 1951.
118. VALLAEYS G. - Bull. Inf. INEAC, I, n°3, pp. 205-28, 1952.
119. VERLEYEN E.J.B. (1948) - Le bouturage et les substances de croissance synthétiques, Anvers 1948.

## 2 - La greffe

Il n'est plus guère parlé du greffage à présent, bien qu'il ait rendu de très grands services par le passé. On peut le considérer à la fois comme une méthode de multiplication et comme une méthode chirurgicale.

Par son intermédiaire, on a pu multiplier comme avec le bouturage des clones intéressants, et créer ainsi, à partir d'un petit nombre de pieds-mères, des plantations plus uniformes que par semis, avec une production également plus homogène. Des hybrides non fixés peuvent ainsi être multipliés sans dommages. La multiplication d'arbres-mères issus de croisements ou d'une sélection généalogique peut assurer une production de semences plus importante.

L'application chirurgicale réside dans l'ablation d'organes défailants pour leur remplacement par des organes plus jeunes et plus robustes. On a pu ainsi améliorer le rendement de plantations peu productives (SLADDEN 163) et régénérer ou rajeunir de vieilles plantations (CRAMER 129-131). De même, on a pu substituer sur les arbres les parties malades ou sensibles à certaines maladies, par des organes plus résistants.

Ce sont surtout les Hollandais qui ont étudié le greffage et ses applications possibles à Java. Ils ont préconisé notamment le greffage du *C. arabica* L. dont les racines étaient très sensibles aux nématodes (*Tylenchus*) sur des racines de *C. liberica* Hiern, espèce résistante. Des expériences de ce genre répondant à des objectifs similaires ont été tentées par la suite dans diverses régions de culture (THIERRY cité par COSTE 4). On peut penser, par exemple, au greffage d'espèces sensibles aux maladies du système racinaire sur des racines d'espèces résistantes à ces maladies, greffe de la partie aérienne de variétés productives, et aux racines déficientes sur le système racinaire d'une variété peu productive, mais à système racinaire vigoureux, etc.

Les études des Hollandais sur le greffage en Extrême-Orient ont abouti cependant à trois applications qui ont fait grand bruit : la multiplication d'un hybride naturel de grande vigueur *C. liberica* X *C. arabica* ; la création de plantations monoclonales, et la rejuvénation des plantations par des greffages spécialement adaptées à chaque cas.

C'est le Dr CRAMER qui est le promoteur des plantations monoclonales pratiquées à partir d'un ou de plusieurs pieds-mères, ceci dans le but d'obtenir des plantations régulières à floraison et fructification groupées assurant une récolte homogène. Les premiers essais furent faits aux stations de Buitenzorg et Bangelan à Java. Malheureusement, on s'aperçut que la production de plantations de ce genre était inférieure à celle de plantations issues de semis (*C. excelsa*).

Les raisons de cet échec résident, selon COSTE, dans le fait que pour fleurir, les arbres doivent le faire rigoureusement ensemble, sous peine d'avoir une quantité moins importante de fleurs fécondées. L'idée est venue alors d'associer plusieurs clones dans une plantation pour obtenir une fécondation croisée (CHOUSSY 127), mais on préfère s'en tenir, jusqu'à présent, aux plantations issues de semis ou de boutures.

La rejuvénation des plantations a fait l'objet de nombreuses publications ; les principales ont été retenues dans la bibliographie placée à la fin de ce chapitre (COOLHAAS 198, CRAMER 129-131, LAINS e SILVA 141, MULLER 154).

D'après COOLHAAS (198), chez le *C. canephora* var. *robusta*, les branches secondaires sont de même nature que la branche principale. On observe à l'aisselle des feuilles les bourgeons sériaux, vers la partie basse de l'aisselle et au-dessus deux bourgeons : le légitime et l'axillaire. Les premiers se développent en fleurs (voir Chap. Morphogénèse), mais un ou deux peuvent arriver à donner des branches latérales faibles qui ne porteront pas de fruits. Une tige qui présente des branches latérales primaires est appelée "branche en fouet" (whip shaped branche) tandis que si elle présente des branches primaires et secondaires, elle est appelée "branche en éventail" (fan shaped branche). Le greffage d'une branche "fouet" sur une branche herbacée du sommet d'une vieille tige donnera une greffe en "fouet" avec fructification précoce et abondante. Le greffage

d'une branche "éventail" produit une greffe en forme d'éventail qui stimulera avec succès une forte croissance des racines et de la tige. La première a été plus spécialement utilisée pour la rejuvenation sélective de jeunes plantations issues de semis, en vue d'accroître la production.

Les deux types de greffes de branches montreront une croissance plagiotropique seulement ; certains clones cependant, dans le cas des "branches éventail", présentent un développement semi-orthotrope. Les greffes aoûtées qui peuvent se développer en branches secondaires doivent être évitées. La greffe de branche a seulement un intérêt pour la rejuvenation sélective parce que la greffe de branche, contrairement à la greffe de tige orthotrope, permet de sauter le stade juvénile (COOLHAAS 128).

Il y a un aspect de l'application de la technique du greffage qui n'a fait qu'être effleuré en ce qui concerne le caféier.

RABECHAULT (159) avait pensé, voici une dizaine d'années, que l'on pourrait appliquer le greffage à l'étude de la caféinogénèse, ainsi que plusieurs auteurs l'avaient déjà fait pour l'étude de la biosynthèse d'autres alcaloïdes, la nicotine par exemple.

MOTHES (152-153) avait montré, en effet, en 1928, que la nicotine ne pouvait se former dans les feuilles isolées de tabac. Plus tard, BERNHARDINI (121) greffant un tabac sur une tomate s'est aperçu que le tabac ne pouvait pas synthétiser de nicotine. Les recherches qui furent entreprises par la suite ont montré que la nicotine était synthétisée au niveau des racines.

En supposant que la biosynthèse de la caféine procède du même principe, on aurait pu produire du café sans caféine par le greffage de caféiers cultivés sur des Mascarocoffea, caféiers sauvages de Madagascar, sans caféine. Malheureusement, des travaux récents sur la caféinogénèse ont montré que la caféine était formée dans les jeunes feuilles et le greffage de *C. arabica* L. sur *Polysphaeria congesta* (une plante sans caféine voisine des Coffea) tenté par RABECHAULT (159) n'a pas réussi (voir plus loin Chap. Incompatibilité).

Plusieurs auteurs (H. JACQUES-FELIX 26) ont attiré l'attention sur le fait que le sujet pouvait avoir une influence non négligeable sur le greffon, et ne pas se comporter simplement comme un support. Ceci a été mis en évidence depuis longtemps chez les arbres fruitiers des régions tempérées et on en trouve un premier avertissement dans le fait que beaucoup de variétés de caféiers sont incompatibles, et que leur greffe, de ce fait, n'a jamais pu être réalisée.

Il est fort possible, au cas où la caféine se fut formée dans les racines, et si l'on avait obtenu la reprise d'une greffe d'un caféier cultivé sur un caféier sauvage sans caféine, que le café obtenu ne fût pas consommable, car à la place de la caféine, les caféiers sauvages renferment un principe amer : la coffeamarine ou cofeamarine.

En ce qui concerne les méthodes de greffage, nous conseillons au lecteur de se reporter aux travaux traitant de cette question comme ceux de MAISTRE (143), CARRE (124-125), SLADDEN (163) etc. ainsi qu'à l'ouvrage général de COSTE (4).

On a appliqué au Caféier la plupart des méthodes de greffe, la meilleure serait la greffe en fente anglaise et en "trait de Jupiter". La réussite des greffes découlant d'une certaine habileté manuelle car les résultats varient, en effet, dans une grande proportion, d'un praticien à l'autre, il fut imaginé par CARRE (124) d'appliquer les techniques de greffage à la machine utilisées déjà en France en viticulture. Le pourcentage de reprise fut considérablement accru (70 % en saison favorable). A notre connaissance, les greffes d'embryons n'ont jamais été tentées chez le caféier. Par contre, DYBOWSKI (cité par COSTE 4) a mis au point une technique très intéressante de greffe sous-cotylédonnaire de plantules. Il s'agit d'une greffe par approche de l'axe hypocotyle qui peut rendre de grands services pour le greffage d'espèces difficiles à réunir, voire incompatibles. Les tissus jeunes de ces plantules sont plus "malléables" que les tissus des rameaux, et les chances de réussite s'en trouvent augmentées.

ONG AN PANG (157) a pratiqué à Java, il y a quelques années, la greffe de plantules sur sujets adultes. Cette greffe dite "Kepelan"\* est destinée à accélérer la mise à fleur. Les

\* Le mot "Kepelan" est utilisé par les planteurs indonésiens pour désigner les plantules de 1 mois 1/2 à 2 mois avec leurs cotylédons.

plantules de 1 mois 1/2 sont coupées à 5 cm au-dessous des cotylédons ; l'axe hypocotyle restant est taillé en biseau que l'on insère dans une fente pratiquée dans un rameau orthotrope d'un caféier adulte porte-greffe. Des précautions sont prises pour éviter la déshydratation de la greffe. Lorsque celle-ci est prise, on supprime l'extrémité du rameau ainsi que les autres branches de l'arbre. Si la greffe a été faite sur un gourmand puissant à la base de l'arbre, on procède au recépage. De cette manière, la greffe "Kepelan" fleurit bientôt, et l'on peut récolter des semences au bout de 2 ans, alors qu'il faut 4 ans environ pour obtenir la fructification de jeunes arbres issus de semis.

On peut donc gagner ainsi 2 ans sur la méthode habituelle et poursuivre plus rapidement la sélection du caféier grâce à des générations plus rapprochées (MOENS et STESSELS 151).

Il nous faut signaler également une méthode qui, à notre avis, est pleine de promesses. Nous avons indiqué que l'on s'était intéressé à Java à la greffe sur racines en vue de lutter contre les Nématodes et les agents pathogènes qui peuvent atteindre le caféier par le sol. Depuis 1936, on n'a guère parlé de cette méthode ; il y a bien eu quelques essais comme celui de FRESSANGES (81-82), mais les choses en sont restées là jusqu'à ce que EVANS (134) eût l'idée de reprendre cette méthode au Kenya.

EVANS (134) utilise de jeunes plants de 12 mois. Le greffon herbacé ou semi-aoûté à 2 ou 3 nœuds est inséré dans une fente simple faite sur la section transversale de la racine. Au bout de 4 mois (ou 6 mois dans les plus mauvaises conditions), la greffe est bien soudée et le jeune plant est prêt à mettre en place sur le terrain. EVANS n'a pas noté l'influence rhizogène de la greffe d'une racine sur le greffon comme FRESSANGE. Cet auteur a effectué ainsi diverses combinaisons de greffes de rameaux sur racines (*C. excelsa*/*C. arabica*, *C. arabica*/*C. liberica* et plusieurs variétés de *C. arabica* entre elles) et a obtenu 97 à 100 % de réussites. Afin de faciliter la reprise de la greffe, il a utilisé une préparation commerciale d'hormones de croissance, le Saradix B n°1, mais ce produit ne semble pas accélérer la reprise du greffon lorsqu'il s'agit d'une greffe hétérologue. Elle semble stimuler cependant la formation de racines sur le greffon. Cette méthode de greffage sur racine est donc excellente et digne d'intérêt, car elle s'est montrée bien supérieure aux greffes de rameaux habituelles.

Elle montre, selon l'idée émise par H. JACQUES-FELIX (96) (voir bouturage) que le gradient de la faculté histogène diminue brusquement sur les rameaux orthotropes (expérience de GAIE) pour augmenter ensuite graduellement sur la base de l'axe principal jusqu'aux racines (rhizogénèse des boutures plançons selon PORTERES).

#### a - Choix et comportement des greffons

La préparation des rameaux à la greffe revêt les mêmes caractères que pour le bouturage ; les rameaux orthotropes étant peu nombreux, on en obtient en inclinant les tiges principales des plantes-mères vers le sol. A l'aisselle de chaque feuille, un rameau orthotrope se développe. Le recépage ou l'écimage provoquent également le départ d'orthotropes.

Il n'a pas été fait de travaux à notre connaissance sur l'accoutumance des rameaux à la greffe, surtout lorsqu'il s'agit de vaincre une incompatibilité entre sujet et greffon.

Quelques travaux comme celui de MEIJER (146-147) sur le *C. canephora* var. *robusta* ont porté sur le choix du bois de greffe en raison de l'aoûtement et des propriétés morphogénétiques des diverses formes de rameaux. Les rameaux jeunes ont une meilleure reprise que les rameaux aoûtés, ainsi que nous l'avons signalé pour les greffes de plantules ; ceci rappelle également les propriétés de régénération des rameaux non aoûtés au cours du bouturage.

On peut faire aussi des observations similaires à celles relatives au bouturage, en ce qui concerne le choix des rameaux orthotropes et plagiotropes, à savoir que la greffe d'un rameau plagiotrope produit une plante buissonnante ou à rameaux également plagiotropes, incapables de se développer verticalement, à croissance lente, et peu productive. VAN HALL (cité par COSTE 4) a déterminé que les clones de *C. canephora* var. *robusta*, issus de greffes de rameaux

orthotropes, produisaient environ deux fois plus que ceux issus de la greffe de rameaux plagiotropes. Aussi, le greffage a souvent été utilisé comme méthode d'étude de la morphogénèse du caféier.

Les conditions climatiques semblent influencer la réussite de la greffe. Il est certain, tout d'abord, que toutes les précautions doivent être prises pour éviter le dessèchement du greffon surtout au cours de l'histogénèse du bourrelet de greffe. A cet égard, la plupart des auteurs ayant opéré en régions tropicales ont signalé que la période la plus favorable à la reprise des greffes était la saison des pluies (TOURNEUR 168, CARRE 125, EVANS 134, etc.). D'autres comme CHOussy (127) pensent que le photopériodisme a également une influence, et ont prétendu même que ce facteur était beaucoup plus important que les variations de température et d'hygrométrie.

#### b - Compatibilités et Incompatibilités

Toutes les conditions d'une bonne reprise étant réunies : méthode de greffage, choix du rameau convenable, humidité, température, photopériodisme, saison, etc. encore faut-il que greffon et sujet puissent "s'accorder". Or, comme pour le bouturage, l'histogénèse au cours du greffage peut être irrémédiablement compromise si le sujet et le greffon sont de nature différente ; l'incompatibilité est l'un des problèmes les plus importants du greffage. Quand on veut faire se réunir les branches de deux arbres d'une même variété, tout se passe pour le mieux, mais dès que greffon et sujet appartiennent à des individus de variétés différentes, alors la greffe devient aléatoire, et ceci d'autant plus que les variétés mises en présence sont plus éloignées au point de vue systématique. Ceci nous amène à dire quelques mots de l'incompatibilité.

On peut obtenir ainsi 80 % de reprise de greffes de *C. arabica* L. sur *C. arabica* L., mais dès que l'on s'adresse à d'autres variétés ou espèces, les résultats obtenus sont bien moins bons. Nous reproduisons ci-dessous un tableau très significatif résumant les résultats obtenus par TOURNEUR à Madagascar, (168).

TABLEAU II

GREFFES Greffon/Porte-greffe :	% de reprise
<i>C. arabica</i> / <i>C. arabica</i> _____	80
<i>C. arabica</i> / <i>C. liberica</i> _____	30
<i>C. arabica</i> / <i>C. excelsa</i> _____	56
<i>C. arabica</i> / <i>C. robusta</i> (Java) _____	68
<i>C. arabica</i> / <i>C. robusta</i> (Congo) _____	40
<i>C. arabica</i> / <i>C. congensis</i> _____	29
<i>C. arabica</i> / <i>C. kouilou</i> _____	53
<i>C. arabica</i> / <i>C. canephora</i> _____	40
<i>C. robusta</i> (Java)/ <i>C. excelsa</i> _____	15
<i>C. robusta</i> (Java)/ <i>C. congensis</i> _____	25
<i>C. robusta</i> (Java)/ <i>C. arabica</i> _____	70
<i>C. congensis</i> / <i>C. liberica</i> _____	17
<i>C. congensis</i> / <i>C. excelsa</i> _____	30
<i>C. congensis</i> / <i>C. robusta</i> _____	42

On voit que, parmi toutes ces combinaisons, les moins heureuses sont, en général, celles qui mettent en présence deux espèces différentes. Plus les espèces sont morphologiquement et systématiquement éloignées, plus le pourcentage de reprise est faible.

L'étude de la biosynthèse de la caféine aurait pu bénéficier des techniques de greffe qui ont rendu tant de services dans l'étude de la biosynthèse des alcaloïdes chez d'autres plantes comme le tabac (BERNHARDINI 121, DAWSON 133, MOTHEs 152, MOTHEs et HIEKE 153, NATH 156, etc.), grâce à l'utilisation de certains caféiers sauvages de Madagascar qui ne présentent pas de caféine dans leurs tissus et leurs graines.

Malheureusement, dans ce cas, ces espèces si différentes refusent de s'associer. Il en est de même lorsqu'on tente de greffer des *Coffea* avec d'autres genres voisins (*Polysphaeria*, *Psilanthus*, *Tricalysia*, *Cremaspora*, *Pavetta*, etc.). RABECHAULT (159) a maintenu ainsi des greffons en vie de *Coffea arabica* L. sur *Polysphaeria congesta* pendant 8 mois, en les recouvrant par de petits sacs en polyéthylène. Un bourrelet de greffe compact s'est formé, mais lorsque les greffons ont été libérés de leurs sacs, même plusieurs mois après la reprise, on n'a pas pu les empêcher de se dessécher. L'anatomie du bourrelet de greffe n'a pas permis de déceler de différenciation de vaisseaux conducteurs et la transmission de la sève devant se faire par l'intermédiaire d'un tissu inorganisé était insuffisante pour contrebalancer la quantité d'eau perdue par le greffon.

Ch. JACQUES (140) a, le premier, réussi en 1930, en Nouvelle-Calédonie, la greffe d'un rameau d'*arabica* sur un *Gardenia*. Ce fait exceptionnel a été signalé par le Professeur CHEVALIER dans la Revue de Botanique appliquée en 1931. Etant donné le peu de renseignements que nous possédons, il est bien difficile de dire si, dans le cas du caféier, il existe des incompatibilités vraies entre les variétés ou les espèces, et plus difficile encore de préciser la nature de ce phénomène. Les différents aspects de la question ont été exposés par divers auteurs en ce qui concerne la greffe des végétaux (Mc KENZIE 142, MATHON 145, SCHEIDECKER 162). Il ressort de ces études que l'échec d'une greffe peut être dû à plusieurs causes :

1° — Un dessèchement du greffon au départ, ce qui se produit d'autant plus facilement que la surface d'évaporation de ce dernier est grande (feuilles) et qu'il est moins protégé. On a montré cependant l'utilité des feuilles sur les greffons de certaines espèces (melons, courges, citrouilles).

2° — Il peut se produire une anomalie à la soudure. Les tissus du greffon et du sujet sont face à face, mais il s'établit une pellicule de cellules mortifiées qui souvent brunit à la longue, et que les tissus des partenaires ne peuvent digérer ou franchir.

3° — Les protoplasmes des deux partenaires en contact et de nature différente s'affrontent et ne peuvent se tolérer, ou bien ils peuvent former un cal commun mais par la suite, lorsque la vascularisation du cal apparaît, le greffon réagit et peut mourir. Le sérodiagnostic des caféiers n'a jamais été effectué.

Il est possible, malgré tout, d'amener les deux partenaires à se tolérer en hybridant l'un d'eux. On pourrait ainsi greffer le *C. arabica* sur un hybride *C. arabica* x *C. liberica* plus facilement que sur le *C. liberica*, pourvu que l'hybride, bien sûr, possède les qualités du *C. liberica* Hiern que l'on désire exploiter. Certains hybrides d'espèces assez éloignées du *C. arabica* L. peuvent ne pas présenter le phénomène d'incompatibilité de chacun de leurs parents vis-à-vis du *C. arabica* L.

L'hybride *Congusta* (*C. congesta* x *C. robusta*) a rendu de très grands services pour la rejuvénation des plantations à cause de sa grande vigueur et de sa plasticité. Il fut obtenu et largement utilisé en Indonésie sous l'influence du Dr CRAMER (132) et du Dr MULLER (154).

La greffe de plantule ou d'embryon pourrait présenter aussi un intérêt pour tourner la difficulté de l'incompatibilité.

4° — On a vu des greffes périr parce qu'elles avaient un métabolisme différent de celui de l'espèce porte-greffe.

5° — Enfin, il peut exister un manque d'auxine et ce défaut se répercute sur la différenciation du cal. Ce phénomène est analogue à ce qui a été remarqué chez les boutures. L'application d'auxine sur les greffes n'a été faite que très rarement (EVANS 134).

BUCHLOH (123) qui s'est spécialisé dans l'étude des rapports entre greffon et porte-

greffe dit que ce qui conditionne la réussite de la greffe, c'est le fait d'une tolérance entre les protoplasmes des tissus mis en présence, non seulement pendant les premiers stades de l'union, mais pendant la vie entière de la greffe et la formation d'une soudure mécaniquement forte. Ce dernier caractère est un critère qu'il considère comme le symptôme le plus spécifique de compatibilité.

L'incompatibilité, fréquente chez les greffes hétéroplastiques, se traduit le plus souvent par une soudure faible avec la formation d'une couche fine de cellules brunes qui séparent les cals des deux partenaires, par un manque total de soudure. Dans le cas de la formation d'un faible cal, ce dernier ne peut se différencier.

Ceci n'a pas été étudié chez les greffes de caféiers dont l'union s'effectue avec difficulté. L'auto-incompatibilité n'a pas été signalée et les effets des traumatismes non plus. Pourtant, sur le plan pratique aussi bien que pour la solution et l'étude du problème touchant à la physiologie du caféier, l'utilisation de la greffe présente un intérêt à ne pas négliger.

Les greffes embryonnaires, les greffes de plantules et de racines peuvent redonner dans l'avenir un nouvel essor à l'emploi de cette technique.

## BIBLIOGRAPHIE

### MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE

120. AMENT C.C. - Arch. voor de Koffiecult., 10, 1, pp. 1-13, 1936.
121. BERNHARDINI L. - Il Tabacca, n° 504, 1938.
122. BOREL E. - Bull. Econ. Indochine, pp. 882-3, 1928.
123. BUCHLOH G. (1960) - The lignification in stock - scion junctions and its relation to compatibility - Proceedings of a plant Phenolics group Symposium held at Bristol, April, 1959 (Pergamon Press), pp. 67-71, Oxford, 1960.
124. CARRE M. - Bull. econ. de Madagascar n° 82-83, pp. 40-63, 1953.
125. CARRE J. - C.R. Rech. Agron. Madagascar, n° 2, pp. 108-11, 1953 (paru 1954).
126. CHEVALIER A. - Rev. Bot. Appl., Fr., pp. 39-40, 1931.
127. CHOUSSY F. - Rev. Inst. Def. Café, Costa-Rica, pp. 171-88, 1946.
128. COOLHAAS C. - Netherl. J. Agric. Sci., 1, n° 2, pp. 130-6, 1953.
129. CRAMER P.J.S. - Trop. Agriculturist, Vol. 62, pp. 76-86, 1924.
130. CRAMER P.J.S. - Bull. Econ. Indochine, pp. 938B-939B, 1928.
131. CRAMER P.J.S. - The Emp. J. Exp. Agric., 2, n° 7, pp. 200-4, 1934.
132. CRAMER P.J.S. - Bull. Agric. Congo Belge, p. 44, Mars 1946.
133. DAWSON R.F. - Amer. Jour. of bot., 29, pp. 66-71 et p. 813, 1942.
134. EVANS H.R. - Trop. Agric. Trinidad, pp. 66-71, 1955.
135. FERWERDA F.T. - Bergcult., 6, 25, pp. 629-44, 1932.
136. GANDRUP J. - Bergcult., 10, 36, pp. 1082-4, 1936.
137. GARCIA R. - Bol. Superint. Serv. do Café Saõ Paulo, Bres., 19, 214, pp. 1408-10, 1944.
138. GONZALES R.V. - Rev. Agr. Costa Rica, pp. 517-20, 1946.
139. HAAN, R.H.M. de - Mededel. v.h. Proefstat. Malang, n° 41, 1923.

140. JACQUES Ch. - Rev. Agric. Nelle Calédonie, Juin, p. 106, 1930.
141. IAINS e SILVA H. - Rev. do Café Portugese, 1, 4, pp. 28-36, Déc. 1954.
142. MAC KENZIE D.W. (1956) - Interactions between rootstocks and scions with special reference to tissue structure and development-Doct. Thesis Univ. of London 1956.
143. MAISTRE J. - Bull. écon. Madagascar, n° 80, pp. 75-77, 1933
144. MARSHALL T.H. - Trop. agric., pp. 93-6, 1935.
145. MATHON C.C. (1959) - La greffe végétale - Coll. "Que sais-je" (Presse Univ. Edit. Paris) 1959.
146. MEIJER W.H. - Archief voor de Koffie-cultuur in Nederl. Ind., 13, n°2, pp. 51-69, Juillet 1939.
147. MEIJER W., M. HILLE RIS LAMBERS, C. COOLHAAS - Arch. voor de Koffiecult., 13, 2, pp. 77-86, Juillet 1939.
148. MÊNDES J.E.T. - Bol. Téc. de Inst. Agron. de Campinas, 39, pp. 1-18, 1938.
149. MENDES J.E.T. - Borb. Rev. de Dept. Nac. de Café (Rio de Janeiro), 20, pp. 506-10, 1943.
150. MENDES J.E.T. - Bol. Superint. Serv. do Café, Bras., 23, 256, pp. 386-91, Juin 1948.
151. MOENS P., L. STESSELS - Agricultura, Louvain, 8, p. 595, 1960.
152. MOTHE K. - Ann. Rev. Plant Physiol., Vol. 5, 1954.
153. MOTHE K., K. HIEKE - Naturwissenschaften, 31, p. 17, 1943.
154. MULLER H.R.A. - Ervaringen in zake het restaureeren en rejuveneren van een verwaarloosde Koffie - onder-neming. Verslag von de derde Planters - bjeenkost gehte Amsterdam op 15 april 1947 - Feder. v. Ver. v. Nederl. Ind. Berg. Ondern. 1947. (cf Dr CRAMER - Bull. Agric. Congo Belge n° 11, pp. 44-3, 1948).
155. NARASIMHASWAMY R.L. - Plant. Chr., n° 41, p. 340, 1946.
156. NATH B.V. - Rep. of the Imperial Agric. Chem. (Dehli, India), 1936.
157. ONG AN PANG - Menara Perkebunan (Anc. Bergcultures) Djakarta, 28 année, n° 4, pp. 67-73, 1959
158. PASQUIER R. du - Bull. écon. Indochine, p. 298, 1926.
159. RABECHAUULT H. (1958) - Essais de greffage de *C. arabica* L. et *C. robusta* sur *Polysphaeria congesta*, faux caféier sans caféine - Rapport S.T.A.T., Nogent s/Marne (non publié), 1958.
160. ROGERS W.S., A.B. BEAKBANE - Ann. Rev. Plant Physiol., Vol. 8, p. 217-36, 1957.
161. ROMERO T. - The Phillip. Agric., 19, pp. 53-67, 1930.
162. SCHEIDECKER D. - Ann. biol., t. 37, fasc. 3-4, pp. 107-72, 1961.
163. SLADDEN G.E. - Journées d'Agron. Colon. 23-24 Juin 1933, pp. 191-204, Gembloux Juin 1953 (J. Duculot Edit.).
164. SNOEP W. - Bergcult., 14, 15, pp. 482-91, 1940.
165. SNOEP W. - Bergcult., 23, 18, pp. 495-500, Sept. 1954.
166. SOUSA A.J. de - Rev. Dept. Nac. Café Bras., Año 11, 21, 121, pp. 11-28, 1943.
167. TOMS K.E. - Trop. Agric., Trinidad, 10, 3, p. 79, 1933.
168. TOURNEUR M. - Bull écon. Madagascar, n° 21, pp. 3-7, Mars 1950.
169. VAZART B. (1948) - Etude génétique du greffage - Rapport non publié ORSTOM, Paris, 1948.
170. ANONYME - Indian Coffee Board - Monthly Bull. 18, 7, pp. 143-8, 1954.

## II - MORPHOGÉNÈSE

La forme est un équilibre entre l'expression des informations issues du génome et l'action du milieu. Il est bien connu à présent qu'un individu peut changer de forme en fonction du milieu dans lequel il vit. Si ce milieu n'est pas léthal, l'organisme prend la forme qui, selon ses possibilités, se révèle la meilleure : c'est l'adaptation. Que l'adaptation "s'imprime" en retour dans le génome pour devenir une mutation irréversible, est une question fort controversée que nous n'aborderons pas ici.

La forme se précise à partir de la fécondation de l'ovule dans la fleur. De là, elle évolue en suivant une "voie" à peu près identique pour toutes les variétés, mais qui emprunte peu à peu des chemins parallèles ou détournés selon la forme finale qui sera atteinte. Ces voies divergent d'autant plus que les formes finales sont éloignées. Elles divergent peu entre variétés, un peu plus entre genres, et davantage encore entre les familles de plantes.

On a bien étudié le dynamisme de la Morphogénèse chez le Caféier, mais non encore son processus physiologique. A défaut d'information sur ce dernier point, le paragraphe qui lui est consacré est donc assez maigre. Il a été formulé beaucoup d'hypothèses, mais peu d'expériences ont été réalisées.

Nous avons consacré quelques pages à la fin de ce chapitre à une application des connaissances acquises en Morphogénèse, la Taille. Cette pratique culturale constitue une intervention de l'homme sur les processus de la Morphogénèse.

JACQUES-FELIX (96) a classé les caféiers cultivés selon leur morphogénèse et leur mode de croissance en trois groupes :

1 - Les caféiers du type arbre (ex. *C. liberica*). Ces espèces ont un tronc bien dégagé comme un cerisier ou un pommier. On remarque un axe principal vertical ou orthotrope, \* avec des ramifications secondaires et tertiaires plus ou moins plagiotropes, dont la croissance s'exprime sous l'influence de la dominance des rameaux supérieurs (acrotonie).

Les branches plagiotropes ont des feuilles et des ramifications secondaires plagiotropes décussées ou sub-décussées. Lorsque l'arbre est jeune, il a une forme pyramidale provoquée par la dominance apicale de l'axe principal sur le développement de ses ramifications (CHAMPAGNAT 180). Mais lorsqu'il devient âgé, la dominance apicale perd de son importance (hypotonie) et les rameaux secondaires se développent plus rapidement, de sorte que l'arbre prend une forme cylindrique puis subsphérique.

L'écimage provoque un développement plus important des branches plagiotropes et augmente leurs ramifications.

2 - Les caféiers du type "Buisson" (ex. *C. canephora*) ont un axe principal unique au départ. On verra plus loin de quelle manière, et par quel mécanisme, leurs bourgeons axillaires donnent des rameaux anticipés plagiotropes qui grandissent presque en même temps que l'axe principal, sans se ramifier pendant plusieurs années, et fleurissant à chaque nœud. La plagiotropie est

\* Le dimorphisme des rameaux a été signalé chez les espèces végétales les plus diverses (*Catha edulis*, *Phyllanthus lathyroides*, *Araucaria excelsa*, *Hedera helix* etc.) et notamment chez les plantes cultivées tropicales : Cotonnier, Caféier, Cacaoyer, Hevea, Bananier, par COOK (183).

davantage marquée chez ce type, car la décussation des feuilles disparaît par torsion des entrenœuds entraînant une disposition des feuilles sur un même plan.

Lorsque l'arbre vieillit, les plagiotropes situés à mi-hauteur meurent peu à peu ; il ne reste souvent que ceux de la base qui se ramifient, formant une sorte de jupe de feuillage, tandis que l'axe principal orthotrope se dégrade et s'appauvrit vers le sommet ; à sa base, se développent quelques bourgeons qui donnent des orthotropes de remplacement qui se comportent individuellement comme le premier orthotrope, en se pourvoyant de nouveaux plagiotropes fructifères.

Cette multicaulie ou polyorthotropie tardive a pour conséquence un affaiblissement des structures et une diminution des inhibitions, de telle sorte que les plagiotropes formés sur ces nouveaux axes tendent à se ramifier. La courbure des axes orthotropes sous leur propre poids conduit au départ des bourgeons axillaires dans la zone de grande courbure. Ces bourgeons, en se développant, tendent à redonner des axes verticaux.

Les arbres jeunes ont donc un axe orthotrope entouré de plagiotropes simples fructifères et non ramifiés. Les arbres âgés ont des formes mal définies et buissonnantes provoquées par les subdivisions des orthotropes de la base, l'apparition d'orthotropes de remplacement porteurs de plagiotropes ramifiés, la disparition de l'inhibition et de la corrélation de croissance qui conduisent à un développement plus ou moins anarchique.

L'écimage d'un jeune arbre a pour effet de provoquer le développement, au niveau d'un ou de plusieurs nœuds au-dessous de la section, d'un bourgeon de remplacement situé au-dessous de la naissance de chaque plagiotrope. Les nouveaux rameaux croissent verticalement et tendent à remplacer l'axe principal supprimé.

3 - Les caféiers du type "palmettes" (*C. stenophylla* G.DON - *C. arabica* L.) sont intermédiaires entre les deux précédents groupes, et se rapprochent soit de l'un, soit de l'autre : *C. stenophylla*, du type "arbre" et *C. arabica* L., du type "buisson". Cependant, ils tendent à former des palmettes horizontales plus ou moins touffues. La multicaulie de l'*arabica* est cependant moins prononcée que celle du *canephora*.

Voyons à présent les différentes parties de la charpente d'un caféier. La planche I ci-contre, due à MOENS (213) permettra de repérer les rameaux et de suivre les modifications apportées par les divers auteurs jusqu'à ce jour en ce qui concerne le *C. canephora* pris comme exemple.

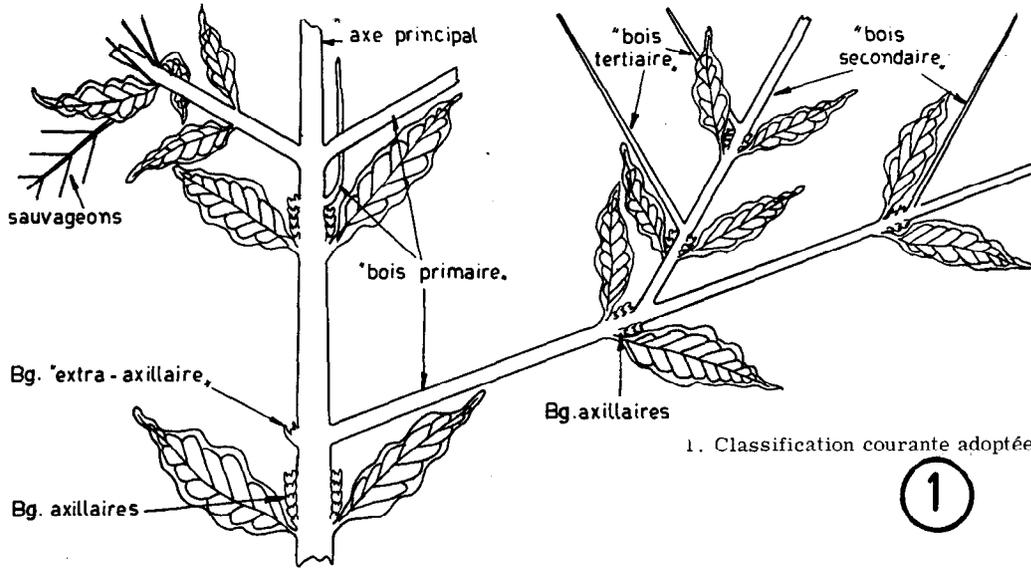
Plusieurs auteurs ont tenté d'expliquer, à l'échelle des bourgeons, le mécanisme de la morphogénèse des caféiers. Nous avons parlé sciemment, dans les descriptions précédentes, de "bois ou rameaux primaires et secondaires". C'est ainsi qu'étaient en effet dénommées les différentes parties de la charpente du caféier dans les publications parues avant les travaux de MEIJER en 1939 (210). Ainsi, on appelait "bois tertiaire" les pousses de toutes sortes qui se développaient sur les branches de seconde ramification.

Les rameaux dont la naissance ou l'orientation étaient anormales, les rameaux dits "éventail" par exemple, ne pouvaient trouver place dans cette classification trop simpliste, et on les désignait sous le nom de "sauvageons".

Selon MEIJER (210), les ramifications du caféier sont issues de bourgeons en nombre à peu près constant, et qui sont situés aux nœuds des rameaux, au point d'attache de chaque feuille.

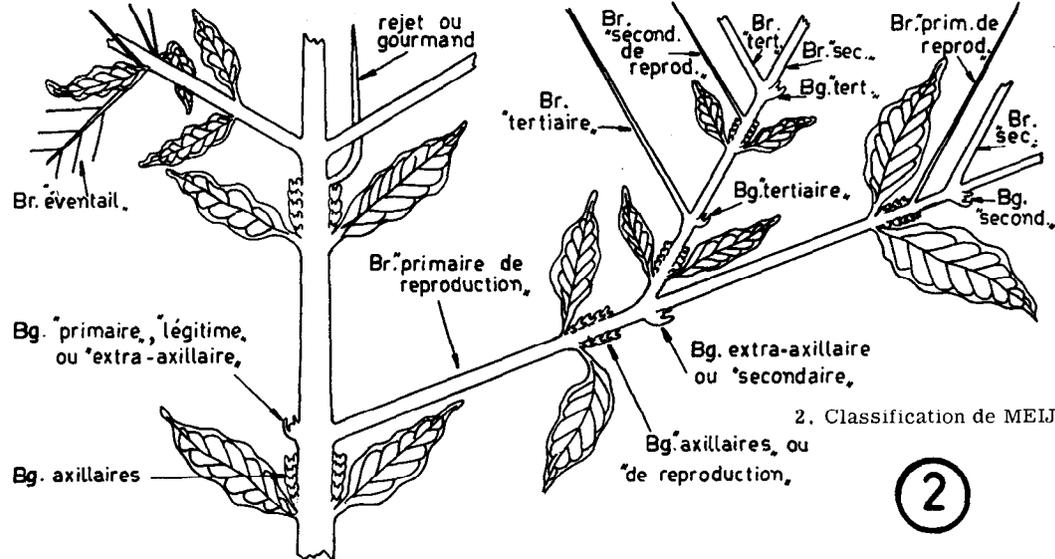
Il distingue deux sortes de bourgeons (Planche I) : les bourgeons "axillaires" ou de reproduction, au nombre de 4 ou 5, situés à l'aisselle même de chaque feuille et, au-dessus, à quelque distance sur le rameau, les bourgeons "extra-axillaires" appelés aussi bourgeons "légitimes" parce que ce sont eux qui donneront les premières ramifications, et dans le cas du rameau orthotrope, les ramifications plagiotropes qui porteront les premières fleurs. MEIJER a conservé les dénominations bourgeons primaires, secondaires, tertiaires, pour désigner les bourgeons "extra-axillaires" qui prennent naissance sur l'axe principal, et ses ramifications de 1er, 2ème ou 3ème ordre.

# PLANCHE I



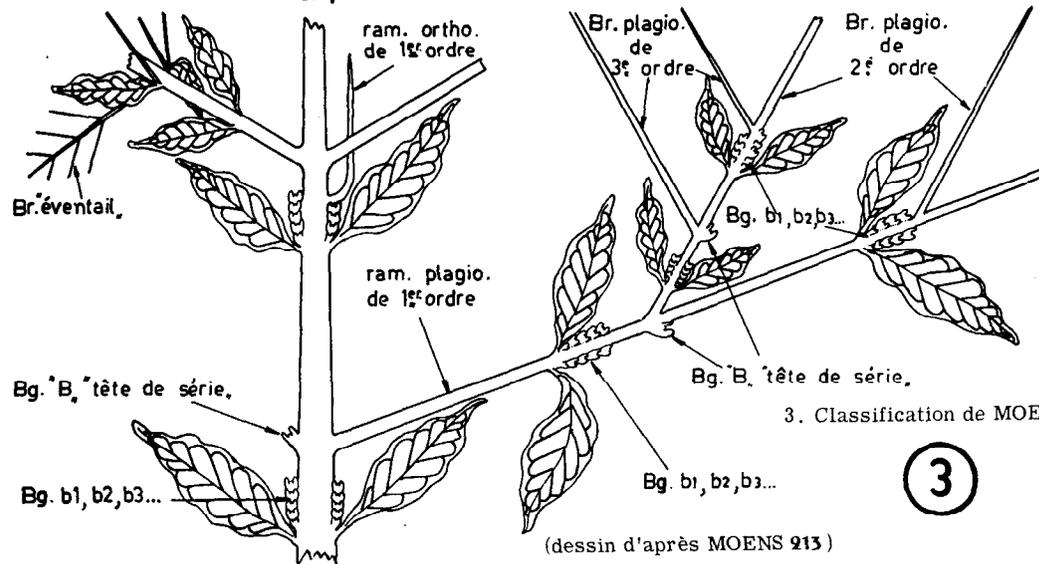
1. Classification courante adoptée avant 1939.

1



2. Classification de MELJER (1939).

2



3. Classification de MOENS (1961)

3

(dessin d'après MOENS 913)

CAMBRONY (176) , résumant les observations de divers auteurs, distingue à l'aisselle de chaque feuille d'un rameau orthotrope :

1 - une garniture de bourgeons en nombre constant spécifique (5 chez le *C. canephora*) : les bourgeons amphigènes (bourgeons axillaires ou seriaux), normalement dormants sur la tige, mais susceptibles, lorsque la dominance des bourgeons supérieurs est perturbée, d'engendrer des ramuscules feuillus (balais de sorcière) ou plus rarement, mais plus normalement, des inflorescences (cauliflorie)

2 - un coussinet qui peut bourgeonner indéfiniment, légèrement extra-axillaire (1mm), produisant un ou des bourgeons, perpendiculaires à la tige : bourgeons de reconstitution qui donnent naissance à des rameaux orthotropes (gourmands) susceptibles de remplacer la tige quand le bourgeon terminal de celle-ci vient à être brisé.

3 - un bourgeon extra-axillaire, primaire ou légitime (1 cm) qui développera une ramification plagiotrope (178, 210, 288) et qui n'offre pas la possibilité de se remplacer quand il est altéré. Sur les rameaux plagiotropes, CAMBRONY n'observe pas de coussinet. Pour MOENS (213), le coussinet se développe très tardivement sur l'axe principal d'un caféier. Il ne l'a pas observé, semble-t-il, sur les parties jeunes des rameaux orthotropes, ainsi que nous le verrons plus loin.

MOENS (213) a, en effet, modifié quelque peu cette classification dans un travail d'une grande importance, réalisé avec minutie, et dont nous nous sommes largement inspirés pour la rédaction de ce chapitre. Grâce non seulement à un examen approfondi de l'état morphologique des divers bourgeons chez des arbres de différents âges, grâce aussi à un grand nombre de coupes anatomiques en séries, cet auteur a apporté un ensemble de résultats fort intéressants.

Il a déterminé ainsi, en premier lieu, que le nom de bourgeons "extra-axillaires" donnait une idée tout à fait erronée sur l'origine, la nature et le destin de ces bourgeons. Des sections effectuées dans l'aisselle des feuilles ont montré que ce bourgeon apparaissait dans l'aisselle de la feuille comme les bourgeons axillaires, mais qu'il se formait, ainsi que nous l'exposerons plus loin, avant ces derniers. C'est la raison pour laquelle MOENS propose le terme plus exact de "Bourgeon tête de série".

Les dénominations correctes des différentes parties de la charpente, en raison des observations de MEIJER et de MOENS, seront donc les suivantes :

L'axe principal de l'arbre porte à chaque aisselle de feuille un bourgeon tête de série (extra-axillaire ou légitime de MEIJER) ou bourgeon primaire.

Ce bourgeon "tête de série" donne, en principe, un rameau latéral plagiotrope de 1er ordre ou branche primaire.

Les bourgeons sériés à l'aisselle même de la feuille donneront, soit des rameaux orthotropes de 1er ordre dits de remplacement (bourgeons de remplacement), soit, plus rarement, des cymes florales (bourgeons de reproduction).

La branche primaire ou plagiotrope de 1er ordre présente les mêmes bourgeons que les axes orthotropes à chaque aisselle de feuilles : des bourgeons tête de série (ou extra-axillaires) sont appelés aussi bourgeons secondaires et donnent (rarement chez *C. canephora*) des branches secondaires ou plagiotropes de 2ème ordre. Les bourgeons axillaires d'une branche plagiotrope de 1er ordre peuvent, en ce qui les concerne, donner aussi des rameaux fructifères qui seront appelés rameau ou branche "secondaire de reproduction".

La section de l'axe principal au-dessus d'une branche plagiotrope de 1er ordre provoque le départ de l'un des bourgeons axillaires sériés (de remplacement ou de reproduction) vus plus haut en un axe ou rameau orthotrope de remplacement appelé aussi "rejet ou gourmand" (MOENS 213).

Les branches "éventail" sont des rameaux qui, à l'opposé des rameaux plagiotropes de 1er ordre, présentent des ramifications plagiotropes sur la plupart de leurs nœuds. Les bourgeons "têtes de série" sont donc présents ici à chaque nœud, et ils sont accompagnés à chaque aisselle de feuilles par 4 bourgeons sériés florifères qui peuvent également évoluer en autant de rameaux plagiotropes, d'où l'aspect général de palmette ou d'éventail.

L'ordre de la ramification qui constitue la branche éventail n'est pas défini, c'est dire que la formation de cette dernière se fait tout à fait au hasard sur les rameaux plagiotropes de l'arbre.

L'intérêt que l'on a porté aux branches "éventail" (MEIJER 210, HILLERIS LAMBERS 191-192, de STOPPELAAR 223, COOLHAAS 181-182, VALLAEYS 285, MOENS 213), vient de ce qu'elles constituent en elles-mêmes comme une rejuvénation des facultés de ramification et de floraison qui tend à disparaître au fur et à mesure du vieillissement des rameaux et de l'arbre en général sur lesquels elles apparaissent.

Nous avons vu que chez le *C. canephora* Pierre étudié par MOENS (208), les bourgeons têtes de série n'existaient pratiquement plus aux nœuds des rameaux plagiotropes. Sur les branches éventails, ces bourgeons sont à nouveau présents ainsi que les bourgeons sériés florifères. Pour ces raisons, les auteurs précités ont préconisé l'utilisation de ces rameaux pour la rejuvénation des vieux caféiers par voie de greffage (voir ce chapitre) (MEIJER 146-266, COOLHAAS 128) ou pour l'obtention par bouturage de jeunes plants plus florifères que ceux obtenus à partir du bouturage habituel des rameaux orthotropes (VALLAEYS 118).

## A - COMPORTEMENT DES BOURGEONS DANS LA MORPHOGÉNÈSE DU CAFÉIER

Nous verrons successivement comment les divers bourgeons participent à l'établissement de la charpente et à la croissance de l'arbre, ainsi qu'à la morphogénèse des cymes florales et des fleurs.

MOENS (213) remarque tout d'abord que le nombre, la localisation et le comportement des bourgeons tête de série ou "extra-axillaires" et des bourgeons sériés (ou axillaires) du *C. canephora* varient, non seulement selon qu'ils appartiennent aux rameaux ortho ou plagiotropes, mais aussi selon qu'ils sont situés à une extrémité ou à l'autre de chacun de ces rameaux. Ces variabilités ne se rencontrent pas chez les autres espèces végétales où le phénomène de plagiotropie a été signalé : *Catha edulis*, *Phyllanthus lathyroides* et le bien connu *Araucaria excelsa*.

Les deux sortes de bourgeons précédemment décrites existent en "principe" à chaque nœud de tous les rameaux. Cependant, ils n'ont pas une destinée tout à fait identique selon qu'ils se trouvent sur les rameaux orthotropes ou sur les rameaux plagiotropes.

Les bourgeons "extra-axillaires, légitimes ou têtes de série" des rameaux orthotropes donnent, nous l'avons vu, des plagiotropes ; ceux des plagiotropes (rares chez *C. canephora* Pierre selon MOENS 213) donnent également des plagiotropes.

Il existe aussi une différence dans le comportement des bourgeons "axillaires ou sériés" selon qu'ils se trouvent sur un rameau orthotrope ou sur un rameau plagiotrope. Dans le premier cas, ils peuvent donner, surtout si le rameau est coupé ou si son extrémité dépérit, un "rejet orthotrope de remplacement" et rarement des cymes florales. Mais, dans le second cas, ils se transforment le plus souvent en fleurs. Cependant, là encore, ils peuvent donner parfois des rameaux plagiotropes ou rameaux de remplacement appelés aussi "rameaux secondaires de reproduction".

Le long d'un même rameau, les bourgeons n'ont plus tout à fait la même propriété qu'ils soient têtes de série ou sériés.

## 1 - Bourgeons des axes orthotropes

### a - Distribution des bourgeons le long des rameaux orthotropes

ARNDT (170) n'admettait, en 1929, qu'un seul bourgeon axillaire à l'aisselle de chaque feuille, et qui formait, selon lui, un rameau orthotrope lorsque l'inhibition du bourgeon terminal du rameau cessait.

Sur de jeunes plants de *C. arabica* L., CARVALHO, KRUG et MENDES (178), n'ont pas observé le développement de bourgeons sur l'hypocotyle, et aucun ne s'y formait si on sectionnait la plantule au-dessous des cotylédons. A l'aisselle des cotylédons, ils ont remarqué la présence de deux bourgeons dormants qui peuvent se développer en rameaux orthotropes quand l'axe principal de la jeune plante est sectionné au-dessous de la première paire de feuilles.

MOENS (213) a confirmé les observations des précédents auteurs chez les jeunes plants de *C. canephora* Pierre. Il n'a pas trouvé non plus de bourgeons sur l'axe hypocotylé, même à l'aide de coupes anatomiques, et la section des plantules de cette espèce au-dessous des cotylédons n'a pu faire apparaître de bourgeons dans cette région. Cependant, il signale que le phénomène a pu être déclenché chez quelques plantules cultivées en serre. La néoformation de bourgeons sur l'hypocotyle serait donc un fait exceptionnel. Il a déterminé que les plantules de *C. canephora* Pierre présentaient, comme celles de *C. arabica*, deux bourgeons dormants à l'aisselle de leurs cotylédons. La suppression du bourgeon terminal d'une plantule de *C. canephora* Pierre, dont les cotylédons sont étalés, provoque le départ des bourgeons dormants à l'aisselle de ces derniers. L'écimage des rejets formés conduit à la mort de la plantule et plus rarement au développement de deux autres rejets chétifs.

Selon CARVALHO, KRUG et MENDES (loc. cit.), les bourgeons qui se développent en rameaux plagiotropes sur l'axe principal d'un *C. arabica* L. apparaissent en général seulement à l'aisselle des 8ème et 11ème paires de feuilles de la tige principale. Chez certains clones, l'apparition de ces bourgeons se fait plus tardivement vers la 33ème paire de feuilles.

A l'aisselle des feuilles de la tige principale qui présente des bourgeons plagiotropiques, ces auteurs ont cependant observé quelquefois la présence de bourgeons qui peuvent donner des rameaux orthotropes, quand l'extrémité de la tige est sectionnée, et plus rarement une troisième sorte de bourgeon donnant naissance à des fleurs.

A l'aisselle des branches plagiotropes, il peut exister à la fois des bourgeons plagiotropiques et des bourgeons à fleurs. Ces bourgeons plagiotropiques n'ont jamais donné de branches orthotropes.

Chez certains clones, on observe même, au moment de la floraison que les boutons floraux ne se développent pas, mais sont remplacés par une production abondante de branches secondaires.

MOENS (213) a étudié la distribution des bourgeons chez de jeunes caféiers. En prenant comme exemple des plants d'un an, il trouve 2 bourgeons à l'aisselle de chaque feuille jusqu'au 3ème nœud, 3 à 4 bourgeons des 4ème au 6ème nœuds, puis 4 bourgeons des 7ème au 11ème nœuds. Les bourgeons "tête de série" donnent bientôt des rameaux plagiotropes, tandis que les autres restent dormants.

### b - Origine des bourgeons

Plusieurs théories de l'origine des bourgeons axillaires des végétaux supérieurs ont été proposées (REEVE 222, SHARMAN 226, etc.). En ce qui concerne le caféier *C. canephora* Pierre, MOENS (213) a montré qu'ils se développaient au niveau de la base foliaire, sur la partie inclinée vers l'axe. Le bourgeon "tête de série" apparaît lorsque le bourgeon terminal de l'axe orthotrope produit les ébauches de mamelons foliaire et stipulaire du nœud suivant.

Les bourgeons axillaires sériés qui viennent ensuite seront formés successivement, mais non simultanément (MOENS 213).

Lorsque l'entre-nœud se développe (voir Planche II), les ébauches des bourgeons inclinés dans l'aisselle foliaire vers la tige, presque dans l'axe foliaire, sont entraînées vers la tige et, dans ce déplacement, s'étagent en une ligne verticale le long de la base de l'entre-nœud.

## PLANCHE II

(dessin d'après MOENS 213)

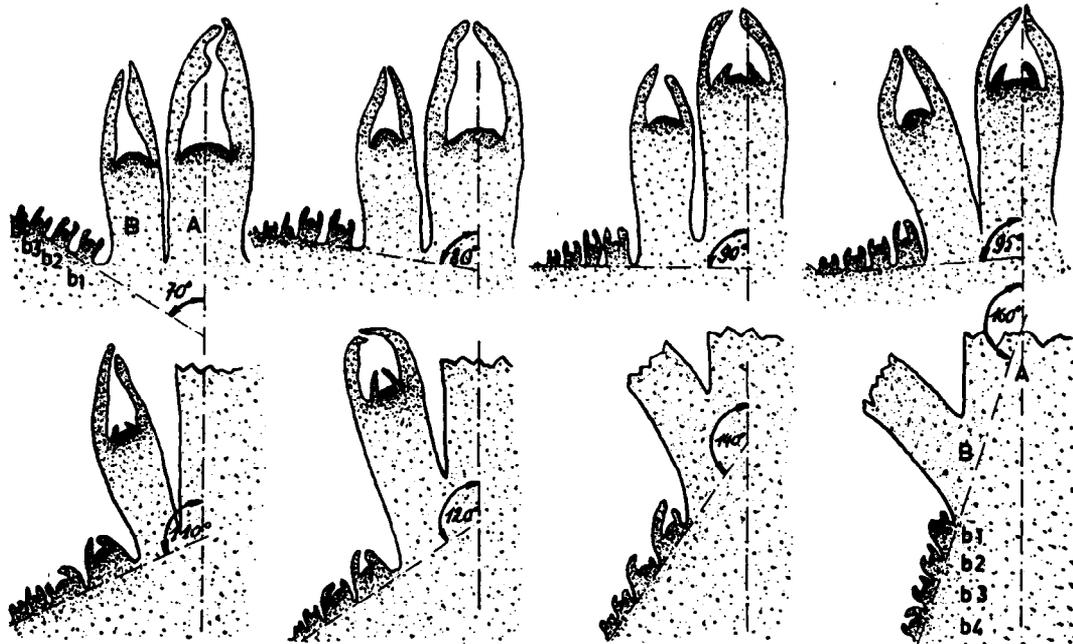


Schéma de la disposition des bourgeons chez *C. canephora* Pierre montrant leur entraînement respectif au fur et à mesure du développement : A. bourgeon principal ou apical du rameau orthotrope ; B. bourgeon "tête de série" ; b1, b2, b3, b4, bourgeons sériés.

MOENS a étudié et mesuré les déplacements des divers primordia dans cette migration, aux nœuds d'un caféier d'un an.

Chez les jeunes plantules, l'entraînement du bourgeon "tête de série" était ainsi de  $240\mu$  pour un plant de 3 nœuds,  $565\mu$  pour un plant de 7 nœuds,  $690\mu$  pour un plant de 10 nœuds et  $710\mu$  chez un jeune caféier de un an. Ce n'est là qu'un ordre de grandeur, car les vitesses et l'importance des déplacements varient selon les clones de *C. canephora* Pierre.

Sur les jeunes *C. canephora* Pierre de un ou deux nœuds, MOENS (213) n'a pas retrouvé, aux nœuds inférieurs, les bourgeons "extra-axillaires" de MEIJER par la méthode anatomique. La section de l'axe principal du jeune plant ne provoque jamais la formation de rameaux plagiotropes sur les nœuds situés au-dessous de la section, mais le départ de rameaux orthotropes. Lorsque MOENS supprime dans l'aisselle des feuilles les bourgeons sériés, excepté le premier formé, le plus gros, près de la tige, ce dernier se transforme en rameau orthotrope et non en plagiotrope. Les rameaux plagiotropes ne proviennent donc pas des bourgeons sériés mais du

bourgeon "tête de série" qui existe sur les nœuds supérieurs des plants plus âgés. La dénomination de "bourgeon extra-axillaire", qui tend à donner une idée fautive de l'origine de ce bourgeon, doit donc être remplacée, selon cet auteur, par celle de "bourgeon tête de série". Cette expérience montre, en outre, que les rameaux plagiotropes de 1er ordre ont une origine axillaire. Le "bourgeon tête de série" a atteint un développement avancé lorsque les autres bourgeons sériés axillaires se forment (MOENS, loc. cit.).

Les bourgeons "sériés" (ou axillaires) se forment bien après le bourgeon "tête de série". Ils apparaissent à l'aisselle des feuilles, les uns au-dessus des autres près de la base du pétiole, et une ligne tracée par leurs bases fait un angle aigu de 70° environ avec l'axe principal de la tige. Le bourgeon principal de l'axe orthotrope et le bourgeon "tête de série" situé contre lui ont un développement à peu près identique, mais bientôt le second ralentit sa croissance. Pendant ce temps, cette croissance a amené un allongement du rameau, un déplacement vertical du sommet de l'axe, et l'angle que fait la ligne passant par la base des bourgeons sériés avec la ligne verticale de l'axe principal, s'est ouvert de plus en plus.

C'est à peu près lorsque cet angle est de 90 à 100° que le bourgeon "tête de série" cesse son développement parallèle au bourgeon principal de l'axe. La croissance de ce dernier se poursuivant, il se produit un entraînement différentiel des bourgeons axillaires qui franchissent la grande courbure de l'aisselle pétiolaire, et se répartissent en une ligne verticale à la base du nœud, le long de la tige. Cette ligne fait un angle de plus en plus ouvert avec l'axe de la tige principale, allant jusqu'à 160°, selon les schémas de MOENS (213).

L'entraînement le plus rapide des bourgeons "sériés" (ou axillaires) a lieu lors de la montée du bourgeon "tête de série" le long de la tige.

Plusieurs auteurs ont émis l'hypothèse que les rejets plagiotropes, surtout lorsqu'ils n'ont pas une position absolument horizontale (semi-orthotropes), pouvaient résulter d'une "chimère" entre les tissus du bourgeon "tête de série" et le bourgeon suivant. HILLE RIS LAMBERS (196) avait noté ainsi l'implantation de certains plagiotropes de *C. arabica* L. près de l'aisselle des feuilles, ce qui leur donnait une position semi-orthotropique. HOEDT (193) pense également que les premiers bourgeons sériaux au-dessous du "tête de série" pouvaient donner des orthotropes ou des plagiotropes. MEIJER (210) assimilait ses bourgeons "extra-axillaires" à des bourgeons "chimères". Mais MOENS (213) n'a pu mettre en évidence de tels bourgeons "chimères".

DE HAAN (139) voyait dans les rameaux semi-orthotropes des orthotropes qui ne pouvaient assurer leur géotropisme négatif par suite d'une nutrition déséquilibrée ou insuffisante.

La formation des fleurs sur les axes orthotropes est un phénomène assez rare. On peut l'obtenir à l'aide de la greffe de plantules ou greffe "Kepelan" (voir "La greffe" p. 29). MOENS et STESSELS (151) ont même observé la floraison de l'axe d'un tel greffon, mais ils pensent que le phénomène était dû, dans ce cas, "aux conditions favorables dans lesquelles étaient placées les plantes".

HOEDT (193) et HILLE RIS LAMBERS (196-197) pensaient que la floraison sur les axes orthotropes ne pouvait provenir des bourgeons sériaux comme sur les plagiotropes, mais de bourgeons spéciaux. MOENS (213) a montré que ces derniers n'existaient pas et que la floraison des axes orthotropes ne peut donc provenir que des bourgeons sériaux présents à l'aisselle des feuilles.

Lorsque l'axe principal d'un caféier est coupé (écimage ou recépage) on est surpris du nombre de rejets qui peuvent apparaître, et qui ne correspond pas au nombre de bourgeons axillaires susceptibles de donner des pousses, ainsi qu'il vient d'être dit (VALLAEYS 285).

On avait pensé, dans ce cas, à la "néo-formation" de bourgeons, mais MOENS (213) a découvert qu'en réalité, il n'y avait pas néo-formation de bourgeons à partir de tissus différenciés, mais bien départ de bourgeons axillaires formés à partir des zones méristématiques normales de l'aisselle des feuilles.

Les quatre bourgeons sériés dormants à l'aisselle de chaque feuille sont protégés par les stipules de chaque nœud et le pétiole des feuilles correspondant. Lorsque la stipule tombe, il subsiste des stipules transformées en écailles du premier bourgeon qui doit donner le gourmand, et ces écailles protègent les autres bourgeons dormants.

Après plusieurs années, les bourgeons, qui étaient disposés en une ligne située dans un plan passant par l'axe de symétrie de la tige principale, augmentent de diamètre sans s'allonger tandis que les écailles ont disparu et, comme l'écorce augmente progressivement d'épaisseur, les bourgeons se trouvent ainsi enfouis et protégés par ces tissus.

La zone sur laquelle se trouvent les bourgeons sériés a augmenté progressivement de volume vers la base du tronc, formant un véritable "coussinet" appelé par MOENS "coussinet raméal". Ces tissus des aisselles foliaires étant toujours de nature méristématique, ils se forment dans un ordre bien défini par cet auteur.

Si l'un de ces bourgeons évolue en gourmand, il se produit un réveil momentané des autres bourgeons qui forment de nouveaux primordia gemmaires de 2ème ordre.

On conçoit que, par ce mécanisme, le coussinet raméal d'un vieux caféier a pu voir augmenter le nombre de ses primordia selon une progression géométrique (MOENS, dans un cas exceptionnel, en a dénombré 308).

## **2 - Bourgeons des branches plagiotropes de 1<sup>er</sup> ordre**

### **a - Bourgeons "Tête de série"**

Il existe sur ces branches deux sortes de bourgeons comme sur les rameaux orthotropes, ainsi que l'ont montré MEIJER (210) et MOENS (213). Les bourgeons "tête de série" de MOENS (ou bourgeons secondaires de MEIJER), qui donneront des ramifications de second ordre, et les bourgeons sériaux qui donneront des fleurs.

Selon BETREM (173), SPRENGER (229), THIRION (282), les bourgeons "secondaires" ou les bourgeons "tête de série" sont peu ou pas développés sur les branches plagiotropes et visibles seulement aux nœuds de la base des branches. Ce fait a été récemment confirmé par MOENS (213) chez le *C. canephora* qui a déterminé chez ces bourgeons une ontogénèse identique mais plus lente que ceux que l'on rencontre sur les rameaux orthotropes. MOENS (213), d'autre part, a montré, à l'aide de coupes anatomiques en série, que le bourgeon "tête de série" était le plus souvent absent dans les nœuds de rameaux plagiotropes ; des annulations pratiquées par cet auteur sur ces rameaux n'ont pas provoqué, d'ailleurs, le développement de rameaux plagiotropes aux nœuds où ce bourgeon n'avait pas été détecté.

### **b - Bourgeons "sériés" (ou axillaire de MEIJER)**

Il est admis, par l'ensemble des auteurs, que le nombre des bourgeons sériés ou axillaires à l'aisselle des feuilles d'un rameau plagiotrope est de 4 à 5, soit 8 à 10 par nœud.

RAYNER (214) montre, grâce à des sections pratiquées dans ces aisselles, que 3 bourgeons apparaissent tout d'abord à l'aisselle des plus jeunes feuilles, puis plus bas sur le rameau. Cette série de trois bourgeons est complétée par la différenciation de 2, parfois 3 autres bourgeons, ce qui porte leur nombre à 5, plus rarement à 6, par aisselle de feuilles.

Le plus grand se trouve contre la tige, tandis que les autres vont en diminuant de taille du côté du pétiole.

Nous devons à VAN DER MEULEN (212), puis à LEBRUN (12), des études organographiques très minutieuses de ces bourgeons à divers stades de leur développement.

MOENS (213) a complété ces résultats par l'observation des bourgeons axillaires chez le *C. canephora* Pierre. Il a remarqué que les bourgeons n'étaient pas distribués sur une ligne comme sur les rameaux orthotropes, mais en zig-zag et, à l'aide de coupes en série, a montré de façon très précise l'évolution morphologique, histologique et morphogénétique de ces bourgeons si particuliers.

Sur l'origine et le développement des bourgeons sériés, on peut dire que les avis étaient très partagés depuis DE HAAN (191-192) qui admettait que tous les bourgeons sériés avaient le même avenir et que leur différenciation en rameau ou en cyme florale dépendait de leurs disponibilités en sève et en éléments nutritifs.

RAYNER a sensiblement la même opinion en ce qui concerne l'égalité des bourgeons sériés devant leur destin. Cependant, il a montré que leur évolution est irréversible au-delà d'un certain stade. La floraison à l'aisselle d'une feuille n'épuise pas le stock de bourgeons ; certains restent dormants et peuvent, lorsque les conditions de milieu sont réalisées, évoluer en cyme florale plus petite que celle donnée par les premiers bourgeons, ou en tiges feuillées.

SPRENGER (229) estime qu'il y a un rapport entre la longueur de l'entre-nœud d'un axe orthotrope et la nature de sa ramification plagiotrope. Au-dessus des longs entre-nœuds, sont en général les ramifications les plus courtes et faibles, et les bourgeons axillaires de ces ramifications ne donnent que des inflorescences et des fruits. Mais, de ce fait, ces branches, déjà frêles au départ, sont physiologiquement incapables de renouveler cet exploit qui les a épuisées.

La plupart des auteurs ont noté l'irréversibilité de la plagiotropie chez le caféier. Ainsi, les bourgeons situés à l'aisselle des feuilles d'un rameau plagiotrope chez *C. arabica* L. ne donnent jamais de rameaux orthotropes (CARVALHO, KRUG, MENDES 178). Cependant, chez cette espèce, on a signalé quelques cas de formation d'un rameau orthotrope sur une branche plagiotrope (SNOEP 228, CARVALHO, KRUG et MENDES 178) ; ces auteurs ont observé, sur un caféier, la réversion des fleurs en autant de ramifications.

Les réversions florales ne sont pas rares chez le caféier. CAMBRONY (173) en a remarqué sur *C. canephora* var. *robusta* qui vont de la transformation d'une partie des pièces florales, sépales ou pétales, en pièces foliaires jusqu'à la formation d'un rameau grêle.

L'atrophie florale ou virescence présentée par les *C. arabica* L. en Afrique et à Madagascar, lorsqu'ils sont cultivés en basse altitude, est l'un des aspects de cette réversion (PORTERES 218-219).

Aux premiers nœuds près du tronc, se forment les ramifications des branches plagiotropes qui se développent à partir des bourgeons sériés, et qui ont été appelées branches secondaires par de nombreux auteurs : DE HAAN (191), HOEDT (193-194), BEAUMONT (171), RIPPERTON, GOTO et PAHAU (223), ARNDT (170), etc.

MEIJER (210) et THIRION (282) les désignent, au contraire, sous le nom de branches "primaires de reproduction" car elles ressemblent, par leur forme et leur fonction, à la branche plagiotrope qui leur a donné naissance.

### 3 - Les bourgeons et la morphogénèse florale

Lorsque les fleurs sont épanouies à l'aisselle de chaque feuille d'une branche de caféier, on a l'impression que l'inflorescence est un glomérule, mais VAN der MEULEN (212), prenant diverses espèces de caféiers, puis LEBRUN (12) dans une étude plus vaste englobant le groupe des Coffeastrées, ont disséqué cette inflorescence et montré que les fleurs étaient distribuées en cymes à axes très courts. Ce dernier auteur définit l'inflorescence du caféier comme une "cyme racémique à développement basipète". Cette conclusion a été confirmée par MOENS (213) à l'aide de coupes histologiques en séries des nœuds à fleurs de rameaux plagiotropes du *C. canephora* Pierre.

Le bourgeon terminal de l'axe principal ou des rameaux évolue très rarement en fleurs ; le caféier a une floraison axillaire. Cependant, CRAMER (186) a signalé le premier, en 1913, la floraison terminale de *C. stenophylla* G. Don.

Plus tard, ULTEE (231) a également observé la floraison terminale d'une plantule. VAN DER MEULEN (212) signale aussi que la transformation d'un rameau végétatif de 3ème ordre en cyme florale se produit souvent en Indonésie, en fin de saison des pluies.

Ces petits rameaux ont des entre-nœuds très courts et peu nombreux, et réunissent tous les termes de la transformation, feuilles et stipules à la base, puis les feuilles sont réduites à l'état de bractées, et ensuite viennent les fleurs. Mais il est difficile de dire qu'il s'agit bien d'une floraison terminale dans ce cas, car l'entre-nœud et le bourgeon végétatif terminaux ont pu être inhibés de telle sorte qu'ils soient passés inaperçus et que la floraison soit en fait celle du dernier nœud fonctionnel.

CAMBRONY (176) a observé en Côte d'Ivoire, pour sa part, des réversions florales, transformation des pièces florales en pièces foliacées, et le passage de cyme florale en rameaux végétatifs.

### Morphogénèse et Histogénèse des Primordia et Boutons floraux

L'initiation florale se traduit habituellement chez les végétaux supérieurs par des modifications de l'histogénèse intervenant au niveau des bourgeons. On assiste à une véritable migration des centres de divisions cellulaires. Ces modifications caractéristiques ont été décrites chez de nombreuses plantes (PLANTEFOL 215-216, BUVAT 174-175, LANCE 202-203, REEVE (222), POPHAM et CHAN (220) etc.)

DE HAAN, en 1923, (191-192) n'avait pu distinguer la destinée des bourgeons, et pensait qu'ils pouvaient donner indifféremment des branches ou des fleurs.

ARNDT, en 1929, (170) puis HOEDT, en 1931, (193), SNOEP, en 1932 (227) et RUDIN, en 1935 (224) ne trouvaient pas de différences sensibles entre les bourgeons indifférenciés et ceux susceptibles de donner des pousses végétatives.

SANDERS et WAKEFIELD, en 1932, (225) ont pressenti l'existence d'une relation entre le devenir des bourgeons et leur stade de différenciation. Ce stade de différenciation irréversible est atteint lorsque les bourgeons sont visibles et dépassent les stipules.

VAN DER MEULEN (212) a donné une description très précise des divers stades de transformation de bourgeon en bouton floral et des étapes de la formation de la cyme florale. Les dessins donnés par cet auteur font encore l'admiration des spécialistes. La méthode morphologique ne pouvait le conduire malheureusement au sein du problème, mais il fût le premier à avoir remarqué que la surélévation du point méristématique préluait au développement de la cyme florale, caractère confirmé récemment par MOENS (213). Ses observations organographiques ne lui ont pas permis de déceler les premiers stades de l'évolution d'un primordia indifférencié en primordia gemmaire car, n'ayant pas utilisé la méthode histologique, il n'a pu suivre l'évolution des divers tissus. Pour lui, l'initiation florale est atteinte lorsque " les différents organes des fleurs peuvent être distingués à l'état de primordia".

RAYNER (221) pince des rameaux et observe que les bourgeons de la portion restante encore attenante à l'arbre peuvent évoluer soit en pousse végétative, soit en inflorescence, mais que l'avenir des primordia est gouverné par leur état d'évolution au moment du pincement. Il est amené à considérer ce stade critique irréversible comme étant celui en fait de l'initiation florale. Il correspondrait à une certaine taille des bourgeons axillaires et serait atteint lorsque ces derniers dépassent légèrement les stipulés.

L'observation de RAYNER selon laquelle un bourgeon sérié axillaire d'un rameau plagiotrope pouvait évoluer indifféremment en pousse végétative ou en fleur s'il n'avait pas dépassé

un "certain stade" a été vérifiée et confirmée par MOENS (213) dans le cas du *C. canephora* Pierre. Il s'agit chez cette espèce, de primordia dont la taille est inférieure à 300  $\mu$  de hauteur, et dont la section longitudinale a la forme d'un dôme conique indifférencié.

Selon MOENS (loc. cit.) si ce primordium évolue en primordium végétatif, cette forme conique subsiste et il y a différenciation de feuilles et de stipules sur ses flancs qui sont représentées par autant de protubérances arrondies.

Lorsque le primordium évolue en primordium floral, "les cellules centrales et latérales du corpus subissent des divisions périclinales répétées, tandis que des divisions anticlinales affectent les cellules de la tunique (couche externe de cellule) situées dans les aisselles bractéales. Il se forme ainsi une zone de cellules dont la concavité est tournée vers l'apex". En un mot, le dôme apical précédemment conique s'élargit, s'aplatit à la partie supérieure et devient plus ou moins concave tout en s'élevant.

Pendant ces bouleversements histogénétiques, MOENS (213) a observé que la réversibilité pouvait encore avoir lieu. Mais lorsque le dôme est aplati, voire incurvé et élargi, et que l'activité méristématique s'est déplacée de part et d'autre dans les régions latérales, l'histogénèse est irréversible. Alors, dans ces deux foyers latéraux, les divisions cellulaires sous dermatogènes des couches profondes du méristème "élaborent la colerette bractéale du second verticille de la cyme" (MOENS loc. cit.).

Dans le cas où le primordium évolue en bourgeon végétatif, la forme conique du dôme central persiste, alors que des divisions se poursuivent sans orientation dans le corpus et que des divisions périclinales apparaissent, formant des "files cellulaires convergeant vers le sommet de l'apex qui apparaît comme un dôme surélevé". Sur les flancs de celui-ci, les cellules sous-dermatogéniques subissent des divisions périclinales qui donneront naissance aux futures stipules (MOENS 213).

En coupe transversale, à 30  $\mu$  du point végétatif terminal, les primordia végétatifs présentent une section transversale arrondie, tandis que les primordia gemmaires ont une section transversale elliptique.

RAYNER (221) comme VAN DER MEULEN (212) n'a pu établir de différence morphologique entre les primordia végétatif et gemmaire que lorsque leur différenciation était déjà bien établie et irréversible dans l'aisselle des feuilles des rameaux plagiotropes. Cependant, utilisant des sections longitudinales, il a remarqué que le primordia s'aplatit au sommet lorsqu'il doit évoluer en bouton floral.

La surélévation du primordia indifférencié (VAN DER MEULEN) et l'aplatissement de son sommet (RAYNER 221) indiquant sa transformation en primordium gemmaire, sont deux caractères qui ont été retrouvés et confirmés par MOENS (213) chez le *C. canephora*. Cependant, il ressort des résultats de cet auteur que la hauteur des bourgeons n'est pas un caractère permettant de connaître l'état d'évolution d'un bourgeon comme le pensait RAYNER (221).

La méthode anatomique, qui a conduit MOENS (213) à la détermination très exacte du stade de différenciation irréversible d'un primordium gemmaire, ne peut être appliquée dans la pratique pour déterminer si un arbre est réellement induit à fleur.

Ainsi, il a été amené à établir une méthode rapide de détermination basée sur l'existence d'une corrélation entre l'état d'évolution histogénétique et ontogénétique des bourgeons axillaires et l'aspect morphologique du nœud correspondant. Il a ainsi défini neuf stades morphologiques de la floraison chez le *C. canephora* :

- Stade I : les bourgeons sont indifférenciés et peuvent se transformer, soit en rameaux, soit en inflorescences ;
- Stade II : les stipules sont gonflées, leur renflement provient de la croissance des bourgeons qu'elles recouvrent. A ce stade, la section du rameau, au-dessus du nœud, provoque le développement végétatif des deux der-

niers bourgeons formés, mais non celle des trois premiers déjà initiés à fleurs irréversiblement ;

- Stade III : les bourgeons dépassent les stipules ; c'est le stade défini par RAYNER (1921) comme étant celui où l'on est certain de l'initiation, cependant le plus petit des bourgeons non encore différenciés peut encore évoluer végétativement par section de la branche ;
- Stade IV : cinq boutons verdâtres apparaissent à chaque aisselle de feuille ;
- Stade V : les boutons dépassent les stipules de 1 cm ; on voit que la préfloraison est contournée gauche (torsion de la corolle) ;
- Stade VI : épanouissement des fleurs ;
- Stades VII à IX : fructification.

Ces stades tiennent à la fois de l'évolution morphologique et histogénique des primordia, des boutons floraux, des fleurs et des fruits. CAMBRONY (1976) a précédemment décrit pour le *C. canephora* Pierre, en République de Côte d'Ivoire, des stades de "préfloraison" dans un style plus imagé et qui nous paraissent d'un emploi plus commode que les stades correspondant de MOENS. Nous en reparlerons dans le prochain numéro de cette revue qui sera consacré à la Physiologie de la croissance et de la floraison du caféier.

## B - PHYSIOLOGIE DE LA MORPHOGENÈSE

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons rapporté surtout des faits relatifs à l'histogénèse et à l'ontogénèse. Nous aurions voulu, à présent, exposer les processus physiologiques qui contrôlent ces phénomènes. Malheureusement, il a été formulé dans ce domaine beaucoup plus d'hypothèses à la lumière des résultats obtenus chez d'autres espèces végétales que d'expériences réalisées.

En dehors des processus qui sont à la base de l'histogénèse observée au cours de la différenciation des ébauches florales, il semble que dans le développement végétatif du caféier, deux phénomènes soient à considérer : l'un intéressant les corrélations de croissance, l'autre la plagiotropie.

En ce qui concerne l'histogénèse, nous n'avons, à notre connaissance, aucun résultat d'expérience nous permettant de connaître son mécanisme. C'est la plagiotropie qui a retenu surtout l'attention des chercheurs. Les expériences que l'on a tentées pour fournir une explication au comportement des divers bourgeons axillaires du caféier, sont basées surtout sur l'utilisation des techniques de greffage et de bouturage, et de la méthode par ablation.

### 1 - Résultats obtenus à l'aide du greffage et du bouturage

Les premières observations recueillies sur l'irréductibilité de la plagiotropie chez le caféier sont le résultat de l'utilisation du greffage dans la pratique culturale (rejuvenation, lutte contre les maladies, etc.)

CARVALHO, KRUG et MENDES (1978) ont étudié les premiers, de façon systématique, le dimorphisme des branches du caféier. Ils ont montré que la plagiotropie était irréversible et se comportait comme une mutation somatique acquise. Lorsqu'ils greffaient un rameau orthotrope sur un jeune plant, ils obtenaient une plante normale ; lorsqu'ils greffaient un rameau plagiotrope

dans les mêmes conditions ils n'obtenaient qu'une plante anormale buissonnante à rameaux plagiotropes. Les combinaisons dans plusieurs types de greffes des deux sortes de bourgeons n'a pas changé leurs comportements respectifs.

Chez un mutant dominant de *C. arabica* var. *erecta* qui présente des rameaux latéraux à croissance orthotrope, ces auteurs ont observé le même dimorphisme que chez les autres variétés ; la greffe de leurs branches latérales sur l'axe de jeunes caféiers normaux donnait des arbustes à croissance lente, bien que la croissance des branches greffées était verticale sur l'arbre d'origine.

Les auteurs pensent que le développement et la croissance des bourgeons initiaux qui sont latents à l'aisselle des feuilles de l'axe principal sont gouvernés par leur différenciation primitive, c'est-à-dire que la mutation est acquise dès la formation du bourgeon.

La même démonstration a été effectuée à l'aide de boutures. Les boutures de rameaux plagiotropes donnent des plantes qui ont également des racines plagiotropes, selon ROELOFSEN et COOLHAAS (111).

## 2 - Résultats obtenus à l'aide d'ablations

Nous avons rapporté, à plusieurs reprises, que les bourgeons "tête de série", lorsqu'ils se développent en même temps que le bourgeon principal de l'axe orthotrope, restaient un temps plus ou moins long sans évoluer de façon appréciable, puis donnaient une branche plagiotrope. Nous avons dit également que, si l'on sectionne la tige principale au-dessus d'un nœud, le premier bourgeon sérié qui vient au-dessous du bourgeon tête de série pouvait donner un rameau orthotrope vertical de remplacement. Mais la section d'une branche plagiotrope au-dessus d'un nœud ne donne pas le même résultat ; le bourgeon tête de série, lorsqu'il existe, se développe en rameau plagiotrope ainsi que les autres bourgeons de remplacement.

La mutation des bourgeons axillaires d'un rameau orthotrope ne porte donc que sur les bourgeons "tête de série" formés, nous l'avons vu, en même temps que le bourgeon principal et longtemps avant les bourgeons sériés. Par contre, tous les bourgeons axillaires d'un rameau plagiotrope sont atteints. Seul, le bourgeon "tête de série" (ou extra-axillaire) est "capable" d'engendrer des rameaux plagiotropes et, dans ce rôle, il ne peut être remplacé par aucun des bourgeons sériés qui l'accompagnent.

Ceci résulte des expériences réalisées avec le *C. canephora* Pierre par MOENS (213) et au cours desquelles cet auteur a procédé à l'excision des divers primordia de bourgeons. Lorsqu'il supprime les primordia des bourgeons "tête de série" puis le bourgeon apical lui-même, les autres bourgeons sériés ne forment que des rameaux orthotropes. Il en est de même lorsqu'il excise les bourgeons "tête de série" déjà en voie de développement. Par contre, s'il supprime le bourgeon principal (apical) avec un début de développement des "tête de série", la croissance de l'axe principal s'arrête, mais les "têtes de série" repartent en donnant des plagiotropes. Il en est de même s'il excise le bourgeon principal lorsque les "têtes de série" ne sont pas encore différenciées (mamelon), la croissance de l'axe s'arrête mais les "têtes de série" évoluent en branches plagiotropes grêles, tandis que d'autres bourgeons sériés apparaissent, qui donnent des orthotropes de remplacement.

L'acquisition de la plagiotropie est plus ou moins importante selon les variétés et les individus. On constate ce phénomène en examinant les arbres d'une même plantation ; les plagiotropes commencent à se développer à partir de nœuds situés à différents niveaux.

Nous avons vu aussi que certains types de *C. arabica* L. signalés par CARVALHO, KRUG et MENDES (178) ne donnent leurs premières plagiotropes que vers le 33ème nœud, alors que chez d'autres elles apparaissent dès le 8ème et même dès le 4ème nœud.

Plusieurs hypothèses ont été formulées en ce qui concerne le comportement des divers bourgeons et la plagiotropie au cours de la morphogénèse du caféier. Cette diversité est bien

particulière au caféier, et n'est pas rencontrée chez les autres plantes présentant le phénomène de plagiotropie. Chez l'*Araucaria*, on a pu établir que les bourgeons axillaires donnaient toujours des rameaux plagiotropes et les boutures obtenues à partir de ces rameaux ont une croissance indéfiniment oblique, voire horizontale. Au jardin botanique de Coimbra (Portugal), il existe un *Araucaria* qui, depuis plusieurs dizaines d'années, se développe obliquement. L'équipe du Professeur MARESQUELLE étudie en ce moment, à l'Université de Strasbourg (France) ces phénomènes de plagiotropie et les attribue à une mutation gemmaire acquise au cours de la différenciation des bourgeons.

En ce qui concerne le caféier, il semble exister, sur l'axe principal, deux processus, l'un réglerait la plagiotropie, l'autre les corrélations de croissance ; la section du bourgeon terminal n'influe pas sur le comportement de la plagiotropie des bourgeons "tête de série", pas plus qu'il ne fait redresser les rameaux plagiotropes existants, mais il lève l'inhibition du premier bourgeon sérié qui forme un rameau orthotrope de remplacement.

MOENS (213) pense que la formation des bourgeons "tête de série" et l'acquisition de leur potentialité plagiotope sont simultanées et sont liées. La plagiotropie serait donc acquise dès leur différenciation aux premiers nœuds du sommet de la tige.

On a établi un lien également entre le fait que la formation de ces bourgeons et le développement est simultanée au début à ceux du bourgeon apical et qu'ils précèdent nettement l'apparition des bourgeons sériés qui, eux, n'ont pas acquis le caractère "plagiotope".

Trois hypothèses ont été formulées quant à la formation des rameaux plagiotropes à partir des bourgeons axillaires.

— Pour DE HANN (191), en 1923, les rameaux plagiotropes sont des rejets qui ont une nutrition insuffisante et qui, de ce fait, ne peuvent retrouver complètement leur développement géotropique négatif. De même, les bourgeons sériés, selon cet auteur, sont tous identiques et peuvent se développer en rameau ou en cyme florale selon leur alimentation. La différenciation et le développement des bourgeons axillaires serait donc influencés, suivant cet auteur, par leur nutrition ; le défaut de sève ou d'élément nutritif provoque leur dormance ou leur plagiotropie.

— Pour HILLERIS LAMBERS (196), en 1935, et MEIJER (210), en 1939, les bourgeons "extra-axillaires" ou tête de série doivent leur inclinaison oblique à ce qu'ils proviennent de la soudure des restes de tissus du bourgeon apical et des tissus de l'un des premiers bourgeons sériés. Nous avons vu que MOENS (213) a montré que ces bourgeons "chimères" n'existaient pas.

On sait à présent que les corrélations de croissance chez les végétaux supérieurs sont réglées par des processus hormonaux (CHAMPAGNAT 180, LIBBERT 205) et quelques auteurs ont tenté d'expliquer les caractères de la Morphogénèse chez le caféier en se basant sur des processus identiques.

Peut-on, avec THIMANN et SKOOG (cf. CHAMPAGNAT 180) prétendre que l'inhibition des bourgeons axillaires est due à un excès d'auxine diffusée par le bourgeon apical ? L'inhibition est-elle due, non comme le pensait DE HANN à une carence en éléments nutritifs, mais à une carence en auxine ou en précurseur d'auxine ? Ou bien existe-t-il des hormones spécifiques selon les théories de SACHS, puis de WENT ? La carence en auxine aurait peut-être pour effet une carence de la différenciation vasculaire amenant, comme le pensait DE HANN (191) un manque de sève dans les bourgeons axillaires. On a bien constaté (voir par. bouturage et rhizogénèse) un gradient de la faculté de rhizogénèse tout le long de l'axe principal.

On n'a pas non plus de raison de prétendre qu'il n'existe pas, chez le caféier, une hormone spécifique de la corrélation ou bien, comme l'a constaté LIBBERT (205), que la corrélation est due à l'interaction entre l'auxine et une ou plusieurs hormones et, en particulier, d'un inhibiteur acropète formé au niveau des racines.

Il y a aussi la possibilité que les alcaloïdes du caféier (caféine, trigonelline) puissent interférer avec l'auxine.

201. KRUG C.A., J.E.T. MENDES, A. CARVALHO - *Bragantia*, Campinas, 10-11, 1939.
202. LANCE A. - C.R. Acad. Sci. Fr., 239, n° 1, pp. 80-2, 1954.
203. LANCE A. - C.R. Acad. Sci. Fr., T. 239, n° 19, pp. 1238-9, 1954.
204. LEBRUN J. - (Voir 12)
205. LIBBERT E. - Bull. Soc. Français Physiol. Végét., T.7, n° 2, pp. 55-73, 1961.
206. MARCHAND L. - Recherches organographiques et organogéniques sur le *Coffea arabica* L., Paris 1864
207. MASSART J. - Mem. Acad. Roy. Belg., Cl. Sc., 5, p. 2, 1923.
208. MAYNE W.W. (1938) - Annual Report of coffee Scient. Officer Dept of Agric. Mysore State, Bull. 17, p. 68, 1938.
209. MAYNE W.W. - Planter's Chron., 39, 6, pp. 284-6, 1944.
210. MEIJER W.H. - Archief. voor Koffiecultuur, II, pp. 51-69, 1939.
211. MEULEN A. Van der - Bergcult., 12, p. 416, 1938.
212. MEULEN A. Van der (1939) - Over den bouw en de periodieke ontwikkeling der bloemknoppen bij *Coffea* - Sorten - Laboratorium voor planten - physiologisch onderzoek Wageningen Mededeeling n° 60, 128 p., 1939.
213. MOENS P. - La cellule, T. LXIII, Fasc. 2, pp. 165-244 + 7 pl. hors texte, Louvain, 1963.
214. PARKER M.W., H.A. BORTHWICK - Ann. Rev. Plant Physiol., 1, p. 43, 1950.
215. PLANTEFOL L. - Ann. Sci. Nat., 11è Sér., 8, 79, 1948.
216. PLANTEFOL L. (1949) - Fondements d'une Théorie florale nouvelle. L'ontogénie de la fleur, 1 Vol., 186 p. (Masson et Cie Edit.), Paris, 1949.
217. POCHET P., J. HATERT (1962) - Contribution à l'étude phénologique du caféier *robusta* dans les conditions de Yangambi - Public. INEAC, Sér. Scient., n° 94, 1962.
218. PORTERES R. - Bull. Comité Et. Hist. et Scient. AOF, n° 3, pp. 428-32, 1934.
219. PORTERES R. - Rev. Intern. Bot. Appl. et Agric. Trop., 26, n° 281-282, pp. 111-9, 1946.
220. POPHAM R.N., A.P. CHAN - Amer. Jour. Bot. 37, n° 6, pp. 476-84, 1950.
221. RAYNER R.W. - East Afr. Agric. Jour., 114, pp. 251-5, 1946.
222. REEVE R.M. - Amer. Journ. Bot., 30, p. 607, 1943.
223. RIPPERTON J.C., Y.B. GOTO, R.H. PAHAU (1935) - Coffee cultivation practices in Kona District - Hawaï Agric. Exp. Stat., Bull. 75, 1935.
224. RUDIN W.F. - Bergcult., 9, p. 733, 1935.
225. SANDERS F.R., A.J. WAKEFIELD (1932) - Coffee cultivation with special reference to the northern Province - Tangan. Terr. Dept. Agric., Pamphlet n° 7, 1932.
226. SHARMAN B.C. - Ann. Bot., n° 5, 6, p. 245, 1942.
227. SNOEP W. - Bergcult., 6, p. 687, 1932.
228. SNOEP W. - Bergcult., 14, p. 482, 1940.
229. SPRENGER A.M. - Bergcult., 12, n° 21, 1938.
230. STOPPELAAR J.J. de - Bergcult., 13, p. 1326, 1939.
231. ULTEE M.A.J. - Bergcult., 5, 50, p. 1395, Déc. 1931 et 6, 5, p. 113, Janv. 1932.
232. VAN DER MEULEN. - (voir MEULEN A. van der 211-212)
233. VAN HELTEN - (voir HELTEN W.M. van 195)
234. VON FABER - (voir FABER F.C. von 189-190)

## BIBLIOGRAPHIE

### MORPHOGÉNÈSE

170. ARNDT C.H. - Amer. Jour. of Bot., 16, pp. 173-8, 1929.
171. BEAUMONT J.H. - Journ. of Agric. res., Vol. 59, n° 3, pp. 223-35, 1939.
172. BEAUMONT J.H., E.T. FUKUNAGA - Facteurs affectant la croissance et la productivité du caféier à Kona (Hawaï) - Hawaii agric. Exp. Station, Bull. n° 113, 39 p., 1958.
173. BETREM J.C. - Bergcult., 12, n° 16, 1938.
174. BUVAT R. - Ann. Sci. Nat., Paris, 11è Sér., 13, p. 199, 1952.
175. BUVAT R. - C.R. Acad. Sci., Fr., T. 236, p. 1989, 1953.
176. CAMBRONY R. (1955) - Biologie florale des caféiers en Basse Côte d'Ivoire - Thèse présentée au principalat d'Agriculture (non publiée), 156 p., 1955.
176. CARVALHO A., H. ANTONES - Bragantia, 9, 1-4, pp. 81-4, 1949.  
bis
177. CARVALHO A., H.A. FILHO - Bragantia, 12, n° 1-3, pp. 81-4, 1952.
178. CARVALHO A., C.A. KRUG, J.E.T. MENDES - Bragantia, 10, n° 6, pp. 151-9, 1950.
179. CHAMPAGNAT P. (1946) - Les principes généraux de la ramification des végétaux ligneux - Rev. Hortic., pp. 335-41, 1946.
180. CHAMPAGNAT (1961) - Dominance apicale, Tropismes, Epinastie - in "Handbuch der Pflanzenphysiologie, Vol. XIV, pp. 872-908, 1961.
181. COOLHAAS C. - Arch. Koffiecult. Nederl.-Indie, 13, p. 47, 1939.
182. COOLHAAS C. - Netherl. J. Agric. Sci., 1, n° 2, pp. 130-6, 1953.
183. COOK O.F. - Bull. of the Dept. Agric. (Washington D.C.), 198, pp. 1-64, 1911.
184. CRAMER P.J.S. - (Voir 129 à 132)
185. CRAMER P.J.S. - Arch. Koffiecult., 2, 4, 1928.
186. CRAMER P.J.S. (1913) - Gegeven over de Variabiliteit van de in Nederlands - Indië verbouwde Koffie - sorten - Mededel. Uitgave Dep. Landb. (G. Kolff en Co) 11, 696, 1913.
187. DE HANN - (Voir HAAN H.R.M. de, 191-192).
188. DE STOPPELAAR - (Voir STOPPELAAR).
189. FABER F.C. Von - Teysmannia, 21, p. 556, 1910.
190. FABER F.C. Von - Ann. Jard. Bot. Buitenzorg, 2è Sér., 25, 1912.
191. HAAN H.R.M. de (1923) - De Bloembioologie van Robusta Koffie - Mededel. Proefst. Malang., n° 40, 1923.
192. HAAN H.R.M. de (1923) - Het enten van Koffie - Mededel. Proefst. Malang., n° 41, 1923.
193. HOEDT T.G.E.- Arch. v. Koffiecult., 7, p. 57, 1932
194. HOEDT T.G.E.- De Bergcult., 5, p. 1406, 1941.
195. HELTEN W.M. van - Het enten van Koffie - Mededel. Cultuurtuin, n° 4, 1915.
196. HILLE RIS LAMBERS M. - Bergcult., 9, p. 363, 1935.
197. HILLE RIS LAMBERS M. - Arch. v. Koffiecult., 13, p. 70, 1939.
198. JACQUES-FELIX - (Voir 10).
199. KRUG C.A. - Bol. Techn. Inst. Agr. Campinas, 20, p. 10, 1938.
200. KRUG C.A., J.E.T. MENDES, A. CARVALHO - Bol. Techn. Inst. Agron. Campinas, 62, pp. 1-57, 1939.

## C - INTERVENTIONS DE L'HOMME SUR LA MORPHOGÉNÈSE

### - LA TAILLE

Il n'existe pas d'espèce ou de variété répondant parfaitement aux exigences de la culture et de l'exploitation sur le plan de la morphogénèse et de la biologie.

JACQUES-FELIX (26), après avoir énuméré les défauts et les qualités des principales variétés cultivées, a donné la définition suivante du caféier parfait :

**Un arbre se ramifiant latéralement, se taillant bien et renouvelant sa fructification sur le vieux bois comme le *Liberica* ; ayant un système racinaire puissant, une grande vigueur végétative et générative comme le *Canephora* ; produisant à court délai de maturité des cerises d'*Arabica*.**

Un caféier adulte se dégarnit rapidement, certaines branches meurent et ne sont pas remplacées, d'autres, au contraire, s'allongent et ramifient constamment ; il se produit à la longue un déséquilibre préjudiciable à une exploitation rationnelle et au maintien d'une bonne production.

Une fructification trop abondante épuise l'arbre. Ce phénomène se produit, en général, selon COSTE (4), vers les 4ème et 5ème années. Un excès de ramification empêche l'aération de la masse de la charpente et du feuillage, et ralentit la production.

Aussi, l'homme intervient souvent pour : maintenir un développement équilibré de la charpente de l'arbre - empêcher le développement de rameaux improductifs - régénérer les parties défailtantes - modérer l'exubérance des jeunes pousses.

C'est en considération des phénomènes de la morphogénèse que l'homme doit intervenir au moyen de la taille. Il doit considérer que certains caféiers fructifient sur le bois d'un an des rameaux en croissance, et que d'autres, au contraire, peuvent fructifier sur le vieux bois.

La taille tient compte de la rapidité de croissance des axes, plus ils sont proches de la verticale, plus ils croissent rapidement. Mais un allongement trop important entraîne des difficultés dans l'approvisionnement en sève des divers organes.

Le vieillissement général amène une baisse régulière du rendement, c'est pourquoi des méthodes de taille, dites de réjuvenation, ont été utilisées concurremment avec le greffage pour provoquer la formation de jeune bois fructifère sur les vieux arbres.

Le lecteur trouvera l'exposé des principales méthodes de taille dans l'ouvrage général sur les caféiers de R. COSTE (4).

Ces méthodes comprennent : les tailles de formation de la charpente, les tailles de fructification et les tailles de réjuvenation.

Les tailles de formation sont subdivisées en deux groupes : les tailles appliquées aux caféiers conduits en tige unique, employées surtout sur *C. arabica*, et les tailles en multi-caulie appliquées surtout aux *Canephoroides*.

Les tailles en tige unique consistent surtout à faire un écimage unique ou des écimages successifs, à limiter le nombre des étages de branches primaires, et à supprimer les secondaires trop proches du tronc. On obtient ainsi une forme générale cylindrique.

L'écimage est pratiqué à 1,50m-1,80m pour l'*arabica* et le *C. canephora* var. *robusta*, 2m-2,50m pour le *C. canephora* var. *kouilouensis*, et pour les espèces qui ont un port naturel d'arbre : *C. excelsa* et *C. liberica*, 3m (COSTE 4).

235. VAROSSIAU W.W. (1940) - On the development of the stem and the formation of leaves in Coffea species - 88 pp. Leiden 1940 et Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 50, pp. 115-98, 1940.
236. VOECHTING H. - Jahrb. Wiss. Bot., 40, p. 144, 1904.
237. WAKEFIELD A.J. (1933 et 1938) - Arabica Coffee - Periods of growth and seasonal measurements - Dept. Agric. Tangan. Terr., Pamphlet, n° 9, 16 p., 1933, et Rev. Bot. Appl., 18, p. 891, 1938.
238. WARDLAW C.W. - Jour. linn. Soc. London, Bot., 56, n° 366, pp. 154-60, 1959.
239. ZIMMERMANN A. - Tidschr. Nijv. et Landb. Ned. Ind., XCIII, 1916.

gétatif (HOEDT 260). PORTERES\*, VALLAEYS\*, WAKEFIELD\* conseillent de ne pas blesser les racines des caféiers au cours des façons aratoires surtout pendant les périodes de croissance. Cependant, FERNIE (254) a appliqué récemment au Kenya la taille des racines à de jeunes plantules de caféier au cours de leur séjour en pépinière. De nombreux auteurs (HATERT\*, BOYER\*, etc.) ont en effet signalé que le caféier supportait parfois mal la transplantation car la racine principale (ou pivot) est souvent cassée, blessée ou tordue au cours de la mise en place. FERNIE, par des tailles répétées des racines dès leur jeune âge, "habitue" les jeunes plants et évite ainsi ce que l'on pourrait appeler le "choc opératoire" de la transplantation.

## 1 - La taille comme moyen d'équilibrer le développement en fonction du climat

L'augmentation de la surface d'évaporation peut amener une perte de productivité au cas où le caféier se développe dans une région de climat tropical comportant une ou plusieurs saisons sèches. Aussi, l'homme peut intervenir pour rétablir par la taille un juste équilibre entre le développement, la morphogénèse de l'arbre et le climat.

Cette idée fut le point de départ de l'application de la théorie dite de "la sécheresse physiologique" énoncée en 1947 par DE SCHLIPPE (277).

Selon cette théorie, "l'âge d'une plante ou d'une partie d'une plante est fonction de la concentration de sa sève". La sève diluée chez les jeunes arbres devient de plus en plus concentrée chez les vieux. On peut donc accélérer le vieillissement, ou le ralentir, en agissant sur la concentration de la sève.

Une plante qui se développe sur un sol pauvre et sec vieillit plus rapidement qu'une plante sur un sol humide et riche. Le rapport C/N interviendrait donc aussi dans le vieillissement.

On pourrait classer les facteurs susceptibles d'agir sur la concentration de la sève en 4 groupes - DE SCHLIPPE (loc. cit.) :

- 1 - Les facteurs qui déterminent la réserve d'eau à la disposition du système racinaire (facteurs climatiques) ;
- 2 - Les facteurs qui déterminent l'intensité d'évaporation par unité de surface des feuilles (facteurs climatiques à action directe sur la transpiration de la plante) ;
- 3 - Les facteurs qui composent l'étendue de la surface totale d'évaporation des feuilles (surface présentée par la plante) ;
- 4 - Les facteurs qui composent les dimensions et la nature du courant osmotique.

Les facteurs du premier groupe sont les facteurs du climat qui comprennent aussi bien les chutes de pluies, la température, que la topographie (pente du sol, composition physique et chimique, proximité de la nappe phréatique, etc.) ; les façons culturales (entretien du sol, mode de plantation) et les plantes cultivées en association avec le caféier et créant un microclimat et une compétition (arbres d'ombrage, plantes de couvertures, etc.)

Dans le second groupe, DE SCHLIPPE (loc. cit.) range les facteurs du climat qui agissent directement sur la plante et qui peuvent provoquer une perte d'eau plus ou moins grande par transpiration (intensité de la lumière, vitesse et état hygrométrique du vent).

Le troisième groupe est constitué par les éléments de la plante soumis à l'action des facteurs du second groupe (surface foliaire, longueur des branches, résistance à la déperdition d'eau, etc.).

Enfin, dans le quatrième groupe, ont été classés les facteurs intrinsèques de la plante qui agissent sur le transport de l'eau, la résistance à la sécheresse, le déficit de pression de diffusion, etc.).

---

\* Voir à ce sujet les prochains numéros de cette revue consacrés à la "Physiologie de la croissance et de la floraison du Caféier".

Les tailles en multicaulie appliquées surtout aux *Canephoroides* sont très diverses et consistent à produire, faire fructifier et renouveler le "bois primaire" de fructification. On leur donne le nom des formes recherchées et compatibles avec le climat et la nature du sol. Dans la conduite des arbres en multicaulie, on peut distinguer les méthodes qui procèdent par arcure ou inclinaison de la tige principale, et les méthodes qui procèdent par taille des axes et écimages successifs. Les rejets qui partent sur la grande courbure du tronc, à l'aisselle de chaque feuille, sont autant d'orthotropes dont on limite le nombre ; c'est la méthode "Agobiada" en Amérique du Sud. Dans une autre méthode dite "Verga", on pratique une simple inclinaison du tronc.

A l'aide des méthodes par tailles et écimages successifs des axes, on obtient des formes dites libres, à 3 tiges et plus, en éventail, etc.

Les tailles de fructifications sont appliquées surtout aux caféiers conduits en unicaulie (*C. arabica* L.), et visent à régler le développement des branches secondaires et tertiaires afin d'assurer une production régulière : pincement des primaires, suppression des branches non productives, raccourcissement des branches trop longues afin de ramener la fructification le plus près du tronc possible, tout en ménageant une aération convenable de la charpente.

Chez le *C. arabica* L., la suppression des gourmands en surnombre qui risquent d'épuiser l'arbre et empêchent une bonne aération de la charpente, a reçu le nom de "taille de dégagement". Elle est pratiquée de façon plus sévère (taille d'éclaircie) de temps à autre, pour équilibrer la charpente, et s'attaque aux grosses branches (primaires). Au Kenya, on désigne ainsi sous le nom de "parrot-stricking" la taille qui consiste à sectionner les branches primaires à 15 cm du tronc, et de "heavy pruning" celle où la section n'est pratiquée qu'à 50 cm du tronc.

Les tailles de réjuvenation ne s'appliquent qu'aux caféiers conduits en unicaulie. On distingue parmi celles-ci les tailles de restauration dans lesquelles on corrige les défauts de la charpente, les tailles de rajeunissement ou recépage. Le recépage est plus ou moins sévère selon qu'il est pratiqué à une certaine hauteur, ou que le tronc est coupé près de sa base.

Le choix des techniques de taille dépend donc de l'espèce considérée et du milieu dans lequel elle se développe. La taille en multicaulie des *Canephoroides*, en permettant une régénération constante du bois de fructification, a permis d'augmenter la production des caféiers et leur durée de vie dans des proportions très appréciables. Le nombre de tiges qui doit être laissé par arbre passe évidemment par un optimum qui a été fixé à 3 ou 4 tiges, et ne doit pas dépasser 7 tiges (voir R. COSTE 4).

Pour le *C. canephora* var. *robusta*, AHRENS et R. VANDENPUT ont préconisé une multicaulie renouvelée (241). Ils laissent pousser 6 tiges à raison de 2 par année. Les plus âgées s'inclinent et prennent une position semi-horizontale, ce qui dégage le centre de l'arbre. Au bout de 6 ans, les deux plus vieilles tiges sont supprimées et remplacées par de nouvelles. Ce mode de taille a augmenté le rendement des arbres dans certaines régions du Kenya (Kapretwa), mais l'a fait diminuer de 20 % dans d'autres régions (Kitale) selon P.A. JONES (263). La taille de renouvellement de FUKUNAGA (172) qui porte sur un cycle de 4 ans est basée sur le même principe.

Dans la province de São Paulo au Brésil, on a pratiqué la culture à pieds multiples qui consistait à placer au moment de la plantation plusieurs plants dans un même trou ; on avait ainsi 3, 4, 6, parfois 8 caféiers et plus, qui se développaient côte à côte, entremêlant leurs branches. Aussi, cette pratique culturale entraînait quelques difficultés pour la taille, l'entretien et la récolte. On a tenté de dégager la base des plantes, mais le rendement a diminué (MENDES (267-269)). Ces résultats ont été confirmés par STEVENS et FRAGA (281) qui ont précisé que les arbres ainsi taillés produisaient  $105 \pm 50$  kg en fruits secs de moins que les arbres non taillés. ROBINSON (276) a également réalisé au Tanganyka des essais en vue de rechercher l'influence du nombre de tiges laissé par arbre (multicaulie) dans un tel système de culture. Ses résultats tendent à montrer qu'en définitive il est préférable de conduire chaque pied en unicaulie.

On a pratiqué aussi la taille des racines, mais sans succès, car l'augmentation de production provoquée par une augmentation du rapport C/N a été suivie d'un affaiblissement vé-

## 2 - Physiologie de la taille

Pour arriver à cette maîtrise, il n'y a pratiquement pas eu d'expériences scientifiques de réalisées. Les théories furent élaborées de la pratique culturale issue elle-même de nombreux tâtonnements.

On a tenté d'expliquer les effets de la taille par la variation du rapport C/N, à la lumière des travaux de KLEBS. La diminution du rapport C/N de la sève provoquerait un accroissement de l'activité végétative, tandis que son augmentation se traduit par une stimulation de l'activité générative (COSTE4).

POSKIN (272) a montré qu'il existait chez le *C. canephora* var. *robusta* une relation entre la productivité d'un arbre et la longueur totale de ses branches. Pour un arbre qui a au total 150 m de branches, cet auteur a trouvé que chaque augmentation supplémentaire de 1 mètre de branche se traduisait par une augmentation de la production de 4,4 g de café.

MOENS (270) a effectué récemment des recherches sur les effets du pincement des plagiotropes chez le *C. canephora* var. *robusta*, sur la morphogénèse et le déroulement des divers stades de développement des bourgeons axillaires. Nous donnons ci-dessous les principales conclusions de cet auteur.

Des ramifications très courtes apparaissent 14 jours en moyenne après le pincement d'un rameau plagiotrope sur le premier et souvent les deux premiers nœuds au-dessous de la section. Les rameaux sont donnés en général par les deux premiers bourgeons axillaires sériés de chaque aisselle de feuille. Les deux derniers bourgeons sériés peuvent également donner des rameaux. Sur les rameaux pincés, le pourcentage de chute de feuilles est identique à celui des rameaux témoins non pincés. L'initiation florale des bourgeons axillaires des rameaux formés à la suite du pincement a lieu au moment où la chute des feuilles est à son minimum et la floraison à son maximum sur les rameaux pincés. Cette initiation a lieu au même moment sur le rameau pincé et ceux issus du pincement pour les bourgeons apparus en même temps dans l'un et l'autre cas. Mais la floraison est plus tardive sur les ramifications (1 mois). La formation des fruits se fait au même rythme, et la récolte peut être faite 19 mois après floraison (au Congo ex Belge) que ce soit sur les rameaux issus du pincement ou sur les rameaux témoins non pincés.

Par contre, en ce qui concerne les bourgeons indifférenciés au moment du pincement, leur évolution est retardée par cette opération.

La vitesse de différenciation des bourgeons déjà initiés au moment du pincement n'est pas perturbée ; la floraison et la fructification non plus, mais la maturation semble légèrement accélérée par rapport au rameau témoin.

Le pincement des rameaux plagiotropes, parfois pratiqué au cours des tailles, n'est donc pas tout à fait sans action sur la physiologie du caféier, puisqu'au moins dans l'immédiat, MOENS a constaté un retard très net de l'évolution des bourgeons indifférenciés.

On ne sait pas grand-chose sur l'effet des tailles successives sur le métabolisme du caféier. En quoi consistent les processus qui conduisent à la réjuvenation ? Quels sont les caractères principaux de la physiologie de l'arbre soumis à la taille ? On ne sectionne pas l'axe principal d'un arbre ou ses branches sans apporter des perturbations dans les divers processus du métabolisme.

Des études très sérieuses ont montré le rôle important du bilan hydrique sur la vie du caféier. Comment évolue ce bilan sous l'influence de la taille ? Peut-on apporter des arguments solides à la théorie de la "sécheresse physiologique" ? Il y a là tout un domaine à explorer sur le plan écophysologique et physiologique.

Ceci amène cet auteur à répertorier les diverses réactions de la croissance des *C. canephora* var. *robusta*, en fonction des divers milieux, et à en définir les formes type qui en sont sa conséquence.

- 1 — En sols pauvres, les facteurs climatiques provoquent une grande sécheresse physiologique. Il s'établit un type naturel de développement qui échappe à toute taille : le petit buisson.
- 2 — En sols plus riches et en milieu aride, correspond le type naturel avec "jupe et manche à balai". Le type de taille correctif préconisé consiste à supprimer les balais, et en une taille de dégagement du cylindre formé par la jupe.
- 3 — Lorsque les facteurs du milieu provoquent une sécheresse peu intense ou de faible durée occasionnant une "sécheresse physiologique" peu importante, la forme naturelle sera en forme de faisceau (humidité moyenne) ou éventail (forte humidité).

Dans les milieux ci-dessus,

- a. Lorsque le caféier est conduit en unicaulie, il prendra une forme "arbre".
- b. Son écimage donnera la forme "parasol" avec branches terminales retombantes.
- c. Corrigé par des tailles de dégagement ou d'éclaircie (parrot-stricking), le caféier, conduit en tige unique, prendra une forme cylindrique.
- d. S'il est conduit en multicaulie, le point de départ sera la forme éventail mais dans la multicaulie dirigée (Agobiada), le point de départ sera la forme "faisceau".
- e. Dans la conduite des arbres en multicaulie, on aboutira à la forme en "candélabre".

DE SCHLIPPE (loc. cit.) en vient alors à proposer (TABLEAU III), pour chaque type de climat, une forme type de caféier utile pour assurer le meilleur équilibre de la végétation et de la production.

TABLEAU III

	Climat homogène aride	Climat homogène humide	Climat hétérogène
Pays plat	Croissance libre éventail	Tige unique en cylindre	Multicaule dirigée candélabre
Pays accidenté	Multicaule dirigée candélabre et éventail	Multicaule dirigée ou compromis candélabre ou cylindre sur faisceau	Multicaule dirigée candélabre

Le développement naturel du caféier le conduit à un vieillissement d'autant plus rapide que ses déperditions en eau sont plus intenses. A ce vieillissement est associé un affaiblissement graduel et un dépérissement prématuré qui peut être accéléré par le parasitisme.

Par la taille, on tend à rétablir et maintenir un équilibre avec le milieu qui a pour conséquence une prolongation de la vie de la plante et l'obtention d'un rendement maximum dans le milieu considéré. La technique de la taille doit donc être adaptée à la fois à l'espèce considérée et au milieu dans lequel elle se développe.

- 272.** POSKIN J.H. - C.R. VIIè Congrès Intern. Agr. Trop., Tripoli, 1939.
- 273.** POSKIN J.H. (1942) - La taille du caféier robusta, Publ. I.N.E.A.C., Sér. Techn., n°31, 59 p. 1942.
- 274.** PRATT A.M. - The Jour. Jamaica Agr. Society n°4, 5 et 6, pp. 92-100, April, May, June, 1946.
- 275.** PUT R. - Bull. Agr. Congo Belge, n°3, pp. 575-616, Sept. 1951.
- 276.** ROBINSON J.B.D. (1961) - Crop yield and the number of coffee trees in the planting hole - Coffee Research Station, Lyamungu (Tanganyika) - Research Report, pp. 27-38, 1951.
- 277.** SCHLIPPE P. de - Bull. Agric. Congo Belge, 2, pp. 315-46, Janv. 1947.
- 278.** SECCOMBE G.D. - East Afr. Agric. Jour., IV, pp. 35-8, 1938.
- 279.** SLADDEN G.E. - Bull. Agr. du Congo Belge, XXIV, pp. 400-17, 1933.
- 280.** SLADDEN G.E. - Bull. Agr. du Congo Belge, XXX, pp. 503-35, 1939.
- 281.** STEVENS W.L., C.B. jr. FRAGA - Bragantia, Bras., 11, n° 10-12, pp. 285-9, 1953.
- 282.** STOFFELS E. - I.N.E.A.C., Ser. Techn., Bull. n°12, 35 p., 1937.
- 283.** STOFFELS E.H.J. - Rapp. Ann. I.N.E.A.C., pp. 114, 1938.
- 284.** STOFFELS E.H.J. - Bull. Agric. Congo Belge, pp. 59-70, Mars 1941.
- 285.** THIRION F. (1954) - Quelques principes de la taille du caféier robusta - Bull. Inf. INEAC n°4, pp. 344-50, 1954.
- 286.** TRENCH A.D. (1931) - Coffee pruning - Depart. of Agr. Kenya, Bull. n°13, 1931.
- 287.** ULTEE A.J. - De Berg, pp. 865-9, 1934.
- 288.** VALLAEYS G. (1959) - Les caféiers du Congo Belge - La pratique de la taille du Caféier robusta - Publ. Dir. Agric. For. Elev., 98 p., Minist. Congo Belge et Ruanda - Urundi, Bruxelles, 1959.
- 289.** YGLESIAS B. - Trop. Agr., LXXXVII, pp. 26-32, 1936 (cf. Rev. Bot. Appl. pp. 1008-10, 1936).
- 290.** ANONYME - Indian Coffee Board, Belehonnur, p. 141, 1950.
- 291.** ANONYME - Annual Report of the Coffee Research and experimental Station Lyemungu, Moshi, Tanganyika, 1947-1948, Depart. of Agric. Dar es Salaam, 1950.

## BIBLIOGRAPHIE

### TAILLE

240. ABEELE, VAN DEN - Bull. Agric. Congo Belge, 20, pp. 577-86, Déc. 1929.
241. AHRENS L., R. VANDEPUT - Bull. Agric. Congo Belge, 42, n°3, pp. 575-616, 1951.
242. ALLONCIUS C.J. - Agr. et Elev. au Congo Belge, 2, pp. 136-7, Mai 1930.
243. BELLO L.V. - Rèv. Bot. Appl., Paris pp. 558-604, Août 1932.
244. BETREM J.M. - De Berg., pp. 476-86, 1938.
245. BEUX Ed. - Bull. écon. de Madagascar, n°4, pp. 314-23, 1935.
246. BRASSINE J. del., A. CARLIER - Bull. Comptoir Cafés Congo, Léopoldville, n°139, p. 16, 1957.
247. CHAMPAGNAT P. (1949) - La taille des arbres fruitiers (La Maison Rustique Edit.), Paris, 1949.
248. CHARDON C.E. - Agric. et Elev. au Congo Belge, 1, pp. 90-1, 1927-1928.
249. CLAES F. (1938) - Traité de culture pratique et de taille du Caféier arabica, Bruxelles, 1938.
250. COLINET P. - Café, Cacao, Thé, Fr., Vol. VI, n°4, pp. 261-70, 1962.
251. COSTE R. - Agron. Col., n° 219-220, Mars-Avril 1936.
252. DELAP W.F. - East Afr. Agric. Jour., III, pp. 64-9, 1937.
253. DUQUE J.P. - Café, Nicaragua, pp. 39-45, 1946.
254. FERNIE L.M. - Kenya coffee, Vol. XXVI, n°310, pp. 379-83, 1961.
255. FIGUERES R. (1944) - Pour comprendre et exécuter la taille du caféier - Broc. Sect. Tech. d'Agr. Trop., pp. 9-26, Nogent-s/Marne, 1944.
256. GILBERT S.M. - The Emp. Jour. of Exp. Agr., n°51, p. 121, Jul. 1945.
257. GILLET S. - Trop. Agric., XVII, n°1, p. 5, 1940.
258. GONZALES A. - Revista de Agric. San-José, pp. 27-9, Janvier 1951.
259. GOUBEAUX J. - Bull. Econ. Indochine, pp. 715-17, 1928.
260. HOEDT (1932) - Archief voor de Koffie cultuur in Nederlandsh Indie, pp. 57-84, 1932.
261. IGLESIAS B.R. - Revista del. Inst. Def. Café de Costa-Rica, Vol. I, n°4, 1935, et East-Afric. Agric. Jour., pp. 487-97, 1936.
262. JACKSON T.H. - The coffee Board of Kenya, n°31, p. 113, Sept. 1937.
263. JONES P.A. - Monthly Bull. Coffee Bd Kenya, 14, 165, pp. 164-5, 1949.
264. KADEN O.F. - Tropenflanzer, pp. 267-378, 1934, et pp. 108-112, 1935 (cf. Rev. Bot. Appl. pp. 1122-5, 1935).
265. MAC CLELLAND T.B. - Agric. et Elev. au Congo Belge, p. 253, 1929.
266. MEIJER W.H. - Archief voor de Koffie cultuur in Nederlandsh Indie, n°2, pp. 51-69, 1939.
267. MENDES J.E.T. - Bragantia, 6, pp. 567-82, 1946.
268. MENDES J.E.T. - Bol. Sup. Café, São Paulo, pp. 386-91, 1948.
269. MENDES J.E.T. - Bragantia, Bras., 11, n°10-12, pp. 277-84, 1951 (paru 1953).
270. MOENS P. - Agricultura, Louvain, 10, pp. 703-17, 1962.
271. NOSTI J. - Cómo es y cómo se poda al Cafeto "Liberia" - Inst. de Estud. africanos, Madrid 1949.

l'influence de certains facteurs du milieu ? Peut-on parler ici, comme dans la plagiotropie, de mutation gemmaire ?

L'application de substances de croissance et d'hormones diverses, l'étude du système hormonal du caféier envisagé plus haut, le changement du métabolisme de l'arbre au cours de la mise à fleur, l'étude des acides nucléiques et des protéines, notamment des méristèmes au cours de l'initiation florale, sont autant de sujets passionnants qui peuvent rendre de grands services à l'exploitation du caféier. Cette énumération n'est pas limitée aux exemples ci-dessus, où le lecteur reconnaîtra parmi eux les problèmes de la physiologie des plantes cultivées en général.

Comme pour le Palmier à huile (voir le numéro précédent de cette revue\*), on peut dire, en définitive, que les recherches sur la physiologie du Caféier en sont restées le plus souvent au stade descriptif, et que l'aspect expérimental de ces études n'a été qu'ébauché.

Dans les numéros suivants de cette revue nous aborderons la physiologie de la croissance et de la floraison du caféier.

\* P. PREVOT. La Physiologie du Palmier à huile - *Physiol. des Plantes Tropicales Cultivées* - n° 1, pp. 14-39, O.R.S.T.O.M., PARIS, 1962.

### III - CONCLUSIONS

Les études de physiologie "sensu stricto" concernant la germination, la multiplication végétative et la morphogénèse sont peu nombreuses.

Peut-être certaines documentations nous ont-elles fait défaut, et nous serions reconnaissants au lecteur de nous signaler les erreurs ou les oublis que nous aurions pu faire involontairement. Pour reprendre chaque chapitre traité ici, nous devons reconnaître que la **germination** pose de nombreuses questions intéressantes. On ne sait pas grand-chose de l'utilisation des matières de réserves et du métabolisme de l'embryon et de la plantule au cours de la germination. La fragilité des semences vis-à-vis des divers facteurs (mode de préparation, action des radiations, déshydratation) a été étudiée par plusieurs auteurs - BACCHI (36-38) en particulier - mais peut encore susciter d'autres recherches. Il y a un point sur lequel nous aurions besoin de lumière, c'est le mécanisme physiologique qui conduit à la perte de pouvoir germinatif.

La **Rhizogénèse** n'a pas été étudiée, à notre avis, de façon assez approfondie. Nous avons trouvé dans la littérature des essais agronomiques touchant à la Multiplication par le bouturage, mais non des expériences effectuées dans des conditions de milieu bien définies. Les résultats sont pour cette raison souvent contradictoires. Ainsi, la plupart des auteurs affirment que le *C. excelsa* est une espèce réfractaire au bouturage. Dans quelques publications, nous avons trouvé une affirmation contraire : VALLAEYS (118) et EUVERTE (74) ont montré que les divergences concernant la faculté de rhizogénèse des divers tissus étaient très exagérées et dues à ce que les divers auteurs n'avaient pas opéré dans des conditions d'asepsie suffisante ; les boutures pourrissaient avant d'avoir pu raciner. Les études sur l'action des substances stimulatrices seraient à reprendre et à compléter. Le rôle des inhibiteurs naturels du caféier dans la faculté de rhizogénèse n'est pas connue, ni le métabolisme de la bouture au cours de l'enracinement, ni les phénomènes de polarités.

En ce qui concerne le **greffage**, l'influence réciproque des deux partenaires n'a pas fait l'objet de recherches suffisamment approfondies. On ne sait pas non plus à quels phénomènes sont dus les incompatibilités entre sujet et greffon. Des travaux sur le métabolisme de l'un et de l'autre, sur le transport des substances à travers le bourrelet de cicatrisation seraient intéressants à entreprendre. La méthode sérologique peut apporter ici des renseignements fort utiles.

La question la plus importante posée par l'étude de la **morphogénèse** est certainement celle ayant trait à la plagiotropie. Comment un bourgeon végétatif peut-il ainsi se développer horizontalement ? Quelle est la nature et comment se produit cette mutation gemmaire ? A ce phénomène, vient s'ajouter chez le caféier celui des corrélations de croissance commun à de nombreux arbres. Malgré les résultats importants obtenus récemment par MOENS (913) il reste encore beaucoup à faire pour trouver la solution physiologique du problème. Sur le plan hormonal, rien encore n'a été effectué chez le caféier, et nous avons trouvé là une source très prometteuse de recherches. Les auxines et inhibiteurs du caféier doivent interférer avec la caféine dont on connaît déjà les propriétés inhibitrices et mitoclasiques vis-à-vis d'autres végétaux.

La **morphogénèse** intéresse non seulement la forme de l'arbre et ses possibilités de croissance et de production, mais également, au niveau même des bourgeons, le mécanisme de l'initiation florale. A ce niveau, les processus sont à l'échelle du tissu et de la cellule. Le problème de la mise à fleur qui sera évoqué ultérieurement est, comme pour les autres végétaux, encore mal connu. Comment certains bourgeons peuvent-ils évoluer en primordia floraux sous