

L'IRRIGATION PRÉCOCE DU CAFÉIER ARABICA AU CAMEROUN

Méthode moderne de contrôle de l'antracnose des baies (*Colletotrichum coffeanum* Noack *sensu* Hindorf)

intégrée aux pratiques culturales

Assurance pour une production régulière de haut niveau

R. A. MULLER

Laboratoire de Phytopathologie, IFCC, Montpellier

GÉNÉRALITÉS : OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'étude de l'irrigation précoce du caféier Arabica, qui est présentée ici, a été faite au Cameroun dans le cadre d'un travail de phytopathologie concernant l'antracnose des baies, souvent désignée sous le nom de « Coffee Berry Disease » (C.B.D.) par les auteurs anglophones, et qui est due à un champignon, *Colletotrichum coffeanum* Noack *sensu* Hindorf.

On notera en premier lieu que nous nous sommes attaché avant tout à étudier les phénomènes biologiques déterminés par cette pratique agronomique et que, si nous avons tenté de rester dans des limites techniques acceptables d'application de l'irrigation, nous n'avons pas cherché à définir des normes concernant les méthodes d'apport d'eau, les débits, les puissances nécessaires, etc, toutes choses qui relèvent d'études de génie rural et dépendent des conditions ponctuelles

rencontrées par l'utilisateur éventuel, du fait du climat et du sol : ces études de génie rural ne doivent en effet être effectuées qu'en deuxième position, après qu'ont été définis des objectifs biologiques, et en fonction de ces objectifs.

On trouvera donc ici l'étude des réactions du caféier Arabica à des apports d'eau de saison sèche et concernant :

- les relations de la plante avec le *Colletotrichum coffeanum* Noack *sensu* Hindorf, agent de l'antracnose des baies ;
- la végétation de la plante considérée en termes de poussées foliaires, et qui est peu dissociable de ses relations avec les agents des rouilles, *Hemileia vastatrix* B. et Br. et *H. coffeicola* Maublanc et Roger.

L'IRRIGATION PRÉCOCE ET L'ANTHRACNOSE DES BAIES

La maladie

On trouve l'antracnose des baies sur les fruits à tous les stades de leur développement, mais ses symptômes typiques ne se rencontrent que sur les fruits verts où l'on peut distinguer deux types de lésions, la forme « scab », pourriture sèche de la pulpe à évolution

lente, et la forme « active », pourriture humide à évolution rapide, beaucoup plus grave, car elle conduit, en fin d'évolution, à la destruction totale de la baie qui devient intégralement noire et vide, les graines étant totalement pourries.

Les pertes dues à cette affection peuvent être très importantes et atteindre jusqu'à 80 % de la production.

ASIC, 8^e Colloque, Abidjan, 1977

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

B 3370

N° : 3378

Cote : B

14 Oct. 1983

L'étude de l'évolution de la maladie au cours de l'année a été effectuée en examinant chaque semaine une population de baies d'effectif connu. Cette étude, poursuivie pendant plusieurs années en différentes localités, nous a conduit à dresser le schéma synthétique de la figure 1. Sur ce schéma, correspondant à une population de baies issue d'une floraison du 1^{er} mars :

— la courbe A donne l'évolution de l'infection exprimée en pourcentages de baies malades par rapport à l'effectif présent lors de chaque observation hebdomadaire ;

— la courbe B donne l'évolution de l'effectif de la population observée.

On constate que l'infection présente trois phases :
— une phase de croissance en début de campagne, d'abord lente, puis rapide, qui se ralentit ensuite pour aboutir à :

— une phase de stabilisation, ou même de régression, du fait de la disparition de baies malades sans apparition de lésions nouvelles sur les baies encore saines ;

— une troisième phase, de recrudescence, au moment de la prématuration et de la maturation.

On constate simultanément que la population de baies évolue dans le sens d'une diminution des effectifs par suite de la chute des baies malades : cette réduction des effectifs est d'abord lente, puis s'accélère, pour s'arrêter ensuite, la courbe devenant presque horizontale.

Il est évident que les pertes constatées à un moment donné sont le résultat de l'infection observée au cours de la période immédiatement précédente. Aussi, pour évaluer, en termes de pertes, la gravité réelle de la maladie caractérisée par un taux d'attaque donné.

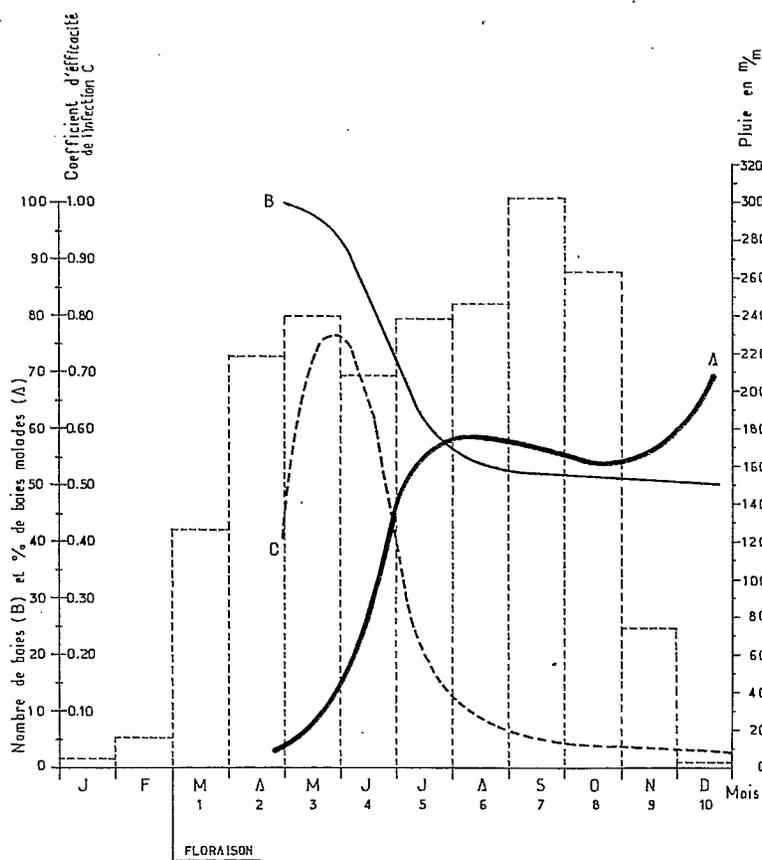


Fig. 1. — Graphique synthétique montrant :

- qualitativement l'évolution de l'infection par l'antracnose des baies (courbe A) en trois phases : croissance, stabilisation (et même régression) et recrudescence,
- qualitativement l'évolution des pertes dues à l'antracnose des baies (courbe B) avec une phase aiguë et une phase de stabilisation ou de faible variation des effectifs,

- qualitativement et quantitativement l'évolution du coefficient d'efficacité de l'infection (courbe C), présentant ses plus hautes valeurs durant les stades jeunes des fruits, et se stabilisant à des valeurs faibles à partir du cinquième mois.

avons-nous étudié les corrélations existant entre les taux d'infection constatés à un moment donné et les pertes enregistrées au cours des sept jours suivants.

Les résultats obtenus n'ont de sens qu'en datant chacun des couples de données comme le montre la figure 2 : on remarque en effet que, pendant la première partie de la campagne, les pourcentages de pertes sont directement fonction du taux d'attaques, la proportion de baies détruites pour un taux d'attaques donné étant très élevée, tandis qu'au cours de la seconde partie de la campagne, cette proportion est de plus en plus faible avec le vieillissement des fruits.

Le rapport entre le nombre de baies perdues entre deux observations successives et le nombre de baies malades lors de la première de ces observations est donc, pour la période considérée, indicatif de la sensibilité des fruits : ce rapport, ou « coefficient d'efficacité de l'infection », calculé pour chaque semaine, évolue comme l'indique la courbe C de la figure 1 : il a ses plus hautes valeurs au cours des stades jeunes des fruits, entre la huitième et la seizième semaine de leur développement, puis des valeurs plus faibles qui se stabilisent à des niveaux très bas à partir de la vingt-deuxième semaine de développement du fruit.

C'est la coïncidence des hautes valeurs du coefficient de vulnérabilité du fruit et de conditions climati-

ques favorables au parasite (humidité) qui donne à la maladie toute sa gravité.

Ce coefficient d'efficacité de l'infection des baies a en fait le sens d'indice de sensibilité du fruit à l'agression parasitaire, et doit être considéré comme une caractéristique intrinsèque du fruit, indépendante des éléments extérieurs, pendant les stades de développement du fruit précédant la maturation.

On a pu constater en effet que la période où le coefficient d'efficacité de l'infection a ses plus faibles valeurs coïncide avec la phase de stabilisation de l'infection ; or cette phase de stabilisation de l'infection est non seulement marquée par une période où aucune lésion nouvelle n'est décelable, bien que les conditions climatiques, caractérisées alors par une très forte humidité, soient en principe favorables à une activité parasitaire intense, mais aussi par le fait que les lésions existantes sont bloquées dans leur développement et même régressent par desquamation lente des tissus nécrosés, ce qui est une sorte de phénomène de guérison.

De plus, on constate qu'au moment de la prématurité et de la maturation des fruits, alors qu'on se trouve en saison sèche, donc en période peu favorable à la dissémination des spores et à leur germination, de nouvelles lésions apparaissent.

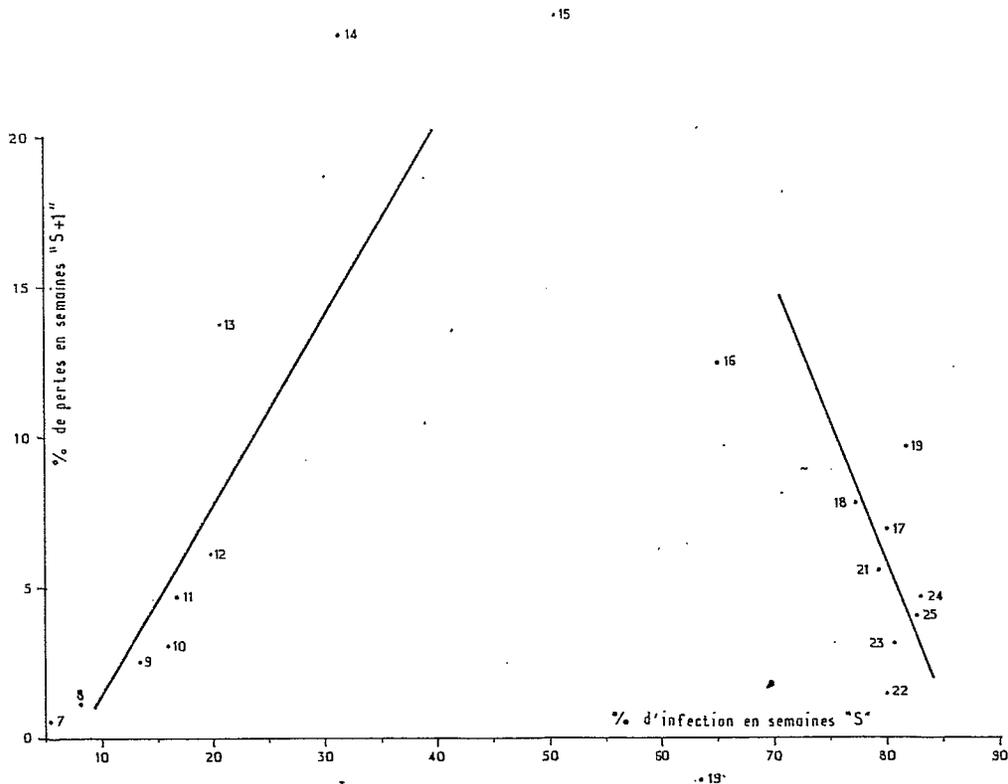


Fig. 2. — Conséquences, sur la production, d'une infection donnée :

- en abscisses : les pourcentages d'infection existant au moment d'une observation effectuée lors de la semaine : « S » ;
- en ordonnées : les pertes constatées entre deux observations successives (S et S + 1).

On note que pendant les premières semaines s'établit une relation directe entre infections et pertes, et une relation indirecte ensuite : les conséquences de l'infection sur les effectifs varient avec l'âge des baies.

Cette triple constatation permet donc de penser :
 — qu'au cours de la phase de stabilisation des taux d'infection marquée par les plus faibles valeurs du coefficient d'efficacité de l'infection, les fruits sont insensibles à l'agression parasitaire, leurs tissus superficiels (épiderme et pulpe) ne se prêtant ni à la pénétration (absence de nouvelle lésion), ni au développement interne du pathogène (blocage et régression des lésions existantes) ;

— que les lésions qui apparaissent tardivement résultent de la pénétration de l'agent pathogène à la fin de la phase de croissance des taux d'infection, mais non suivie d'un développement interne. Les tissus du fruit ne se prêtant pas alors à ce développement ; après une période de latence s'étendant sur toute la période

de stabilisation des taux d'infection, le développement du pathogène ne reprendra qu'avec les profondes transformations des tissus du fruit caractérisant la prématuration et la maturation.

Hypothèse de travail conduisant à la pratique de l'irrigation précoce

Cette conception déduite d'un raisonnement logique, demandait à être vérifiée. Aussi avons-nous, pour ce faire, formulé l'hypothèse de travail exposée ci-après et schématisée par la figure 3.

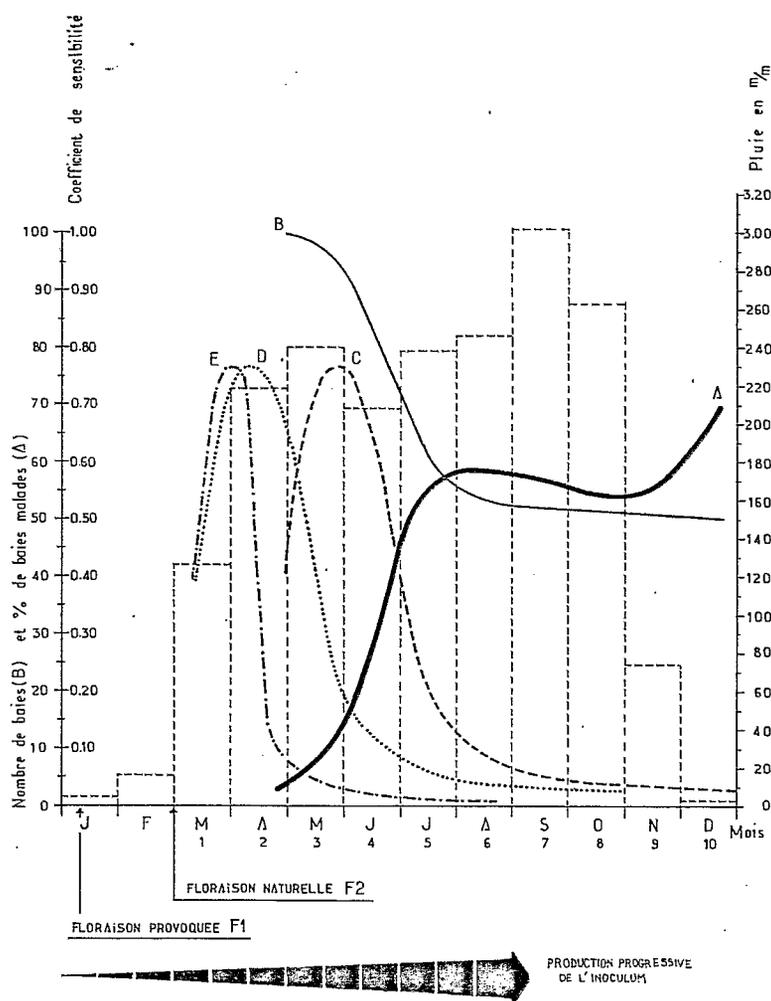


Fig. 3. — Graphique synthétique et hypothétique tendant à montrer :

- la position dans le temps et l'évolution qualitative de l'infection (courbe A), des pertes (courbe B) et du coefficient d'efficacité de l'infection (courbe C), pour une floraison naturelle F2 survenant le 1^{er} mars ;
- pour une floraison précoce F1 provoquée par irrigation

début janvier, la position dans le temps et l'évolution du coefficient d'efficacité de l'infection des baies pour une croissance normale de celles-ci (courbe D) et pour une croissance accélérée (courbe E).

Dans cette figure, on a repris les courbes A, B et C de la figure 1, qui donnent l'image des phénomènes constatés pour une population de baies issues d'une floraison naturelle F2 survenant le 1^{er} mars.

Les boutons floraux qui ont donné naissance à cette floraison F2 ont été formés à la fin de la campagne précédente et sont restés dormants au cours des mois de décembre, janvier et février, dans l'attente d'une première pluie les portant à épanouissement après une dizaine de jours. Il est possible de provoquer artificiellement une floraison plus précoce en effectuant, au cours de la saison sèche, un apport d'eau suffisant.

Si, par l'irrigation, on obtient ainsi une floraison précoce F1, sept ou huit semaines avant F2, et si on assure la croissance des jeunes fruits en saison sèche, grâce à des apports d'eau successifs, on déplace d'autant tout le cycle de développement du fruit, et en particulier la courbe représentant son indice de sensibilité qui va se trouver placée en D ; dans ces conditions, les fruits auront atteint un stade de presque insensibilité lorsque les conditions climatiques assureront au parasite ses possibilités d'intervention et les baies devraient échapper au moins en partie aux attaques : la courbe donnant l'évolution des taux d'infection devrait

toujours être située en position A, car conditionnée par l'humidité, mais elle ne devrait exprimer, quantitativement, que des valeurs faibles.

Cette esquisse devrait être encore plus importante si, pour une même date de floraison précoce F1, on pouvait accélérer la croissance des fruits, réduisant ainsi au maximum la période de sensibilité maximale : le coefficient de sensibilité évoluerait alors selon la courbe E.

Effets de l'irrigation précoce sur l'antracnose des baies

Ces hypothèses ont été vérifiées expérimentalement.

Dans un premier essai comportant deux floraisons précoces obtenues les 26 janvier et 19 février et une floraison naturelle survenue le 11 mars, on a constaté (figure 4) que les populations de baies issues de ces floraisons successives étaient d'autant moins atteintes qu'elles étaient plus précoces. Sans doute pourrait-on reprocher à cette expérience que les différences d'attaques entre les témoins tardifs et les baies les plus

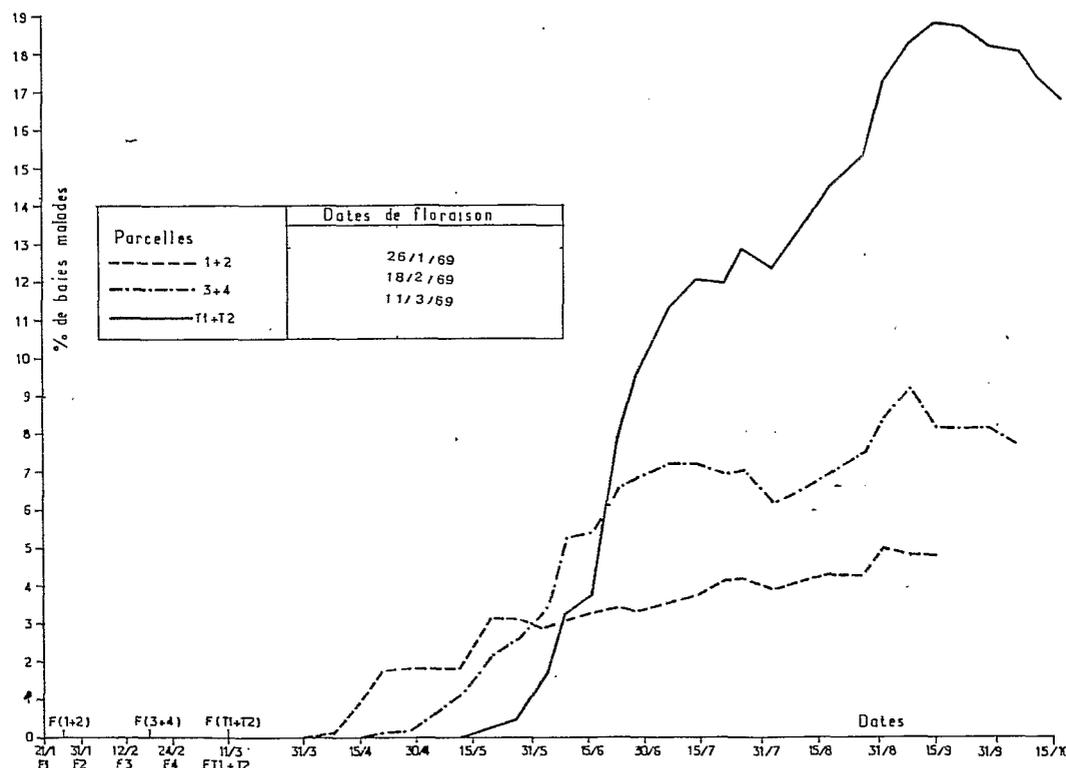


Fig. 4. — Essai de 1969 - Evolution des attaques d'antracnose des baies exprimées en pourcentages de baies malades par rapport à l'effectif de baies existant lors de chaque observation, pour des floraisons survenues à des dates fictives moyennes :

le 26/1 : parcelles 1 + 2
 le 18/2 : parcelles 3 + 4
 le 11/3 : parcelles T1 + T2

(Données moyennes obtenues après regroupement des parcelles deux à deux).

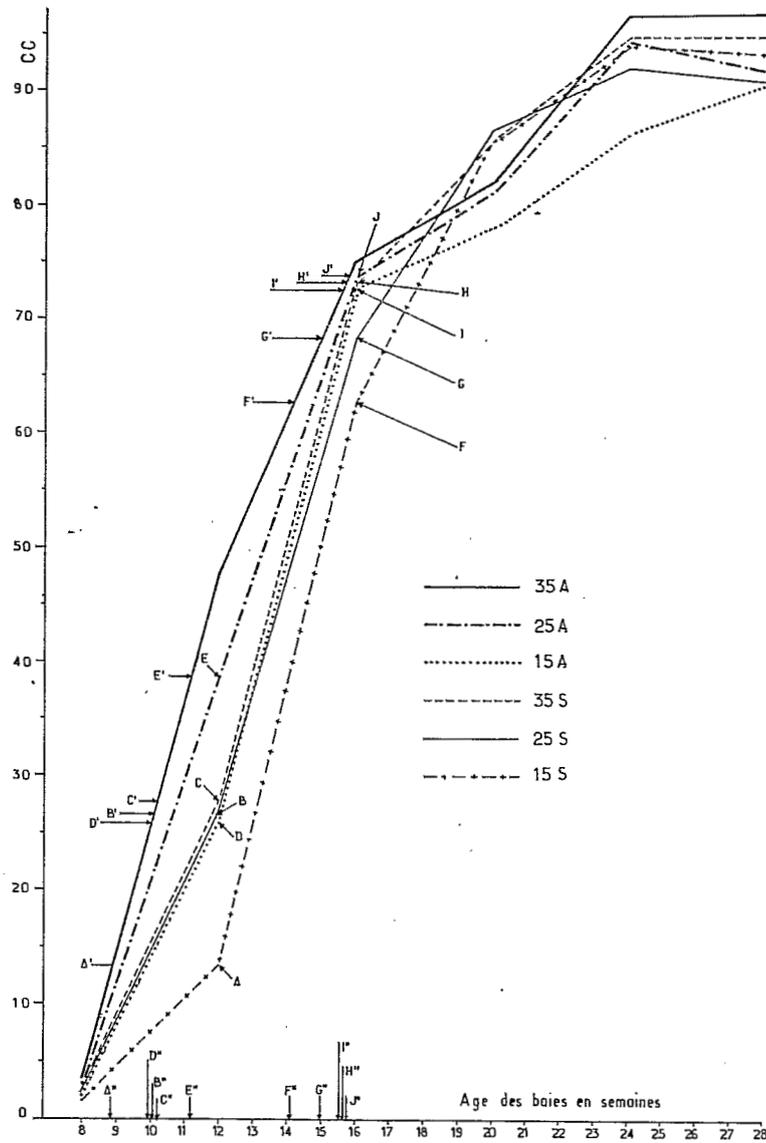


Fig. 5. — Evolution du volume de cent baies exprimé en centimètres cubes et estimation du retard de croissance des baies dans les différents traitements, par rapport à la croissance des baies du traitement le plus favorable (35A).

1. Le volume des baies des traitements 15S, 25S, 35S, 15A, 25A est marqué, sur les courbes correspondant à ces traitements, respectivement aux points A, B, C, D, E, pour la douzième semaine, et aux points F, G, H, I, J, pour la seizième semaine.

2. Les points A', B', C', D', E', F', G', H', I', J' sont la projection, sur la courbe correspondant au traitement 35A, des points A, B, C, D, E, F, G, H, I, J.

3. Les points A'', B'', C'', D'', E'', F'', G'', H'', I'', J'', projections sur l'axe des abscisses des points A', B', C', D', E', F', G', H', I', J', permettent de mesurer le retard, exprimé en semaines, enregistré dans le développement des baies des traitements 15S, 25S, 35S, 15A, 25A, par rapport au développement des baies du traitement 35A. On peut voir que :

- à la douzième semaine :
 - les baies 15S (A'') sont au stade où se trouvaient les baies 35A entre la huitième et la neuvième semaine ;
 - les baies 25S (B''), 35S (C'') et 15A (D'') sont au stade où se trouvaient les baies 35A à la dixième semaine ;
 - les baies 25A (E'') sont au stade où se trouvaient les baies 35A à la onzième semaine ;
- à la seizième semaine :
 - les baies 15S (F'') sont au stade où étaient les baies 35A à la quatorzième semaine ;
 - les baies 25S (G'') sont au stade où étaient les baies 35A à la quinzième semaine ;
 - les baies 35S (H''), 25A (I'') et 15A (J'') sont à un stade très proche de celui des baies 35A.

A = irrigation par aspersion

S = irrigation au sol

35-25-15 équivalents-pluies hebdomadaires moyens en mm

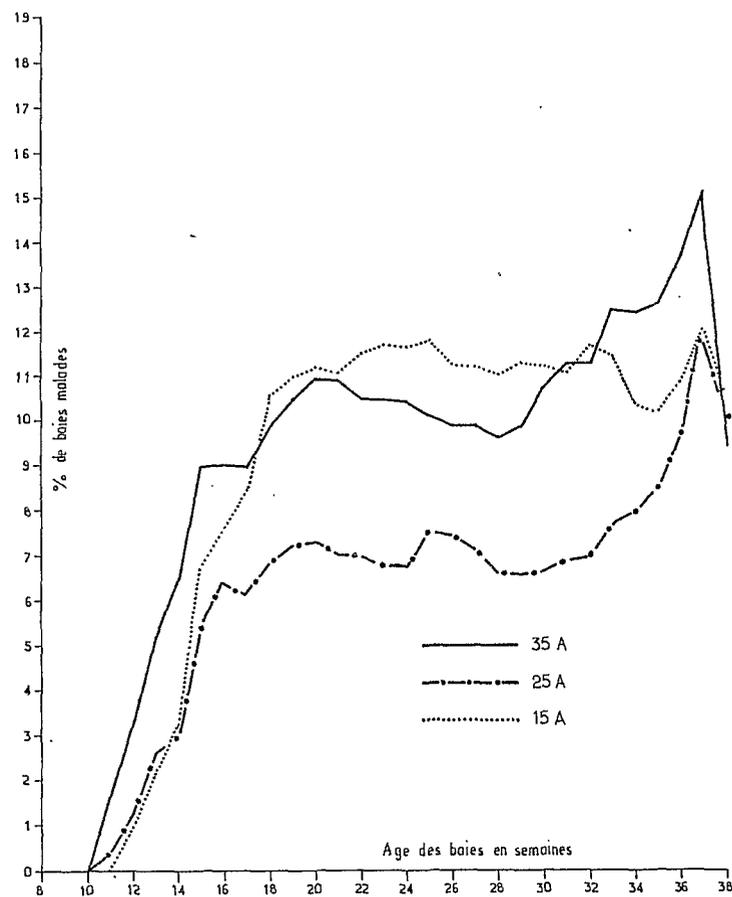
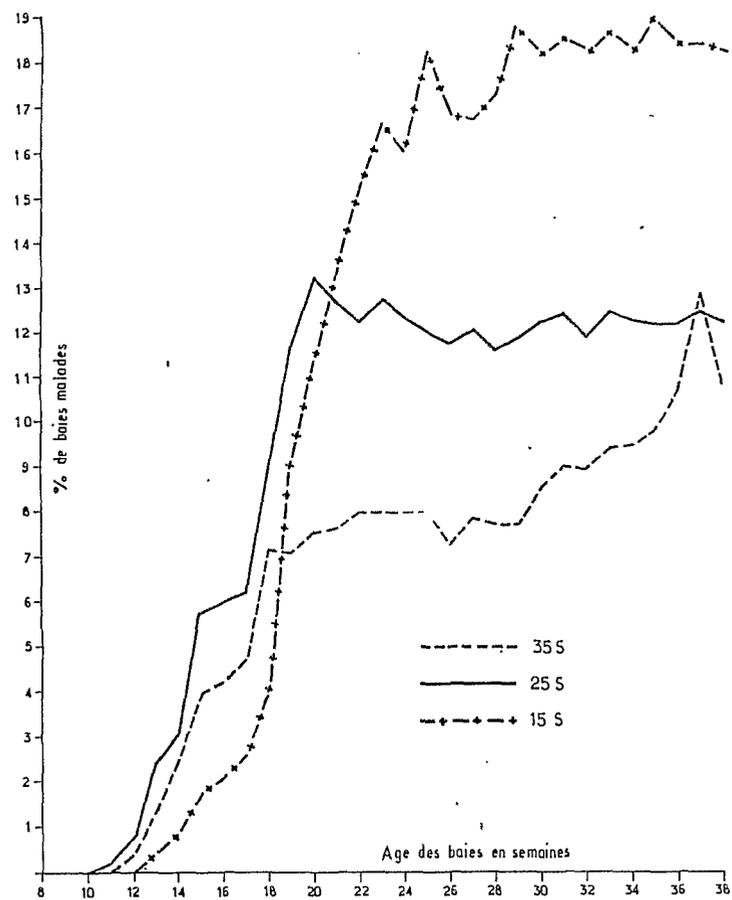


Fig. 6 et 6 bis. — Essai de 1970 — Evolution de l'infection par anthracnose des baies exprimée en pourcentages de baies porteuses du parasite par rapport à l'effectif total de baies

existant lors de chaque observation, pour des parcelles irriguées au sol (S) et par aspersion (A) et recevant un équivalent-pluie moyen de 35, 25 ou 15 mm par semaine.

précoces ne sont pas très grandes. Cela est dû à une particularité de l'année, la gravité de la maladie pouvant varier dans de grandes proportions d'une année à l'autre en un même point, ou d'un site à l'autre au cours d'une même année. Ce qui compte surtout ici n'est pas la différence quantitative constatée dans les taux d'infection des trois populations de baies en étude, mais le fait qu'au même moment climatique favorable au parasite, les baies tardives des témoins sont en pleine phase d'infection aiguë alors que les baies les plus précoces sont dans la phase de stabilisation de l'infection.

Dans un autre essai, où l'on a comparé les trois équivalents-pluies hebdomadaires moyens de 35 mm, 25 mm et 15 mm, apportés par aspersion d'une part, et au sol d'autre part, on a pu constater, pour une même date de floraison précoce (figure 5, p. 494) des différences importantes dans la vitesse de développement des fruits : à la douzième semaine après la floraison, le volume de cent baies n'est que de 12 cm³ pour celles qui n'ont reçu que 15 mm par semaine au sol (apports d'eau les moins efficaces) alors qu'il est de 48 cm³ pour celles qui ont reçu les apports d'eau les plus efficaces, soit 35 mm par semaine par aspersion. On constate que la vitesse de développement des fruits est, d'une part, plus rapide avec l'aspersion et, d'autre part, directement fonction des quantités d'eau hebdomadaires moyennes. On constate que les taux d'infection sont inversement proportionnels à cette vitesse de développement.

C'est ainsi que l'on n'atteint que 7 % d'attaque pour un équivalent-pluie de 35 mm par semaine par aspersion, mais 8 %, 12 % et 18 % d'attaques pour 35 mm, 25 mm et 15 mm d'eau par semaine au sol (figure 6, p. 495). Là encore, on peut voir que, pour un même moment climatique, les baies dont le développement est le plus lent sont en phase aiguë d'infection, alors que celles qui ont eu un développement rapide ont atteint la phase de stabilisation de l'infection.

Conclusions

L'irrigation précoce telle que nous l'avons pratiquée a donc permis de démontrer la réalité des variations de sensibilité du fruit au cours de son développement. Mais au plan pratique, elle apparaît comme un moyen de contrôler la maladie grâce à un phénomène d'esquive : alors que dans les conditions naturelles, la gravité de la maladie résulte de la coïncidence des stades les plus sensibles du fruit et de conditions climatiques favorables au parasite, sous irrigation précoce on a un décalage des stades sensibles du fruit par rapport aux conditions favorables au parasite : ce décalage est tel que les baies échappent, en partie au moins, aux attaques.

C'est là le premier intérêt de l'irrigation précoce telle que nous l'avons pratiquée.

L'IRRIGATION PRÉCOCE, LES ROUILLES FOLIAIRES ET LA VÉGÉTATION DU CAFÉIER

Problèmes posés

L'irrigation précoce, dont on vient de voir qu'elle constitue une méthode de contrôle de l'antracnose des baies, n'empêche malheureusement pas complètement l'usage des fongicides. Dans la zone camerounaise de l'étude, on est en effet confronté à deux autres affections cryptogamiques, les rouilles foliaires, dues à *Hemileia vastatrix* et à *H. coffeicola*.

Effets de l'irrigation précoce sur les attaques de rouilles

On a étudié l'importance des attaques de ces rouilles en fonction de la date de la reprise de végétation, c'est-à-dire en fonction de la date du premier apport d'eau naturel (pluies) ou artificiel. Dans un essai on avait ainsi trois dates échelonnées de reprise de végétation provoquée par l'irrigation précoce à partir du 8 janvier et à partir du 2 février d'une part, et les pluies tombées pour la première fois le 16 mars d'autre part. Les taux d'attaques constatés (tableau I, p. 498) sur

Fig. 7a, 7b et 7c. — Evolution structurelle des populations de feuilles avec et sans irrigation (1973).

T : arbustes non irrigués. Premières pluies à partir du 16 mars.

B : arbustes irrigués à partir du 2 février.

A : arbustes irrigués à partir du 8 janvier.

O : pas de traitement chimique.

Cu : traitements cupriques.

D : traitements à l'Orthodifolatan.

Sur chacun des graphiques, la ligne 0 sépare les vieilles feuilles (V.F.) restant de la campagne précédente (zone claire inférieure), qui constituent tout l'appareil foliaire des arbustes au début de l'expérience, et les feuilles fonctionnelles (F.F.), formées à partir de la date du premier apport d'eau (zone foncée supérieure).

Les effectifs sont exprimés en prenant pour unité égale à 100 l'effectif de vieilles feuilles à l'origine chez les témoins.

L'évolution des effectifs de ces deux catégories de feuilles est rendue bien visible par la forme et la surface des zones teintées qui les représentent tout au long de la campagne.

Les lignes verticales minces donnent la proportion de feuilles âgées (F.A.), feuilles jeunes (F.J.) et feuilles nouvelles (F.N.) telles qu'elles ont été comptabilisées sur le terrain et les lignes épaisses la proportion de vieilles feuilles (V.F.) et de feuilles fonctionnelles (F.F.), qui donnent une idée plus exacte de la structure de la population. Les nombres entre parenthèses sont les pourcentages de feuilles atteintes de *Hemileia vastatrix* et *Hemileia coffeicola*.

Tableau I. — Evolution de l'infection (*H. vastatrix* et *H. coffeicola* ensemble) aux mêmes dates pour les différents traitements, exprimée en pourcentages de feuilles porteuses de lésions par rapport à l'effectif en place lors de chaque observation

Dates	T			B			A		
	VF	FF	TF	VF	FF	TF	VF	FF	TF
27/2	--	--	--	--	--	--	2,4	0	1,5
26/3	--	--	--	1,1	0,6	0,9	--	--	--
24/4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20/5	0,3	0	0,2	2,4	0	1,3	8,1	1,1	3,5
12/6	2,0	0,4	1,5	7,8	3,2	5,5	13,8	5,9	8,3
10/7	5,2	2,9	4,3	24,1	15,9	19,6	31,7	25,0	26,7
7/8	15,4	6,4	11,4	49,7	29,7	37,5	61,5	44,9	48,4
4/9	30,5	19,1	24,8	67,1	45,5	52,4	82,8	69,4	71,3
3/10	30,9	20,6	26,6	69,3	51,0	55,6	81,7	70,9	71,8
31/10	55,3	32,4	41,0	71,0	53,5	56,4	--	70,0	70,0

T : témoin non irrigué

B : irrigation à partir du 2/2

A : irrigation à partir du 8/1

VF : vieilles feuilles (de la campagne précédente)

FF : feuilles fonctionnelles (de la campagne en cours)

TF : total de feuilles

vieilles feuilles restant de la campagne précédente et sur feuilles fonctionnelles formées pendant la campagne en cours sont beaucoup plus importants avec irrigation que sans irrigation et ce d'autant plus que l'irrigation est plus précoce.

L'irrigation précoce a donc une action favorisante sur le développement des rouilles foliaires.

Effets de l'irrigation précoce sur les poussées foliaires

Mais il nous est apparu que les pourcentages de feuilles malades étaient insuffisants pour donner une représentation précise des attaques : ceci est dû, d'une part, à ce que ces pourcentages portent sur des effectifs très différents de vieilles feuilles et de feuilles fonctionnelles et, d'autre part, au fait que ces effectifs évoluent très diversement suivant la date de la reprise de végétation, c'est-à-dire suivant que l'on irrigue ou non, et suivant la précocité du premier apport d'eau.

L'irrigation précoce exerce en effet une action très importante sur les poussées foliaires (figure 7a, p. 497). Cette figure donne une représentation de la dynamique du feuillage pour les arbustes laissés dans les conditions normales (To ayant reçu les pluies le 16 mars) et pour des arbustes ayant subi l'irrigation précoce à partir du 2 février (Bo) et à partir du 8 janvier (Ao).

Sur chacun des graphiques de cette figure, la ligne 0 sépare les vieilles feuilles restant de la campagne précédente (zone claire inférieure) et qui constituent tout l'appareil foliaire de l'arbuste au début de l'expérience, et les feuilles fonctionnelles, formées à partir de la date du premier apport d'eau (zone foncée supérieure).

On constate que chez les témoins, les vieilles feuilles s'éliminent lentement, une proportion importante restant encore en place à la fin d'octobre (42 %), alors que leur disparition est plus rapide chez les arbustes irrigués et ce d'autant plus que l'irrigation est plus précoce.

On constate que la formation des feuilles fonctionnelles est plus rapide, d'une part, et beaucoup plus abondante, d'autre part, chez les arbustes irrigués que chez les témoins et ce d'autant plus que l'irrigation est plus précoce : pour un effectif de vieilles feuilles égal à 100 au départ, on a une production de feuilles fonctionnelles de 70,5 chez le témoin To, de 84,6 en Bo et de 114,8 en Ao.

Il apparaît ainsi :

— que la masse foliaire des arbustes irrigués précocement est à la fois plus grande et plus jeune, donc plus fonctionnelle, que celle des arbustes laissés dans les conditions naturelles ;

— que l'activité de la masse foliaire doit être plus intense chez les arbustes irrigués précocement, car elle bénéficie, avant la période pluvieuse, d'un fort ensoleillement ; l'activité végétative des arbustes non irrigués coïncide au contraire avec la saison pluvieuse, moins favorable à la photosynthèse.

Par conséquent, on peut dire que l'irrigation précoce est un facteur favorable à la végétation de l'arbuste.

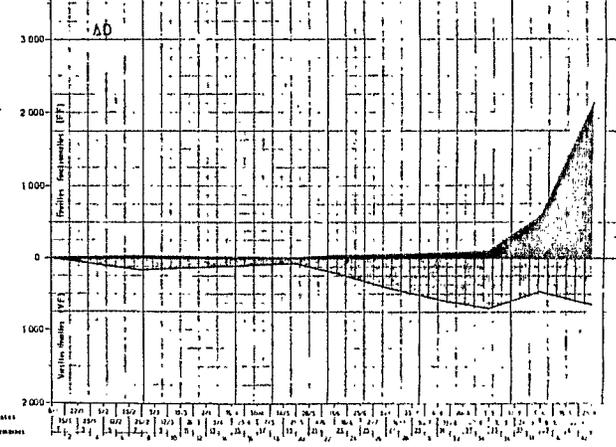
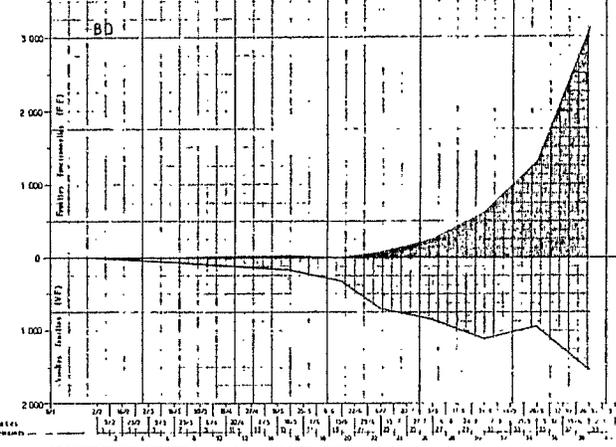
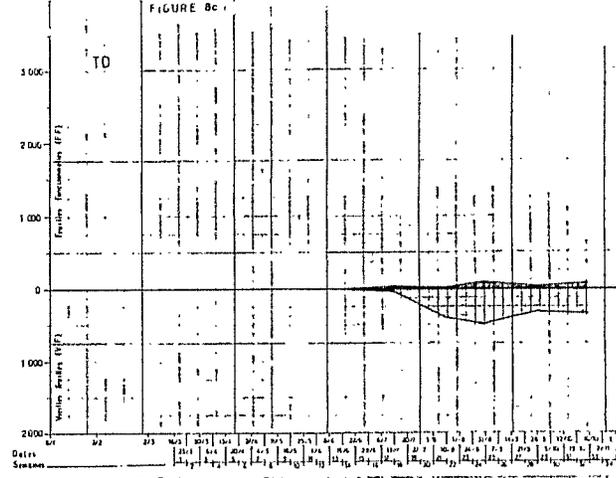
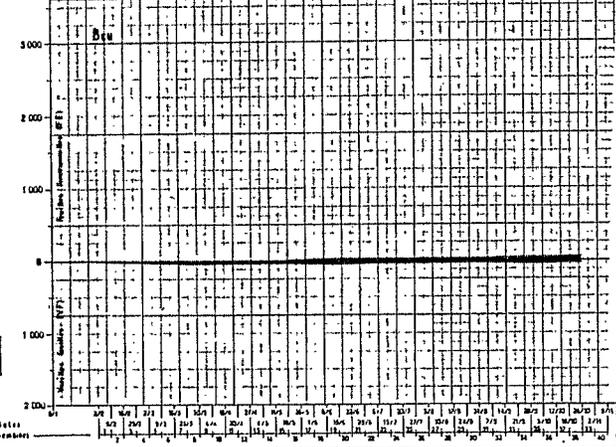
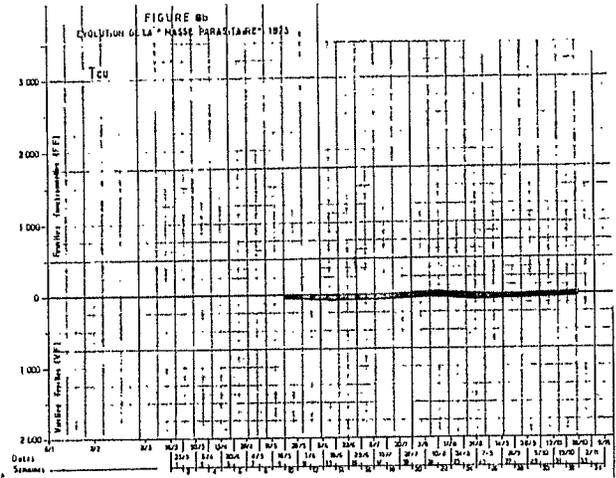
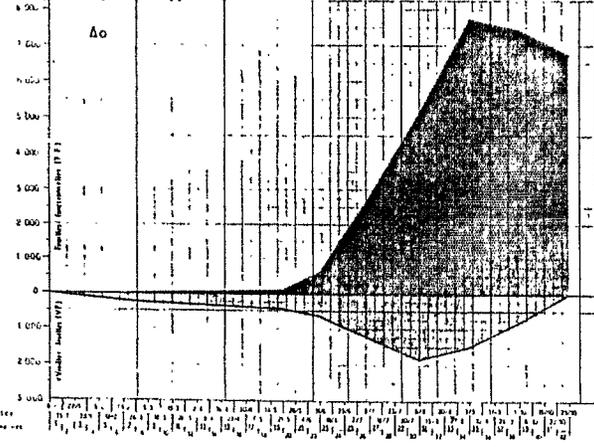
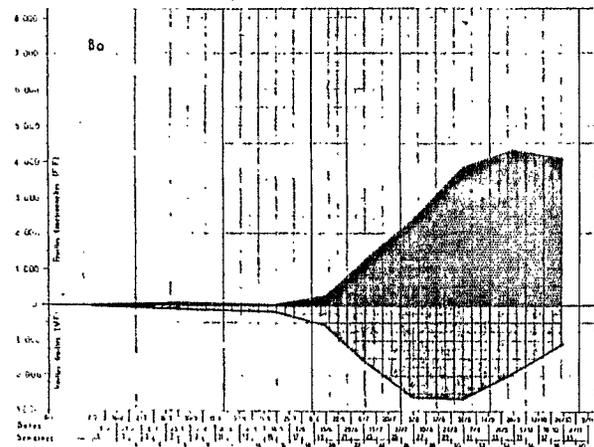
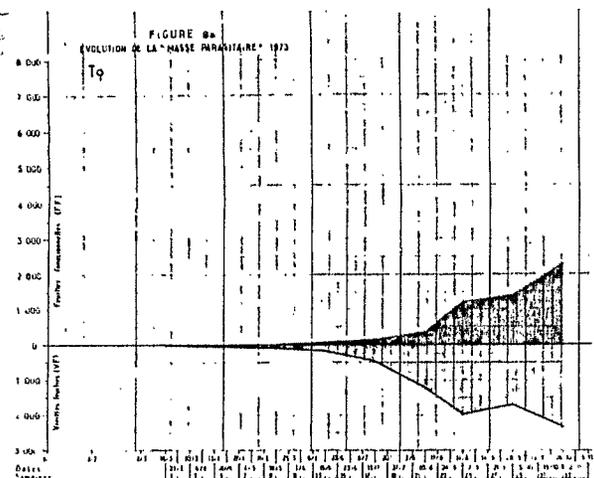
Effets de l'irrigation précoce au niveau du couple foliation-attaques des rouilles foliaires

La figure 7a montre malheureusement clairement qu'en fin de campagne, se produit une réduction notable de l'effectif de feuilles fonctionnelles chez les arbustes irrigués précocement et ce d'autant plus que l'irrigation est plus précoce : cette réduction est consécutive à un certain vieillissement des feuilles, mais aussi aux attaques des rouilles.

Les modifications du régime hydrique entraînant de profondes différences dans l'évolution du feuillage, il était nécessaire d'avoir un critère d'appréciation des

Fig. 8a, 8b et 8c. — Evolution de la « masse parasitaire » (1973).

14



attaques de rouilles qui tiennent compte de ces différences et qui permette ainsi une plus juste comparaison entre les intensités des attaques enregistrées sous les différents régimes hydriques.

Nous avons pensé que ce critère pouvait être la « masse parasitaire » (figure 8a, p. 499), produit des taux d'infection par les effectifs de feuilles concernés, ces effectifs étant exprimés en prenant pour unité commune égale à 100, le nombre de vieilles feuilles existant chez les témoins au moment de la reprise de la végétation : il s'agit en quelque sorte d'un pourcentage pondéré de feuilles malades, tous les effectifs, quelle que soit leur évolution, étant mesurés avec la même unité.

Cette représentation montre mieux l'importance réelle des attaques : tandis que les pourcentages d'infection faisaient penser que les attaques des deux *Hemileia* concernaient préférentiellement les vieilles feuilles, l'expression de la masse parasitaire fait ressortir au contraire que ces deux pathogènes affectent une grande masse de feuilles fonctionnelles, ce qui a évidemment plus de conséquences pour l'activité physiologique du feuillage. On constate que la masse parasitaire est plus grande chez les arbustes irrigués et ce d'autant plus que l'irrigation est plus précoce.

Complémentaire de la masse parasitaire, la « masse physiologique saine » est intéressante à considérer

(figure 9a) : cette « masse physiologique saine » est le produit des taux de feuilles saines par l'effectif concerné exprimé en prenant comme unité égale à 100, l'effectif de vieilles feuilles existant chez les témoins au moment de la reprise de végétation :

— on constate que, globalement, les tissus foliaires sains sont, de beaucoup, plus abondants chez les arbustes irrigués précocement et ce d'autant plus que l'irrigation est plus précoce :

— on constate aussi que ces tissus foliaires sains sont représentés par des tissus jeunes en plus grande proportion chez les arbustes irrigués, et ce d'autant plus que l'irrigation est plus précoce ;

— on constate enfin, chez les arbustes irrigués, une réduction brutale de cette masse de tissus jeunes et sains après la vingt-deuxième semaine de végétation, et ce d'autant plus que l'irrigation est plus précoce.

Nécessité et effets des traitements chimiques couplés avec l'irrigation précoce

On en conclura donc que l'irrigation précoce ne peut être pratiquée valablement que si des traitements fongicides sont effectués : si elle a un effet extrême-

Tableau II. — Evolution de l'infection (*H. vastatrix* et *H. coffeicola* ensemble) aux mêmes dates pour les différents traitements, exprimée en pourcentages de feuilles porteuses de lésions par rapport à l'effectif en place lors de chaque observation

Dates	Tcu			Bcu			Acu			TD			BD			AD		
	VF	FF	TF	VF	FF	TF	VF	FF	TF									
27/2	--	--	--	--	--	--	1,1	0	0,7	--	--	--	--	--	--	1,6	0,3	1,1
26/3	--	--	--	0,2	0	0,1	--	--	--	--	--	--	0,7	0	0,4	--	--	--
24/4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20/5	0,4	0	0,3	0,3	0	0,1	0,3	0	0,1	0	0	0	2,1	0,1	1,1	1,4	0	0,5
12/6	0,9	0	0,6	0,5	0,1	0,3	0,8	0	0,3	0	0	0	4,3	0	1,9	4,2	0,2	1,5
10/7	0,8	0	0,5	0,5	0,1	0,2	4,7	0	0,2	0,2	0,5	0,3	10,4	0,8	4,6	9,2	0,3	2,7
7/8	0,6	0,3	0,5	0,4	0,1	0,2	2,1	0,1	0,7	4,9	0,1	0,3	13,7	2,2	6,3	16,0	0,3	3,8
4/9	1,3	0	0,6	0,2	0,1	0,1	2,0	0,1	0,6	7,5	1,6	4,5	21,9	5,2	10,1	25,2	0,4	4,7
3/10	1,1	0	0,4	0,7	0,3	0,4	1,7	0,3	0,6	5,2	0,5	2,7	21,1	10,9	16,6	19,6	4,4	6,7
31/10	0,7	0,1	0,3	0,6	0,3	0,3	2,8	0,5	0,9	6,4	1,2	3,3	44,5	25,4	29,6	35,6	15,9	18,2

VF : vieilles feuilles (de la campagne précédente)
 FF : feuilles fonctionnelles (de la campagne en cours)
 TF : total des feuilles
 A : irrigation à partir du 8/1

Cu : traitement cuprique (*)
 D : traitement à l'Orthodifolatan

B : irrigation à partir du 2/2 T : témoin non irrigué

(*) On notera que les traitements sont au nombre de 3 dans les parcelles irriguées et au nombre de 7 (pour les cupriques) et de 5 (pour l'Orthodifolatan) dans les parcelles non irriguées.

Fig. 9a, 9b et 9c. — Evolution de la « masse physiologique saine », (1973).

T : arbustes non irrigués. Premières pluies à partir du 16 mars.
 B : arbustes irrigués à partir du 2 février.
 A : arbustes irrigués à partir du 8 janvier.
 O : pas de traitement chimique.
 Cu : traitements cupriques.
 D : traitements à l'Orthodifolatan.

Sur tous les graphiques, la ligne 0 sépare les vieilles feuilles (V.F.) restant de la campagne précédente (zone claire infé-

rieure), et qui constituent tout l'appareil foliaire de l'arbuste au début de l'expérience, et les feuilles fonctionnelles (F.F.). formées à partir de la date du premier apport d'eau (zone foncée supérieure).

Masses parasitaires et masses physiologiques saines ont été calculées sur les effectifs exprimés en prenant pour unité égale à 100 l'effectif de vieilles feuilles existant à l'origine chez les témoins.

Leur évolution est rendue bien visible par la forme et la surface des zones teintées qui les représentent tout au long de la campagne.

FIGURE 8a
EVOLUTION DE LA "MASSE PHYSIOLOGIQUE" 1973

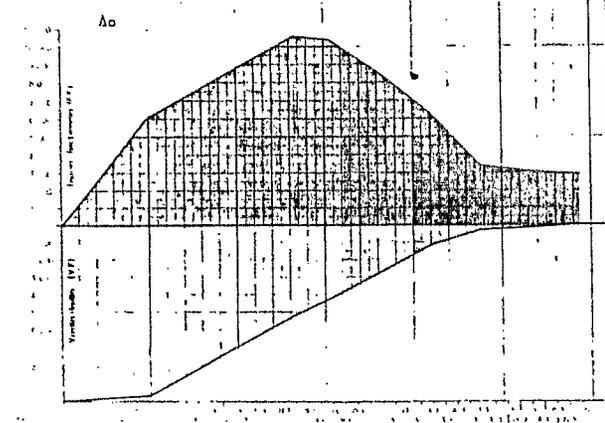
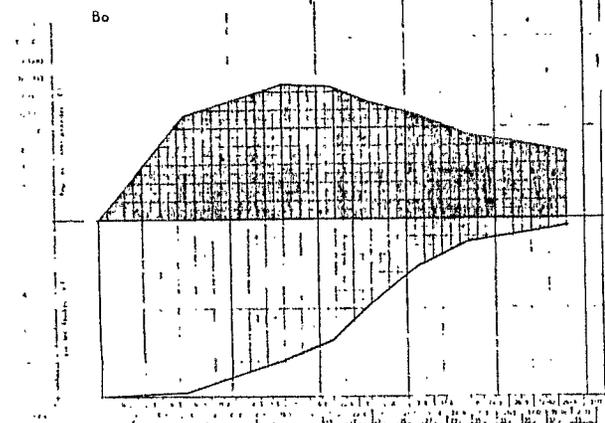
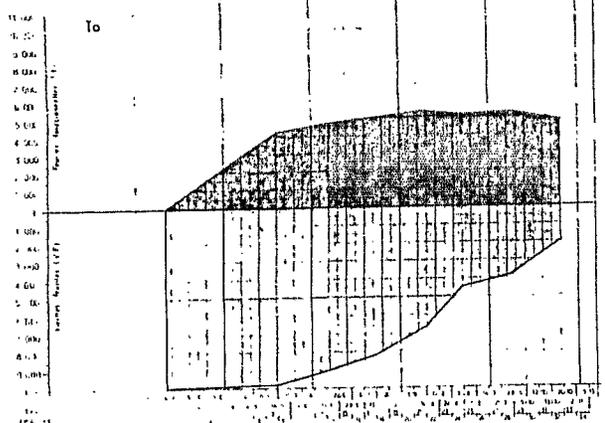


FIGURE 8b
EVOLUTION DE LA "MASSE PHYSIOLOGIQUE SAINES" 1973

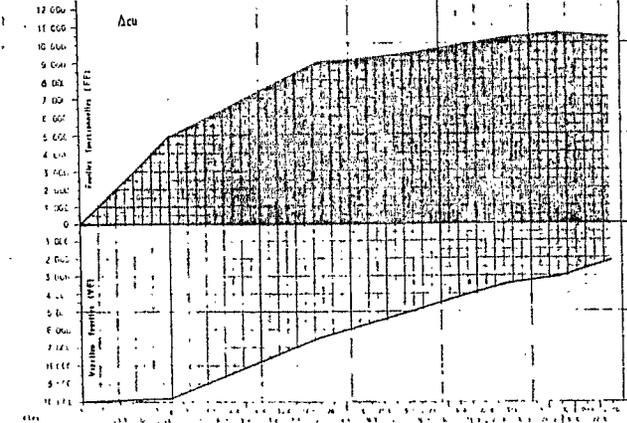
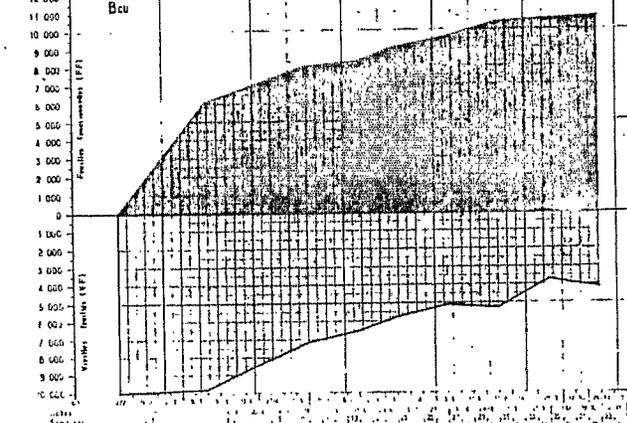
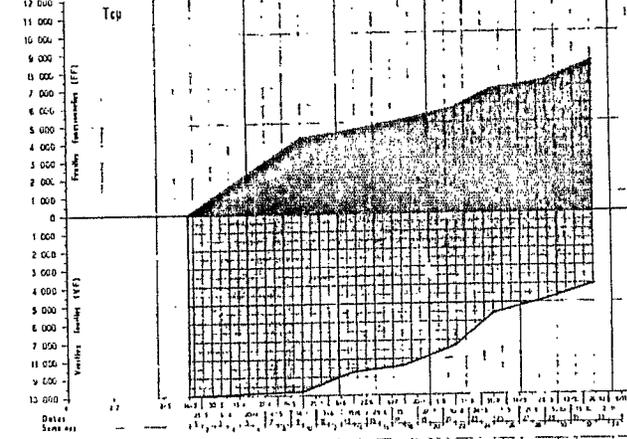
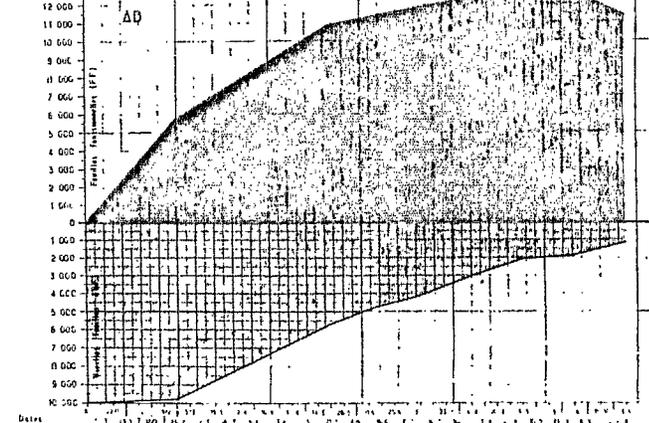
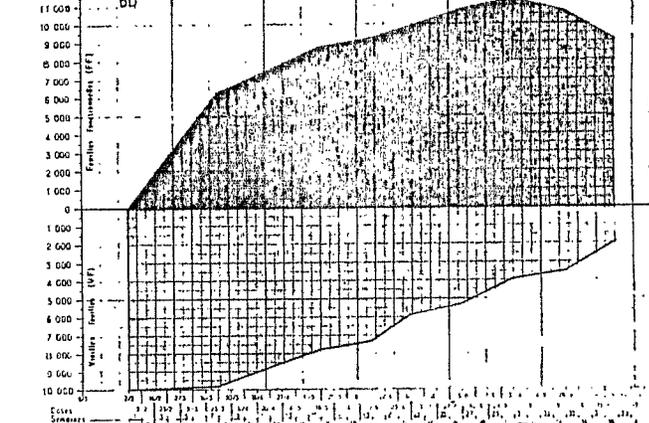
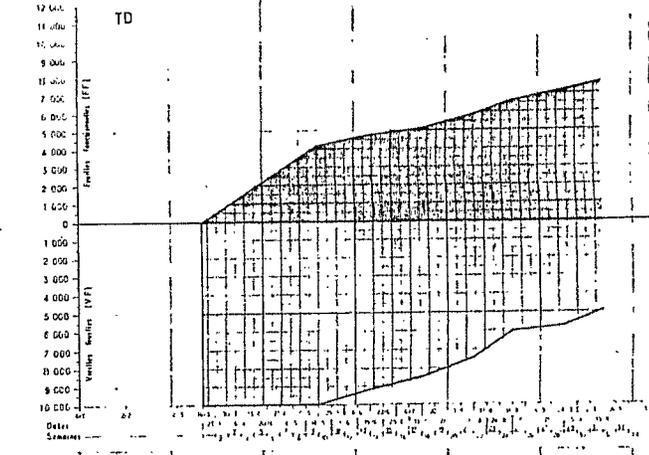


FIGURE 8c



ment favorable sur la végétation de l'arbuste grâce à son action sur la foliation et par le fait que, plaçant la masse foliaire en période de fort ensoleillement, elle lui assure une activité intense, cet effet bénéfique est compromis par l'effet stimulant qu'elle exerce sur l'activité des deux *Hemileia*.

Nous avons pu montrer que trois applications de fongicides à un mois d'intervalle en début de saison des pluies (avril-mai-juin) suffisent à contrôler les attaques des deux *Hemileia*.

C'est ce que montre le tableau II (p. 500). Malgré un moindre contrôle des *Hemileia*, on a, avec l'Orthodifolatan, un bilan final plus favorable, car ce fongicide exerce un effet apparemment stimulant sur les poussées foliaires, alors que les fongicides cupriques ont, à cet égard, un effet dépressif (figures 7b et 7c, figures 8b et 8c, figures 9b et 9c).

Conclusions

En ce qui concerne l'usage des fongicides, l'irrigation précoce, malgré son action stimulante des attaques des rouilles, permet donc de réduire le nombre des traitements: alors qu'il faut en effet sept à huit traitements cupriques ou cinq traitements à l'Orthodifolatan pour contrôler ensemble l'antracnose des baies et les rouilles, dans les conditions naturelles, il ne faut plus, avec l'irrigation précoce, que trois traitements pour contrôler les rouilles et compléter en même temps le contrôle qu'elle exerce sur l'antracnose des baies.

Ses effets sur l'activité des rouilles une fois compensés par ces traitements chimiques, l'irrigation précoce apparaît, en bonne logique, comme un facteur de productivité, devant permettre à l'arbuste, grâce à une plus grande masse foliaire dont l'activité photosynthétique est plus intense en début de campagne, de mieux supporter sa production et d'éviter l'affaiblissement souvent constaté après récolte.

L'IRRIGATION PRÉCOCE ET LA PRODUCTION

Constatation logique

La dernière conclusion du paragraphe précédent souligne que l'irrigation précoce ne peut être qu'un élément favorable à la productivité. Cette constatation logique a été vérifiée par des données précises qui ont été recueillies et qui concernent la production future et la production de l'année en cours.

L'irrigation précoce et la production future

Nous avons montré plus haut que l'irrigation précoce favorise les poussées foliaires. Cela revient à dire qu'elle favorise la production du bois florifère de la campagne suivante puisque les fleurs se forment, chez le caféier, sur le bois d'un an: nous avons pu constater que le nombre des nœuds florifères était respectivement deux fois et une fois et demi plus grand chez les arbustes irrigués à partir du 8 janvier et du 2 février que chez les témoins.

A ce titre, l'irrigation précoce est une assurance pour une production future de haut niveau.

L'irrigation précoce et la production de l'année en cours

Effets de l'irrigation précoce sur la floraison

Nous avons constaté que, sur une période de cinq années, l'irrigation précoce avait permis de sauver deux productions compromises l'une par la sécheresse survenue sur les fleurs amenées au stade chandelle par une pluie insuffisante pour les pousser à épanouissement, et l'autre par une absence de nouaison difficilement explicable: c'est ainsi que nous avons récolté en 1970, 2,200 kg de café marchand par arbuste irrigué précocement contre seulement 220 g chez les témoins, et, en 1973, 2 kg de café marchand par arbuste irrigué précocement contre 400 g chez les témoins.

Sans doute cinq années ne représentent-elles qu'une trop courte période pour mesurer avec précision la fréquence et la gravité des risques qui menacent la floraison. Mais il apparaît, au vu de la succession des productions obtenues en dix ans en plantation, que leur variation ne se traduit pas, comme il est souvent dit,

par une succession régulière de bonnes et de mauvaises récoltes, qui pourrait être le reflet d'une cause intrinsèque (l'affaiblissement consécutif à une forte production entraînant une faible production). L'anarchie qui apparaît au contraire dans cette succession montre plus sûrement que les variations de la production sont consécutives à des causes extrinsèques, et tout particulièrement climatiques. Si les effets défavorables du climat ne se traduisent pas toujours par une destruction presque totale de la floraison comme nous l'avons signalé en 1970, ou par une coulure presque totale des fleurs comme celle de 1973, ils peuvent être plus ou moins marqués, ramener la production à des niveaux médiocres, et être ainsi parmi les facteurs limitants de la productivité moyenne des plantations.

Cette analyse et les résultats spectaculaires obtenus en 1970 et en 1973 font apparaître l'irrigation précoce comme une assurance pour la production de l'année.

Effets de l'irrigation précoce sur la tenue des fruits

Le graphique de la figure 10 montre que les pertes physiologiques sont inversement fonction de l'abondance des équivalents-pluies hebdomadaires moyens et du mode d'application de l'eau, l'aspersion apparaissant plus efficace que les apports au sol. Elles sont en effet de :

- 31 à 35 % pour les deux plus forts apports d'eau par aspersion (35 mm et 25 mm par semaine) et le plus fort apport au sol (35 mm par semaine) ;
- 35 à 38 % pour le plus faible apport par aspersion (15 mm par semaine) ;
- 39 à 43 % pour les deux plus faibles apports d'eau au sol (25 et 15 mm par semaine).

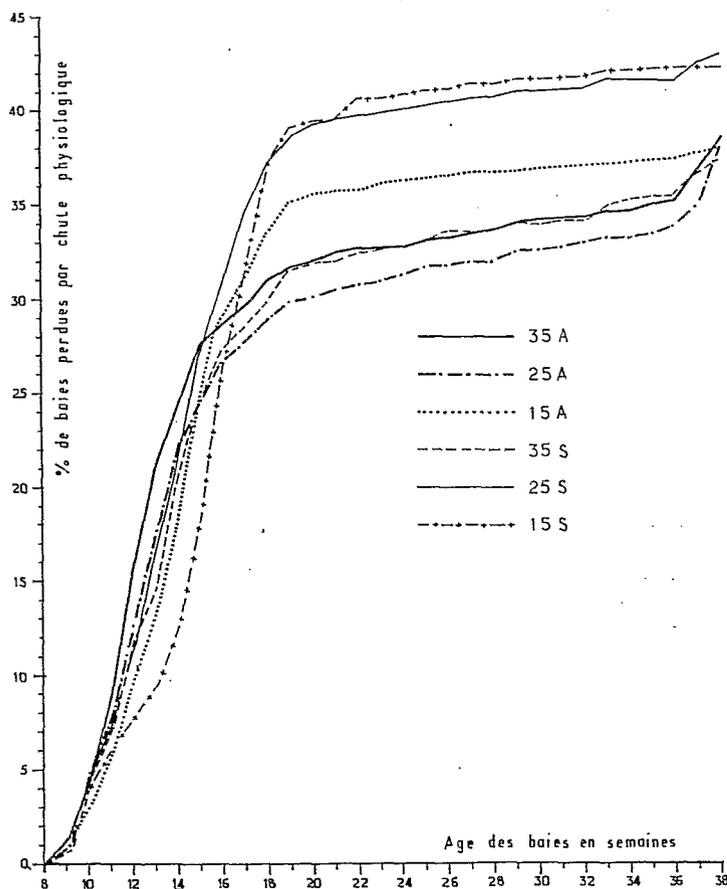


Fig. 10. — Courbes donnant l'évolution des pertes physiologiques (pourcentages cumulés) sous différents modes d'irrigation :

35 A : 35 mm/semaine par aspersion
25 A : 25 mm/semaine par aspersion

15 A : 15 mm/semaine par aspersion
35 S : 35 mm/semaine au sol
25 S : 25 mm/semaine au sol
15 S : 15 mm/semaine au sol

Effets de l'irrigation précoce sur la date de la récolte

L'irrigation précoce avançant la floraison et déplaçant d'autant tout le cycle de fructification, il est naturel qu'elle avance également la maturation. Pour une précocité de sept semaines de la floraison, on a enregistré une maturation plus précoce de quatre à six semaines : la précocité de la floraison se retrouve donc presque intégralement au niveau de la cueillette. A titre d'exemple, on trouvera dans les tableaux III et IV, le calendrier des récoltes de 1970 et de 1973.

La précocité de la récolte due à l'irrigation précoce est un élément pratique important. Il est notable en effet que la main-d'œuvre abondante occupée à la cueillette abandonne progressivement cette tâche pour se consacrer à la préparation des champs vivriers : une partie non négligeable de la production est alors souvent abandonnée ; au contraire, la cueillette du café obtenu par irrigation précoce est menée à terme avant que ne se pose cet impératif, et les pertes par abandon sont nulles.

Tableau III. — Importance des cueillettes exprimées en pourcentages et pourcentages cumulés de la récolte totale (essai de 1970)

Traitements	Dates des cueillettes	1ère cueillette 27/10/70		2ème cueillette 27/11/70		3ème cueillette 24/12/70		4ème cueillette 26/01/71	
			Cumul		Cumul		Cumul		Cumul
35A		31,33	31,33	45,12	76,45	17,26	94,71	5,29	100
25A		28,99	28,99	45,60	74,59	20,26	94,85	5,15	100
15A		14,46	14,46	47,23	61,69	28,81	90,50	9,50	100
35S		12,69	12,69	39,68	52,37	35,53	87,90	12,10	100
25S		10,10	10,10	42,18	52,28	38,00	90,28	9,72	100
15S		2,21	2,21	43,34	45,55	33,35	78,90	21,10	100
Ensemble des témoins		0	0	9,24	9,24	58,34	67,58	32,42	100

35

25 équivalents-pluies moyens hebdomadaires apportés par irrigation précoce

15

A : apports d'eau par aspersion

S : apports d'eau au sol

Tableau IV. — Importance des cueillettes exprimées en pourcentages et pourcentages cumulés de la récolte totale (essai de 1973)

	Série A (Floraison le 20/01/73)		Série B (Floraison le 12/02/73)		Série T (Floraison le 28/03/73)	
	% du total	Cumul %	% du total	Cumul %	% du total	Cumul %
1ère cueillette (du 6 au 12/11)	52,98	52,98	57,61	57,61	0	0
2ème cueillette (du 5 au 12/12)	39,04	92,02	37,07	94,68	20,42	20,42
3ème cueillette (du 20/12 au 4/1)	7,98	100	5,32	100	79,58 (1)	100 (1)

(1) La faiblesse de la production des témoins soit le 1/5 environ de la production des parcelles irriguées fait que nous avons, lors de la cueillette du 20/12 au 4/1, récolté dans ces parcelles la totalité des baies même non mûres afin d'éviter une nouvelle cueillette coûteuse pour un produit presque nul : lors de cette cueillette la moitié seulement des fruits était mûre, l'autre moitié ne l'aurait été que près d'un mois plus tard.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Méthode de lutte contre l'antracnose des baies intégrée aux pratiques culturales permettant de réduire le nombre des traitements chimiques, assurance pour la production de l'année en cours grâce à ses effets sur la floraison, l'irrigation précoce permet de plus une totale expression du potentiel de production grâce à une intense activité photosynthétique qui assure aux baies une bonne tenue après nouaison ; elle est enfin une assurance pour une production future de haut niveau, en provoquant une abondante formation de bois florifère. Au total elle apparaît comme une assurance pour une production régulière élevée.

Si on considère que l'on a obtenu ces résultats avec seulement 15 mm d'eau en moyenne par semaine par aspersion, en période d'extrême sécheresse atmosphé-

rique diurne, ce qui conduit à dire que le cycle fructifère complet aurait pu se faire avec seulement 600 mm d'eau, on peut émettre l'hypothèse que l'on devrait pouvoir obtenir deux campagnes de production de l'Arabica dans certaines régions sèches où les températures élevées entraîneraient vraisemblablement un raccourcissement de ce cycle ; les expériences relatées ici, en montrant que le caféier convenablement alimenté en eau par le sol a une végétation beaucoup plus brillante en atmosphère sèche qu'en atmosphère humide, remettent en question certaines conceptions classiques et ouvrent peut-être, pour les zones irrigables des pays des régions tropicales sèches, la possibilité de la culture de l'Arabica.

MULLER (R. A.) — L'irrigation précoce du caféier Arabica au Cameroun ; méthode moderne de contrôle de l'antracnose des baies (*Colletotrichum coffeanum* Noack sensu Hindorf) intégrée aux pratiques culturales ; assurance pour une production régulière de haut niveau. VIII^e Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan 28 nov.-3 déc. 1977. ASIC (Paris), 1979, p. 489-506, fig., tabl.

MULLER (R. A.) — Early irrigation of the Arabica coffee tree ; modern method for the control of the coffee berry disease (*Colletotrichum coffeanum* Noack sensu Hindorf) which is integrated to the agricultural techniques ; way to ensure high level regular production. VIII^e Colloque Scientifique International sur le Café, Abidjan 28 nov.-3 déc. 1977. ASIC (Paris), 1979, p. 489-506, fig., tabl.

L'étude de l'antracnose des baies du caféier Arabica, maladie des régions de haute altitude due à *Colletotrichum coffeanum* Noack sensu Hindorf, conduisit l'auteur à montrer que la sensibilité des baies à cette affection est variable au cours de leur développement, la gravité des attaques résultant de la coïncidence des stades jeunes des fruits, les plus sensibles, avec une période pluvieuse favorable à l'activité parasitaire.

Par l'irrigation précoce, la floraison du caféier peut être obtenue en période sèche, six à neuf semaines avant les pluies qui la provoquent dans les conditions naturelles : les stades sensibles des fruits se situant alors en période sèche échappent à l'infection.

En même temps qu'elle provoque la floraison, l'irrigation précoce relance la végétation de l'arbuste et l'activité des deux *Hemileia* (*H. vastatrix* et *H. coffeicola*) qui sporulent abondamment ; un inoculum abondant est ainsi préparé : dès les premières pluies a lieu une très intense poussée infectieuse qui se traduit par des taux d'attaques beaucoup plus élevés que dans les conditions naturelles.

Mais l'irrigation précoce, avant ces attaques massives des rouilles, provoque des poussées végétatives très actives conduisant à la formation d'une masse foliaire deux à trois fois plus importante que dans les conditions naturelles. Cette masse foliaire, à l'abri des attaques pendant la période sèche et très ensoleillée, a une intense activité photosynthétique permettant à l'arbuste de tenir une forte production et de fabriquer des réserves abondantes. En fin de campagne, les attaques de rouilles sont cependant telles que cet effet bénéfique semble compromis. L'irrigation précoce qui rend inutiles cinq à sept traitements chimiques contre l'antracnose

The susceptibility of the Arabica coffee tree to the coffee berry disease (*Colletotrichum coffeanum* Noack sensu Hindorf) is variable : the severity of the attacks arises from the coincidence of the early stages of the fruits, which are the most susceptible, with a rainy period favourable to the pathogen.

Early irrigation leads to the flowering of the coffee trees six to nine weeks before the rains ; therefore, the stages of susceptibility of the fruits are located during the dry period and escape the infection.

Early irrigation stimulates the growth of the tree and the sporulation of the two *Hemileia* (*H. vastatrix* and *H. coffeicola*) pathogens of the leaf rusts : as soon as the rains begin, a very heavy infection leads to attack levels much higher than under natural conditions.

Nevertheless, the early irrigation induces, before these intense attacks of the rusts, the formation of a leaf canopy which is twice or thrice more important than under natural conditions. This important canopy, which is safe from attacks during the dry period, has an intense photosynthetic activity. Yet, the rust attacks are so strong that this benefic effect seems finally completely annihilated.

Therefore, the early irrigation, which suppresses five or seven treatments against the coffee berry disease, does not avoid the use of fungicides ; three treatments against the rusts remain necessary.

By multiplying by two or three the foliar flushes, the early irrigation multiplies accordingly the number of nodes on which flowers are to form : this modern method of control of the coffee berry disease, integrated to agricultural techniques, is a way to ensure high level regular production.

des baies n'évite donc pas complètement l'emploi des fongicides : trois traitements contre les rouilles restent nécessaires.

La floraison se faisant sur les nœuds de l'année, les poussées végétatives sous irrigation précoce sont le gage d'une préparation florale, pour la campagne suivante, deux à trois fois plus importante que dans les conditions naturelles.

Il est conclu que l'irrigation précoce, méthode moderne de lutte contre l'anthracnose des baies, intégrée aux pratiques culturales est :

- une assurance pour la production en cours en tant que régulateur de la floraison à son niveau maximal ;
- une assurance pour une production à venir de haut niveau.

Son domaine d'application dépasse donc largement les zones à anthracnose des baies, d'une part, et l'arabica culture d'autre part.

Elle permet aussi d'envisager l'extension de la caféiculture aux régions tropicales sèches.

It can be applied out of the area concerned with coffee berry disease and not only to Arabica culture. It makes also possible to think about the extension of the coffee culture in dry tropical areas.