

ÉTUDES
SCIENTIFIQUES



ETUDES SCIENTIFIQUES

MARS 1973

LE CACAOYER

Jean BRAUDEAU

Ingénieur Agronome I.N.A.

**Directeur des Recherches Cacaoyeres de l'Institut Français
du Café, du Cacao et autres plantes stimulantes (I.F.C.C.).**

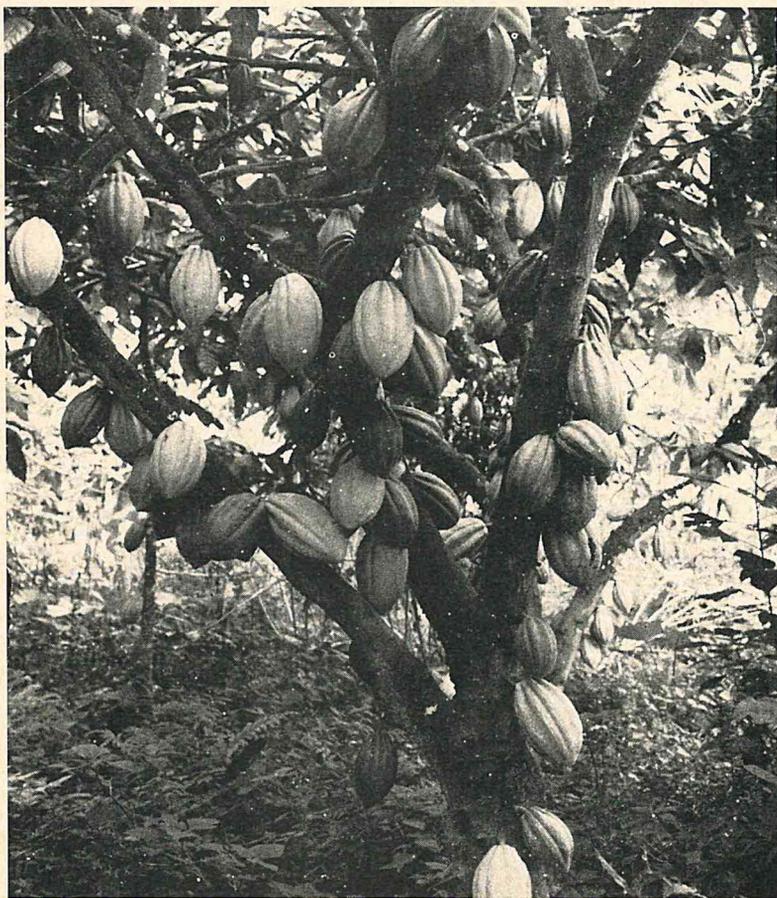
LE CACAOYER

INTRODUCTION

Les agriculteurs Mayas ont été certainement les premiers à cultiver rationnellement le cacaoyer en Amérique Centrale et notamment au Mexique, mais l'histoire nous en est malheureusement mal connue. Celle des Aztèques par contre nous confirme que, dès le XIV^e siècle, le cacao est cultivé au Mexique où ensemencement, plantation et récolte sont l'occasion de cérémonies religieuses.

Lorsqu'en 1519, Hernando CORTÈS débarque sur la Côte du Tabasco et entreprend la conquête du Mexique, il s'intéresse très vite au cacao. Le cacao, en effet est utilisé pour préparer une boisson nourrissante, dont l'usage est très répandu dans l'entourage du souverain MONTEZUMA. Mais il constitue également la monnaie courante en usage dans toutes les provinces du Mexique dont chacune d'ailleurs paie

HISTORIQUE DE LA CULTURE DU CACAOYER



cf. GRIMALDI

un lourd tribut à MONTEZUMA sous forme de fèves de cacao. Et c'est la monnaie plus que l'aliment qui intéresse tout d'abord les Espagnols.

Le breuvage préparé par les Aztèques ne ressemble pas en effet au chocolat tel que nous le connaissons aujourd'hui. Ce n'est qu'après avoir eu l'idée de l'associer au sucre, extrait de la canne dont ils ont introduit la culture à Saint-Domingue puis au Mexique, que les Espagnols commencent à apprécier le cacao dont ils répandent l'usage dans toutes leurs possessions d'Amérique d'abord, en Espagne ensuite.

Dès la fin du XVI^e siècle, le cacao est cultivé dans la plupart des régions tropicales d'Amérique Centrale, d'Amérique du Sud, ainsi que dans plusieurs des îles Caraïbes et notamment à Trinidad.

Les premières exportations de cacao vers l'Europe sont faites à destination de l'Espagne, d'abord sous forme de pâtes préparées localement, puis sous forme de cacao en fèves. Le premier chargement de fèves est débarqué en Espagne en 1585. D'Espagne, l'usage du cacao se répand en Italie, puis en France, où il devient très à la mode à la Cour après le mariage de LOUIS XIV avec MARIE-THERESE d'Autriche, fille de PHILIPPE IV, roi d'Espagne, en 1660. La préparation et le commerce du chocolat sont en France à cette époque un monopole accordé par le roi à DAVID CHAILLOU qui, de 1659 à 1688, reste le seul chocolatier de Paris.

Ce n'est toutefois qu'au cours du XIX^e siècle que la culture du cacao progresse réellement tandis que l'industrie du chocolat se développe en Europe. En Amérique, deux nouveaux pays producteurs importants apparaissent : l'Equateur, où la culture s'est développée peu à peu, et le Brésil, où la culture s'est rapidement étendue après son introduction dans l'État de Bahia. En Afrique, le cacao n'est cultivé au début du XIX^e siècle que dans les îles de Fernando Poo et de São Tomé.

Les premières semences introduites sur le continent africain en 1857 proviennent de Surinam et sont importées au Ghana par des missionnaires suisses. De nouvelles importations sont faites ensuite de Fernando Poo et de São Tomé et la culture prospère rapidement au Ghana dès la fin du XIX^e siècle. Le cacao est introduit également à cette époque au Nigéria, au Cameroun, en Côte-d'Ivoire.

L'impulsion donnée à la culture du cacaoyer au cours du XIX^e siècle est liée au développement de l'industrie du chocolat en Europe. De grandes firmes naissent à cette époque (DAVID en 1804, HILDEBRAND en 1817, VAN HOUTEN en 1815, CAILLER en 1819, MENIER en 1825, SUCHARD en 1826, KOHLER en 1830, CADBURY en 1831...).

Mais surtout de grands progrès sont réalisés dans l'industrie : en 1828 un brevet est pris pour la fabrication du chocolat en poudre après extraction du beurre de cacao et l'on découvre bientôt qu'en mélangeant du beurre de cacao avec une pâte de cacao et du sucre, on peut préparer un article délicieux qu'il est possible de mouler : le chocolat est né, qui est mis en vente pour la première fois en 1847.

Le XX^e siècle voit un développement considérable de la production de cacao, développement qui se caractérise surtout par une extension très rapide de la culture en Afrique.

Alors qu'au début du siècle la production mondiale de cacao se situait aux environs de 115 000 tonnes, dont 20 000 seulement en provenance de l'Afrique, la campagne 1971/72 a fait apparaître une production record supérieure à 1 500 000 tonnes, dans laquelle l'Afrique intervenait pour 72 %.

**IMPORTANCE ET
RÉPARTITION
MONDIALE DE
LA PRODUCTION**

C'est dire le développement considérable de la production au cours des soixante dernières années mais c'est souligner également la part prépondérante prise par l'Afrique dans cette production.

En 1900, la production africaine provenait essentiellement de São Tomé et Príncipe qui fournissaient 17 000 tonnes, le Ghana, le Cameroun et la Guinée Espagnole apportant une contribution totale de 3 000 tonnes.

Aujourd'hui six pays africains (Ghana, Nigeria, Côte-d'Ivoire, Cameroun, Togo et Guinée Equatoriale) produisent à eux seuls plus de 70 % de la production mondiale avec un potentiel de production supérieur à un million de tonnes.

Trois pays américains complètent la liste des principaux producteurs (Brésil, Équateur et République Dominicaine) et représentent environ 18 % de la production mondiale.

La production est donc très fortement concentrée et de plus en plus africaine (tableau 1)

La part des pays de la zone franc est depuis quelques années supérieure à 20 % de la production mondiale (tableau 2) alors qu'elle ne représentait que 15 % environ en 1960. L'essentiel du cacao de la zone franc, soit 90 %, est fourni par la Côte-d'Ivoire et le Cameroun, les autres pays n'intervenant que pour des tonnages plus modestes.

RÉPARTITION ACTUELLE DE LA PRODUCTION CACAOYÈRE

(d'après statistiques F.A.O. — en milliers de tonnes métriques)

| | Moyenne 1951/52 1955/56 | Moyenne 1956/57 1960/61 | Moyenne 1961/62 1965/66 | Moyenne 1966/67 1970/71 | 1971/72 | Prévisions 1972/73 |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------|
| Amérique | | | | | | |
| Brésil | 135,2 | 163,6 | 127,6 | 173,3 | 165,6 | 200,0 |
| Équateur | 29,8 | 33,5 | 40,2 | 59,8 | 60,0 | 56,0 |
| République Dominicaine | 31,9 | 35,9 | 33,4 | 32,2 | 41,0 | 31,0 |
| Mexique | 11,6 | 15,3 | 23,8 | 25,3 | 28,0 | 27,0 |
| Venezuela | 20,6 | 14,5 | 21,1 | 22,6 | 19,0 | 18,0 |
| Colombie | 10,9 | 12,8 | 16,8 | 18,7 | 22,0 | 23,0 |
| Costa Rica | 7,4 | 10,1 | 9,9 | 6,9 | 5,0 | 5,0 |
| Trinidad et Tobago | 8,2 | 7,5 | 5,5 | 4,9 | 4,2 | 4,5 |
| Autres pays | 20,4 | 19,4 | 17,0 | 14,7 | 16,4 | 16,4 |
| Total | 276,0 | 312,6 | 297,1 | 358,4 | 361,2 | 380,9 |
| % du total mondial | 35,5 | 32,8 | 23,7 | 26,1 | 23,6 | 25,9 |
| Afrique | | | | | | |
| Ghana | 232,3 | 299,6 | 453,7 | 388,4 | 440,0 | 407,4 |
| Nigeria | 100,7 | 137,3 | 215,0 | 245,1 | 255,3 | 274,0 |
| Côte d'Ivoire | 59,9 | 65,8 | 108,6 | 160,3 | 220,0 | 185,0 |
| Cameroun | 59,2 | 70,5 | 81,2 | 100,7 | 128,0 | 95,0 |
| Guinée Équatoriale | 18,5 | 23,5 | 32,1 | 31,7 | 22,0 | 30,0 |
| Togo | 5,3 | 7,9 | 13,7 | 21,5 | 30,0 | 22,0 |
| San Tomé - Príncipe | 7,9 | 8,5 | 9,2 | 10,1 | 10,5 | 9,5 |
| Autres pays | 8,3 | 12,5 | 14,8 | 17,9 | 23,5 | 23,0 |
| Total | 492,1 | 625,6 | 928,3 | 975,7 | 1 129,1 | 1 045,9 |
| % du total mondial | 63,2 | 65,6 | 74,1 | 71,1 | 73,7 | 71,2 |
| Asie | | | | | | |
| Total | 5,3 | 6,1 | 7,3 | 9,6 | 12,0 | 12,8 |
| % du total mondial | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| Océanie | | | | | | |
| Nouvelle Guinée - Papouasie | 0,8 | 4,8 | 16,2 | 24,7 | 26,0 | 25,0 |
| Autres pays | 4,0 | 5,0 | 4,3 | 3,5 | 3,0 | 3,7 |
| Total | 4,8 | 9,8 | 20,5 | 28,2 | 29,0 | 28,7 |
| % du total mondial | 0,6 | 1,0 | 1,6 | 2,1 | 1,8 | 1,9 |
| TOTAL PRODUCTION MONDIALE | 778 | 954 | 1 253 | 1 372 | 1 531 | 1 468 |

Tableau 1

Tableau 2

PRODUCTION DES PAYS DE LA ZONE FRANC*(en milliers de tonnes métriques, d'après statistiques F.A.O.)*

| | 1967/68 | 1968/69 | 1969/70 | 1970/71 | 1971/72 | 1972/73 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Côte d'Ivoire | 146,6 | 144,5 | 180,7 | 179,6 | 220,0 | 185,0 |
| Cameroun | 93,0 | 102,0 | 110,0 | 112,0 | 128,0 | 95,0 |
| Togo | 18,0 | 18,4 | 26,7 | 28,0 | 30,0 | 22,0 |
| Gabon | 4,1 | 4,5 | 4,7 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Congo | 1,8 | 1,1 | 1,3 | 2,0 | 2,1 | 2,2 |
| Madagascar et Comores | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| Nouvelles Hébrides | 0,7 | 0,9 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,5 |
| Total | 264,7 | 271,9 | 324,7 | 328,2 | 386,5 | 310,6 |
| % production mondiale | 19,5 | 22,2 | 22,7 | 22,0 | 25,2 | 21,2 |

Remarquons que les deux départements français de la Guadeloupe et de la Martinique qui, jusqu'en 1930, exportaient 4 à 500 tonnes de cacao ne figurent plus aujourd'hui dans les statistiques de production.

Les statistiques d'exportation de cacao en fèves en provenance des différents pays producteurs, basées sur les statistiques douanières établies par années légales, diffèrent sensiblement des statistiques de production établies par campagnes agricoles.

Certains pays producteurs sont également consommateurs et peuvent même, comme c'est le cas pour la Colombie, devenir importateurs.

De plus en plus en outre, les pays producteurs ont tendance à exporter une partie de leur production sous forme de produits dérivés, beurre de cacao, masse ou pâte de cacao. Le Brésil exporte chaque année près de 20 000 tonnes de beurre. Quant aux quatre principaux producteurs africains, s'ils n'utilisaient localement que 10 000 tonnes de cacao en 1960, ils en utilisent actuellement plus de 110 000 dont la plus grande partie est destinée à l'extraction de beurre pour l'exportation. Il est à prévoir que cette tendance nouvelle ne pourra que se développer dans les années à venir bien que les débouchés restent limités du fait de la protection dont bénéficie l'industrie du beurre et de la poudre dans les pays consommateurs.

La transformation d'une partie de la récolte en beurre assure en effet une meilleure valorisation de la matière première et permet de plus d'utiliser sur place les lots de fèves hors normes qui ne peuvent être exportés.

BOTANIQUE ET SYSTÉMATIQUE

Le cacaoyer était cultivé en Amérique par les Mayas bien longtemps avant l'arrivée des Européens.

Le mot « cacao » qui est directement dérivé de la langue Maya et qui est universellement employé aujourd'hui, a fait pour la première fois son apparition dans la littérature botanique en 1582 sous la plume de Charles DE L'ÉCLUSE.

En 1700, TOURNEFORT le retint comme nom de genre. Mais LINNÉ, en 1737, préféra lui substituer celui de *Theobroma*, beaucoup plus noble sans doute puisqu'il discernait au cacao la qualité de nourriture des Dieux, rappelant ainsi l'origine divine que les Astèques lui attribuaient.

C'est dans l'espèce *Theobroma cacao*, décrite par LINNÉ, que se classent aujourd'hui tous les cacaoyers cultivés.

La plus récente et la plus complète monographie du genre *Theobroma* a été publiée par CUATRECASAS en 1964.

Les caractères fondamentaux du genre *Theobroma* le font classer dans la tribu des Byttneriées de la famille des **Sterculiacées**.

Theobroma est, par plusieurs caractères concernant notamment la structure de la fleur, très voisin de certains autres genres de la tribu des Byttneriées, avec lesquels il a été souvent confondu.

La confusion la plus fréquente concerne le genre *Herrania* dont les fruits ressemblent à ceux de *Theobroma* et dont le nombre chromosomique est, par ailleurs, identique ($2n = 20$).

Le genre *Theobroma* se rencontre à l'état naturel dans les étages inférieurs des forêts humides d'Amérique tropicale, entre 18° de latitude Nord et 15° de latitude Sud, à une altitude généralement inférieure à 1 250 m.

Une pluviométrie annuelle, supérieure à 2 m, bien répartie, une température moyenne de 20 à 30° C avec un minimum de 16° C constituent son habitat naturel.

Le genre *Theobroma* L. est constitué d'arbres à feuilles persistantes caractérisés par une croissance apicale du tronc limitée par la formation d'un verticille terminal de 3 à 5 branches. Les feuilles sont simples, entières, penninervées, à phyllotaxie variable sur les tiges, mais distique sur les branches. Les inflorescences apparaissent sur le tronc et sur les branches. Les fleurs sont hermaphrodites, régulières, de type 5. Les pétales sont divisés en deux parties : la partie inférieure, érigée, est renflée en forme de capuchon ; c'est la « cuculle » sur laquelle est articulée la partie supérieure du pétale, ou limbe, plate, de forme variée (oblongue à elliptique ou discoïde), et de couleur également variée (jaune, rouge ou pourpre). L'androcée est composée de deux verticilles soudés à la base : l'un, externe, comprend 5 staminodes stériles opposés aux sépales, l'autre, interne, présente 5 étamines fertiles opposées aux pétales et dont les filets sont divisés en deux ou trois ramifications portant chacune une anthère biloculaire. Les filets sont incurvés, les anthères se trouvent cachées à l'intérieur de la cuculle du pétale. L'ovaire est supère, à 5 carpelles opposés aux pétales, à placentation axile. Le fruit est indéhiscent, ressemblant à une baie ou à une drupe, de grande taille. Les graines, généralement disposées en 5 rangées, sont entourées d'une pulpe mucilagineuse. Les graines de *Theobroma* sont riches en amidon, en protéines, en matière grasse, ce qui leur confère une valeur nutritive certaine. Leur teneur en théobromine (1,5 à 3 %), jointe à la présence de caféine, leur donne des propriétés stimulantes. Elles renferment, en outre, une huile essentielle qui leur donne une saveur aromatique particulière.

Les graines de la plupart des espèces peuvent servir, comme celles de *T. cacao* L., à la préparation d'un chocolat, certaines d'entre elles étant même connues pour fournir un chocolat de bonne qualité.

La pulpe sucrée et acidulée qui les entoure peut également être consommée : de saveur souvent très agréable, elle peut être utilisée directement ou servir à la confection de boissons rafraîchissantes.

Aussi la plupart des espèces sont-elles, à l'état sauvage, exploitées localement par les populations qui, de plus, mettent parfois certaines d'entre elles en culture.

Parmi les espèces les plus connues et les plus utilisées, on peut citer : *T. bicolor*, *T. angustifolium*, *T. grandiflorum*, *T. gileri*, *T. glaucum*, *T. speciosum*.

Malgré l'intérêt que peuvent présenter toutes les espèces de *Theobroma*, **la seule espèce cultivée commercialement pour la production de graines destinées à la préparation de chocolat ou à l'extraction de beurre de cacao est *T. cacao* L.**

L'espèce *Theobroma cacao* se différencie notamment des autres espèces du genre *Theobroma* par le nombre de branches primaires de la couronne : celle-ci est en effet formée par un verticille de cinq branches chez *T. cacao* au lieu de trois chez les autres espèces.

La classification des cacaoyers cultivés fut longtemps très confuse. Elle reposait en effet sur des caractères morphologiques de la fleur, du fruit ou de la graine qui présentent tous une très grande variabilité.

La forme des fruits, ou cabosses, a souvent servi à la classification. En réalité les formes de cabosses rencontrées constituent une série continue allant de la forme allongée, pointue, verruqueuse, profondément sillonnée des types appelés « angoleta », à la forme presque ronde, lisse, très superficiellement sillonnée des types appelés « calabacillo ».

Les appellations angoleta, cundeamor, amelonado, calabacillo ne sont aujourd'hui utilisées que comme termes de référence pour décrire la forme des cabosses de certains cultivars par rapport à quelques formes caractéristiques :

Angoleta : cabosse allongée, pointue, large à la base ne présentant pas d'étranglement en goulot de bouteille. Sillons très profonds et surface très verruqueuse.

Cundeamor : cabosse de forme ovale, pointue à l'extrémité, présentant une base rétrécie en goulot de bouteille. Sillons profonds et surface très verruqueuse.

Amelonado : cabosse de forme régulière ovale, arrondie à l'extrémité, avec ou sans étranglement à la base, de largeur inférieure à la moitié de la longueur. Surface lisse ou faiblement verruqueuse, sillons peu marqués.

Calabacillo : cabosse de forme arrondie, de largeur supérieure à la moitié de la longueur, à surface lisse et à sillons très peu marqués. MORRIS, en 1882, fut le premier botaniste à classer les cultivars de cacaoyers en deux grands groupes : **Criollo** et **Forastero**.

PITTIER (1930) reconnaît qu'il existe deux formes différentes de cacaoyers :

— le **Criollo** dont le fruit est allongé, côtelé, pointu, et dont les cotylédons sont blancs ;

— le **Forastero** dont le fruit est arrondi et presque lisse et dont les cotylédons sont violets.

Il pense que ces deux formes correspondent à l'origine à deux espèces différentes :

— *T. cacao*, originaire d'Amérique Centrale, qui fut à l'origine de tous les cacaoyers cultivés de la préhistoire et auquel appartiennent tous les types de Criollo cultivés au Mexique et en Amérique Centrale, d'où ils auraient été introduits en Amérique du Sud.

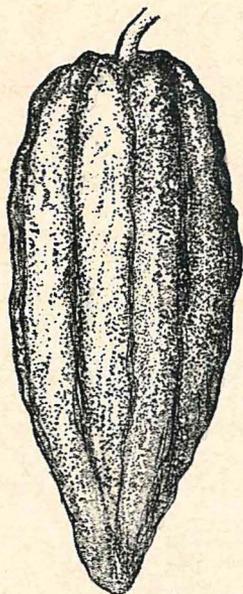
— *T. leiocarpum*, originaire d'Amérique du Sud, où les cacaoyers de cette espèce, à cotylédons violets, existent à l'état spontané.

La grande diversité des types rattachés au groupe des Forastero (et notamment les Forastero de Trinidad ou Trinitario) résulterait selon PITTIER de nombreux croisements effectués à partir des deux espèces originelles.

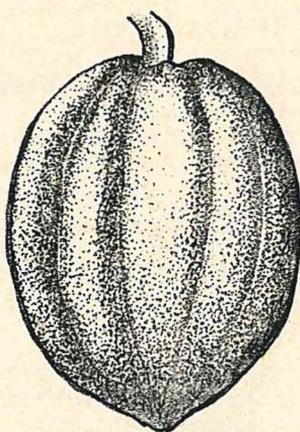
La théorie de PITTIER fut contredite par CHEESMAN en 1944 qui conserve la répartition des cacaoyers cultivés en deux grands groupes (Criollo et Forastero), mais qui les considère comme appartenant à la même espèce et qui suppose que le Criollo, dont les formes sauvages peuvent être trouvées du Sud de la Colombie au Sud du Mexique, serait originaire du bassin supérieur de l'Amazone et que deux branches distinctes se seraient constituées par intervention de l'homme donnant naissance aux Criollo centraméricains et aux Criollo sud-américains. Quant au groupe des Forastero, CHEESMAN distingue les Forastero amazoniens, que l'on trouve à l'état sauvage en Amazonie,

LE CACAOYER (*Theobroma cacao* L.)

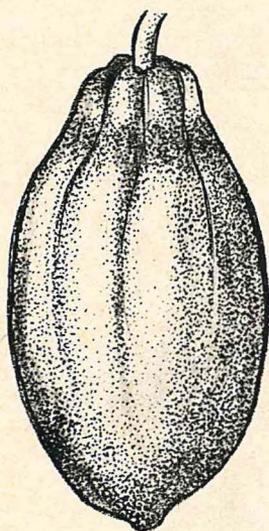
Les principales formes du fruit



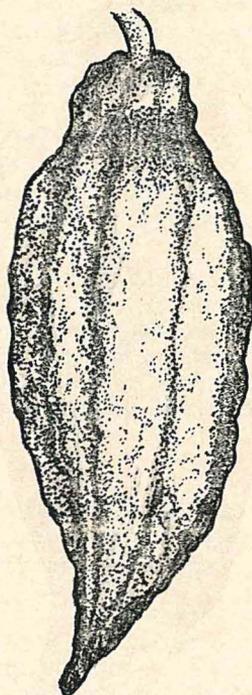
ANGOLETA



CALABACILLO



AMELONADO



CUNDEAMOR

et dont la culture est très largement répandue, et les Trinitario dont il attribue l'origine aux hybridations intervenues entre Criollo sud-américains et Forastero amazoniens.

Les données historiques manquent malheureusement pour étayer les différentes théories.

Étant donné que tous ces types de cacaoyers sont interfertiles, qu'ils donnent naturellement des hybrides vigoureux et fertiles sans qu'aucune barrière génétique ne soit rencontrée, on doit admettre qu'ils appartiennent tous à une même espèce, *T. cacao* L.

Pendant des milliers d'années le cacaoyer a été cultivé en Amérique et tous les types que l'on trouve en culture aujourd'hui ne sont que des variétés ou cultivars dont il n'est guère possible de connaître l'origine ni l'histoire. Des mutations se sont produites, des sélections ont été faites et de très nombreux croisements naturels sont intervenus.

Il est possible toutefois, et cette répartition est admise aujourd'hui par la plupart des auteurs, de répartir les cacaoyers cultivés en trois grands groupes : Criollo ; Forastero amazoniens ; Trinitario.

Sont réunis dans ce groupe tous les cacaoyers présentant les mêmes caractéristiques que les anciens Criollo vénézuéliens et en particulier tous les types à cotylédons blancs anciennement cultivés en Amérique Centrale et au Mexique.

Groupe des Criollo

Les caractères principaux des cacaoyers Criollo sont les suivants :

- Staminodes de couleur rose pâle.
- Cabosses de couleur rouge ou verte avant maturité, de forme généralement allongée, avec une pointe très accentuée à l'extrémité inférieure, profondément marquées de dix sillons égaux ou parfois répartis en deux groupes alternés de cinq dont un moins accentué.
- Péricarpe généralement très verruqueux, mince et très facile à couper, le mésocarpe, mince, étant peu lignifié.
- Fèves dodues, de section presque ronde, aux cotylédons frais de couleur blanche ou très légèrement pigmentés.

Les Criollo fournissent ce que commercialement l'on désigne sous le nom de « cacao à casse claire ».

Malgré leurs très grandes qualités, les Criollo ne sont presque plus cultivés actuellement.

On en trouve encore dans quelques plantations au Mexique, au Nicaragua, au Guatemala, en Colombie, au Venezuela, à Madagascar, aux Comores, à Ceylan, à Java, aux îles Samoa... mais dans tous ces pays les introductions de Forastero ou de Trinitario ont tendance à faire regresser et même disparaître la culture du Criollo, moins vigoureux et plus sensible aux maladies que les formes introduites ou les formes hybrides.

Ils semblent être originaires de la Haute Amazonie et avoir été naturellement dispersés dans le bassin de l'Amazone.

Groupe des Forastero amazoniens

Les caractères botaniques des Forastero amazoniens sont les suivants :

- Staminodes pigmentés de violet.
- Cabosses de couleur verte (jaune à maturité), de forme variable allant de la forme du Criollo à la forme « amelonado » (peu ou pas sillonnée, surface lisse, extrémités arrondies ou émoussées).
- Péricarpe épais et difficile à couper par suite de la présence d'un mésocarpe fortement lignifié.
- Fèves plus ou moins aplaties aux cotylédons frais de couleur pourpre foncé.

Les Forastero fournissent la presque totalité des cacaos « courants » provenant du Brésil et de l'Ouest Africain qui constituent, à eux seuls, plus de 80 % de la production mondiale de cacao. Le cacao « national » de l'Équateur est également un Forastero à cotylédons frais pigmentés, mais il est commercialement classé comme Forastero « fin » car il est nettement différent par ses qualités organoleptiques des cacaos « courants ». Les Forastero sont également cultivés, en mélange avec des Trinitario, dans la plupart des pays d'Amérique tropicale.

Au groupe des Forastero appartiennent également les cultivars « Haut-amazoniens ». (Voir au chapitre consacré à la sélection du cacaoyer.)

L'appellation Trinitario est réservée aux populations hybrides ayant pour origine un croisement entre Forastero amazonien et Criollo.

Les caractères botaniques des Trinitario sont difficiles à définir. Ce sont ceux d'une population hybride très polymorphe où l'on peut observer tous les types intermédiaires entre les Criollo d'une part et les Forastero d'autre part. Une très grande disjonction des caractères peut être observée dans les descendance de Trinitario.

Les Trinitario fournissent actuellement 10 à 15 % de la production mondiale de cacao.

Ils sont essentiellement cultivés dans tous les pays où furent autrefois cultivés les Criollo (Mexique et Amérique Centrale, Trinidad, Colombie, Venezuela...)

De part leur hétérogénéité, les populations de Trinitario constituent un matériel de choix pour le sélectionneur qui peut y choisir parmi la multitude des combinaisons rencontrées, celles qui associent le maximum de caractères intéressants. Aussi la sélection des Trinitario a-t-elle abouti à la création de clones dont un certain nombre sont aujourd'hui très répandus en culture.

Groupe des Trinitario

MORPHOLOGIE ET BIOLOGIE

Le cacaoyer est un arbre de petite taille, pouvant atteindre 5 à 7 m de hauteur moyenne, parfois plus lorsqu'il pousse à l'état sauvage dans la forêt.

Sa taille ainsi que l'importance et le développement de sa frondaison dépendent beaucoup de l'environnement. En plantation, les écartements habituellement pratiqués ne permettent pas aux cacaoyers d'étaler leur frondaison aussi largement qu'ils pourraient le faire s'ils se développaient librement. On cherche en effet à ce que les arbres se rejoignent aussi rapidement que possible pour former un couvert continu au-dessus du sol, éliminant ainsi toute végétation adventice et permettant un auto-ombrage favorable au maintien de la plantation. Si le développement de la frondaison est ainsi limité en surface, il peut par contre s'effectuer en hauteur.

Le cacaoyer atteint son plein développement vers l'âge de dix ans. Sa longévité est difficile à établir. On estime qu'en plantation il doit se maintenir de vingt-cinq à trente ans. On connaît cependant des arbres beaucoup plus âgés dont certains seraient centenaires. Mais ce sont des cas isolés et il est vraisemblable qu'une plantation en bon état de production ne puisse être maintenue au-delà de quarante ans.

DESCRIPTION GÉNÉRALE ET LONGÉVITÉ DU CACAOYER

LA GRAINE Morphologie de la graine

La graine du cacaoyer est communément appelée « fève » de cacao. On réservera cependant l'appellation « fève de cacao » à la désignation de la graine ayant subi les opérations de fermentation et de séchage nécessaires à la préparation du cacao marchand, conservant le terme de « graine » ou de « fève fraîche » pour désigner la graine telle qu'elle est extraite du fruit mûr. La graine de cacao est une graine sans albumen ayant la forme d'une fève plus ou moins dodue, de 2 à 3 cm de long et recouverte d'une pulpe mucilagineuse de couleur blanche, de saveur sucrée et acidulée.

Tout le volume de la graine, à l'intérieur du tégument, est pratiquement occupé par les deux cotylédons de l'embryon dont les couleurs peuvent varier du blanc des Criollo au violet foncé des Forastero en passant par toutes les teintes intermédiaires qu'il est possible de rencontrer chez les hybrides Trinitario.

Les cotylédons sont très fortement plissés et présentent de nombreux lobes imbriqués les uns dans les autres. Ils sont réunis à leur base à une radicule, dont la longueur atteint 6 à 7 mm, et à une gemmule, rudimentaire, qui sont insérées entre les deux cotylédons et entourées par leurs lobes, et qui constituent ce que l'on appelle improprement le « germe » de la fève de cacao.

La graine du cacaoyer étant essentiellement formée par l'embryon, ses caractères ne sont pas sous la seule dépendance du patrimoine héréditaire de l'arbre sur lequel est récoltée la graine, mais dépendent également de la constitution génétique du pollen qui a assuré la fécondation. Ceci est particulièrement net pour ce qui est de la couleur des cotylédons : un cacaoyer Criollo fournira uniquement des fèves aux cotylédons blancs lorsqu'il sera soit autopolinisé soit pollinisé par un autre Criollo ; il pourra par contre produire des graines aux cotylédons plus ou moins teintés de violet lorsqu'il sera pollinisé par un Trinitario ou par un Forastero.

Le poids d'une fève est sans doute l'un des caractères les plus importants, mais il convient de préciser son mode de mesure. Il est intéressant en effet de connaître non seulement le poids total de la fève fraîche, mais encore le poids des différents éléments qui la constituent. Il est recommandé, si l'on veut avoir une mesure plus précise, de ne peser que les graines dé mucilaginées. Le poids relatif du tégument par rapport au poids des cotylédons est également intéressant à connaître.

Cette indication sera d'ailleurs plus intéressante encore si la mesure est effectuée sur des graines séchées.

Le poids moyen d'une fève fraîche, après élimination de la pulpe et du tégument, est généralement compris entre 1,3 g et 2,3 g.

Le poids moyen de la même fève après séchage pendant 24 heures à l'étuve entre 105 et 110° C se situe entre 0,9 et 1,5 g.

Le pourcentage moyen du poids de coque calculé sur la graine dépulpée et séchée à l'étuve pendant 24 heures à 105 — 110° C est généralement compris entre 5 et 8 %.

Le pourcentage moyen du poids de pulpe calculé sur la fève fraîche reste en général inférieur à 40 %.

Le poids des cotylédons secs, enfin, représente en général environ 65 % du poids des cotylédons frais, mais peut varier de 50 à 85 %.

Un examen histologique des cotylédons frais permet de distinguer trois types de cellules :

- des cellules épidermiques disposées en couche monocellulaire ;
- des cellules parenchymateuses de réserve constituant environ 90 % des tissus des cotylédons : incolores, ces cellules contiennent des

**Structure
anatomique
et composition
chimique
de la graine**

cristaux d'une matière grasse appelée beurre de cacao, des protéines sous forme de grains d'aleurone et des grains d'amidon ;

— des cellules à pigments constituant environ 10 % des tissus des cotylédons et responsables de leur coloration. Ces cellules contiennent des polyphénols (tannins, catéchines, anthocyanine, leucoanthocyanines) et des purines (théobromine et caféine).

La graine de cacao est très riche en matière grasse : la teneur en beurre de cacao des fèves non fermentées séchées est généralement supérieur à 50 % et peut atteindre jusqu'à 55 %.

Les polyphénols présents dans les cotylédons sont nombreux. FORSYTH en identifie neuf dans la fraction soluble qui représente environ 60 % des composés polyphéniques totaux. L'anthocyanine responsable de la coloration violette des cotylédons des Forastero et Trinitario, n'existe pas dans le Criollo. Ce pigment est communément appelé, le « rouge de cacao » ou « pourpre de cacao ». Les autres tannins trouvés dans les cotylédons frais de cacao sont dérivés de la catéchine. Le principal d'entre eux, de couleur blanche, dériverait par condensation de l'1-épicatechine. De goût astringent, soluble dans l'eau mais insoluble dans l'éther, l'éther de pétrole et le chloroforme, il s'oxyde rapidement en fournissant des produits colorés appelés « brun de cacao ».

La théobromine (3-7-diméthylxanthine) et la caféine (1-3-7-triméthylxanthine) seraient plus ou moins liées aux tannins pour former dans les cotylédons frais des composés complexes. La théobromine est responsable de l'amertume des fèves de cacao et la saveur relativement moins amère des fèves de Criollo provient d'une teneur plus faible en cette base purique.

Aucune substance caractéristique de l'« arôme chocolat » n'a pu être décelée dans la graine de cacao non fermentée.

La graine du cacaoyer est prête à germer dès que le fruit est mûr. La maturité physiologique de la graine est même atteinte bien avant que le fruit ne soit mûr : des graines extraites d'une cabosse récoltée avant maturité, alors que la pulpe qui les entoure est encore compacte et dure, peuvent germer très normalement.

Elle perd assez rapidement son pouvoir germinatif dès qu'elle est extraite de la cabosse et ceci d'autant plus que l'humidité relative de l'atmosphère dans laquelle elle est placée est plus faible. Elle peut par contre conserver sa viabilité pendant plusieurs semaines à l'intérieur du fruit, récolté ou non.

Il arrive souvent que la graine germe à l'intérieur de la cabosse lorsque celle-ci n'est pas récoltée à maturité.

La germination de la graine est épigée et se produit généralement de quatre à six jours après le semis. La racine, blanchâtre, s'allonge assez rapidement tandis que les cotylédons sont soulevés de 5 à 7 cm par développement de l'hypocotyle.

Après la germination de la graine, la racine subit une croissance très rapide et s'enfonce verticalement dans le sol tandis qu'à la base de l'hypocotyle prennent naissance des racines latérales disposées en six séries verticales et qui se développent horizontalement tandis que le pivot s'allonge.

Le pivot peut atteindre 30 à 40 cm en quatre à cinq mois, 70 à 80 cm après cinq à six ans. Il se divise souvent à ce stade en plusieurs racines verticales qui le prolongent et dont le diamètre diminue progressivement. A dix ans, le pivot a pratiquement atteint son développement définitif. Sa longueur varie de 0,80 m à 1,50 m et peut atteindre 2 m.

Germination de la graine

LE SYSTÈME RACINAIRE

Sur toute sa longueur le pivot donne naissance à des racines latérales, mais celles-ci ne prennent de développement important que dans la partie supérieure, dans les vingt premiers centimètres en dessous du collet. Sur de nombreux cacaoyers adultes, le pivot apparaît presque totalement dépourvu de racines latérales dans toute sa partie inférieure.

Les racines latérales sont abondantes chez le jeune cacaoyer et se répartissent toutes dans la couche humifère superficielle du sol. Progressivement huit à dix racines latérales prennent, à la partie supérieure du pivot, un développement plus important. Ces racines principales remontent toutes vers la surface et cheminent dans les quelques centimètres de la couche superficielle du sol, se ramifiant abondamment et émettant à leurs extrémités un grand nombre de radicules fibreuses formant un chevelu abondant qui pénètre dans la litière de détritux végétaux recouvrant le sol. Les racines principales peuvent se développer jusqu'à 5 ou 6 m autour du cacaoyer.

Les boutures de bois plagiotrope utilisées pour la création de plantations clonales n'émettent tout d'abord que des racines latérales. Cependant, une ou plusieurs racines latérales prennent bientôt une orientation verticale, à une faible distance du tronc, et forment un ou plusieurs pivots dont le développement est identique à celui du pivot d'un semenceau. A l'âge de deux ans, la plupart des boutures ont au moins un pivot.

L'absence de pivot chez les jeunes boutures plagiotropes explique leur faible développement végétatif et leur sensibilité à la sécheresse pendant la première année de plantation. Mais dès qu'un pivot s'est développé le comportement du système racinaire d'une bouture devient identique à celui d'un semenceau.

Après l'apparition des premières feuilles du jeune semenceau, le bourgeon terminal poursuit son développement et la tige croît verticalement (orthotropie). Les feuilles, longuement pétiolées, et à l'aisselle desquelles un ou plusieurs bourgeons axillaires sont visibles, sont disposées suivant une phyllotaxie 3/8.

La croissance en hauteur de la tige n'est pas continue, mais il n'est pas toujours aisé de différencier les poussées successives. Vers l'âge de dix-huit mois, elle est interrompue. L'extrémité de la tige présente alors l'aspect caractéristique d'un massif de cinq bourgeons axillaires disposés en verticille et dont le développement donne naissance à cinq branches formant la couronne. Le bourgeon terminal disparaît à ce stade.

Si le tronc continue sa croissance en épaisseur, il a atteint, au moment de la formation de la couronne, sa hauteur définitive. Celle-ci peut varier selon les individus et selon les conditions de culture et d'environnement, mais elle est en moyenne voisine de 1,50 m. Elle ne représente pas en règle générale la hauteur définitive du cacaoyer. En effet, il arrive fréquemment que l'un des bourgeons axillaires situé à l'aisselle d'une feuille ou d'une cicatrice foliaire immédiatement en dessous des branches de la couronne se développe. Il donne alors naissance à un nouvel axe orthotrope qui se comporte exactement comme la première tige, qu'il prolonge d'une hauteur équivalente avant de former une deuxième couronne. Lorsque cette dernière est bien développée, la première couronne disparaît progressivement, les branches ne laissant que des cicatrices qui disparaissent elles-mêmes avec le temps. Un, deux, trois ou même quatre étages peuvent ainsi se superposer successivement à la tige initiale.

Tous les bourgeons axillaires de l'axe orthotrope donnent, s'ils se développent, des rejets orthotropes. De tels rejets, ou gourmands,

LA PARTIE AÉRIENNE Le tronc

se développent le plus souvent soit à la base du tronc, soit en son sommet.

Les caractéristiques d'un axe orthotrope peuvent être ainsi résumées : port vertical, phyllotaxie 3/8, feuilles longuement pétiolées, bourgeons axillaires orthotropes, croissance définie, différenciation de cinq bourgeons plagiotropes en son sommet avec disparition du bourgeon terminal.

Le nombre de branches de la couronne est normalement de cinq, mais peut varier de deux à cinq, rarement plus.

En plantation, les arbres adultes présentent très souvent un port non conforme à la normale. Ces anomalies ont des origines diverses :

- traumatisme, pouvant entraîner la disparition d'une ou de plusieurs branches principales ;
- égourmandage mal conduit, pouvant entraîner soit la formation de plusieurs troncs dont les couronnes, se gênant mutuellement, ont un développement irrégulier, soit la formation d'un ou de plusieurs étages provoquant la disparition progressive des branches des couronnes inférieures ;
- dégâts d'insectes ;
- recépage effectué parfois dans le jeune âge pour reconstituer un cacaoyer dont la charpente a été endommagée.

Le port des branches et des ramifications secondaires auxquelles elles donnent naissance est sub-horizontale (plagiotropie). Leur croissance est indéfinie mais discontinue : elle se fait par poussées foliaires successives (« flushes »), séparées par des périodes de repos pendant lesquelles les bourgeons terminaux reprennent leur dormance. Chaque poussée porte à sa base, très rapprochées les unes des autres, quelques aisselles à stipules comportant chacune un bourgeon axillaire, puis cinq à six feuilles alternes, à phyllotaxie 1/2, plus brièvement pétiolées que les feuilles de la tige.

Le rythme des poussées foliaires des branches et rameaux peut varier selon les arbres, selon leur âge, mais il dépend principalement de facteurs extrinsèques (température, éclairage, disponibilité en eau du sol), dont le mode d'action est encore mal connu mais dont le principal semble être la température. Les poussées foliaires se produisent quatre à cinq fois par an. Chaque poussée se termine par un bourgeon terminal entouré d'écailles. Lors du débourrement de ce bourgeon pour le départ d'une nouvelle poussée, les écailles tombent et laissent une cicatrice en forme d'anneau qui permet aisément de distinguer les poussées successives d'un jeune rameau. Entre le débourrement du bourgeon et l'aoûtement du bois de la poussée il s'écoule environ sept semaines.

Tous les bourgeons axillaires existant à l'aisselle de chaque feuille ou cicatrice foliaire peuvent donner naissance à un rameau végétatif plagiotrope. Exceptionnellement des rejets orthotropes peuvent prendre naissance sur certains axes plagiotropes notamment à la base des branches principales. Ainsi des boutures plagiotropes donnent souvent naissance à des axes orthotropes qui reconstituent un cacaoyer ayant le port d'un arbre issu de semis.

On peut observer dans les plantations quelques phénomènes aberrants où les caractères d'orthotropie et de plagiotropie sont disjoints et recombines. On rencontre parfois par exemple une branche de la couronne, dont les caractères sont intermédiaires entre la plagiotropie et l'orthotropie et qui peut reformer en son extrémité une nouvelle couronne. Mais ce sont là des cas exceptionnels, la plagiotropie et l'orthotropie étant normalement bien différenciées.

La couronne et les ramifications secondaires

Les caractéristiques d'un axe plagiotrope sont les suivantes : port sub-horizontale ; phyllotaxie 1/2 ; feuilles alternes, brièvement pétiolées ; bourgeons axillaires plagiotropes ; croissance indéfinie se faisant par poussées foliaires discontinues.

Les jeunes feuilles qui apparaissent lors de chaque poussée sont très souvent pigmentées et leur couleur peut varier, selon les cultivars ou les clones, du vert pâle plus ou moins rosé, au violet foncé. De consistance molle, ces feuilles sont pendantes. Elles sont accompagnées à leur base de deux stipules qui se détachent et tombent rapidement.

Au cours de leur maturation les feuilles perdent leur pigmentation, prennent une couleur vert foncé et acquièrent une rigidité qui leur permet de prendre un port sub-horizontale. En vieillissant les feuilles perdent leur souplesse et deviennent cassantes.

Le pétiole, dont la longueur varie de 7 à 9 cm pour les feuilles portées par les axes orthotropes et de 2 à 3 cm pour les feuilles de rameaux plagiotropes, est muni à ses extrémités de deux renflements formant des articulations qui permettent à la feuille de s'orienter vers la lumière.

Le limbe est entier, lancéolé, penninervé. Il peut atteindre une longueur de 50 cm mais l'importance de son développement dépend principalement de l'intensité de la lumière à laquelle il est exposé.

Les stomates, de très petites dimensions, n'existent que sur la face inférieure des feuilles de cacaoyer, l'épiderme supérieur étant fortement cutinisé.

Chute des feuilles : la vie des feuilles est limitée. Après une phase d'activité maximum de quatre à cinq mois la feuille entre dans la phase de sénescence qui précède sa chute. La durée moyenne de vie d'une feuille serait voisine d'une année. En général la partie feuillue des rameaux correspond aux trois ou quatre dernières poussées.

Les fleurs apparaissent sur le bois âgé, aussi bien sur le tronc que sur les branches principales ou sur les ramifications secondaires dans leur partie défeuillée.

La première floraison peut se produire à l'âge de deux ans pour des variétés très précoces mais apparaît plus généralement la troisième ou la quatrième année. Le cacaoyer peut fleurir toute l'année.

La répartition des époques de floraison dépend cependant des conditions climatiques. Mais elle dépend largement aussi de facteurs intrinsèques et l'on peut citer à ce titre l'exemple des cacaoyers cultivés dans la vallée du Sambirano à Madagascar où les Trinitario fleurissent et produisent toute l'année alors que les Criollo ont une floraison et une production réparties sur quelques mois seulement.

En général dans l'Ouest Africain on observe deux principales époques de floraison : avril à juillet, qui correspond à la récolte principale (septembre à janvier), et novembre à janvier, qui correspond à la récolte intermédiaire (avril à juillet).

L'origine cauliflore des inflorescences du cacaoyer a été récemment étudiée par LENT. A l'aisselle de chaque feuille existe un bourgeon axillaire principal, toujours visible à l'œil nu, qui avorte peu de temps après la chute de la feuille lorsqu'il ne s'est pas développé pour donner un axe végétatif. A côté de ce bourgeon axillaire principal se forment successivement plusieurs bourgeons latéraux secondaires, généralement non visibles à l'œil nu, mais visibles par dissection de l'écorce. Ces bourgeons secondaires peuvent éventuellement se substituer au bourgeon axillaire principal disparu pour former un rameau végétatif. Mais le plus souvent ils restent dormants pendant plusieurs années pour former finalement les inflorescences.

La feuille

LA FLORAISON

Les zones où apparaissent chaque année les inflorescences sont visibles sur les arbres où elles forment de petits massifs renflés que l'on appelle les **coussinets floraux**. Un coussinet peut porter de très nombreuses fleurs en même temps.

L'inflorescence est une cyme bipare aux ramifications très courtes (1 à 2 mm).



cf. BESSE

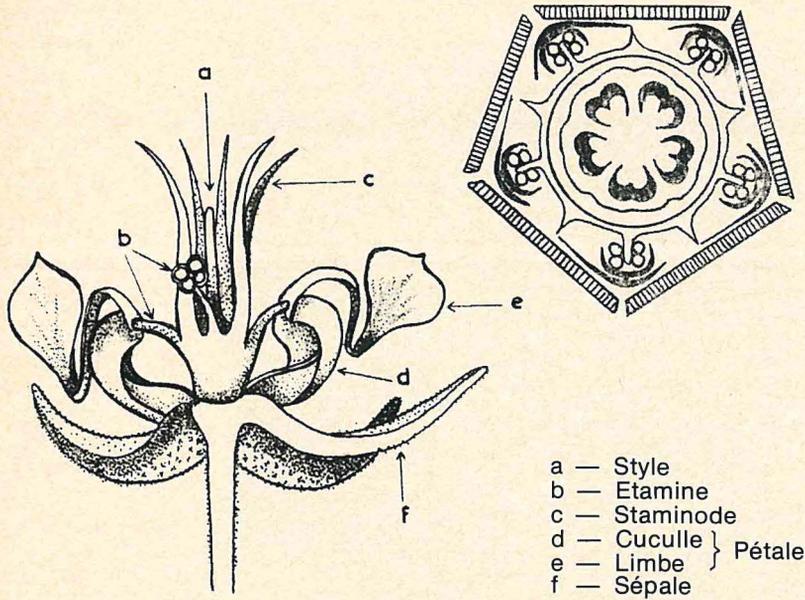
Abondante floraison sur un jeune cacaoyer hybride.

La fleur est supportée par un pédicule de 1 à 3 cm. Elle est de petite taille (son diamètre variant de 0,5 à 1 cm), régulière, de type 5. Les cinq sépales, soudés à leur base, sont blancs ou teintés de rosé. Les cinq pétales, alternant avec les sépales, ont une forme très caractéristique : très étroits à la base, ils s'élargissent et deviennent concaves pour former un petit capuchon (cuculle) de couleur blanche, bordé intérieurement de deux nervures violettes, dont l'ouverture est orientée vers l'axe de la fleur et dont la partie supérieure, étroite, est prolongée par une ligule relativement large, lancéolée, de couleur jaunâtre, complètement retournée vers l'extérieur de la fleur.

LE CACAOYER (*Theobroma cacao* L.)

Diagramme floral et schéma d'une fleur ouverte en long

(d'après HALLE, Flore du Gabon, 1961)



L'**ovaire**, supère, comprend cinq loges contenant chacune six à dix ovules disposés autour de l'axe central de l'ovaire. Le style est tubulaire, terminé par cinq stigmates.

L'**androcée** est composée de cinq étamines alternant avec cinq staminodes stériles. Etamines et staminodes sont soudés à leur base pour former un tube très court. Tandis que les staminodes de couleur brun violacé sont érigés et entourent le style, les étamines sont recourbées vers l'extérieur, vers les pétales auxquelles elles sont opposées, les anthères se trouvant logées à l'intérieur des cuculles de chacun des pétales correspondants. Chaque étamine est double, provenant en réalité de la fusion de deux étamines, et les anthères comportent quatre sacs polliniques.

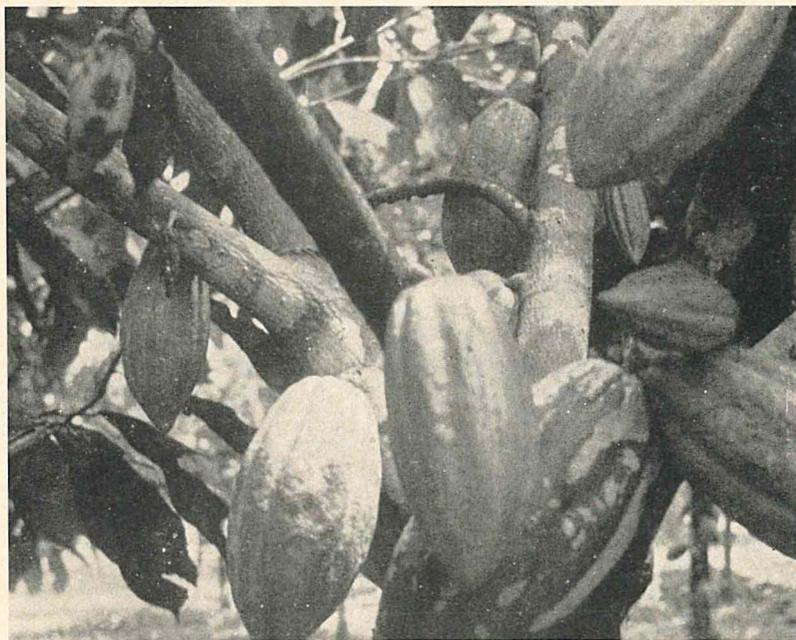
L'épanouissement du bouton floral débute l'après-midi lorsque les extrémités des sépales commencent à s'entrouvrir et est complet aux premières heures de la matinée suivante.

La déhiscence des anthères survient dès l'épanouissement de la fleur et le pollen est immédiatement fonctionnel. Les grains de pollen, sphéroïdes, sont de petite dimension (16 à 23 microns). Leur viabilité est de courte durée et ne dépasse pas 48 heures dans les conditions naturelles.

La disposition des pièces florales du cacaoyer ne contribue pas à faciliter la pollinisation. Les anthères sont en effet logées à l'intérieur des cuculles des pétales tandis que les stigmates sont eux-mêmes protégés par les staminodes qui les entourent. Le pollen, de surcroît légèrement gluant, peut difficilement atteindre les stigmates sous le seul effet du vent. En fait la pollinisation du cacaoyer est essentiellement entomophile. Elle est assurée par de petits moucheronns parmi lesquels ont été identifiés plusieurs espèces du genre *Forcipomyia*.

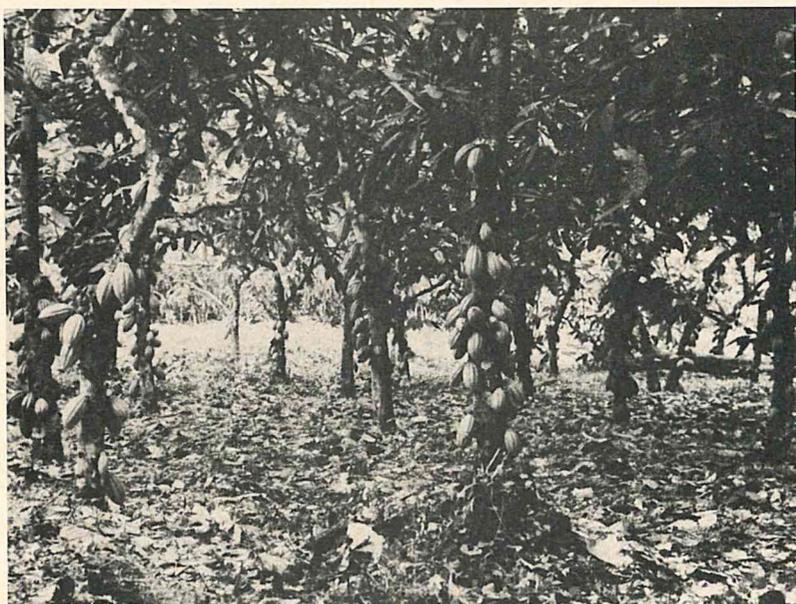
**LA
FRUCTIFICATION
La pollinisation**

Une très grande proportion des fleurs produites par le cacaoyer ne sont pas pollinisées et tombent au bout de quarante-huit heures. Le cacaoyer produit en effet annuellement plusieurs milliers de fleurs alors que quelques dizaines de fruits seulement sont formés.



ci. BRAUDEAU

Fructification d'un jeune cacaoyer



ci. GRIMALDI

Une belle cacaoyère en production.

La fusion des gamètes est complète trois jours après la pollinisation et le développement des ovules ainsi que le développement du fruit interviennent immédiatement après la fécondation.

On observe cependant chez le cacaoyer de nombreux cas d'incompatibilité qui se traduisent par une chute de la fleur pollinisée consécutive à une absence de fécondation.

Les premières études effectuées à Trinidad par POUND en 1932 concernaient un matériel végétal Trinitario où de très nombreux cas d'auto-incompatibilité furent mis en évidence. L'étude de l'intercompatibilité de ces clones Trinitario montra que les clones auto-incompatibles étaient incompatibles entre eux et ne pouvaient être fécondés que par des clones auto-compatibles. Quant à ces derniers, ils pouvaient être fécondés aussi bien par leur propre pollen que par celui de tous les autres clones, autocompatibles ou non.

L'introduction de nouvelles souches de cacaoyers appartenant au groupe des forastero et connus sous le nom de « Haut-amazoniens », révéla ensuite un nouveau type d'incompatibilité. Tous les Haut-amazoniens sont en effet auto-incompatibles, mais ils se répartiraient en trois ou quatre groupes à l'intérieur desquels il y aurait inter-incompatibilité, mais entre lesquels l'intercompatibilité existerait.

Les cas d'auto-incompatibilité, fréquents chez les Trinitario, de règle chez les Forastero « Haut-amazoniens », sont rares chez les autres Forastero cultivés.

Il faut noter que l'autofécondation d'un clone auto-incompatible est artificiellement possible en utilisant en mélange le pollen de ce clone et un pollen compatible qui déclenche la fécondation. Si ce pollen étranger est marqué, s'il est par exemple homozygote pour les allèles dominants du gène déterminant l'« axil spot » (tâche rougeâtre à la base du pétiole des feuilles), on peut isoler dans la descendance les individus provenant de l'autofécondation. Il a été montré ainsi que l'on pouvait pour certains clones auto-incompatibles obtenir jusqu'à 20 % d'autofécondation.

Le phénomène d'incompatibilité revêt une très grande importance pour tous les travaux de sélection effectués sur le cacaoyer.

Le fruit du cacaoyer, indéhiscent, ressemble à une baie. Appelé **cabosse** en français, « pod » en anglais, « mazorca » en espagnol, le fruit présente un péricarpe charnu composé de trois parties bien différenciées : l'épicarpe, charnu et épais, dont l'assise épidermique extérieure peut être pigmentée, le mésocarpe, mince et dur, plus ou moins lignifié, et l'endocarpe, charnu, plus ou moins épais.

Le fruit est porté par un pédoncule ligneux qui provient de l'épaississement du pédicelle de la fleur.

Le jeune fruit, que l'on désigne sous le nom de **cherelle**, présente, comme l'ovaire, cinq loges dans chacune desquelles les graines sont régulièrement réparties. Lorsque le fruit mûrit, les parois des loges disparaissent et il ne subsiste qu'une seule cavité dans laquelle les graines, entourées d'une pulpe mucilagineuse épaisse, apparaissent normalement disposées en cinq rangées.

Une cabosse contient en général de 30 à 40 fèves, ce chiffre pouvant varier de 16 à 60.

La durée de développement du fruit, de la fécondation à la maturité, varie sensiblement d'une cabosse à l'autre, d'un arbre à l'autre, mais dépend surtout de l'origine génétique des arbres. Les observations effectuées à la Station de Nkoemvone ont montré que dans les condi-

La fécondation et le phénomène d'incompatibilité

Le fruit

Durée de développement du fruit

tions du Sud-Cameroun et pour des époques de floraison simultanées, cette durée était en moyenne de 167 jours pour les cacaoyers d'origine haut-amazonienne, de 182 jours pour les clones sélectionnés dans la population locale, de 200 jours pour les clones ICS importés de Trinidad. L'étude de deux croisements réciproques entre clones de différentes origines permet de souligner l'influence prédominante de l'arbre-mère sur la durée de développement du fruit qui peut varier de 5 à 7 mois.

Les jeunes chérelles formées sur un cacaoyer ne parviennent pas toutes à maturité, un nombre important d'entre elles se dessèchant normalement sur l'arbre au cours des premiers stades de leur développement. Ce dessèchement des jeunes fruits (« chérelle wilt ») a fait l'objet de nombreuses études en vue d'en déterminer les causes. Tout se passe comme si le cacaoyer s'assurait une certaine réserve de cabosses au-delà du nombre normal qu'il peut conduire à maturité et qui constitue son rendement potentiel dans les conditions où il est cultivé. Un grand nombre de fruits peut être perdu sous l'effet de facteurs externes (piqûres d'insectes, attaques de champignons). Le rendement de l'arbre peut ne pas en être affecté si la réserve de cabosses est suffisante. Si cette réserve est trop importante par rapport aux pertes accidentelles, un régulateur physiologique intervient pour limiter le nombre des cabosses qui parviendront à maturité.

Le dessèchement des jeunes fruits n'est pas une maladie et n'est pas la cause d'une diminution de l'importance de la récolte. Celle-ci est liée essentiellement aux caractères propres du cacaoyer et aux facteurs d'environnement. Le dessèchement des chérelles n'est que la manifestation d'un mécanisme physiologique régulateur probablement sous le contrôle d'hormones de croissance.

L'importance du nombre de chérelles desséchées observées sur les arbres est extrêmement variable : de 20 à 90 % du nombre total de fruits. L'âge critique des chérelles pour le dessèchement semble être compris entre 50 et 75 jours.

Les caractères de couleur, de taille et de forme des cabosses sont extrêmement variables selon les génotypes, cette variabilité étant bien entendu accentuée pour les cacaoyers appartenant au groupe hybride des Trinitario.

La cabosse, avant maturité, peut être soit verte, soit rouge-violet plus ou moins foncé, soit verte partiellement pigmentée de rouge-violet. Il convient de rappeler que les Forastero amazoniens ont toujours des cabosses vertes et que la couleur rouge ne se trouve que chez les Criollo ou les Trinitario. Lorsque la cabosse atteint sa maturité, le vert vire au jaune, et le rouge-violet vire souvent à l'orange.

La forme de la cabosse est déterminée d'une part par le rapport entre la longueur et la largeur, d'autre part par la forme des deux extrémités. Très variable, elle peut aller de la forme presque sphérique des « calabacillo » à la forme allongée et pointue des « cundeamor » ou des « angoleta » en passant par la forme ovale et régulière des « amelonado ».

Cinq ou dix sillons marquent plus ou moins profondément la cabosse d'une extrémité à l'autre. Les sillons sont particulièrement profonds chez les Criollo et sont souvent à peine marqués chez certains Forastero.

La cabosse peut présenter une surface très verruqueuse (c'est le cas pour la plupart des Criollo et pour de nombreux Trinitario) ou plus ou moins lisse.

Dessèchement des jeunes fruits

Forme, taille, couleur des cabosses

Selon leurs dimensions et selon leur forme, les cabosses peuvent peser de 200 g à plus de 1 kg. Chez les Forastero, le poids moyen d'une cabosse est compris entre 400 et 500 g, le poids moyen de fèves fraîches par cabosse variant de 100 à 120 g. L'élément le plus intéressant à connaître est cependant le poids de cacao sec que peut fournir une cabosse : on exprime alors ce rendement en calculant le nombre de cabosses nécessaires pour fournir 1 kg de cacao marchand. Cet indice de cabosses, pour les Forastero, est généralement compris entre 20 et 25.

INFLUENCE DES FACTEURS ÉCOLOGIQUES SUR LA PHYSIOLOGIE DU CACAOYER

De nombreux facteurs écologiques interviennent mais leurs interactions sont complexes et il est difficile de dissocier l'influence de chacun d'eux de celle de l'ensemble des éléments qui constituent l'environnement.

Le cacaoyer étant originaire de la grande forêt tropicale amazonienne, il était normal de supposer que les conditions convenant le mieux à sa culture étaient celles qui se rapprochaient le plus du climat et de l'environnement des peuplements naturels. On sait aujourd'hui que le problème n'est pas aussi simple : on peut par exemple, en supprimant l'ombrage dans certaines conditions, obtenir des rendements très supérieurs à ceux que le cacaoyer est capable de fournir lorsqu'il est placé, comme dans son milieu naturel, sous un ombrage forestier assez dense.

La température ainsi que ses fluctuations saisonnières ou quotidiennes affectent plusieurs processus physiologiques du cacaoyer parmi les plus importants.

LES FACTEURS CLIMATIQUES La température

On a longtemps pensé que le rythme des poussées foliaires était en corrélation étroite avec la teneur en eau du sol et de l'atmosphère, avec l'alternance des périodes sèches et pluvieuses. Des études plus précises ont montré toutefois que cette hypothèse ne pouvait être retenue.

Rythme des poussées foliaires

Les observations effectuées tant à Costa Rica qu'à Trinidad et au Ghana ont mis en évidence le rôle prédominant de la température sur le débournement des bourgeons et le nombre des poussées foliaires produites au cours de l'année. Celles-ci apparaissent en effet pendant les périodes où la température de l'air est la plus élevée (supérieure à 26° C) ce qui correspond en général aux époques où les écarts quotidiens sont grands entre les températures maximum et minimum : un écart de 9° C fut considéré comme le niveau critique par plusieurs auteurs.

Les travaux effectués à Trinidad ont toutefois confirmé que les poussées foliaires apparaissaient même lorsque l'on maintenait artificiellement le cacaoyer dans des conditions de température constante.

Il est certain que le débournement des bourgeons et le nombre de poussées foliaires est en corrélation étroite avec la température, mais les variations de ce facteur sont insuffisantes pour expliquer le rythme des poussées observées dans la nature. Dans tous les pays où le cacaoyer est cultivé on observe toujours deux périodes pendant les-

quelles les poussées sont particulièrement régulières et abondantes : mars-avril et septembre-octobre. Il est possible alors que le facteur déterminant soit plutôt l'intensité des radiations solaires (périodes d'équinoxes), la corrélation avec les écarts quotidiens de température observés n'étant qu'une coïncidence.

La surface foliaire totale d'un cacaoyer est la résultante d'un certain nombre d'éléments dont l'expérience a montré qu'ils étaient tous influencés par la température :

Le nombre de poussées foliaires augmente avec la température, tandis que le nombre de feuilles par poussée, la surface moyenne des feuilles formées et la longévité des feuilles diminuent lorsque la température augmente.

Il ne semble pas y avoir de corrélation entre l'activité cambiale et la pluviométrie alors qu'une corrélation positive existe avec la température de l'air. La surface foliaire totale du cacaoyer serait cependant le principal facteur contrôlant la croissance en épaisseur du tronc.

La floraison est très réduite lorsque la température moyenne est inférieure à 23° C. Elle est beaucoup plus abondante lorsque la température diurne augmente à condition que la température nocturne ne dépasse pas 27° C. Une température constante de 31° C jour et nuit empêche la floraison.

La température n'est toutefois pas le seul facteur en cause, la pluviométrie ayant un rôle au moins aussi important : la floraison est extrêmement réduite pendant la saison sèche.

Le développement de *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses, est favorisé lorsque la température minimum s'abaisse au-dessous de 15° C.

Pour que le cacaoyer ait une croissance régulière, une floraison et une fructification abondantes, des poussées foliaires normales et bien réparties au cours de l'année, la température moyenne annuelle optimum doit se situer aux environs de 25° C. Elle ne devrait pas être inférieure à 21° C. La moyenne des minima quotidiens doit par ailleurs être supérieure à 15° C, le minimum absolu ne devant pas être inférieur à 10° C.

Les conditions de température sont particulièrement bonnes à proximité de l'équateur et à basse altitude. Elles deviennent moins bonnes lorsque l'on s'éloigne de l'équateur ou lorsque l'altitude augmente. Pratiquement la plus grande partie des plantations de cacaoyers est localisée entre 10° de latitude Nord et 10° de latitude Sud.

La culture a cependant été étendue jusqu'à 20° de latitude Nord ou Sud, parfois même légèrement au-delà. C'est ainsi par exemple que des plantations ont été récemment établies dans la région de Mananjary à Madagascar, ou dans la zone littorale de l'État de Sao Paulo au Brésil où, malgré des températures extrêmes parfois très faibles, le cacaoyer semble pouvoir être cultivé dans des conditions acceptables. Il en est de même pour les zones d'altitude des régions proches de l'équateur. On admet que le cacaoyer ne devrait pas être cultivé au-dessus d'une altitude de 700 m, comme c'est le cas au Cameroun, mais l'on peut citer le cas de la vallée du Cauca en Colombie (1 000 m) ou des plateaux Ougandais situés entre 1 000 et 1 400 m.

Surface foliaire totale des arbres

Croissance du tronc en épaisseur

Floraison

Pourriture brune des cabosses

Conclusion : conditions idéales de température

Il convient de mentionner le rôle joué par les arbres d'ombrage comme régulateurs thermiques. Dans les zones marginales éloignées de l'équateur ou de haute altitude, dans les zones où le degré d'insolation est particulièrement élevé, le maintien d'un ombrage au-dessus des cacaoyers permet d'éviter les écarts de température trop importants et d'atténuer les températures extrêmes.

La croissance et la production du cacaoyer sont étroitement liées à son alimentation en eau. Le cacaoyer est en effet très sensible à une déficience hydrique.

Aussi la pluviosité intervient-elle non seulement par son abondance mais encore par sa répartition annuelle. Mais il est bien évident que la pluviosité optimum ne peut être définie avec précision qu'en fonction de tous les facteurs qui affectent l'alimentation en eau, et en particulier de la nature du sol, de sa profondeur, de ses propriétés physiques et de son pouvoir de rétention d'eau.

De nombreuses études ont été réalisées pour préciser l'influence de l'approvisionnement en eau sur les processus physiologiques du cacaoyer.

LEMÉE a mis en évidence un optimum de croissance pour une teneur en eau du sol comprise entre les 2/3 et la totalité de l'eau utilisable (l'eau utilisable étant la quantité d'eau comprise entre l'humidité équivalente et le % de fanaison permanente). Lorsque la teneur en eau du sol devient inférieure aux 2/3 de l'eau utilisable la croissance, qu'il s'agisse de l'allongement de la tige, du nombre ou de la surface des nouvelles feuilles formées, subit une réduction importante. Elle est arrêtée totalement dès que la teneur atteint 1/3 seulement de l'eau utilisable.

Toutefois, si l'alimentation en eau est rétablie avant que le point de fanaison permanente soit atteint, on observe rapidement un retour vers un métabolisme hydrique normal montrant que la plante n'a subi aucun traumatisme durable.

La diminution rapide de l'absorption de l'eau par le cacaoyer lorsque l'approvisionnement en eau du sol est suspendu explique l'importance majeure de la pluviosité parmi les facteurs écologiques qui conditionnent la culture de cette plante. Plus que la pluviosité annuelle importe cependant la durée des saisons sèches. On admet que dans les meilleures conditions de sol le minimum annuel des précipitations nécessaires au cacaoyer se situe autour de 1 250 mm, une moyenne supérieure à 1 500 mm étant toutefois préférable. On peut difficilement parler de limite maximum, le cacaoyer pouvant se développer dans des régions de très forte pluviosité (5 m par an). Mais ces précipitations excessives ne peuvent être acceptables qu'à la condition expresse que le sol soit bien drainé. Si le cacaoyer peut supporter quelques jours d'inondation sans subir de dommage, un excès d'eau prolongé entraîne en effet l'asphyxie et la mort des racines. Une pluviosité trop abondante a de plus l'inconvénient de favoriser l'érosion du sol et de maintenir sous le couvert des cacaoyers une humidité favorable au développement des maladies cryptogamiques (pourriture brune des cabosses en particulier).

Quant à la durée des saisons sèches que le cacaoyer peut supporter, elle dépend beaucoup de la nature du sol, de sa texture, de sa profondeur, qui déterminent la quantité d'eau utilisable pouvant être mobilisée par la plante. Une saison sèche de trois mois consécutifs constitue en règle générale le maximum de ce que le cacaoyer peut supporter, non sans subir d'ailleurs de préjudices graves tels qu'une défoliation plus ou moins importante qui, si elle devient totale, entraîne généralement la mort.

La pluviosité

Dans les régions où l'on peut craindre des saisons sèches rigoureuses le maintien d'un ombrage permet de protéger la plante contre une transpiration excessive et de limiter l'évaporation du sol. L'ombrage peut donc jouer là encore un rôle régulateur en atténuant les effets d'une sécheresse trop prononcée.

On peut évidemment remédier à une pluviosité insuffisante ou trop mal répartie par une irrigation bien conduite. Bien que cette pratique soit exceptionnelle, il faut citer cependant certaines régions du Venezuela (Chuaq, Choroni) où le cacao est cultivé avec irrigation dans des zones où la pluviosité annuelle est de l'ordre de 800 mm répartis en six mois.

Le facteur pluviosité ne peut donc être valablement examiné qu'en traitant l'ensemble du problème de l'alimentation en eau du cacaoyer.

Une atmosphère chaude et humide convient parfaitement au cacaoyer mais convient aussi aux maladies cryptogamiques. Une humidité élevée est particulièrement souhaitable lorsque l'eau utilisable du sol devient insuffisante car elle permet alors de diminuer l'évapotranspiration.

L'utilisation de coupe-vents, le maintien d'arbres d'ombrage, l'adoption d'une forte densité de plantation permettent de réduire les inconvénients d'une saison sèche trop rigoureuse en contribuant à maintenir une humidité atmosphérique plus élevée.

Nous avons cité l'importance de l'intensité des radiations solaires et de leurs effets thermiques sur certains processus physiologiques tels que le développement des poussées foliaires et la croissance du cacaoyer.

Mais les radiations lumineuses jouent sur la physiologie du cacaoyer un rôle primordial, d'ailleurs fort complexe, dont une meilleure connaissance devrait permettre de résoudre les problèmes qui se posent encore quant à l'utilisation rationnelle de l'ombrage et des engrais en culture cacaoyère.

Le cacaoyer étant, dans son aire d'origine, normalement abrité sous l'ombrage dense de la forêt tropicale amazonienne, on a longtemps considéré que c'était une plante d'ombre typique. Or, il est apparu que dans les conditions naturelles le cacaoyer donnait toujours des rendements très faibles que l'on pouvait accroître considérablement en le cultivant sous un couvert plus léger. La question se pose donc de savoir sous quelles conditions d'ombrage le cacaoyer peut fournir son rendement maximum.

Il est un élément dont il est essentiel de tenir compte lorsque l'on étudie le problème de l'ombrage. On a l'habitude d'évaluer l'intensité de l'éclairement en établissant le pourcentage de la lumière totale qui parvient au cacaoyer après avoir été partiellement arrêtée par les arbres d'ombrage. Ceci est vrai pour un cacaoyer isolé ou pour un jeune cacaoyer qui n'a pas encore atteint en plantation son plein développement. Mais dès que les frondaisons des arbres en plantation commencent à se rejoindre et à s'imbriquer les unes dans les autres, ce qui arrive d'autant plus rapidement que la densité de plantation est plus élevée et que tous les facteurs concourant à une bonne croissance sont réunis, les arbres d'ombrage ne sont plus seuls à intervenir et les cacaoyers fournissent eux-mêmes un auto-ombrage de plus en plus important, qu'il est difficile d'apprécier car il n'est pas également réparti sur les arbres, mais dont il est nécessaire de tenir le plus grand compte.

L'humidité atmosphérique

La lumière et le rôle de l'ombrage

Auto-ombrage

Les caractères morphologiques des feuilles varient beaucoup en fonction de l'éclairement auquel elles sont soumises. Les feuilles qui se développent en pleine lumière sont petites, épaisses, de couleur pâle. Elles tombent rapidement. Sous un ombrage dense par contre les feuilles sont beaucoup plus grandes, plus minces et ont une couleur vert sombre. Les stomates y sont moins nombreux par unité de surface, les cellules épidermiques étant de plus grande taille.

Lorsqu'un cacaoyer s'est développé sous ombrage et que celui-ci vient à être brusquement supprimé, on assiste à une défoliation plus ou moins grave et au départ d'un grand nombre de poussées foliaires provenant de tous les bourgeons axillaires de l'extrémité des rameaux. Ces poussées sont courtes, les feuilles restent petites et l'extrémité des rameaux peut prendre l'aspect caractéristique de balais comparable à ce que l'on observe dans le cas de certaines attaques d'insectes.

Influence de la lumière sur la morphologie du feuillage

Les stomates des feuilles de cacaoyer, exposées à l'intensité lumineuse maximum, restent complètement ouvertes aussi longtemps que l'approvisionnement en eau est suffisant pour maintenir la turgescence des cellules. En situation ombragée les stomates commencent à se fermer quand l'intensité lumineuse est réduite à 5 % de l'intensité maximum.

Normalement, lorsqu'il n'y a pas de déficience hydrique, les stomates conservent leur ouverture maximum entre 8 heures et 17 heures. Ceci semble confirmer que le cacaoyer n'est pas typiquement une plante d'ombre sans quoi les stomates se fermeraient, partiellement tout au moins, dès qu'une intensité lumineuse maximum aurait été atteinte.

Influence de la lumière sur l'ouverture des stomates

LEMEE a montré que la photosynthèse apparente mesurée par la quantité de gaz carbonique absorbée par la plante augmentait avec l'intensité lumineuse jusqu'à un optimum correspondant à environ 25 % de la luminosité totale. Pour un éclairement relatif supérieur à 25 % l'assimilation journalière moyenne ne s'élève par contre que très faiblement, les fortes intensités lumineuses ayant sur la photosynthèse un effet dépressif d'autant plus marqué que les mesures portent sur des feuilles de situation normale ombragée.

Il serait dangereux de conclure de ces résultats qu'un ombrage assurant un éclairement relatif de 25 % doit être maintenu au-dessus des cacaoyers. Ce serait méconnaître le rôle important joué en plantation par l'auto-ombrage du cacaoyer. Mais ces expériences fournissent des indications précieuses sur le rôle de l'ombrage pris dans son sens le plus large.

Influence de la lumière sur la photosynthèse

L'effet de l'ombrage sur la croissance de jeunes cacaoyers a été étudié notamment à Trinidad : le taux de croissance maximum, mesuré par le diamètre du tronc, est obtenu au cours des deux premières années pour des cacaoyers recevant 50 % de la lumière totale, que des engrais soient appliqués ou non. Au fur et à mesure que les cacaoyers se développent au cours des années suivantes et que l'auto-ombrage devient plus important, l'intensité lumineuse optimum augmente pour atteindre 100 % à partir de la quatrième année.

L'étude des rendements en cabosses fournis par ces jeunes cacaoyers permet de souligner encore le rôle de l'auto-ombrage. Les premières récoltes obtenues présentent en effet un maximum pour un éclairement relatif de 50 %. Mais l'éclairement optimum augmente lorsque le cacaoyer se développe pour atteindre 70 % dès la quatrième année de récolte.

Influence de la lumière sur la croissance, la nutrition et la production du cacaoyer

L'influence des engrais sur les rendements n'apparaît pas pour les premières récoltes qui présentent toujours un maximum pour un éclaircissement de 50 %. Mais, pour les récoltes suivantes, l'effet de l'engrais est d'autant plus marqué que l'intensité lumineuse est plus élevée, le rendement maximum étant obtenu, avec engrais, pour un éclaircissement de 100 %.

La réaction du cacaoyer à la lumière apparaît donc étroitement liée à sa nutrition. Plus les disponibilités en éléments minéraux sont élevées, plus grande est la quantité de lumière nécessaire pour obtenir le rendement optimum et plus fort est le rendement potentiel maximum. Inversement, si les disponibilités en éléments minéraux sont limitées, le rendement potentiel maximum est plus faible et ne peut être obtenu que sous ombrage, tout excès de lumière entraînant une baisse de rendement.

Il est excessivement difficile d'établir des normes générales concernant l'ombrage idéal d'une plantation. L'ombrage n'a pas pour seul rôle d'arrêter une partie de la lumière. Il joue un rôle beaucoup plus complexe en modifiant notamment les conditions de température et en limitant l'évapotranspiration. Il doit donc être déterminé en fonction de l'ensemble des données écologiques.

Il est certain tout d'abord que le jeune cacaoyer pendant les premiers stades de son développement a besoin pour une croissance optimum d'un ombrage relativement dense ne laissant que 25 à 50 % de la lumière totale. Cet ombrage contribue de plus à protéger le sol tant qu'un couvert suffisant n'est pas assuré par le cacaoyer lui-même. Mais lorsque les cacaoyers se développent et que l'auto-ombrage intervient en diminuant l'intensité lumineuse moyenne reçue par unité de surface foliaire sur l'ensemble de l'arbre, l'ombrage doit être progressivement diminué pour laisser 70 % de la lumière et ceci d'autant plus rapidement que la densité de plantation est plus forte et que les cacaoyers forment un couvert continu plus dense au-dessus du sol.

Il est établi que l'ombrage constitue un frein à la production et que le rendement maximum d'un cacaoyer adulte ne peut être obtenu qu'avec une exposition totale à la lumière. Mais il est établi également que ce rendement maximum ne peut être obtenu que si tous les éléments minéraux sont disponibles en quantité suffisante, ce qui implique dans la plupart des cas un apport régulier d'engrais et ce qui suppose dans tous les cas un approvisionnement en eau correct. Faute de quoi, l'absence d'ombrage manifeste au contraire un effet dépressif sur les rendements. Dans de nombreuses stations de recherches, des parcelles expérimentales ont été établies où l'ombrage a été progressivement et totalement éliminé dès que les cacaoyers assuraient un couvert suffisant. Ces parcelles ont permis d'obtenir des rendements jamais atteints en plantation ombragée : à Bingerville, en Côte-d'Ivoire, certaines familles hybrides ont ainsi fourni pour leurs cinq premières années de production des rendements annuels moyens supérieurs à 3 tonnes de cacao marchand par hectare.

Est-ce à dire qu'il convient de supprimer totalement l'ombrage des cacaoyères ? Certes non, car ce serait là prendre un risque très grave. Il faut souligner tout d'abord que la diminution de l'ombrage doit être progressive au fur et à mesure du développement du cacaoyer. Une suppression brutale de l'ombrage sur une plantation entraîne des troubles physiologiques graves provoquant un dépérissement de la cacaoyère. Dans un tel cas les besoins en azote sont particulièrement élevés jusqu'à ce que les cacaoyers aient reconstitué leur frondaison normale.

Conclusions relatives au rôle de l'ombrage

Par ailleurs, la suppression totale de l'ombrage n'a d'effet bénéfique que dans la mesure où tous les autres facteurs d'environnement sont favorables et manifeste un effet dépressif dans le cas contraire. Certains de ces facteurs peuvent, certes, être contrôlés : apport d'engrais, traitements insecticides et anticryptogamiques. D'autres, par contre, ne peuvent pas l'être : c'est le cas en particulier d'une saison sèche anormalement sévère ou prolongée.

C'est pourquoi on estime que dans les conditions où le cacaoyer est en général cultivé, le maintien d'un ombrage léger est indispensable pour limiter l'action momentanée de tous les facteurs défavorables.

L'ombrage joue un rôle de régulateur. Il constitue une assurance sur la vie du capital constitué par la plantation. En limitant les besoins, il limite les risques et assure une régularité de la production qui, sans atteindre les rendements obtenus expérimentalement en station, permet d'obtenir une bonne rentabilité de l'exploitation.

Cet ombrage, qui ne doit pas dans les cas les plus défavorables arrêter plus de 50 % de la lumière, peut être d'autant plus léger que la densité de plantation est plus forte, que les cacaoyers forment un couvert plus régulier, que le sol est plus riche et mieux approvisionné en eau, que la pluviosité est plus régulièrement répartie au cours de l'année. On peut estimer dans ce cas qu'il devrait laisser passer au moins 75 % de la lumière totale.

Parmi les plantes tropicales cultivées, le cacaoyer a souvent été considéré comme une des plus exigeantes. Cette affirmation n'est absolument pas fondée. Le cacaoyer est capable en réalité de s'adapter parfaitement à des sols de types très variés, et même à des sols dont l'analyse chimique révèle d'assez faibles teneurs en éléments minéraux. Sans doute dans de tels sols les possibilités de production seront elles limitées mais des rendements moyens satisfaisants pourront néanmoins être régulièrement obtenus si la culture est pratiquée sous un ombrage adéquat et si les autres facteurs écologiques restent favorables.

Si les propriétés chimiques du sol, principalement en ce qui concerne son horizon de surface, jouent un rôle important pour la nutrition du cacaoyer, ses propriétés physiques revêtent cependant une importance plus grande encore.

LE SOL

Le cacaoyer manifeste une très grande sensibilité non seulement à un déficit en eau du sol mais encore à une aération insuffisante due à un excès d'eau prolongé. Aussi les propriétés physiques du sol dont dépendent sa capacité de rétention en eau et son drainage en même temps que les conditions de développement et de pénétration des racines, revêtent-elles une importance capitale.

Propriétés physiques du sol

La profondeur du sol est un des éléments qui déterminent la quantité d'eau susceptible d'être emmagasinée dans le sol et mise à la disposition des racines. D'une manière générale le sol doit être d'autant plus profond que la pluviosité est insuffisante ou mal répartie, et que le sol est plus sableux donc plus perméable. Si les conditions pluviométriques sont favorables, on admet qu'une profondeur de 1 m est suffisante. Sinon une profondeur supérieure à 1,50 m est considérée comme nécessaire. Ces chiffres ne peuvent cependant revêtir qu'un caractère indicatif, la profondeur du sol n'intervenant qu'en fonction de nombreux autres facteurs.

Profondeur

Le sol doit permettre une bonne pénétration des racines. La présence de pierres ou de graviers peut gêner le développement des racines mais elle ne constitue un réel obstacle que lorsque les pierres ou graviers sont en quantité excessive ou que des blocs de roches ou de concrétions gravillonnaires denses empêchent non seulement le développement du pivot mais encore celui des racines latérales qui, prenant une croissance verticale, tentent de contourner l'obstacle et de se substituer au pivot.

Structure

Le sol idéal pour le cacaoyer devrait réaliser un compromis entre deux exigences parfois contradictoires : assurer une bonne rétention en eau d'une part, être bien drainé et aéré d'autre part.

Texture

Il est bien évident que, eu égard à ces deux exigences, les propriétés physiques du sol les mieux adaptées à la culture du cacaoyer dans une région donnée dépendent des conditions climatiques locales et en particulier du volume et de la répartition des pluies.

Quand les pluies sont abondantes et très régulièrement réparties toute l'année, la caractéristique la plus importante du sol est d'être bien drainé et bien aéré. Un sol trop argileux ne convient pas à moins d'être exceptionnellement bien drainé et aéré comme cela peut être le cas de certains sols de pente. Une texture sablo-argileuse est préférable et, là où n'existe aucun risque de saison sèche grave, un sol très sableux peut être acceptable surtout s'il est bien pourvu en matière organique. En Basse Côte-d'Ivoire le cacaoyer est cultivé sur des sables tertiaires qui ne contiennent que 5 à 10 % d'argile.

Quand la pluviosité est plus faible et surtout lorsqu'il existe un risque de saison sèche accusée comme c'est le cas généralement en Afrique Occidentale, la caractéristique du sol la plus importante est son pouvoir de rétention en eau et les sols sableux ne peuvent convenir. Les meilleurs sols dans ce cas sont ceux dont le taux d'argile varie de 30 à 50 %.

La plus grande partie des racines assurant l'alimentation du cacaoyer est répartie dans la couche superficielle du sol. Les propriétés chimiques de l'horizon de surface sont donc les plus importantes.

Propriétés chimiques du sol

pH : Le cacaoyer peut se développer sur des sols à réaction très acide, de pH inférieur à 5, ou même dans des sols très alcalins, de pH supérieur à 8. La majorité des bons sols à cacaoyer présente toutefois un pH compris entre 6 et 7, le pH optimum étant voisin de 6,5.

Teneur en matière organique : La richesse du sol en matière organique joue non seulement un rôle direct dans l'alimentation de la plante, mais encore intervient pour améliorer la texture du sol et son pouvoir de rétention en eau. Une haute teneur en matière organique de l'horizon de surface est essentielle pour une bonne croissance et une bonne productivité du cacaoyer. Une teneur de 3,5 % doit être considérée comme un minimum.

Il conviendra notamment, lors de l'établissement d'une plantation, d'assurer une protection convenable du sol pour éviter une dégradation de la matière organique qui pourrait résulter d'une insolation directe ou d'une érosion trop intense.

Teneur en éléments nutritifs : Les analyses de laboratoire permettent de déterminer la teneur en bases échangeables (potassium, calcium, magnésium) exprimée en milliéquivalents pour 100 g de sol, et la teneur en phosphore total exprimée en acide phosphorique pour 1 000.

SMYTH estime que les connaissances acquises sur ce sujet, ne peuvent que suggérer de considérer comme souhaitable une teneur en bases

échangeables de 12 à 13 meq/100 g dans l'horizon de surface. Des valeurs plus faibles sont acceptables dans les horizons inférieurs mais une teneur de 5 meq/100 g devrait être considérée comme un minimum à 1 m de la surface. Ceci n'implique pas d'ailleurs que le cacaoyer ne puisse être cultivé dans des sols présentant une capacité d'échange de bases inférieure à ces limites, et la seule connaissance des teneurs du sol pour les différents éléments nutritifs ne permet absolument pas de conclure sur l'aptitude de ce sol à porter une culture de cacaoyers.

L'analyse du sol ne permet que rarement de conclure quant aux équilibres entre les différents éléments susceptibles d'assurer une bonne nutrition du cacaoyer. Certains symptômes de déficience pour l'un ou l'autre des éléments peuvent apparaître en plantation et il est possible alors de corriger ce déséquilibre par une fumure appropriée. Les symptômes caractéristiques des différentes déficiences, qui concernent toujours des anomalies foliaires, sont ainsi maintenant bien connus et peuvent aider à diagnostiquer les déficiences apparaissant en plantation. Parmi celles-ci, citons les plus fréquentes :

— **La déficience en azote**, marquée par une réduction de la taille des feuilles, une décoloration et un jaunissement du limbe et des nervures, qui se rencontre souvent en plantation dans les zones correspondant aux trous de lumière, là où le couvert des arbres a été dégradé.

— **La déficience en potassium**, caractérisée par une décoloration jaune de part et d'autre de la nervure centrale, pouvant se transformer en taches nécrotiques de couleur brune, qui se rencontre fréquemment en Côte-d'Ivoire dans la région sablo-argileuse côtière mais aussi en d'autres régions sur des sols normalement pourvus en potassium mais trop riches en calcium et magnésium.

— **La déficience en zinc**, dont les symptômes consistent en malformations foliaires (feuilles étroites, très allongées parfois incurvées, à nervation aberrante), que des pulvérisations de sulfate de zinc font disparaître.

Études des carences et déficiences minérales du cacaoyer

LES PARASITES ET LES MALADIES DU CACAOYER

Dans tous les pays où elle est pratiquée la culture du cacaoyer est soumise à de nombreux aléas dus au parasitisme animal (principalement dégâts d'insectes), ou végétal (maladies cryptogamiques), ou encore à la présence de virus susceptibles de provoquer de très graves maladies.

La nature des parasites ou des virus varie d'un continent à l'autre, souvent d'un pays à l'autre, de même que la nature et l'importance de leurs dégâts.

LES MIRIDES DU CACAOYER

Une famille d'insectes piqueurs, celle des Mirides, domine de loin l'ensemble du groupe des insectes nuisibles aux cacaoyers. Leurs dégâts, variables suivant les zones géographiques, sont incontestablement les plus importants en Afrique où des campagnes de lutte ont dû être organisées à l'échelle nationale pour en réduire l'incidence. De nombreux représentants des Mirides existent aussi en Amérique

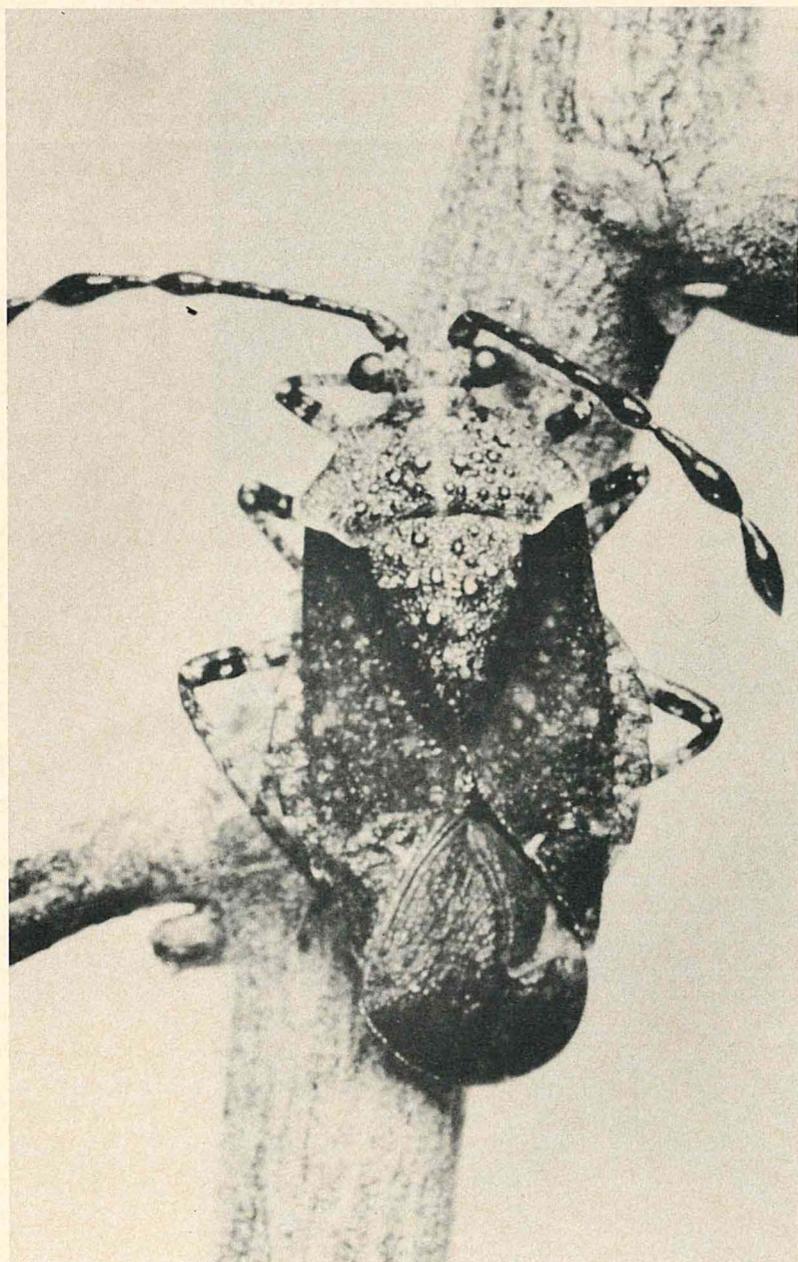
LES INSECTES PARASITES DES CACAOYERS

Les mirides

latine mais on paraît leur accorder une importance moindre qu'à certains insectes polyphages très répandus (fourmis) ou certains défoliateurs qui, pourtant, sont sans doute moins nuisibles.

Plusieurs genres et espèces sont en cause dont les plus importants sont :

Sahlbergella singularis Hagl. : espèce africaine dont l'aire d'extension va du Sierra Leone à l'Ouganda, englobant Côte-d'Ivoire, Ghana, Nigeria, Cameroun, Gabon, etc.



cf. BOULLARD

Sahlbergella singularis : adulte sur jeune rameau.

Distantiella theobromae Dist : espèce ouest-africaine d'aire géographique plus limitée que la précédente (de la Côte-d'Ivoire au Cameroun et peut-être au Congo).

Monalonion : genre centre et sud-américain représenté par onze espèces actuellement recensées.

Helopeltis : genre de très grande distribution géographique comprenant des espèces africaines (*H. bergrothi*...), des espèces sud-asiatiques et océaniques (*H. ceylonensis*, *theivora*...).



cf. BOULARD

Dégâts d'*Helopeltis* sur cabosse.

Toutes ces punaises, de taille moyenne (8 à 10 mm), sont caractérisées par des téguments mous ou relativement peu sclérifiés, un appareil piqueur très développé, des hémélytres enfumés. Leur morphologie est assez diverse mais il est possible de les grouper en deux types principaux :

— type *Helopeltis* : élancé, à très longues pattes et antennes, de coloration vive, qu'on a coutume de désigner sous le nom de « moustique du cacaoyer ». A ce type peuvent être rattachés les *Monalonion* ;

— type *Sahlbergella*, à côté duquel seront rangés *Distantiella*, de forme plus ramassée, de coloration généralement terne ou sombre et que l'on désigne sous le nom de « punaise » ou « poux du cacaoyer ».

Le groupe *Helopeltis*, *Monalonion*, préfère les cabosses et cherelles, occasionnant parfois un dessèchement sévère de ces dernières.

Le groupe *Sahlbergella* et al. pique cabosses, gourmands et branchettes : sur ces dernières il occasionne des chancres dont l'évolution ultime peut amener le dessèchement du rameau. Dans ce cas, les dégâts sont sensiblement plus importants et plus durables que s'il s'agit de piqûres sur fruits, d'autant qu'ils sont souvent associés à un champignon (*Calonectria rigidiuscula*) dont l'action complémentaire amène le dessèchement progressif de la couronne et bientôt la mort de l'arbre. La seule action toxique de la salive de ces punaises peut d'ailleurs amener le flétrissement et la mort des jeunes pousses tendres.

Etant donné l'exceptionnelle importance de ces parasites, notamment en Afrique, d'importants travaux de recherche leur ont été consacrés.

En ce qui concerne les époques d'application des traitements, les nombreux travaux réalisés en Afrique ont démontré que la période de progradation des Mirides s'étalait de juin à octobre suivant les zones géographiques et que ces époques correspondaient donc aux interventions insecticides les plus efficaces.



ci. LAVABRE

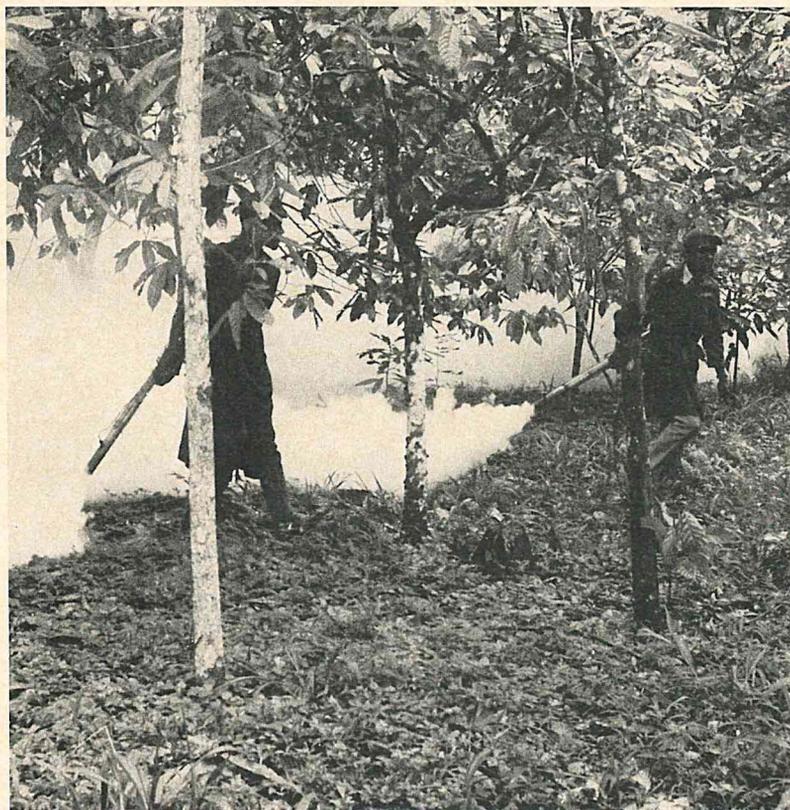
Dégâts de mirides : arbres en voie de dépérissement.

Parmi les insecticides, le lindane a longtemps surclassé tous les autres produits tant sur le plan de l'efficacité, de la sécurité que sur celui du coût des traitements. On a constaté au Ghana en 1962 l'apparition de certaines lignées de *Distantiella* résistantes à l'égard de ce produit qui, localement, peut être remplacé par un carbamate. Le lindane reste cependant à l'heure actuelle le produit le plus utilisé.

La dose standard de lindane utilisée est de 300 g de matière active par hectare. Les traitements sont faits :

- soit en pulvérisation : à raison de 150 l d'eau par hectare,
- soit en atomisation : 30 à 80 l d'eau par hectare,
- soit en nébulisation thermique utilisant un mélange de gas-oil et d'une solution huileuse contenant 15 à 16 % de lindane.

Le poudrage, moins efficace, peut être conseillé dans le cas de plantations isolées et d'accès difficile.



cl. GRIMALDI

Traitement contre les mirides effectué dans une plantation camerounaise par nébulisation thermique.

AUTRES INSECTES PARASITES DU CACAOYER

A côté des Mirides dont on rencontre des représentants dans presque toutes les zones de production du monde, existe une foule d'insectes défoliateurs, foreurs des rameaux et des tiges, piqueurs ou suceurs des pousses ou des cabosses, rongeurs des racines, mais aucun heureusement ne paraît devoir constituer un fléau comparable aux précédents.

Nous ne citerons que les plus importants d'entre eux.

Quelques punaises de cette famille parmi lesquelles nous citerons les plus nuisibles peuvent occasionner par leurs piqûres des lésions chancreuses sur rameaux, cherelles et cabosses.

Bathycœlia ovalis Stal. est une grosse punaise verte, 17 à 18 mm, à tête subtriangulaire, qui prend une assez grande importance au Ghana et en Nigeria par suite des dégâts qu'elle provoque sur cabosses dans les zones où elle ajoute ses dommages à ceux d'autres hétéroptères généralement considérés comme peu préjudiciables.

Les punaises pentatomides (Hémiptères)

De nombreuses cochenilles vivent sur cacaoyers. Certaines sont dommageables par leurs piqûres et le prélèvement de sève qui affaiblissent la plante, d'autres, beaucoup plus nuisibles, sont vectrices de maladies à virus.

En Afrique de l'Ouest, la maladie à virus du « Swollen Shoot » pose un grave problème non encore totalement résolu. Les coccides qui transmettent la maladie sont des *pseudococcidae*, ou cochenilles blanches (mealy bug). Les espèces les plus importantes sont *Pseudococcus njalensis* Laing, *Pseudococcus citri* Risso et *Ferrisia virgata* CkI.

Les cochenilles ou coccides du cacaoyer

Un psylle, *Mesohomotoma tessmanni* Aulm., se rencontre fréquemment en Afrique sur bourgeons, jeunes pousses et feuilles anthocyanées. Les œufs sont pondus dans les écailles des bourgeons et le développement de l'insecte est synchrone de celui de la végétation. Les piqûres déterminent le recroquevillement des feuilles et parfois une défoliation sévère en cas d'attaques précoces.

Si les psylles pullulent souvent dans les zones humides ou à couvert dense, en particulier dans les pépinières ou ombrières où sont entreposés les jeunes plants ou boutures de cacaoyers, il semble qu'ils posent depuis quelques années en Afrique un problème de plus en plus important dans certaines vieilles cacaoyères végétant dans des conditions écologiques difficiles et particulièrement là où l'absence d'ombrage s'ajoute à l'épuisement des sols. Leurs dégâts sont parfois confondus avec ceux des Mirides.

Si les adultes sont extrêmement sensibles à tous les insecticides, les œufs et les larves néonates sont beaucoup plus difficiles à atteindre.

Le psylle du cacaoyer

Depuis peu, également, différents genres d'*Empoasca* et de *Typhlocibe* causent quelques préoccupations aux entomologistes de l'Ouest Africain. Ces minuscules insectes (1,5 à 3 mm) piquent les jeunes feuilles qui se recroquevillent et dont la partie apicale du limbe se nécrose. L'installation de ces parasites paraît coïncider avec une brusque altération des conditions de culture (enlèvement de l'ombrage par exemple). Le phénitrothion et le formothion en pulvérisation à 1 000 g de matière active par hectare ont une bonne efficacité contre ces insectes.

Les cicadelles

Nous ne citerons parmi eux que les *Tragocephala*, longicornes africains très reconnaissables à leur forme et à leur coloration, partie noire, partie jaune or, jaune soufre ou bleue.

La femelle fait une incision annulaire à la partie apicale de la branchette ou de la tige et pond un seul œuf dans la partie qui ne va pas tarder à se dessécher.

A l'éclosion la larve vit une dizaine de jours dans les tissus mortifiés puis gagne les tissus vivants, creusant la galerie de haut en bas s'il s'agit d'une tige, vers le centre de l'arbre s'il s'agit d'une branche.

Les coléoptères borers des tiges

Ce parasite peut être particulièrement préoccupant sur de jeunes plantations où il détruit la partie apicale des tiges en croissance.

Les traitements chimiques ne donnent pas complètement satisfaction.

Il est impossible de décrire toutes les espèces de lépidoptères dévorant le feuillage du cacaoyer. On en a recensé plus d'une centaine pour le seul Ghana. Aussi ne mentionnera-t-on que quelques déprédateurs particulièrement importants. Malgré leur grand nombre, il est assez rare toutefois que l'on ait à intervenir contre ces ravageurs, sinon dans le cas de jeunes plantations ou de pépinières.

Anomis leona Schauss. est une espèce ouest et centre-africaine dont les dommages, limités dans les plantations adultes, peuvent devenir importants en pépinières, parcs à bois ou ombrières, les chenilles se nourrissant aux dépens des jeunes feuilles dont elles respectent les nervures.

Achaea catacaloides Guen. est une espèce africaine dont les chenilles extrêmement polyphages font cependant d'importants dégâts sur cacaoyers, l'invasion des plantations se faisant à partir du couvert forestier. La ponte sur les arbres forestiers se situe au début de la grande saison sèche (décembre). Ce n'est que lorsqu'ils sont défoliés que les chenilles se laissent glisser au bout d'une soie pour attaquer les cultures qui sont en dessous (décembre à février) Les traitements à base de DDT ou d'endosulfan sont efficaces.

Earias biplaga Wlk et *Earias insulana* Boisd. sont deux espèces africaines très polyphages qui constituent en particulier de graves parasites du cotonnier, mais qui doivent être mentionnées à propos du cacaoyer en raison de leur importance pour les jeunes plantations. La chenille en effet fore une galerie dans la partie apicale de la pousse, ce qui en provoque le dessèchement.

La pourriture brune des cabosses due à *Phytophthora palmivora* Butl (en anglais : Black pod disease). Cette maladie est la plus ancienne et la plus importante de toutes les maladies du cacaoyer. Bien que la nature et l'importance des dégâts qu'il provoque varient d'un pays à l'autre, *Phytophthora palmivora* intervient pratiquement dans tous les pays où le cacaoyer est cultivé. Il est responsable dans le monde d'une perte de production considérable, pouvant dans certaines régions entraîner la perte de plus de 80 % de la récolte.

Phytophthora palmivora en s'attaquant aux fruits de tous âges provoque leur pourriture. Mais il est responsable également d'attaques sur le feuillage et de la formation de chancres sur les branches et le tronc de l'arbre.

La **pourriture des cabosses** se manifeste avec une intensité plus ou moins grande selon les pays. Au Brésil, on estime que 20 à 25 % de la production est détruite alors que les pertes pourraient atteindre 50 % à Costa Rica, plus encore au Mexique. En Afrique, les dégâts sont particulièrement importants en Nigeria et au Cameroun où ils peuvent intéresser dans certaines plantations la quasi-totalité de la production. Ils sont d'importance moindre en Côte-d'Ivoire et au Ghana, sans pour autant être négligeables.

La maladie débute sur les cabosses par l'apparition d'une tache de couleur havane qui s'étend rapidement et peut progressivement recouvrir toute la surface de la cabosse.

L'intensité et la rapidité de la propagation de la maladie dans une plantation dépend essentiellement des différents facteurs qui conditionnent la formation des conidies et la germination des spores.

Les lépidoptères défoliateurs

LES PRINCIPALES MALADIES CRYPTO-GAMIQUES

La pourriture brune des cabosses



cl. R. GUY

Cabosse attequée par la pourriture brune (Phytophthora palmivora).

Le facteur le plus important est évidemment l'eau : les fructifications n'apparaissent que lorsque l'humidité relative de l'atmosphère est très élevée et les zoospores ne germent qu'en présence d'eau. C'est donc uniquement pendant les saisons des pluies que la maladie se propage.

Moyens de lutte contre la pourriture brune.

Il est essentiel tout d'abord de limiter le plus possible les sources de contamination et, partout où sévit la maladie, on devra :

- éliminer de la plantation les débris de cabosses provenant de la récolte ;
- éliminer des arbres, avant la saison des pluies, la totalité des cherelles et cabosses desséchées qui subsistent de la précédente récolte ;
- cueillir et éliminer régulièrement (tous les huit jours en saison des pluies) toutes les cherelles et cabosses présentant une tache montrant le début d'une attaque.

Ces seules précautions suffisent pour réduire considérablement l'incidence de la maladie. Elles doivent toutefois être souvent complétées par des traitements chimiques, comme c'est le cas en particulier au Cameroun, au Nigeria, au Brésil, au Costa Rica. Ces traitements chimiques, qui ne sont eux-mêmes que préventifs, ne sont efficaces qu'à condition d'être accompagnés des mesures tendant à limiter les

sources d'inoculum et d'être souvent répétés, car la protection durable des cabosses est difficile du fait de leur croissance rapide : un traitement tous les dix jours doit être envisagé en moyenne pendant toute la durée des pluies.

Le cuivre est le fongicide le plus utilisé, sous forme de sulfate (bouillie bordelaise) ou, le plus souvent, d'oxychlorure en bouillie aqueuse à 1 %.

Si la lutte chimique a prouvé son efficacité, elle n'en reste pas moins une opération onéreuse qui grève considérablement le budget du planteur partout où elle doit être exécutée. C'est pourquoi de nombreux travaux de recherches sont consacrés actuellement dans le monde à l'étude de la résistance des cabosses de cacaoyer aux attaques de *Phytophthora* et à la sélection de variétés ou clones résistants.

La moniliose ou pourriture des cabosses due à *Monilia roreri* CIF. et PAR. Cette maladie fut observée pour la première fois en équateur en 1916. Elle s'est étendue rapidement à tout le pays, provoquant des dommages considérables, et intéresse aujourd'hui la Colombie, le Pérou et certaines régions du Venezuela.

Le champignon attaque les jeunes fruits qui, cependant, se développent normalement. A l'intérieur de la cabosse les fèves pourrissent et sont transformées en une masse brune plus ou moins liquéfiée. Les cabosses malades sèchent sur les arbres et se recouvrent des fructifications du champignon. Une poussière de spores s'échappe dès que l'on touche un tel fruit.

Les produits cupriques et le zinèbe ont donné de bons résultats pour le contrôle de la maladie.

La moniliose

La maladie du balai de sorcière due à *Marasmius perniciosus* Stahel. Cette maladie, qui est originaire d'Amazonie, s'est étendue à tous les pays producteurs d'Amérique du Sud et à certaines des îles Caraïbes (Trinidad, Tobago, Grenade). Elle n'existe toutefois pas dans la région de Bahia au Brésil ni dans la vallée du Cauca en Colombie.

La maladie du balai de sorcière (« witches' broom disease » en anglais, « escoba de bruja » en espagnol), est une des plus graves parmi celles qui peuvent affecter le cacaoyer. L'infection des cabosses et des coussinets floraux peut entraîner une perte de plus de 50 % de la récolte, tandis que l'infection des tissus végétatifs, bien que n'entraînant pas la mort de l'arbre, réduit considérablement son feuillage, ce qui diminue encore sa production.

Il est très difficile d'envisager une protection efficace du cacaoyer contre cette maladie qui affecte essentiellement des tissus en croissance rapide.

La pratique la plus courante consiste à enlever et à détruire tous les balais qui apparaissent sur les arbres.

Mais le meilleur moyen de lutter efficacement contre ce fléau reste cependant la sélection de variétés ou de clones résistants parmi lesquels il faut citer au premier rang le clone haut-amazonien Sca 6 dont la découverte de l'immunité fit réaliser un grand pas aux recherches entreprises dans ce domaine.

La maladie du balai de sorcière

Le « mal de machette » ou « mort subite » du cacaoyer dû à *Ceratocystis fimbriata* Ell. et Hals. C'est encore en équateur, où elle a reçu le nom de « mal de machette » du fait de son association avec les

Le mal de machette

blessures faites aux cacaoyers, que cette maladie est le plus anciennement connue. Elle n'y présentait toutefois pas de caractère de gravité jusqu'à ces dernières années. Depuis 1950 cette maladie s'est étendue au Venezuela, à la Colombie, au Costa Rica, au Mexique et depuis 1958 à Trinidad.

L'infection par *Ceratocystis* est généralement liée à des blessures de l'arbre, sur le tronc ou les branches principales dont elle provoque la nécrose. Elle peut entraîner la mort rapide de toute une branche ou même de l'arbre entier selon sa localisation. Il n'est guère possible de prévoir de traitement chimique efficace pour l'éradication de la maladie.

La sélection de clones, variétés, ou hybrides, résistants donne par contre des résultats très prometteurs.

La galle des coussinets fut décrite en Colombie en 1940 mais elle existe pratiquement dans tous les pays d'Amérique latine et fut décrite au Ghana en 1960.

Plusieurs types de galles ont été décrits dont les deux plus importants sont :

— la **galle à points verts** (« green point gall ») : sur le coussinet apparaissent des points verts semblables à des bourgeons, dont le nombre augmente rapidement. La galle peut se développer en quelques semaines de plusieurs centimètres, tant en diamètre qu'en épaisseur;

— la **galle florifère** (« flowery gall ») : elle se caractérise par le très grand nombre de fleurs d'aspect normal qui apparaissent à la périphérie de la galle. Une seule galle peut porter plusieurs centaines de fleurs au cours d'une saison, mais toutes ces fleurs meurent et tombent.

La galle à points verts est la forme la plus largement répandue. L'agent causal de cette forme de galle serait un champignon, *Fusarium decemcellulare*, forme imparfaite de *Calonectria rigidiuscula*.

Un seul moyen efficace apparaît pour lutter contre cette maladie : la sélection de clones résistants.

La galle des coussinets floraux « cushiongall »

Plusieurs champignons « pourridiés » s'attaquent aux racines du cacaoyer et peuvent en certaines régions provoquer des dommages importants. Nous citerons parmi eux :

Armillariella mellea (Wahl.) Quel., très répandu en Afrique, provoque sur cacaoyer un éclatement du collet. Les feuilles jaunissent et bientôt l'arbre se brise au niveau du sol et tombe.

Leptoporus lignosus (Kl.) Heim et Pat. (= *Fomes lignosus* Kl.), très répandu en Afrique, provoque lui aussi un brusque flétrissement des feuilles mais il n'y a pas trace de craquelure au niveau du collet.

La mort des premières racines latérales attaquées enlève à l'arbre un soutien naturel et fait qu'il se couche sur le côté.

La lutte contre les pourridiés est difficile du fait de la progression souterraine de la maladie, le mycélium le propageant le long des racines et par contact de racines malades à racines saines.

Dans les pays où existe un danger de pourridié, il convient surtout d'en tenir le plus grand compte au moment du choix du terrain destiné à la plantation et de faire un dépistage soigneux des arbres atteints dès les premières années de la plantation, alors que le système racinaire traçant n'est encore que peu développé et que son arrachage complet peut être effectué.

Les pourridiés

Cette affection représente le stade ultime de la maladie du dessèchement des rameaux consécutive à une attaque de Mirides.

**La trachéomycose
ou « Die-Back »**

Au niveau des piqûres effectuées par les Mirides sur les jeunes pousses du cacaoyer, divers microorganismes, parasites secondaires, peuvent s'installer dans les petits chancres causés par les piqûres. Parmi ces microorganismes le plus important est *Fusarium decemcellulare*, forme conidienne de *Calonectria rigidiuscula* (B. et Bz.) Sacc., qui pénètre dans les tissus conducteurs des rameaux dont il accélère le dessèchement et qui poursuit son développement dans les branches en progressant par les faisceaux libéroligneux. Le parasite peut atteindre le tronc de l'arbre dont toute la frondaison se dessèche entraînant rapidement la mort de l'arbre.

De nombreux autres champignons parasites sont signalés sur cacaoyer. Ils sont responsables de maladies qui ne revêtent jusqu'à présent toutefois qu'une importance relative faible ou très localisée et parmi lesquelles nous citerons :

**Autres maladies
cryptogamiques**

— **la pourriture farineuse des cabosses** (« mealy pod disease ») due à *Trachysphaera fructigena* Tab. et Bunt., caractérisée par la croûte farineuse blanc-rosé qui recouvre les cabosses atteintes ;

— **la pourriture noire des cabosses** (« charcoal pod rot ») due à *Botryodiplodia theobromae* Pat. caractérisée par des taches noires recouvrant peu à peu la totalité du fruit qui apparaît alors comme recouvert de suie. Le parasite semble être plutôt un parasite de faiblesse dont les attaques sur cabosses sont consécutives à des blessures ou à des piqûres d'insectes ou très souvent à l'attaque de *Phytophthora palmivora* ;

— **la maladie du fil blanc** due à *Marasmius scandens* Massée est caractérisée par la présence de filaments mycéliens de couleur blanche adhérant aux rameaux et aux pétioles des feuilles et ramifiés en fins réseaux à la surface inférieure des feuilles ;

— **la maladie du crin de cheval** ou **maladie du fil noir**, due à *Marasmius trichorrhizus* Speg (= *Marasmius equicrinis* Muell.) caractérisée par des filaments mycéliens noirs portant souvent des fructifications de couleur blanc crème devenant brun orangé.

La première maladie du cacaoyer attribuée à un virus fut en 1940 celle du « swollen shoot », maladie qui tenait son nom de l'un de ses symptômes caractéristiques (gonflement des rameaux) et dont les dégâts commençaient à prendre au Ghana, et notamment dans le district de New Juaben, des proportions inquiétantes. La maladie du « swollen shoot » fut trouvée ensuite au Nigeria (1945), en Côte-d'Ivoire (1946), au Togo. Elle n'a été signalée dans aucun autre pays d'Afrique Occidentale et le Cameroun en particulier semble avoir été épargné.

**LES MALADIES
A VIRUS**

D'autres maladies à virus ont été signalées ensuite en Amérique tropicale (Trinidad, Venezuela, Colombie, Costa Rica) dont les symptômes sur feuilles sont analogues à ceux décrits au Ghana mais qui ne présentent jamais le symptôme de gonflement des pousses caractéristique de certaines formes de la maladie en Afrique. Ces viroses, provoquées sans doute par des souches de virus différentes de celles rencontrées en Afrique, n'ont cependant jamais revêtu dans ces pays le caractère de gravité qu'elles manifestèrent au Ghana.

Le swollen shoot et les viroses en Afrique Occidentale

Cette maladie a fait au Ghana des ravages considérables dont seule l'importance des arrachages d'arbres malades peut donner une idée : de 1946 à 1967, 130 millions de cacaoyers ont été arrachés, et les abattages se poursuivent tandis qu'un effort important est fait pour la plantation de nouvelles cacaoyères avec un matériel végétal sélectionné pour sa tolérance à la maladie.

Au Togo, où le swollen shoot sévit dans la région d'Agou, plus d'un million d'arbres ont été arrachés de 1963 à 1967.

En Côte-d'Ivoire, bien que de nombreux foyers aient été signalés depuis 1946, les dégâts restent très localisés et n'ont justifié jusqu'à présent aucune intervention importante.

Les symptômes caractéristiques de la maladie sont les gonflements plus ou moins prononcés que présentent certains rameaux et plus particulièrement certains rejets orthotropes qui, par suite de la nécrose de leur partie terminale, prennent souvent une forme de massue. Les gonflements peuvent concerner également les racines.

D'autres symptômes, plus constants, concernent les feuilles sur lesquelles apparaissent des mosaïques, de type variable selon la souche de virus.

Dans la nature la transmission se fait par des **cochenilles** dont plusieurs espèces peuvent être les vecteurs du virus et dont les plus importantes sont *Planococcoides njalensis* Laing (= *Pseudococcus njalensis* Laing) *Planococcus citri* Risso (= *Pseudococcus citri* Risso), *Ferrisia virgata* Ckll.

Ces cochenilles ne se déplacent que très lentement mais elles peuvent être véhiculées par le vent à l'état de larve ou par les fourmis qui vivent normalement en symbiose avec elles et parmi lesquelles il faut citer les *Pheidole* et les *Crematogaster*. Remarquons que les *Oecophylla* et les *Macromischoides*, fourmis très fréquentes sur les cacaoyers, ne sont jamais associées aux cochenilles et sont antagonistes des deux groupes précédents.

Plusieurs arbres de la forêt peuvent servir d'hôtes aux virus du cacaoyer, ce qui explique la grande dispersion de la maladie.

La lutte contre le swollen shoot peut être envisagée sous trois aspects : destruction des insectes vecteurs, suppression des arbres porteurs de virus, plantation de cacaoyers résistants aux attaques des virus.

La destruction des insectes vecteurs a été envisagée par l'emploi d'insecticides systémiques qui, seuls, peuvent agir sur les cochenilles. Mais l'utilisation de tels produits peut être dangereuse.

L'élimination des arbres infectés par le virus a été pratiquée sur une très grande échelle au Ghana, de façon beaucoup plus limitée au Nigeria.

Le moyen sans doute le plus efficace et le plus économique de limiter l'extension des dégâts du swollen shoot est de rechercher, pour la replantation des zones où l'arrachage est pratiqué ou pour l'établissement des plantations nouvelles, des cacaoyers présentant un degré suffisant de tolérance vis-à-vis du virus. L'utilisation des clones Haut-amazoniens importés de Trinidad a permis de réaliser dans cette voie d'importants progrès.

LA CULTURE DU CACAOYER

PÉPINIÈRE

Bien qu'il soit de pratique habituelle, en Afrique aussi bien qu'au Brésil, d'établir la plantation par semis direct en place, on ne saurait trop insister sur les avantages que présente le semis en pépinière avec mise en place en plantation de semenceaux âgés de plusieurs mois.

L'emplacement de la pépinière doit être choisi en fonction de sa situation à proximité d'un point d'eau, à proximité du terrain de la future plantation et si possible en un endroit dont la surveillance est aisée.

L'aménagement du terrain comporte essentiellement l'aménagement de l'ombrage soit par utilisation d'un ombrage naturel existant soit par construction d'un ombrage artificiel employant les matériaux localement disponibles : piquets de brousse, bambous, raphia, feuilles de palmiers. Un ombrage dense, laissant environ 25 % de la luminosité totale, est nécessaire au début. Il pourra être diminué progressivement par la suite.

A titre indicatif, on peut prévoir une surface de 75 m² de pépinière pour les semis nécessaires à la plantation d'un hectare.

L'utilisation de paniers en fibres végétales, ou mieux l'utilisation de sachets en polyéthylène dont l'usage est aujourd'hui si répandu, permettront de réaliser directement les semis dans les emballages qui serviront ultérieurement au transport des semenceaux jusqu'au lieu de plantation.

Les sachets doivent avoir une hauteur minimum de 35 cm. Ils sont remplis de terre humifère et sont disposés côte à côte, en planches de 1 m à 1,20 m séparées par des allées de 40 cm à 50 cm. On peut d'ailleurs pour éviter de serrer trop les plants séparer les lignes de sachets par des bambous qui les soutiennent. Une densité moyenne de 20 à 25 sachets au mètre carré donnera toute satisfaction.

Une graine est semée dans chaque sachet. La graine doit être extraite de la cabosse au moment du semis. Les cabosses peuvent sans inconvénient être gardées une ou deux semaines alors que la conservation des semences nécessite de grandes précautions.

La levée a lieu une à deux semaines après le semis.

L'entretien de la pépinière consiste essentiellement en arrosages.

Le désherbage des plants est régulièrement effectué tandis que des traitements insecticides interviennent dès que des symptômes de parasitisme apparaissent.

La durée de séjour des semenceaux en pépinière varie généralement de quatre à six mois mais peut être prolongée si nécessaire.

Au moment du transfert des plants de la pépinière vers la plantation, tous les sujets mal venus, traumatisés ou peu vigoureux sont systématiquement éliminés, cette sélection pouvant être d'autant plus sévère que l'on aura prévu les semis en plus grande quantité par rapport aux besoins.

C'est le cas le plus général. Il peut s'agir d'un terrain anciennement déforesté puis abandonné après plusieurs années d'exploitation par des cultures vivrières. Une forêt nouvelle s'est reconstituée, qui se distingue de la forêt ancienne par la densité du sous-bois et la taille beaucoup plus réduite des arbres qui constituent l'étage le plus élevé.

Une telle forêt, lorsque les arbres antagonistes du cacaoyer sont peu nombreux, offre des conditions idéales pour un aménagement rapide et peu onéreux après abattage sélectif des arbres indésirables.

Mais il s'agit bien souvent d'une forêt plus ancienne.

PRÉPARATION DU TERRAIN ET AMÉNAGEMENT DE L'OMBRAGE

Cas d'un sol
occupé par
une forêt

Un choix doit alors être fait entre deux méthodes : ou bien la forêt sera simplement éclaircie, les cacaoyers étant plantés sous l'ombrage des arbres maintenus en place, ou bien la forêt sera abattue totalement, les cacaoyers étant alors plantés sous un ombrage reconstitué.

L'aménagement du terrain consiste, après débroussaillage du sous-bois, à abattre en priorité tous les arbres considérés comme antagonistes du cacaoyer soit parce que leur seule présence entrave le développement du cacaoyer, soit parce qu'ils hébergent normalement des parasites (ou des virus) susceptibles de nuire au cacaoyer, soit enfin parce qu'ils fournissent un ombrage trop dense mal adapté au cacaoyer. Tous ces arbres étant éliminés, il reste à effectuer éventuellement l'abattage des arbres en excès pour doser convenablement l'ombrage à maintenir sur la plantation.

L'avantage de cette méthode est de limiter les frais d'abattage et de permettre un aménagement rapide de l'ombrage.

Elle présente cependant de graves inconvénients dont le principal est de créer au sein de la forêt un déséquilibre dont les conséquences se manifestent au cours des années suivantes par de nombreuses chutes d'arbres survenant à l'occasion des coups de vent violents accompagnant les orages.

Il est difficile de plus, par éclaircie de la grande forêt, d'obtenir un parfait dosage de l'ombrage.

Arbres antagonistes : de nombreux arbres de la forêt sont, dans tous les pays, connus pour l'influence défavorable qu'ils exercent à l'égard des cacaoyers plantés dans leur voisinage. A titre d'exemple, on cite principalement en Côte d'Ivoire :

| | Nom vernaculaire |
|----------------------------------|------------------|
| <i>Piptadeniastrum africanum</i> | Dabema |
| <i>Triplochiton scleroxylon</i> | Samba |
| <i>Chidlovia sanguinea</i> | Bâla |
| <i>Nesogordonia papaverifera</i> | Aiya, Kotibé |
| <i>Cola nitida</i> | Cola |
| <i>Corynanthe pachyceras</i> | Ehéman |

A ces arbres antagonistes, à supprimer dans tous les cas, il faut ajouter tous les hôtes d'insectes (surtout Mirides) ou de maladies (principalement virus) susceptibles de s'attaquer au cacaoyer, à savoir :

Toutes les Sterculiacées : *Cola* sp., *Sterculia* sp., etc.

Toutes les Bombacées : *Ceiba pentandra* (fromager), *Bombax* sp., etc. et tous les arbres à couvert trop dense ou trop bas.

L'inconvénient principal de cette méthode est le coût du travail d'abattage de la forêt qui, avec les travaux de tronçonnage, de mise en andains et éventuellement de débardage, constitue au départ un investissement important. Il est de plus nécessaire de prévoir après l'abattage un délai suffisant pour reconstituer un ombrage avant la mise en place des cacaoyers.

C'est toutefois la méthode qu'il convient de préconiser, car c'est sans nul doute celle qui permettra d'assurer les conditions les plus favorables au développement ultérieur de la plantation.

Il est possible, pour faciliter les travaux après abattage, d'utiliser le feu mais celui-ci doit être limité à un feu courant très rapide pour ne pas stériliser le sol.

La reconstitution de l'ombrage peut s'envisager de deux façons : ou bien l'on attend que le recru naturel soit suffisant pour assurer le

Plantation sous forêt éclaircie après abattage sélectif

Plantation sous ombrage reconstitué après abattage total

premier ombrage des cacaoyers, ou bien l'on met en place un ombrage artificiel que l'on peut ainsi parfaitement contrôler et qui permet la plantation des cacaoyers.

Plantation sous recrû naturel.

Un ou deux ans après l'abattage de la forêt, le recrû naturel fournit généralement de bonnes conditions pour l'établissement de la plantation.

Des layons sont simplement ouverts dans le recrû qui fournit un ombrage temporaire latéral homogène et facilement contrôlable. Les haies maintenues entre les layons sont progressivement élaguées et réduites au fur et à mesure de la croissance du cacaoyer tandis que parmi les arbres à croissance rapide qui s'y développent sont conservés ceux que l'on désire maintenir comme ombrage définitif. Ce procédé, excellent sur le plan agronomique, reste cependant onéreux et ne permet pas toujours d'obtenir l'ombrage définitif idéal lorsque l'on désire en maintenir un sur la plantation.

Plantation sous ombrage artificiel.

Au lieu d'attendre le développement d'un recrû naturel après l'abattage de la forêt, la plantation d'un ombrage artificiel permet d'en contrôler beaucoup plus facilement la nature. Cette méthode est couramment utilisée en Amérique, en Asie et en Océanie, alors qu'elle est encore très rare dans les pays producteurs africains.

Deux types d'ombrage sont à distinguer. Le premier destiné à abriter les cacaoyers pendant les premières années de la plantation est obligatoire dans tous les cas : c'est l'ombrage temporaire. Le second, destiné à constituer le couvert de la plantation adulte, est presque toujours recommandé et sa suppression ne peut être envisagée que dans les cas les plus favorables où l'on peut être assuré que la plantation sera toujours soumise aux conditions idéales d'une culture intensive rationnelle : c'est l'ombrage définitif.

L'**ombrage temporaire** peut être assuré par des plantes à croissance rapide telles que *Tephrosia* ou *Crotalaria* utilisées notamment à Costa Rica, en Colombie, en Papouasie et en Nouvelle-Guinée, *Flemingia* recommandée en Côte-d'Ivoire, *Tithonia* utilisé avec succès pour les plantations de parc à bois au Cameroun. Le plus souvent cependant l'ombrage temporaire est assuré par une plante vivrière qui permet de fournir un premier revenu du terrain aménagé pour la plantation. La plus utilisée de ces cultures est celle du bananier et plus particulièrement du bananier-plantain. (*Musa paradisiaca*).

L'**ombrage définitif** qui, en Afrique, est généralement constitué par des essences forestières maintenues lors de l'aménagement de la forêt, est dans la plupart des pays producteurs d'Amérique, d'Asie ou d'Océanie assuré par des arbres plantés spécialement pour protéger les plantations. Les plus répandus sont les érythrina (ou immortelles), dont plusieurs espèces sont intéressantes : *Erythrina poeppigiana*, *Erythrina glauca*, *Erythrina velutina*.

D'autres espèces fournissent également un très bon ombrage au cacaoyer, notamment : *Gliricidia* spp., *Inga* spp., *Albizia* spp., *Leucaena leucocephala*.

En Afrique, les sols rendus disponibles par le déplacement des cultures vivrières sur de nouveaux défrichements forestiers sont couramment utilisés pour l'établissement d'une culture perenne, que ce soit cacaoyer ou caféier. Cette pratique ne peut que donner de médiocres résultats, l'exploitation intensive du sol pendant plusieurs années pour les cultures vivrières n'ayant nullement contribué, bien au contraire, à maintenir des conditions favorables à la plantation du cacaoyer. Si l'on veut avoir quelques chances de retrouver de telles conditions,

Cas d'un sol occupé par d'anciennes cultures

il est nécessaire d'attendre plusieurs années qu'un recrû naturel ait reconstitué une ambiance forestière. Un délai d'une dizaine d'années est souhaitable.

Sur des sols particulièrement favorables de par leur structure, leur profondeur, leur richesse, tels par exemple certains sols alluvionnaires de Madagascar, de Colombie ou d'Equateur, on peut envisager d'établir une plantation de cacaoyers sur d'anciennes cultures ou même sur d'anciens pâturages. Dans tous les cas cependant, la condition essentielle de réussite est la plantation préalable de l'ombrage temporaire (bananier plantain le plus souvent) et définitif (*Erythrina*, *Inga*, *Gliciridia*, etc.).

Il est nécessaire tout d'abord de rechercher les causes de la décrépitude des plantations que l'on envisage de remplacer et de s'assurer que de simples techniques agronomiques ne sont pas suffisantes pour les régénérer.

Si l'on envisage de procéder à la replantation, la nature du couvert doit permettre de choisir la méthode à adopter.

Si l'ombrage définitif de la plantation est correct et peut être conservé, on peut procéder à la plantation des jeunes cacaoyers dans les interlignes de l'ancienne plantation en prenant la précaution de sectionner complètement tout autour des jeunes arbres les racines traçantes des anciens. Là où existent des trous de lumière dans l'ancienne plantation, des bananiers peuvent permettre de compléter l'ombrage provisoire. Lorsque les arbres de la jeune plantation se développent, les anciens, dont on a continué jusque-là à exploiter le revenu, sont progressivement supprimés. De telles replantations d'anciennes cacaoyères ont été effectuées avec succès notamment au Venezuela.

Si l'ombrage définitif de l'ancienne plantation est aussi médiocre que la plantation elle-même, on aura souvent avantage à tout abattre pour replanter le cacaoyer après reconstitution d'un ombrage correct utilisant le bananier plantain comme ombrage temporaire.

Plusieurs dispositifs de plantation peuvent être adoptés (plantation en carré, en quinconce, en triangle équilatéral, en triangle isocèle), mais le plus simple et le plus général aussi est la plantation en lignes équidistantes.

Si le terrain est très accidenté, les lignes peuvent être orientées selon les courbes de niveau.

La **plantation en ligne** est la seule méthode pratique lorsque l'on désire appliquer les techniques décrites pour l'aménagement du terrain sous recrû forestier ou sous jeune forêt. Elle facilite grandement d'autre part les opérations d'entretien, de contrôle et de traitement phytosanitaire.

La **densité de plantation** dépend beaucoup de la nature du matériel cultivé et des différents facteurs d'environnement qui agiront par la suite sur sa croissance (nature du sol dans ses relations avec la pluviométrie, ombrage, etc.).

A Trinidad, on préconise des écartements de $3,60 \times 3,60$ m, soit une densité de 770 arbres par hectare.

Au Brésil, l'espacement est habituellement compris entre 3×3 m et 4×4 m, la densité à l'hectare variant ainsi de 625 à 1 110 arbres.

Au Ghana, la densité des plantations traditionnelles établies sur cultures vivrières, sans écartement régulier, varie de 1 000 à 2 500 arbres par hectare. Le Ministère de l'Agriculture recommande toutefois la plantation en lignes, l'écartement préconisé étant $2,4 \times 2,4$ m correspondant à une densité de 1.730.

Cas d'un sol occupé par une ancienne plantation de cacaoyers ou de caféiers

PLANTATION

En Côte-d'Ivoire comme au Cameroun, les densités des anciennes plantations sont très variables (900 à 2 000 arbres par hectare). Pour les nouvelles plantations, les écartements préconisés actuellement sont de 3 m entre les lignes et 2 à 2,50 m sur les lignes (soit 1 330 à 1 660 arbres par hectare).

Un piquetage sommaire tenant compte de l'orientation et de l'écartement des futures lignes de plantation doit être fait déjà au cours des travaux d'aménagement du terrain, soit pour l'endainage après abatage partiel ou total de la forêt, soit pour la plantation de l'ombrage temporaire ou définitif, soit encore pour l'ouverture des layons dans un jeune recrû forestier.

Lorsque le terrain et l'ombrage sont correctement aménagés, on peut procéder au piquetage définitif et à la trouaison en vue de la mise en place des plants élevés en pépinière.

La plantation a lieu dès que la saison des pluies est bien installée. Lorsqu'il existe deux saisons des pluies séparées par une petite saison sèche, la première est préférable à la seconde car elle est la plus éloignée de la grande saison sèche qui leur succède. En Afrique, l'époque de plantation la plus favorable se situe toujours en avril-mai. C'est à cette époque que doivent être mis en place les plants élevés en pépinière à partir des semis réalisés d'octobre à décembre. Les planteurs qui utilisent le semis direct ne trouvent malheureusement que très peu de semences à cette époque de l'année et c'est la raison pour laquelle ils effectuent généralement leurs plantations en septembre-octobre.

Le réglage de l'ombrage constitue sans aucun doute un des travaux d'entretien les plus importants d'une jeune plantation. Au cours de la première année un ombrage dense (laissant 25 à 50 % de la lumière totale) est nécessaire. Il doit ensuite être progressivement réduit pour laisser 50 à 75 % de la lumière totale (éventuellement 100 % si l'on estime pouvoir conduire la plantation sans ombrage) lorsque les cacaoyers ont atteint leur plein développement et que leurs couronnes se rejoignent pour former un couvert continu.

Mais l'ombrage doit également être adapté au cours des premières années à la croissance du cacaoyer de manière à ne pas gêner son développement. Ainsi, au cours des deux premières années les jeunes cacaoyers peuvent être ombragés par des lignes de haies vives occupant le sol entre chaque ligne de plantation. Ces haies vives, constituées soit par un recrû naturel soit par une plante à croissance rapide utilisée comme ombrage provisoire, fournissent au cacaoyer une excellente protection latérale et permettent par de simples élagages de régler facilement l'ombrage.

Au cours de la troisième ou quatrième année, selon le développement du cacaoyer, les haies doivent être éliminées et seuls doivent être maintenus les arbres nécessaires au maintien d'un ombrage correct au-dessus des cacaoyers.

Les mêmes principes doivent guider le travail du planteur lorsqu'il utilise comme ombrage temporaire une culture comme celle du bananier plantain. La conduite et l'élimination de la culture provisoire doivent être déterminées en fonction des exigences du cacaoyer et non en fonction de la rentabilité de la culture vivrière pratiquée.

A partir de la cinquième année, ou plus tard lorsque la plantation est adulte, on peut être amené à envisager la suppression de certains arbres d'ombrage lorsque l'on estime que ces derniers sont en excès. Cette réduction de l'ombrage doit toujours être effectuée avec beaucoup de précautions et le moins brutalement possible pour ne pas

ENTRETIEN DE LA PLANTATION

Réglage de l'ombrage

rompre l'équilibre de la plantation. Aussi est-il préférable dans la plupart des cas de procéder par empoisonnement ou incision annulaire des arbres à supprimer.

Une bonne protection du sol assurée par l'ombrage est indispensable au cours des premières années pour éviter sa dégradation, pour éviter également le développement des adventices et notamment des graminées à enracinement traçant comme le *Paspalum* qui recouvrent rapidement le sol exposé à la pleine lumière et qui concurrencent très fortement le cacaoyer.

Même dans une jeune plantation, le travail du sol, labour ou sarclage, est à proscrire.

Les travaux d'entretien du sol consistent essentiellement à éliminer les adventices. L'utilisation d'un bon ombrage, l'application d'un paillage dans les lignes de plantation, l'entretien d'une couverture dans les interlignes, facilitent grandement ce contrôle dans une jeune plantation. Une forte densité de plantation permet par ailleurs d'obtenir plus rapidement le couvert dense que l'on recherche dans une plantation adulte.

L'élimination des adventices se fait de façon très générale à la matchette. Ce travail comporte certains risques car il est fréquent que des cacaoyers soient blessés au cours de ces opérations et ces blessures constituent souvent le point de départ d'une infection parasitaire qui peut être grave. Aussi a-t-on cherché à utiliser des herbicides mais leur emploi jusqu'à présent n'est pas de pratique courante.

Contrairement à d'autres cultures arbustives pour lesquelles la taille constitue une technique délicate, le cacaoyer ne nécessite que des opérations de taille très simples qui sont essentiellement des opérations d'entretien.

La taille consiste essentiellement à supprimer les gourmands, à supprimer les bois morts ou malades, à remédier en cas de besoin aux dégâts provoqués par la chute de grands arbres, à éclaircir éventuellement enfin l'intérieur de la frondaison lorsque celle-ci est trop dense. La taille doit se faire si possible à la fin de la saison sèche.

L'utilisation des engrais en culture cacaoyère a toujours été très limitée car les essais effectués n'ont, à quelques exceptions près, fourni que des résultats très décevants qui n'ont pas permis de mettre en évidence une rentabilité suffisante des engrais pour en justifier la vulgarisation.

L'effet des engrais sur la production du cacaoyer dépend en effet beaucoup des conditions de lumière auxquelles il est soumis. Dans une plantation très ombragée l'engrais est sans aucun intérêt. Il peut par contre devenir intéressant et parfois même indispensable dans une plantation sans ombrage.

Le maintien d'une plantation adulte en bon état de production nécessite la plupart du temps malheureusement, en dehors des soins cultureaux habituels, des traitements phytosanitaires plus ou moins coûteux pour lutter contre les dégâts des parasites ou maladies qui y sévissent. La nature et l'importance de ces traitements sont très variables selon les pays.

En Afrique trois grands fléaux méritent une attention particulière : les Mirides (*Sahlbergella singularis* et *Distantiella theobromae*) qui atta-

Entretien du sol

Taille du cacaoyer

Engrais

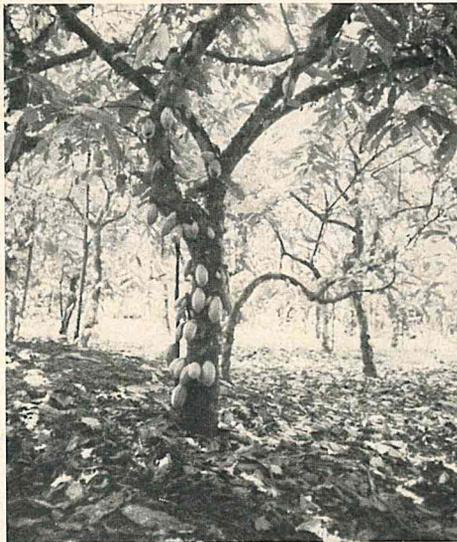
Traitements phytosanitaires

quent toutes les plantations de l'Ouest Africain et nécessitent partout une intervention énergique, le *Phytophthora palmivora* qui provoque la pourriture brune des cabosses contre laquelle il est indispensable d'effectuer des traitements au Cameroun et en Nigeria, le virus du swollen shoot enfin qui justifie d'importantes interventions au Ghana, au Togo et au Nigeria.



ci. GRIMALDI

*Belle plantation camerounaise régulièrement traitée contre *Phytophthora palmivora*.*



ci. DUPONT DE DINECHIN

Vieux cacaoyers dans une plantation ivoirienne.

Il est important de souligner que la lutte contre un parasite ne doit pas uniquement être envisagée sous la forme d'un traitement chimique. Dans bien des cas un parasite ne devient dangereux que lorsqu'il attaque des arbres déjà affaiblis par de mauvaises conditions de culture : ombrage insuffisant ou trop lourd, arbres blessés ou non débarassés de leurs parties malades, mauvais drainage du sol, etc. Ce n'est qu'après avoir appliqué aux cacaoyers tous les soins culturaux qu'ils exigent que l'on doit procéder si nécessaire au traitement chimique. Celui-ci ne donnera d'ailleurs son plein effet qu'à cette seule condition.

SÉLECTION ET AMÉLIORATION DU CACAOYER

Dans tous les pays où le cacaoyer est cultivé les rendements moyens observés dans les plantations sont toujours relativement faibles. En Afrique, selon les pays et les estimations, ils varient de 250 à 450 kg de cacao marchand par hectare. Ces rendements peuvent sans doute être considérablement augmentés par de meilleures conditions de culture et par une lutte plus efficace contre les insectes ou les maladies qui sévissent dans les plantations. Mais la sélection peut permettre de franchir un nouveau pas encore dans le domaine de l'amélioration des rendements en mettant à la disposition des planteurs un matériel ayant un potentiel de production plus élevé, présentant des caractères de plus grande rusticité, et manifestant dans la mesure du possible des caractères de tolérance, voire de résistance, à l'égard des principaux parasites ou maladies. Il n'est nullement exclu que des rendements de l'ordre de 3 tonnes de cacao à l'hectare obtenus actuellement en station puissent dans l'avenir être normalement obtenus en plantation.

C'est le mode de sélection qui fut pendant longtemps le plus utilisé par les centres de recherche depuis que, vers 1930, fut mise au point à Trinidad une méthode pratique de bouturage du cacaoyer.

L'intérêt de cette méthode, outre la rapidité relative avec laquelle peuvent être escomptés les premiers résultats, est de permettre de reproduire fidèlement une association intéressante de caractères présentée par un arbre, alors qu'une disjonction de ces caractères serait obtenue par reproduction sexuée.

Malgré l'inconvénient qu'elle présente en nécessitant pour la diffusion du matériel sélectionné des installations spéciales de bouturage et l'organisation d'un système de distribution beaucoup plus onéreux que celui nécessaire à la distribution de semences, la sélection clonale est sans nul doute celle qui permet, dans une population donnée de cacaoyers, d'obtenir les meilleurs résultats. De nombreuses expériences ont été réalisées en vue de comparer la productivité des clones sélectionnés à celle de leurs descendance génératives obtenues par pollinisations libres ou contrôlées. Toutes ont confirmé que les clones avaient un rendement supérieur à leur descendance de semis et qu'il n'y avait pas de différence significative entre les descendance. Ceci est d'autant plus vrai qu'il s'agit d'un arbre choisi dans une population présentant un niveau élevé d'hétérozygotie telle qu'une population de cacaoyers Trinitario dont l'origine hybride est la cause de l'extrême hétérogénéité. Il est indispensable par contre de tenir compte des caractères d'auto-compatibilité et d'intercompatibilité lors de l'établissement de plantations clonales.

MÉTHODES DE SÉLECTION Sélection végétative

C'est en fait dans tous les pays disposant de populations importantes de Trinitario que la sélection clonale connut le plus de succès.

— *En Amérique Tropicale* les premiers clones sélectionnés furent ceux de l'Imperial College à Trinidad (clones ICS) dont les plus intéressants ont été largement diffusés dans le monde entier.

De nombreux autres clones Trinitario ont été sélectionnés à Costa Rica (clones UF), en Equateur (clones EET), à Grenade (clones GS)...

— *En Afrique*, seul le Cameroun réunissait dans ses plantations une population importante de Trinitario justifiant la mise en œuvre d'un programme de sélection clonale : clones SNK.

A Madagascar, où l'on recherche la production d'un cacao de qualité Criollo, la multiplication végétative des arbres remarquables repérés dans la population de Criollo devait conduire rapidement à la distribution de boutures de clones choisis parmi les meilleurs Criollo mais aussi et surtout parmi les meilleurs Trinitario appelés « hybrides clairs » à cause du pourcentage élevé de fèves blanches qu'ils fournissent (plus de 75 % en fécondation libre). Les « hybrides clairs » retenus produisent lorsqu'ils sont pollinisés par des Criollo plus de 95 % de fèves entièrement blanches ou blanches bordées d'un liseré rose. Aussi fut-il décidé d'établir les plantations clonales à partir de ces hybrides clairs, plus vigoureux et productifs que les Criollo, en mélange avec quelques pollinisateurs Criollo.

La sélection générative ne peut offrir d'intérêt que lorsqu'elle concerne des caractères dont on peut escompter une certaine héritabilité. C'est ainsi qu'elle fut utilisée avec succès pour associer des caractères de résistance aux maladies à des caractères de qualité (grosseed des fèves par exemple). Mais il convient de souligner que, lorsque les critères de sélection sont avant tout des critères de productivité ou de vigueur, la sélection générative au sein d'une population donnée devient très aléatoire. La productivité d'un arbre n'est pas en effet directement transmissible à sa descendance. Son héritéité est complexe et l'expérience a montré qu'il n'y avait en général aucune différence entre la descendance d'un arbre bon producteur et celle d'un arbre médiocre producteur, autrement dit que les meilleurs géniteurs ne sont pas obligatoirement les meilleurs producteurs.

Sans doute est-il possible, par autofécondations successives (inbreeding), de rechercher une plus grande homozygotie pour les caractères éventuellement responsables de la vigueur. L'autofécondation, qui a pour conséquence immédiate d'affaiblir la vigueur et la productivité moyenne de la descendance, peut permettre de sélectionner dans cette descendance des clones qui se révéleront, dans les hybridations suivantes, par suite de leur homozygotie, de meilleurs géniteurs que le clone initial. Cette méthode, est de toute façon très longue et ne peut être valable que dans la mesure où certains caractères de vigueur sont liés à un phénomène de transgression. Mais la vigueur du cacaoyer, et partant sa productivité sont, comme c'est généralement le cas pour les plantes allogames, essentiellement dues à un phénomène de superdominance et liées par conséquent à un certain niveau d'hétérosis, c'est-à-dire à une vigueur hybride dépendant de leur hétérozygotie.

La sélection générative, pour des critères de vigueur et de productivité, doit donc être essentiellement orientée vers la recherche de géniteurs susceptibles de fournir des hybrides manifestant le maximum d'hétérosis. La vigueur hybride aura d'autant plus de chances de se manifester que l'origine génétique des géniteurs sera différente. L'utilisation des géniteurs haut-amazoniens a permis dans ce domaine d'obtenir des résultats remarquables qui sont aujourd'hui très exploités par tous les centres de recherche se consacrant à la sélection du cacaoyer.

Sélection générative

A **Trinidad**, où la recherche de cacaoyers résistants aux attaques de *Marasmius perniciosus* (maladie du balai de sorcière) n'avait fourni que de médiocres résultats par la seule sélection des clones Trinitario d'origine locale, il devint vite évident que le seul espoir de trouver des arbres réellement résistants était de faire une sélection en Haute Amazonie où la maladie existait depuis fort longtemps et où il était vraisemblable qu'une certaine immunité s'était développée. Des prospections y furent entreprises, des cabosses y furent récoltées sur des arbres indemnes de la maladie et expédiées à Barbade. Les semences obtenus fournirent ensuite le matériel clonal qui fut introduit à Trinidad en 1939. Parmi ces clones, tous Forastero désignés aujourd'hui sous le nom de Haut-amazoniens (ou Upper Amazon), plusieurs furent sélectionnés pour leur tolérance au *Marasmius*. Ces clones portent le nom de la localité d'où ils sont originaires, clones Scavina (Sca), Parinari (Pa), Nanay (Na), Iquitos (IMC) ou celui du Docteur POUND qui les découvrit (clones P).

La mise en évidence de la tolérance de certains clones Haut-amazoniens à l'égard du *Marasmius perniciosus* (et parmi eux il faut citer notamment le clone Sca 6 qui manifesta une immunité totale), la découverte qui fut faite ensuite parmi ces clones de l'existence de caractères de tolérance vis-à-vis de *Ceratocystis fimbriata*, le fait enfin que les Haut-amazoniens introduits de Trinidad au Ghana se révélèrent beaucoup plus tolérants aux virus du Swollen Shoot que les amelonado locaux, suffisent à expliquer l'intérêt universel qui s'attache actuellement à ce matériel.

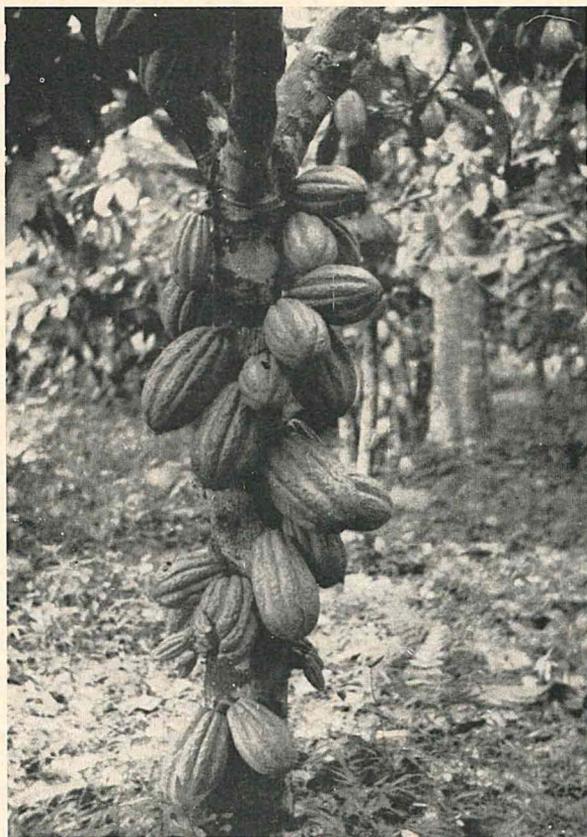
Mais le résultat le plus spectaculaire des travaux réalisés à partir des clones Haut-amazoniens fut de révéler l'exceptionnelle vigueur hybride (heterosis) manifestée par tous les hybrides résultant de croisements entre clones Haut-amazoniens et clones, Trinitario ou Forastero, d'origines différentes. Pour la première fois étaient obtenues par semis des populations dont les rendements moyens étaient comparables à ceux des meilleurs clones jusqu'alors utilisés.

Dans tous les pays d'Amérique Tropicale où *Marasmius* et *Ceratocystis* constituent les menaces les plus graves, les clones sélectionnés dans les descendance des Haut-amazoniens sont utilisés pour réaliser, avec des clones issus des populations locales, des hybrides à la fois vigoureux et résistants aux maladies. Dans toutes les stations de recherches les hybridations ont permis de réaliser des sélections de grand intérêt adaptées aux conditions locales de culture.

En Afrique, c'est au **Ghana** que les premiers cacaoyers Haut-amazoniens furent introduits en 1944.

En Côte-d'Ivoire, bénéficiant des collections réunies à Bingerville, l'Institut Français du Café et du Cacao (I.F.C.C.) put, dès qu'il assumait la responsabilité des recherches cacaoyères en Côte-d'Ivoire (1959), orienter immédiatement ses travaux vers la réalisation d'un important programme d'hybridations comportant l'utilisation, comme géniteurs femelles, des clones Haut-amazoniens disponibles et, comme géniteurs mâles, des clones choisis soit parmi les clones trinitario importés (ICS ou UF notamment), soit parmi les sélections locales, le principal critère étant pour le choix de ceux-ci essentiellement un critère de qualité (grosneur des fèves en particulier). De nouvelles introductions furent réalisées en 1962 par l'intermédiaire du W.A.C.R.I.-Nigeria en vue de compléter les collections de clones Haut-amazoniens et de permettre une extension du programme d'hybridation. Dès 1964, environ 440 descendance hybrides étaient mises en place dans les parcelles d'essai de Bingerville et de la Station centrale de l'I.F.C.C. à Divo. Ces essais ont permis de retenir un certain nombre d'hybrides d'élite qui ont été établis en essais de confirmation et d'adaptation locale dans les différentes régions de production, tandis que les premiers champs semenciers biconaux implantés à partir de 1966,

Fructification d'un jeune hybride amazonien.



ci. BRAUDEAU

permettent actuellement la distribution des premières semences hybrides d'élite.

Au Cameroun, tout en poursuivant la multiplication industrielle des clones sélectionnés et la distribution de boutures, la station de Nkoemvone entreprit à partir de 1959 un programme d'hybridation en vue de la production de semences sélectionnées.

A partir de 1965 il devint possible à l'I.F.C.C., qui venait de se voir confier la responsabilité des recherches cacaoyères, de compléter les collections de clones Haut-amazoniens et de donner ainsi un nouvel essor au programme d'hybridation.

La production de semences hybrides dans les champs semenciers pourrait théoriquement être réalisée par pollinisation manuelle. Ce serait là toutefois une opération onéreuse qu'il est souhaitable d'éviter. Si le géniteur femelle utilisé dans le croisement est auto-incompatible et que le champ semencier biclonal est suffisamment isolé pour qu'aucun pollen étranger n'y pénètre, toutes les cabosses récoltées sur le clone auto-incompatible proviennent obligatoirement d'une fécondation par l'autre clone et fournissent donc naturellement les semences hybrides souhaitées. La plupart des programmes actuels de sélection par hybridation utilisent les clones Haut-amazoniens dont une des caractéristiques est d'être auto-incompatibles. Les champs semenciers comportent, si les deux clones parents sont auto-incompatibles, un mélange de 50 % de chacun d'eux et la totalité des cabosses représentant les deux hybrides réciproques est récoltée.

**CHAMPS
SEMENCERS
BICLONAUX .**

Si un des deux clones seulement est auto-incompatible, seules les cabosses qu'il produit sont récoltées. Le clone pollinisateur est dans ce cas planté à raison d'un arbre pour quatre à huit de l'autre clone. La proportion d'arbres pollinisateurs est un des nombreux problèmes que pose la création d'un champ semencier et que résoudrait d'un coup, selon TOXOPEUS, l'utilisation d'une pollinisation manuelle.

La multiplication végétative du cacaoyer ne figure pas parmi les pratiques culturelles courantes.

Dans la grande majorité des cas les clones sélectionnés sont mis à la disposition des planteurs sous forme de boutures enracinées fournies par des centres de multiplication gérés par des organismes d'Etat. Le bouturage, comme d'ailleurs le greffage, sont donc des méthodes de multiplication presque exclusivement utilisées par des organismes spécialisés.

Les premiers travaux sur le bouturage du cacaoyer ont été effectués à Trinidad à partir de 1930. EVANS a apporté une contribution importante en précisant l'importance des différents facteurs qui conditionnent l'enracinement des boutures.

Une bouture de cacaoyer ne peut s'enraciner que si des conditions très particulières sont réalisées.

Le bois le plus facile à enraciner est le bois jeune, juste aoûté, dont la partie inférieure est encore verte et commence à virer au brun, dont les feuilles bien vertes, arrivées à maturité, ne sont pas exposées à la pleine lumière mais ont au contraire la texture des feuilles qui se développent dans les parties ombragées. On peut indifféremment bouturer du bois orthotrope prélevé sur gourmand ou du bois plagiotrope prélevé sur jeune rameau mais dans la pratique seul le bois plagiotrope, que l'on peut se procurer en abondance, fait l'objet d'un bouturage industriel.

Une bouture sans feuille ne peut s'enraciner. Une bouture qui perd ses feuilles au cours de la période d'enracinement est également condamnée car, même si elle commence à émettre des racines, elle ne pourra se développer. Une surface foliaire minimum est requise pour assumer la photosynthèse nécessaire à la couverture des besoins correspondant au développement du système racinaire et à la vie de la bouture. La surface du feuillage doit être proportionnée aux dimensions du fragment de bois utilisé comme bouture. Une partie du limbe de chaque feuille peut être coupée pour diminuer l'encombrement de la bouture.

Un minimum de lumière est également requis pour permettre à la photosynthèse de fournir les hydrates de carbone nécessaires. Une intensité lumineuse trop élevée par contre entraîne une accumulation excessive d'hydrates de carbone qui peut aboutir au jaunissement et à la chute de la feuille. En pratique, les conditions optimales sont réalisées lorsque les bacs de bouturage sont placés sous un ombrage laissant filtrer 25 % de la lumière, 10 à 12 % de la lumière totale seulement pénétrant à l'intérieur des bacs.

La température de l'air autour des boutures doit être comprise entre 27° et 29° C et ne doit jamais dépasser 30° C. La réduction de l'éclaire-

LA MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE DU CACAOYER LE BOUTURAGE

Facteurs conditionnant la réussite du bouturage

Nature et âge de la bouture

Surface foliaire de la bouture

Intensité lumineuse

Température

ment permet de limiter l'échauffement, mais par des journées très ensoleillées, il est nécessaire de procéder à des arrosages réguliers pour refroidir l'atmosphère des bacs de bouturage.

Les boutures doivent être maintenues dans une atmosphère dont l'humidité relative est toujours voisine de la saturation, les feuilles étant extrêmement sensibles à toute perte d'eau par évaporation, perte qui ne peut être compensée par une absorption d'eau au niveau de la base de la bouture même si celle-ci est plongée dans l'eau : les vaisseaux conducteurs sont en effet partiellement bloqués par les mucilages et les produits d'oxydation qui se forment sur la surface de coupe. Il est donc nécessaire de conserver aux feuilles le maximum de turgescence en prélevant les boutures tôt le matin (surtout en saison sèche), en évitant les pertes d'eau au cours de la préparation et en plaçant les boutures dans des bacs conçus pour qu'une humidité relative voisine de 100 % y soit maintenue en permanence. Une température stable, obtenue par une réduction de l'éclairement et, si nécessaire, par des arrosages extérieurs, doit permettre d'éviter des variations brusques de l'humidité relative.

Quelques arrosages ou pulvérisations à l'intérieur des bacs doivent permettre de la maintenir à saturation.

Humidité relative

Le milieu dans lequel est insérée la base de la bouture doit à la fois permettre une bonne aération, donc un bon drainage, et fournir suffisamment d'eau pour maintenir une bonne turgescence des tissus. Le rapport entre l'aération et l'humidité du milieu influe considérablement sur l'évolution des tissus à la base de la bouture. Dans les conditions idéales l'enracinement peut être obtenu en deux semaines mais il est rare pratiquement d'obtenir une telle rapidité et des délais de 3, 4, voire même 5 ou 6 semaines sont fréquemment nécessaires.

Différents milieux d'enracinement sont utilisés avec succès mais pour chacun d'eux la fréquence des arrosages et la quantité d'eau à utiliser doivent être déterminées. On a longtemps utilisé le sable, mais des milieux formés de particules poreuses sont susceptibles de fournir de meilleurs résultats : vermiculite, sciure de bois décomposée, coïr...

Milieu d'enracinement

L'emploi de substances de croissance favorise la formation et le développement des racines. La substance la plus active est l'acide béta-indolbutyrique employé à la concentration de 0,7 à 0,8 % soit en solution dans l'alcool à 60 % (trempage rapide de la base de la bouture) soit en poudre, en mélange avec du talc (enrobage de la base de la bouture). L'adjonction au talc d'un fongicide tel que le phygon peut améliorer le taux d'enracinement des boutures.

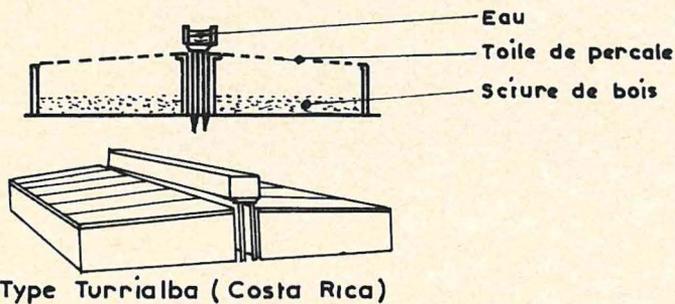
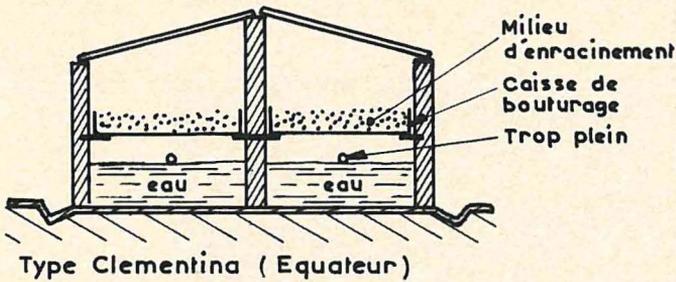
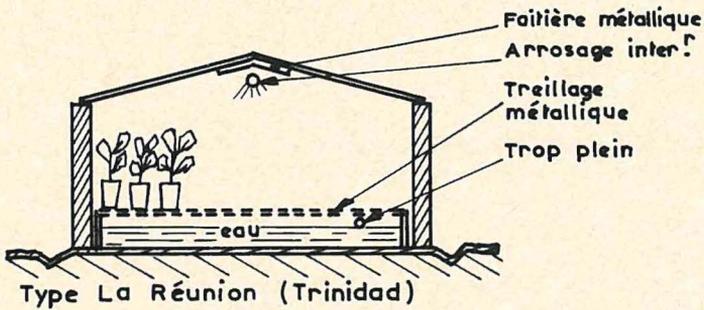
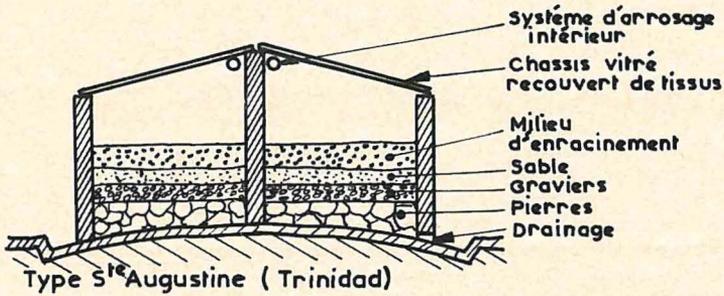
Hormone rhizogène

Les bacs de bouturage, ou propagateurs, sont conçus pour réaliser les conditions requises pour un bon enracinement.

Le **type classique** de propagateur est celui qui a été le premier mis au point à l'Imperial College de Trinidad (**type Sainte-Augustine**). Il s'agit d'un bac en maçonnerie dont le fond est en pente pour assurer un bon drainage. Au fond du bac est disposée une couche de gros cailloux recouverts d'un lit de fins graviers sur lequel est étendu le milieu d'enracinement, sable ou sciure de bois, en couche d'une vingtaine de centimètres. Les bacs, qui comportent dans leur longueur une cloison médiane plus haute que les parois extérieures, sont fermés de part et d'autre de la cloison médiane par des châssis inclinés, équipés soit de vitres, soit d'une feuille de polyéthylène, et recouverts de percale. Un lattis placé au-dessus du bac ne laisse filtrer qu'une

Différents types de bacs de bouturage

DIFFERENTS TYPES
DE PROPAGATEURS
UTILISES POUR LE BOUTURAGE



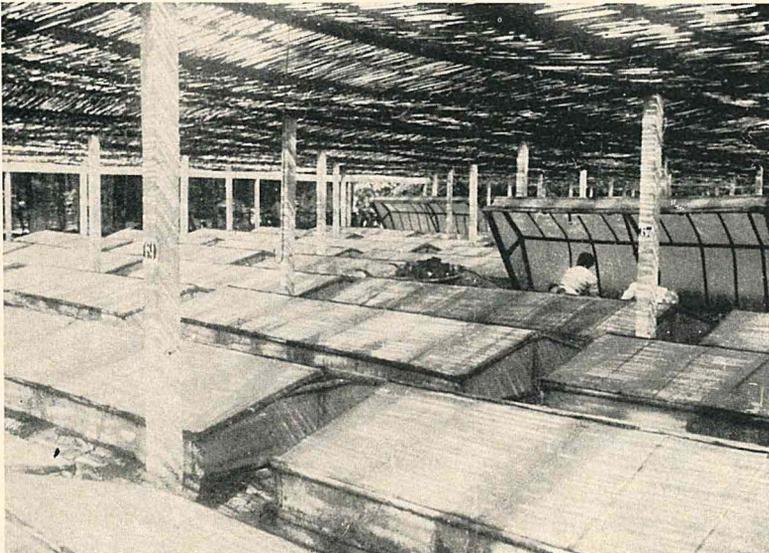
partie de la lumière. Une installation d'arrosage est prévue aussi bien pour l'intérieur des bacs que pour la face extérieure des châssis que la présence de percale contribue à maintenir humide.

Dans ce type de propagateur les boutures sont disposées côte à côte dans le milieu d'enracinement, ce qui implique un repiquage au moment où les boutures enracinées sont sorties des bacs pour être transférées sous les ombrières de stockage où elles doivent séjourner plusieurs mois avant la mise en place en plantation. Le repiquage, qui se fait dans des paniers de fibres végétales aujourd'hui souvent remplacés par des sachets en matière plastique est une opération délicate, qui peut être la cause de pertes plus ou moins importantes et qui exige de toute façon une main-d'œuvre expérimentée.

Aussi a-t-on essayé de modifier ce type classique pour éviter la nécessité d'un repiquage de la bouture enracinée.

Au lieu d'être mise directement dans le propagateur, la bouture est plantée dans un panier que l'on a rempli préalablement de terreau en prenant la précaution de ménager en son centre un évidement cylindrique dans lequel est mis le milieu d'enracinement. Les paniers peuvent être alors disposés dans des bacs de type classique dans lesquels la couche de sable ou de sciure a été enlevée. Mais on peut également construire des propagateurs mieux aménagés pour recevoir directement les paniers. C'est ce qui a été réalisé au centre de bouturage de **La Réunion**, à Trinidad. Les bacs en maçonnerie ne comportent plus de cloison médiane longitudinale. Le fond du bac n'est plus drainé mais est occupé par une nappe d'eau dont le niveau supérieur est contrôlé par un trop plein. Au-dessus de cette nappe d'eau, dont le rôle est de faciliter le maintien d'une atmosphère saturée à l'intérieur du bac, est disposé un treillage métallique rigide sur lequel peuvent être posés les paniers.

De nombreuses variantes ont été apportées à ces deux types de propagateurs, soit pour rechercher une économie en eau, (type Clementina en Equateur), soit pour réduire le coût de construction (type Turrialba à Costa Rica ou Type IFCC-Ambanja à Madagascar). Quel que soit le type de propagateur adopté, dont on pourrait citer encore bien d'autres variantes, il est essentiel que soient réalisées les conditions adéquates à un bon enracinement, notamment du point



ci. ROUSSEL

Vue d'une batterie de propagateurs type IFCC à Madagascar.

de vue de l'ombrage, de l'humidité et de la température. La densité de l'ombrage nécessaire au-dessus des propagateurs dépend par exemple du type de châssis utilisé. L'emploi d'un tissu pour recouvrir les châssis permet d'en maintenir humide la face extérieure en évitant ainsi une élévation de la température dans les bacs. Ce tissu filtrant lui-même une partie de la lumière permet de disposer au-dessus des propagateurs un lattis assez lâche. Si le châssis est simplement vitré par contre, le lattis devra être beaucoup plus serré et les arrosages devront sans doute être plus fréquents aux heures ensoleillées et chaudes de la journée. Pour chaque type de propagateur une adaptation est nécessaire pour trouver les conditions idéales. Les résultats que l'on obtiendra dans chacun d'eux, s'ils dépendent en partie de la nature du matériel végétal à multiplier, dépendront pour beaucoup du soin apporté à régler à leur optimum les facteurs qui agissent sur l'enracinement des boutures.

Les premières boutures racinées obtenues à partir d'un arbre « tête de clone » sont utilisées pour la plantation d'un « parc à bois » où l'on s'efforce de maintenir les jeunes boutures dans des conditions telles qu'elles puissent fournir elles-mêmes rapidement en grand nombre des rameaux permettant la multiplication du clone par bouturage dans de meilleures conditions.

Les conditions d'ombrage du parc à bois sont essentielles. L'intensité lumineuse ne doit pas être inférieure à 20 % de la lumière totale mais ne doit pas dépasser 50 % au risque de compromettre la survie des feuilles lorsque les boutures seront placées dans les propagateurs. L'écartement des plants en parcs à bois varie en général de 1 m à 1,50 m. Les premières boutures peuvent être prélevées à la fin de la deuxième année de plantation. Dès la troisième année chaque plant peut fournir 5 à 10 boutures, 40 à 50 boutures pouvant être prélevées par an à partir de la quatrième année. Ce rythme peut être considérablement amélioré si le parc à bois est irrigué en saison sèche.

Le prélèvement des rameaux à bouturer est fait tôt le matin dans le parc à bois. Les rameaux aoûtés correspondant à la dernière poussée végétative sont prélevés en les sectionnant juste au-dessus des quelques bourgeons sans feuille qui marquent toujours le début d'une poussée. Ainsi se trouve favorisé sur le sujet du parc à bois le départ rapide de nouveaux rameaux.

Un rameau peut fournir selon les cas une ou plusieurs boutures. Si l'on dispose de peu de matériel, on préparera des boutures à une ou deux feuilles. Si le parc à bois peut au contraire fournir de grandes quantités de matériel, on préparera des boutures plus grandes, avec trois, quatre ou cinq feuilles (éventuellement 6 ou 7), dont le développement ultérieur sera plus rapide.

La base de la bouture est taillée à l'aide d'un greffoir bien affûté tandis que le limbe des feuilles conservées sur les boutures est réduit de moitié ou des deux tiers, selon leurs dimensions.

Les boutures ainsi parées sont traitées aux hormones par trempage de la base soit dans une solution alcoolique, soit dans une poudre de talc contenant 0,5 à 0,8 % d'acide bêta-indolbutyrique.

Elles sont alors, selon le cas, ou plantées dans les paniers préparés spécialement pour être enfermés dans les propagateurs, ou disposées directement dans le milieu d'enracinement du propagateur.

En pratique les boutures sont maintenues dans les propagateurs pendant quatre à six semaines. Pendant toute cette période, et plus particulièrement pendant les deux ou trois premières semaines, des arrosages réguliers doivent être effectués tant à l'intérieur des bacs, pour y maintenir une humidité relative élevée, qu'à l'extérieur, pour éviter une élévation de température.

Méthodes de bouturage

Lorsque les boutures sont enracinées, elles doivent être, avant d'être transférées sous l'ombrière de stockage, progressivement acclimatées aux conditions nouvelles auxquelles elles doivent être exposées. Cette acclimatation qui dure environ une semaine peut se faire de deux façons :

— ou bien dans le propagateur lui-même : les arrosages sont alors réduits et le châssis est progressivement soulevé pour que peu à peu l'humidité et la température à l'intérieur des bacs subissent les mêmes fluctuations que celles observées sous l'ombrière ;

— ou bien, après repiquage des boutures en paniers ou en sachets de matière plastique, dans des bacs spécialement aménagés pour recevoir ces paniers.

Après le repiquage, les boutures sont encore très fragiles. Aussi sont-elles généralement disposées sous une première ombrière dite d'endurcissement où sera maintenu un ombrage assez dense, n'admettant que 25 à 30 % de la lumière. On utilise souvent pour cette période d'endurcissement un hangar dont la toiture comporte une partie de tôles translucides.

Après six à huit semaines d'endurcissement les paniers sont transférés sous l'ombrière de stockage où ils séjournent jusqu'au moment de la plantation. L'ombrage est plus réduit, 40 % de la lumière étant admis.

La durée du stockage sous ombrière doit être au minimum de six mois pour que les boutures atteignent un stade de développement suffisant pour permettre un bon départ en plantation.

Dans un centre de bouturage assurant une multiplication industrielle de clones sélectionnés, les pertes doivent être limitées au maximum. Ces pertes se répartissent différemment selon les méthodes adoptées, partie à l'enracinement, partie au repiquage et à l'endurcissement, partie au stockage sous ombrière. Les pertes totales ne doivent cependant pas dépasser 50 % et l'on peut admettre qu'un taux de réussite de 70 % est très satisfaisant.

RÉCOLTE ET PRÉPARATION DU CACAO

C'est le plus souvent par leur changement de couleur que l'on apprécie la maturité des cabosses, le vert virant au jaune, le rouge virant à l'orangé.

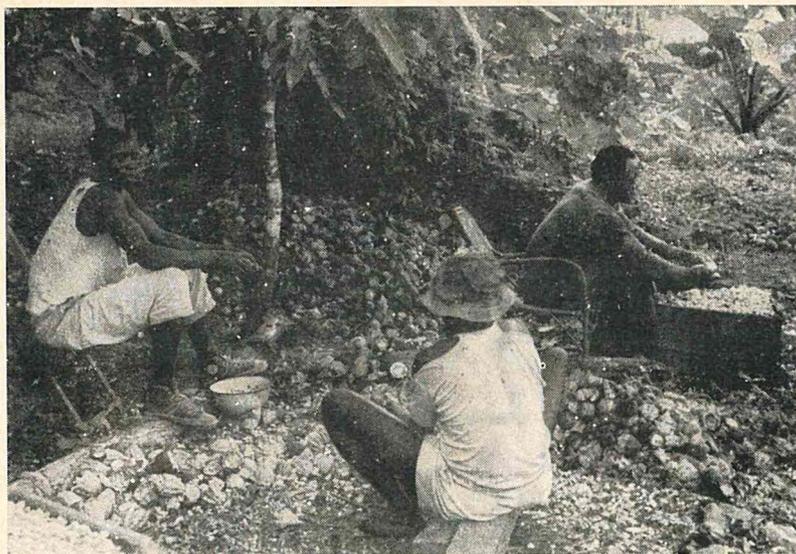
Il ne faut pas attendre trop longtemps pour récolter une cabosse mûre en raison des risques de pourriture et de germination des fèves. Mais, il est plus grave encore de récolter des cabosses avant maturité, car elles influencent ensuite très défavorablement la fermentation, fournissant un pourcentage élevé de fèves violettes et ardoisées, et réduisent de manière sensible le rendement en cacao sec.

Aussi la récolte doit-elle être effectuée à intervalles réguliers qui devraient être en moyenne de 10 à 15 jours et ne devraient, en tout état de cause, jamais excéder trois semaines.

La cueillette est faite normalement, pour les cabosses directement accessibles, à l'aide d'un couteau ou d'une machette bien affûtée ; on utilise pour les cabosses les plus hautes un outil spécial emmanché à l'extrémité d'une longue perche, outil souvent fabriqué localement et qui doit avoir des bords bien tranchants pour permettre de sectionner le pédoncule du fruit sans endommager l'arbre qui le porte.

Il est important en effet de ne pas blesser le coussinet fructifère qui portera les récoltes suivantes et de ne pas favoriser par des blessures la pénétration dans les tissus de l'arbre de champignons parasites.

LA RÉCOLTE ET L'ÉCABOSSAGE



cf. SADOUX

Écabossage et mise en caisse de fermentation.

On appelle **écabossage** l'opération qui consiste à casser les cabosses et à en extraire les fèves qui, séparées du placenta, seront ensuite soumises à la fermentation.

L'écabossage est généralement effectué à la main.

L'écabossage, lorsque la récolte est importante, nécessite une main-d'œuvre abondante. Si l'on admet qu'un homme peut procéder par jour à la cueillette de 1 500 cabosses, une journée de travail doit être prévue également pour l'ouverture de ces 1 500 cabosses. Aussi a-t-on cherché depuis longtemps à mécaniser cette dernière opération. De nombreux prototypes de **machines à écabosser** ont été construits, mais leur usage ne s'est jamais répandu car aucun d'eux ne fournit réellement les avantages escomptés.

Avant d'être séchées les fèves fraîches de cacao, telles qu'elles sont extraites des cabosses, doivent subir un ensemble de transformations qui ont essentiellement pour buts :

- de les débarrasser de la pulpe mucilagineuse qui les entoure ;
- de provoquer la mort de l'embryon et par conséquent d'empêcher la germination des fèves en permettant leur conservation ;
- d'entraîner de profondes modifications biochimiques à l'intérieur des cotylédons.

Ces modifications biochimiques se traduisent par un gonflement des cotylédons, par la disparition de leur couleur pourpre lorsqu'elle existe, c'est-à-dire dans la majorité des cas (Forastero et Trinitario), par l'apparition d'une couleur brune caractéristique d'un cacao bien préparé.

Elles ont, en outre, pour conséquence d'entraîner une diminution de l'amertume et de l'astringence et de permettre le développement des « précurseurs » de l'arôme, substances non encore identifiées mais dont la présence est indispensable pour que les fèves de cacao puissent manifester, après torréfaction, l'arôme caractéristique que l'on appelle « arôme chocolat » et qui conditionne la qualité même du produit.

Les transformations constatées au cours de la préparation du cacao ont pour origine une fermentation de la pulpe sucrée qui enveloppe les fèves. C'est pourquoi l'on désigne couramment par « fermentation »

LA « FERMENTATION »

l'ensemble des opérations au cours desquelles ce processus complexe va se développer, processus qui comporte en réalité :

- des fermentations proprement dites provoquées directement par des micro-organismes et intéressant la pulpe ;
- des réactions internes contrôlées par les enzymes contenus dans les tissus des cotylédons.

La pulpe, dont le pH acide est dû à la présence d'acide citrique, constitue un milieu très favorable au développement des levures.

Sa contamination par de nombreux micro-organismes intervient rapidement dès que les fèves sont extraites des cabosses.

Parmi ces micro-organismes dont la nature varie d'ailleurs considérablement suivant les pays, les levures prennent un rapide développement. Sous l'effet de ces levures, les sucres de la pulpe sont transformés en **alcool éthylique** avec dégagement de gaz carbonique.

La fermentation alcoolique provoque une **élévation de température** en même temps qu'une augmentation du pH. Des bactéries de l'acide lactique commencent alors à se développer. Mais bientôt, la rupture des cellules de la pulpe et le drainage des jus qui en résulte permettant une meilleure aération, ce sont les bactéries d'**acide acétique** qui interviennent et prennent un grand développement, transformant par oxydation l'alcool en acide acétique. Cette réaction, qui exige une bonne aération, est également exothermique et prend une très grande part à l'élévation de température de la masse en fermentation.

L'élévation de la température joue un rôle très important. Elle est en partie responsable de la mort des fèves et par conséquent du début des réactions enzymatiques dans les tissus des cotylédons.

Une température de 44° à 47°C, atteinte en 48 heures, est généralement considérée comme satisfaisante.

Il est nécessaire, au cours de la fermentation, d'effectuer des brassages destinés à aérer l'ensemble de la masse en permettant ainsi une fermentation homogène de toutes les fèves. Si ces brassages sont théoriquement peu nécessaires lorsque de petites quantités de fèves seulement sont en cause, la pénétration de l'air dans toute la masse étant dans ce cas suffisante, il est cependant recommandé de les effectuer pour éviter en surface la prolifération de moisissures et le dessèchement des fèves.

Le rythme généralement adopté est d'un brassage toutes les quarante-huit heures. Un brassage supplémentaire après les premières 24 heures est cependant bénéfique : il permet d'obtenir une élévation beaucoup plus rapide de la température et une bien meilleure homogénéisation de la masse en fermentation.

La mort des fèves est caractérisée par la perte de leur pouvoir germinatif. On attribue souvent à l'augmentation de température le rôle principal dans le processus qui entraîne la mort des fèves. Il semble cependant que l'acide acétique produit au cours des fermentations de la pulpe soit le principal responsable. Il est vrai qu'il existe une relation très étroite entre la quantité d'acide acétique formée et la quantité de chaleur produite.

Dès que les fèves sont tuées, les parois cellulaires deviennent perméables et le contenu des cellules peut diffuser librement à travers les tissus. Les enzymes des cellules de réserve sont mis ainsi en contact avec les polyphénols des cellules à pigments dont ils étaient jusqu'alors séparés.

Processus de la fermentation de la pulpe

Mort des fèves

Réactions internes dans les tissus des cotylédons

Parmi les polyphénols, les pigments anthocyaniques sont hydrolysés en produits non colorés qui, par oxydation ultérieure, prennent une couleur brune caractéristique (brun cacao). La destruction des anthocyanes est relativement rapide.

Bien qu'une oxydase soit présente dans les tissus des cotylédons, l'oxydation de la fraction non hydrolysée des polyphénols ne semble intervenir que lors du séchage. Après une première phase anaérobie au cours de laquelle se développent les réactions d'hydrolyse, intervient en effet une seconde phase aérobie qui débute en fin de « fermentation » et qui continue pendant le séchage. Au cours de cette seconde phase, les réactions d'oxydation affectent tous les composés phénoliques, y compris les produits de dégradation des anthocyanes. Les cotylédons prennent alors une couleur brune et leur astringence diminue considérablement. La diminution de l'astringence, qui est une des caractéristiques d'un cacao « bien fermenté », résulte de l'insolubilité des produits d'oxydation des polyphénols.

Environ 40 % de la théobromine présente dans les cotylédons frais est perdue au cours de la « fermentation » par diffusion dans les tissus et migration dans les téguments des fèves dont la teneur augmente considérablement. Cette perte de théobromine est en grande partie responsable de la diminution de l'amertume des fèves « bien fermentées ».

La conséquence la plus importante des modifications qui interviennent dans les cotylédons au cours de la fermentation, est l'apparition des **précurseurs de l'arôme chocolat**. Ces substances, de constitution encore mal connue, se forment dès que les fèves ont été tuées, en même temps que se produit la rapide destruction des anthocyanines. Elles seules sont capables de donner aux fèves de cacao, après torréfaction, la saveur et l'arôme caractéristiques que l'on recherche dans ce produit.

Arôme chocolat

Trois méthodes sont traditionnellement utilisées pour la fermentation du cacao : fermentation en paniers, en tas ou en bacs.

La fermentation en paniers est principalement utilisée en Nigeria, parfois aussi au Ghana. Les paniers, tressés en fibres végétales, peuvent être de toutes dimensions et contenir des quantités très variables de fèves, allant de 10 à 150 kg. Le panier rempli est posé sur le sol et recouvert de feuilles de bananiers. Le brassage s'effectue en transvasant les fèves d'un panier dans un autre.

Méthodes utilisées pour la fermentation

Au Ghana la méthode la plus employée est cependant la fermentation en tas, méthode répandue également en Côte-d'Ivoire et en Nigeria. Une couche de feuilles de bananiers est tout d'abord disposée sur le sol, parfois directement, parfois sur un lit de branchages qui facilitera le drainage des jus. Les fèves de cacao sont mises en tas sur ces feuilles qui, repliées, les recouvrent ensuite entièrement.

Méthodes traditionnelles

La dernière méthode, la plus répandue en Amérique, la seule pratiquement utilisée dans les grandes exploitations et dont l'usage tend à se vulgariser en Afrique auprès des petits planteurs, est la méthode de fermentation en bacs ou en caisses. La dimension de ces bacs, la plupart du temps construits en bois, est très variable et doit être adaptée aux possibilités de récolte de l'exploitation. De petites caisses, ayant 45 × 45 × 45 cm de dimensions intérieures, pouvant contenir 80 à 85 kg de fèves fraîches, permettent d'obtenir une fermentation dans de bonnes conditions. De grands bacs pouvant contenir plus d'une tonne de cacao frais peuvent aussi être utilisés mais il faudra veiller à ce que la hauteur de la masse de cacao ne dépasse pas

80 à 90 cm. Les bacs de fermentation doivent obligatoirement comporter des trous pour assurer le drainage des jus et permettre une bonne aération de la masse. Lorsque la caisse est remplie, on recouvre le cacao de feuilles de bananiers. Le rôle de la feuille de bananier n'a jamais été parfaitement défini. Il n'est pas exclu toutefois qu'elle joue un rôle important dans l'ensemencement du cacao en levures et bactéries, favorisant le départ rapide de la fermentation.

Les brassages sont effectués par transvasement d'un bac dans un autre. Aussi utilise-t-on la plupart du temps une batterie de bacs qui, pour faciliter les opérations de transvasement, peuvent être disposés en cascade.

Aucune règle générale ne peut être donnée pour fixer la durée de la fermentation et le nombre optimum de brassages à effectuer.

D'une manière générale, le cacao Forastero (à l'exclusion du cacao « Nacional » ou « Arriba » qui, en Equateur, fait l'objet d'une méthode particulière) nécessite une fermentation plus longue que le cacao Criollo, la durée moyenne étant de 4 à 6 jours pour le Forastero, de 2 à 3 jours pour le Criollo.

Ces chiffres n'ont qu'une valeur indicative. Les conditions climatiques jouent un rôle important, de même que l'importance de la masse en fermentation et le nombre de brassages effectués.

Lorsque la fermentation est complète pour les cacaos pigmentés, c'est-à-dire pour les Forastero et les Trinitario, les pigments anthocyaniques ont disparu et les fèves ne présentent plus de couleur violette. Cependant, étant donné les graves inconvénients d'une fermentation trop prolongée et le risque de voir apparaître des mauvais goûts dus à un début de fermentation putride, il est préférable d'arrêter la fermentation avant la disparition totale de la couleur violette.

La présence, dans un lot de cacao sec, de fèves présentant encore une coloration violette de tout ou partie de la surface de coupe de leurs cotylédons ne constitue pas un défaut au regard des normes de classement des cacaos par qualité. Mieux vaut en effet quelques fèves violettes que quelques fèves surfermentées. Les producteurs trouvent d'ailleurs plusieurs avantages à ne pas trop pousser la fermentation : le taux de reprise (rapport entre le poids de cacao sec obtenu après fermentation et séchage et le poids initial de fèves fraîches mises à fermenter) est en effet plus élevé et le risque de développement de moisissures est moindre.

Les cacaos Criollo sont souvent lavés après fermentation, et avant séchage. Ce lavage, qui débarrasse les fèves des restes de pulpe qui adhèrent aux téguments, donne un très bel aspect au cacao séché. Il présente deux graves inconvénients. Celui d'abord de rendre le tégument des fèves sèches beaucoup plus cassant et fragile, ce qui peut entraîner la formation de nombreuses brisures et favoriser l'infestation par les insectes, celui enfin de diminuer le taux de reprise du cacao. Il s'est avéré toutefois nécessaire dans les expériences poursuivies à Madagascar et aux Comores, de maintenir le lavage du cacao à la sortie des bacs de fermentation étant donné l'amélioration très nette des qualités sapides et aromatiques qui en découlait. Il semble que l'élimination des résidus de pulpe permette une meilleure aération des cotylédons lors du séchage et par conséquent une oxydation plus complète des polyphénols.

Le séchage a pour but de ramener la teneur en humidité des fèves fermentées, qui est d'environ 60 %, à une valeur de 6 à 7 %. La teneur en humidité du cacao séché doit de toute façon être maintenue au-dessous de 8 % si l'on veut assurer au cacao de bonnes conditions de conservation.

**Durée de la
fermentation
(méthodes
traditionnelles)**

LE SÉCHAGE

Les méthodes utilisées pour le séchage du cacao peuvent être classées en deux grands groupes : séchage naturel ou solaire, séchage artificiel.

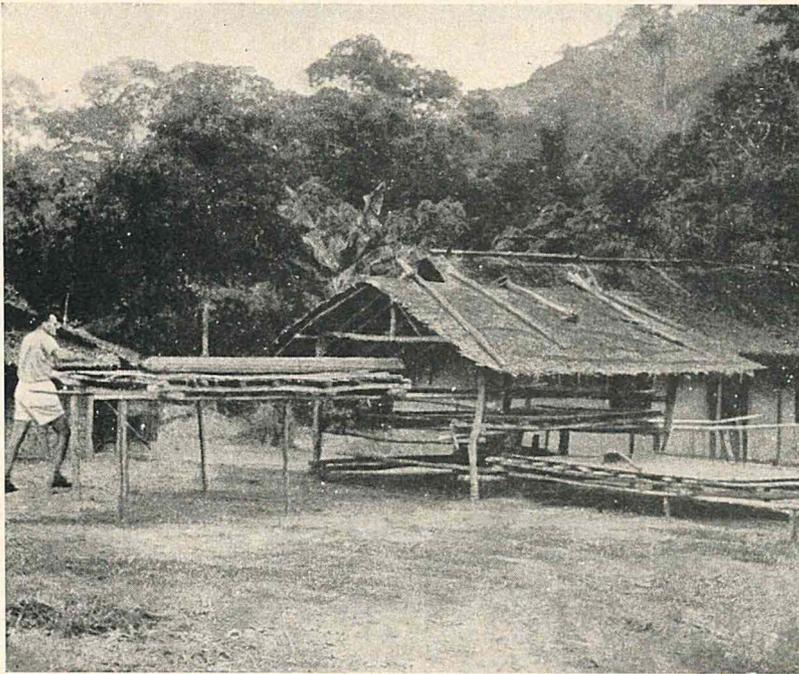
Le séchage au soleil est le plus communément employé dans tous les pays producteurs. Il demande de huit à quinze jours selon les conditions climatiques.

Dans les petites exploitations, le cacao est parfois simplement étalé en couche mince sur des nattes posées à même le sol. Pour éviter la contamination par les animaux domestiques ces nattes sont souvent posées sur un bâti rustique qui permet de les maintenir au-dessus du sol. Chaque soir et dès que survient une pluie, le cacao est mis à l'abri, soit qu'il soit transporté sous un toit, soit qu'il soit recouvert de feuillage protecteur.

Ce type de séchage, très courant en Afrique, donne des résultats très satisfaisants. Il n'est toutefois pas parfait en ce qui concerne notamment la mise à l'abri du cacao pendant les pluies. Aussi, différents types de séchoirs solaires ont-ils été construits.

Le plus simple d'entre eux est le séchoir dit « *Autobus* » très employé au Cameroun et vulgarisé plus récemment en Côte-d'Ivoire. Il est formé

Séchage naturel



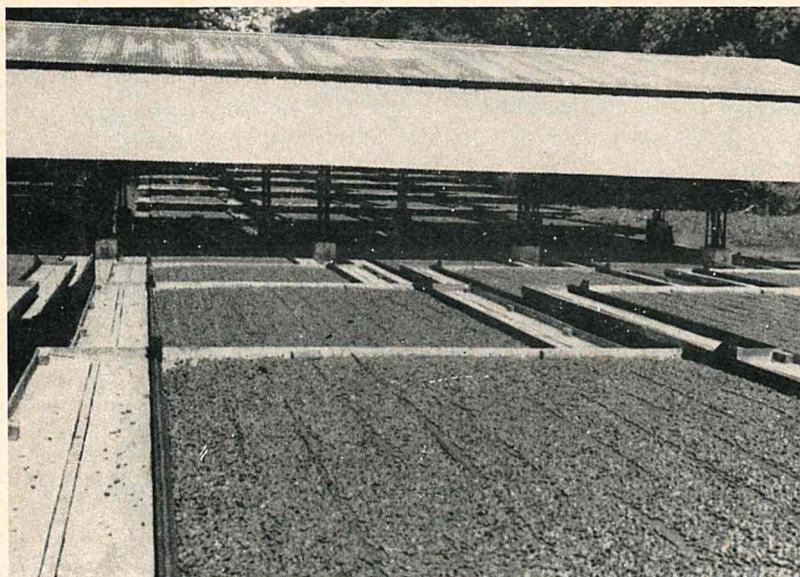
ci. SADOUX

Séchoir « autobus »

d'une petite case construite en bois, couverte de nattes, de chaque côté de laquelle sortent à différentes hauteurs des rails en bois sur lesquels peuvent coulisser des claies de séchage. Ces claies, constituées d'une natte de bambous fendus supportée par une armature de bois, ont la dimension de la case et peuvent être très rapidement poussées à l'abri du toit lorsque besoin est.

Ce modèle de séchoir peut bien entendu être amélioré.

Dans les grandes exploitations industrielles les séchoirs sont souvent conçus sur ce même principe.



ci. BRAUDEAU

Séchoir industriel à Madagascar.

Plusieurs étages de rails peuvent être superposés qui permettent d'augmenter la surface de développement des claies pour un même abri.

Au lieu de ces séchoirs à toit fixe avec claies coulissantes qui sont les plus utilisés en Afrique, on peut concevoir des plate-formes de séchage fixes avec toit mobile et c'est sur ce principe que sont aménagés le plus souvent les séchoirs en Amérique.

Lorsque les conditions climatiques ne sont pas favorables au séchage solaire ou lorsque l'importance de la plantation est telle que des surfaces considérables deviennent nécessaires en période de pointe pour un séchage naturel, des méthodes artificielles, plus rapides, doivent être appliquées.

Séchage artificiel

Le séchoir artificiel le plus simple est constitué d'une aire de séchage comportant en dessous un système de chauffage. Une surface de séchage cimentée peut être aménagée sur un massif construit en briques et parcouru dans toute sa longueur par les conduits de fumée d'un foyer extérieur chauffé au bois. Des séchoirs de ce type ont été construits dans certaines régions du Cameroun et permettent de sécher le cacao en quelques jours. Il est toutefois difficile de contrôler régulièrement la température et le cacao doit être fréquemment remué sur l'aire de séchage. Il est indispensable par ailleurs de prendre de très grandes précautions pour assurer une parfaite étanchéité de l'aire de séchage qui ne doit en aucun cas être contaminée par la fumée. D'autres types de séchoirs comportent des claies disposées au-dessus de tuyaux chauffés de telle façon qu'un courant d'air chaud puisse s'établir au-dessus des tuyaux et traverser les claies sur lesquelles sont étalées les fèves à sécher. C'est sur ce principe que sont construits les séchoirs « Estufa » utilisés au Brésil, ou les séchoirs utilisés aux Samoa dont le plus important est le séchoir « Martin ».

Inspiré des séchoirs Samoa, un modèle rustique, utilisant comme conduit de fumée et surface de chauffe des fûts métalliques sans fond

soudés bout à bout (fûts d'huile ou d'essence), fut construit au Cameroun.

Le même principe de séchage peut être utilisé en faisant traverser une aire de séchage constituée d'une toile métallique par de l'air chaud pulsé fourni par un générateur chauffé au gas-oil. Une amélioration des conditions de séchage est obtenue dans ce cas en faisant alterner des périodes de soufflage d'air chaud et d'air froid.

De nombreux types de séchoirs mécaniques enfin sont utilisés pour le séchage du cacao.

Ce sont ou des séchoirs à claies mobiles circulant dans un tunnel parcouru par un courant d'air chaud ou des séchoirs rotatifs dans lesquels un courant d'air chaud traverse un cylindre à rotation continue contenant le cacao.

Les séchoirs rotatifs, dont il existe plusieurs modèles de capacité variant de 500 kg à plusieurs tonnes, permettent d'obtenir un excellent séchage en 10 à 20 heures selon la teneur initiale du cacao en humidité.

Le rendement en cacao marchand est défini par le rapport entre le poids de cacao sec obtenu après fermentation et séchage et le poids de fèves fraîches recueilli lors de l'écabossage : on l'appelle aussi « reprise du cacao ».

Le taux de reprise dépend de nombreux facteurs et en particulier de la nature botanique du matériel végétal, du degré de maturité des cabosses, des conditions climatiques lors de la récolte, de la durée de la fermentation et d'une manière générale de la méthode utilisée pour la fermentation et le séchage.

Il peut varier dans des limites assez larges, allant de 32 à 46 %. Il est généralement toutefois supérieur à 40 % et si l'on doit, pour une estimation, retenir un chiffre moyen, on peut admettre 44 %.

Il peut être intéressant pour établir un planning de récolte ou un projet d'installation de disposer de quelques bases de calcul qui n'ont bien entendu qu'une valeur purement indicative et qui, il faut le souligner, peuvent varier entre d'assez larges limites.

| | |
|---|--------|
| Poids de fèves fraîches/poids de cabosses | 0,25 |
| Poids de fèves fermentées/poids de fèves fraîches | 0,86 |
| Poids de cacao sec/poids de fèves fraîches | 0,44 |
| Poids de cacao sec/poids de fèves fermentées | 0,51 |
| Poids de 1 m ³ de fèves fraîches | 900 kg |

QUELQUES DONNÉES DE BASE SUR LE RENDEMENT EN CACAO MARCHAND

QUALITÉ ET CONDITIONNEMENT DES CACAOS

EXIGENCES DES UTILISATEURS QUANT A LA QUALITÉ DES FÈVES DE CACAO

L'industriel chocolatier qui est le principal utilisateur des fèves de cacao souhaite pouvoir trouver sur le marché un produit répondant aux exigences de sa fabrication.

Il souhaite un produit aussi sec que possible, dont la conservation est plus aisée et dont les pertes à la torréfaction sont plus faibles.

Il souhaite un produit aussi riche que possible en matière grasse car la fabrication de chocolat implique toujours l'adjonction de beurre de cacao à la masse obtenue par broyage des fèves.

Il souhaite encore un produit de granulométrie aussi homogène que possible pour faciliter le réglage des appareils, et des fèves pesant en moyenne au moins 1 g de manière à limiter le pourcentage de coques, donc de déchets.

Mais avant tout le chocolatier veut trouver dans le cacao qu'il achète un produit qui lui permette d'obtenir, après torréfaction, la flaveur caractéristique du chocolat, c'est-à-dire un ensemble de qualités sapides et aromatiques qu'il est malheureusement très difficile de définir objectivement et dont il ne peut souvent que supputer la présence d'après l'examen des caractères physiques des fèves et notamment de l'aspect de la surface de coupe des cotylédons.

INFLUENCE DES CONDITIONS DE PRODUCTION, DE PRÉPARATION ET DE STOCKAGE SUR LA QUALITÉ DU CACAO ET SUR L'APPARITION DES PRINCIPAUX DÉFAUTS

L'origine génétique du matériel de plantation joue un grand rôle sur l'ensemble des caractéristiques des fèves, mais les caractéristiques propres à un cacao d'origine donnée peuvent être grandement modifiées par de nombreux facteurs extérieurs intervenant à tous les stades de la production.

L'ÉTAT SANITAIRE DES PLANTATIONS et la nature des traitements effectués peuvent avoir de grandes conséquences. Dans les pays où la pourriture brune des cabosses fait de graves dégâts par exemple, il est souvent difficile d'éviter que certains producteurs ne cherchent à mélanger au cacao des fèves touchées par la pourriture, ce qui risque de déprécier fortement la qualité finale du produit. Lorsque des produits chimiques sont utilisés en plantation pour lutter contre une maladie ou un parasite, il faut s'assurer que ces produits ne risquent pas de communiquer au cacao un goût étranger que nul procédé ne permettrait ensuite de corriger.

LA RÉCOLTE : du soin apporté à ne récolter que des cabosses saines et au bon stade de maturité dépend également la qualité du cacao. Les fruits dont les fèves sont touchées par la pourriture, les fruits insuffisamment mûrs et les fruits trop mûrs fournissent des fèves impropres à une bonne fermentation et qui, de plus, peuvent faire apparaître des goûts étrangers indésirables. Un fruit récolté trop mûr risque en outre de fournir des fèves germées qui, par suite de la rupture du tégument qui les protège, sont ensuite beaucoup plus facilement contaminées par les insectes et les moisissures.

LA FERMENTATION et le séchage sont sans aucun doute les éléments les plus importants dont dépendent les principales caractéristiques organoleptiques du cacao.

Lorsqu'une fève n'est pas touchée par le processus normal qui intervient au cours de la fermentation, elle reste compacte et prend après séchage une teinte gris ardoise : d'où son nom de fève ardoisée.

Entre une fève ardoisée et une fève bien fermentée existe toute une gamme de fèves dont la fermentation est plus ou moins incomplète : ces fèves conservent après séchage une coloration violette plus ou moins intense qui peut occuper tout ou partie seulement de la surface de coupe des cotylédons.

La fève ardoisée constitue un défaut très grave car un chocolat préparé avec de telles fèves est très astringent, très amer, et ne présente surtout pas l'arôme caractéristique du chocolat.

La fève violette, dont les anthocyanes n'ont été que partiellement hydrolysées et oxydées, ne fournit pas un chocolat de bonne qualité. Mais il est très difficile d'apprécier le degré de fermentation auquel a été soumise une fève violette.

Une fève peut être totalement ou partiellement violette. La gravité de ce défaut est donc également très variable.

S'il n'existe dans un lot de cacao que quelques fèves violettes à l'exclusion de toute fève ardoisée, on peut considérer que ces fèves ont subi une fermentation, insuffisante certes, mais malgré tout assez poussée pour que l'arôme soit partiellement développé et que l'astringence et l'amertume soient suffisamment atténuées pour ne pas être gênantes. Aussi les chocolatiers préfèrent-ils souvent trouver dans le cacao quelques fèves violettes, espérant avoir ainsi plus de chances de ne pas trouver de fèves trop fermentées qui constituent en effet un défaut beaucoup plus grave.

La fève surfermentée est difficilement décelable dans un lot de cacao, mais est parfaitement indésirable. Non seulement, en effet, la fermentation indûment prolongée fait disparaître les « précurseurs » de l'arôme, mais encore les fermentations putrides qui se développent font apparaître des goûts étrangers désagréables.

LE STOCKAGE du cacao, tant chez le producteur que chez l'exportateur, présente lui aussi une très grande importance. S'il n'est pas réalisé dans de parfaites conditions, il peut en résulter une très grande dépréciation du produit. Le cacao doit être tout d'abord préservé de toute contamination par des odeurs ou goûts étrangers, la contamination par la fumée en particulier devant être totalement évitée. Mais il doit aussi être maintenu bien sec pour prévenir le développement de moisissures et être préservé de toute infestation par les insectes.

Les fèves moisies sont celles qui comportent des moisissures internes visibles à l'oeil nu dans les replis des cotylédons. La présence de ces moisissures est responsable d'un arôme caractéristique (« goût de moisi ») que l'on retrouve dans les produits fabriqués. La fève moisie est de plus en plus considérée comme un défaut majeur du cacao. Le fait que certains champignons, parmi les moisissures qui apparaissent dans le cacao comme dans beaucoup d'autres denrées alimentaires, peuvent sécréter des mycotoxines nocives à la santé du consommateur, renforce encore les exigences des utilisateurs à l'égard de ce défaut.

Les fèves surfermentées, les fèves germées, les fèves brisées peuvent être plus facilement attaquées que les autres par les moisissures. Mais les conditions de séchage et de stockage sont les facteurs essentiels car les moisissures ne se développent pas lorsque la teneur en humidité des fèves est inférieure à 8 %.

Les fèves mitées, c'est-à-dire les fèves attaquées par des insectes, déprécient également la qualité du cacao, mais il s'agit là d'un défaut beaucoup moins grave que les précédents si l'on ne considère que son influence directe sur les composantes de la flaveur du produit fini. Mais les fèves mitées, dont la coque n'est plus entière, sont plus facilement contaminées par les moisissures.

MÉTHODES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ D'UN CACAO

Seules certaines caractéristiques des fèves de cacao peuvent donner lieu à une appréciation par des méthodes objectives : évaluation de la teneur en eau, mesure de la richesse en beurre de cacao, recherche de résidus d'insecticides par exemple.

Mais commercialement, à l'exception de l'évaluation de la teneur en eau, l'appréciation de la qualité d'un cacao ne fait appel qu'à des méthodes subjectives limitées le plus souvent à ce que l'on désigne sous le terme d'« épreuve à la coupe » ou « cut test », complétées parfois par une épreuve de dégustation.

L'échantillonnage est particulièrement important pour le cacao, compte tenu des conditions de production et de commercialisation dans les pays d'origine. Le cacao est le plus souvent produit et préparé par de très nombreux petits producteurs. Les lots exportés proviennent du mélange d'une multitude de petits lots récoltés, fermentés, séchés individuellement dans des conditions qui sont loin d'être toujours identiques. Malgré les efforts faits par les exportateurs pour homogénéiser les lots soumis au contrôle, ceux-ci restent bien souvent très hétérogènes. Aussi les méthodes d'échantillonnage applicables à d'autres denrées ne peuvent-elles être valablement appliquées au cacao. Le projet de normes internationales élaboré par le Groupe de Travail de la F.A.O. comporte dans le Code d'usages qui lui est annexé des instructions précises quant aux conditions de prélèvement des échantillons à soumettre au contrôle. Ces prescriptions sont fondées d'ailleurs sur les usages commerciaux qui résultent d'une longue expérience.

Le prélèvement des fèves est effectué au hasard sur au moins 30 % des sacs de chaque lot, soit un sac sur trois. Pour chaque sac, la sonde utilisée pour le prélèvement doit être enfoncée successivement à la partie supérieure, au milieu et à la partie inférieure. L'échantillon prélevé doit comprendre au moins 300 fèves par tonne ou fraction de tonne.

Selon le projet établi par la F.A.O. et adopté par l'I.S.O. (International Standard Organisation) en 1968, on entend conventionnellement par « eau » des fèves de cacao la perte de masse de ces fèves placées, après concassage, dans une étuve à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 16 heures ± 15 minutes. La teneur en eau est exprimée en pourcentage de masse. La détermination doit être faite selon un mode opératoire précis sur un échantillon de laboratoire d'environ 10 g de fèves.

Détermination de la teneur en eau

Cette méthode officielle de dosage de l'eau doit seule servir de méthode de référence pour étalonner les différents appareils de mesure à lecture rapide que l'on désire utiliser dans la pratique.

De nombreux appareils existent sur le marché qui permettent d'obtenir une mesure pratiquement instantanée de la teneur en eau. On mesure parfois la constante diélectrique d'un échantillon introduit dans l'appareil. Dans d'autres cas, deux électrodes introduites dans une masse de cacao permettent d'en mesurer la conductivité. Ces appareils sont toujours sensibles aux variations de température et des corrections doivent être apportées en fonction des conditions d'emploi.

Les fèves de l'échantillon prélevé, soigneusement mélangées, sont divisées jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un tas d'un peu plus de 300 fèves. Les 300 premières fèves sont alors prélevées sans tenir compte de leur taille, de leur forme ni de leur état. Elles sont réparties sur des planchettes spéciales comportant de petits évidements circulaires à raison d'une fève par évidement.

Epreuve à la coupe (Cut test)

Chaque fève est alors coupée longitudinalement en son milieu, les deux fragments étant soigneusement remis en place dans la loge de la planchette.

Les examens se font à la lumière du jour ou sous une lumière artificielle équivalente. Les fèves défectueuses, c'est-à-dire les fèves moisies, ardoisées, mitées, germées, plates ou présentant tout autre défaut, sont comptées séparément. Celles qui présentent plusieurs défauts ne sont comptées que pour le défaut le plus grave, les défauts étant classés par ordre de gravité décroissante, en trois catégories : fèves moisies, fèves ardoisées, autres défauts.

Les résultats sont exprimés en pourcentage des fèves examinées.

Les fèves violettes ne sont pas comptées parmi les défauts retenus dans les normes commerciales de classement, mais la notation du nombre de fèves entièrement violettes peut donner une indication utile sur la qualité du cacao.

La dégustation n'est pas utilisée au stade des transactions commerciales pour l'appréciation de la qualité des cacaos.

Tout au plus peut-on croquer quelques fragments de cotylédons pour s'assurer qu'un cacao n'a pas été contaminé par des goûts ou odeurs étrangères.

La dégustation implique en effet une transformation du cacao qui doit au moins subir la torréfaction nécessaire au dégagement de l'arôme.

Dégustation

NORMES DE CLASSEMENT DU CACAO PAR QUALITÉS

Il y a quelques années les normes adoptées à l'exportation par la plupart des pays producteurs africains étaient établies en fonction des dispositions du contrat-type en vigueur sur le marché du cacao de Londres. Ce **Contrat de Londres**, qui régit d'ailleurs toujours actuellement l'ensemble des transactions commerciales effectuées sur les marchés européens, prévoit trois qualités :

« **Good fermented** » : moins de 5 % en nombre de fèves ardoisées — moins de 5 % en nombre d'autres fèves défectueuses (moisies, germées, mitées...).

« **Fair fermented** » : moins de 10 % en nombre de fèves ardoisées — moins de 10 % en nombre d'autres fèves défectueuses.

« **Fair Average quality** » : moins de 12 % en nombre de fèves défectueuses — sans limitation des fèves ardoisées.

Ces trois définitions correspondent sensiblement aux anciens types supérieur, courant et limite des normes appliquées dans les pays francophones.

Toutes les législations nationales sont toutefois aujourd'hui beaucoup plus sévères, témoignant du désir de tous les pays exportateurs d'améliorer la qualité de leur production pour mieux satisfaire les demandes des utilisateurs.

Sur l'initiative du Groupe d'Etude du Cacao de la F.A.O., un projet de normes internationales de classement par qualités a été élaboré au cours de réunions tenues à Londres en 1961 puis à Paris en 1963. Ce projet, soumis à tous les gouvernements intéressés, a fait l'objet en 1969 d'une mise au point définitive qui devrait permettre d'uniformiser les normes de classement.

Plusieurs pays producteurs ont déjà adapté leur législation au projet proposé par la F.A.O. C'est en particulier le cas du Ghana et de la Côte-d'Ivoire.

Quant aux pays consommateurs, on peut espérer qu'ils adopteront également pour toutes les transactions commerciales les normes proposées par la F.A.O. dès que celles-ci auront été définitivement approuvées et que le Contrat de Londres en particulier sera modifié en conséquence.

PROJET DE NORMES INTERNATIONALES DE CLASSEMENT APPLICABLES AU CACAO

Le projet élaboré par la F.A.O. prévoit que, pour être de qualité loyale et marchande, le cacao doit être fermenté, séché de façon uniforme, la teneur en humidité ne devant pas dépasser 8 %, dépourvu de toute fève à odeur de fumée ou autres odeurs ou saveurs étrangères, de tout corps étranger et ne présenter aucune trace d'adultération.

Le cacao doit être classé d'après le nombre de fèves défectueuses révélées par le « cut test », les tolérances étant les suivantes :

1^{re} qualité :

a) fèves moisies : 3 % ; — b) fèves ardoisées : 3 % ; — c) fèves attaquées par les insectes, germées, fèves plates ou autres fèves défectueuses : 3 %.

2^e qualité :

a) fèves moisies : 4 % ; — b) fèves ardoisées : 8 % ; — c) fèves attaquées par les insectes, fèves germées, fèves plates ou autres fèves défectueuses : 6 %.

Lorsqu'une fève présente plusieurs défauts, elle est classée dans la catégorie la plus défavorable, les fèves moisies venant dans ce sens avant les fèves ardoisées.

Tout cacao qui n'atteint pas les normes de la 2^e qualité doit être considéré comme « hors classement ».

Les tolérances mentionnées ci-dessus pour la définition des deux qualités sont celles qui ont été retenues lors de l'élaboration du premier projet en 1961. C'est essentiellement sur la fixation de leur valeur définitive que porteront les discussions ultérieures car d'ores et déjà certaines associations professionnelles d'utilisateurs ont fait part de leur désir de voir ces tolérances réduites en ce qui concerne principalement la teneur en fèves moisies considérée comme le pire de tous les défauts.

SCHÉMA DE FABRICATION DES PRODUITS DE CHOCOLATERIE

Pour être transformées en pâte de cacao, les fèves doivent subir diverses opérations :

— **Nettoyage et triage** par passage sur des tamis à agitation continue, combiné avec une forte ventilation. Des aimants puissants éliminent les particules métalliques. Les pertes au triage (corps étrangers, poussières, brisures...) sont de l'ordre de 1 à 1,5 % en poids.

— **Torréfaction** : la torréfaction est une des opérations les plus importantes dont le rôle est multiple :

— elle permet la séparation de l'amande et des coques ;

— elle élimine une partie de l'acidité acétique du cacao ;

— elle abaisse le taux d'humidité jusqu'à 2,5 à 5 % ;

— elle développe enfin les principes aromatiques qui donnent au chocolat sa saveur caractéristique.

On utilise parfois encore des torréfacteurs à tambour ou à cylindre mais de plus en plus la torréfaction se fait dans des appareils continus où les fèves descendent par gravité en cascade dans un courant d'air surchauffé ascendant. La torréfaction est alors un séchage poussé, à une température de 100° à 150° C pendant 20 à 40 minutes.

Aussitôt la torréfaction les fèves sont refroidies rapidement par ventilation pour conserver leur arôme et éviter que la matière grasse ne passe dans les coques.

Les pertes à la torréfaction sont de 4 à 6 %.

— **Concassage, décorticage, dégermage et classement des fèves** : les fèves refroidies sont transportées dans des concasseurs tarares, appelés casse-cacao, qui séparent les divers éléments, amandes, coques et germes ; les coques sont éliminées par ventilation tandis que

Fabrication de la pâte de cacao

les grains (fragments d'amandes) et les germes sont triés sur des tamis vibrants.

Le rendement en grains est de l'ordre de 80 % par rapport aux fèves entières non torréfiées.

— **Mélange et broyage du cacao** : lorsqu'un mélange de fèves de différentes origines est nécessaire, mélange dont la composition est un des secrets de chaque chocolatier, il doit être effectué avant le broyage.

Le broyage consiste à écraser finement les grains de cacao à une température de 50° à 70° C de manière à obtenir, par la fusion du beurre de cacao, une pâte fluide dont la finesse est une des conditions de la qualité des produits.

Les anciens moulins à cacao étaient constitués par des meules en granit superposées. Mais les installations modernes utilisent des broyeurs à cylindres d'acier, où cinq à huit cylindres superposés et tournant à des vitesses différentes sont de plus en plus serrés les uns contre les autres de manière que la pâte qui passe successivement entre tous les cylindres soit de plus en plus finement broyée.

On utilise également des moulins à disques composés de deux étages de trois disques verticaux en fonte spéciale.

La pâte de cacao obtenue après broyage peut servir soit à la production de beurre de cacao et de poudre de cacao, soit à la fabrication de chocolat.

Elle peut être maintenue fluide par la chaleur ou se présenter après refroidissement sous forme solide qui reçoit le nom de cacao en masse ou masse de cacao.

Selon la matière première utilisée pour la fabrication du beurre (fèves entières, cacao en grains, pâte de cacao) et selon le procédé d'extraction utilisé, on distingue :

Fabrication du beurre et de la poudre de cacao

— **Le beurre de cacao de pression**, obtenu par pression de cacao en grains ou de pâte de cacao.

— **Le beurre de cacao extrait par solvants**, obtenu à partir de cacao en grains, de pâte de cacao, de tourteau de cacao ou de cacao en poudre. Ce beurre peut être raffiné au moyen de tous les procédés normaux de raffinage des graisses.

— **Le beurre de cacao de fèves entières**, extrait soit par pression, soit par solvant, à partir de fèves de cacao entières c'est-à-dire non décortiquées et non dégermées. Ce beurre peut être également raffiné.

La législation française, comme beaucoup d'autres d'ailleurs, n'autorise, pour la fabrication de chocolat, que l'utilisation des deux premières catégories de beurre à l'exclusion du beurre extrait de fèves entières. Il faut signaler que les méthodes analytiques ne permettent pas toujours de différencier ces trois catégories de beurre lorsqu'ils sont parfaitement raffinés ce qui rend difficile le contrôle de l'origine des beurres importés pour utilisation en chocolaterie.

La pâte de cacao liquide, ou liqueur de cacao, obtenue par broyage du cacao en grains ou par chauffage de la pâte de cacao, est très généralement « solubilisée » avant d'être envoyée à la presse pour l'extraction du beurre. La « solubilisation » consiste à mélanger à la pâte une solution saturée de sels alcalins, généralement du carbonate ou du bicarbonate de potassium ou de sodium. Le traitement dure 24 heures à une température de 100° C.

Le pressage de la liqueur de cacao est effectué dans de grandes presses hydrauliques à une pression pouvant atteindre 600 kg/cm².

Le beurre liquide sortant de la presse est neutralisé et éventuellement raffiné. Pour les usages pharmaceutiques, il peut être désodorisé.

Avant d'être moulé, le beurre doit être tempéré c'est-à-dire maintenu quelque temps à une température voisine de son point de fusion (34°-35° C) pour permettre une première formation de cristaux de forme stable. Il est alors moulé et refroidi.

L'extraction de beurre de cacao par pression est généralement liée à la fabrication de poudre de cacao, par concassage et pulvérisation des tourteaux. L'extraction de beurre ne doit pas être trop poussée dans ce cas puisque la poudre de cacao doit contenir encore au moins 18 % de beurre de cacao.

A la température ordinaire, le beurre de cacao est un solide formé de fins cristaux, de couleur jaune pâle. Il possède habituellement un arôme « chocolat » caractéristique : son point de fusion est compris entre 31° et 35° C.

La principale utilisation du beurre de cacao est la chocolaterie. Il trouve également un débouché en pharmacie (fabrication des suppositoires) ou en parfumerie (rouge à lèvres).

Le chocolat est un mélange de pâte de cacao et de sucre additionné ou non de beurre de cacao, et éventuellement d'aromates. L'art du chocolatier est d'obtenir un mélange intime de la pâte et du sucre, mais on doit rappeler qu'il réside aussi dans la fabrication de la pâte de cacao dont la qualité dépend du choix des fèves entrant dans les mélanges et de leur torréfaction.

Fabrication du chocolat

La pâte de cacao, maintenue fluide par la chaleur, est malaxée avec le sucre, préalablement broyé, dans un mélangeur composé d'une table mobile et de deux meules de granite. On remplace souvent ce mélangeur par un pétrin où le mélange de pâte et de sucre est travaillé sous vide à une température de 60° à 70° C, ce qui facilite l'élimination de l'humidité et des acides volatils et permet de réduire ensuite le temps de conchage.

Mélange du sucre et de la pâte

La pâte de chocolat sortant du mélangeur ou du pétrin doit être raffinée pour obtenir un mélange homogène et une granulation très fine. Le raffinage ne peut être effectué que si la pâte est suffisamment fluide et dans ce but on ajoute une petite quantité de lécithine ou du beurre de cacao. Les broyeuses utilisées pour le raffinage comportent des cylindres lisses en acier trempé, superposés, de plus en plus resserrés les uns contre les autres et tournant de plus en plus vite, le dernier pouvant tourner à 200 tours minute. Le chocolat subit à la fois un écrasement et un cisaillement qui déchire les cellules du cacao et écrase les cristaux de sucre. Les cylindres sont refroidis par une circulation d'eau et la pâte sort des broyeuses sous forme d'une poudre sèche et floconneuse qui est acheminée vers des étuves ou des cuves de stockage dont les parois sont chauffées. La pâte peut subir ainsi pendant 24 heures ou davantage une maturation favorable au développement de l'arôme du chocolat.

Raffinage et étuvage

Après étuvage, la pâte est pétrie à nouveau dans un mélangeur pour « faire revenir la pâte ». C'est à ce stade que l'on ajoute le beurre de cacao nécessaire aux qualités les plus fines, et la vanille ou les différents aromates qui parfumeront le chocolat. Un deuxième raffinage peut alors intervenir.

Le conchage est une des opérations les plus importantes de la fabrication du chocolat, celle dont dépend en grande partie la qualité du produit. tant du point de vue de son arôme que de sa texture. La

Conchage

qualité et le prix du produit fini sont fonction de la durée du conchage. La conche est un grand bassin en fonte, à parois épaisses, dans lequel un rouleau ou galet va et vient en brassant et agitant régulièrement et continuellement la pâte de chocolat pour la rendre onctueuse, fine et développer son arôme.

La durée du conchage varie, selon la qualité du chocolat, de 24 à 72 heures. La température de la pâte pendant le conchage est comprise entre 60° et 80° C.

Les effets du conchage sont à la fois mécaniques, réduisant les dimensions des particules, libérant éventuellement du beurre de cacao et donnant au chocolat son velouté, physiques, homogénéisant la pâte et favorisant l'abaissement de son taux d'humidité, chimiques enfin, éliminant certains acides volatils, et permettant une transformation des tannins.

Si l'on veut obtenir au moulage une bonne cristallisation et la forme stable des cristaux de beurre de cacao, il est nécessaire d'éviter que le beurre n'entre en surfusion. Pour cela, on doit amener tous les éléments de la pâte de chocolat à une température voisine de son point de congélation (28° à 31° C). La pâte s'enrichit par un ensemencement en germes cristallisés. On la réchauffe ensuite jusqu'à 32° C pour lui redonner une plus grande fluidité qui permet un meilleur dressage dans les moules.

Il existe de nombreux modèles de tempéreuses. Les plus modernes sont automatiques et à marche continue.

Tempéragé

La pâte tempérée passe le plus souvent par une trémie peseuse qui dépose dans chaque moule la quantité de pâte désirée. Les moules en fer étamé, maintenant plastifiés, sont disposés sur un tapis roulant où ils sont soumis successivement aux différentes opérations de moulage et démoulage. Ils sont tout d'abord portés à la température du tempéragé avant d'être remplis en passant sous la peseuse. Puis ils passent sur la tapoteuse, table soumise à une trépidation continue qui assure une bonne répartition de la pâte dans les moules en même temps qu'elle en chasse les bulles d'air. Les moules passent alors dans un tunnel frigorifique maintenu à une température de 7° C environ qui assure la prise du chocolat. Le chocolat, en se refroidissant, se contracte, ce qui facilitera le démoulage. La sortie du tunnel frigorifique se fait dans une pièce maintenue à 14°-15° C où a lieu le démoulage et l'emballage. Les moules, retournés sur un tapis de feutre qui reçoit les tablettes, sont ensuite entraînés vers un courant d'air chaud qui les prépare pour un nouveau remplissage.

Moulage

Le processus de fabrication peut être plus ou moins modifié et adapté à chaque qualité de chocolat.

Le chocolat fondant est beaucoup plus riche en beurre de cacao que le chocolat à croquer. Il est de plus soumis à un broyage plus poussé et à un conchage plus prolongé.

Chocolat fondant, chocolat au lait, chocolat de couverture

Le chocolat au lait est fabriqué par adjonction de lait en poudre ou de lait concentré. Le mélange est fait dans un pétrin travaillant sous vide à une température de 40° C. Le chocolat raffiné est étuvé pendant au moins 24 heures et soumis ensuite à un conchage prolongé au cours duquel est ajouté un complément de beurre de cacao.

Le chocolat de couverture, utilisé en confiserie ou en biscuiterie, doit contenir suffisamment de beurre de cacao pour avoir la fluidité nécessaire à un bon enrobage. Sa composition correspond à celle d'un chocolat fondant ou au lait.

- ALVIM (P. de T.). — New propagators for rooting cacao cuttings. *Cacao*, 2 (47-48), Turrialba (1953).
- ALVIM (P. de T.). — The problem of shading of cacao from the point of view of plant physiology. 7th. Interamerican cacao Conf., Palmira, (1958).
- ALVIM (P. de T.). — Ecophysiology of the cacao tree. 1^{ère} Conf. Int. Rech. Agr. Cacaoyères, Abidjan (1965).
- BARTLEY (B.D.G.). — Twenty years of cacao breeding at the Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad. 2^e Conf. Int. Rech. Cacao, Bahia, (1967).
- BESSE (J.). — Bilan des travaux de sélection et d'amélioration du cacaoyer en Côte-d'Ivoire. 2^e Conf. Int. Rech. Cacao, Bahia, (1967).
- BRAUDEAU (J.). — Objectifs et définition des programmes de l'I.F.C.C. pour la sélection du cacaoyer dans les Etats francophones d'Afrique et de Madagascar. 2^e Conf. Int. Rech. Cacao, Bahia (1967).
- BRAUDEAU (J.). — Le Cacaoyer. Ed. Maisonneuve et Larose. Paris (1969).
- CHEESMAN (E.E.). — Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cocoa populations. *Trop. Agr.*, 21 (8), 144, Londres (1944).
- COPE (F.W.). — The mechanism of pollen incompatibility in *Theobroma cacao*. *Heredity*, 17 (2), 157 (1962).
- CUATRECASAS (J.). — Cacao and its allies. A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. U.S. National Museum, 35, part 6, Washington (1964).
- ENRIQUEZ (G.A.) et SORIA (J.V.). — Cacao cultivar register. I.I.C.A., Turrialba, (1967).
- EVANS (H.). — Recent investigations on the propagation of cacao. Report on cacao research, 1945-1951, Trinidad (1953).
- FORSYTH (W.G.C.). — Cacao polyphenolic substances separation and estimation on paper chromatograms. *Biochem. J.*, 60, 108 (1955).
- HARDY (F.). — Cacao Manual. I.A.A.S., Turrialba (1960).
- LAVABRE (M.E.). — Les insectes parasites de cacaoyer. In Le Cacaoyer de BRAUDEAU J., E.D. Maisonneuve et Larose. Paris, (1969).
- LAVABRE (M.E.). — Insectes nuisibles des cultures tropicales, Ed. Maisonneuve et Larose. Paris (1970).
- LEMEE (G.). — Influence de l'alimentation en eau et de l'ombrage sur l'économie hydrique et la photosynthèse du cacaoyer. *Agr. Trop.*, 10 (5), 592, Paris (1955).
- LEMEE (G.). — Recherches écophysiologicals sur le cacaoyer. *Rev. Gén. de Bot.* 63, 41, Paris (1956).
- LENT (R.). — The origin of cauliflorous inflorescence of *Theobroma cacao*, *Turrialba*, 16 (4), 352, Turrialba (1966).
- LIABEUF (J.). — Etat des travaux effectués pour la sélection du cacaoyer au Cameroun et perspectives d'avenir. 2^e Conf. Int. Rech. cacao, Bahia (1967).
- LONGWORTH (J.F.), TOXOPEUS (H.). — Incompatibility and marker genes. Annual Rep. of W.A.C.R.I., 1961-1962 (Ghana).
- LOUE (A.). — Etude des carences et déficiences minérales sur le cacaoyer. I.F.C.C., Bulletin, n° 1, Paris (1961).
- MASKELL (E.J.), EVANS (H.), MURRAY (D.B.). — The symptoms of nutritional deficiencies in cacao produced in sand and water cultures. A report on cocoa Research, 1945-1951, Trinidad (1952).
- MULLER (R.A.). — Etat des recherches sur la pourriture brune des cabosses du cacaoyer due à *Phytophthora palmivora* en République Fédérale du Cameroun. Doc. mult. I.F.C.C., Cameroun (octobre 1968).
- MURRAY (D.B.). — Factors affecting the shade-nutrition interaction in cacao. 1^{ère} Conf. Int. Rech. cacaoyères, Abidjan (1965).
- MURRAY (D.B.). — SPURLING (A.T.). — Effect of temperature on growth. Annual Report on cacao research, 1963, p. 42, I.C.T.A., Trinidad (1964).
- PITTIER (H.). — A propos des cacaoyers spontanés. *Rev. Bot. Appl.* 10 (110), 777, Paris (1930).
- ROHAN (T.A.). — Le traitement des fèves de cacao destinées au marché. *Etudes Agricoles F.A.O.*, n° 60, Rome (1964).
- SALE (P.J.M.). — Effect of temperature on growth. Annual Rep. of cacao Research, 1966, Trinidad (1967).
- SMYTH (A.J.). — The selection of soils for cocoa. *Soils Bulletin*, n° 5, F.A.O., Rome (1966).
- SORIA (J.V.). — Notas sobre las principales variedades de cacao cultivadas en America Tropical. *Turrialba*, 16 (3), 261, Turrialba (1966).
- TARJOT (M.). — Etude de la résistance des cacaoyers à la pourriture brune des cabosses due au *Phytophthora palmivora* Butler en Côte-d'Ivoire (1^{re} partie). 1^{er} Conf. Int. Rech. cacaoyères, Abidjan (1965).
- (2^e partie). *Café, cacao, thé*, 11 (1), 3, Paris (1967).
- TOXOPEUS (H.). — Problems of biconal seed gardens. Annual report of W.A.C.R.I. (Nigeria), 1963-1964.
- URQUHART (D.H.). — *Cocoa*, 2nd Ed. Longmans, Ed. Londres (1961).
- VAN HIMME. — Etude du système racinaire du cacaoyer, *Bull. Agr. du Congo Belge et du Ruanda-Urundi*, 50 (6), 1541, Bruxelles (1959).
- WILBAUX (R.). — Les problèmes que pose le stockage du cacao. *Café, Cacao, Thé*. 9 (1), 24 Paris, (1965).
- ZENTMEYER (G.A.). — Resistance of cacao to *Phytophthora palmivora*, 2^e Conf. Int. Rech. Cacao, Bahia (1967).

A NOS LECTEURS

Nous ne saurions assez remercier nos lecteurs des contacts amicaux qu'ils veulent bien entretenir avec nous. Ces contacts, nous souhaitons les voir se développer encore. Nous serons heureux de toute suggestion susceptible de rendre nos publications toujours plus utiles.

Il arrive que d'aucuns omettent de nous signaler leur changement d'adresse. Cette inattention entraîne pour notre Revue, gracieusement offerte — puisqu'elle est une œuvre culturelle — des frais regrettables. Prière d'adresser les changements d'adresse à notre correspondant en France :

Docteur André KHER
31, avenue de Versailles
12, village de Bois-Fontaine
78170 La Celle-St-Cloud - France



EDITIONS ET PUBLICATIONS DES PERES JESUITES

Administration :
1, rue Boustan El Maksi
Faggala - Le Caire.

Le Directeur :
H. DE LEUSSE s.j.

L'Avenir Graphique — Dépôt légal N° 10071 - 3^e trimestre 1973 — Printed in France

