

Appréciation de l'efficacité des fongicides contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer

due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl.
dans les conditions naturelles

Essai de mise au point d'une méthode rapide

R. A. MULLER

Directeur de recherches de l'O. R. S. T. O. M.
Conseiller scientifique de l'I. F. C. C.
au Cameroun

S. E. NJOMOU,

Bachelor of sciences

R. LOTODÉ

Maître de recherches de l'O. R. S. T. O. M.
Chef de la Section de biométrie de l'I. F. C. C.
au Cameroun



Photo 1. — Exemple de couple d'arbres dont les deux éléments portent chacun dix cabosses en position très groupées à la base du tronc. Cette photographie, prise quinze jours après la mise en place de l'essai, montre que le témoin (à gauche, étiquette sombre) présente un nombre important de cabosses malades, au contraire de l'arbre traité au « Viricivire » à 1 % (à droite, étiquette claire), dont les cabosses sont encore toutes indemnes d'attaque.

20 Dec. 1983
O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 83/69/04275

Cote : B 1410

NÉCESSITÉ D'UNE TECHNIQUE NOUVELLE D'EXPÉRIMENTATION DANS LA CACAÏÈRE TRADITIONNELLE

Caractéristiques de la cacaoyère traditionnelle

La cacaoyère traditionnelle se caractérise par une extrême hétérogénéité à la fois génétique, pédologique et microclimatique ; au Cameroun en particulier :

— les cacaoyers sont des hybrides que l'on peut rattacher au groupe Trinitario présentant un grand nombre de types très divers ;

— les plantations sont souvent établies sur des terrains plus ou moins accidentés, sur des vestiges forestiers, formant un couvert très irrégulier : des zones très ombragées se rencontrent au contact de zones très ouvertes et ensoleillées ; le comportement des arbres, et de leurs parasites, évidemment très fortement influencé par l'environnement, présente de grandes différences entre des points quelquefois très proches les uns des autres, au sein d'une même plantation.

Cette hétérogénéité multiple se traduit par de très fortes variations de la production de parcelles voisines constituant les éléments des essais de type classique :

— on a pu enregistrer entre les productions des parcelles d'un même bloc des différences naturelles de l'ordre de 1 à 3 ;

— on a pu constater que les dégâts dus à la pourriture brune pouvaient présenter entre deux parcelles contiguës d'un même bloc des différences naturelles de l'ordre de 1 à 4.

C'est ce qui explique les difficultés rencontrées par les expérimentateurs dans la réalisation des essais effectués dans la cacaoyère traditionnelle et les nombreux échecs qui sont l'aboutissement de la plupart des tentatives de cet ordre.

Première tentative de mise au point d'une technique expérimentale et ses limites

Ces difficultés et la nécessité d'expérimenter dans un tel milieu, la cacaoyère traditionnelle étant le seul champ d'expérience, utilisable faute de stations en nombre suffisant, nous ont conduit à rechercher des techniques d'essais adaptées à ce milieu et répondant aux exigences de la rigueur scientifique. Cette recherche méthodologique a été au centre de

nos préoccupations au cours de la dernière décade.

Nous avons ainsi, de 1957 à 1964, effectué en collaboration avec H. MARTICOU, statisticien des Services de l'Agriculture du Cameroun, l'analyse structurelle détaillée de la production d'un grand nombre de cacaoyers observés individuellement pendant plusieurs années consécutives. Cette étude nous a conduit à mettre au point une méthode d'expérimentation particulière (que nous désignons dans ce qui suit sous le nom de méthode MARTICOU-MULLER) adaptée aux conditions de la cacaoyère traditionnelle et présentant l'originalité de comparer les arbres à eux-mêmes au cours d'années successives.

Cette méthode que nous avons décrite par ailleurs (1) est, au Cameroun, d'ores et déjà mise en application dans des essais destinés à améliorer la technique de lutte contre la pourriture brune des cabosses ; son principe est utilisé en outre pour l'analyse des essais d'engrais sur cacaoyer suivis depuis plusieurs années.

Bien que spécialement adaptée aux conditions du milieu où elle s'applique, cette méthode présente cependant l'inconvénient d'exiger :

— d'une part, deux années d'observation, dont une année « à blanc » ;

— d'autre part, un grand nombre d'arbres pour obtenir une précision suffisante.

C'est donc une méthode de travail relativement lente et coûteuse : elle doit être utilisée sans réserve pour des études dont les résultats ne peuvent être espérés qu'après un temps assez long (études sur la nutrition minérale par exemple), ou dont les résultats escomptés justifient des efforts et des dépenses importantes (appréciation de l'efficacité d'actions synthétiques, telles que mesures de prophylaxie associées à des traitements fongicides par exemple). Mais il faut reconnaître que, compte tenu des moyens dont cette méthode exige la mise en œuvre, elle n'a qu'un faible rendement dans un certain nombre de cas, parmi lesquels nous citerons en particulier : l'étude de l'efficacité contre la pourriture brune des cabosses due à *Phytophthora palmivora* des divers produits anticryptogamiques offerts par l'industrie chimique moderne aux agriculteurs. Ces produits sont en effet très nombreux et leur étude comparative nécessiterait, par cette méthode, de longues années de travail ; la définition des doses minima suffisantes pour ceux de ces produits qui se montreraient efficaces entraînerait elle aussi de longs et coûteux efforts.

Or, la recherche de fongicides autres que les produits cupriques classiques s'impose :

— d'une part, les dérivés du cuivre sont de plus en plus chers ;

— d'autre part, il est souhaitable que l'arsenal mis à la disposition des planteurs s'élargisse et qu'une juste concurrence s'établisse sur le marché entre les diverses formulations offertes aux producteurs ;

— en troisième lieu, peut-être existe-t-il des produits anticryptogamiques plus efficaces, plus

rémanents, d'emploi plus facile que les fongicides à base de cuivre couramment employés.

Devant la nécessité d'essayer de nouveaux fongicides dans les conditions naturelles d'une part, devant la quasi-impossibilité matérielle de faire cette étude par la mise en œuvre de la seule méthode expérimentale valable dans les conditions de la cacaoyère traditionnelle d'autre part, nous avons tenté de mettre au point une autre technique d'essai qui fût à la fois précise, plus rapide et moins coûteuse.

BASES D'UNE NOUVELLE TECHNIQUE D'ESSAI ET PREMIÈRES RÉALISATIONS

Idée directrice

L'idée directrice de cette recherche repose sur la distinction fondamentale entre les interventions qui modifient la productivité des arbres et celles dont l'effet se fait sentir sur la production en place.

Dans le premier cas, on peut ranger par exemple les applications de fumures minérales, qui interviennent sur la tenue des fruits formés, mais surtout sur la mise à fruit. Dans le deuxième cas, on peut citer les applications préventives de fongicides sur les cabosses de cacaoyers contre le *Phytophthora palmivora*, lequel n'atteint que les cabosses formées et ne modifie pas le potentiel de production de l'arbre.

Dans la méthode MARTICOU-MULLER, les parcelles élémentaires sont constituées, comme dans les schémas expérimentaux classiques, par des groupes d'arbres observés pendant deux ou plusieurs années consécutives : la première année, cette observation se fait dans les conditions naturelles, sans intervention extérieure ; la deuxième année, certains arbres reçoivent les traitements à mettre à l'épreuve, d'autres non traités (témoins) permettent de juger de l'influence annuelle. Ce schéma peut donc bien évidemment servir à apprécier l'effet d'interventions agissant sur le comportement de la production en place, mais il est, par son principe même, spécialement adapté à l'appréciation des changements de productivité induits par une intervention agromique quelconque. Pour apprécier l'effet d'interventions qui se fait rapidement sentir sur le comportement d'une production existante, comme c'est le cas pour les applications préventives de fongicides contre le *Phytophthora palmivora* sur cabosses, une méthode plus directe nous a semblé préférable.

Au lieu d'utiliser comme parcelles élémentaires

des groupes d'arbres dont la production est inconcue au départ et que l'on suit pendant toute une campagne dans les schémas classiques d'expérimentation, ou pendant deux campagnes dans le schéma MARTICOU-MULLER, nous avons songé à utiliser des groupes de cabosses aussi identiques que possible au moment de la mise en place de l'essai. Le développement du *Phytophthora palmivora* sur un groupe de cabosses peut être rapide à partir du moment où l'une des cabosses de ce groupe est contaminée : par conséquent, l'action préventive d'un fongicide efficace peut être rapidement décelée.

Schéma pratique d'application

En conclusion des considérations précédentes, nous avons conçu un schéma expérimental spécialement destiné aux essais de fongicides contre le *Phytophthora palmivora* sur cabosses de cacaoyers :

1) Dans des plantations d'apparence favorable au développement de la pourriture brune des cabosses, afin d'être dans les meilleures conditions de contamination et de développement de la maladie, des couples de cacaoyers sont repérés ; ces couples sont choisis de telle sorte que les deux arbres constituant un couple :

a) se trouvent placés à proximité l'un de l'autre (5 ou 6 m au plus), dans le même environnement (même ombrage en particulier), de façon à éliminer au maximum les effets de l'hétérogénéité du milieu ;

b) soient porteurs de cabosses de même type (même forme générale et même couleur) afin d'éliminer en partie les effets de l'hétérogénéité génétique ;

c) présentent, sur la même longueur de tronc, un

nombre identique de cabosses saines de taille semblable et disposées de la même façon, afin d'éliminer au maximum les différences pouvant survenir dans la contamination, étant entendu que la contagion est conditionnée en partie par le degré d'agrégation des fruits.

Nous noterons ici que ces exigences rendent l'exécution assez difficile, mais que les difficultés ne sont pas insurmontables.

En ce qui concerne en particulier le nombre et la répartition des cabosses sur une même longueur de tronc, on peut intervenir pour satisfaire aux exigences de la méthode : si, en effet, on se trouve en présence de deux arbres satisfaisant aux points 1a et 1b (proximité l'un de l'autre, même environnement, même type de cabosses), mais ne répondant pas aux exigences du point 1c (même nombre de cabosses de même taille sur une même longueur de tronc), il est possible, en supprimant certaines cabosses choisies à bon escient, d'obtenir deux sujets convenables.

En 1966, nous avons pu, en l'espace de trois semaines, repérer 174 paires d'arbres répondant à ces exigences ; ces 174 paires d'arbres étaient réparties dans un grand nombre de plantations disposées le long de plusieurs dizaines de kilomètres de pistes, une partie dans les environs de Yaoundé, une partie dans les environs d'Ebolowa ; en 1967, il a été possible, aussi en trois semaines environ, de trouver 142 couples d'arbres satisfaisants, tous dans la région de Yaoundé, dans diverses plantations dispersées sur quelques dizaines de kilomètres.

2) Par ailleurs, cinq cabosses atteintes de pourriture brune en cours d'évolution et couvertes de fructifications du *Phytophthora palmivora* sont disposées en couronne à 40 cm environ autour du pied de chaque arbre ainsi repéré, afin d'assurer une contamination abondante et homogène ; ces cabosses constituant la source de contamination sont fixées au sol à l'aide d'une broche métallique.

3) Au sein de chaque couple d'arbres ainsi repéré et préparé, l'un des deux arbres, tiré au hasard, n'est pas traité et sert de témoin ; sur les cabosses de l'autre arbre, on applique le fongicide à essayer.

N. B. L'importance de cette source artificielle d'inoculum est telle qu'elle minimise les différences qui peuvent exister entre les sources naturelles de contamination constituées principalement par le sol environnant les deux arbres d'un couple.

Nous attirons l'attention sur le fait que seule cette source artificielle d'inoculum doit subsister. En particulier, on doit prendre soin de choisir des couples d'arbres ne portant pas de cabosses pourries lors de la mise en place de l'essai ; la présence de cabosses pourries laisse en effet craindre que certaines cabosses d'apparence saine soient déjà contaminées.

4) Les observations sont effectuées tous les quinze jours ; elles consistent en un simple comptage des cabosses saines et des cabosses atteintes, même à un stade très précoce, par le *Phytophthora palmivora* ; les cabosses atteintes, de même que les cabosses mûres ou les cabosses « wiltées » lorsqu'il s'en trouve, sont éliminées à chaque observation.

5) Les applications du fongicide à essayer sont effectuées lors de chaque observation.

6) La source d'inoculum est renouvelée lors de chaque observation.

7) L'appréciation de l'efficacité d'un traitement se fait par comparaison des pourcentages de cabosses malades chez les arbres témoins et chez les arbres recevant ce traitement.

Premières réalisations (campagnes 1966 et 1967)

Remarques préliminaires

a) En 1966, d'août à novembre, 174 couples d'arbres ont été mis en observation. Sur ces 174 couples, 125 étaient situés dans les environs de Yaoundé et les 49 autres dans les environs de la Station de Nkoemvone, près d'Ebolowa.

Cette première réalisation a été entachée de quelques imperfections au niveau de la mise en place sur le terrain : il se trouve en effet que s'il est relativement facile de trouver ou de préparer des couples d'arbres dont les deux éléments portent le même nombre de cabosses, il est beaucoup plus difficile de trouver une série de couples portant tous le même effectif au départ. Nous avons reculé devant cette difficulté, en 1966. Aussi, dans les expériences mises en place, les divers couples d'une série constituant un essai n'avaient-ils pas tous le même nombre de cabosses.

D'autre part, au sein d'un même couple, il est arrivé qu'en cours d'essai, des cabosses ont dû être éliminées parce que flétries* ou arrivées au stade de la maturité : il est donc à noter que, dans certains couples, le nombre des cabosses en observation n'était pas le même sur les deux éléments du couple.

Or nous avons adopté comme variables devant permettre d'apprécier l'efficacité d'une intervention, les pourcentages de cabosses atteintes par le *Phytophthora palmivora* ; nous avons pensé à l'origine appliquer à ces pourcentages, après transformation angulaire $\left(\text{arc sinus } \sqrt{\frac{P}{100}} \right)$, l'analyse clas-

* « wilt » physiologique.

sique de la méthode des couples de STUDENT.

Mais cette technique d'appréciation suppose que non seulement le nombre de cabosses soit le même pour les deux arbres d'un couple donné, mais également qu'il soit le même pour tous les couples d'un essai.

Pour les raisons que nous venons d'exposer, nous nous sommes trouvés dans l'obligation de renoncer à l'utilisation de la méthode de STUDENT et d'adopter une autre technique d'appréciation : ce test non paramétrique de COCHRAN (2) présente divers avantages :

— il est adapté aux petits effectifs, ce qui est le cas ici, les arbres en observation présentant généralement dix à vingt cabosses utilisables ;

— il n'exige pas que tous les couples présentent le même nombre de cabosses ;

— il est utilisable même si, au sein des couples, les arbres n'ont pas le même nombre de cabosses, quoique la sensibilité du test diminue d'autant plus que les différences sont plus grandes.

Le principe de ce test est le suivant :

Si l'on désigne :

— par p_1 le rapport entre le nombre x_1 de cabosses malades et le nombre c_1 de cabosses totales portées par l'arbre témoin d'un couple :

$$\left(p_1 = \frac{x_1}{c_1} \right) ;$$

— par p_2 le rapport entre le nombre x_2 de cabosses malades et le nombre c_2 de cabosses totales portées par l'arbre traité correspondant :

$$\left(p_2 = \frac{x_2}{c_2} \right) ;$$

— par \bar{p} le rapport entre le nombre ($x_1 + x_2$) de cabosses malades et le nombre ($c_1 + c_2$) de cabosses totales portées ensemble par les deux arbres d'un couple :

$$\left(\bar{p} = \frac{x_1 + x_2}{c_1 + c_2} \right) ;$$

— par \bar{q} le complément de 1 à \bar{p} :

$$\left(\bar{q} = 1 - \bar{p} \right) ;$$

— par d la différence entre le taux d'attaque des deux arbres d'un couple :

$$\left(d = p_1 - p_2 \right) ;$$

— par w un facteur de pondération faisant intervenir le nombre des cabosses en observation et tel que :

$$w = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} ;$$

on obtient, pour une série de n couples constituant un essai, un critérium :

$$z = \frac{\sum wd}{\sum w\bar{p}\bar{q}} .$$

Ce critérium suit une loi de Gauss centrée et réduite si les différences ne sont pas significatives.

Avec un risque de première espèce de 5 %, la valeur absolue de z doit être inférieure à 1,96 pour qu'il n'y ait pas de différence significative ; si l'on tient compte du signe de z , z devra être inférieur à 1,65, s'il est positif, ou supérieur à 1,65, s'il est négatif, pour qu'il n'y ait pas de différence significative (test unilatéral).

b) En 1967, d'août à novembre, 142 autres couples ont à leur tour été étudiés. Tous ces couples étaient situés dans les environs de Yaoundé.

Pour cette seconde réalisation, nous avons pris soin de nous placer dans les conditions les plus convenables en écartant les imperfections de 1966 :

— dans une série de couples constituant un essai, tous les arbres avaient le même effectif au départ ; il est à signaler que pour obtenir cette homogénéité des effectifs, il est nécessaire de limiter à un nombre assez faible (dix ou quinze) le nombre des cabosses en observation par arbre ;

— on a veillé à ne prendre que des cabosses bien développées, mais pas trop proches de la maturité, afin d'éviter au maximum « wilt » et maturation trop rapide qui, entraînant la disparition des cabosses, perturbent la taille des effectifs en cours d'essais, ce qui était le défaut majeur de notre premier travail de 1966.

Cette réalisation plus soignée a permis l'exploitation des données par application de la méthode de STUDENT, plus fine que le test de COCHRAN employé lors de l'analyse des résultats précédents.

Objectifs poursuivis

Au cours de ces deux campagnes, les 316 couples d'arbres groupés en séries dont chacune constituait un essai particulier ont servi :

- d'une part, à vérifier la valeur de la méthode ;
- d'autre part, à contrôler l'efficacité d'un certain nombre de formulations anticryptogamiques ;
- en troisième lieu, à étudier le rôle des insectes dans le mécanisme de contamination à partir du sol.

Nous examinerons successivement dans les chapitres suivants ces différents points.

VALEUR DE LA MÉTHODE

Epreuves mises en œuvre

Notre objectif était de mettre au point une technique d'expérimentation à la fois précise, sensible, rapide et, mettant en œuvre un faible nombre d'arbres, peu coûteuse dans son application.

Nous nous sommes donc attachés à effectuer des essais spéciaux destinés à mettre en évidence ces caractéristiques. Tout particulièrement, nous avons d'abord voulu contrôler la réalité de l'hypothèse implicitement admise au départ que la contamination était identique pour les cabosses portées par les deux arbres d'un même couple.

D'autres essais visant moins directement un tel contrôle ont de leur côté permis de préciser certains points.

Nous examinerons successivement ci-dessous les différents essais spéciaux mis en place dans le but de contrôler la technique préconisée et les différents autres essais dont la réalisation a permis de dégager un supplément d'informations sur la valeur de la méthode. Nous verrons ainsi :

1) un essai « à blanc » ;

2) un essai « cuivre » où était mis à l'épreuve l'oxychlorure tétracuvrique titrant 50 % de cuivre métal et dont l'efficacité est depuis longtemps connue (« Viricuire micronisé » de Pechiney-Progil) ;

3) un essai destiné à juger de l'intérêt de disposer des cabosses atteintes par le *Phytophthora palmivora* au pied des arbres en étude ;

4) les conclusions que l'on peut tirer d'autres essais, relativement à la précision et à la sensibilité de la méthode ;

5) les conclusions que l'on peut tirer de l'ensemble des travaux effectués, en ce qui concerne le nombre minimum suffisant de couples à mettre en observation pour une précision donnée.

Essai « à blanc »

Dans l'essai « à blanc » destiné à vérifier l'hypothèse implicitement admise au départ que l'évolution de la contamination était identique pour les cabosses portées par les deux arbres d'un couple :

— un arbre de chaque couple servait de témoin (T) ;

— l'autre arbre ne recevait aucun traitement et était par conséquent placé dans les mêmes conditions (traitement 0).

Au total, seize couples dans la région de Yaoundé (groupe 1) et dix-sept couples dans la région de Nkoemvone (groupe 2) ont été suivis de cette façon en 1966.

Nous avons effectué l'analyse des résultats pour chacun de ces deux groupes séparément et pour ces deux groupes ensemble. Les observations ayant été effectuées régulièrement tous les quinze jours, cette analyse a été faite pour chacune des dates d'observation, soit quinze jours, trente jours et quarante-cinq jours après la mise en place de l'essai pour les deux groupes ; une observation cinquante-deux jours après la mise en place de l'essai a en outre été faite pour le groupe 2.

On trouvera dans le tableau I les résultats moyens obtenus, exprimés en pourcentages de cabosses atteintes par le *Phytophthora palmivora* : sous cette forme, ils donnent rapidement une idée du déroulement de l'essai.

Un examen rapide montre que pour chacun des deux groupes d'arbres, l'évolution de la contamination est la même chez les témoins et chez les arbres correspondants. On trouvera à titre d'illustration dans le graphique I une représentation globale du phénomène enregistré dans l'expérience faite à Yaoundé.

Les résultats de l'analyse statistique selon la méthode de COCHRAN, sont exprimés dans le tableau II.

TABLEAU I

Essai « à blanc »
Pourcentages moyens d'attaque

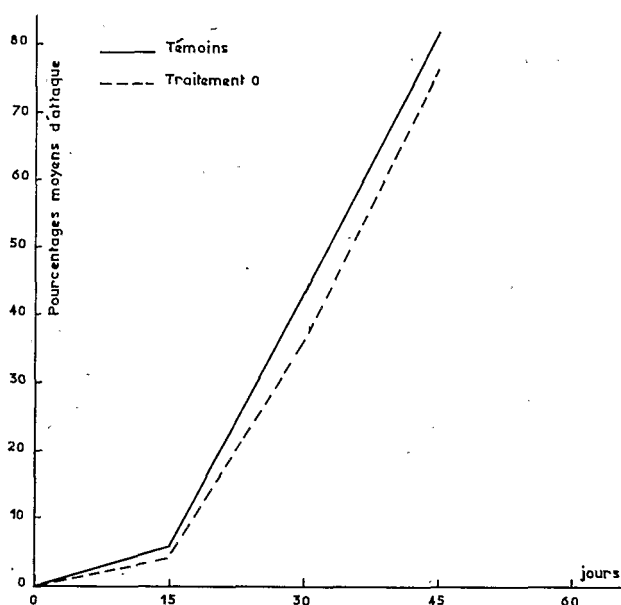
Désignation		Après 15 j	Après 30 j	Après 45 j	Après 52 j
Groupe 1	Témoins	5,8	44,4	82,7	—
	Traitement 0	4,2	36,9	77,2	—
Groupe 2	Témoins	15,5	28,0	38,9	44,0
	Traitement 0	14,6	35,2	41,2	46,2

TABLEAU II

Essai « à blanc »
Résultats statistiques :
valeurs du criterium z de COCHRAN

	Groupe 1	Groupe 2	Groupes 1 et 2 ensemble
Après 15 jours.....	0,340	0,280	0,305
Après 30 jours.....	0,382	— 0,407	0,127
Après 45 jours.....	0,376	— 0,111	0,170
Après 52 jours.....	—	— 0,104	—

Graph. I. — Essai « à blanc » (groupe 1)



Il n'y a donc aucune différence significative entre les arbres appariés observés dans les conditions naturelles, et ce avec une très grande marge, le seuil de signification étant $\pm 1,65$.

On peut donc en conclure que la méthode satisfait à la première condition que nous avons posée, à savoir l'obligation que, sans intervention extérieure, la contamination doit évoluer de la même façon pour les cabosses des arbres constituant les couples.

Essai « cuivre »

L'essai « cuivre » effectué en 1966 avait pour but de déterminer, à partir d'un fongicide connu, un seuil de référence pour les autres produits à mettre à l'épreuve.

Il comportait trois tests :

— dans une première série, un arbre de chaque couple servait de témoin, l'autre recevait tous les quinze jours une pulvérisation d'une bouillie à 0,5 % d'un produit titrant 50 % de cuivre de l'oxychlorure tétracuvrique ;

— dans deux autres séries, un arbre de chaque couple servait de témoin, l'autre recevait tous les quinze jours une pulvérisation d'une bouillie à 1 % d'un produit titrant 50 % de cuivre de l'oxychlorure tétracuvrique.

Au total, seize couples dans la région de Yaoundé (groupe 4) et dix-sept couples dans la région de Nkoemvone (groupe 5) ont été suivis pour éprouver

la bouillie à 1 % d'oxychlorure tétracuvrique, et quinze couples dans la région de Yaoundé (groupe 3) ont été suivis pour éprouver la bouillie à 0,5 % d'oxychlorure tétracuvrique.

Le tableau III donne les résultats moyens obtenus, exprimés en pourcentages de cabosses atteintes par le *Phytophthora palmivora*, respectivement pour les groupes 3, 4 et 5.

L'examen de ce tableau montre que pour ces trois groupes d'arbres, l'évolution de la contamination chez les témoins et chez les arbres traités n'est pas la même. Le graphique II donne, à titre d'illustration, une représentation globale du phénomène enregistré dans l'expérience faite à Yaoundé.

TABLEAU III

Essai « cuivre »
Pourcentages moyens d'attaque

Désignation		Après 15 j	Après 30 j	Après 45 j	Après 52 j	Après 60 j
Groupe 3	Témoins	4,6	15,5	38,2	—	70,4
	Viri-cuivre 0,5 %	2,6	5,5	14,1	—	25,6
Groupe 4	Témoins	4,7	36,0	71,2	—	—
	Viri-cuivre 1 %	1,7	9,8	27,6	—	—
Groupe 5	Témoins	15,4	37,1	42,5	50,4	—
	Viri-cuivre 1 %	7,5	11,7	15,8	16,7	—

Graph. II. — Essai 4 « Viricuvivre 1 % » (groupe 4)

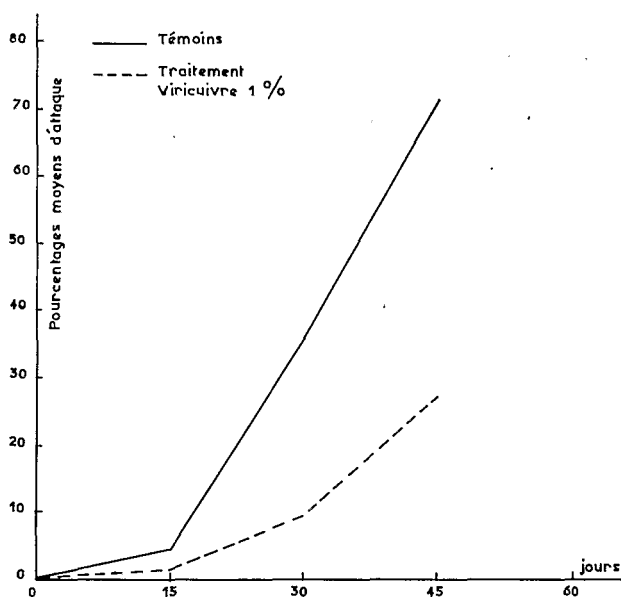


Photo 2. — Exemple de couple d'arbres dont les deux éléments portent chacun dix cabosses en position étagée le long du tronc : les étiquettes marquent la limite supérieure des cabosses utilisées dans l'essai. Cette photographie, prise quinze jours après la mise en place de l'essai, montre que le témoin (étiquette sombre n° 183, à droite) est déjà fortement atteint ; au contraire les cabosses de l'arbre traité au 2842 à 0,15 % (étiquette blanche n° 182) sont encore toutes indemnes d'attaques.



Les résultats de l'analyse statistique, selon la méthode de COCHRAN, sont exprimés dans le tableau IV.

TABLEAU IV

Essai « cuivre »
Résultats statistiques :
valeurs du critérium z de COCHRAN

	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5	Groupes 4 et 5 ensemble
Après 15 jours .	0,665	1,161	0,517	0,731
Après 30 jours .	1,053	1,863*	1,716*	1,802*
Après 45 jours .	1,992*	2,097*	1,456	1,859*
Après 52 jours .	—	—	1,840*	—
Après 60 jours .	1,975*	—	—	—

(Les astérisques indiquent les valeurs de z montrant les différences significatives)

On constate que, dans tous les cas, les différences entre traitements sont significatives à $P = 0,05$ après quarante-cinq jours ou même après trente jours d'essai. Ce résultat, conforme à ce que l'on attendait, étant donné que l'efficacité du cuivre est depuis longtemps démontrée à l'égard du *Phytophthora palmivora*, permet de dire que la méthode a satisfait à la deuxième épreuve à laquelle nous avons voulu la soumettre.

Il est à noter de plus que la méthode se montre très commode : quarante-cinq jours au total ont suffi à conduire à bien un essai de produit fongicide, et il faut souligner que trente jours après le début de l'expérience, on avait déjà obtenu un résultat positif. La méthode présente donc un caractère de rapidité hautement satisfaisant.

Essai pour juger de l'intérêt d'apporter au pied des arbres en observation une importante source d'inoculum

Nous avons *a priori* admis la nécessité de constituer une importante source d'inoculum, soit cinq cabosses atteintes par le *Phytophthora palmivora*, disposées sur une couronne de 40 cm de diamètre au pied des arbres en observation. Cette opération répondait à un double but :

- homogénéiser la source d'infection ;
- assurer une forte contamination afin que la méthode satisfasse à l'une des exigences recherchées, la rapidité de la réponse.

Elle reposait sur l'observation effectuée depuis longtemps au Cameroun (3-4), selon laquelle la principale source d'infection, dans une cacaoyère, est le sol, contenant des débris de végétaux porteurs du champignon : les cabosses les plus basses sont les premières atteintes et la contamination gagne de proche en proche, de bas en haut, les cabosses plus hautes. Mettre des cabosses malades au pied des arbres renforce donc la source naturelle de contamination.

Un chercheur brésilien en visite au Cameroun en août 1967, Arnaldo GOMES MEDEIROS, a émis des critiques sur l'intérêt de cette pratique. Selon des observations faites au Brésil, une source d'infection disposée au niveau du sol ne devrait pas avoir d'influence.

Nous avons donc, en 1967, mis en place un essai pour en juger : seize couples de cacaoyers portant tous quinze cabosses utiles ont été affectés à cet essai :

1) présence de cabosses atteintes par le *Phytophthora palmivora* au pied de l'arbre ;

2) absence de cabosses atteintes par le *Phytophthora palmivora* au pied de l'arbre.

Le tableau V donne les résultats moyens obtenus, exprimés en pourcentages de cabosses atteintes, et le graphique III correspondant exprime l'évolution moyenne des attaques.

TABLEAU V
Essai « apport d'un inoculum abondant »
Pourcentages moyens d'attaque

	Après 15 j	Après 30 j	Après 45 j	Après 60 j
Témoins (cabosses pourries au sol) ...	35,7	77,6	91,7	94,2
Pas de cabosses pourries au sol ...	11,3	26,7	57,1	75,8

L'analyse statistique selon la méthode de STU-DENT montre que les différences entre traitements sont hautement significatives dès la première observation, soit quinze jours après la mise en place de l'essai ($P = 0,001$) et le demeurent après trente jours ($P = 0,001$), après quarante-cinq jours ($P = 0,01$), après soixante jours ($P = 0,05$).

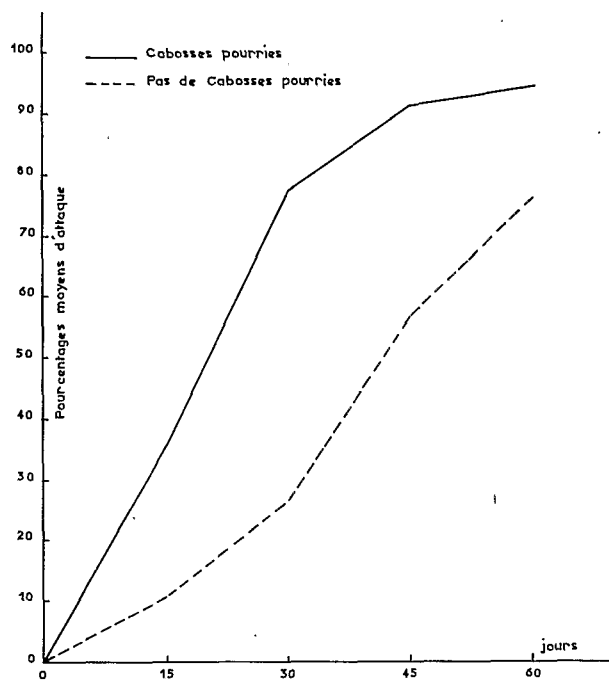
La rapidité de l'infection est beaucoup plus grande lorsque les cabosses sont déposées au pied des arbres, ce qui satisfait à l'exigence de rapidité de la réponse et montre que la source d'infection au niveau du sol est efficace. Ce résultat correspond bien à ce qui se passe au Cameroun dans les conditions naturelles où l'infection commence toujours par les cabosses basses et, de là, gagne les cabosses de plus en plus hautes.

Nous avons par ailleurs analysé le coefficient de variation des résultats, exprimés en pourcentages de cabosses atteintes, chez les arbres au pied desquels étaient disposées des cabosses pourries et chez les arbres au pied desquels nous n'avons pas mis de cabosses pourries.

Le coefficient de variation chez les arbres sans cabosses pourries à leur pied est, au bout de quinze jours, près de trois fois plus grand, au bout de trente jours près de cinq fois plus grand, au bout de quarante-cinq jours près de quatre fois plus grand, au bout de soixante jours plus de deux fois plus grand que celui des arbres avec cabosses pourries : la présence des cabosses pourries au pied des arbres est un des facteurs importants d'homogénéité du milieu, susceptibles de donner à la technique expérimentale une grande sensibilité.

Mais on pourra objecter que cette source d'ino-

Graph. III. — Essai d'efficacité de la source d'inoculum au sol



culum présente en contrepartie l'inconvénient de constituer une condition exceptionnellement sévère jamais réalisée dans la pratique, et qui ne permet pas au fongicide mis à l'épreuve de manifester sa valeur réelle : si l'on se reporte aux tableaux, on constate qu'un traitement à l'aide d'une bouillie à 1 % d'oxychlorure tétracuvrique accuse un pourcentage d'attaque très élevé pouvant atteindre 27 %.

On peut donc penser qu'un essai dans ces conditions, s'il présente l'intérêt d'être très rapide et d'être fait dans l'environnement naturel, ne peut constituer qu'un premier tri au sein des fongicides actuels : ceux qui se seront montrés efficaces dans un tel essai méritent très certainement d'être à nouveau mis à l'épreuve, dans des conditions moins sévères en ce qui concerne les sources d'infection, et en association avec les mesures de prophylaxie qui doivent normalement intervenir en même temps que tout traitement chimique. Nous suggérons cependant que lorsqu'on applique cette méthode, on mette en place aux mêmes endroits, parallèlement à la série de couples destinés à essayer un fongicide nouveau, une autre série de couples avec un fongicide cuprique de référence dont les résultats peuvent servir d'unité-étalon : de cette façon, on peut avoir une idée de la vraie valeur du fongicide à mettre à l'épreuve, ce qui élargit considérablement la portée de cette technique expérimentale.

Nous suggérons d'autre part que, pour obtenir une idée plus précise encore de la valeur réelle d'un fongicide, on le compare, non plus avec un témoin non traité, mais avec un fongicide étalon éprouvé, cuprique par exemple, appliqué à l'un des éléments des couples. Mais cette comparaison de deux fongicides n'est possible que si la méthode présente en fait une grande sensibilité.

Sensibilité et précision de la méthode

Dans les tableaux VI et VII qui donnent quelques-uns des résultats obtenus dans les essais « cuivre », on peut voir que le seuil de signification de $P = 0,05$ n'est atteint que pour des différences moyennes entre traitements importants, de l'ordre de 25 % : la méthode semble donc manquer de sensibilité.

Ce manque de sensibilité tient au fait que, ainsi que nous l'avons dit plus haut, nous n'avions pas toujours rigoureusement le même effectif de cabosses pour les différents couples constituant un essai, ni, parfois, pour les deux éléments d'un couple, les effectifs ayant été perturbés en début d'essai par la disparition de cabosses arrivées à maturité ou atteintes de « wilt » physiologique.

Cette imperfection nous a amenés à employer, lors de l'analyse des observations, la méthode peu sensible de COCHRAN, dont on ne peut attendre que des résultats peu nuancés.

Etant donné que l'on cherche à réaliser les conditions d'homogénéité les meilleures possible en plantation, on devra s'astreindre à n'utiliser que des couples d'arbres dont les effectifs, tous identiques au départ, ne seront pas modifiés par la disparition en début d'essai de certaines cabosses : l'expérimentateur devra veiller à ce que l'essai ne se situe pas trop tôt dans la saison, afin d'éviter d'utiliser des cabosses trop petites, ni trop tard, afin d'éviter d'utiliser des cabosses trop proches de la maturité.

Si l'on prend toutes ces précautions, la méthode permet l'appréciation de différences faibles et présente un caractère de sensibilité tout à fait exceptionnel par rapport à toute autre technique expérimentale appliquée à la recherche de l'efficacité des fongicides contre *Phytophthora palmivora* dans le milieu naturel. On constate ce fait dans tous les essais de 1967 mis en place avec soin, compte tenu de l'expérience précédente : des différences de 3 à 10 % sont significatives avec un seuil de signification de $P = 0,05$ ou $0,01$; des différences de 10 à 15 % sont significatives avec une quasi-certitude ($P = 0,001$).

Les tableaux VIII, IX et X résument les résultats de ces essais.

TABLEAU VI

Essai Viricuire 0,5 % (Groupe 3)	Pourcentages moyens d'attaque		Diffé- rence	z
	Témoins	Traités		
Après 15 jours .	4,57	2,59	1,98	0,665
Après 30 jours .	15,05	5,46	9,59	1,053
Après 45 jours .	38,17	14,08	24,09	1,992*
Après 60 jours .	70,43	25,86	44,86	1,975*

TABLEAU VII

Essai Viricuire 1 % (Groupes 4 et 5)	Pourcentages moyens d'attaque		Diffé- rence	z
	Témoins	Traités		
Après 15 jours .	9,03	4,08	4,95	0,731
Après 30 jours .	36,45	10,54	25,91	1,802*
Après 45 jours .	59,70	22,79	36,91	1,859*

(Dans les tableaux VI et VII, les différences significatives à $P = 0,05$ sont marquées d'un astérisque)

TABLEAU VIII

Pourcentages moyens d'attaque

Essai cuivre - 2872	Trai- tement cuivre	Trai- tement 2872	Diffé- rence	Seuil de signification
Après 15 jours	9,33	4,61	4,72	non significatif
Après 30 jours	16,44	6,22	10,22	$0,01 < P < 0,02$
Après 45 jours	23,44	6,72	16,72	$P = 0,01$
Après 60 jours	24,94	9,22	15,72	$P = 0,01$

TABLEAU IX

Pourcentages moyens d'attaque

Essai cuivre - 2842	Trai- tement cuivre	Trai- tement 2842	Diffé- rence	Seuil de signification
Après 15 jours .	11,33	3,33	8,00	$P = 0,05$
Après 30 jours .	19,33	4,00	15,33	$P = 0,001$
Après 45 jours .	24,67	4,00	20,67	$P = 0,001$
Après 60 jours .	26,67	6,67	20,00	$P = 0,001$

TABLEAU X

Pourcentages moyens d'attaque

Essai témoin et manchon de vaseline à la base des troncs	Témoins	Manchon de vaseline	Diffé- rence	Seuil de signification
Après 15 jours .	39,47	35,79	3,68	$P = 0,05$

Nous avons tenté de définir la précision de cette méthode dans les meilleures conditions d'application ; plus exactement, nous avons évalué le nombre de couples à mettre en observation pour qu'une différence donnée entre traitements soit significative. Cette étude a été faite à partir des résultats obtenus 15 jours, 30 jours, 45 jours et 60 jours après la mise en place des essais sur les 91 arbres témoins de 1967 ne recevant aucun traitement et portant un effectif de dix cabosses au départ. Ces résultats sont exprimés en pourcentages de cabosses atteintes par le *Phytophthora palmivora*. Après transformation angulaire de ces données (arc sinus $\sqrt{\frac{p}{100}}$), les résultats obtenus ont été consignés dans le tableau XI.

Soit d la différence significative souhaitée entre deux moyennes, on doit avoir :

$$(1) \quad \frac{d}{\sqrt{\frac{592}{n}}} > t$$

$$(2) \quad \frac{d}{\sqrt{\frac{880}{n}}} > t$$

$$(3) \quad \frac{d}{\sqrt{\frac{440}{n}}} > t$$

$$(4) \quad \frac{d}{\sqrt{\frac{248}{n}}} > t$$

(t variant avec le nombre de degrés de liberté affectés à la variance).

Au seuil 5 % et pour un nombre de degrés de liberté suffisamment grand, t est peu différent de 2. La relation devient alors :

$$(1) \quad n > \frac{2.368}{d_2}$$

$$(2) \quad n > \frac{3.520}{d_2}$$

$$(3) \quad n > \frac{1.760}{d_2}$$

$$(4) \quad n > \frac{992}{d_2}$$

Si l'on fixe comme plus petite différence significative les valeurs 10, 15, 20, exprimées en pourcentages transformés, on obtient les valeurs de n = nombre de couples à mettre en observation (tableau XII).

On voit que, pour des arbres portant dix cabosses, des différences faibles entre traitements peuvent être mises en évidence par l'observation d'un faible nombre d'arbres et que les résultats sont obtenus très rapidement.

Si les arbres portent un nombre de cabosses plus élevé, un nombre de couples encore plus faible peut être envisagé pour une même précision ; un nombre de couples identiques apportera une précision plus grande.

TABLEAU XII

Nombre de couples à mettre en observation

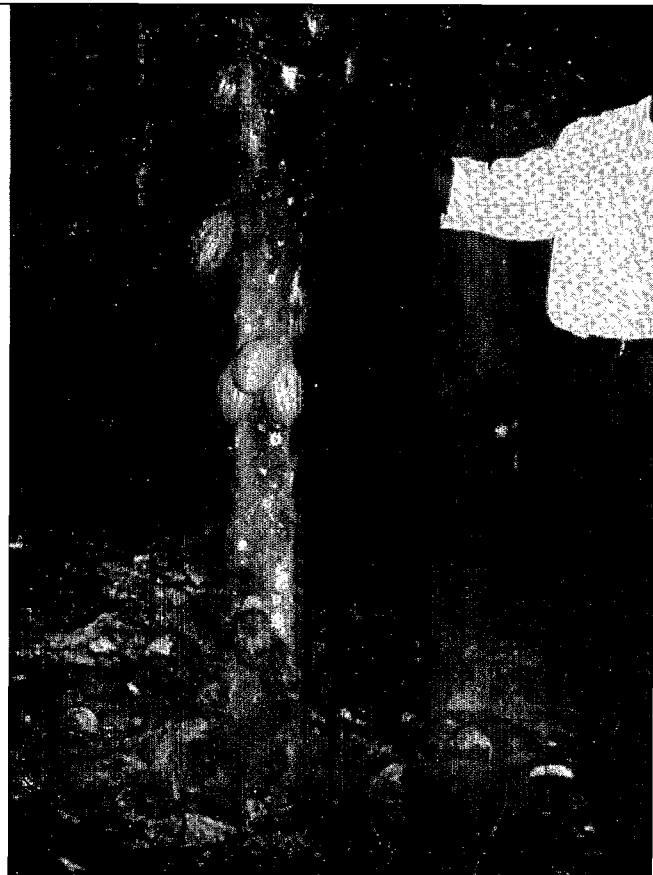
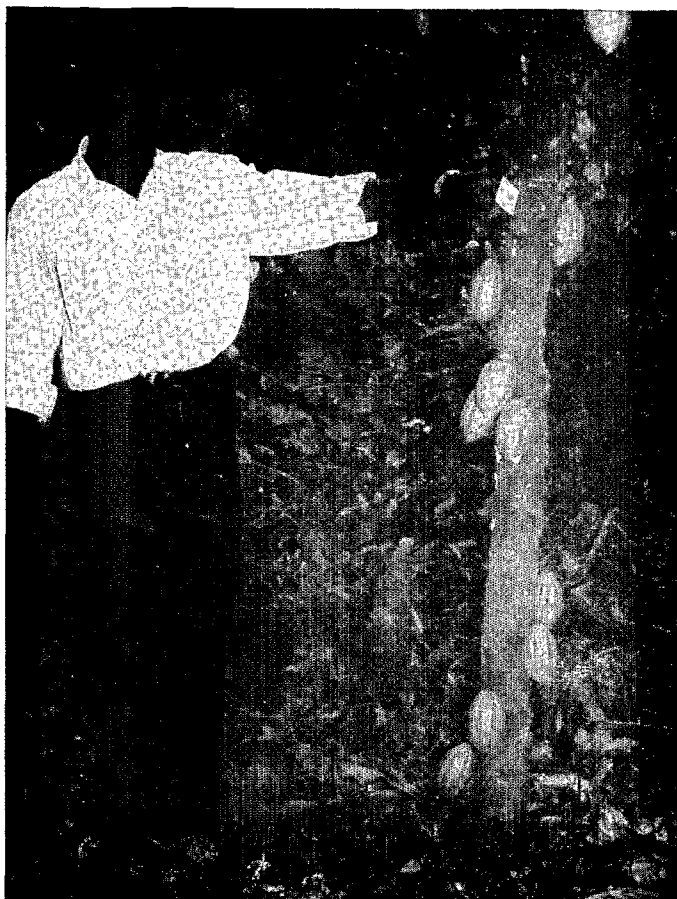
ppds sur % transformés	Première observation		Deuxième observation		Troisième observation		Quatrième observation	
	n	n rectifié*	n	n rectifié*	n	n rectifié*	n	n rectifié*
10	24	26	36	37	18	20	10	13
15	11	13	16	18	8	11	5	9
20	6	10	9	12	5	9	3	—

* Si n est inférieur à 50, t est différent de 2 et sa valeur croît quand le nombre de degrés de liberté diminue, ce qui a pour conséquence d'augmenter légèrement la valeur de n .

TABLEAU XI

Variance des mesures

Observations	Variance d'une mesure	Variance de la moyenne de n mesures	Variance de la différence entre deux moyennes	Ecart-type de la différence entre deux moyennes
Après 15 jours (1)	296	$\frac{296}{n}$	$2 \times \frac{296}{n}$	$\frac{592}{n}$
Après 30 jours (2)	440	$\frac{440}{n}$	$2 \times \frac{440}{n}$	$\frac{880}{n}$
Après 45 jours (3)	220	$\frac{220}{n}$	$2 \times \frac{220}{n}$	$\frac{440}{n}$
Après 60 jours (4)	124	$\frac{124}{n}$	$2 \times \frac{124}{n}$	$\frac{248}{n}$



Photos 3 et 4. — Les deux éléments d'un couple : les dix cabosses sont par petits groupes disposés en étages successifs. On distingue, entourées d'un cercle, quelques-unes des cabosses pourries, fixées au sol par une broche métallique. Ces photographies, prises quinze jours après la mise en place de l'essai, montrent que les cabosses de l'arbre n° 200 (étiquette blanche) traitées au 2842 à 0,15 % sont encore indemnes d'attaque alors que le témoin (étiquette sombre n° 199) sont déjà atteintes en grand nombre.

PREMIERS RÉSULTATS OBTENUS

Étude de l'efficacité de divers fongicides

Travaux effectués

Parallèlement à la série d'essais spécialement destinés à apprécier la valeur de la méthode et ses modalités d'exécution, nous avons, dès 1966 et en 1967, tenté, par d'autres essais, de mettre à l'épreuve l'efficacité de quelques fongicides. C'est ainsi qu'ont été étudiés :

a) en 1966

— le zinèbe (éthylène bis-dithiocarbamate de zinc) sous forme de « Zinosan » (Pechiney-Progil) en bouillie aqueuse à 0,3 % ;

— le manèbe (éthylène bis-dithiocarbamate de manganèse) sous forme de « Manesan » (Pechiney-Progil) en bouillie aqueuse à 0,3 % ;

— le mancozèbe (sel éthylénique de zinc et de manganèse de l'acide dithiocarbamique) sous forme de « Dithane M 45 » (La Quinoléine) en bouillie aqueuse à 0,3 % ;

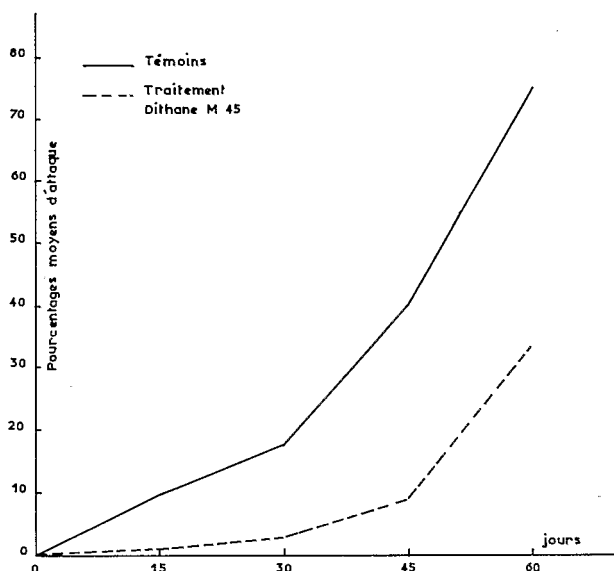
— le « Tuzet » (Bayer), à base de disulfure de tétraméthylthiurame, de diméthyl-dithiocarbamate de zinc et d'urbazide (méthylarsine diméthyl-dithiocarbamique) en bouillie aqueuse à 0,15 % ;

— le « Polyram-Combi » de Badische Anilin-und-Soda Fabrik AG, à base de métirame de zinc (disulfure de polyéthylène thiurame activé au zinc), en bouillie aqueuse à 0,2 % ;

— le G 84, fongicide expérimental à base de tétrachloroisophthalonitrile que nous avait procuré la Société Procida, en bouillie aqueuse à 0,3 % ;

— le superphosphate calcique à 5,5 % (des expérimentateurs portugais d'Angola ont constaté que les applications de superphosphate calcique en pulvérisation présentent une certaine efficacité contre l'antracnose des baies du caféier Arabica (*Colletotrichum coffeanum*) ; supposant que le dépôt de superphosphate constituait surtout un écran mécanique gênant la pénétration du parasite, nous avons voulu voir si cette efficacité se manifestait aussi contre le *Phytophthora palmivora*).

Graph. IV. — Essai Dithane M 45



b) en 1967

— deux fongicides de fabrication allemande (Hoechst) à base de chlorure de triphénylétain qui nous ont été donnés pour étude sous les numéros 2872 et 2842 : le 2872 titre 45 % de matière active ; le 2842, 57 % ; ces deux formulations, utilisées en bouillie aqueuse à 0,16 %, ont été comparées : d'une part à des témoins non traités ; d'autre part à des témoins traités à l'aide d'un fongicide cuprique de référence (bouillie aqueuse à 1 %, d'un produit titrant 50 % de cuivre métal de l'oxychlorure tétracuprique (« Viricuvivre » de Péchiney-Progil) ;

— une formulation cuprique colloïdale (« Duphar Copper » de Philips), titrant, par litre, 270 g de cuivre métal de l'oxychlorure tétracuprique, et appliquée à l'aide d'un petit pulvérisateur manuel le « Jet Spray 200 » de la Compagnie générale des insecticides.

Nous examinerons ci-après les résultats de ces différents essais.

Résultats des essais de 1966

Le tableau XIII résume les résultats obtenus à la fin des essais effectués en 1966. Les graphiques II et IV illustrent certains de ces résultats.

Nous noterons que ces résultats sont classés en trois ensembles comprenant respectivement :

— d'une part, le « Viricuvivre » à 0,5 %, le « Tuzet », le G 84, le « Dithane M 45 » et le « Polyram ». Ces essais ont tous été effectués du 9 août au 10 octobre ;

TABLEAU XIII

Résultats obtenus avec les différents fongicides étudiés en 1966
Pourcentages moyens d'attaque en fin d'essai

Ensembles d'essais	Fongicide	Pourcentage d'attaque en fin d'essais		Différence	Diminution du taux d'attaque
		Cacaoyers témoins	Cacaoyers traités		
1 ^{er} ensemble	Viricuvivre à 0,5 %	70,4	25,6	44,8*	63,6
	Tuzet	58,1	59,4	— 1,3	
	G 84	63,4	49,6	13,8	
	Dithane M 45	74,2	33,8	40,4*	
	Polyram-Combi	63,9	45,1	18,8	
2 ^e ensemble	Viricuvivre à 1 %	71,2	27,6	43,6*	61,2
	Manesan	73,5	53,3	20,2	
	Zinosan	72,9	73,1	— 0,2	
3 ^e ensemble	Viricuvivre à 1 %	50,4	16,7	33,7*	66,8
	Superphosphate	56,6	41,6	15,0	

* Différence significative entre arbres témoins et arbres traités



Photos 5 et 6. — Autre exemple de couple dont les deux éléments portent leurs dix cabosses en position étagée. Dans un cercle, l'une des cabosses pourries fixées au sol à l'aide d'une broche métallique. Ces photographies, prises quinze jours après la mise en place de l'essai, montrent que les cabosses de l'arbre 151 (étiquette sombre) servant de témoin présentent des attaques, tandis que les cabosses de l'arbre 152 (étiquette claire) traitées au Duphar Copper (oxychlorure tétracuvrique colloïdal) sont encore toutes indemnes.

— d'autre part, le « Viricuvivre » à 1 %, le « Mane-san » et le « Zinosan ». Ces essais ont tous été effectués du 26 août au 10 octobre ;

— et en troisième lieu, le « Viricuvivre » à 1 % et le superphosphate. Ces essais ont été effectués du 8 septembre au 30 octobre.

L'analyse statistique des résultats selon la méthode de COCHRAN montre que sont seules significatives les différences obtenues entre témoins et traitements cupriques et entre témoin et traitement au « Dithane M 45 » (mancozèbe).

A l'intérieur de ces trois ensembles, les couples d'arbres en observation ont été affectés alternativement à l'un ou l'autre des fongicides de l'ensemble considéré : les résultats d'un ensemble ont été obtenus dans les mêmes lieux, aux mêmes dates, et sont par conséquent comparables entre eux.

Dans chacun des trois ensembles, il est donc possible de prendre comme étalon les résultats obtenus avec le « Viricuvivre ».

Dans le premier ensemble, le « Viricuvivre » micronisé en bouillie à 0,5 %, en abaissant le taux d'attaque de 63,6 % par rapport au témoin, manifeste une très bonne efficacité. Cette concentration de 0,5 %, moitié de la concentration actuellement conseillée, semble donc suffisante, ce qui constituerait un progrès considérable sur le plan économique.

Mais il faut noter que cet essai, mis en place le 9 août et terminé le 10 octobre, s'est situé d'abord en période de faible humidité (août), puis en saison pluvieuse (10 septembre-10 octobre) : il a donc été effectué en partie en période peu favorable au développement de l'infection et propice à la bonne tenue des fongicides (août) et seulement ensuite (10 septembre-10 octobre) en période d'intense activité du *Phytophthora* et d'intense lessivage.

Une confirmation des résultats ainsi obtenus devra être recherchée dans une série d'essais ultérieurs.

La même remarque peut être faite à propos de l'efficacité du « Dithane M 45 », qui, avec diminution de 54,4 % du taux d'attaque par rapport aux témoins, manifeste une efficacité notable.

Cette remarque ne fait que souligner le peu d'efficacité ou le manque d'efficacité des autres fongicides éprouvés dans cette série d'essais (G 84, « Tuzet », « Polyram »).



Dans le deuxième et le troisième ensembles, seul le « Viricuire » micronisé, en bouillie à 1 %, en abaissant le taux d'attaque de 61,2 et 66,8 % respectivement, par rapport aux témoins, montre une bonne efficacité, le manèbe, le zinèbe et le superphosphate étant sans effet appréciable. Seul le manèbe semble avoir entraîné un certain ralentissement de l'infection au cours des premières semaines d'observation.

Nous noterons que ces deux séries d'essais ont été effectuées soit en saison des pluies (fin août-fin octobre), soit au cours de la période la plus favorable à l'infection. Aussi les résultats obtenus ici peuvent-ils être considérés comme définitifs.

Résultats des essais de 1967

1. — Essai de deux formulations organostanniques (chlorure de triphénylétain)

a) Comparées à des témoins non traités (essais effectués du 1^{er} septembre au 30 octobre 1967).

Le tableau XIV résume les résultats moyens obtenus 15 jours, 30 jours, 45 jours, 60 jours après la mise en place dans les essais mettant en comparaison les composés organostanniques de Hoechst (2872 et 2842) et des témoins non traités. Le graphique V donne, à titre d'illustration, l'évolution des pourcentages moyens d'attaque chez les arbres traités au 2872 et chez les témoins correspondants.

Chacune de ces formulations a été éprouvée en un essai comptant vingt-quatre couples d'arbres. Elles ont été appliquées sous forme de bouillie aqueuse à 0,16 % de la formulation proposée, en pulvérisation à l'aide d'un pulvérisateur « Paluver », lors de la mise en place des essais, et lors de chaque observation, soit après 15 jours, 30 jours et 45 jours.

L'analyse des résultats selon la méthode de STUDENT montre, tant pour 2872 que pour 2842, que les différences constatées entre témoins et

arbres traités sont hautement significatives à $P = 0,001$, dès la première observation, soit 15 jours après la mise en place de l'essai et une seule application des fongicides. Elles le restent ensuite après 30 jours, 45 jours et 60 jours, soit après 2, 3 et 4 applications des fongicides.

Nous disposons donc, semble-t-il, d'un nouveau fongicide organométallique dont on peut affirmer avec certitude la haute efficacité dans la lutte contre la pourriture brune des cabosses, compte tenu des conditions exceptionnellement sévères de l'essai auquel il a été soumis (inoculum massif sous forme de cabosses atteintes par le *Phytophthora palmivora* au pied des arbres en étude) et de la période d'étude (1^{er} septembre-31 octobre 1967) particulièrement favorable au développement du *Phytophthora*.

Étant donné que nous avons affecté les couples d'arbres en observation alternativement à 2872 et à 2842, que par conséquent les résultats ont été obtenus dans les mêmes lieux et aux mêmes dates, et que, d'autre part, les témoins de 2872 et de 2842 montrent des taux moyens d'attaque semblables et une évolution parallèle de ces taux d'attaques, il semble que l'on puisse remarquer une légère supériorité de 2842 par rapport à 2872.

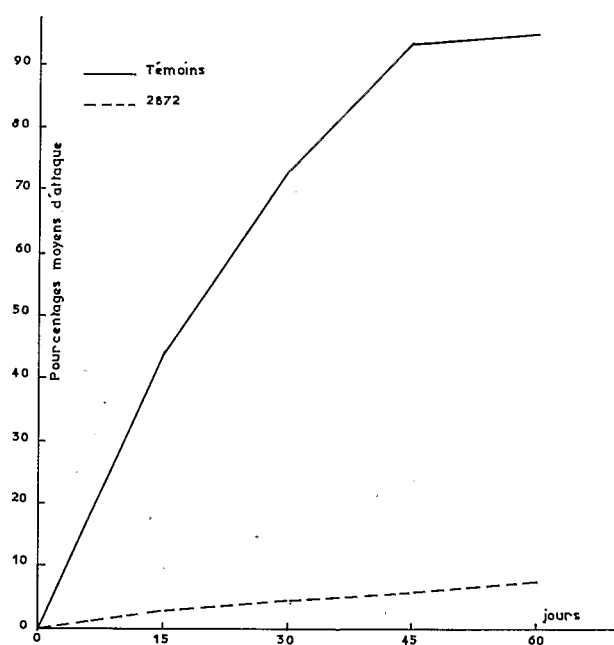
b) Comparées à un traitement cuprique de référence (essais effectués du 15 septembre au 15 novembre 1967).

Cette supériorité apparaît plus nettement dans

TABLEAU XIV
Essais « 2872 » et « 2842 »
Pourcentages moyens d'attaque

Essais		Après 15 j	Après 30 j	Après 45 j	Après 60 j
2872	Témoins	44,6	73,3	93,8	95,4
	Traitements	3,3	4,6	5,8	7,9
2842	Témoins	45,4	76,3	92,1	96,7
	Traitements	1,7	2,9	5,0	7,1

Graph. V. — Essai « 2872 »



d'autres essais où les deux mêmes formulations, utilisées dans les mêmes conditions (bouillie à 0,16 %), sont mises en comparaison non plus avec des témoins non traités, mais avec des témoins recevant des traitements cupriques : bouillie à 1 % d'un produit titrant 50 % de cuivre de l'oxychlorure tétracuprique (« Viricuire » micronisé Péchiney-Progil).

Les applications des fongicides ont été faites par pulvérisation, lors de la mise en place des essais et lors de chaque observation, soit après 15 jours, 30 jours et 45 jours.

Ces deux essais comptaient respectivement vingt couples (2872) et quinze couples d'arbres (2842).

Le tableau XV résume les résultats moyens obtenus 15 jours, 30 jours, 45 jours et 60 jours après la mise en place des essais. Le graphique VI donne, à titre d'illustration, l'évolution des pourcentages moyens d'attaque chez les arbres traités au « 2872 » et chez les témoins correspondants traités au « Viricuire ».

TABLEAU XV

Essais « cuivre-2872 » et « cuivre-2842 »
Pourcentages moyens d'attaque

Essais	Après 15 j	Après 30 j	Après 45 j	Après 60 j
Cuivre	9,5	16,5	23,5	25,0
2872	4,5	6,0	6,5	9,0
Cuivre	11,3	19,3	24,7	26,7
2842	3,3	4,0	4,0	6,7

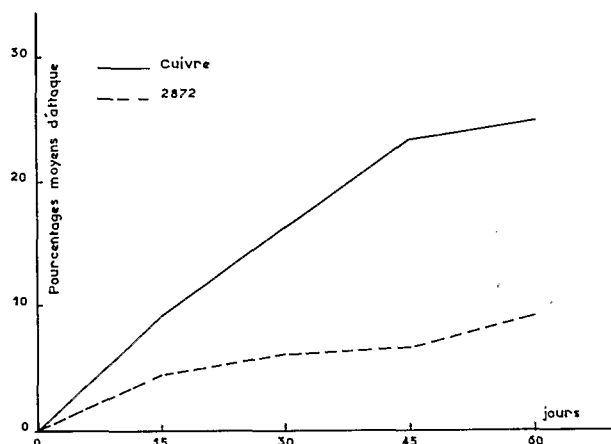
L'analyse statistique des résultats selon la méthode de STUDENT montre que :

— les différences entre traitements cupriques et traitements au « 2872 » sont hautement significatives ($0,01 < P < 0,02$) à partir de la deuxième observation, soit 30 jours après la mise en place de l'essai, et le restent ensuite ($P = 0,01$) ;

— les différences entre traitements cupriques et traitements au 2842 sont hautement significatives ($P = 0,05$) dès la première observation, soit 15 jours après la mise en place de l'essai, et le restent ensuite avec un seuil de signification très élevé ($P = 0,001$).

Il ne fait donc pas de doute que les deux formulations fongicides « 2872 » et « 2842 » sont efficaces contre le *Phytophthora palmivora*, et qu'elles

Graph. VI. — Essai « cuivre - 2872 »



sont l'une et l'autre d'une efficacité sensiblement supérieure à celle des produits cupriques classiques, surtout si l'on considère que la période du 15 septembre au 15 novembre où ont été effectués ces essais coïncide avec la grande saison des pluies, la plus favorable au développement du parasite et la moins propice à la tenue des fongicides.

Il est à noter en outre que le « 2842 » manifeste plus rapidement que le « 2872 » sa supériorité par rapport au produit cuprique de référence et que la précision obtenue est plus grande dans ce cas.

Nous ajouterons que ces deux essais ont été faits en grande partie en même temps, les couples d'arbres étant pour la plupart alternativement affectés à « 2872 » et « 2842 » ; les résultats obtenus dans les mêmes lieux et aux mêmes dates peuvent donc être comparés, ce qui traduit bien la supériorité de « 2842 », formulation la plus concentrée en matière active.

2. — Essai d'un fongicide cuprique colloïdal appliqué à l'aide d'un petit pulvérisateur manuel, le « Jet Spray 200 » (essai effectué du 1^{er} septembre au 30 octobre 1967)

L'un des objectifs à atteindre dans la lutte contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer, qui frappe, au Cameroun, une production à faible rentabilité, puisqu'il s'agit d'un produit dont la commercialisation se fait en brut, et un producteur ne disposant pas de moyens financiers importants, est la réduction maximum des quantités de bouillie anticryptogamique pour une efficacité satisfaisante.

L'évolution ascendante des attaques du *Phytophthora* à partir des cabosses les plus basses permet d'envisager de ne traiter que les cabosses basses,

situées entre le sol et 2 m de haut au maximum, au moins pendant la majeure partie de l'année.

D'autre part, on peut chercher à limiter les applications de bouillie aux seules cabosses, en évitant, en début de campagne, l'aspersion des fleurs, qui peut entraîner des coulures, et l'aspersion des zones du tronc ou des branches ne portant pas de fruits, qui constitue un gaspillage de bouillie.

Un appareil portatif permettant l'application ponctuelle très précise de la bouillie est donc souhaitable.

C'est dans ce but que nous avons cherché à utiliser un petit pulvérisateur à main, le « Jet Spray 200 », spécialement conçu pour la pulvérisation de solutions, mais avec lequel nous avons essayé d'utiliser le « Duphar Copper », formulation colloïdale d'oxychlorure tétracuvrique, titrant 270 g de cuivre métal par litre.

L'essai mis en place compte vingt-quatre couples portant dix cabosses par arbre.

Dans cet essai, on a comparé des arbres recevant du « Duphar Copper » (bouillie aqueuse à 5 cm³ par litre) appliqué aux cabosses à l'aide du « Jet Spray 200 » avec un témoin non traité.

Le tableau XVI donne les résultats obtenus 15 jours, 30 jours, 45 jours et 60 jours après la mise en place de l'essai. Le graphique VII traduit l'évolution des pourcentages moyens d'attaques chez les arbres recevant le traitement et chez les témoins non traités.

TABLEAU XVI

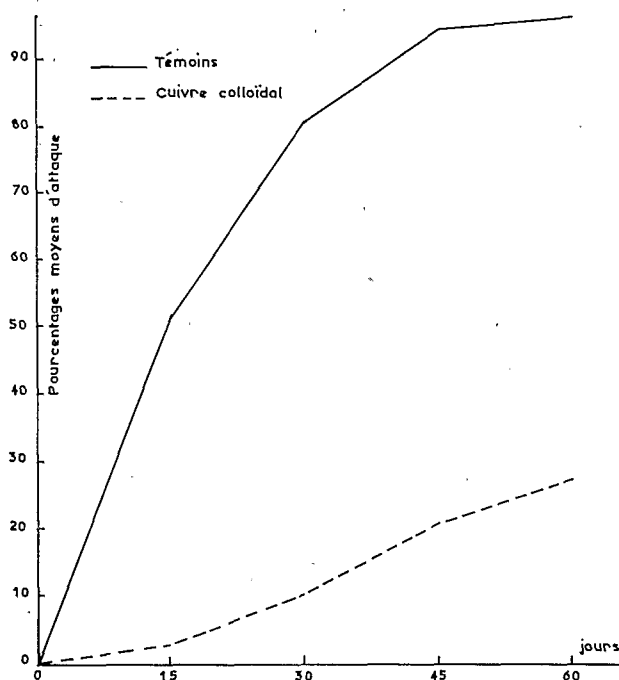
Essai cuivre colloïdal
Pourcentages moyens d'attaque

	Après 15 j	Après 30 j	Après 45 j	Après 60 j
Témoins	51,7	80,4	94,6	95,8
Cuivre colloïdal ...	2,9	10,4	21,3	27,9

L'analyse statistique des résultats, selon la méthode de STUDENT, montre que les différences entre traitements et témoins sont hautement significatives dès la première observation, soit 15 jours après la mise en place de l'essai ($P = 0,001$), et le restent ensuite.

L'essai ayant été fait au cours de la période la plus favorable au développement du *Phytophthora* (grande saison des pluies), et les applications de bouillie ayant été faites à des intervalles de 15 jours,

Graph. VII. — Essai cuivre colloïdal



comme pour les formulations cupriques plus classiques, on peut donc conclure :

— à une bonne efficacité du « Duphar Copper », formulation cuprique colloïdale, employée en bouillie aqueuse à raison de 5 cm³ par litre ; cette formulation cuprique, à cette dose d'utilisation, semble donc pouvoir être vulgarisée, dans la mesure où son prix de revient reste compétitif avec les formulations d'emploi courant ;

— à la possibilité de l'application ponctuelle de ce produit sur les cabosses à l'aide d'un appareil miniature du type « Jet Spray 200 ».

Cet essai devrait recevoir son prolongement dans une expérience d'un autre type, faite en milieu paysan sur une surface assez grande afin de juger :

— des qualités mécaniques de « Jet Spray 200 » dans un usage permanent ;

— de son prix de revient calculé sur une campagne ;

— et des modifications qu'il convient peut-être d'apporter à sa construction pour qu'il soit possible de vulgariser son emploi.

Cet essai pourra être repris pour d'autres formulations présentées sous forme colloïdale ou sous forme de solutions vraies.



Photos 7 et 8. — Autre exemple de couple dont les deux éléments portent leurs cabosses en position étagée. On distingue quelques-unes des cabosses sources d'inoculum fixées au sol à l'aide d'une broche métallique. L'arbre 197 (étiquette sombre) est le témoin, l'autre (étiquette claire) a été traité au « Duphar Copper » (oxychlorure tétracuvrique colloïdal) lors de la mise en place de l'essai, soit quinze jours avant la prise de vue.



Tentative d'étude du rôle des fourmis et autres insectes non ailés dans la diffusion du *Phytophthora* à partir du sol

Nous avons voulu voir si la méthode préconisée pouvait servir à d'autres types de recherches que l'appréciation de l'efficacité des fongicides.

Nous avons toujours pensé que la première contamination qui se manifeste sur les cabosses les plus basses était due à la fois à la projection par les gouttes de pluie de particules de terre porteuses du champignon, et au dépôt de ces particules par les insectes circulant sur le sol, puis sur les cabosses.

Nous avons pu constater par ailleurs que les insectes ailés, en particulier les drosophiles, qui visitent les fruits, comptent parmi les vecteurs importants du *Phytophthora*.

Un essai a été réalisé pour tenter d'évaluer le rôle respectif de ces différents vecteurs dans la première contamination. Il comprenait dix-neuf couples, portant dix cabosses par arbre ; les deux objets suivants ont été mis en comparaison :

1) cabosses pourries en couronne au pied de l'arbre ;

2) cabosses pourries en couronne au pied de l'arbre et disposition d'un manchon de vaseline sur la base du tronc, au-dessous de la cabosse la plus basse pour servir de piège, ou plus simplement pour faire barrage à la progression des insectes non ailés venant du sol.

L'analyse statistique des résultats selon la méthode de STUDENT montre que :

— les différences entre traitements sont significatives à $P = 0,05$ pour la première observation, 15 jours après la mise en place de l'essai ;

— il n'y a pas de différence significative ensuite.

Ces différences statistiques permettent de conclure que les insectes non ailés, tels que les fourmis, ont un certain rôle dans la transmission du *Phytophthora* du sol vers les cabosses basses : les cabosses mises à l'abri de leur visite sont en effet significativement moins atteintes

que les autres dans les 15 premiers jours de l'essai.

Ce rôle est néanmoins très limité. Les autres vecteurs (simple projection de particules de terre par la pluie, insectes ailés) assurent une contamination de départ suffisante pour entraîner ensuite une infection progressive très rapide.

CONCLUSIONS

En conclusion de cette étude, nous pouvons dire que nous disposons d'une méthode d'expérimentation des fongicides dans les conditions extérieures naturelles, qui est à la fois :

— rapide, puisque les résultats sont obtenus en 15 jours, 30 jours, 45 jours ou au maximum 60 jours ;

— sensible, puisque jusqu'à ce jour, au Cameroun, elle a seule permis dans les conditions extérieures naturelles de mettre en évidence l'efficacité de fongicides nouveaux par rapport à celle des produits cupriques d'utilisation courante ;

— précise puisque les résultats le sont avec une sécurité statistique considérable ;

— peu coûteuse, à la fois parce qu'elle est rapide et parce qu'elle ne demande la mise en observation que d'un faible nombre d'arbres.

Le but que nous nous étions fixé a donc été atteint :

— grâce à cette technique expérimentale, il devient possible de mettre à l'épreuve rapidement les différents fongicides offerts aux cultivateurs par l'industrie chimique moderne ;

— ces essais peuvent donner une réponse « en valeur absolue » si l'on compare les fongicides à des témoins non traités, mais aussi une réponse « en valeur relative » si on les met en comparaison avec un fongicide de référence de haute efficacité ;

— les essais effectués peuvent être comparés si l'on prend soin dans les mêmes lieux et aux mêmes dates d'affecter les couples d'arbres en étude alternativement aux différents fongicides à essayer.

Nous rappellerons brièvement pour terminer les principes de ce schéma expérimental qui repose sur la recherche, dans un milieu naturel très hétérogène, des conditions idéales d'homogénéité :

— homogénéité microclimatique par mise en observation de couples d'arbres proches l'un de

l'autre et par conséquent situés dans le même environnement ;

— homogénéité de la source d'infection par apports de cabosses malades au pied des arbres ;

— homogénéité dans la contagion par mise en observation de groupes de cabosses de même effectif, de même taille et de même disposition.

Cette technique d'expérimentation est sans doute valable pour l'étude des fongicides non seulement contre le *Phytophthora palmivora*, mais aussi pour les autres maladies cryptogamiques des fruits du cacaoyer.

Sur le plan pratique, la mise en application de cette technique aura permis, en deux campagnes seulement, d'étudier une dizaine de formulations fongicides, parmi lesquelles le chlorure de triphényl-étain s'est montré non seulement efficace, mais d'une efficacité supérieure à celle des produits cupriques classiques. Il ne fait pas de doute qu'il y ait là un réel progrès. En effet si les formulations cupriques d'emploi courant donnent satisfaction en règle générale dans la lutte contre la pourriture brune des cabosses, il arrive cependant souvent, dans certaines plantations présentant des conditions particulièrement favorables au développement du parasite, que ces traitements laissent apparaître des taux d'attaque quelquefois importants.

Les formulations à base de chlorure de triphényl-étain sont-elles appelées à remplacer les formulations cupriques dans la lutte contre le *Phytophthora palmivora* ? Il reste à juger :

— des prix de revient de ces formulations dans les conditions d'emploi les meilleures (concentration minimum suffisante de la bouillie) en comparaison avec les formulations cupriques ;

— des possibilités d'emploi courant de ces fongicides en se plaçant sur les plans de la toxicité pour l'homme et des qualités organoleptiques du produit (dosage des résidus éventuels dans le cacao et le chocolat).

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. MARTICOU (H.), MULLER (R.). — Essai de mise au point d'une méthode d'expérimentation adaptée aux conditions de la cacaoyère camerounaise traditionnelle. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. VIII, n° 3, juil.-sept. 1964.
2. Some methods for strengthening the common X 2 test. *Biometrics*, 10.
3. GRIMALDI (J.). — Etat des recherches sur la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun. *Cocoa Conference 1957* (Londres). The Cocoa, Chocolate and Confectionery Alliance et l'Office international du Cacao et du Chocolat.
4. MULLER (R.). — Etudes de l'évolution des attaques de *Phytophthora palmivora*. Rapports non publiés du Centre de recherches agronomiques de Nkolbisson (Cameroun).

MULLER (R. A.). — Appréciation de l'efficacité des fongicides contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. dans les conditions naturelles. Essai de mise au point d'une méthode rapide. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XIII, n° 1, janv.-mars 1969, p. 34-54, fig., tabl., réf.

La cacaoyère traditionnelle est, par son hétérogénéité multiple (pédologique, génétique et microclimatique), un milieu particulièrement peu adapté aux travaux d'expérimentation qui requièrent, pour une interprétation statistique convenable, une homogénéité aussi parfaite que possible.

Elle est pourtant le seul champ d'essai offert aux chercheurs qui ne disposent pas de stations agronomiques en nombre suffisant pour tous leurs travaux, ou qui doivent étudier certains problèmes sur les lieux mêmes où ils se posent.

La nécessité de faire des essais dans les plantations traditionnelles, l'impossibilité d'y mettre en application les schémas classiques d'expérimentation et les tests statistiques usuels qui en permettent l'analyse, ont conduit l'auteur à rechercher des techniques expérimentales adaptées aux conditions de ce milieu.

Basée sur la distinction entre interventions qui modifient la productivité des arbres, et interventions dont l'effet se fait sentir sur la production déjà existante, la présente étude a pour but la recherche d'une technique d'essai spécialement adaptée au contrôle de l'efficacité des fongicides contre le *Phytophthora palmivora* ou contre toute autre maladie cryptogamique des cabosses, en plein champ.

On propose de mettre en comparaison, non plus comme dans les essais classiques, des groupes d'arbres dont la production est inconnue au départ, mais des groupes de cabosses de même effectif, ayant même disposition, et situés dans la même ambiance microclimatique.

Dans la pratique, on choisit des couples d'arbres voisins l'un de l'autre, portant sur la même hauteur du tronc le même nombre de cabosses de même type et de même taille, disposées de la même façon ; l'un des arbres du couple sert de témoin, l'autre reçoit le traitement à essayer ; on apporte en outre, au pied de chaque arbre, cinq cabosses pourries pour homogénéiser les sources d'infection. Pour mettre à l'épreuve un fongicide, quinze à vingt couples d'arbres sont nécessaires.

Une série de tests a été faite : on a pu conclure que cette méthode est rapide, sensible et précise. Son application a permis, en deux campagnes, d'étudier une dizaine de formulations fongicides, parmi lesquelles un composé organique de l'étain a manifesté une efficacité supérieure à celle des composés cupriques d'emploi courant.

MULLER (R. A.). — An assessment of the efficacy of fungicides against the black pod rot of the cocoa tree due to *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. under field conditions. An attempt to perfect a quick method of estimation. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XIII, n° 1, janv.-mars 1969, p. 34-54, fig., tabl., réf.

The ordinary cocoa plantation is, because of its multiple heterogeneity (pedological, genetic and microclimatic), an environment particularly unsuitable for experimental work which requires, for proper statistical interpretation, a homogeneity as nearly perfect as possible.

It is however the only field of research open to scientists who do not possess a sufficient number of agronomical

MULLER (R. A.). — Beurteilung der Wirkungskraft der Fungizide gegen die durch *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. hervorgerufene Braunfäule der Kakao-schoten unter natürlichen Verhältnissen. Versuch zur Fertigstellung einer schnellen Methode. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XIII, n° 1, janv.-mars 1969, p. 34-54, fig., tabl., réf.

Durch seine vielseitige (pedologische, genetische, mikroklimatische) Verschiedenartigkeit ist die herkömmliche Kakaopflanzung wenig für Versuchsarbeiten geeignet, die für eine angemessene statistische Auslegung eine grösstmögliche Gleichartigkeit fordern.

Sie ist dennoch das einzige Versuchsgebiet das den Forschern offen steht, die nicht über landwirtschaftliche Ver-

MULLER (R. A.). — Apreciación de la eficacia de los fungicidas contra la pudrición parda de las mazorcas del cacao debida a *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. en las condiciones naturales. Ensayo de desarrollo de un método rápido. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XIII, n° 1, janv.-mars 1969, p. 34-54, fig., tabl., réf.

Dada su heterogeneidad múltiple (pedológica, genética y microclimática) el cacaoal tradicional es un medio muy poco adaptado a los trabajos de experimentación que necesitan, para una interpretación estadística correcta, una homogeneidad lo más perfecta posible.

Sin embargo es el único campo de ensayo para los investigadores ya sea porque no hay bastantes estaciones

stations for all their trials, or have to study certain problems on the very site where they occur.

The necessity to carry out trials on commercial plantations, the impossibility to apply the classical experimental layouts and the usual statistical tests which make analysis possible, have induced the writer to develop techniques suited to the conditions of this environment.

Based on the distinction between agricultural operations which modify the yield of the trees and those which have an effect on the already existing crop, the present study is aimed at finding trial techniques especially suited to the control of the efficacy of fungicides against *Phytophthora palmivora* or against all other fungus diseases of the pods in the field.

It is proposed to compare, not as in the classical experiments, groups of trees of which the yield is unknown at the start, but groups of the same number of pods arranged in the same way and situated in the same micro-climatic environment.

In practice, pairs of neighbouring trees are selected, carrying at the same height on the stem the same number of pods of the same type and size, disposed on the tree in the same manner; one of the trees of the couple serves as a control, the other receives the treatment to be tested; in addition five rotting pods are laid out at the foot of each tree to render homogeneous the source of infection. To screen a fungicide fifteen to twenty pairs of trees are necessary.

One series of tests have been made: it has been possible to conclude that this method is rapid, responsive and accurate. By its use it has been possible, in one season, to screen a dozen fungicide formulas amongst which an organic compound of tin has revealed an efficacy superior to that of the copper compounds in current use.

suchsstationen in genügender Zahl für all ihre Arbeiten verfügen oder die gewisse Probleme am Orte selbst wo sie sich stellen prüfen müssen.

Die Notwendigkeit Versuche in den herrkömmlichen Pflanzungen anzustellen, die Unmöglichkeit dort die klassischen Versuchsschemen und die üblichen statistischen Tests anzuwenden, die deren Analyse ermöglicht, führten den Autor dazu, in den Verhältnissen dieses Milieus angepasste Versuchstechnik ausfindig zu machen.

Gegenwärtiger Arbeit liegt der Unterschied zwischen Eingriffen welche die Produktivität der Bäume ändern und solche, die sich erst auf die schon bestehende Produktion auswirken zugrunde; sie zielt darauf hin, eine Versuchstechnik auszuarbeiten, die sich speziell für die Kontrolle der Wirksamkeit der Fungizide gegen *Phytophthora palmivora* oder gegen jede andere Pilzkrankheit der Schoten auf freiem Feld eignen würde.

Es wird angeregt, Vergleiche nicht wie bei den klassischen Versuchen zwischen Baumgruppen mit unbekannter Produktion zu Beginn anzustellen, sondern zwischen Schoten des selben Bestands, die über die selbe Anordnung verfügen und in der selben mikroklimatischen Umgebung gelegen sind.

Praktisch werden zwei nahe beinander stehende Bäume gewählt, die in der selben Höhe die selbe auf die gleiche Weise angeordnete Anzahl von Schoten des selben Typs und der selben Grösse tragen. Der eine Baum dient als Blindwert, der andere wird mit dem zu erprobenden Mittel behandelt; am Fuss eines jeden Baums werden ausserdem fünf faule Schoten niedergelegt zwecks einer Vereinheitlichung der Infektionsquellen. Zur Erprobung eines Fungizids bedarf es fünfzehn zwanzig Paar Bäume.

Aus der Reihe durchgeführter Versuche konnte geschlossen werden, dass es sich um eine schnelle, empfindliche und genaue Methode handelt. Ihre Anwendung ermöglichte im Verlauf von zwei Kampagnen etwa zehn fungizide Formulierungen zu prüfen darunter ein organisches Präparat des Zinns das sich als wirksamer erwies als die üblichen Kupferpräparate.

agronómicas para todos sus trabajos o porque deben estudiar ciertos problemas en los lugares mismos donde se presentan.

En vista de la necesidad de efectuar ensayos en las plantaciones tradicionales, la imposibilidad de aplicar los esquemas clásicos de experimentación y los estudios estadísticos usuales que permiten el análisis de los resultados, el autor investigó unas técnicas experimentales adaptadas a las condiciones de dicho medio.

El presente estudio, que se basa sobre la distinción entre las intervenciones que modifican la productividad de los árboles y las cuyo efecto se manifiesta sobre la producción ya existente, tiene por objeto la investigación de una técnica de ensayo especialmente adaptada al control de la eficacia de los fungicidas contra *Phytophthora palmivora* o cualquier otra enfermedad criptogámica de las mazorcas en el campo.

Se propone de comparar, no ya como en los ensayos clásicos grupos de árboles cuya producción no se conoce al inicio, sino grupos de mazorcas de un mismo conjunto, colocadas de una misma manera y situadas en el mismo ambiente micro climático.

En la práctica se seleccionan parejas de árboles vecinos, con un número igual de mazorcas de mismas dimensiones y del mismo tipo, sobre la misma altura del tronco, dispuestas de la misma manera; uno de los árboles es el testigo y al otro se aplica el tratamiento del ensayo; además, se traen al pie de cada árbol cinco mazorcas podridas para homogeneizar las fuentes de infección. Unas quince o veinte parejas de árboles son necesarias para los ensayos de cada fungicida.

Después de una serie de interpretaciones fué posible concluir que este método es rápido, sensible y preciso. Su aplicación permitió estudiar, durante dos campañas, unas diez formulas de fungicidas entre las cuales un compuesto orgánico de estaño se reveló más eficaz que los compuestos cúpricos habitualmente utilizados.