



CENTRE DE RECHERCHES ET D'ENSEIGNEMENT D'AGRONOMIE TROPICALE  
Département de Cultures et Sols

LES INNOVATIONS AGRO-TECHNIQUES EN CAFEICULTURE

Pierre G. Sylvain ✓

Exposé présenté au VIII<sup>e</sup> Colloque Scientifique  
International sur le Café. 28 Novembre -  
4 Décembre 1977, Abidjan, Côte d'Ivoire

Turrialba, Costa Rica

1978

# LES INNOVATIONS AGRO-TECHNIQUES EN CAFÉICULTURE

par

Pierre G. Sylvain  
Horticulteur Émérite

Centre de Recherches et d'Enseignement d'Agronomie Tropicale (CATIE)

Turrialba, Costa Rica

Il peut sembler téméraire de parler d'innovations agro-techniques en caféiculture. On a souvent dit qu'il n'y a rien de nouveau sous le soleil. De fait il y a parfois de prétendues découvertes qui démontrent seulement notre ignorance des travaux de nos prédécesseurs.

Pour ce qui est du sujet de cet exposé, beaucoup de techniques ont été pratiquées durant des temps immémoriaux. Comme on le verra tout à l'heure les innovations ne consistent pas généralement dans la nouveauté des pratiques mais dans la façon de les employer. Une culture au hasard se change en culture scientifique.

Il n'y a pas de doute qu'il y a des progrès dans les méthodes de culture du café si l'on considère les différences de rendements obtenues entre les divers pays producteurs et même entre les fermes d'un même pays, sous des conditions écologiques semblables et l'emploi de variétés de productivité similaire. Les rendements à l'hectare sous certaines conditions ont augmenté de manière spectaculaire grâce à l'emploi de certaines techniques tant dans la culture du Robusta que de celle de l'Arabica. Certains chiffres seront présentés tout à l'heure.

Il faut dès à présent mettre en relief le rôle des sciences de base dans la caféiculture notamment les découvertes d'ordre biologique et physico-chimique qui ont été le fondement de la recherche appliquée qui conditionne à son tour le succès de certains changements de méthode de travail en plein champ. D'autre part le développement de la biométrie et le grand usage des ordinateurs augmentent notre confiance dans le résultat des expériences.

Il ne sera pas possible d'évoquer au cours de cet exposé tous les progrès de la caféiculture, on se contentera de mentionner ceux qui retiennent le plus l'attention. Le plan de l'exposé suit les phases du

développement de la culture; la propagation, le système intensif de plantation, la fertilisation, scientifique et la récolte.

## 1. PROPAGATION VEGETATIVE

Quoique le caféier soit généralement propagé par semences il n'y a rien de bien nouveau à ajouter aux méthodes employées depuis longtemps pour la production de bons sujets de semis. D'autre part il y a une tendance à pratiquer la propagation végétative ou asexuelle sur une plus grande échelle que dans le passé.

### 1. Bouturage

Le bouturage a pris une extension particulière dans la culture du *Canephora*, l'espèce étant allogame, sa propagation par boutures est maintenant commune dans les meilleurs pays producteurs. Il faut citer spécialement l'impulsion donnée par Snoeck (1968) à cette méthode de propagation à Madagascar. Boudrand (1974) a récemment publié une complète mise au point sur la technique de la multiplication du *Canephora* par boutures. Il considère que les facteurs qui influent sur le taux de réussite peuvent être soit externes: conditions climatique, substrat du bouturage, produits antiparasitaires; soit internes; conditions génétiques, et physiologiques, forme de la bouture. Sur ces bases une technique a été adoptée qui permet d'obtenir de très forts pourcentages de réussite.

Il faut signaler dans plusieurs régions l'extension des parcs à bois au moyen desquels on peut prélever sur un hectare de terrain un nombre élevé de boutures estimé à deux millions par an (Snoeck 1968).

Le bouturage de l'*Arabica* n'est pas encore employé sur une grande échelle quoique depuis longtemps des techniques avancées aient été mises à point (Fiester 1957, Fernie 1958). Avec la grande importance que l'on accorde maintenant aux hybrides d'*Arabica*, le bouturage a certainement sa place pour activer les travaux d'amélioration génétique (Fernie 1962). Les divers aspects de la propagation de l'*Arabica* ont été étudiés récemment par Vossen et Laak (1976). Ils ont réussi à obtenir plus de 90% de boutures bien enracinées dans un intervalle de 12 semaines sans avoir recours à des propagateurs coûteux ni des installations sophistiquées pour la nébulisation ou le chauffage du sol. Les méthodes adoptées conviennent à la multiplication sur une grande échelle de clones d'*Arabica*.

## 2. Cultures de tissus

Les cultures de tissus, que l'on peut considérer comme une forme de bouturage, semblent être sur le point de laisser le domaine d'une pure méthode de recherches pour atteindre celui d'un moyen rapide et rentable de propagation végétative. Herman et Hass (1975) en partant de segments de feuilles d'Arabica de  $25 \text{ cm}^2$  ont pu obtenir des plantules après 7 mois d'incubation totale sur agar. Ces plantules ont été transplantées en conditions stériles dans un milieu de sol et de vermiculite quand elles atteignaient une hauteur de 4 à 5 cm. Dans une communication personnelle Herman annonce qu'il a un plant de croissance normale en production cette année. Pour une propagation de type commercial des études plus poussées d'équipement et de rentabilité devraient être entreprises. De toutes les façons on peut supposer que la rapidité de multiplication des arbres d'élite serait très élevée si l'on considère que plusieurs plantules peuvent être obtenues de  $25 \text{ mm}^2$  de feuilles et qu'un caféier peut facilement avoir une superficie foliaire de 500 à  $1500 \text{ dm}^2$ . De plus les feuilles peuvent être tirées de branches plagiotropes et orthotropes.\* Dans le cas du chrysanthème on estime qu'au moyen de la culture de tissus 90 milliards de plants de 15 cm peuvent être obtenus au cours d'une année en partant d'une seule bouture (Earle et Langham 1974).

---

\* Après la préparation de cet exposé nous avons lu l'article de Monaco et al qui, d'après le résultat de leurs travaux signalait déjà la possibilité de l'importance commerciale de la technique de culture de tissus dans la propagation végétative de C. arabica (Voir Monaco, L.C., Sondahl, M.R., Carvalho A., Crocomo, J., Sharp, W.R. Applications of tissue culture in the improvement of coffee. In J. Reinert and Y. P. S. Bajaj eds. Applied and fundamental Aspects of Plant Cell, Tissue and Organ Culture. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1977).

### 3. Greffage

Le greffage n'est pas très employé dans la culture du caféier quoique de récents travaux indiquent son utilité et sa rentabilité dans certaines circonstances. La greffe hypocotylédonaire est maintenant pratiquée au Guatemala sur une échelle commerciale comme méthode de lutte contre les nématodes. Reyna (1968) décrit en détail le procédé qui consiste en la greffe en fente d'une plantule de laquelle on enlève le cotylédon avant son épanouissement. Le greffon est tiré d'une plantule coupée à environ 2 cm au dessous du cotylédon. L'opération est facile à réaliser et un ouvrier peut pratiquer 125 greffes par jour. Les jeunes plants sont placés dans un propagateur ombragé durant 50 à 60 jours. Une réussite de 95% a été obtenue au moyen de cette méthode. Il faut admettre qu'il ne s'agit pas exactement de propagation asexuelle puisque ce sont deux sujets de semis que l'on greffe. La méthode est néanmoins très utile pour le contrôle de certaines maladies et pestes de la racine auxquelles le porte-greffe est résistant. De plus le porte-greffe peut parfois, mieux, s'adapter à certaines conditions écologiques que le greffon. Par exemple dans une certaine région de Madagascar les pieds de Robusta greffés sur Congensis en 1969 ont produit dès 1971 alors que les francs de pieds issus de la même récolte ne sont entrés en production qu'en <sup>1973</sup> (IFCC 1974).

Il faut mentionner une nouvelle méthode de greffage qui permet de propager des clones sur porte-greffes présentant des qualités spéciales, c'est la technique du greffage sur bouture vulgarisée à Madagascar. Selon Snoeck (1968) la greffe se fait par placage à un oeil en conservant la feuille. Les deux opérations greffage et bouture se font simultanément. Un greffeur peut préparer 80 greffes-boutures par jour. Le pourcentage de réussite et d'enracinement varie de 80 à 90%.

Dans toute forme de greffe il faut considérer la compatibilité entre le greffon et le porte-greffe surtout quant il s'agit d'espèces différentes. On rapporte du Brésil, toujours avec la greffe d'axes d'hypocotyle, une bonne reprise de l'Arabica tant sur Canephora que sur Dewevrei et Liberica (Hashizume et al 1975). Il ne s'agit néanmoins que d'une bonne reprise le développement ultérieur n'étant pas connu.

En employant deux espèces différentes pour le greffage l'une peut-être un bon porte-greffe pour l'autre alors que la réciproque n'est pas vraie. Ainsi à Turrialba, Costa Rica on a obtenu avec la greffe d'axes d'hypocotyle une bonne reprise et une bonne production d'Arabica greffés sur C. bengalensis alors que les Bengalensis sur Arabica présentaient une croissance débile et sont morts au bout de peu de temps. Ceci n'est pas une recommandation du Bengalensis comme porte-greffe car on ignore son effet sur la boisson des plants obtenus. Il faut toujours s'assurer que le porte-greffe n'a pas une mauvaise influence sur les qualités organoleptiques et n'a pas le danger d'introduire des facteurs toxiques dans les fèves des plants greffés. Ceci a une importance spéciale dans le cas des porte-greffes provenant d'espèces sauvages.

A tout prendre il semble que le greffage surtout par l'emploi de méthode rapides a un avenir en caféiculture et que l'on n'a pas encore suffisamment exploité ses avantages.

## II. SYSTEME INTENSIF DE PRODUCTION

Le concept actuel dans la culture du café est de faire la distinction entre le système intensif et le système extensif de production. Le système intensif se caractérise par l'absence ou la quasi-absence d'abris, une grande densité de plants à l'hectare et une fertilisation adéquate. Il offre les rendements les plus élevés. Le système extensif exige moins de débours, adopte un ombrage assez fort qui diminue les activités physiologiques de la plante et pour cette raison nécessite moins d'engrais, les rendements sont souvent très faibles.

On considérera donc les composants principaux du système intensif de production; le problème de l'ombrage, l'index de superficie foliaire et les fortes densités de plantation. La fertilisation scientifique viendra après comme thème séparé.

### 1. Problème de l'ombrage

Le rendement dépend de la production de matière sèche résultant de la photosynthèse qui à son tour est fonction d'une lumière appropriée. Une des premières études fondamentales sur la photosynthèse apparente fut réalisée par Nutman (1947). Cet investigateur démontra qu'une forte intensité lumineuse réduit l'assimilation chlorophyllienne de feuilles individuelles de café arabica. Plus près de nous Nunes et al (1968) se servant de jeunes plants issus de boutures âgés de 9 mois et d'une hauteur de 40 cm avec environ 45 feuilles ont conclu que pour chaque degré centigrade au dessus de 24°C on pouvait s'attendre à une diminution d'environ 10% dans la production de la matière sèche par conséquent à 34°C cette production s'approche de zéro.

La composition génétique semble jouer un rôle dans cette réaction à la chaleur Nunes et al (1969) comparèrent trois types S 288-23 (une variété des Indes dérivant d'un croisement de C. arabica avec C. liberica) un Arabica de la région de Jimma, Ethiopie et deux Robustas Sa 34 et B.P. 42 et 809. Ils trouvèrent que le S 288-23 avait la photosynthèse nette la plus élevée et la moindre diminution, due à une température excessive. Le déclin dû à l'augmentation de température de 20°C à 29°C était d'environ 75% chez le Jimma, 67% chez les deux Robustas et seulement 60% chez le S 288-23.

Les partisans de l'ombrage à tout prix ont souvent cité Nutman sans indiquer que le résultat obtenu avec des feuilles individuelles ne peut être appliqué à tout le système foliaire de la plante considérant qu'il existe beaucoup d'auto ombrage chez un caféier bien développé. Franco cité par Huxley (1967) a trouvé que les feuilles intérieures d'un caféier arabica adulte ne reçoivent en certain cas que 10% de la pleine lumière du jour. Des chiffres similaires ont été notés chez le Robusta par Huxley (1967) à Kabanyelo. Dans le cas de plusieurs espèces les feuilles extérieures atteignent leur maximum de photo-

synthèse au tiers de l'intensité lumineuse alors que la plante entière demande une illumination totale (Sylvain 1958).

L'expérience de Nunes et al (1968) a porté sur un jeune plant entier, néanmoins, à neuf mois il y avait encore peu d'auto ombrage et pas l'ombrage mutuel que l'on rencontre en plein champ. Un des buts de la forte densité de plantation est justement d'utiliser l'ombrage mutuel qui remplace celui prodigué par les arbres d'abris.

A propos de l'effet de la température sur la photosynthèse Gomez et al (1974) se servant de plants de Caturra semés en plein soleil a 2 m x 2 m ont comparé la température des feuilles auto-ombragées a celle des feuilles au soleil. La différence entre une feuille exposée et une feuille à l'ombre était de 10 °C.

Il a été bien établi qu'en général un ombrage excessif diminue la production de la matière sèche de laquelle le rendement dépend en grande partie (Alvim 1958, Castillo et López 1966, Ostendorf 1962).

Néanmoins comme l'écrivait Coste (1955) l'étude de l'ombrage ne peut être envisagée qu'associée a un certain nombre d'autres facteurs parmi lesquels nous citerons l'édaphisme, les soins culturaux, la taille, la fertilisation etc.

Après ce qui vient d'être dit on peut se demander pourquoi en Amérique, le Brésil excepté, la plupart des plantations sont encore ombragées. Ceci se justifie par le fait que la présence d'abris est une espèce d'assurance. En certaines conditions on ne peut pas prodiguer tous les soins voulus aux plantations en plein soleil. Une chute des prix du café jointe à une augmentation du coût des engrais pourrait être néfaste pour une plantation maintenue absolument sans ombrage (Ostendorf 1962). Néanmoins le grand progrès réalisé est la certitude que si l'ombrage est bien contrôlé et jamais trop dense on peut obtenir des rendements très élevés. A Costa Rica on pratique deux tailles sévères par an des arbres d'abris on les étêtant à environ 50 cm ou 1 m au dessus des caféiers avec parfois les troncs complètement nus, d'autre fois laissant une ou deux petites branches tire-sève. Cette opération se pratique a intervalles de 5 a 7 mois en janvier, février et mai-juin dans la zone Atlantique, mars-avril et aout dans la "meseta" centrale. (Manual de recomendaciones 1976). De cette façon après la taille il n'y a que 10 à 15% d'ombrage et plus tard de 25 à 30%. Cette méthode jointe aux autres

recommandées pour un système intensif de production donne au pays un rendement moyen de plus de 1000 kilos à l'hectare qui peut atteindre 3000 kilos et plus dans les meilleures fermes. En cas de hausse dans le prix des engrais et de chute des cours du café il est facile de laisser croître un peu les arbres d'abris pour augmenter le taux d'ombrage. Il serait recommandable de passer les recherches vers les meilleures époques de taille des abris selon les facteurs écologiques et les phases de développement des caféiers.

## 2. Index de superficie foliaire

Selon Cannell (1975) les systèmes intensifs de production présentent des problèmes d'aménagement mais sont en fin de cause la seule façon d'exploiter pleinement l'énergie provenant de la radiation et les autres ressources de l'environnement. On a déjà vu que pour atteindre ce résultat il faut disposer d'une bonne illumination. Un autre facteur très important dans l'exploitation de l'énergie est une grande superficie foliaire calculée au moyen de l'index de superficie foliaire, ISF. Cet index selon Boyer (1968) exprime la surface totale du feuillage développé par unité de surface du terrain, par exemple un index de 3 signifie que sur un hectare de terrain il y a une superficie foliaire de 3 hectares. Huertas et Alvim (1962) considèrent que la capacité photosynthétique d'une culture dépend principalement de son index de superficie foliaire. Valencia (1973) a étudié en Colombie, la relation entre l'index de superficie foliaire et la productivité du caféier. L'essai fut menée au moyen d'une parcelle expérimentale de Caturra avec 3 densités de plantation 10.000, 5.000 et 2.500 plants à l'hectare recevant 3 tonnes par an d'un engrais de formule 12-12-17-2 en 4 applications. Les valeurs de l'ISF ont montré au cours de 4 ans une tendance d'augmenter avec les plus grandes densités de plantation. Durant les 3 premières années la production de café augmenta en fonction de l'augmentation de la densité de plantation. Les récoltes les plus élevées furent obtenues avec un index de 7,97 au mois de Juin. Des chiffres voisins de cet index optimum furent notes et avec une densité de 10.000 plants à l'hectare les 3 premières années et de 5.000 plants à l'hectare la 4<sup>ème</sup> année.

Comme l'indique Cannell (1975) le taux de développement de la culture continue d'augmenter jusqu'à des valeurs élevées de l'ISF par ce que le point de compensation des feuilles ombragées est ordinairement moins d'1%

de la radiation solaire reçue durant une journée tropicale ensoleillée et la lumière peut pénétrer à travers beaucoup de couches de feuilles.

### 3. Densités de plantation

Il y a eu ces dernières années un grand nombre d'essais sur la densité de plantation et la tendance moderne, on peut dire l'innovation, est de mettre les caféiers en plein champ à des distances bien inférieures. On peut se rappeler que les anciens textes recommandaient généralement pour l'Arabica un alignement de 3 m x 3 m, environ 1100 plants à l'hectare. Maintenant beaucoup de services de vulgarisation considèrent 5000 plants à l'hectare comme une norme acceptable.

Ceci est le résultat de beaucoup d'essais dont on ne citera que quelques uns. Cowgill (1958) sur la base de résultats obtenus dès 1945 recommandait en 1954 le système de caféiers plantés en haies en plein soleil. A Porto Rico (Vicente Chandler et al 1969) ont pratiqué avec 30% d'ombre un essai de densités de plantation allant de 755 à 6047 pieds/ha. Sur une période de 7 ans le rendement moyen maximum s'obtint à la densité de 6047 pieds/ha atteignant 1578 lbs. par "cuerda" on environ 1800 K/ha tandis qu'à la plus faible densité de 755 pieds/ha le rendement n'était plus que de 386 K/ha.

A Rosario, Mexique (Instituto Mexicano 1974) dans un essai avec la variété Bourbon comparant des densités de plantation de 833 et 2222 pieds/ha la moyenne de 8 récoltes donna respectivement 600 et 2230 K/ha.

A Costa Rica en employant des densités de 5000, 3300 et 2500 pieds/ha, on a obtenu un effet linéal positif avec 16% d'augmentation de rendement pour chaque réduction dans la distance de plantation (Pérez et Gutiérrez, 1976). Des essais sont en cours à la station de Foubot, Cameroun avec des Caturras plantés à densités de 1250, 2500, 5000, 7500, et 10.000 pieds/ha (IFCC 1974).

Il faut signaler que dans certains pays on met parfois plusieurs pieds dans le même trou et la densité peut être encore plus grande qu'on ne le croirait.

En Tanzanie (Mitchell 1976) avec des trous de plantation à une distance de 2 m 75 x 2 m 75 et un, deux, trois ou quatre pieds par trou, il y eut une augmentation de production de 27% et 65% respectivement en employant 2 ou 4 pieds au lieu d'un seul.

Au Vénézuéla le Ministère de l'Agriculture recommande de semer 2 pieds par trou. On peut obtenir des sujets de bonne qualité pour la transplantation

en mettant deux plantules dans le même sachet de polyéthylène et on économise près de 50% du coût (Bellavita et Morales 1968).

Un important séminaire s'est tenu à Nairobi en 1968 pour faire le point des systèmes d'intensification de la culture du café au Kenya et donner des idées sur les recherches à conduire (Huxley 1969). Avec une participation de 83 membres, les aspects les plus divers de l'intensification ont été évoqués, tels par exemple, l'effet qu'elle peut avoir sur les besoins en eau, sur la fertilisation, sur les insectes et les maladies et sur l'économie des plantations. A la suite de cette réunion une série d'essais ont été entrepris dans plusieurs régions du pays. Ces essais ne tiennent pas seulement compte de la densité mais du dispositif de plantation, par exemple, l'emploi de haies, de blocs et de plantations intercalaires dans de vieilles parcelles. Les principaux problèmes sont la taille et les aspersions. Pour ce qui est de la taille à des densités de 2200, 5000 et 7500 pieds/ha les arbres sont recépés selon des cycles de 3, 4, 5, ou 6 ans (Mitchell 1976).

### III. FERTILISATION SCIENTIFIQUE

L'emploi des engrais tant organiques que chimiques n'est pas une pratique récente en caféiculture. Néanmoins certains textes prétendaient que le caféier ne répond pas aux fumures artificielles, ceci peut être parce que souvent les essais se pratiquaient à tâtons, les quantités de fertilisants parfois étaient insuffisantes, d'autres fois l'ombrage excessif agissait comme facteur limitant ou encore la carence d'un oligo-élément rendait inopérants les autres éléments appliqués au sol. Heron et Valdes (1966) écrivent qu'à faire une analyse statistique d'essais de fertilisation sur de vieux caféiers sous abri il n'y avait aucune réponse à moins que les applications d'engrais atteignent 1200 K/ha par an d'une formule 12-6-24.

Ce sont les travaux de ces 25 dernières années qui nous ont éclairé au point qu'on peut parler maintenant d'une fertilisation scientifique du caféier, (Carvajal 1972) Loué (1954) dès 1950 essaya d'appliquer aux études de la nutrition du caféier la méthode classique du diagnostic foliaire de Lagatu et Maume.

Il tâche d'établir des corrélations entre la teneur des éléments dans les feuilles du caféier Robusta et le rendement de la récolte suivante. Il faut démontrer qu'il existe la plus forte corrélation lors du prélevement

d'azote du 7 Juin et de phosphore du 17 Aout. De leur côté Raju et Subramanian (1969) ont trouvé que la teneur en azote et phosphore des échantillons de feuilles d'Arabica recueillies au mois d'Aout durant deux années donnent des indications sur les rendements de façon satisfaisante. Benac (1967) signale sur Arabica au Cameroun une corrélation entre le rendement et la teneur des feuilles en azote en avril.

Carvajal (1972) présente quelques uns des objectifs les plus importants du diagnostic foliaire.

- 1) Diagnostic des carences des divers éléments de nutrition minérale.
- 2) Guide pour une fertilisation économique associée à l'analyse chimique du sol.
- 3) Définition d'antagonismes nutritifs ou déséquilibres par une fertilisation intensive.
- 4) Confirmation d'altérations dans le métabolisme de l'azote.
- 5) Etude de la réponse aux engrais en fonction de la qualité et de la quantité.
- 6) Confirmation de l'efficacité de la méthode d'application des engrais.
- 7) Etablissement de corrélations entre la production effective et l'état de nutrition de la plante.

Au cours des récentes années les techniques d'analyses foliaires se sont perfectionnées. On a déterminé la position des feuilles convenant le mieux à l'étude, les meilleures époques de prélèvement des échantillons, et la forme de l'élément à analyser. Les nouveaux appareils qui permettent de réaliser rapidement un grand nombre de déterminations chimiques facilitent le travail sur une grande échelle.

Les chercheurs de divers pays ont pu établir les seuils de carence au moyen de cette technique et on a publié des tableaux qui résument le résultat de ces travaux (Malavolta et al 1962, Muller 1966, Carvajal 1972).

Le diagnostic foliaire permet non seulement d'étudier la nutrition minérale d'un arbre ou d'une plantation mais de toute une région si un échantillonnage adéquat est pratiqué. Cette technique a été employée par Lott et al (1961) pour déterminer la nutrition minérale des caféiers des états de Sao Paulo et de Parana au Brésil en prélevant 100 échantillons, 3 fois par an, de 126 plantations à Sao Paulo et 46 à Parana.

L'analyse foliaire a permis de déterminer les éléments qui répondent le mieux aux applications pratiquées sous forme d'aspersions aux feuilles plutôt qu'au sol de manière conventionnelle. Selon Muller (1966) ce serait le cas du phosphore, du magnésium, du manganèse et du zinc.

L'usage des radioisotopes s'est vulgarisé pour étudier l'absorption et la migration des éléments de nutrition notamment dans le cas du phosphore où l'application de cet élément marqué  $^{32}\text{P}$  aux feuilles a été trouvée plus efficace pour l'absorption, la migration et l'accumulation dans diverses parties de la plante que l'application faite au sol (Malavolta et al 1959, Sarruge et al 1966, Gopal et D'Souza 1975).

Une autre méthode pour étudier la nutrition minérale de la plante au cours du temps consiste à cultiver les jeunes caféiers en solution nutritive et déterminer l'absorption des éléments. Carvajal (1969) calcula le taux d'absorption mensuelle des ions  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , K, Ca, Mg et Phosphate au moyen d'analyses chimiques hebdomadaires du substrat durant un cycle végétatif et reproductif complet. L'azote se montra l'élément majeur le plus important suivi par la potasse. Le taux d'absorption des éléments de nutrition semble différent pour chaque élément durant une époque donnée.

Le soufre est un élément qui a été négligé pendant longtemps en caféiculture quoique son absorption par les plantes en bonne santé peut être plus élevée que celle du phosphore. L'emploi d'engrais pauvres en soufre ou manquant de cet élément peut résulter en une carence comme l'ont démontré Freitas et al (1972). Dans un essai en plein champ au Brésil ils appliquèrent sous forme de gypse de 0 à 120 lbs par acre (environ 132 K/ha). Durant les dix années de l'expérience les applications de soufre augmentèrent les rendements de 1320 K/ha à 2400 K/ha pour le meilleur traitement de 66 kilos de soufre par hectare. Les données de la teneur en sulfate des feuilles montrèrent une grande augmentation résultant des applications de gypse au sol. Un cas sévère de carence de soufre a été signalé au Salvador sur jeunes caféiers Arabica croissant en plein soleil, sans engrais, sur un sol blanchâtre dérivé d'andésite. Une forte application de nitrate d'ammoniaque intensifia la déficience au point que beaucoup des plants moururent. Les applications au sol d'engrais contenant du sulfate d'ammoniaque ou du sulfate de potasse corrigèrent facilement la déficience (Muller 1966).

La carence de cuivre a été récemment étudiée dans plusieurs états du Brésil. Une teneur dans les feuilles inférieure à 4 ppm est insuffisante. Les feuilles nouvelles montrent une ondulation bien visible sur la face

inférieure, la croissance est retardée. Soixante jours après un traitement de cuivre similaire à celui employé pour combattre la rouille, les sujets de pépinière déficients présentèrent une augmentation de 80% de poids sec en comparaison avec les témoins (Andrade et al 1974).

Les carences de certains oligo-éléments causent de grandes diminutions de rendement alors que dans d'autres cas les effets nocifs ne sont pas si faciles à détecter. On signale par exemple des augmentations de rendement de l'ordre de 285 % à Costa Rica (Valencia 1964) et de 300 à 500% au Guatemala (Muller 1966) après traitement de la déficience de bore. La carence de zinc peut rendre une plantation presque improductive, son contrôle qui n'est pas difficile est donc de grande importance économique. De plus les applications de zinc augmentent la dimension des fruits (Muller 1966).

Le problème de la fertilisation scientifique est encore compliqué par beaucoup de facteurs tels que les interactions entre plusieurs éléments par exemple l'effet de fortes applications de potasse sur la teneur en magnésium. Cet effet bien connu peut varier selon les clones de Robusta. L'IFCC (1975) a obtenu en Côte d'Ivoire des réponses différentielles aux engrais en employant les clones 146 et 461.

Un autre point important est la toxicité. Dans certains cas il y a une faible différence de teneur d'un élément entre la carence et la toxicité, on doit agir par conséquent avec beaucoup de précautions dans l'application des traitements. La toxicité de manganèse a été une des plus étudiées. Une teneur élevée de manganèse soluble peut se présenter dans les sols très acides ce qui est susceptible de diminuer sérieusement la concentration de fer et de zinc dans les feuilles (Muller 1966). L'application de chélates a donné au Brésil un bon contrôle de la toxicité de manganèse avec augmentation de rendement de 240 % chez de jeunes caféiers arabicas accompagnée d'une réduction de cet élément dans les feuilles de 1113 ppm à 522 ppm. (Medcalf et Lott 1956). On a aussi eu du succès pour combattre cette toxicité avec l'emploi du chaulage et des paillis (Muller 1966).

#### IV. RECOLTE

La récolte a toujours été considérée comme un problème important dans la production du café. Ici il ne s'agit pas d'augmentation des rendements mais de diminution du prix de revient. Quoique variant beaucoup selon le coût de la main d'œuvre on estime que cette opération représente en général

40 à 60 % du coût de production (Cannell et al 1970, Instituto Mexicano 1974). Au Brésil où le système de récolte ne tient pas tellement compte de cueillir à part les fruits mûrs l'opération n'est pas aussi onéreuse.

Si on ne met pas en marche de nouvelles méthodes qui rendent plus effectives les systèmes actuellement en usage, le prix relatif de la cueillette sera encore plus élevé, puisqu' un peu partout dans le monde et à juste titre les travailleurs des champs sont mieux payés. D'autre part, dans certaines régions ce n'est pas seulement une question de coût mais de rareté de main d'oeuvre qui oblige parfois à des stratagèmes pour trouver les ouvriers nécessaires au moment voulu, par exemple faire coïncider les vacances scolaires avec la récolte pour que les écoliers puissent y aider. Les organes d'information se mettent parfois de la partie signalant que c'est un devoir patriotique que de participer à la récolte du café.

La durée de la récolte varie de quelques semaines à plusieurs mois selon les régions. Ceci dépend de la latitude avec son effet sur la durée des jours, de facteurs génétiques et du climat, spécialement de la distribution des pluies. Le rôle des précipitations sur la floraison et éventuellement la récolte est bien connu depuis l'oeuvre classique de Portères (1946). On a déterminé à Carrialle Costa Rica 9° de latitude nord que les journées sont assez courtes durant toute l'année pour provoquer l'initiation florale (Newton 1952) et comme il n'y a pas de véritable saison sèche en cet endroit le climat est favorable à la floraison durant une grande partie de l'année et il y a certaines variétés dont les branches portent à la fois des fruits mûrs, des fruits verts et des fleurs. Comme pour obtenir du café de qualité il faut pratiquer la cueillette selective c'est à dire ne récolter que des fruits mûrs il arrive souvent qu'il soit nécessaire d'effectuer 10 à 12 passages au cours d'une saison, ce qui augmente beaucoup les frais.

#### 1. Action de l'Ethéphon sur le groupement de la maturation

Le groupement de la maturation en diminuant le nombre des passages a toujours été considéré comme un facteur important et dès les premières découvertes sur les effets physiologiques des substances de croissance les investigateurs en café ont essayé de les employer pour résoudre le problème.

L'effet de l'ethrel ou éthéphon, l'acide 2 - chloroéthyl-phosphonique, sur la maturation de beaucoup de fruits a conduit à de nombreuses études sur l'emploi de ce produit pour le groupement de la maturation du café. En moins de dix ans beaucoup d'essais ont été conduits en ce sens dans divers pays et une ample littérature est maintenant disponible sur la question quoiqu'il y ait encore plusieurs doutes à éclaircir. Récemment Claude (1975a) a présenté une mise au point du sujet et les intéressés pourront y trouver des renseignements détaillés qu'il serait trop long de donner ici.

L'effet de l'éthéphon est dû à la libération, en condition acide, d'éthylène dans la plante (Claude 1975a). A son tour l'effet de l'éthylène sur la maturation des fruits est connu depuis de nombreuses années. Les essais entrepris sur le café ont présenté certaines contradictions. Ceci est dû au fait qu'une série de facteurs entrent en action par exemple la concentration et la quantité du produit appliqué, l'époque et la méthode d'application et la constitution génétique du matériel traité.

On va citer seulement quelques données sur des résultats de premier ordre obtenus sur le groupement des récoltes avec l'emploi d'ethrel dans divers pays. Avec le Robusta, aux Indes, Gopal (1976) a obtenu 3 fois plus de fruits mûrs 94% au lieu de 31% pour le témoin, 9 jours après le traitement. A Abengourou, Côte d'Ivoire 98% de Robustas sont récoltés 12 jours après le traitement contre 34% pour le témoin (IFCC 1975).

Encore en Côte d'Ivoire, Snoeck (1973) rapporte qu'aux doses les meilleures d'Ethéphon 3 passages suffisent à la récolte tandis que 8 sont nécessaires pour les témoins. Au Kenya on a trouvé qu'au cours du premier mois après le traitement d'Arabicas à 1400 ppm, 64% des cerises avaient été récoltées contre seulement 20% chez les témoins (Cannell et al, 1970).

La concentration du produit employé varie beaucoup selon les essais et affecte non seulement son efficacité mais aussi sa phytotoxicité.

En général la dose la plus communément employée semble être aux alentours de 1500 ppm quoiqu'il y ait de nombreuses exceptions. Marcondes et al (1974) ont trouvé qu'il fallait d'une concentration de 4800 ppm pour avoir un effet sur la maturation de l'Arabica tandis que Oyeboade (1976) rapporte un groupement dans la maturation avec 300 ppm.

La méthode d'application a été aussi étudiée et il est maintenant admis qu'il est nécessaire d'appliquer le produit non sur les feuilles mais directement sur les fruits (Snoeck, 1973, Gopal, 1976). Gopal a aussi

trouvé qu si l'on pratique le traitement sur seulement la moitié de l'arbre il n'y a pas d'effet sur l'autre moitié.

L'Ethéphon n'est pas encore employé sur une grande échelle malgré les avantages que présente parfois son usage. Ceci est dû aux a léas qui surviennent si le produit n'est pas appliqué sous des conditions idéales. Des le début des études on a noté sa phytotoxicité caractérisée particulièrement par une défoliation excessive et une chute prématurée des fruits (Rodríguez et Moralo 1970, Upegui et Valencia 1972). Ceci néanmoins peut être contrôlé en n'employant pas de doses trop fortes du produit. Les effets sur la qualité tant physique qu'organoleptique du café sont de grande importance. Arcila Pulgarin (1975) a rencontré 50 à 70% de fèves de couleur marron après application d'Ethrel a une concentration de 1000 ppm. On note en Côte d'Ivoire que sur les clones plus éloignés de la maturité, des doses de 1500 ppm sont nécessaires pour obtenir de 50 à 97% de groupement, il en résulte une dépréciation du café marchand; les fèves sont plus petites et roussâtres (IFCC 1974).

L'effet négatif sur les qualités organoleptiques semble provenir principalement de l'époque d'application. Sondahl et al (1974) employèrent des concentrations de 0 à 2000 ppm du produit actif a deux époques le 5 avril et le 6 Mai choisies par ce qu'elles présentaient des différences dans le nombre des fruits verts au moment de l'essai. Les fruits traités furent récoltés 15 jours après l'application du produit et les témoins à maturité. La classification du café sur la base des endospermes immatures ou fèves vertes indiqua la présence de plus de 40% de ce défaut chez les fruits provenant de la première application alors qu'il n'y en avait plus que 10% chez ceux provenant de la seconde et 4,5% chez les témoins. D'autre part les cafés traités a la première époque donnèrent une boisson "hard" et ceux de la seconde époque un "mild". Teixeira et al (1976) ont trouvé qu'une quantité de 5% de fèves vertes pouvaient être détectées par les dégustateurs et des quantités supérieures a 10% affectaient sensiblement la qualité de la boisson.

On peut donc conclure avec Claude (1976 a) que si le planteur tente un traitement sur des baies dont l'endosperme n'est pas totalement développé, il s'expose alors a cueillir des fruits rouges, d'apparence externe mûrs mais dont l'endosperme immature sera à l'origine d'une boisson de qualité à la tasse médiocre. Ceci est un problème sérieux car comme on l'a fait voir précédemment pour des raisons d'ordre génétique et climatique certains caféiers présentent des endospermes immatures durant une grande partie de l'année.

Il faut mentionner un autre problème très important qui peut empêcher l'usage commercial de ce produit c'est la très faible concentration admise dans les fèves de café marchand par l'administration intéressée des Etats Unis. Le produit commercial ne doit pas contenir plus de 0,1 ppm d'éthéphon. S'il n'y a pas de données sur la teneur d'éthéphon dans les grains après traitement, des recherches devraient être immédiatement dirigées dans ce sens.

## 2. Récolte mécanique

La récolte mécanique de fruits et de grains n'est pas une nouveauté et est un fait accompli depuis de nombreuses années pour diverses espèces végétales. On a cherché ces dernières années à adapter au café des appareils employés pour d'autres cultures. Les principales recherches à ce sujet ont été conduites à Hawaii, à Porto Rico et au Brésil.

Deux types de machines sont à l'essai les vibreurs ou secoueurs portatifs et les appareils montés sus roues. Le premier type est de petites dimensions et convient mieux aux petits planteurs; il ne nécessite pas de changements importants dans les dispositifs de plantation. Les appareils sur roues sont de grande dimension, nécessitent de larges interlignes et en conséquence de nouveaux dispositifs de plantation qui sont à l'encontre de ceux que réclame la culture intensive (Claude 1976). De plus ils ne peuvent être utilisés dans les terrains trop accidentés.

Les avantages et inconvénients des petits appareils ont été démontrés par divers essais. Au Kenya par exemple quand la vibration se prolongeait pour enlever presque 100% des cerises mûres, environ 44% des baies vertes étaient aussi enlevées et beaucoup de branches étaient complètement défoliées, seulement 15% des cerises mûres pouvaient être cueillies avec une perte négligeable de baies vertes. Les meilleurs résultats furent obtenus quand les arbres avaient peu de cerises vertes, en ce cas 50% des cerises pouvaient être récoltées sans excès de défoliation.

Au Mexique on a essayé un vibreur portatif à moteur. La machine nécessitait 6 hommes pour son opération. Le rendement par homme/heure était de 45 kilos à la machine et de 40 kilos à la main. On nota la récolte d'un pourcentage élevé de fruits verts, une certaine défoliation des caféiers et le manque d'efficacité de la machine pour enlever toutes les cerises mûres des arbres (Instituto Mexicano 1974).

En Côte d'Ivoire une machine type fouetteur fut mise à l'épreuve. L'appareil sélectionne correctement les cerises sans endommager les caféiers.

Il reste cependant à résoudre le très difficile problème de la collecte des cerises sur des bûches. Le fouettage des branches envoie les cerises à plusieurs mètres de l'arbre récolté (IFCC 1976)

Il semble y avoir beaucoup moins d'information sur les grandes machines sur roues pour récolte en masse. Rigitano (1975) donne ses idées sur ce que devrait être une machine de ce genre en se basant sur les essais d'un prototype (machine à récolter les myrtilles) réalisés au Brésil. Cette machine qui a un poids de 6 à 7 tonnes enveloppe toute la plante qui est soumise à la vibration. Sa dimension permet de travailler avec des plantes de 2 m 70 de haut et une couronne de 1 m 40 à 1 m 80. Elle est actionnée par un moteur à gasoline ou diesel. La machine au travail doit passer au dessus des rangées de plantes tout en allant à une vitesse constante. Les arbres doivent être taillés pour ne pas dépasser la hauteur permise par l'appareil ou des variétés de moindre développement doivent être utilisées. On doit pratiquer l'élimination des branches inférieures jusqu'à une hauteur de 40 cm du sol.

La machine nécessite seulement un opérateur et deux auxiliaires. On considère qu'elle peut faire le travail de 100 à 300 hommes récoltant à la main. Il faut pratiquer au moins deux passages par an (sous les conditions de l'essai). D'après l'auteur les dommages ne sont pas très importants, consistant principalement en brisures de quelques branches et de chute d'un certain nombre de feuilles. Ces dommages seraient moins importants qu'en pratiquant la récolte manuelle.

Le point le plus important peut être est la rentabilité. Il n'y a pas de doute que la récolte mécanique est généralement plus rapide et nécessite moins de main d'oeuvre. Néanmoins ce ne sont pas les seuls facteurs à considérer et même si les frais sont moindres, il faut tenir compte de la diminution de la valeur du produit causée par une chute dans la qualité et le prix sur le marché.

Quant le coût de la main d'oeuvre n'est pas élevé l'opération peut n'être pas rentable.

Snoeck (1976) rapporte qu'au cours d'un essai la récolte à l'aide d'un fouetteur coûtait en chiffres ronds 25 francs CFA le kilo tandis qu'elle pouvait se faire à la main pour 21 francs.

L'efficacité de la récolte mécanique dépend en grande partie du groupement de la maturation. Si la grande majorité des fruits atteint en même temps la maturité on peut se contenter de deux passages sans rencontrer des pertes économiques sérieuses dues à la chute de beaucoup de fruits verts.

Si, au contraire, la maturation s'étend sur plusieurs mois il faut d'un nombre excessif de passages avec augmentation du coût de la récolte totale, grandes pertes de fruits verts, défoliation et possiblement d'autres dommages causés aux plants.

La rentabilité de la récolte mécanique dépend aussi d'une série de facteurs économiques notamment le prix d'achat des appareils et de leur entretien et du coût et de la disponibilité de la main d'oeuvre.

Avant d'adopter la pratique on doit aussi tenir compte des facteurs sociaux. Même s'il en résultait une diminution du prix de revient on ne devrait introduire la récolte mécanique qu'avec précaution, surtout les grands appareils, dans une région où il y a tendance à un excès de main d'oeuvre et où il faut résorber le chômage potentiel. La technique ne pourrait alors se recommander qu'en développant en même temps de nouvelles sources de travail durant l'époque de la récolte.

### 3. Récolte sur mailles de plastiques

Vicente-Chandler, Abruña, Bosque-Lugo et Silva (1969), ont développé à Porto Rico un nouveau système simple et bon marché pour récolter le café des plantations de haute production. Selon leur description on étend des mailles de matériel plastique entre les rangées de caféiers de manière à recouvrir tout le terrain. Les fruits tombent naturellement dans les mailles quand ils arrivent à maturité et on les ramasse à intervalles déterminés. La quantité de mailles pour recouvrir un hectare de terrain coûte de 500 à 1000 dollars et on estime leur durée à 5 ans. Deux hommes peuvent manipuler une section de mailles de 3 m 30 de large sur 7 m 50 de long. Le matériel recueilli se compose d'un grand volume de feuilles sèches de grains et de quelques fruits en état de fermentation. Si le ramassage s'effectue à de courts intervalles les fruits prédominent, mais si on ne pratique la récolte que chaque 4 à 6 semaines comme il est recommandé la majorité du produit sera en forme de grains en parche, la pulpe des fruits s'étant décomposée naturellement. Après le ramassage le café mêlé de feuilles sèches passe par une simple structure où un courant d'air provenant d'une ventilateur sépare les feuilles des grains. Le café est ensuite lavé et séché.

Les épreuves de dégustation n'ont pas montré de détérioration de la qualité quand le ramassage s'effectue à intervalles de 2, 4, à 6 semaines. Durant les périodes de pluies quelques grains peuvent germer si la récolte

s'effectue après 8 semaines. Même aux intervalles recommandés Vicente-Chandler, Silva et Abruna (1969) signalent que le prix du café produit par ce système est inférieur d'environ 4 centimes de dollars la livre à celui du café lavé.

La méthode implique quelques changements, on doit par exemple choisir des variétés de port élevé comme le Mundo Novo et le Puerto Rico 401. On cultive les plants en plein soleil à une distance de 1 m 20 dans la rangée et 3 m 30 entre les rangées, on les laisse ultérieurement croître librement. Les études effectuées indiquent que pour chaque ramassage il faut d'environ 10 journées/homme/hectare ce qui en représente 50 pour la récolte complète si l'on pratique 5 ramassages. La cueillette traditionnelle nécessiterait par contre 175 journées/hommes. (Vicente-Chandler, Abruna, Bosque-Lugo et Silva 1969). Même quand on pratique la cueillette traditionnelle les auteurs recommandent aussi l'usage de mailles au lieu de paniers. L'efficacité de la récolte augmente de 50% et il y a beaucoup moins de café à se perdre. La rentabilité de la méthode a été étudiée et démontrée durant 4 ans dans une plantation commerciale de 15 cuerdas (environ 6 hectares) de café Bourbon (Vicente-Chandler et al 1975). Les auteurs citent plusieurs avantages qu'apporte la récolte de culture intensive au moyen de mailles

- a) le café ne se perd pas durant la récolte tandis qu'en pratiquant la cueillette traditionnelle ces pertes atteignent un tiers des fruits tombant sur le sol.
- b) le coût de la main d'oeuvre est réduit de moitié.
- c) il n'est pas nécessaire d'émonder les caféiers.
- d) les arbres croissent d'une façon si exubérante que les désherbages sont inutiles.

Cette méthode ne permet pas l'aspersion normale des plantes pour la protection phytosanitaire quand elle est nécessaire. A Porto Rico le seul

aléa foliaire d'importance est la mineuse (Leucoptera coffeella Guer. Men.) qui est contrôlé au moyen d'une application annuelle au sol de disyston. Cet insecticide systémique est un produit à base de phosphore éminemment toxique pour l'homme. Il exige des précautions extrêmes dans sa manipulation et son emploi est dangereux dans les régions où la récolte se répartit sur une grande époque de l'année car en ce cas la concentration de résidus toxiques dans les grains serait probablement inévitable. Ceci est encore plus vrai dans les régions où l'on pratique deux récoltes par an.

Par divers exemples on a montré durant ce tour d'horizon que les innovations en caféiculture présentent des résultats différents selon les conditions écologiques et socio-économiques. Des essais locaux sont donc nécessaires pour s'assurer de leur succès et de leur rentabilité dans une région donnée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALVIM, P. de T. 1958. Recent advances in our knowledge of coffee trees. I. Physiology. Coffee and Tea Industries and the Flavor Field. 81:17-25.
- ANDRADE, I. P. R., GONCALVES, J. C., MATIELLO, J. B., PAULINI, A. E., HASHIZUME, H. 1974. Ocorencia de deficiencia de cobre em cafezais, no Espírito Santo, Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Ceara e Pernambuco. Resumos 2° Congresso Brasileiro sobre pesquisas cafeeiras, Pocos de Caldas 10-14 de setembro de 1974. IBC-GERCA. Rio de Janeiro. pp 266-267.
- ARCILA-PULGARIN, J. 1975. Efecto del Ethephon en la calidad de la bebida del café. Cenicafé 26:49-52.
- BELLAVITA, O., MORALES, A. 1968. Comparación entre la siembra y poda en vivero de una y dos plantas de café por bolsa. Agronomía Tropical 18:293-299.
- BENAC, R. 1967. Etude des besoins en éléments majeurs du caféier Arabica en pays Bamoun (Cameroun) 2<sup>e</sup> Partie. Rendements et analyses foliaires. Café, Cacao, Thé. 11:203-219.
- BOUDRAND, J. N. 1974. Le bouturage du caféier canephora à Madagascar. Café, Cacao, Thé 18:31-48.
- BOYER, J. 1968. Influence de l'ombrage artificiel sur la croissance végétative, la floraison et la fructification des caféiers Robusta. Café, Cacao, Thé 12:302-320.
- CANNELL, M. G. R. 1975. Crop physiological aspects of coffee bean yield. A review. Journal Coffee Research 5:7-20.
- CANNELL, M. G. R., BROWNING, G., TURK, A. 1970. Towards more efficient and cheaper coffee harvesting. Kenya Coffee 35:25-27.
- CARVAJAL, J. F. 1972. Cafeto. Cultivo y fertilización. Instituto Internacional de la Potassa. Berna, Suiza. 141 p.
- CARVAJAL, J. F., ACEVEDO, A., LOPEZ, C. A. 1969. Nutrient uptake by the coffee tree during a yearly cycle. Turrialba 19:13-20.
- CASTILLO Z., J., LOPEZ, A. R. 1966. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del cafeto. Cenicafé 17:51-60.
- CLAUDE, B. 1976a. L'éthéphon en caféiculture. Son utilisation pour le groupement de la maturité. Café, Cacao, Thé. 20:232-237.
- CLAUDE, B. 1976 b. Récolte mécanique des fruits. Possibilités d'application au caféier. Café, Cacao, Thé. 20:310-319.

- COSTE, R. 1955. Les Caféiers et les Cafés dans le Monde. Tome Premier. Les Caféiers. Editions Larose, Paris. 381 p.
- COWGILL, W. H. 1958. Recent advances in coffee production technology. The sun-hedge system of coffee growing. Coffee and Tea Industries and the Flavor Field. 81:87-88, 90.
- EARLE, E. D., LANGHAM, R. W. 1974. Propagation of Chrysanthemum in vitro: II Production, growth and flowering of plantlets from tissue cultures. Journal of the American Society for Horticultural Science. 99:352-358.
- ETHEPHON (Plant Regulator). 1977. Pesticide and toxic chemical news 5(23):56.
- FERNIE, L. M. 1958. The supply of better planting material. 3. Asexual propagation of coffee. Coffee and Tea Industries and the Flavor Field 81:64-65, 67.
- FERNIE, L. M. 1962. The vegetative propagation of the new Arabica hybrid coffees on a commercial scale. Tanganyika Coffee news 2:225-228.
- FIESTER, D. R. 1957. Revisión de literatura sobre propagación asexual de café por estacas. Turrialba :57-64.
- FREITAS, L. M. M., GOMES, F. P., LOTT, W. L. 1972. Effects of sulfur fertilizer on coffee. IRI Research Institute Inc. New York Bulletin 41. 17 p.
- GOMEZ G., L., JARAMILLO R., ALVARO. 1974. Temperaturas en árboles de café al sol. Cenicafé 25:61-62.
- GOPAL, N. H. 1976. Hastening of fruit ripening in coffee with ethrel. Planters' Chronicle 71:167-169.
- GOPAL, N. H., D., SOUZA, G. I. 1975. Radioisotopes. A new tool for coffee research in India. Indian Coffee 39:139.
- HASHIZUME, H., MATIELLO, J. B. ANDRADE, I. P. R., PAULINI, A. E. 1974. Estudos sobre aplicação prática da enxertia em café. 2º Congresso Brasileiro sobre pesquisas cafeeiras. Poços de Caldas 10-14 de set. 1974. IBC-GERCA Rio de Janeiro pp. 314-316.
- HERMAN, E. B., HASS, G. J. 1975. Clonal propagation of Coffea arabica L. from callus culture. Hortscience 10:588-589.
- HERON O., A., VALDES S., H. 1966. Respuesta a la aplicación de fertilizantes en dos proyectos de cafetos bajo sombra. Cenicafé 17:142-146.

- HUERTA S., A., ALVIM, P. de T. 1962. Índice de área foliar y su influencia en la capacidad fotosintética del café. *Cenicafé* 13:75-84.
- HUXLEY, P. A. 1967. The effects of artificial shading on some growth characteristics of Arabica and Robusta coffee seedlings. I. The effect of shading on dry weight, leaf area and derived growth data. *Journal of applied Ecology*. 4:291-308.
- HUXLEY, P. A. ed. 1969. Intensification of coffee growing in Kenya. Proceedings of a seminar held in Nairobi on December 16, 17, and 18, 1968. Coffee Research foundation, Ruiru, Kenya. 231 p.
- HUXLEY, P. A., CANNELL, M. G. R. 1970. Some physiological factors to be considered in intensification. *Kenya Coffee* 35:176-179.
- IFCC. 1974. Rapport d'activité 1973. Paris. 98 p.
- IFCC. 1975. Rapport d'activité 1974. Paris. 94 p.
- IFCC. 1976. Rapport d'activité 1975. Paris. 114 p.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CAFE. 1974. Tecnología cafetalera Mexicana. 25 años de investigación y experimentación. México. 194 p.
- LOTT, W. L., McCLUNG, A. C., DE VITA R., GALLO, J. R. 1961. Estudio de cafetales de San Pablo y Paraná mediante el análisis foliar. *IBEC Research Institute Boletín* 26. 67 p.
- LOUE, A. 1954. Etude de la nutrition du caféier par la méthode du diagnostic foliaire. In: Bingerville, Côte d'Ivoire. Centre de Recherches Agronomiques. Contributions à l'étude du caféier en Côte d'Ivoire. Paris Ministère de la France d'Outre-Mer. pp 241-254. (Bulletin Scientifique N°5).
- MALAVOLTA, E., MENARD, N., LOTT, W. L. 1959. Estudos sobre a alimentação mineral do caféiro. II Absorção do superfosfato radioactivo pelo caféiro (*Coffea arabica* L. var Bourbon Amarelo) em condições de campo. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz"* 16:101-111.
- MALAVOLTA, E., HAAG, H. P., MELLO, F. A. F., BRASIL SOBR O. M. O. C. 1962. On the mineral nutrition of some tropical crops. International Potash Institute. Berne. 155 p.
- MANUAL DE RECOMENDACIONES PARA CULTIVAR CAFE. 1976. 2ª Edición. Oficina del Café. San José, Costa Rica. 67 p.
- MARCONDES, D. A. S., MACHADO, J. R., BRINHOLI, O., BENEZ, S. M. Efeito do Acido 2-cloroetil-fosfónico (Ethrel) na maturação de frutas do caféiro na região de Botucatu. S. O. Resumos 2º Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras. Poços de Caldas 10-14 de setembro de 1974.. IBC-GERCA. Rio de Janeiro. p. 305

- MEDCALF, J. C., LOTT, W. L. 1956. Metal chelates in coffee. IBEC. Research Institute Bulletin N°11. 19 p.
- MITCHELL, H. W. 1976. Research on close spacing systems for intensive coffee production in Kenya. Part. 1. Kenya Coffee 41:124-136.
- MÜLLER, L. W. 1966. Coffee nutrition. In: H. F. Childers, ed. Temperate and Tropical Fruit Nutrition. Sommerset Press Inc. Somerville (N. 3). U.S.A. pp. 685-776.
- NEWTON, D. A. 1952. A preliminary study of the growth and flower habits of Coffea arabica. Unpublished report. IICA. Turrialba, Costa Rica. 17 p.
- NUNES, M. A., BIERHUIZEN, J. F., PLOEGMAN, C. 1968. Studies on productivity of coffee. I. Effect of light, temperature and CO<sub>2</sub> concentration on photosynthesis of Coffea arabica. Acta Botánica Neerlandica 17:93-102.
- NUNES, M. A., BIERHUIZEN, J. F., PLOEGMAN, C. 1969. Studies on productivity of coffee III. Differences in photosynthesis between four varieties of coffee. Acta Botánica Neerlandica 18:420-424.
- NUTMAN, F. J. Studies on the physiology of Coffea arabica. 1947. I. Photosynthesis of coffee leaves under natural conditions. Annals of Botany (n.s.) 11:353-367.
- OSTENDORF, F. W. 1962. The coffee shade problem. Review article. Tropical Abstract 17:577-581.
- OYEBADE, I. T. 1971. Effect of preharvest sprays of ethrel (2 chloroethane phosphonic acid) on Robusta Coffee (Coffea canephora) berries. Turrialba 21:442-444).
- OYEBADE, I. T. 1976. Influence of pre-harvest sprays of ethrel on ripening and abscission of coffee berries. Turrialba 26:86-89.
- PEREZ, J., GUTIERREZ, G. 1976. Respuesta de algunos cultivares y variedades de C. arabica a diferentes densidades de siembra. Anales II Congreso Agronómico Nacional. Vol. I. Resúmenes. San José, Costa Rica. pp. 22-27.
- PORTERES, R. 1946. Action de l'eau après une période sèche sur le déclenchement de la floraison chez Coffea arabica L. Agronomie Tropicale 1:148-158.
- RAJU, L., SUBRAMANIAN, T. R. 1969. Studies on leaf analysis in the NPK nutrition of arabica coffee. Turrialba 19:43-56.
- REYNA, E. H. 1968. La técnica del injerto hipocotiledonar del cafeto para el control de nemátodos. Café (Lima) 7(1):5-11.

- RIGITANO, A. 1975. Colheita mecanica, um metodo eficiente de aproveitamiento. A granja 324-37-44.
- RODRIGUEZ, S. T., MOLERO, J. J. 1970. Ethrel, a potential coffee ripener. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 54:689-690.
- SARRUGE, J. R., AMORIM, H. R. de, MALAVOLTA, E. 1966. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XVIII. Nota sobre a absorção foliar e radicular do fósforo por plantas jovens de Coffea arabica L. var Mundo Novo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz" Piracicaba 23:81-84.
- SNOECK, J. 1968. La rénovation de la caféiculture malgache à partir de clones sélectionnés. Café, Cacao, Thé 12:223-235.
- SNOECK, J. 1973. Adaptation d'une méthode de groupement de la maturation des fruits de caféier Robusta. Essai préliminaire avec l'éthéphon. Café, Cacao, Thé 17:129-136.
- SNOECK, J., BERNARD-COFFRE, P., PECHEREAU, M. 1976. La récolte mécanique du café à l'aide d'un fouetteur. Café, Cacao, Thé 20:297-300.
- SONDHAL, M. R., TEXEIRA, A. A., FAZUOLI, L. C., MONACO, L. C. 1974. Efeitos do etileno sobre o tipo e qualidade de bebida de café. Turrialba 24:17-19.
- SYLVAIN, P. G. 1958. The photosynthesis of Coffea arabica L. a reviews of pertinent literature. IAIAS Coffee and Cacao Reviews. Inter-American Institute of Agricultural Sciences. Turrialba, Costa Rica 14 p.
- TEIXEIRA, A. A., MATIELLO, J. B., MIGUEL, A. E., SILVA, J. B. S., PAULINO, A. J., JORGE, J. P. N. 1976. Observações preliminares sobre o efeito do ethrel na qualidades do café. Tercero Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Resumos. Curitiba/Parana 18/21 Novembro 1975. IBC-GERCA. Rio de Janeiro. pp. 213-216.
- UPEGUI, L. G., VALENCIA, G. G. 1972. Anticipación de la maduración de la cosecha de café con aplicaciones de ethrel. Cenicafé 23:19-26.
- VALENCIA, A. G. 1964. La deficiencia de boro en el cafeto y su control. Cenicafé 15:115-125.

- VALENCIA, G. G. 1973. Relación entre el índice de área foliar y la productividad del cafeto. *Cenicafé* 24:79-89.
- VICENTE=CHANDLER, J., ABRUÑA, F., BOSQUE-LUGO, R., SILVA, S. 1969. El cultivo intensivo del café en Puerto Rico. *Boletín* 218. Universidad de Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola. Recinto de Mayaguez, Río Piedras, Puerto Rico. 98 p.
- VICENTE-CHANDLER, J., SILVA, S., ABRUÑA, F. 1969. Plastic netting saves coffee time and money. *World farming* 11(11):6-8.
- VICENTE-CHANDLER, J., ABRUÑA, F., SILVA, S. 1975. Aspectos económicos del cultivo intensivo de café recolectando con mallas durante cuatro años en una plantación comercial. *Publicación* 95. Universidad de Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola. Recinto de Mayaguez, Río Piedras, Puerto Rico. 16 p.
- VOSSSEN, H. A. M., VAN DER, LAAK, J. Op. de. 1976. Large scale rooting of softwood cuttings of Coffea arabica in Kenya. I. Type of propagator, choice of rooting medium and type of cuttings. *Kenya Coffee* 41:385-389.