L'ANTHRACNOSE DES BAIES DU CAFÉIER D'ARABIE (*COFFEA ARABICA* L.)

due à une forme virulente du *Colletotrichum coffeanum* Noack

R. A. MULLER

Directeur de recherches de l'ORSTOM
Conseiller scientifique de l'IFCC au Cameroun

VARIATIONS DE LA SENSIBILITÉ DES FRUITS AU COURS DE LEUR DÉVELOPPEMENT

GÉNÉRALITÉS

Particulière aux régions de haute altitude ou à des zones plus basses présentant un microclimat de montagne frais et humide, l'anthracnose des baies du caféier Arabica, due à une forme virulente du *Colletotrichum coffeanum* Noack, est une affection grave pouvant entraîner des pertes considérables. Aussi, partout où elle sévit, des travaux nombreux ont-ils été faits pour tenter de la contrôler. Au Cameroun, où nous l'avons déterminée en 1958 (1), elle a, dès cette date, retenu l'attention des services de recherche. Les études ont été orientées dans diverses directions :

— mise au point d'un calendrier de traitement (1) ;

— étude de l'efficacité des fongicides (2) ;

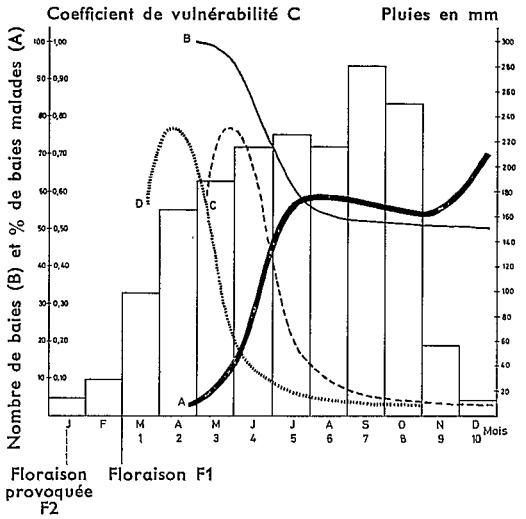
— étude de l'évolution de la maladie en fonction du temps, des éléments climatiques et des qualités intrinsèques des fruits.

Dans une publication précédente (3), nous avons donné le détail des conclusions auxquelles ont abouti nos observations sur l'évolution de la maladie dans le temps, conduites pendant cinq ans en divers points de la zone arabicole camerounaise. Ces conclusions servent de base à la présente étude. Aussi pensons-nous utile d'en faire tout d'abord un rappel succinct.

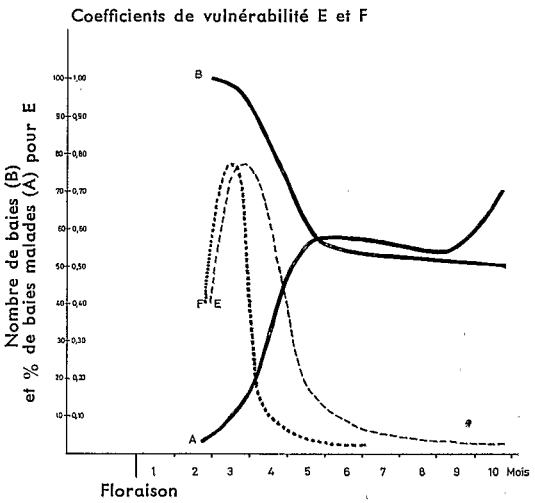
Café Cacao Thé, vol. XVII, n° 4, octobre-décembre 1973

20 DEC. 1983
O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 4278 ex 1
Cote : B

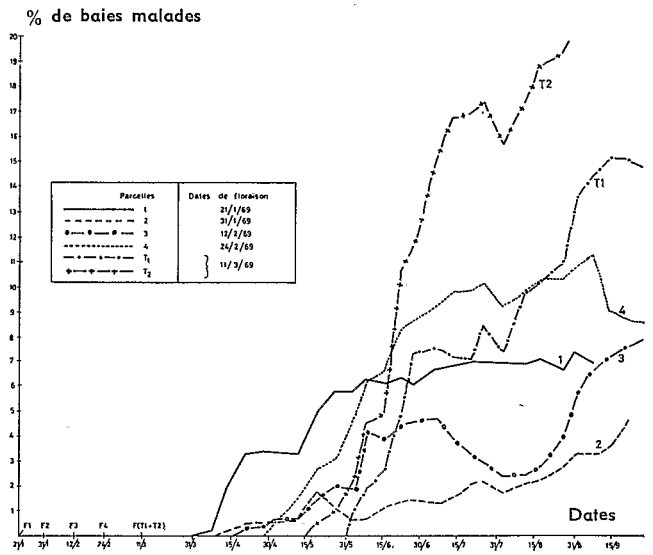
B 4278 ex 1
25 JAN. 1974
281
O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence
n° 6607 Phyto



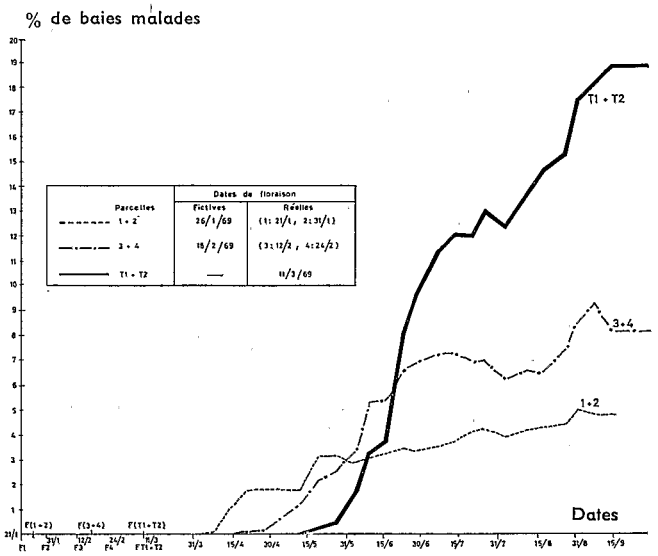
Graphique 1. — (A) Evolution des taux de contamination ; (B) évolution de l'effectif en observation ; (C) évolution du coefficient de vulnérabilité des baies ; (D) évolution hypothétique du coefficient de vulnérabilité de baies issues d'une floraison F2 précoce, par rapport à l'évolution du coefficient de vulnérabilité des baies issues d'une floraison normale F1 située six semaines plus tard (C)



Graphique 2. — Effet hypothétique du raccourcissement de la durée des stades jeunes des fruits, obtenu grâce à des artifices culturaux permettant une accélération de leur croissance, sur l'intensité des attaques de *Colletotrichum coffeanum*. (F) Evolution hypothétique du coefficient de vulnérabilité de baies ayant une croissance plus accélérée que des baies issues de la même floraison mais à croissance moins rapide (E)



Graphique 3. — Evolution des attaques d'anthracnose exprimées en pourcentages de baies malades par rapport au nombre de baies existant lors de chaque observation en fonction de la date de floraison. Données parcellaires



Graphique 4. — Evolution des attaques d'anthracnose exprimées en pourcentages de baies malades par rapport au nombre de baies existant lors de chaque observation en fonction de la date de floraison. Résultats moyens après regroupement deux à deux des parcelles ayant fleuri à des dates voisines

RAPPEL DES DONNÉES PRÉCÉDEMMENT ACQUISES SUR L'ÉVOLUTION DE LA MALADIE AU CAMEROUN. EXISTENCE D'UN COEFFICIENT DE VULNÉRABILITÉ (3)

Schéma général de l'évolution de l'infection et des pertes dans les conditions du Cameroun

1° L'importance de l'infection et des pertes qui en résultent varie dans de grandes proportions entre les sites pour une même année, et entre les années pour un même site.

Ces variations quantitatives sont vraisemblablement dues principalement à des influences climatiques, variations annuelles du climat, existence de microclimats locaux, et à quelques causes secondaires telles que l'abondance plus ou moins grande des fruits favorisant plus ou moins la contagion de baie à baie.

2° L'évolution de l'infection et des pertes au cours de l'année se fait au contraire selon un schéma toujours identique.

a) Abstraction faite de l'amplitude des variations, aspect quantitatif du phénomène qui a été évoqué au paragraphe précédent, l'infection présente « qualitativement » dans les conditions naturelles du Cameroun :

— **une phase de croissance** au cours des vingt-trois premières semaines environ du développement des baies, avec une poussée particulièrement aiguë de la treizième à la vingtième semaine ;

— **une phase de stabilisation** entre les vingt-troisième et trente-deuxième semaines, souvent accompagnée d'une légère régression : durant cette période, il n'y a plus d'infections nouvelles, et la régression s'explique par la disparition d'un certain nombre de fruits malades ;

— **une phase de recrudescence** au stade de la prématuration et de la maturation des fruits.

b) Parallèlement, on peut distinguer deux périodes en ce qui concerne les pertes :

— une première période où les pertes sont importantes, entre les huitième et vingt-troisième semaines environ, avec une chute brutale des effectifs entre les douzième et vingtième semaines ;

— une seconde période allant jusqu'à la fin de la campagne et pendant laquelle les pertes sont de faible importance.

On peut donc dire que, dans les conditions du Cameroun, la phase grave de la maladie se situe au cours des cinq premiers mois de développement des fruits avec une phase aiguë pendant les troisième, quatrième et cinquième mois.

Existence d'un coefficient de vulnérabilité des baies

La confrontation des données chiffrées, se rapportant d'une part à l'infection, d'autre part aux pertes qui en résultent, fait apparaître un « coefficient de vulnérabilité des baies », rapport entre le pourcentage de baies perdues durant les sept jours qui suivent une observation et le pourcentage de baies malades au moment de cette observation (*).

La valeur de ce coefficient varie au cours de l'année : très élevée pendant les troisième et quatrième mois de développement des fruits, elle diminue rapidement pendant le cinquième mois et se stabilise ensuite à un niveau très bas.

Ces résultats peuvent être résumés en un graphique synthétique (graphique 1, p. 282). Ce graphique, purement qualitatif pour l'évolution des taux de contamination (courbe A) et pour l'évolution de l'effectif en observation (courbe B), ne prétend montrer que le mouvement général de ces deux phénomènes, dont l'importance est variable suivant les sites et suivant les années. La courbe C qui représente l'évolution du coefficient de vulnérabilité des baies donne au contraire, pour cette grandeur abstraite, non seulement le mouvement annuel du phénomène, mais aussi une idée des valeurs moyennes réelles obtenues.

(*) Les observations ont été faites de telle sorte qu'il est possible de distinguer, avec une bonne approximation, les pertes physiologiques et les pertes imputables à l'anthracnose qui sont seules prises en considération pour l'établissement du coefficient de vulnérabilité des baies.

SIGNIFICATION DU COEFFICIENT DE VULNÉRABILITÉ DES BAIES ET CONTRÔLE DE SON EXISTENCE RÉELLE

Le coefficient de vulnérabilité, « indice de sensibilité », au cours des stades jeunes

Diverses observations et déductions logiques conduisent à penser que **le coefficient de vulnérabilité des baies est une caractéristique intrinsèque du fruit,** indépendante des conditions extérieures.

1° Il ne peut faire de doute que les éléments climatiques conditionnent l'activité du parasite. Mais il est notable que le coefficient de vulnérabilité des baies prend, chaque année, les mêmes valeurs élevées en début de campagne, et les mêmes valeurs faibles en fin de campagne, indépendamment de la gravité des attaques.

2° Au cours de la phase de stabilisation de l'infection, nous avons pu noter que les lésions existant sur des fruits de six mois et plus sont elles-mêmes bloquées dans leur évolution, et que certaines d'entre elles régressent par desquamation progressive des tissus nécrosés. Ce blocage général des lésions en place et ces cas de guérison montrent que la phase de stabilisation de l'infection n'est pas due fondamentalement aux conditions climatiques, mais au contraire à un manque de réceptivité des fruits : la pulpe semble être, au cours de cette période, un milieu défavorable au développement du parasite et à sa pénétration.

3° Les conditions climatiques, caractérisées par une sécheresse accusée peu favorable à la germination des spores, ne peuvent expliquer la recrudescence des taux d'attaques au moment de la prématuration et de la maturation des baies. Cette recrudescence s'explique au contraire fort bien si on fait l'hypothèse que les lésions nouvelles apparaissant alors ne sont que la manifestation tardive d'infections latentes : après pénétration que l'on peut situer au début de la phase de stabilisation de l'infection, le parasite n'aurait pas eu un développement mycélien important à l'intérieur des tissus, d'où l'absence de lésions visibles ; après une phase de dormance tout au long de cette période, il reprendrait son activité, la pulpe du fruit étant redevenue favorable à sa croissance.

Une phase de moindre sensibilité de la pulpe à la pénétration et au développement du parasite semble donc bien être à l'origine de la phase de stabilisation constatée dans l'évolution des taux d'attaques en plantation. S'il en est ainsi, le coefficient de vulnérabilité des baies qui, de par sa définition et les éléments servant à l'établir, est en somme un « indice de destructibilité » dont les valeurs, à cette époque, marquent un net fléchissement pour se stabiliser à un niveau très bas, prend le sens d' « indice de sensibilité ». Cette acception n'est cependant valable que pendant les stades jeunes des fruits : à partir du moment où les fruits entrent en phase de prématuration puis de maturation, on ne peut plus lui donner ce sens : il garde en effet des valeurs faibles, alors qu'on assiste visiblement à une recrudescence de sensibilité se traduisant tant par une extension des lésions existantes que par un accroissement des taux d'infection (apparition de lésions nouvelles).

Hypothèses de travail

Le coefficient de vulnérabilité des baies, indice de sensibilité jusqu'au stade de prématuration, semble donc être une caractéristique intrinsèque du fruit, permettant d'en définir la sensibilité propre jusqu'à ce stade, ses variations étant liées aux variations de la composition chimique de la pulpe.

Une étude a été entreprise, et se poursuit, pour définir les caractéristiques morphologiques, anatomiques et biochimiques des fruits au cours de leur développement, afin de tenter de les relier aux variations du coefficient de vulnérabilité.

Sans attendre les résultats de cette étude, nous avons tenté de vérifier expérimentalement le bien-fondé de cette hypothèse.

Cette étude repose sur la comparaison, au cours d'une même période favorable à l'anthracnose, du comportement, vis-à-vis de la maladie, de baies à des stades physiologiques différents :

a) Si le coefficient de vulnérabilité, tel que nous l'avons défini, est bien une caractéristique intrinsèque des baies, ses variations traduisant les variations de la sensibilité propre des fruits au cours de leur développement, des fruits issus de floraisons successives échelonnées ne devraient pas être atteints dans les mêmes proportions à un moment climatique donné : dans le graphique 1, la courbe D montre ce que serait par exemple l'évolution du coefficient de vulnérabilité de baies issues d'une floraison F2 précoce, par rapport à l'évolution du coefficient de vulnérabilité des baies issues d'une floraison F1 normale située six semaines plus tard (courbe C) ; les courbes traduisent

sant l'infection, sous la dépendance des pluies, et les pertes qui en résulteraient ne seraient pas décalées et se situeraient à la même période que les courbes A et B caractérisant les baies issues de la floraison normale F1, mais exprimeraient des valeurs plus faibles.

b) Un raccourcissement de la durée des stades jeunes des fruits caractérisés par la sensibilité maximum, obtenu grâce à des artifices culturaux permettant une accélération de leur croissance, devrait agir aussi dans le sens d'une réduction de l'intensité des attaques : sur le graphique 2, p. 282, la courbe F représente l'évolution du coefficient de vulnérabilité de baies ayant eu une croissance plus accélérée que des baies issues de la même floraison mais à croissance moins rapide et dont le coefficient de vulnérabilité évoluerait selon la courbe E. Il est clair que les baies à croissance rapide devraient être moins atteintes que les autres.

Si ces deux points étaient vérifiés, on pourrait avoir la certitude que les variations du coefficient de vulnérabilité sont liées aux caractéristiques intrinsèques des fruits, et sont un indice des variations de leur sensibilité jusqu'au stade de prématuration.

Une série d'expériences a été conduite dans ce but au cours de plusieurs années consécutives. Nous les étudions ci-après sous les titres :

— étude comparative du comportement, vis-à-vis de l'anthracnose, de baies issues de floraisons échelonnées ;

— influence du raccourcissement de la durée des stades jeunes des fruits sur l'intensité des attaques.

Etude comparative du comportement, vis-à-vis de l'anthracnose, de baies issues de floraisons échelonnées

Mécanisme de la floraison

On sait, d'expérience courante, et PORTÈRES en a fait une étude précise (4), que l'eau, après une période sèche, déclenche la floraison du caféier, et du caféier Arabica en particulier.

Dans les conditions naturelles du Cameroun, les boutons floraux se constituent principalement sur les rameaux formés de mars à octobre, période de végétation active correspondant à la saison des pluies, et restent dormants pendant la saison sèche, à des stades divers de développement, leur longueur variant de 0,1 mm à 5-6 mm, des primordia existant déjà, qui ne sont pas visibles, mais poursuivront leur formation avec les pluies.

Les premières pluies permettent la reprise de l'activité végétative des arbustes, et donnent aux boutons floraux la turgescence nécessaire à leur épanouissement : ils grandissent tous pour atteindre 10 mm quel que soit leur stade de départ — les plus développés semblant attendre les moins développés (4) — et s'épanouissent, tous ensemble, dix à quatorze jours après.

Description d'un essai réalisé en 1969

Nous avons tenté d'exploiter ces conditions dans une expérience conduite en 1969. Par des arrosages échelonnés en saison sèche, nous avons provoqué des floraisons successives précoces, afin de comparer le comportement vis-à-vis de l'anthracnose de baies issues de ces floraisons et celui de baies témoins, issues de la floraison naturelle.

Cet essai a été exécuté dans la plantation Darmagnac à Babadjou, au Cameroun oriental, à 1.650 m d'altitude.

Il comprenait six parcelles correspondant aux traitements suivants :

Parcelle 1 : premier arrosage le 7 janvier.
Parcelle 2 : premier arrosage le 17 janvier.
Parcelle 3 : premier arrosage le 31 janvier.
Parcelle 4 : premier arrosage le 14 février.
Parcelles T_1 et T_2 : témoins laissés dans les conditions naturelles ne recevant que les pluies dont les premières chutes ont eu lieu le 25 février.

Pour assurer la réussite complète de l'essai, nous avons apporté des quantités d'eau importantes. Dans chacune des parcelles 1, 2, 3 et 4, le premier arrosage correspondait à une pluie de 48 mm ; trois jours après ce premier arrosage, dit « arrosage de floraison », puis deux fois par semaine ensuite, on a fait des arrosages dits « de sécurité » correspondant chacun à une pluie de 20 mm, et destinés à assurer la réussite de l'induction florale.

Le jour de la floraison, puis une fois par semaine ensuite, et ce jusqu'aux premières pluies, des « arrosages d'entretien », correspondant chacun à une pluie de 20 mm et destinés à assurer la bonne tenue des jeunes fruits et leur développement pendant la saison sèche, ont été régulièrement effectués.

Tous ces arrosages étaient faits à l'aide de seaux de volume connu dont le contenu était versé, avec précaution pour ne pas éroder le sol, au pied de chaque arbuste, dans chaque interligne, et dans chaque espace libre délimité par quatre caféiers utiles. Chaque parcelle comptait trente arbres utiles, une seule ligne de bordure mitoyenne était ménagée entre les parcelles.

Les floraisons précoces escomptées ont été parfaitement réussies. Le tableau I (p. 286), dans la colonne « floraison principale », en donne le calen-

TABLEAU I

Floraison de l'essai de 1969

Numéro des parcelles	Date du premier arrosage	Date de la floraison principale	Intervalle entre arrosage et floraison	Date et importance des floraisons secondaires
1	7 janvier	21 janvier	14 jours	11 mars = forte
2	17 —	31 —	14 —	— — = —
3	31 —	12 février	12 —	26 février = faible
4	14 février	24 —	10 —	— — = —
T_1 et T_2	Pluies à partir du 25/2	11 mars	14 jours	—

drier exact. Il est à noter que pour les parcelles arrosées le plus tôt, des floraisons secondaires complémentaires ont eu lieu. Nous ne tiendrons compte, dans ce qui suit, que des floraisons principales massives constituant la presque totalité de la production des arbustes et correspondant à l'objectif de l'essai.

Résultats

Nous disposions donc d'une série de populations de baies issues de floraisons échelonnées, un intervalle de sept semaines séparant la plus précoce (floraison du 21 janvier) de la plus tardive (floraison des témoins du 11 mars).

Chacune de ces populations a été régulièrement suivie à partir de la huitième semaine après la floraison par des observations hebdomadaires portant sur un échantillon représentatif et au cours desquelles on a noté :

— le nombre total de baies ;
— le nombre de baies saines ;
— le nombre de baies atteintes de la forme « scab » de l'anthracnose ;
— le nombre de baies atteintes de la forme « active » de l'anthracnose ;
— le nombre total de baies malades.

Les résultats de ces comptages, consignés dans des tableaux et traduits en graphiques, permettent d'avoir une image exacte du comportement de chaque population vis-à-vis de l'anthracnose.

Étude de l'évolution et de l'importance des attaques sur les données parcellaires (graphique 3, p. 282)

Évolution générale de l'infection

1) Baies témoins

On retrouve, pour les parcelles témoins T_1 et T_2 ayant eu la floraison la plus tardive (floraison naturelle), le schéma évolutif de l'infection que nous avons décrit précédemment (3) et rappelé au début de cette étude, et qui se caractérise par **une phase de croissance active suivie d'une phase de stabilisation accompagnée d'une légère régression.**

Il est à noter que les observations que nous avons faites, arrêtées au 10 novembre, ne font pas apparaître la phase de recrudescence de l'infection, qui trouve sa place en fin de campagne, aux stades de prématuration et de maturation des baies.

Cette lacune est sans conséquence importante. La phase tardive de recrudescence de l'infection est en effet de peu de gravité puisque, d'une part, seule la pulpe des fruits est alors détruite, les fèves cornées et bien protégées par leur parche fortement lignifiée étant à l'abri de la destruction et pouvant être au plus tachées, et que, d'autre part, il est vraisemblable que des souches de *Colletotrichum coffeanum*, autres que celles qui nous intéressent ici, et à caractère saprophytique, interviennent à cette époque sans qu'il soit possible de les distinguer.

Notre étude peut donc être sans inconvénient limitée aux deux premières phases de l'infection qui concernent les baies vertes.

2) Baies issues des floraisons précoces provoquées par irrigation

On retrouve de même avec précision les deux premières phases dans les courbes d'infection des parcelles 4 et 1.

Elles apparaissent avec moins de netteté dans les courbes d'infection de la parcelle 3 où la phase de stabilisation présente un creux suivi d'une remontée brutale, et dans la parcelle 2 où l'on ne distingue guère qu'une phase continue de croissance lente. Malgré ces remarques, l'infection dans ces deux parcelles ne présente cependant pas une évolution fondamentalement en opposition avec ce que nous avons vu jusqu'à présent. Le phénomène y est simplement moins net. Nous noterons :

— que ces irrégularités affectent des parcelles présentant des taux d'attaques faibles : sans doute l'erreur expérimentale y prend-elle une importance relative plus grande ;

— que cet essai ne présente pas de répétitions qui auraient eu pour effet, sur la courbe moyenne

des résultats d'un même traitement, d'estomper de telles irrégularités dues à des causes aléatoires incontrôlables.

Données quantitatives

Si nous faisons momentanément abstraction des résultats de la parcelle 1, sur laquelle nous reviendrons tout particulièrement ensuite, pour ne considérer que les résultats des parcelles 2, 3, 4, T_1 et T_2, nous constatons que **les attaques sont d'autant plus faibles que les dates de floraisons sont plus précoces.**

A la vingtième et à la vingt-septième semaine de développement des baies, les taux d'attaques sont en effet respectivement de :

1,39 % et 2,08 % pour la parcelle 2, avec un maximum de 2,16 % à la vingt-cinquième semaine ;
4,54 % et 2,71 % pour la parcelle 3, avec un maximum de 4,69 % à la vingt et unième semaine ;
9,82 % et 10,78 % pour la parcelle 4 ;
8,37 % et 15,15 % pour la parcelle T_1 ;
17,42 % et 22,36 % pour la parcelle T_2 .

Ces résultats semblent par conséquent bien vérifier notre hypothèse de départ : des baies issues de floraisons provoquées précocement par irrigation échappent en partie à l'infection, d'autant plus qu'elles sont plus précoces.

Mais les données de la parcelle 1, dont la floraison a été la plus précoce, et qui, par conséquent, devrait être la moins atteinte, semblent en contradiction avec cette conclusion. On y trouve en effet des taux d'attaques atteignant respectivement 6,21 % et 6,99 % aux vingtième et vingt-septième semaines de développement des baies, c'est-à-dire supérieurs à ceux des parcelles 2 et 3 dont la floraison est plus tardive.

Il y a donc une irrégularité dans le classement logique des parcelles que l'on aurait dû obtenir, pour une démonstration parfaite de notre hypothèse de base.

Données qualitatives

En réalité, cette irrégularité quantitative de la parcelle 1 n'a pas une signification fondamentale. Elle n'est sans doute due qu'à un phénomène purement accidentel, la position de la parcelle dans l'essai, en bordure d'un ruisseau, créant à son voisinage une zone plus favorable à l'activité du parasite. Une telle irrégularité aurait été vraisemblablement compensée et estompée dans un essai présentant des répétitions.

Aussi faut-il la considérer comme beaucoup moins importante qu'il n'y paraît au premier abord. Ce qui compte en effet surtout pour le contrôle de notre hypothèse de départ, ce n'est pas tant les valeurs absolues des pourcentages d'attaques que la position dans le temps, par rapport aux époques climatiques favorables au parasite, de la phase de stabilisation de l'infection des baies issues des floraisons précoces.

Or, l'examen attentif des courbes montre nettement, pour chaque parcelle irriguée, l'existence, par rapport à la courbe d'infection des témoins, d'un décalage systématique de ces phases, proportionnel au décalage des dates de floraisons. Il est notable en particulier que l'infection, dans la parcelle 1, entre dans sa phase de stabilisation, alors que, dans les parcelles témoins, elle est en plein dans sa phase de croissance active.

Etude de l'évolution et de l'importance des attaques après regroupement des données parcellaires

(tableau II et graphique 4, p. 282)

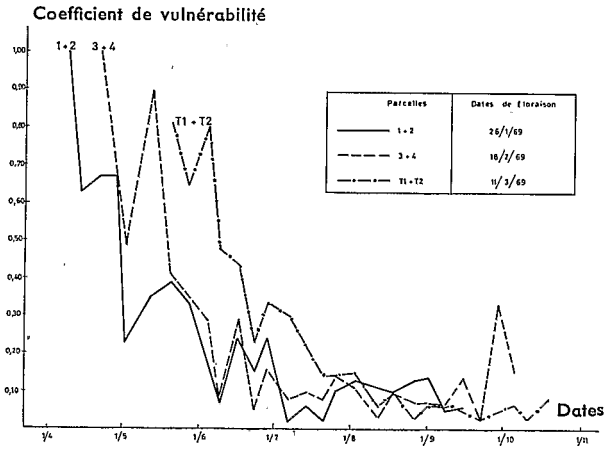
Si nous n'avons pas eu la possibilité matérielle de faire un essai répondant, par des répétitions nombreuses, aux exigences statistiques, nous pouvons tenter de nous rapprocher de l'idéal expérimental en regroupant deux à deux les résultats des parcelles en étude.

On peut assimiler les parcelles 1 (floraison du 21 janvier) et 2 (floraison du 31 janvier) à deux

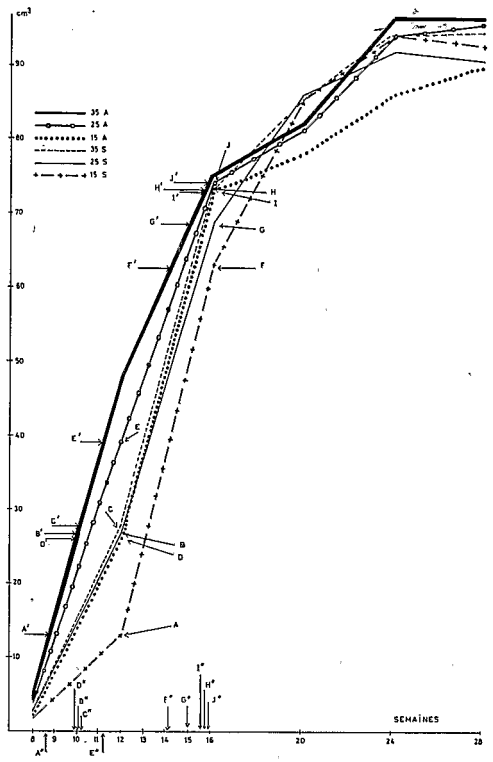
TABLEAU II

Evolution de l'infection exprimée en pourcentages de baies malades par rapport au total des baies existant lors de chaque observation. Données moyennes après regroupement deux à deux des parcelles ayant fleuri à des dates voisines

Parcelles	1 + 2		3 + 4		$T_1 + T_2$	
Age des baies en semaines	Dates	% de baies malades	Dates	% de baies malades	Dates	% de baies malades
9	2/4	0	21/4	0,10	12/5	0,00
13	28/4	1,80	20/5	2,12	9/6	3,25
17	27/5	3,12	16/6	5,37	7/7	11,36
21	23/6	3,47	14/7	7,21	3/8	12,34
25	21/7	4,13	12/8	6,59	1/9	17,32
29	18/8	4,29	8/9	9,21	29/9	18,19
33	15/9	4,80	6/10	7,69	27/10	16,52



Graphique 5. — Evolution du coefficient de vulnérabilité. Données moyennes obtenues par regroupement deux à deux des parcelles ayant fleuri à des dates voisines



Graphique 7. — 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).

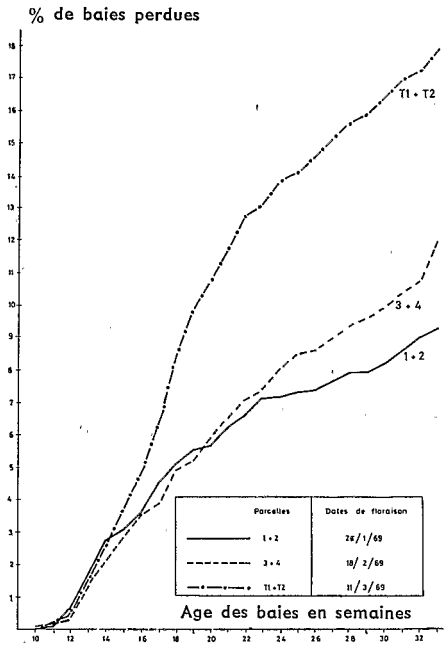
1. Le volume des baies des traitements 15S, 25S, 35S, 15A, 25A est marqué, sur les courbes correspondant à ces traitements, respectivement aux points A, B, C, D, E pour la douzième semaine, et aux points F, G, H, I, J pour la seizième semaine.

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, 35A 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.



Graphique 6. — Evolution des pertes. Résultats moyens obtenus après regroupement deux à deux des parcelles ayant fleuri à des dates voisines (pertes imputables à l'anthracnose, exprimées en pourcentages cumulés de baies perdues par rapport à l'effectif de départ)

répétitions d'une floraison précoce centrée sur le 26 janvier, et les parcelles 3 (floraison du 12 février) et 4 (floraison du 24 février) à deux répétitions d'une floraison moyenne centrée sur le 19 février, les deux parcelles témoins constituant deux répétitions vraies d'une floraison tardive du 11 mars.

On efface, par ce biais, les irrégularités qualitatives et quantitatives constatées dans les résultats individuels de certaines parcelles.

Le tableau II et les courbes (1 + 2), (3 + 4), (T_1 + T_2) du graphique 4 qui traduisent la marche de l'infection dans les parcelles fictives obtenues par regroupement deux à deux des parcelles vraies montrent clairement :

— quantitativement : que l'importance des attaques est fonction de la date de floraison : on a respectivement à la vingtième et à la vingt-septième semaine de développement des baies :

3,24 % et 3,89 % pour un maximum de 5 % à la trente et unième semaine pour la moyenne des parcelles 1 et 2 ;

7,24 % et 7,51 % pour un maximum de 9,21 % à la vingt-neuvième semaine pour la moyenne des parcelles 3 et 4 ;

12,95 % et 18,78 % représentant le maximum atteint pour la moyenne des parcelles témoins T_1 et T_2 ;

— qualitativement : que la phase de croissance active de l'infection se situe respectivement :

du 8/4 au 20/5 pour l'ensemble des parcelles 1 et 2 ;

du 2/5 au 23/6 pour l'ensemble des parcelles 3 et 4 ;

du 27/5 au 15/9 pour l'ensemble des parcelles témoins T_1 et T_2.

On constate un très net décalage de cette phase de croissance active de l'infection, en fonction des dates de floraison.

Importance des qualités intrinsèques des baies sur l'infection

Des populations de baies d'âges différents réagissent donc différemment à l'infection au cours de la même période climatique. Du 27/5 au 15/9, l'infection est dans sa phase de croissance active, pour les baies les plus tardives ; elle est alors, pour les baies plus précoces, en pleine phase de stabilisation ; l'activité parasitaire, favorisée par les conditions climatiques de cette période, n'est possible qu'en fonction de l'âge des baies : pendant la phase de forte poussée infectieuse des baies tardives, ces baies sont entre leur onzième et vingt-septième semaine de développement, alors que les baies des parcelles 3 et 4 sont déjà entre leur quatorzième et trentième semaine de développement, et celles des parcelles 1 et 2 entre leur dix-septième et trente-troisième semaine de développement.

Seules les caractéristiques anatomiques et biochimiques des fruits, et les variations de ces caractéristiques au cours de l'évolution des baies déterminant les variations du coefficient de vulnérabilité (indice de sensibilité) peuvent expliquer ce phénomène.

Si l'on calcule le coefficient de vulnérabilité pour chacune des parcelles, ou mieux, pour les parcelles regroupées deux à deux en fonction de la précocité de leur floraison, on peut voir, comme le montre le tableau III correspondant (p. 290), que ce coefficient de vulnérabilité, à quelques détails près, présente pour toutes les parcelles les mêmes valeurs et la même évolution.

Cette évolution est celle-là même qui a été trouvée au cours des années précédentes : les fortes valeurs du coefficient de vulnérabilité caractérisent les stades jeunes des baies ; il prend ensuite des valeurs de plus en plus faibles.

Mais si les courbes représentatives du coefficient de vulnérabilité des différentes populations de baies en observation sont parallèles et superposables, elles sont décalées, proportionnellement aux dates de floraison de ces populations (graphique 5, p. 288). Pour les parcelles à floraison précoce, ce coefficient a déjà atteint ses valeurs faibles à une époque où, pour les parcelles à floraison tardive, il en est encore à ses valeurs les plus hautes.

Les 20/5, 27/5, 4/6, 9/6, 16/6, représentant les dizième à quatorzième semaines de développement des témoins, les valeurs du coefficient de vulnérabilité sont respectivement :

— pour les témoins ensemble : 0,81 ; 0,65 ; 0,80 ; 0,48 ; 0,44 ;

— pour les parcelles 3 et 4 ensemble : (treizième à dix-septième semaines de développement) : 0,48 ; 0,36 ; 0,29 ; 0,9 ; 0,29 ;

— pour les parcelles 1 et 2 ensemble : (seizième à vingtième semaines de développement) : 0,39 ; 0,27 ; 0,20 ; 0,07 ; 0,24.

Nous noterons d'ailleurs que, pour les parcelles à floraison précoce qui, en valeurs absolues, présentent les infections les plus faibles, les erreurs d'estimation du coefficient de vulnérabilité sont relativement plus élevées, parce que les éléments de base servant à cette estimation (pourcentages d'attaques et pourcentages de pertes) sont faibles et sont eux-mêmes, par conséquent, entachés d'une erreur expérimentale plus grande que dans le cas des témoins. Ces valeurs calculées sur un échantillon plus important auraient sans aucun doute été plus faibles, ce qui accuserait la différence que nous avons fait apparaître ici.

TABLEAU III

Evolution du coefficient de vulnérabilité des baies (C. V.).
Données moyennes après regroupement deux à deux des parcelles ayant fleuri à des dates voisines

Parcelles	1 + 2		3 + 4		$T_1 + T_2$	
Age des baies en semaines	Dates	C. V.	Dates	C. V.	Dates	C. V.
9	2/4	—	21/4	1,00	12/5	—
10	8/4	1,00	28/4	0,50	20/5	0,81
11	14/4	0,63	2/5	0,49	27/5	0,65
12	21/4	0,67	12/5	0,90	4/6	0,80
13	28/4	0,67	20/5	0,48	9/6	0,48
14	2/5	0,23	27/5	0,36	16/6	0,44
15	12/5	0,35	4/6	0,29	23/6	0,23
16	20/5	0,39	9/6	0,09	28/6	0,27
17	27/5	0,27	16/6	0,29	7/7	0,30
18	3/6	0,20	23/6	0,05	14/7	0,21
19	9/6	0,07	28/6	0,16	21/7	0,14
20	16/6	0,24	7/7	0,13	26/7	0,14
21	23/6	0,15	14/7	0,12	3/8	0,15
22	28/6	0,24	21/7	0,08	12/8	0,06
23	7/7	0,02	26/7	0,14	18/8	0,10
24	14/7	0,06	3/8	0,11	27/8	0,03
25	21/7	0,02	12/8	0,03	1/9	0,06
26	26/7	0,10	18/8	0,10	8/9	0,07
27	3/8	0,13	27/8	0,07	15/9	0,05
28	12/8	—	1/9	0,07	22/9	0,03
29	18/8	0,10	8/9	0,06	29/9	0,05
30	27/8	0,13	15/9	0,14	6/10	0,07
31	1/9	0,14	22/9	0,03	11/10	0,03
32	8/9	0,05	29/9	0,27	20/10	0,09
33	15/9	0,06	6/10	0,15	27/10	

TABLEAU IV

Evolution des pertes exprimées en pourcentages hebdomadaires cumulés des baies perdues par rapport à la population initiale. Données moyennes après regroupement deux à deux des parcelles ayant fleuri à des dates voisines

Parcelles	1 + 2		3 + 4		$T_1 + T_2$	
Age des baies en semaines	Dates	Pertes cumulées en %	Dates	Pertes cumulées en %	Dates	Pertes cumulées en %
10	8/4	0	28/4	0,10	20/5	0
14	2/5	2,71	27/5	2,11	16/6	2,50
18	3/6	5,10	23/6	4,94	14/7	8,43
22	28/6	6,59	21/7	7,08	12/8	12,77
26	26/7	7,39	18/8	8,62	8/9	14,69
30	27/8	8,27	15/9	10,01	6/10	16,56
34	21/9	9,44	13/10	13,63	4/11	18,02

Etude des pertes (tableau IV et graphique 6, p. 288)

Les pertes sont évidemment fonction de l'importance des attaques : les tableaux et les graphiques permettent d'en suivre l'évolution. Nous en tirerons ici quelques éléments.

A la trente-quatrième semaine de développement des baies, elles atteignaient respectivement, par rapport à la population d'origine :

9,44 % pour les parcelles 1 et 2 ensemble ;

13,63 % pour les parcelles 3 et 4 ensemble ;

18,02 % pour les parcelles T_1 et T_2 ensemble.

Les pertes sont donc aussi fonction de la position dans le temps des stades jeunes des baies caractérisés par un coefficient de vulnérabilité élevé.

Les stades jeunes des baies issues des floraisons les plus tardives (parcelles témoins) se placent naturellement en période favorable à l'activité parasitaire, c'est-à-dire en saison des pluies, et enregistrent à la fois les plus fortes attaques et

les pertes les plus sévères ; les stades jeunes des baies de plus en plus précoces se situent au contraire en période plus sèche, moins favorable à l'activité du champignon, et présentent des attaques moins sévères et des pertes moins lourdes.

Influence du raccourcissement de la durée des stades jeunes des fruits sur l'intensité des attaques

Principes

La rapidité de la croissance des fruits, comme de la plante tout entière, dépend des conditions d'environnement, comprenant principalement : température, alimentation hydrique et alimentation minérale. On peut donc songer, par des interventions de nature à modifier les conditions d'environnement, à modifier la vitesse de croissance. S'il n'est pratiquement pas possible de modifier la température en plein champ, il est au contraire particulièrement facile de contrôler, par l'irrigation, l'alimentation en eau.

Nous avons donc émis l'hypothèse que, pour une période de saison sèche, caractérisée par des températures données, la croissance des baies de caféier, issues d'une floraison précoce obtenue par arrosage, serait fonction des quantités d'eau apportées, tant au moment de l'arrosage « de floraison » qu'au moment des arrosages « d'entretien » effectués périodiquement ensuite.

Par ailleurs, nous avons pensé que l'efficacité d'une certaine quantité d'eau pouvait dépendre, à ce point de vue, de la technique d'arrosage : l'aspersion, qui imbibe la plante, nous a paru, *a priori*, devoir être plus rapidement efficace que l'arrosage au sol qui n'agit que par absorption radiculaire. Mais on pouvait, en contrepartie, craindre que l'humectation des arbustes, et par conséquent des fruits, au cours d'arrosages d'entretien par aspersion, ne constitue momentanément des conditions microclimatiques favorables à l'activité parasitaire, ce qui aurait masqué, dans ce cas, le rôle réel de l'accélération de la croissance sur l'infection liée aux conditions naturelles du moment : l'arrosage au sol, qui ne présentait pas ce risque, était donc, malgré une efficacité supposée moindre, très intéressant pour notre expérience.

Description d'un essai effectué en 1970

L'essai réalisé en 1970 a eu pour but de juger, pour une date de floraison précoce donnée, l'influence de trois quantités hebdomadaires moyennes d'eau apportées selon deux techniques d'arrosage (aspersion et arrosage au sol) sur la vitesse de croissance des fruits, et par conséquent, sur la durée des stades jeunes et l'intensité des attaques.

Pour des raisons de commodité d'exécution et parce qu'il n'était pas possible de faire par aspersion un arrosage d'entretien trop tôt après l'arrosage de floraison, afin de ne pas abîmer les boutons floraux, mais seulement après nouaison, les arrosages ont été effectués toutes les trois semaines. Chacun d'eux était donc censé assurer l'alimentation en eau des arbustes pendant vingt et un jours compte tenu d'une bonne rétention supposée du sol dans les champs d'expérience.

Pour chacun des deux modes d'arrosage, on a donc comparé les trois quantités hebdomadaires moyennes d'eau suivantes :

— 35 mm, soit 130 mm à chaque passage (105 mm majorés de 20 % pour les pertes) ;

— 25 mm, soit 90 mm à chaque passage (75 mm majorés de 20 % pour les pertes) ;

— 15 mm, soit 54 mm à chaque passage (45 mm majorés de 20 % pour les pertes).

L'essai a été implanté dans la plantation Darmagnac, à Babadjou, Cameroun oriental, à 1.650 m d'altitude. Il comptait cinq répétitions.

A côté des parcelles recevant les arrosages tels que définis précédemment, on a ménagé un ensemble de parcelles témoins de trois types :

— témoin non arrosé, non fumé et non traité chimiquement ;

— témoin non arrosé, fumé comme les parcelles irriguées et non traité chimiquement ;

— témoin non arrosé, fumé comme les parcelles irriguées et recevant sept pulvérisations cupriques destinées au contrôle chimique de l'anthracnose (bouillie à 0,50 % d'un produit titrant 50 % de cuivre de l'oxychlorure tétracuivrique) entre le 20 avril et le 30 août, soit au cours des semaines 20-25/4 ; 18-23/5 ; 8-13/6 ; 29/6-4/7 ; 13-18/7 ; 27/7-1/8 ; 10-15/8.

En résumé, les traitements mis en comparaison sont les suivants, que nous désignerons dans la suite de l'exposé comme indiqué dans le tableau V.

TABLEAU V

Traitements	Abréviations
35 mm en moy. par semaine en aspersion	35A
25 mm en moy. par semaine en aspersion	25A
15 mm en moy. par semaine en aspersion	15A
35 mm en moy. par semaine au sol	35S
25 mm en moy. par semaine au sol	25S
15 mm en moy. par semaine au sol	15S
Témoin fumé	TF
Témoin fumé traité au cuivre	TCu
Témoin non fumé.....	TNF

Chaque parcelle comportait quinze arbres utiles pris dans un groupe de 4 × 4 = 16 arbres.

On a ménagé des bordures suffisantes pour éviter une interaction entre les parcelles :

— entre parcelles irriguées par arrosage du sol, ou entre ces parcelles et les parcelles non irriguées, une seule ligne d'arbustes est suffisante compte tenu de l'expérience de 1969 ;

— entre parcelles irriguées par aspersion ou entre ces parcelles et les autres parcelles, et compte tenu du dispositif d'arrosage et de la portée des asperseurs, on a ménagé des bordures plus conséquentes, la première ligne utile d'une parcelle voisine d'une parcelle irriguée par aspersion devant être la septième ligne à partir de l'asperseur le plus proche.

Les asperseurs dont nous disposons ayant une portée de 10 à 12 m dans les conditions normales d'utilisation, pour un débit de un mètre cube à l'heure environ, assurent une pluie voisine de 10 mm à l'heure par addition des apports de quatre asperseurs.

Le contrôle des apports a été fait par mesure de l'eau recueillie dans vingt-cinq seaux en matière plastique servant de pluviomètres et disposés dans les intervalles entre les seize arbres de la parcelle et dans les intervalles entre ces arbres et les lignes d'arbres voisines.

Pour l'arrosage au sol, on a utilisé des seaux de 12 l, dont le contenu a été versé avec précaution pour éviter l'érosion ; on a apporté l'eau au pied des caféiers, dans tous les interlignes, et au centre des carrés limités par quatre caféiers.

Le premier arrosage a été effectué le 14 janvier 1970 et s'est poursuivi pendant huit jours pour couvrir l'ensemble de l'essai : on peut le considérer comme centré sur le 17 janvier.

300 g de sulfate d'ammoniaque ont été apportés à chaque arbre de chaque parcelle irriguée le jour du premier arrosage, et le jour de la première pluie à chaque arbre des parcelles témoins fumées et témoins traitées chimiquement (TF et TCu).

300 g d'un engrais complexe 20-10-10 ont été apportés à ces arbres huit semaines après le premier épandage d'engrais. 250 g de sulfate d'ammoniaque ont été apportés ensuite à chaque arbre toutes les huit semaines.

Les parcelles d'essai ont été tenues en bon état de propreté par des désherbages convenables à la machette et chimiques.

Deux traitements insecticides (parathion) à un mois d'intervalle ont été effectués après nouaison, pour contrôler les populations d'*Antestia* et de *Coloborrhis*.

Résultats

Les réactions des fruits à l'infection étant supposées liées à leur physiologie, on a, grâce à un marquage précis et complexe des rameaux le jour de la floraison, effectué tout au long de l'année, des observations permettant de comparer parallèlement, en fonction des différents traitements :

— la croissance des fruits et l'évolution de leur composition au cours de leur développement ;

— l'incidence de l'anthracnose.

Effets de l'irrigation sur la croissance des fruits

Les effets des apports d'eau sur la croissance des baies ont été étudiés : on a mesuré le volume des baies lors de sondages effectués toutes les quatre semaines entre les huitième et trente-sixième semaines après la floraison.

Le tableau VI et le graphique 7 (p. 288) donnent, pour chaque traitement, l'évolution du volume de cent baies.

On peut constater que, dès la huitième semaine, une différence apparaît dans la taille des baies, directement fonction du mode d'arrosage d'une part, et de l'apport d'eau hebdomadaire moyen d'autre part.

Cette différence continue à apparaître au cours des douzième et seizième semaines, ce qui traduit des différences nettes dans la vitesse de croissance des baies, et ce jusqu'à la vingtième semaine, moment à partir duquel toutes les baies ont atteint — aux erreurs d'expérience près — la même taille.

TABLEAU VI

Volumes moyens de cent baies de la huitième à la trente-sixième semaine exprimés en centimètres cubes

Semaines / Traitements	8	12	16	20	24	28	32	36
35A	3,62	47,65	75,23	82,14	96,80	96,88	103,56	108,60
25A	3,19	38,92	74,29	81,32	94,32	92,08	99,48	106,36
15A	2,07	26,04	73,05	78,34	86,32	90,48	99,20	103,66
35S	2,41	27,56	73,28	85,68	94,80	95,08	102,52	102,48
25S	2,22	26,75	68,45	86,40	92,30	91,20	96,28	105,50
15S	1,65	13,36	62,68	85,68	94,44	93,44	94,76	104,72

Cette convergence des volumes à la vingtième semaine est tout à fait normale puisque la taille des baies, après une phase de croissance active, marque un palier. Lorsqu'on utilise les variations du volume pour juger des différences dans les vitesses de croissance des baies, c'est donc tout particulièrement la période précédant la vingtième semaine qui doit retenir l'attention.

Si l'on trace sur le graphique 7 des lignes parallèles à l'axe des abscisses, au niveau des points marquant les douzième et seizième semaines de développement des baies ayant reçu 15 mm, 25 mm et 35 mm au sol et 15 mm et 25 mm par aspersion, ces lignes recoupent la courbe de croissance des baies ayant reçu 35 mm par aspersion : la projection sur l'axe des abscisses de ces points d'intersection permet de se faire une idée du retard physiologique des différentes populations de baies par rapport à celle qui a reçu l'arrosage par aspersion le plus important. Le tableau VII donne ces résultats.

TABLEAU VII

Retard physiologique exprimé en semaines par rapport à la population ayant reçu 35 mm d'eau pas aspersion

Traitements / Age des baies en semaines	Arrosage au sol			Aspersion	
	15S	25S	35S	15A	25A
12	3	2	2	2	1
16	2	1	1/2	< 1/2	< 1/2

Bien apparentes à la douzième semaine, moins sensibles dès la seizième semaine, les différences semblent s'estomper avec le temps : une analyse superficielle conduirait à dire que l'on assiste à un rattrapage physiologique des baies les plus attardées. Nous pensons que ce rattrapage n'est qu'apparent, le seul critère « taille des baies » ne pouvant être représentatif du phénomène tout au long de son déroulement ; la taille des baies, comme nous l'avons déjà signalé, n'a pas une évolution continue, mais présente un palier : quand on approche de ce palier, qui se fait pour une taille identique pour toutes les populations de baies, il y a convergence des dimensions pour toutes les baies. Cette convergence dimensionnelle précède la convergence de l'état physiologique des fruits, qui se définit par des caractéristiques plus profondes et plus fondamentales, de nature biochimique, dont l'étude a été entreprise.

C'est donc au stade de la douzième semaine de développement des fruits que la comparaison des volumes des baies peut donner une bonne idée de leur vitesse relative de croissance et de leur état physiologique relatif, en fonction des traitements reçus.

On peut en conclure que le plus fort arrosage par aspersion (35A) a permis, au plan physiologique, de gagner trois semaines par rapport au plus faible arrosage au sol (15S), deux semaines par rapport aux trois arrosages 25S, 35S et 15A, qui semblent avoir le même effet ou un effet très voisin, et une semaine par rapport à l'arrosage 25A.

Étude de l'importance des attaques d'anthracnose en fonction du mode d'arrosage et des apports d'eau hebdomadaires moyens

Le tableau VIII et les graphiques 8 et 9 (p. 294) correspondants donnent l'évolution des attaques, exprimées en pourcentages hebdomadaires de baies malades par rapport au nombre total de baies présentes au moment de chaque observation.

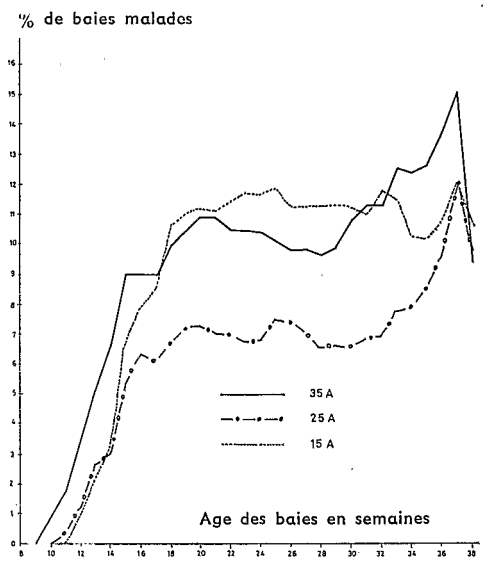
TABLEAU VIII

Evolution des attaques exprimées en pourcentages hebdomadaires de baies malades, par rapport au nombre de baies en place au moment de l'observation

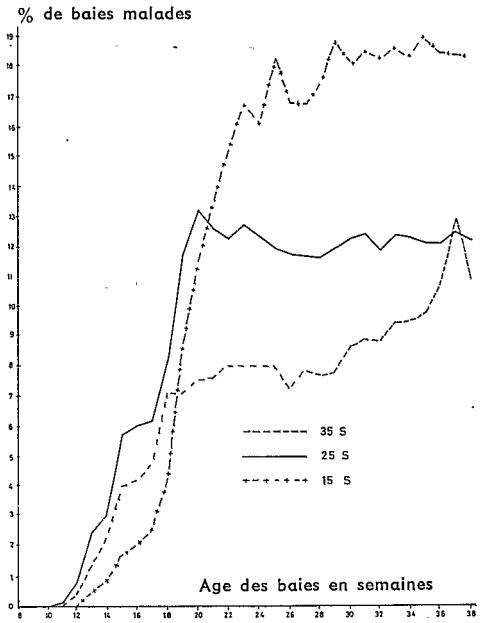
Dates	Traitements → / Age des baies en semaines ↓	35A	25A	15A	35S	25S	15S
30/3	8	0	0	0	0	0	0
27/4	12	3,29	1,23	1,00	0,37	0,81	0
25/5	16	8,98	6,39	7,91	4,18	6,03	2,02
22/6	20	10,91	7,28	11,19	7,55	13,23	11,35
20/7	24	10,41	6,80	11,69	8,04	12,35	16,09
17/8	28	9,66	6,60	11,13	7,75	11,66	17,37
14/9	32	11,30	7,00	11,77	8,88	11,91	18,27
12/10	36	13,67	9,73	10,85	10,71	12,13	18,48

Le tableau IX (p. 295) fait ressortir le taux d'attaque maximum atteint dans les différents traitements et la date où se situe le point d'inflexion de la courbe évolutive de l'infection.

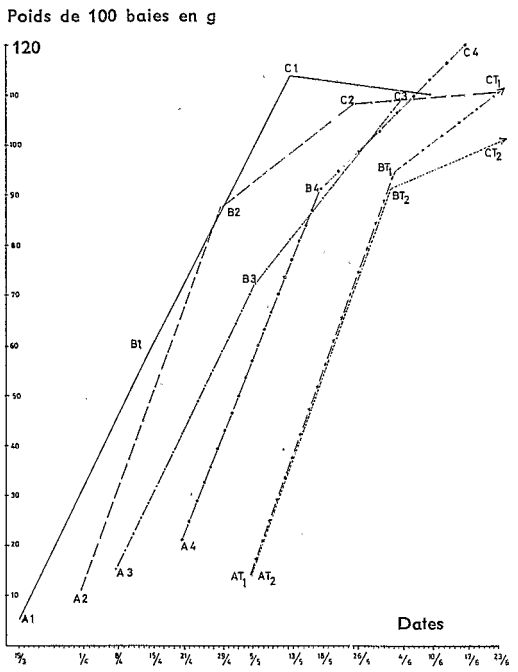
L'examen de ces tableaux conduit à des commentaires d'ordre quantitatif et d'ordre qualitatif, complémentaires les uns des autres.



Graphique 8. — Evolution des attaques exprimées en pourcentages hebdomadaires de baies malades, par rapport au nombre de baies en place au moment de l'observation

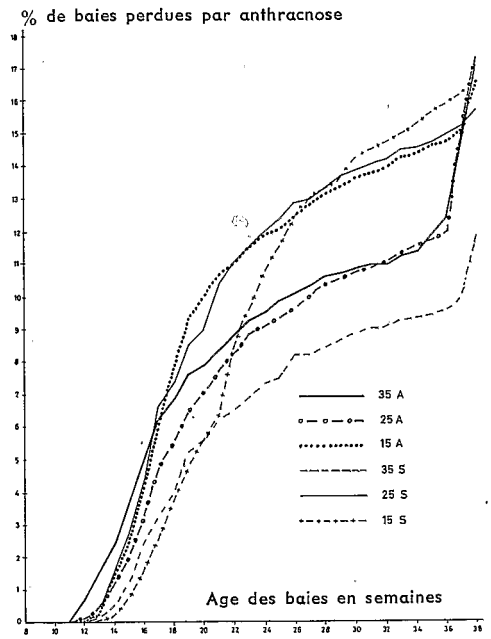


Graphique 9. — Evolution des attaques exprimées en pourcentages hebdomadaires de baies malades, par rapport au nombre de baies en place au moment de l'observation



Graphique 10. — Les points A, B, C, situent les poids de cent baies respectivement à huit, douze et seize semaines d'âge réel, pour les fruits issus de floraisons échelonnées :

1 (floraison du 21/1/1969).
2 (— — 31/1/1969).
3 (— — 12/2/1969).
4 (— — 24/2/1969).
T_1 et T_2 (floraison du 11/3/1969).



Graphique 11. — Evolution des pertes imputables à l'anthracnose exprimées en pourcentages cumulés de baies perdues par rapport à l'effectif de départ

TABLEAU IX

Pourcentages d'attaques maximum et date du point d'inflexion de la courbe d'infection

Traitements		% maximum	Point d'inflexion de la courbe d'infection
Aspersion	35 mm/semaine	10,91 %	16e semaine
	25 mm/semaine	7,28 %	17e semaine
	15 mm/semaine	11,84 %	20e semaine
Arrosage au sol	35 mm/semaine	8,02 %	18e semaine
	25 mm/semaine	12,71 %	20e semaine
	15 mm/semaine	18,79 %	25e semaine

Analyse quantitative des données

Si l'on considère l'ensemble des parcelles ayant reçu des arrosages au sol (graphique 9, p. 294), on constate que les taux d'attaques sont en corrélation inverse avec les apports d'eau hebdomadaires moyens.

Or nous avons vu précédemment que ces apports d'eau hebdomadaires moyens avaient une incidence directe sur la physiologie des fruits, incidence qui apparaît visiblement pendant la période précédant la vingtième semaine de développement des baies, et tout particulièrement à la douzième semaine, par le simple examen de leur volume : on assiste à une accélération de la croissance des baies d'autant plus grande que les arrosages sont plus abondants.

On peut donc en conclure que les arrosages interviennent sur l'intensité des attaques par l'accélération plus ou moins grande de la croissance des fruits, en réduisant proportionnellement la durée de leurs stades physiologiques les plus réceptifs.

Les données quantitatives obtenues avec l'arrosage par aspersion sont moins nettes. On n'y retrouve pas le même ordonnancement en fonction des apports d'eau hebdomadaires moyens. Il semble que les aspersions aient eu un certain effet stimulant sur le parasite : l'humectation des arbustes pendant le temps que dure l'arrosage (six à douze heures suivant la quantité d'eau apportée, et pendant les heures qui suivent, douze heures de nuit dans le cas le plus défavorable) est peut-être suffisante :

— pour induire une production de spores à partir des organes porteurs : baies de la campagne précédente ayant échappé au ramassage sanitaire ; vieilles baies tombées à terre ; écorces souillées ; écorces des rameaux dans la faible mesure où elles peuvent être considérées, à la lumière des travaux du Kenya, comme génératrices de spores ;

— pour assurer la germination des spores sur les jeunes baies.

Analyse qualitative des données

Les tableaux VIII et IX et les graphiques 8 et 9 (p. 294) correspondants montrent que le point d'inflexion de la courbe d'infection, origine de la phase de stabilisation des attaques, se situe à des âges différents pour les diverses populations de baies en comparaison, et d'autant plus tôt que les arrosages ont été plus abondants, d'une part, et effectués par aspersion, d'autre part : c'est là une confirmation de ce qui vient d'être dit, que la durée de la période de sensibilité du fruit a été d'autant plus courte que les arrosages, par leur action sur la croissance des baies, donc sur leur évolution physiologique, ont été plus efficaces.

En bonne logique, plus le point d'inflexion de la courbe d'infection est précoce, c'est-à-dire plus la période de sensibilité est courte et plus les attaques doivent être faibles : c'est bien ce qui apparaît avec une particulière netteté dans les données des arrosages au sol comme nous l'avons montré au paragraphe précédent. Les données des arrosages par aspersion sont, à cet égard, moins parlantes sans doute du fait de l'action possible de l'humectation des arbres sur l'activité parasitaire.

Ces résultats sont une nouvelle confirmation de notre hypothèse de départ que la nature même du fruit, fonction de son évolution physiologique, est l'élément fondamental conditionnant les attaques, toutes choses — en particulier les conditions climatiques — étant égales par ailleurs : la courbe d'infection des baies physiologiquement les plus attardées (25S et surtout 15S) montre une phase de forte poussée infectieuse, alors que celle des baies ayant la plus forte accélération de croissance (35S) est déjà au palier marquant la phase de stabilisation de l'infection, et ce au même moment climatique.

Nous ferons ici un rapide retour en arrière. Dans l'essai de 1969, nous avions signalé une irrégularité dans le classement des taux d'attaques des parcelles en fonction de la précocité de la floraison. La parcelle la plus précoce présentait en effet un taux d'infection anormalement élevé. C'est sans doute à la vitesse de croissance relativement lente des baies dans cette parcelle qu'il faut attribuer cette irrégularité.

Si en effet l'on se reporte au tableau X et au graphique 10 (p. 294) qui traduisent la croissance des différentes populations de baies exprimées en

TABLEAU X

Evolution du poids en grammes de cent baies entières en fonction de leur âge et de la précocité de la floraison

Age des baies en semaines \ Parcelles	1	2	3	4	T_1	T_2
8	5,5	11,3	15,1	21,4	14,5	14,4
12	59,6	87,5	72,4	91,1	95,0	91,3
16	114,0	108,2	108,9	120,2	115,9	104,0
20	110,1	110,5	114,7	113,9	107,1	110,4
24	113,9	109,4	111,1	112,8	116,8	115,5
28	118,7	124,3	115,5	117,7	123,5	125,0
32	122,6	132,9	117,7	138,6	135,6	141,0
40	221,8	186,4	195,4	204,4	179,6	196,3

1 = Floraison du 21/1/69
2 = — — 31/1/69
3 = — — 12/2/69
4 = Floraison du 24/2/69
T_1 et T_2 = — — 11/3/69

poids moyen de cent baies en fonction du temps, on constate que les baies les plus tardives ont eu une croissance plus rapide que les baies les plus précoces : à huit semaines d'âge réel, le poids de cent baies était respectivement de 5,5 g ; 11,3 g ; 15,1 g ; et 21,4 g pour les parcelles 1, 2, 3 et 4, et de 14,5 g et 14,4 g pour T_1 et T_2. Nous pensons pouvoir attribuer aux températures ces différences dans la vitesse de croissance des fruits. En début d'année, la zone d'étude présente des températures très basses qui s'élèvent progressivement : les baies de plus en plus tardives se développant à des périodes de plus en plus chaudes poussent d'autant plus vite et voient leurs stades jeunes d'autant plus raccourcis. Ce raccourcissement des stades jeunes les plus vulnérables dans les parcelles les plus tardives et chez les témoins où la croissance a été particulièrement rapide (sans doute grâce à une très bonne alimentation en eau) est à l'origine, dans ces parcelles, de taux d'attaques relativement faibles, à l'inverse de la parcelle la plus précoce où la croissance a été particulièrement lente. C'est là une confirmation de l'expérience présente.

On avait montré, en 1969, que le déplacement dans le temps des stades juvéniles les plus réceptifs permettait d'échapper en partie à l'infection ; on montre complémentairement dans cet essai que le raccourcissement de ces stades juvéniles, par une alimentation hydrique convenable, va dans le même sens.

Etude des pertes imputables à l'anthracnose en fonction du mode d'arrosage et des apports d'eau hebdomadaires moyens

De la même façon que pour l'intensité des attaques, l'importance des pertes est inversement fonction de l'importance des apports d'eau hebdomadaires moyens (tableau XI et graphique 11, p. 294).

Comme pour les autres éléments analysés dans cette étude, le phénomène est surtout visible pour les parcelles arrosées au sol ; on a en effet, en fin de campagne, respectivement perdu 11,88 ; 15,75 et 16,38 % de la production pour les traitements 35S, 25S et 15S. Toujours pour les mêmes raisons déjà évoquées (possible action stimulante de l'humectation des organes végétaux sur l'activité parasitaire), on n'a pas en fin de campagne une organisation aussi régulière dans les parcelles arrosées en aspersion ; il faut de plus noter qu'en fin de campagne, la recrudescence d'attaques (forme « brown blight ») sur les baies mûres très précocement a entraîné une perte d'origine parasitaire dans les parcelles 35A : pour se rendre compte exactement des pertes réelles dues à l'anthracnose, dans sa phase active, ce n'est donc pas, pour ces parcelles, en fin de campagne, qu'il faut porter un jugement, mais quelques semaines plus tôt, par exemple à la trente-deuxième semaine : on a alors respectivement 10,99 ; 11,07 et 13,92 % de pertes pour les traitements 35A, 25A et 15A.

TABLEAU XI

Pourcentages moyens cumulés de fruits perdus du fait des attaques d'anthracnose à partir de la huitième semaine après la floraison

Age des baies en semaines \ Traitements	35A	25A	15A	35S	25S	15S
8	0	0	0	0	0	0
12	0,67	0,11	0	0	0,13	0
16	4,80	3,25	4,19	2,45	4,97	1,62
20	7,90	7,01	9,98	5,56	8,94	5,59
24	9,50	9,07	11,87	7,31	11,98	10,71
28	10,58	10,37	13,14	8,43	13,28	13,31
32	10,99	11,07	13,92	9,05	14,20	14,76
36	12,40	11,98	14,70	9,55	14,95	15,91
38	17,84	17,23	16,59	11,88	15,75	16,38

CONCLUSION

Les expériences qui ont été décrites ci-dessus ont montré :

— en 1969, que les baies étaient d'autant moins atteintes que la floraison était plus précoce, les hautes valeurs de leur coefficient de vulnérabilité, caractéristiques de leurs stades jeunes, coïncidant d'autant moins avec la période d'activité parasitaire ;

— en 1970, que, pour une date de floraison donnée, les baies sont d'autant moins atteintes que leur évolution physiologique est plus rapide : les baies échappent d'autant plus aux attaques que leur phase de vulnérabilité maximum est plus réduite.

Diverses conclusions sont à tirer de ces résultats :

1° S'il n'est pas douteux que l'ensemble des conditions climatiques est l'élément naturel fondamental permettant l'activité parasitaire, il semble ne plus faire de doute que, pour une période climatique donnée, favorable à cette activité, celle-ci n'aura lieu qu'autant que les baies seront dans une phase réceptive. Le coefficient de vulnérabilité précédemment défini est bien une caractéristique intrinsèque du fruit, dont les variations sont le reflet des variations de la sensibilité de la pulpe au cours de son développement. Ce coefficient prend par conséquent, au cours des stades allant jusqu'à la maturation, le sens d' « indice de sensibilité » des fruits. Cette conclusion à laquelle nous étions arrivé par le seul raisonnement logique, à partir de faits d'observation, trouve ici sa démonstration.

2° Dans les conditions naturelles, la coïncidence des plus hautes valeurs de l'indice de sensibilité et des éléments climatiques favorables au parasite donne à la maladie toute son importance ; inversement, le décalage chronologique de ces hautes valeurs de l'indice de sensibilité par rapport aux périodes d'activité parasitaire permet aux baies d'échapper au moins partiellement à l'infection. Ceci explique sans doute que l'on ait pu remarquer que, les années à floraison tardive, les attaques d'anthracnose sont particulièrement fortes, tandis que les années à floraison précoce lorsque les fruits se maintiennent grâce à des pluies de saison sèche, les attaques sont au contraire faibles.

3° L'accélération de la croissance des jeunes fruits ayant pour effet un raccourcissement de leur phase de sensibilité maximum nous conduit à émettre une hypothèse expliquant la localisation préférentielle de l'anthracnose des baies dans les régions de haute altitude caractérisées par un climat frais. Les conclusions auxquelles nous sommes arrivé ici permettent en effet de penser que, dans ces régions, du fait de températures relativement basses, la croissance des fruits est relativement lente (cycle total de quarante-deux semaines), et la phase de sensibilité maximum par conséquent de longue durée. Au contraire, en altitude plus basse, où le cycle total n'est que de trente-deux semaines, la phase juvénile de sensibilité maximum a vraisemblablement une durée réduite : le parasite n'aurait pas les mêmes possibilités d'agression qu'en altitude élevée ; des attaques d'une certaine importance n'y seraient possibles que fortuitement, lorsque les conditions climatiques annuelles se trouvent être ponctuellement proches de celles des régions élevées, avec un effet ralentisseur sur la croissance des fruits ou lorsque les arbustes sont dans un état chétif n'assurant pas une croissance normale aux fruits. On rencontre en effet occasionnellement des attaques d'anthracnose en basse altitude : le parasite existe donc dans ces conditions écologiques. On peut penser qu'il s'y maintient en temps ordinaire sur les baies vertes sous forme d'infections latentes invisibles n'apparaissant qu'au stade de la maturation sous forme « brown blight » sans importance pathogénique.

4° Dans le même ordre d'idées, on peut émettre l'hypothèse que les variétés les plus sensibles sont celles dont les baies ont un cycle de développement lent caractérisé par une longue durée des stades de vulnérabilité maximale et qu'inversement les baies des variétés résistantes ont un développement rapide, avec des stades jeunes de courte durée.

Ce ne sont que des hypothèses qui doivent être vérifiées, mais qui, si elles étaient exactes, permettraient d'éclairer les travaux de génétique.

5° La sensibilité des fruits dépendant évidemment des composants chimiques de la pulpe et de ses caractéristiques histologiques, l'étude de ces éléments aux divers stades, caractérisés par une sensibilité donnée des fruits, doit permettre d'orienter le choix de variétés résistantes, et d'apporter des informations fondamentales sur la nature des supports biochimiques et histologiques de la résistance.

6° Une méthode de contrôle de l'anthracnose peut être envisagée par la mise en œuvre de l'irrigation. Cette méthode fait l'objet de la seconde partie de cet article.

L'IRRIGATION, MÉTHODE PRÉVENTIVE DE CONTRÔLE DE L'ANTHRACNOSE DES BAIES

PRINCIPE GÉNÉRAL

La région arabicole du Cameroun, et tout particulièrement la zone de haute altitude où se rencontre l'anthracnose des baies, est caractérisée par un climat de type tropical, avec deux saisons seulement, qui présentent des variations annuelles importantes, mais qui ont un rythme régulier :

— la saison sèche couvre les mois de décembre, janvier et février, mais peut s'étendre à la période novembre-mars ;

— la saison des pluies va de mars à novembre, mais peut être un peu plus réduite (avril-octobre).

Ce rythme saisonnier détermine chez le caféier Arabica un cycle végétatif et phénologique simple :

— la floraison est consécutive aux premières pluies et se produit en moyenne aux environs du 1er mars ;

— la phase de croissance des baies s'étend sur toute la saison des pluies ;

— la phase de prématuration et de maturation trouve sa place au cours de la saison sèche, la récolte se situant principalement en décembre pour se terminer courant janvier.

Dans les conditions naturelles du Cameroun, on constate que le parasite, en sommeil en saison sèche, du fait des conditions climatiques et de l'absence d'organes vulnérables, reprend son activité aux premières pluies ; cette activité s'intensifie pendant la première partie de la saison humide correspondant aux stades jeunes des baies, caractérisés par les valeurs élevées du coefficient de vulnérabilité : la coïncidence naturelle de conditions climatiques favorables au parasite et de la phase de sensibilité maximum des baies donne à la maladie son caractère d'extrême gravité.

Or les expériences décrites dans la première partie de cet article ont montré qu'un décalage chronologique entre les stades jeunes des baies et la première partie de la saison des pluies, dans le cas d'une floraison précoce telle que les baies ont atteint un stade de moindre vulnérabilité au moment où les pluies entraînent la reprise de l'activité parasitaire, permettait à ces baies d'échapper à l'infection, ou, du moins, d'être atteintes en moindre abondance et avec une moindre gravité.

Nous avons vu par ailleurs qu'une accélération de la croissance des fruits réduisant la durée de leurs stades vulnérables agissait dans le même sens.

Dans ces expériences, les seuls artifices mis en œuvre, pour obtenir floraisons précoces et accélération de croissance, étaient des arrosages. Elles contiennent donc en elles-mêmes le principe et l'adaptation à la zone camerounaise de haute altitude d'une méthode préventive de lutte contre l'anthracnose des baies, intégrée aux techniques culturales : l'**irrigation précoce.**

Certes, cette méthode ne permet pas un contrôle absolu de la maladie, mais en réduit considérablement l'incidence. Nous avons donné les résultats obtenus à ce point de vue et ne nous y étendrons pas à nouveau. Mais on trouvera ci-après l'étude de certains autres aspects de la question, concernant plus particulièrement **les conditions pratiques d'application de cette méthode, et ses conséquences aux plans agronomique et économique.** Cette étude se rapporte principalement à notre essai de 1970, mais quelques éléments sont cependant tirés des observations de 1969.

ÉTUDE DES MODALITÉS D'APPLICATION DE L'IRRIGATION EN TANT QUE MÉTHODE PRÉVENTIVE DE CONTRÔLE DE L'ANTHRACNOSE DES BAIES. CHOIX DES TECHNIQUES

La mise en pratique de cette méthode intégrée de contrôle de l'anthracnose implique de définir la technique d'arrosage la plus adéquate, les quantités d'eau nécessaires et suffisantes, les dates et les rythmes des arrosages.

Etude de la technique d'arrosage la plus adéquate

La technique d'arrosage la plus répandue et pour laquelle il existe une gamme importante de

matériels à grand rendement, très commodes d'emploi, est **l'arrosage par aspersion.**

Dans le cas qui nous occupe, on peut penser que cette technique présente l'inconvénient de créer, momentanément, pendant la durée des arrosages, les conditions microclimatiques favorables au parasite, ce qui, bien évidemment, va à l'encontre du but recherché. Il faut distinguer à ce point de vue les « arrosages de floraison » et les « arrosages d'entretien ».

Au Cameroun, les arrosages effectués pour déclencher la floraison ne peuvent présenter d'inconvénient : à cette époque, en effet, il n'y a plus de fruits sur les arbustes. Mais dans les pays comme le Kenya, par exemple, où l'on a deux productions annuelles qui chevauchent, les arrosages de floraison pourraient activer le parasite ; dans ce cas, il faut cependant noter qu'au moment de ces arrosages, les fruits en place ont déjà atteint un stade de non vulnérabilité.

En revanche, les arrosages d'entretien, effectués après nouaison pour assurer le développement des jeunes fruits en saison sèche, pourraient favoriser les attaques de ces derniers dans tous les cas.

On a donc comparé deux types d'arrosages :

— **par aspersion** à l'aide d'un matériel Lorraine-Bauer comprenant un ensemble de 600 m de tuyaux d'acier galvanisé en éléments à rotules de 6 m de long et 70 mm de diamètre, douze asperseurs B5F montés sur des tiges verticales de 2,50 m, un groupe moto-pompe constitué d'un moteur HATZ (Diesel) de 9 ch et d'une pompe rotative SULZER ;

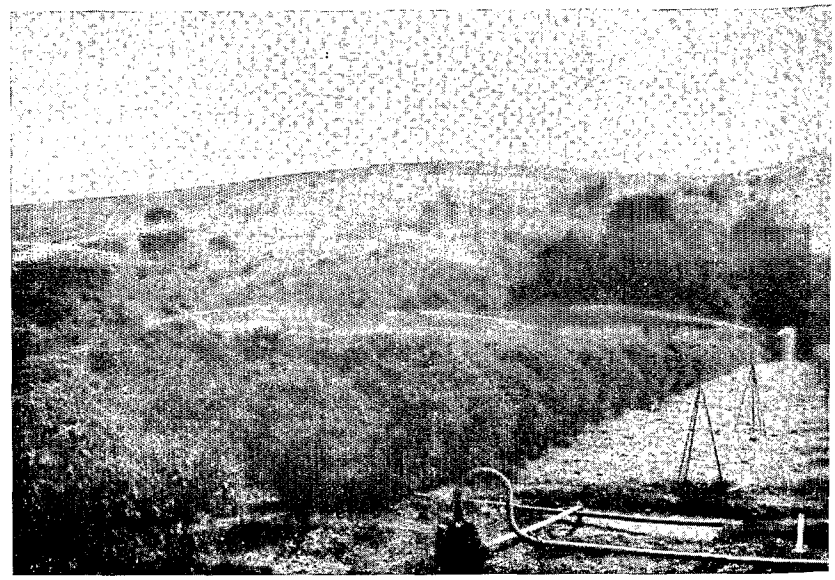
— **au sol :** ne disposant pas d'appareillage particulier, l'apport d'eau a été fait à la main à l'aide de seaux.

Etude des quantités d'eau nécessaires et suffisantes

— Souhaitant nous placer dans des conditions proches de la pratique, nous avons tenté de définir les quantités d'eau indispensables à apporter en un minimum d'applications, afin de rester dans des limites économiques correctes.

Le premier arrosage ne doit pas seulement assurer la floraison : il doit aussi constituer une réserve d'eau suffisante pour assurer l'activité végétative des caféiers et le développement convenable des jeunes fruits, pendant une période aussi longue que possible. Il est judicieux que le second arrosage se situe après la floraison pour ne pas risquer de détériorer les boutons floraux.

Les autres arrosages, d'entretien, doivent, eux aussi, permettre une activité végétative intense des arbustes, afin d'assurer non seulement une bonne



Essai d'irrigation : groupe moto-pompe et asperseurs en fonctionnement.

Cl. R. A. Muller.

tenue des jeunes fruits, mais aussi leur croissance accélérée par rapport aux conditions naturelles, de telle sorte que l'on ne gagne pas seulement un certain « temps absolu » par l'avancement de la date de floraison, mais aussi un certain « temps physiologique » grâce à cette accélération de croissance. Ils ne doivent pas être trop fréquents pour ne pas sortir des limites économiques. Mais le rythme à adopter est évidemment fonction de la capacité de rétention du sol en eau.

Nous avons admis de faire ces arrosages toutes les trois semaines, le sol de l'essai nous ayant paru capable de constituer une réserve suffisante pour une telle durée.

— Pour chacun des deux modes d'arrosage, trois quantités hebdomadaires moyennes d'eau ont été comparées :

— 35 mm par semaine ;
— 25 mm par semaine ;
— 15 mm par semaine ;

soit pour le premier et le second arrosage devant couvrir les besoins pendant une période de trois semaines : 105 mm, 75 mm et 45 mm ; et, pour le troisième et dernier arrosage, devant couvrir les besoins pendant une période de deux semaines : 70 mm, 50 mm et 30 mm (*).

(*) Ces quantités sont majorées de 20 % pour compenser les pertes dues à l'évaporation.

Ces apports hebdomadaires moyens de 35 mm, 25 mm et 15 mm ont été choisis en fonction de certaines indications de la littérature spécialisée (6-7), d'où il ressort qu'en saison sèche à cette latitude, et pour un sol moyennement perméable, les pertes en eau du sol sont de 3 à 4 mm par jour : par conséquent, sauf plus amples informations sur les qualités hydriques particulières du sol de l'essai, une quantité forte, une quantité moyenne et une quantité faible ont été essayées.

Objets

Au total l'essai de 1970 comportait donc, pour l'étude de l'irrigation, les objets suivants que nous désignerons dans la suite de la même façon :

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

OBSERVATIONS

Grâce à un marquage précis et complexe des rameaux le jour de la floraison, on a pu faire, tout au long de l'année, parallèlement aux études de phytopathologie déjà analysées plus haut, des observations d'ordre physiologique et agronomique, d'où il est possible de tirer des conclusions d'ordre économique.

On a en effet étudié :

a) la floraison et la fructification ;
b) la tenue des fruits après nouaison ;
c) la croissance des fruits et l'évolution de leur composition au cours de leur développement ;
d) la production des arbres ;
e) la granulométrie du café marchand obtenu ;
f) l'intensité des attaques de rouilles (*Hemileia vastatrix* et *H. coffeicola*).

RÉSULTATS OBTENUS

Effets de l'irrigation sur la floraison

Précocité des arrosages

Dans les deux essais de 1969 et de 1970, les arrosages ont eu un effet très spectaculaire sur la floraison : l'épanouissement floral s'est produit entre quatorze et dix jours après le premier arrosage, d'une façon que nous qualifierons de « brillante ».

Nous noterons cependant, à l'examen du tableau I « floraison de l'essai de 1969 » donné dans la première partie, deux remarques :

— pour une même quantité d'eau, le temps séparant l'arrosage de la floraison est d'autant plus long que l'arrosage est plus précoce ; nous pensons qu'il s'agit là d'un phénomène lié aux températures, qui peuvent être très basses, en particulier la nuit, au début de janvier, un adoucissement général du climat se faisant sentir progressivement ensuite ;

— l'abondance de la floraison est inversement proportionnelle à la précocité ; cependant les floraisons secondaires qui se produisent dans les parcelles à floraison très précoce montrent que de nouveaux boutons floraux se différencient, pour conduire à l'expression totale du potentiel floral.

Importance des apports d'eau

Les résultats du second essai (1970), qui, pour une même date d'arrosage, mettait en comparaison différents apports d'eau, ne permettent pas de juger facilement l'action quantitative des traitements sur la floraison : la quantité des fleurs portées à épanouissement a semblé être apparemment identique pour tous les traitements, mais c'est là une grandeur qu'il est pratiquement impossible de mesurer.

Nous avons pensé qu'il serait peut-être possible d'avoir une idée *a posteriori* de l'influence quantitative des traitements sur la floraison, par l'importance de la production, qui en est le reflet global : mais nous verrons que l'analyse statistique de la production, exprimée en poids de cerises fraîches, ne fait apparaître aucune différence significative entre les traitements. Nous soulignerons à cette occasion que la production n'est pas, à cet égard, un très bon critère d'appréciation, car elle peut subir en cours d'année les effets de divers phénomènes particuliers : chute physiologique des fruits et attaques d'anthracnose variables suivant les traitements, maturation précoce entraînant une perte en fin de campagne par chute de baies mûres dans certaines parcelles, etc...

Une idée « qualitative » du phénomène est par contre peut-être plus facile à obtenir. C'est pourquoi nous avons suivi, par des comptages quotidiens précis, l'ouverture des fleurs : mais là encore il n'est pas possible d'attribuer aux traitements les légères différences constatées dans la rapidité de l'épanouissement floral, d'autant qu'au bout de cinq jours, quel qu'ait été le traitement, toutes les fleurs étaient pratiquement ouvertes comme le montre le tableau XII.

TABLEAU XII

Pourcentages cumulés de fleurs épanouies en fonction de la quantité d'eau apportée par arrosage de floraison

Traitement	Quantité d'eau apportée par arrosage de floraison (mm)	1er jour	2e jour	3e jour	4e jour	5e jour
35A	105	24,4	55,7	64,5	98,5	100,0
25A	75	42,5	77,5	91,2	97,3	99,9
15A	45	13,1	42,0	74,9	97,1	100,0
35S	105	29,5	59,3	89,4	98,3	99,2
25S	75	50,9	83,7	95,4	99,4	100,0
15S	45	26,7	63,5	90,9	97,1	98,3

Après la floraison principale massive, déclenchée par le premier arrosage, les deux arrosages d'entretien, qui ont été exécutés le 9 février et le 27 février, et les premières pluies, qui sont tombées le 7 mars, ont provoqué des floraisons secondaires le 19 février, le 8 mars et le 20 mars.

Il est à noter que ces floraisons secondaires ont été d'importance inégale : nous avons tenté de les estimer globalement en donnant une note de 0 à 4 à chaque arbuste. Le tableau XIII donne une idée de l'importance de ces floraisons.

TABLEAU XIII

Importance moyenne par traitement des floraisons secondaires (note de 0 à 4)

Traitement	2e floraison 19/2	3e floraison 8/3	4e floraison 20/3	Total
35A	2,41	1,09	0,05	3,55
25A	2,33	0,94	0,35	3,62
15A	2,68	1,10	1,14	4,92
35S	0,70	1,48	1,71	3,89
25S	1,25	1,96	0,98	4,19
15S	3,08	2,98	e	6,06

Il semble, d'une part, que, dans l'ensemble, les floraisons secondaires aient été plus abondantes dans les parcelles arrosées au sol que dans les parcelles arrosées par aspersion, et, d'autre part qu'elles aient été d'autant plus importantes que l'apport d'eau hebdomadaire moyen était plus faible.

Si l'on se réfère à l'étude de PORTÈRES (4) et si l'on admet que le potentiel floral de tous les arbres était le même au départ, ces considérations d'ordre qualitatif et quantitatif suggèrent que les arrosages qui ont été effectués dans cet essai ont tous été largement suffisants pour que les arbustes expriment toute leur potentialité, mais que les arrosages les plus abondants d'une part, et par aspersion, d'autre part, ont peut-être été les plus efficaces : lors de la première floraison, il semble en effet qu'ils aient conduit à épanouissement un plus grand nombre de boutons floraux déjà visiblement différenciés et qu'ils aient suscité la croissance d'un plus grand nombre d'ébauches florales ; les autres arrosages, les moins abondants, d'une part, et au sol, d'autre part, n'auraient pas permis la pleine expression du potentiel floral des arbustes qui ne se serait exprimé que plus progressivement, grâce à des floraisons secondaires plus abondantes.

Ce sont là, pour les conditions de l'année, et compte tenu des quantités d'eau apportées, des considérations dont l'intérêt peut paraître secondaire, la floraison principale ayant été, pour tous les traitements, très massive, et représentant la presque totalité de la récolte, qui fut grosse. Mais elles pourraient bien présenter un intérêt plus réel en d'autres années au cours desquelles, la préparation florale étant moins bien faite, la floraison principale pourrait être moins massive : dans ce cas, en effet, nos observations suggèrent que les arrosages les plus abondants pourraient avoir une influence plus marquée sur les floraisons secondaires, par action sur la différenciation des boutons.

Il semble que l'on puisse conclure que l'irrigation précoce permet l'expression totale du potentiel floral des arbustes soit en une fois si la maturation des boutons floraux est suffisante, soit par floraisons successives si elle l'est moins.

La floraison totale est obtenue d'autant plus rapidement que les apports d'eau sont plus importants, d'une part, et que le mode d'application permet une absorption hydrique plus rapide, d'autre part : l'aspersion qui imprègne la masse foliaire et le bois, et pas seulement les racines, semble à cet égard plus efficace que l'arrosage au sol.

Effets de l'irrigation sur la tenue des fruits

On a compté les fleurs de deux rameaux par arbuste le jour de la floraison, la zone florifère concernée étant matérialisée par deux fils afin

de pouvoir suivre l'évolution des fruits issus de ces fleurs : un comptage des fruits en place a été fait quatre semaines et huit semaines après la floraison, des comptages hebdomadaires ont été effectués ensuite. Lors de ces comptages, les fruits ont été classés en différentes catégories : « sains », « atteints de la forme scab de l'anthracnose », « atteints de la forme active de l'anthracnose ».

Les deux premiers comptages donnent le pourcentage de réussite de la floraison (taux de nouaison) et de tenue des fruits au cours des premières semaines de développement (tableau XIV).

TABLEAU XIV

Pourcentages moyens de fruits
par rapport au nombre de fleurs formées

Traitements \ Dates	4 semaines après floraison	8 semaines après floraison
35A	97,96	95,30
25A	98,60	97,48
15A	98,06	97,19
35S	97,32	95,65
25S	96,57	94,97
15S	99,76	98,93

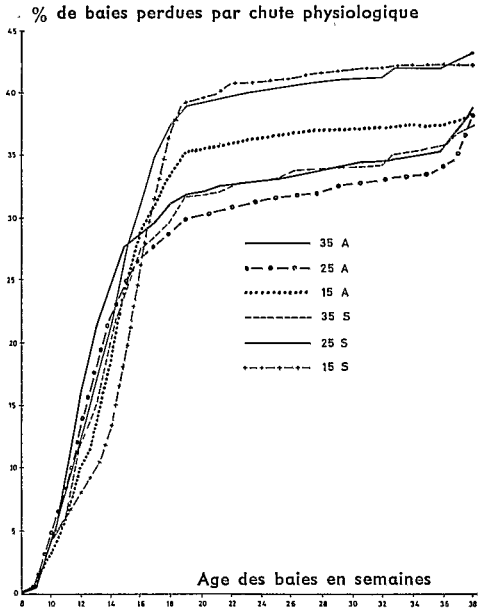
On constate que la floraison atteint partout un taux de réussite très élevé, tant à la quatrième (de 96,5 à près de 100 %) qu'à la huitième semaine (de 95 à près de 99 %) ; il n'y a pas de différences entre les divers traitements.

Les comptages hebdomadaires effectués à partir de la huitième semaine et la méthode de dépouillement de ces comptages permettent, avec une bonne approximation, de se rendre compte, tout au long de l'année, de l'évolution des populations de baies, et de la part prise respectivement par la chute physiologique des fruits et par l'anthracnose, dans cette évolution : le tableau XV et le graphique 12 donnent l'image des pertes physiologiques.

TABLEAU XV

Pourcentages moyens cumulés de fruits perdus
par chute physiologique
à partir de la huitième semaine après la floraison

Age des baies en semaines \ Traitements	35A	25A	15A	35S	25S	15S
8	0	0	0	0	0	0
12	15,75	12,95	9,90	11,79	11,77	7,89
16	28,72	26,71	28,95	27,37	30,77	26,68
20	32,07	30,14	35,40	31,81	39,16	39,55
24	32,89	31,28	36,39	32,93	40,12	40,91
28	33,85	31,98	36,88	33,76	40,75	41,59
32	34,34	33,01	37,08	34,10	41,13	41,89
36	35,20	33,86	37,41	35,59	41,88	42,15



Graphique 12. — Evolution des pertes physiologiques exprimées en pourcentages cumulés de baies perdues par rapport à l'effectif de départ

A l'examen de ce tableau et de ce graphique, on constate que l'importance des pertes physiologiques est directement fonction du couple « apports d'eau moyens hebdomadaires — mode d'application de l'eau », les pertes physiologiques atteignent en effet un palier situé respectivement :

— entre 31 et 35 % pour les deux plus forts arrosages par aspersion (35A et 25A) et le plus fort arrosage au sol (35S) ;

— entre 35 et 38 % pour le plus faible arrosage par aspersion (15A) ;

— entre 39 et 43 % pour les deux plus faibles arrosages au sol (25S et 15S).

Nous noterons que pour les deux plus forts arrosages par aspersion, il semble y avoir une recrudescence de pertes en fin de campagne : on passe en effet brusquement à plus de 38 % de pertes à la trente-huitième semaine d'observation. Cette recrudescence est due à la maturité survenue dans ces traitements, ce qui a entraîné une chute de baies avant le début de la cueillette.

Effets de l'irrigation sur la production

Nous distinguons dans ce paragraphe plusieurs points :

— l'expression de la production potentielle ;
— la production réelle ;
— la précocité et le groupement de la récolte.

Effets de l'irrigation sur l'expression de la production potentielle

Nous avons déjà exposé plus haut que les arrosages qui ont été effectués précocement ont eu le résultat espéré : une floraison massive que nous pouvons qualifier de « brillante », suivie de petites floraisons secondaires, et dont l'ensemble était sans aucun doute l'expression de la production potentielle totale des arbustes.

Notre essai, orienté avant tout vers l'étude comparative du comportement des fruits précoces et des fruits tardifs vis-à-vis de l'anthracnose, aurait pris tout son sens si, comme l'année précédente, les pluies, arrivant à leur heure avec une intensité suffisante, avaient, de la même façon, provoqué dans les parcelles témoins, une floraison massive exprimant toute la production potentielle des arbustes.

Or 1970 a été une année très particulière dans la zone de haute altitude : après une saison sèche très marquée, une première pluie de 14 mm survenant le 7 mars a induit le processus de développement des boutons floraux ; mais cette pluie ayant été suivie immédiatement d'une nouvelle période d'extrême sécheresse, les fleurs, au stade « flamme de bougie », ne se sont pas épanouies et ont séché en presque totalité. Toutes les parcelles témoins de l'essai n'ont donc eu qu'une production très faible, principalement issue des petites floraisons tardives échelonnées qui se sont produites ultérieurement, et qui n'atteignit en moyenne que 0,220 kg de café marchand par pied contre 2,200 kg en moyenne pour les parcelles irriguées.

Si les conditions de l'année, en nous privant de témoins, limitent la portée des conclusions que nous espérions tirer au plan phytopathologique, elles nous donnent en revanche la possibilité de mettre en relief, d'une façon exceptionnellement parlante, les conséquences d'ordre agronomique qui peuvent découler de la mise en application de l'irrigation en tant que méthode préventive de contrôle de l'anthracnose, et qui militent fortement en faveur de cette pratique : du seul fait des conditions extérieures au moment de la floraison naturelle, la production de l'ensemble des parcelles non irriguées a en effet été environ dix fois plus petite que celle de l'ensemble des parcelles irriguées.

Certes, c'est là un résultat très particulier qui ne peut se produire qu'exceptionnellement. Mais nombreuses sont sans doute les années où une partie plus ou moins importante des fleurs — d'ailleurs difficile à évaluer — n'arrive pas à épanouissement du fait des conditions climatiques au moment de la floraison : l'irrigation, telle que nous la préconisons, est très certainement un facteur fondamental de réussite qui assure l'expression maximale sinon totale de la production potentielle.

Effets de l'irrigation sur la production réelle

Efficace sur l'expression de la production potentielle, l'irrigation doit l'être aussi sur la production réelle, en permettant aux baies formées de tenir jusqu'à maturité. Nous avons vu que les pertes physiologiques étaient plus importantes dans les parcelles recevant les plus faibles quantités d'eau ; en bonne logique, ce phénomène devrait se répercuter sur la production.

Le tableau XVI donne, en kg de cerises fraîches par pied, la production obtenue en fonction des différents traitements.

TABLEAU XVI

Production exprimée en kg de cerises fraîches par pied

Traitements \ Blocs	I	II	III	IV	V	Moy.
35A	11,153	13,063	14,121	12,016	10,961	12,263
25A	14,455	11,115	9,867	8,011	14,184	11,526
15A	14,141	13,775	7,411	14,491	11,671	12,298
35S	16,877	13,808	12,369	13,310	11,869	13,647
25S	13,901	11,936	10,905	14,398	12,273	13,883
15S	11,939	14,201	12,535	12,533	12,813	12,804
TCu	0,866	0,407	3,216	0,747	1,749	1,397
TF	0,813	0,347	0,969	1,034	1,026	0,838
TNF	5,048	1,149	0,723	2,001	—	2,230

L'analyse statistique de ces productions ne révèle pas de différences significatives entre les différents types d'arrosage. Cela tient sans doute au fait que des causes secondaires sont venues masquer tardivement les différences de production qui devraient découler des différences constatées entre les pertes physiologiques en cours de campagne. Il faut noter par exemple que, du fait de la grande précocité de la maturation engendrée par les arrosages les plus forts, on a enregistré en fin de campagne des chutes de fruits importantes, imputables, d'une part, à la surmaturation (chute physiologique) et, d'autre part, à la recrudescence des attaques d'anthracnose de fin de cycle qui, si elles peuvent être considérées comme moins graves que les attaques de fruits verts, occasionnent cependant des pertes lorsque la cueillette est effectuée avec retard. On a pu chiffrer ces pertes au cours des quatre semaines précédant la première cueillette (tableau XVII, p. 304).

On voit nettement que les pertes de fin de campagne ont été plus fortes dans les parcelles irriguées avec le plus d'efficacité. Pour les éviter, il aurait fallu que les cueillettes fussent entreprises plus tôt.

TABLEAU XVII

Pertes au cours des quatre semaines précédant la première cueillette, exprimées en % des effectifs de départ

Traitements	Pertes totales	Pertes physiologiques	Pertes dues à l'anthracnose
35A	10,35	3,87	6,85
25A	10,51	4,65	5,86
15A	3,00	0,78	2,22
35S	4,78	2,20	2,57
25S	2,55	1,17	1,38
15S	1,19	0,09	1,11

Effets de l'irrigation sur la précocité et le groupement de la récolte

Les arrosages précoces, centrés sur le 17 janvier, ont déclenché une floraison centrée sur le 31 janvier, soit sept semaines plus tôt que la floraison naturelle.

Dans les parcelles témoins, la première cueillette a été effectuée quatre semaines après celle des parcelles irriguées. Il semblerait donc, globalement, que les baies les plus précoces aient été rattrapées par les baies les plus tardives. En fait, ce rattrapage n'est pas aussi important qu'il paraît à première vue : il aurait été possible de commencer la cueillette des parcelles irriguées une bonne semaine plus tôt, au moins pour celles les plus abondamment arrosées, et même deux semaines plus tôt pour le traitement 35A.

Le tableau XVIII, qui donne l'importance de chacune des quatre cueillettes en pourcentages de la production totale, montre que la précocité est variable suivant les apports d'eau hebdomadaires moyens et le mode d'arrosage. Le gradient de précocité en fonction de ces deux éléments, observé au niveau de la croissance des jeunes baies, se trouve donc confirmé au niveau de la récolte. C'est là une vérification du fait que, à quantité d'eau égale, l'aspersion est beaucoup plus efficace sur le développement des jeunes fruits que les arrosages au sol : des apports hebdomadaires moyens de 15 mm en aspersion entraînent, au niveau de la maturation, une plus grande précocité que des apports de 35 mm ou 25 mm au sol.

Il est à noter que les arrosages les plus abondants par aspersion ont conduit à récolter une partie importante de la production à une époque où, en année moyenne, les pluies sont encore fortes, ce qui peut être une gêne : la précocité, dans ce cas, semble donc avoir été trop grande.

Mais il faut souligner que la précocité des parcelles irriguées est telle que la presque totalité de la récolte a pu y être faite à la date du 24 décembre : c'est là un élément extrêmement important, car, à cette date, la main-d'œuvre, mobilisée à partir de janvier par la préparation des champs vivriers, est encore disponible. Grâce à la précocité due à l'irrigation, toute la récolte a donc pu être faite sans problème de personnel, tandis qu'en règle générale, dans les conditions actuelles, une partie importante de la production n'est pas récoltée, faute de main-d'œuvre : les témoins de notre essai, où 32 % de la production n'ont été récoltés que fin janvier, donnent une idée de l'importance de ces pertes.

Effets de l'irrigation sur la qualité de la récolte

Il avait été prévu d'effectuer une étude de la granulométrie du café récolté. L'absence de témoins

TABLEAU XVIII

Importance des cueillettes exprimées en pourcentages de la récolte totale

Dates des cueillettes / Traitements	1re cueillette 27/10/1970	2e cueillette 27/11/1970		3e cueillette 24/12/1970		4e cueillette 26/1/1971	
			Cumul		Cumul		Cumul
35A	31,33	45,12	76,45	17,26	94,71	5,29	100
25A	28,99	45,60	74,59	20,26	94,85	5,15	100
15A	14,46	47,23	61,69	28,81	90,50	9,50	100
35S	12,69	39,68	52,37	35,53	87,90	12,10	100
25S	10,10	42,18	52,28	38,00	90,28	9,72	100
15S	2,21	43,34	45,55	33,35	78,90	21,10	100
Ensemble des témoins	0	9,24	9,24	58,34	67,58	32,42	100

TABLEAU XIX

Essai de 1970 = évolution des attaques des rouilles, exprimées en pourcentages de feuilles porteuses de fructifications

	Dates 1970	Aspersion			Arrosage au sol			Témoins		
		F. A.	F. J.	F. N.	F. A.	F. J.	F. N.	F. A.	F. J.	F. N.
Hemileia vastatrix	1/5	1,9	1,9	0	1,7	1,0	0	2,6	0,1	0
	24/6	3,3	4,1	1,2	3,9	2,0	1,5	2,7	2,0	0
	20/10	14,1	28,2	7,2	15,3	20,9	12,0	15,0	10,2	8,3
Hemileia coffeicola	1/5	3,6	0	0	3,04	0,3	0	1,2	0	0
	24/6	25,8	10,0	1,4	17,7	6,0	0,6	10,2	1,5	0,4
	20/10	61,7	40,9	18,9	53,4	45,6	14,6	37,6	27,2	13,5

F. A. = feuilles anciennes.
F. J. = feuilles jeunes.
F. N. = feuilles nouvelles.

pour la raison évoquée plus haut n'a pas permis à cette étude de répondre à l'attente : seules les productions des parcelles irriguées ont pu être comparées entre elles. On n'a pu relever de différences significatives, mais le classement obtenu semble indiquer que l'aspersion a un effet bénéfique sur la taille des grains.

Effets de l'irrigation sur l'intensité des attaques de rouilles

Le tableau XIX donne les résultats globaux des comptages effectués pour l'ensemble des parcelles arrosées par aspersion ou au sol et pour l'ensemble des parcelles témoins non arrosées (essai de 1970).

Il est net que l'irrigation, telle qu'elle est pratiquée pour le contrôle préventif de l'anthracnose des baies, active le développement des attaques des deux rouilles, *H. vastatrix* B. et Br. et *H. coffeicola* MAUBLANC et ROGER. La phase de croissance rapide des taux d'attaque est plus précoce, les maxima atteints sont plus élevés sous irrigation.

Une analyse plus fine ferait sans doute apparaître une action plus marquée de l'aspersion par rapport aux arrosages au sol, au moins pour *H. coffeicola*.

Cette action stimulante de l'irrigation sur ces parasites mérite quelques commentaires particuliers pour en situer la nature réelle.

La première idée qui vient en effet à l'esprit est que les apports d'eau, d'une part, sont facteurs de dispersion des spores et, d'autre part, créent une ambiance humide favorable aux attaques.

On ne peut évidemment écarter complètement ces deux modalités d'action pour les arrosages par aspersion ; mais il est clair que les arrosages au sol ne peuvent favoriser la dispersion des spores.

Il est de plus à noter que les apports d'eau sont effectués en janvier, février et mars, et que les taux d'attaques relevés début mai dans les parcelles irriguées sont identiques à ceux des parcelles témoins. L'activation constatée ne s'exprime donc pas au moment des arrosages mais plus tard.

Aussi pensons-nous que l'influence des arrosages est assez subtile et qu'elle repose non pas sur une action directe des apports d'eau sur les parasites (dispersion des spores, humidité ambiante), mais sur la relance précoce de l'activité végétative des arbustes ; les feuilles porteuses des parasites à l'état dormant reprennent plus tôt leur turgescence et permettent ainsi une reprise d'activité précoce du parasite qui se traduit par une production de spores ; un abondant inoculum potentiel est disponible au moment où les conditions extérieures permettront sa dispersion et sa germination. La reprise de l'activité végétative des témoins se fait plus tardivement au moment de l'installation des pluies ; la production de spores ne se fait qu'à ce moment, d'où un développement plus lent de l'infection.

CONCLUSIONS

Principe général

En jouant sur les deux claviers de la précocité des floraisons, d'une part, et de l'accélération de la croissance des fruits, d'autre part, grâce à l'irrigation, on dispose donc d'une technique intégrée aux pratiques culturales, susceptible de contrôler au moins partiellement les attaques d'anthracnose.

Le contrôle n'est pas total : nous avons vu dans la première partie qu'en 1969 et 1970, un certain taux d'attaque apparaissait dans les parcelles irriguées. La destruction par la sécheresse de la

floraison des témoins en 1970 nous interdit de chiffrer le gain de production qui aurait été obtenu du fait de l'irrigation, par la seule réduction des attaques d'anthracnose. La logique veut que ce gain aurait été important, la floraison naturelle ayant été tardive, ce qui situe les stades vulnérables des fruits en période particulièrement favorable aux attaques.

La pratique de l'irrigation précoce ne résout donc pas complètement le problème de l'anthracnose ; mais, intégrée aux pratiques agronomiques courantes, elle contribue à en minimiser l'incidence et a par ailleurs des effets bénéfiques sur l'expression du potentiel productif (réussite totale de l'épanouissement floral) et sur la production réelle (réduction de la chute physiologique des fruits).

L'efficacité de l'irrigation comme moyen de contrôle préventif de l'anthracnose sera complétée par les traitements chimiques qui resteront malheureusement indispensables pour le contrôle des rouilles du caféier dues à *Hemileia vastatrix* et *Hemileia coffeicola*. Il nous a été donné de voir en effet, dans nos essais d'irrigation, tant en 1969 qu'en 1970, que l'absence totale de fongicides avait eu pour effet de permettre de fortes attaques de rouilles ayant entraîné une défoliation importante des arbustes. Sans doute, la solution du triple problème : « hauts niveaux de production-anthracnose-rouilles », est-elle dans le couplage de l'irrigation précoce intégrée aux pratiques culturales courantes pour réduire l'incidence de l'anthracnose des baies tout en assurant de hauts rendements réguliers, et des traitements chimiques pour le contrôle des rouilles qui seront complémentaires de l'irrigation précoce dans ses effets sur l'anthracnose.

Des expériences postérieures à la présente étude ont montré que le nombre de traitements à effectuer contre les rouilles est bien inférieur à celui des sept à huit traitements chimiques nécessaires pour un bon contrôle de l'anthracnose qu'il est très difficile, en plantation, d'exécuter avec toute la perfection souhaitable du fait des conditions climatiques et en l'état actuel de l'efficacité des fongicides et des caractéristiques des matériels d'épandage.

Trois applications de fongicides à un mois d'intervalle sont en effet suffisantes pour obtenir un excellent contrôle des rouilles (10).

Portée pratique de l'étude

Ce cadre général étant défini, quelques commentaires particuliers s'imposent ; ils permettent de situer les possibilités d'application de la méthode aux plans technique, économique et sociologique.

Remarques d'ordre technique

Il peut être reproché aux essais qui ont été décrits dans les pages précédentes :

— de ne pas comprendre l'étude préalable des caractéristiques hydriques du sol ;

— d'apporter des quantités d'eau qui peuvent paraître exagérées ;

— d'admettre implicitement que le sol avait un pouvoir de rétention tel qu'il était capable de constituer une réserve d'eau permettant d'assurer l'alimentation des caféiers pendant une période de trois semaines.

Il est certain qu'une étude de la capacité en eau du sol doit précéder toute tentative de mise au point d'une technique d'irrigation en un lieu donné, afin d'en déduire les quantités d'eau à apporter lors de chaque arrosage, et le rythme des arrosages, compte tenu des caractéristiques du sol et du climat.

En fait, notre propos n'était pas de définir des normes exactes d'application, ce qui est la tâche d'un service d'hydraulique, mais de faire apparaître quelques grandes lignes d'orientation fondamentales :

a) Nous avons pu montrer que des floraisons précoces pouvaient être obtenues et permettaient de réduire l'incidence de l'infection.

b) Nous avons mis en évidence le fait que l'accélération de la croissance des fruits, fonction des apports d'eau et du mode d'arrosage, agissait dans le même sens.

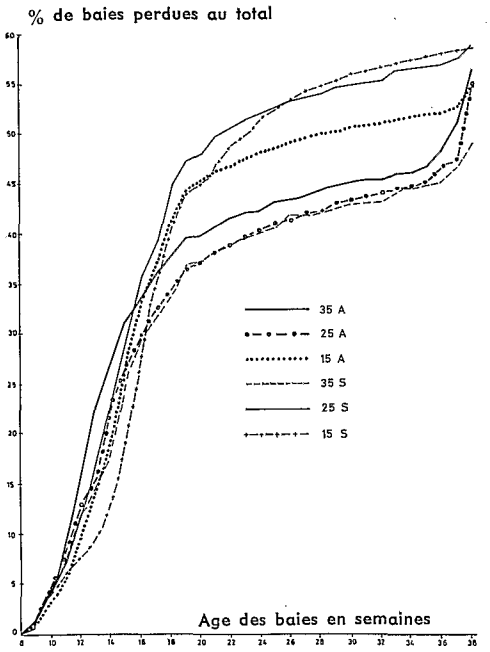
c) Les mérites respectifs de l'aspersion et de l'arrosage au sol ont été comparés.

Si l'on examine le tableau XX et les courbes du graphique 13 s'y rapportant, qui donnent l'évolution des pertes totales enregistrées, on constate que le traitement le plus bénéfique semble avoir

TABLEAU XX

Pourcentages moyens cumulés de fruits perdus au total à partir de la huitième semaine après la floraison

Traitements / Age des baies en semaines	35A	25A	15A	35S	25S	15S
8	0	0	0	0	0	0
12	16,42	13,06	9,90	11,79	11,90	7,89
16	33,52	29,95	33,14	29,82	35,74	28,24
20	39,96	37,14	45,38	37,38	48,06	45,14
24	42,38	40,35	48,25	40,24	52,11	51,62
28	44,43	42,35	50,02	42,19	54,03	54,91
32	45,33	44,08	51,01	43,15	55,32	56,65
36	47,60	46,85	52,11	45,14	56,83	58,06
38	56,46	55,15	54,66	49,25	58,96	58,57



Graphique 13. — Evolution des pertes totales (pertes physiologiques et pertes imputables à l'anthracnose) exprimées en pourcentages cumulés de baies perdues par rapport à l'effectif de départ

été le traitement 35S pour lequel les pertes par chute physiologique et par attaques d'anthracnose sont les plus faibles. Viennent ensuite les traitements 35A et 25A qui en sont très proches, puis le traitement 15A, légèrement détaché, et enfin les traitements 25S et 15S.

On serait donc tenté à première vue de préférer l'arrosage au sol 35S.

Mais nous avons vu en étudiant l'effet des apports d'eau sur la floraison et sur l'accélération de croissance des fruits, que, à quantité d'eau égale, l'aspersion est beaucoup plus efficace et donc beaucoup plus économique que l'arrosage au sol et ce dans une proportion considérable, puisque 15 mm en aspersion sont aussi actifs que 35 mm au sol.

Malgré l'inconvénient signalé plus haut de l'aspersion, qui semble favoriser dans une certaine mesure l'activité parasitaire, c'est donc ce mode d'arrosage que nous devons choisir.

d) Il ressort de cette étude que l'efficacité maximale de l'irrigation précoce, par son action combinée sur la précocité de la floraison et sur l'accélération de la croissance des fruits, peut n'être pas toujours souhaitable. Cette action se traduit en effet en fin de compte par un raccourcissement du cycle de fructification, qui peut atteindre de grandes proportions.

Pour le traitement 35A, l'accélération de la croissance fut telle que la phase de stabilisation de l'infection a été très courte : dès la vingt-neuvième semaine après la floraison, on est entré dans la phase de recrudescence de l'infection, caractéristique des stades de prématuration. Le phénomène s'est retrouvé pour le traitement 25A, à partir de la trente-deuxième semaine. L'extrême précocité de la maturation que traduit ce phénomène est sans doute à l'origine des pertes qui ont été constatées en fin de cycle dans ces traitements, pertes surtout notables pour le traitement 35A qu'il faut considérer comme « trop efficace », surtout lorsque couplé avec une grande précocité de la floraison. Ce traitement est donc à éliminer, bien que ne représentant pas le maximum possible. Dans les conditions édaphoclimatiques où nous avons opéré, le traitement 25A qui lui est associé très étroitement, tant en ce qui concerne les chutes physiologiques qu'en ce qui concerne les pertes par anthracnose, doit être considéré comme la limite au-dessus de laquelle il n'est pas utile de s'avancer.

Mais il n'est pas impensable que dans des régions moins pluvieuses, telles que le Kenya, où l'on a l'habitude, par le fait que des productions successives coexistent, de récolter toute l'année ou presque, une accélération maximum de la croissance puisse être recherchée.

e) On a pu voir en 1969 que, vraisemblablement par le fait des conditions climatiques caractérisées par des températures très basses au début de janvier, la vitesse de croissance des fruits, au cours de leurs premières semaines de développement, était inversement proportionnelle à leur précocité (tableau X, p. 296, et graphique 10, p. 294). On n'a donc pas intérêt à procéder à des arrosages trop précoces qui n'assurent pas à la méthode son rendement maximum. Pour la zone de Babadjou, on pourra commencer les arrosages le 15 janvier.

f) Malgré leurs lacunes concernant la connaissance de la capacité de rétention en eau du sol, nos expériences ont cependant permis, pour la zone camerounaise où nous les avons effectuées, et compte tenu de ce qui a été dit plus haut, de définir empiriquement des normes de travail précises. Ces normes ont été établies en ayant le souci de ne pas entraîner l'achat d'un équipement d'irrigation trop coûteux.

Considérant qu'il ne faut pas obtenir une trop grande précocité au niveau de la récolte afin que celle-ci se fasse dans de bonnes conditions climatiques, mais que la précocité de la floraison alliée à la vitesse de croissance des baies soient cependant telles que les fruits échappent au maximum à l'infection, nous proposons de diviser la surface à traiter en trois parties. Ces trois parties seront traitées successivement avec des quantités d'eau croissantes, de telle sorte que la grande précocité

de la floraison dans la première partie soit compensée par une croissance relativement lente des baies, et, vice versa, que la moindre précocité de la floraison dans la troisième partie soit compensée par une croissance accélérée des baies :

— la première partie peut être traitée en sept jours dès le 15 janvier, avec 45 mm d'eau en aspersion (15 mm par semaine en moyenne) majorés de 20 % pour les pertes, soit 54 mm ;

— la deuxième partie pendant les sept jours suivants, avec 60 mm d'eau en aspersion (20 mm par semaine en moyenne), majorés de 20 % pour les pertes, soit 72 mm ;

— la troisième partie pendant les sept jours suivants, avec 75 mm d'eau en aspersion (25 mm par semaine en moyenne), majorés de 20 % pour les pertes, soit 90 mm.

Un deuxième arrosage, d'entretien, correspondant également à un apport valable pour trois semaines serait fait immédiatement ensuite selon la même succession.

Un troisième arrosage d'entretien identique achèverait le cycle d'irrigation.

Pour une plantation d'une superficie donnée, il faudrait donc prévoir un matériel capable de couvrir en sept jours environ, le tiers de cette surface, pour un apport de 90 mm d'eau. Le choix de ce matériel doit donc, bien entendu, tout d'abord être fonction de la surface à traiter, puis de sa topographie et de la distance des points d'eau.

Si le premier arrosage de floraison nous semble devoir impérativement couvrir les besoins de la plante pour une période de trois semaines afin d'éviter de faire une aspersion sur les fleurs, les arrosages d'entretien peuvent se concevoir moins abondants afin de ne couvrir les besoins de la plante que pour une période de deux semaines. Dans ce cas un quatrième arrosage serait nécessaire. Cette formule est peut-être meilleure, car elle peut assurer une meilleure utilisation de l'eau et correspond sans doute mieux aux possibilités de stockage de l'eau par le sol, et permet peut-être de réduire les apports.

Ce schéma n'est valable que pour la zone de haute altitude du Cameroun. Il est bien évident que, pour d'autres régions, caractérisées par un complexe édaphoclimatique différent, l'adaptation de la méthode devra comprendre une étude des quantités d'eau optimales et des rythmes d'application les plus souhaitables.

g) Nous avons dit qu'en 1970, 14 mm de pluie, le 7 mars, avaient amorcé la poussée florale sans être suffisants pour conduire les fleurs à épanouissement. Les fleurs, au stade « flamme de bougie », ont séché en presque totalité, une période de sécheresse intense s'étant installée après cette pluie.

Cette constatation nous amène à formuler une remarque particulière. PORTÈRES (4), dans son étude de l'influence de l'eau sur la floraison du caféier, a défini, sous le nom de « seuil pluviofloral », « l'épaisseur de la lame d'eau reçue par le sol, susceptible d'élever et de maintenir l'état turgescent nécessaire et suffisant pour déclencher la floraison », en soulignant implicitement que la valeur de ce seuil pluviofloral est fonction des conditions d'expérience et dépend en particulier de l'hydrisme du sol et de l'atmosphère et n'a pas une valeur absolue immuable. Si l'on compare l'évaluation que PORTÈRES a faite dans les conditions de son étude, où il fixe ce seuil pluviofloral à 3,3 mm, et nos propres observations, qui montrent que 14 mm de pluie n'ont pas permis l'épanouissement des fleurs, on constate que la valeur de ce seuil pluviofloral peut varier dans des proportions considérables : les planteurs qui, pour des raisons diverses, souhaitent provoquer artificiellement la floraison de leurs caféiers, pratique qui semble se développer au Cameroun dans le pays Bamoun, doivent veiller à apporter des quantités d'eau suffisamment importantes afin d'être sûrs, non seulement de dépasser largement le seuil pluviofloral du moment et du lieu considérés, mais aussi de s'assurer la floraison maximale, expression de la production potentielle totale.

Complémentairement, ils devront effectuer des arrosages d'entretien suffisamment importants pour éviter ou limiter la chute physiologique des fruits, si une période de sécheresse ou de faibles précipitations surviennent après la floraison.

h) En 1969 et 1970, les arrosages destinés à provoquer la floraison ont été couronnés de succès, l'épanouissement floral ayant été particulièrement remarquable.

Dans des expériences complémentaires faites en 1971, on n'a pas eu de résultats aussi spectaculaires. En effet, au lieu d'avoir une floraison massive des arbustes, groupée sur quatre ou cinq jours, nous n'avons eu que des floraisons étalées, dispersées, et, dans certaines parcelles, une absence quasi totale de floraison. Le même phénomène s'est produit dans les parcelles témoins, après la première pluie. Au total, la production de cette année a été faible.

Ce fait mérite d'être signalé. Nous ne pensons pas qu'il soit de nature à compromettre l'intérêt de la méthode préconisée. Mais il pose une série de questions concernant la préparation florale du caféier et les mesures d'ordre agronomique, correctrices du milieu, qu'il doit être possible de prendre après étude, pour la favoriser.

Remarques économiques et sociologiques

Rentabilité

L'irrigation, comme moyen de lutte contre l'anthracnose, ne peut que séduire *a priori* : c'est là une méthode de lutte antiparasitaire proscrivant ou limitant l'emploi des fongicides, donc non polluante, pouvant s'intégrer dans la pratique culturale courante et ayant un effet hautement favorable sur la production.

Il ne nous est pas possible à l'heure actuelle de chiffrer avec précision le coût de l'opération. Mais des estimations peuvent cependant être faites. D'après MM. DARMAGNAC, qui en 1972 ont, au Cameroun, appliqué pour la première fois la méthode sur une surface d'environ 25 ha, les trois arrosages que nous préconisons auraient représenté le prix d'environ 100 kg de café marchand à l'hectare.

Nous avions pu, dans le passé, estimer que le coût des huit traitements fongicides nécessaires à un contrôle efficace de l'anthracnose représentait environ le prix de 200 kg de café marchand à l'hectare, pour un travail manuel présentant une très bonne efficacité. Sans doute les traitements mécanisés sont-ils moins coûteux et ne représentent-ils que le prix d'environ 100 kg de café marchand à l'hectare, mais ils sont bien loin d'avoir une efficacité comparable, les matériels actuels n'assurant pas une couverture aussi parfaite que les appareils à main.

Certes, nous devons admettre que le contrôle de l'anthracnose par l'irrigation n'est pas total. Des attaques, bien que faibles, sont enregistrées dans les parcelles irriguées, car les brouillards matinaux de saison sèche permettent une certaine activité parasitaire. En outre, surtout, il n'est malheureusement pas possible de supprimer totalement les traitements fongicides, parce qu'il est indispensable de contrôler aussi les rouilles (*Hemileia vastatrix* et *Hemileia coffeicola*), dont l'incidence peut être très grande.

La formule recommandable est donc dans le couplage de l'irrigation pour le contrôle de l'anthracnose et de l'application de quelques traitements fongicides destinés au contrôle des rouilles et qui auront une action complémentaire de l'irrigation sur l'anthracnose. Ces traitements contre les rouilles seront au maximum au nombre de trois.

Il ne peut donc faire de doute que la combinaison de l'irrigation et des traitements contre les rouilles soit hautement bénéfique, compte tenu des effets secondaires de l'irrigation sur la production que nous avons analysés plus haut.

Possibilités d'application

Ceci étant admis, la question des possibilités réelles d'application se pose. Dans les conditions actuelles du Cameroun, ces possibilités sont extrêmement faibles. Seules quelques centaines d'hectares de plantations industrielles sont susceptibles d'accueillir cette technique. Il n'est pas possible d'envisager son application à l'immense majorité des surfaces productrices d'Arabica de haute altitude concernées par l'anthracnose : seule une réforme profonde des structures paysannes permettrait son application à grande échelle.

Faut-il donc condamner la méthode ?

Nous pensons au contraire qu'elle n'est qu'un exemple parmi bien d'autres, qui mettent en évidence les difficultés, pour les résultats de la recherche, de trouver leur impact économique.

Les structures paysannes camerounaises actuelles sont en effet caractérisées par un morcellement extrême des terres, où l'on cultive, en association étroite, des espèces végétales disparates (caféier, maïs, haricot, bananier, taro, etc...). Il est vain d'espérer apporter à de telles structures des progrès fondamentaux par quelque technique que ce soit. Seules des améliorations de détail sont possibles dans de telles conditions : il est bien évident en effet que des variétés de caféier Arabica à haute productivité ne répondront pas à l'attente lorsqu'elles seront associées à d'autres cultures dont les exigences culturales (labour par exemple) et nutritionnelles sont néfastes au caféier.

Il devient indispensable de prendre conscience que les techniques rationnelles de culture, seules susceptibles de provoquer un décollage économique, ne peuvent être mises en pratique que si les exploitations sont adaptées à leur mise en application. Cette adaptation ne peut se faire que par le groupement des plantations et la séparation des cultures arbustives et des cultures vivrières (pour lesquelles en revanche nous ne doutons pas que des associations végétales particulières sont sans doute possibles et peut-être souhaitables). Ceci afin que des moyens d'exploitation communautaires, en particulier pour la lutte phytosanitaire et les aménagements fonciers et hydrauliques, puissent être envisagés.

L'irrigation, pour lutter préventivement contre les attaques de l'anthracnose des baies, est donc en avance sur son temps, puisqu'en avance sur ses possibilités d'application. Nous souhaitons qu'elle soit un argument pour inciter le paysannat, par des transformations adéquates, à se rendre réceptif à toutes les techniques susceptibles d'assurer son progrès.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Un coefficient de vulnérabilité des baies, rapport entre le pourcentage de fruits détruits en sept jours et le pourcentage de fruits malades en début de cette période de sept jours, avait été défini. Dans les conditions naturelles, ce coefficient a des valeurs élevées pendant les stades jeunes des fruits et prend des valeurs faibles ensuite. Des observations nous ont fait penser que ce coefficient de vulnérabilité était une caractéristique intrinsèque des baies, ses variations semblant liées à des variations de la sensibilité des fruits, et non pas aux effets des conditions extérieures sur les attaques.

Des expériences faites en 1969 et 1970 ont permis de vérifier cette hypothèse : pour une période climatique favorable à l'activité parasitaire, les baies ne sont atteintes que si elles sont à un stade physiologique particulier ; l'accélération de la croissance des fruits, ayant pour effet la réduction de la durée des stades jeunes, réduit l'importance des attaques. Des études ont été entreprises pour définir les éléments biochimiques qui déterminent la sensibilité de la pulpe et ses variations au cours du développement du fruit.

Parmi les conclusions qui peuvent être tirées de ces expériences, il faut noter principalement la possibilité de lutte contre l'anthracnose des baies par l'irrigation, qui permet d'obtenir des floraisons précoces telles que les stades jeunes des baies — les plus vulnérables — se situent en période non favorable à l'activité parasitaire. Cette méthode, intégrée aux pratiques culturales courantes, présente de nombreux avantages au plan agronomique, mais doit être complétée par des applications de fongicides qui restent nécessaires en nombre réduit, pour le contrôle des rouilles (*Hemileia vastatrix* et *Hemileia coffeicola*).

Des normes pratiques ont pu être définies pour la zone camerounaise de haute altitude, et pourront sans doute être affinées par quelques études supplémentaires.

L'application de la méthode est d'ores et déjà possible dans les plantations de type industriel du Cameroun. Elle peut être adaptée, moyennant quelques mises au point, aux plantations industrielles d'autres régions.

Pour les plantations de type familial qui constituent la principale source de production, l'application de la méthode suppose des modifications profondes des structures paysannes traditionnelles, permettant, en particulier par le regroupement des plantations en lotissements coopératifs, de supporter les frais des aménagements et des équipements hydrauliques communautaires indispensables. Une telle mutation des structures de production s'avère indispensable, non seulement pour ce cas particulier, mais aussi pour que les techniques de production intensive, seules susceptibles de favoriser le décollage économique, puissent être appliquées.

REMERCIEMENTS

Nos collaborateurs, MM. Guy et Pierre Roux, et nos assistants François Kamta, Lazare Ndiffor Samuel Fai, Boniface Nguelewe, Daniel Tchinda, Frédéric Tchoffo, André Tatong, Thomas Djolewo, ainsi que tout le personnel ayant contribué à l'exécution de cette étude trouveront ici nos remerciements.

Notre reconnaissance ira tout particulièrement à M. Léon M. Darmagnac et à ses enfants, qui nous ont largement ouvert leur plantation et ont assuré la réussite de ce travail. Que leurs épouses, dont l'hospitalité nous a été précieuse, soient sûres de notre gratitude.

BIBLIOGRAPHIE

1. Muller (R. A.) — L'anthracnose des baies du caféier d'Arabie (*Coffea arabica*) due à *Colletotrichum coffeanum* Noack au Cameroun. Bulletin n° 6 de l'IFCC (Paris), déc. 1964, 38 p.
2. Muller (R. A.), Gestin (A.). — Contribution à la mise au point des méthodes de lutte contre l'anthracnose des baies du caféier d'Arabie (*Coffea arabica*) due à une forme de *Colletotrichum coffeanum* Noack au Cameroun. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XI, n° 2, avril-juin 1967, p. 157-178.
3. Muller (R. A.). — L'évolution de l'anthracnose des baies du caféier d'Arabie (*Coffea arabica*) due à une forme du *Colletotrichum coffeanum* Noack au Cameroun. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XIV, n° 2, avril-juin 1970, p. 114-129.
4. Portères (R.). — Action de l'eau après une période sèche sur le déclenchement de la floraison chez *Coffea arabica* L. *Agronomie tropicale* (Paris), n° 3 et 4, mars-avril 1946, p. 148-158.
5. Borget (M.). — L'irrigation des caféiers par aspersion. Quelques données sur les premiers essais réalisés à la Station de Boukoko (Oubangui-Chari). *Café Cacao Thé* (Paris), vol. I, n° 1, janv.-avril 1957, p. 18-23.
6. Coste (R.). — Les caféiers et les cafés dans le monde. Ed. Larose (Paris), 1955, p. 102.
7. Coste (R.). — Le caféier. Ed. G. P. Maisonneuve et Larose (Paris), 1968, p. 111.
8. Soares (R. N. Guterres). — A irrigação dos cafèzais. *Bul. Sup. Serv. Café* (São Paulo), août 1955, n° 342, p. 27-37 ; Analyse bibliographique parue dans *Café Cacao Thé* (Paris), vol. I, n° 2, mai-août 1957, p. 79.
9. Gofinet (R.). — Essai d'adaptation du caféier Robusta avec irrigation par aspersion à Kamiama (Haut-Lomani). *INÉAC, série technique*, n° 71, 1964. Analyse bibliographique parue dans *Café Cacao Thé* (Paris), vol. IX, n° 2, avril-juin 1965, p. 165.
10. Muller (R. A.). — Les rouilles du caféier Arabica (*Hemileia vastatrix* et *Hemileia coffeicola*) en haute altitude au Cameroun. Rapports annuels 1971 et 1972 de l'IFCC (Cameroun).

MULLER (R. A.). — **L'anthracnose des baies du caféier d'Arabie (*Coffea arabica* L.) due à une forme virulente du *Colletotrichum coffeanum* Noack. I. Variations de la sensibilité des fruits au cours de leur développement. II. L'irrigation, méthode préventive de contrôle de la maladie.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 4, oct.-déc. 1973, p. 281-312, tabl., graph., réf.

Des études précédentes faites dans la zone arabicole du Cameroun ont montré, d'une part, que la phase grave de la maladie des baies se situe au cours des cinq premiers mois de développement des fruits et, d'autre part, l'existence d'un « coefficient de vulnérabilité des baies » à *Colletotrichum coffeanum*.

Ce coefficient de vulnérabilité des baies jusqu'au stade de prématuration semble être une caractéristique intrinsèque du fruit dépendante de la sensibilité de la pulpe à la pénétration de *C. c.* et indépendante des conditions extérieures.

En vue de vérifier cette hypothèse, l'auteur étudie, au cours d'une même période favorable à l'anthracnose, le comportement, vis-à-vis de la maladie, de baies à des stades physiologiques différents.

Une première expérience permet l'étude comparative du comportement, vis-à-vis de l'anthracnose, de baies issues de floraisons échelonnées obtenues par des arrosages successifs en saison sèche. Les attaques sont d'autant plus faibles que les dates de floraison sont plus précoces ; les fortes valeurs du coefficient de vulnérabilité, caractéristiques des stades jeunes des baies, se situent en période sèche moins favorable à l'activité du champignon.

Dans une seconde expérience, l'influence du raccourcissement de la durée des stades jeunes des fruits sur l'intensité des attaques est étudiée. Pour une date de floraison précoce donnée, trois quantités hebdomadaires moyennes d'eau sont apportées selon deux techniques d'arrosage (aspersion et arrosage au sol). Les arrosages accélèrent la croissance des fruits et réduisent ainsi la durée de leurs stades physiologiques les plus réceptifs à *C. c.* ; l'intensité des attaques du champignon et l'importance des pertes sont inversement fonction de l'importance des apports d'eau hebdomadaires moyens.

Ces premiers résultats permettent d'envisager une méthode préventive de contrôle de l'anthracnose par l'irrigation en zone arabicole camerounaise. La deuxième partie de cette étude concerne les conditions pratiques d'application de cette méthode : technique d'arrosage la plus adéquate (aspersion ou au sol), quantités d'eau nécessaires et suffisantes, dates et rythmes d'arrosage, et ses conséquences aux plans agronomique et économique.

D'après les observations concernant l'influence de l'irrigation précoce sur la floraison et la fructification, la tenue des fruits après nouaison, la croissance des fruits et l'évolution de leur composition au cours de leur développement, la production (potentielle, réelle, précocité et groupement de récolte), la granulométrie du café marchand et l'intensité des attaques des rouilles (*Hemileia vastatrix* et *H. coffeicola*), on peut conclure que : cette technique intégrée aux pratiques agronomiques courantes contribue à minimiser l'incidence de l'anthracnose et a par ailleurs des effets bénéfiques sur l'expression du potentiel productif et sur la production réelle.

Il faut noter, cependant, que des traitements chimiques resteront toujours indispensables pour lutter contre les rouilles du caféier, mais que trois applications de fongicides seront suffisantes au lieu des sept ou huit généralement nécessaires.

L'application conjuguée de l'irrigation précoce et de cette lutte chimique n'est toutefois possible à l'heure actuelle que dans les plantations caféières de type industriel, car les exploitations paysannes traditionnelles sont trop morcelées pour en tirer profit.

MULLER (R. A.). — **Arabica coffee berry disease due to a virulent form of *Colletotrichum coffeanum* Noack. I. Variations in the susceptibility of fruits during their growth. II. Irrigation, a preventive method for the control of the disease.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 4, oct.-déc. 1973, p. 281-312, tabl., graph., réf.

Previous studies carried out on the Arabica coffee zone of the Cameroon have shown, on the one hand, that the serious phase of the coffee berry disease occurs during the first five months in the development of fruits and, on the other hand, that there is a « berry vulnerability coefficient » with respect to *Colletotrichum coffeanum*.

This berry vulnerability coefficient up to the prematuration stage seems to be an intrinsic characteristic of the fruit which is dependent on the sensitivity of the pulp to penetration by *C. c.* and independent of external conditions.

In order to check this hypothesis, the author studied, during the same period which is favorable to the coffee berry disease, the behaviour with respect to the disease of berries at various physiological stages.

A first experiment makes it possible to effect a comparative study of the behaviour, with respect to the disease, of berries originating from blossomings spaced out over a certain time obtained by successive sprayings during the dry season. The attacks are weaker as the blossoming dates occur earlier ; the high values of the vulnerability coefficient, which are characteristic of early stages in the berries, occur during the dry season which is less favorable to the activity of the fungus.

In a second experiment, the influence of the shortening of the duration of the young stages in the fruits on the intensity of attacks was studied. For a given early blossoming date, three average weekly quantities of water were supplied according to two spraying techniques (sprinkling and pouring on the soil). The sprayings accelerated the growth of fruits and thus reduced the duration of their physiological stages which are most receptive to *C. c.* ; the intensity of attacks on the fungus and the extent of losses were inversely proportional to the amounts of average weekly water supplies.

These first results make it possible to contemplate a preventive method for controlling the disease through irrigation in the Cameroon Arabica zone. The second part of this study relates to practical conditions of application of this method : the most adequate spraying technique (sprinkling or on the soil), required and sufficient quantities of water, dates and rhythms of spraying and its consequences from the agronomical and economic standpoints.

According to observations relating to the influence of early irrigation on blossoming and fructification, behaviour of fruits after setting, growth of fruits and evolution of their composition during their development, production (potential, actual, early character and grouping of the harvest), grain size distribution of clean coffee and intensity of attacks of rusts (*Hemileia vastatrix* and *H. coffeicola*), it may be concluded that : this technique integrated with conventional agronomical practices contributes reducing to a minimum the incidence of the disease and results furthermore in beneficial effects on the expression of the productive potential and the actual production.

It should be noted, however, that chemical treatments will always remain indispensable in efforts made to eliminate coffee rusts, but that three applications of fungicides will be sufficient instead of seven or eight which are generally required.

The combined application of early irrigation and of this chemical action is however possible at present only in coffee tree plantations of the industrial type, for the traditional peasant exploitations are too broken up to profit by it.

MULLER (R. A.). — **Die durch eine virulente Form von *Colletotrichum coffeanum* Noack bewirkte Anthracnose der Kirschen des Kaffeebaums Arabica (*Coffea arabica* L.). I. Schwankungen der Empfindlichkeit der Früchte während ihrer Entwicklung. II. Die Bewässerung, vorbeugende Kontrollmethode der Krankheit.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 4, oct.-déc. 1973, p. 281-312, tabl., graph., réf.

Vorhergehende in der Arabica Zone Kameruns durchgeführte Untersuchungen zeigten einerseits, dass die gefährliche Phase der Krankheit der Kirschen im Verlauf der fünf ersten Monate der Entwicklung der Früchte stattfindet und andererseits das Bestehen eines Koeffizienten der Anfälligkeit der Kirschen für *Colletotrichum coffeanum*.

Dieser Anfälligkeitskoeffizient der Kirschen bis zum Stadium der Vorreife scheint ein inneres Merkmal der Frucht zu sein, abhängig von der Empfindlichkeit des Fruchtfleisches gegenüber dem Eindringen von *C. c.* und unabhängig von den äusseren Bedingungen.

Zur Prüfung dieser Hypothese hat der Autor im Verlauf dieser selben der Anthracnose günstigen Periode das Verhalten der Kirschen gegenüber der Krankheit bei verschiedenen physiologischen Stadien untersucht.

Ein erstes Experiment erlaubt die vergleichende Untersuchung über das Verhalten, der Anthracnose gegenüber, der Kirschen, die aus auf verteilten und durch aufeinanderfolgenden Begiessungen in der Trockensaison erhaltenen Blüten hervorgingen. Der Befall ist umso schwächer als die Blüten frühzeitig sind ; die hohen Werte des Anfälligkeitskoeffizienten, Merkmale der Kirschen im Jungstadium, findet man in der Trockenzone, die weniger günstig für die Tätigkeit des Pilzes ist.

Im zweiten Experiment wird der Einfluss der Verkürzung der Dauer des Jungstadiums der Früchte auf den Befallsgrad untersucht. Für ein gegebenes Datum frühzeiger Blüte werden jede Woche durchschnittlich drei Mengen Wasser zugeführt und zwar nach zwei Bewässerungstechniken (Beregnung und Bodenbegiessen). Die Begiessungen beschleunigten das Wachstum der Früchte und verringerten so die Dauer ihrer am meisten für *C. c.* empfänglichen physiologischen Stadien ; der Grad des Befalls durch den Pilz und die Grösse der Verluste sind umgekehrt von der Bedeutung der durchschnittlichen wöchentlichen Wassergaben abhängig.

Diese ersten Ergebnisse gestatten eine Präventivmethode zur Kontrolle der Anthracnose durch Bewässerung in der kamerunischen Arabica Zone in Betracht zu ziehen. Der zweite Teil dieser Untersuchung betrifft die praktischen Anwendungsbedingungen der Methode : geeignetste Begiessungstechnik (Beregnung oder Bodenbegiessen), notwendige und genügende Wassermengen, Daten und Rythmen der Begiessungen und ihre Auswirkungen in agronomischer und wirtschaftlicher Hinsicht.

An Hand der Beobachtungen über den Einfluss der frühzeigen Bewässerung auf die Blüte und die Fruchtbildung, das Verhalten der Früchte nach dem Fruchtansatz, das Wachstum der Früchte und die Evolution ihrer Zusammensetzung im Verlauf ihrer Entwicklung, die Produktion (potentielle, tatsächliche, Frühreife und Gruppierung der Ernten) die Granulometrie des Marktkaffees und der Befallsgrad durch Rost (*Hemileia vastatrix* und *H. coffeicola*) kann man darauf schliessen, dass diese zu der laufenden landwirtschaftlichen Praxis gehörende Technik dazu beiträgt, die Auswirkung der Anthracnose zu schmälern und ausserdem günstige Auswirkungen auf die Aeusserung des produktiven Potentials und auf die tatsächliche Produktion hat.

Es ist jedoch zu bemerken, dass chemische Behandlungen stets unentbehrlich bleiben, um den Rost des Kaffeebaums zu bekämpfen ; aber drei Anwendungen von Fungiziden genügen an Stelle der gewöhnlich notwendigen sieben bis acht.

Die gemeinsame Anwendung der frühzeigen Bewässerung und diese chemische Bekämpfung ist gegenwärtig nur bei den industriell betriebenen Kaffeepflanzungen möglich, denn die bäuerlichen herkömmlichen Betriebe sind allzusehr zersplittert um daraus Vorteil zu ziehen.

MULLER (R. A.). — **La antracnosis de las cerezas de café Arabica (*Coffea arabica* L.) debida a una forma virulenta de *Colletotrichum coffeanum* Noack. I. Variaciones de la susceptibilidad de los frutos durante su desarrollo. II. La irrigación usada como método preventivo de control de la enfermedad.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 4, oct.-déc. 1973, p. 281-312, tabl., graph., réf.

Varios estudios hechos anteriormente en la zona de cultivo de café Arabica en Camerún mostraron por una parte que la fase grave de la enfermedad de las cerezas se verifica durante los primeros cinco meses de desarrollo de los frutos y por la otra la existencia de un « coeficiente de vulnerabilidad de las cerezas » a *Colletotrichum coffeanum*.

Este coeficiente de vulnerabilidad de las cerezas hasta el estado de premaduración parece ser una característica intrínseca del fruto dependente de la susceptibilidad de la pulpa a la penetración de *C. c.* e independente de las condiciones externas.

Al objeto de comprobar esta hipótesis, el autor estudió, durante un mismo período favorable a *C. c.*, cómo se comportaban las cerezas frente a la enfermedad, en varios estados fisiológicos.

Gracias a un primer experimento se estudió comparativamente el comportamiento, frente a *C. c.*, de las cerezas derivadas de floraciones escalonadas obtenidas con riegos sucesivos durante la temporada seca. Los ataques son tanto más débiles como las fechas de las floraciones son tempranas; los altos valores del coeficiente de vulnerabilidad, que son una característica de los estados jóvenes de los frutos, se encuentran durante la temporada seca que es menos favorable a la actividad del hongo.

Durante un segundo experimento se estudió el efecto del acortamiento de la duración de los estados jóvenes de los frutos sobre la intensidad de los ataques. Tomándose una fecha determinada de floración temprana se aportaron cada semana tres cantidades medias de agua según dos técnicas de riego (aspersión y riego del suelo). Los riegos aceleran el desarrollo de los frutos, reduciendo pues la duración de sus estados fisiológicos durante los cuales son más susceptibles a *C. c.* ; la intensidad de los ataques del hongo y la magnitud de las pérdidas son en función inversa de los volúmenes medios de agua aportada cada semana.

Gracias a estos primeros resultados se puede considerar la aplicación de un método preventivo de control de la antracnosis mediante irrigación en la zona de cultivo de café Arabica en Camerún. La segunda parte del estudio es relativa a las condiciones prácticas de aplicación del método : técnica de riego más apropiada (aspersión o riego del suelo), cantidades de agua necesarias y suficientes, fechas y frecuencias de los riegos, consecuencias desde los puntos de vista agronómico y económico.

Basándose en las observaciones relativas al efecto de la irrigación temprana sobre la floración y la fructificación, la resistencia a la caída de los frutos después que se cuajaron las flores, el crecimiento de los frutos y la evolución de su composición durante su desarrollo, la producción (potencial, real, precocidad y agrupación de la cosecha), la granulometría del café comerciable y la intensidad de los ataques de las royas (*Hemileia vastatrix* y *H. coffeicola*), se puede sacar la siguiente conclusión : esta técnica integrada a las prácticas agronómicas usuales contribuye a minimizar la incidencia de la antracnosis y además tiene efectos benéficos sobre la expresión del potencial productivo y sobre la producción real.

Sin embargo ha de notarse que serán siempre indispensables los tratamientos químicos para controlar las royas del cafeto, pero bastarán tres aplicaciones de fongicidas en lugar de siete u ocho que se necesitan usualmente.

Es preciso observar, no obstante, que hoy día es sólo posible la aplicación conyugada de la irrigación temprana y del control químico en los cafetales de tipo industrial, ya que las haciendas de tipo tradicional se hallan demasiado fragmentadas para poder sacar provecho de dichas técnicas.

Imprimé en France. — Imp. JOUVE, 17, rue du Louvre, 75001 Paris