

M

Des possibilités d'emploi des composés organostanniques contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. au Cameroun oriental

J. BRAUDEAU

Directeur des recherches cacaoyères à l'IFCC

R. A. MULLER

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

Dans cet article, les auteurs présentent une synthèse de travaux réalisés à l'initiative de l'IFCC avec la participation :

- du Laboratoire de phytopathologie, de la Section de biométrie et du Laboratoire de technologie de l'IFCC au Cameroun ;
- de la Section de chimie et technologie de l'IFCC, Nogent-sur-Marne ;
- du Laboratoire des radio-isotopes de l'Ecole fédérale supérieure d'agriculture du Cameroun ;
- du Laboratoire central de la Préfecture de police de Paris ;
- du Centre d'études nucléaires de Cadarache.

Dans ce même numéro, *Café Cacao Thé* publie sous la signature de F. MASSAUX le compte rendu des travaux exécutés par le Laboratoire des radio-isotopes de l'Ecole fédérale supérieure d'agriculture du Cameroun.

Efficacité des composés organostanniques contre la pourriture brune des cabosses

Intérêt de l'étude des fongicides contre la pourriture brune des cabosses au Came- roun

Dans son programme de travail pour le perfectionnement des méthodes de lutte contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer, due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl., le Labora-

toire de phytopathologie du Centre de recherches de l'IFCC au Cameroun a inscrit l'étude de l'efficacité des fongicides.

La pourriture brune des cabosses entraîne en effet au Cameroun des pertes estimées à 50 % en moyenne de la production et nombreuses sont les plantations où la presque totalité des fruits est détruite ; le progrès de la production cacaoyère de ce pays repose donc avant tout sur le contrôle de

cette maladie : contrôle génétique envisagé pour un avenir malheureusement encore lointain, mais pour lequel des travaux importants sont en cours, contrôle à la fois cultural et chimique par le couplage de méthodes prophylactiques appropriées et de traitements fongicides, d'ores et déjà applicables avec succès dans la zone centre-sud du Cameroun oriental, principale région productrice. Pour le Cameroun occidental, les connaissances sont moins avancées.

Les fongicides utilisés jusqu'à présent sont les fongicides cupriques ; pour le plus répandu, titrant de 47 à 50 % de cuivre de l'oxychlorure tétra-cuivrique, des expériences passées ont montré que la concentration minimum de la bouillie devait être de 1 % de produit commercial ; cette concentration, satisfaisante en général, a été prise comme élément de référence dans tous les essais, bien qu'au cours des périodes les plus fortement arrosées, une plus forte concentration puisse être judicieusement conseillée. Dix à douze applications annuelles sont nécessaires dans le centre-sud du Cameroun oriental.

D'une façon générale, seule la mise en application de fongicides systémiques peut constituer un progrès fondamental en matière de lutte anticryptogamique : leur mode d'action particulier permet en effet de penser qu'ils présenteront l'avantage de ne pas nécessiter les applications répétées, et par conséquent coûteuses, exigées par toutes les formulations de type classique, quelles qu'elles soient, agissant préventivement et soumises au lessivage des pluies, particulièrement intense en climat inter-tropical humide.

Cependant, un progrès relatif peut être attendu d'un élargissement de la gamme des fongicides classiques utilisables. Outre que cet élargissement peut faire jouer la concurrence commerciale, ce progrès peut se présenter sous deux aspects principaux : meilleure rémanence du dépôt fongicide permettant un espacement des applications, matière active agissant à de faibles concentrations. Dans les deux cas, c'est à une réduction des tonnages nécessaires que l'on peut aboutir. Ce qui se traduit principalement, sans éliminer la possibilité de trouver une formulation particulièrement bon marché — mais l'expérience montre que les créations de la chimie moderne sont généralement chères — par une réduction des frais de transport entre le pays producteur et le pays utilisateur et, au sein du pays utilisateur, entre le port et les points d'application souvent dispersés et d'accès difficile.

Ceci posé, les études poursuivies au Cameroun visent un double but :

— dans la gamme des fongicides cupriques, rechercher les formulations les plus satisfaisantes, aux plans technique et économique ;

— dans la gamme des autres fongicides, organiques ou organométalliques, rechercher les formulations susceptibles d'être avantageusement substituées aux produits cupriques.

Mise en évidence de l'efficacité des composés organostanniques

Une méthode de test dans les conditions extérieures a été mise au point (1). Elle permet de juger, dans un minimum de temps (45 à 60 jours), et avec une excellente précision, l'efficacité d'une formulation fongicide par comparaison avec les conditions naturelles en l'absence de tout traitement, ou avec un fongicide de référence d'efficacité par ailleurs reconnue.

Parmi les produits commerciaux qui ont été essayés, les formulations organostanniques ont particulièrement retenu l'attention.

En 1967, on a étudié le chlorure de triphénylétain formulé par la société Hoechst sous deux préparations expérimentales, le « 2842 » et le « 2872 », titrant respectivement 57 % et 45 % de matière active ; ces deux préparations ont été utilisées en bouillie aqueuse à 0,16 % (1).

Elles ont été comparées à des témoins non traités et à des témoins traités à l'aide d'un fongicide cuprique de référence (bouillie aqueuse à 1 % d'un produit titrant 50 % de cuivre de l'oxychlorure tétra-cuivrique, le Viricuire micronisé de Pechiney-Progil).

En 1969 (2), on a étudié l'hydroxyde de triphénylétain, formulé sous le nom commercial de Du-Ter par la société Philips et titrant 20 % de matière active. Ce produit, en bouillie aqueuse à 0,20 %, a été comparé à un témoin traité à l'aide du même fongicide cuprique de référence.

Les résultats de ces essais sont résumés dans le tableau ci-contre qui donne, pour les différents traitements, les pourcentages moyens de cabosses atteintes de pourriture après 15, 30, 45 et 60 jours d'observation.

Les différences constatées, significatives avec un seuil de probabilité élevé, montrent que l'on se trouve en présence de formulations présentant une bonne efficacité contre *Phytophthora palmivora*, supérieure à celle du traitement de référence. Il est remarquable que ces résultats ont été obtenus avec des bouillies contenant de faibles quantités de matière active :

91,2 g/hl pour le 2842 ;

72,0 g/hl pour le 2872 ;

40,0 g/hl pour le Du-Ter.

Comme a tenté de le faire M. LORAIN, de la Société Hoechst, l'examen attentif de ces résultats incite à essayer de déterminer un rapport d'effica-

Pourcentages moyens d'attaques

	Après 15 jours	Après 30 jours	Après 45 jours	Après 60 jours
Témoin non traité.....	44,6 ****	73,3 ****	93,8 ****	95,4 ****
2872 0,16 %	3,3	4,6	5,8	7,9
Témoin non traité.....	45,4 ****	76,3 ****	92,1 ****	96,7 ****
2842 0,16 %	1,7	2,9	5,0	7,1
Viricuiivre 1 %	9,5	16,5 **	23,5 ***	25,0 ***
2872 0,16 %	4,5	6,0	6,5	9,0
Viricuiivre 1 %	11,3 *	19,3 ****	24,7 ****	26,7 ****
2842 0,16 %	3,3	4,0	4,0	6,7
Viricuiivre 1 %	19,4 ****	38,3 ****	46,1 ***	52,2 ***
Du-Ter 0,20 %	0,5	16,7	22,2	25,0

Seuils de signification : * = P = 0,05 *** = P = 0,01
 ** = P = 0,02 **** = P = 0,001

citée entre ces différentes formulations organostanniques et l'oxychlorure tétracuiivrique ; ce rapport serait :

$$\frac{\% \text{ de cabosses pourries traitées au Cu après 60 jours}}{\% \text{ de cabosses pourries traitées au Sn après 60 jours}}$$

On obtient ainsi les valeurs suivantes :

$$\frac{\text{Viricuiivre}}{2.842} = 4,0 \quad \frac{\text{Viricuiivre}}{2.872} = 2,7 \quad \frac{\text{Viricuiivre}}{\text{Du-Ter}} = 20,$$

Il n'est évidemment pas possible d'accorder à ces rapports une valeur réelle pour caractériser l'efficacité de ces produits vis-à-vis du fongicide cuprique de référence ou leur efficacité relative. Mais ils suggèrent que l'efficacité des organostanniques est directement fonction de leur concentration en matière active, toutes autres qualités (pouvoir mouillant et adhésivité en particulier) étant supposées égales par ailleurs.

Ce qui permet de penser que l'on pourrait obtenir avec les organostanniques une efficacité juste égale à celle de la bouillie à 1 % d'oxychlorure tétracuiivrique à 50 % de cuivre, pour des concentrations plus faibles que celles qui ont été mises à l'épreuve jusqu'à présent.

Mais ce n'est là qu'une hypothèse dont le contrôle expérimental reste à faire.

Conclusion

En conclusion des travaux encore limités qui ont été faits et des considérations particulières qui viennent d'être énoncées, on peut donc dire seulement que les composés organostanniques, et plus particulièrement le chlorure et l'hydroxyde de triphénylétain, sont utilisables pour lutter efficacement contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer. Ces composés commercialisés sous les

noms de Brestanol (Hoechst) titrant 45 % de chlorure de triphénylétain, et de Du-Ter (Philips) titrant 20 % d'hydroxyde de triphénylétain peuvent être employés, dans les conditions de la zone cacaoyère centre-sud du Cameroun oriental, aux concentrations de 0,16 % pour le premier et de 0,20 % pour le second, avec une efficacité supérieure à celle que l'on obtient avec l'oxychlorure tétracuiivrique, titrant 50 % de cuivre, en bouillie à 1 % de produit commercial.

De telles concentrations en produit commercial sont respectivement 6,25 et 5 fois plus faibles que celle de la bouillie cuprique de référence, couramment utilisée (oxychlorure tétracuiivrique) et 3,12 et 2,5 fois plus faibles que celle des bouillies à base d'autres dérivés du cuivre, dont certains tests ont montré qu'elles étaient équivalentes à la bouillie cuprique de référence pour une concentration deux fois moindre (oxyde cuivreux, hydroxyde cuivreux).

L'emploi des composés organostanniques présente donc l'intérêt signalé plus haut d'une réduction des tonnages nécessaires avec ce que cela implique d'économie sur les transports et de facilités de distribution.

Dans l'ignorance où nous sommes des prix qui seraient pratiqués dans le cas d'un emploi généralisé, il ne nous est pas possible de dire si leur utilisation constituerait par ailleurs une économie pour l'utilisateur par rapport à l'emploi des fongicides cupriques.

L'efficacité des organostanniques ayant été montrée, et les limites de l'intérêt qu'il peut y avoir à les mettre en concurrence avec les fongicides cupriques étant également définies, il restait cependant à contrôler :

- leur innocuité vis-à-vis de l'utilisateur ;
- leur effet éventuel sur la fermentation du cacao ;

— leur effet résiduel sur les qualités organoleptiques du cacao et du chocolat ;

— leur absence de toxicité résiduelle pour les consommateurs de cacao ou de chocolat.

Ces différents points ont fait l'objet d'études détaillées que nous examinons dans les chapitres suivants.

Effets des fongicides organostanniques sur l'utilisateur

Au cours des expériences qui ont été faites pour contrôler leur efficacité (essais miniaturisés ne mettant en œuvre que de faibles quantités de bouillies) ou leur toxicité résiduelle (essais en grandeur réelle entraînant des manipulations plus importantes), nous n'avons pas remarqué que les produits organostanniques présentaient, pour les utilisateurs, de désagrément majeur.

Une certaine irritation des muqueuses est pourtant à noter si, lors de la préparation de la bouillie, on ajoute l'eau à la poudre avec trop de brutalité : le nuage de poudre qui en résulte a, par inhalation, un effet irritant. Une irritation des muqueuses oculaires a pu être notée aussi lorsque, par accident, eut lieu une projection de bouillie sur le visage d'un ouvrier.

Il ne semble donc pas que l'emploi de ces produits doive faire craindre, pour l'utilisateur, de graves ennuis. Cependant il faut reconnaître que les manipulations faites jusqu'à présent dans le cadre de travaux expérimentaux ont été trop limitées pour tirer une conclusion définitive à cet égard. Une expérience en vraie grandeur, en milieu paysan,

telle que celle qui va débiter en 1971 par le traitement de 30 ha de cacaoyères, permettra d'avoir des idées plus nettes. Etant entendu que l'on devra veiller à appliquer les recommandations générales suivantes, d'ailleurs valables pour la plupart des pesticides et qui ne sont que des mesures de prudence :

— éviter toute ingestion accidentelle de produit en cours de traitement ou après les traitements : ne pas manger, ne pas boire, ne pas fumer, se tenir en dehors du brouillard pendant les pulvérisations, se laver soigneusement les mains après contact avec le produit, changer de vêtements, etc... ;

— détruire les emballages et tenir les spécialités dans un local fermé à clé hors de portée des enfants et des animaux domestiques ;

— en cas d'ingestion accidentelle de bouillie, provoquer le vomissement et administrer l'antidote recommandé par le fabricant ; informer les dispensaires villageois de la nature de l'antidote adéquat et leur assurer l'approvisionnement afin que des soins rapides puissent être apportés aux malades.

Effet des fongicides organostanniques sur la fermentation du cacao

La haute valeur fongicide des composés organostanniques, mise en évidence dans les expériences réalisées au champ contre *P. palmivora*, pouvait faire craindre que ces produits aient un effet inhibiteur sur les agents de la fermentation du cacao.

Cet effet pouvait résulter soit d'une éventuelle systémicité du produit, soit surtout de la simple contamination de la masse des fèves et du mucilage lors de l'écabossage, les mains des travailleurs, alternativement au contact des coques porteuses de traces de bouillie, et des fèves, servant d'intermédiaires. Dans le cas où l'écabossage mécanique serait mis au point, ce danger de contamination serait plus grave encore, les machines susceptibles

d'être employées assurant le contact intime des débris de coques avec les fèves et le mucilage, et laissant passer une certaine proportion de coques dans la masse à fermenter.

Pour vérifier cette éventualité, on a réalisé deux expériences.

Dans la première, on a incorporé directement à la masse de fèves fraîches une solution aqueuse apportant des doses croissantes de deux fongicides organostanniques : le Brestan titrant 60 % d'acétate de triphénylétain et le Brestanol titrant 45 % de chlorure de triphénylétain ont été apportés à raison de 0 mg ; 1 mg ; 5 mg ; 10 mg et 20 mg par kg de fèves fraîches.

La seconde expérience a consisté en l'exécution, en plantation, dans les conditions de la pratique agricole, de dix à douze pulvérisations annuelles, à quinze jours d'intervalle, des deux mêmes composés organostanniques, Brestan et Brestanol, en bouillie aqueuse à 0,10 ; 0,13 ; 0,16 ; 0,20 et 0,25 %. Une parcelle ne recevant pas de traitement et une parcelle recevant des pulvérisations de bouillie à 1 % d'un produit commercial titrant 50 % de cuivre de l'oxychlorure tétracuvrique étaient mises en place dans cette expérience.

Les cabosses obtenues en fin de campagne ont été récoltées et les fèves mises à fermenter après écabossage manuel et après écabossage mécanique.

Les résultats de ces deux expériences ont été recueillis en étudiant d'une part le déroulement de la fermentation, et, d'autre part, les caractéristiques des fèves obtenues après séchage.

Les critères d'appréciation ont été :

— le degré d'avancement des fermentations exprimé en °C-heure, étant entendu que la fermentation est fonction de la température ;

— l'examen à la coupe (cut-test) des fèves fermentées et séchées, permettant de classer le produit fini en fèves brunes, violettes, demi-violettes et ardoisées ;

— les teneurs en matières oxydables par KMnO_4 sur amandes : l'oxydation enzymatique des polyphénols qui s'effectue au cours de la fermentation entraîne une diminution de la quantité des matières oxydables qui est donc fonction du degré de fermentation ;

— les teneurs en azote ammoniacal sur amandes : la protéolyse enzymatique qui se fait au cours de la fermentation entraîne la production de composés azotés simples et notamment d'azote ammoniacal, dont la teneur est corrélative du degré de fermentation ;

— le pH des fèves, selon la méthode établie par l'OICC : les valeurs du pH sont d'autant plus élevées que la fermentation est plus avancée ;

— le rendement des fermentations, rapport du poids des fèves après fermentation sur le poids de fèves fraîches.

Nous ne donnerons pas ici le détail des mesures qui ont été faites sur tous ces points et dirons seulement que, pour chacun d'eux et dans les deux expériences, aucune différence significative n'est apparue entre les traitements, ce qui permet de dire que, dans les conditions où ont été effectués les essais, nous n'avons pu constater d'influence notable des composés organostanniques sur la fermentation.

Effet des fongicides organostanniques sur les qualités organoleptiques du chocolat

Des échantillons de cacao issus de cabosses ayant reçu dix à douze pulvérisations annuelles de Brestan et de Brestanol aux concentrations de 0,25 ; 0,20 ; 0,16 ; 0,13 et 0,10 % de produit commercial et écabossées manuellement ou mécaniquement, ont été transformés en chocolat, par micro-usinage, pour essai de dégustation. Ces chocolats ont été comparés à des échantillons préparés à partir de cacao provenant de cabosses n'ayant reçu aucun traitement fongicide, ou ayant reçu les traitements cupriques classiques, l'écabossage étant, pour ces deux types de témoin, manuel ou mécanique.

Les dégustateurs donnent aux échantillons une note sur l'arôme, sur l'amertume, sur l'astringence et sur l'acidité. Une note de synthèse en résulte.

L'analyse statistique a été faite sur cette note de synthèse.

Cette analyse montre qu'il n'y a aucune différence entre les cacaos traités aux composés organostanniques et les témoins (non traités ou traités au cuivre). Aucun goût particulier qui pourrait mettre en cause l'utilisation des fongicides organostanniques n'est à signaler.

Il faut remarquer que l'écabossage mécanique, dans les conditions où il a été pratiqué, donne systématiquement et significativement un goût désagréable au chocolat et ce pour tous les échantillons, traités aux composés organostanniques ou au cuivre, ou non traités. Cet écabossage mécanique ne semble donc pas au point.

Toxicité résiduelle des fongicides organostanniques

Malgré l'excellente efficacité des sels d'étain contre le *Phytophthora palmivora*, la direction de l'IFCC a estimé que l'utilisation de ces produits ne pouvait être envisagée qu'après avoir obtenu la certitude qu'aucun résidu toxique pour l'homme ne serait présent dans les fèves de cacao.

En effet, et bien qu'aucun cas d'empoisonnement par le chlorure ou l'acétate de triphénylétain n'ait jamais été constaté sur l'homme, on peut craindre, par comparaison avec des produits voisins, que les résidus puissent entraîner une certaine toxicité pour le consommateur.

Les expériences réalisées avec ces produits sur animaux de laboratoire font ressortir une DL 50 par voie orale très variable suivant les espèces, 15 à 34 mg/kg de poids vif pour les cobayes, groupe le plus sensible, 66 à 99 mg/kg pour les souris et 300 à 750 mg/kg pour les rats.

On doit noter par ailleurs que les triphénylétains n'ont aucune action de pénétration dermique.

Pour ce qui est des effets chroniques, toujours sur animaux de laboratoire, on signalera qu'ils peuvent avoir une action inhibitrice sur la croissance et sur la fertilité et qu'il existe, comme pour beaucoup de composés voisins, un risque d'accumulation au niveau du foie et du cerveau.

Pour élucider définitivement le problème des résidus des sels d'étain au niveau de la denrée consommable, des expérimentations en plantations, faisant intervenir plusieurs traitements, ont été mises en place au Cameroun dès 1968 et ultérieurement en 1969 et 1970. Les cabosses récoltées étaient ouvertes manuellement et les fèves fermentées et séchées suivant le processus habituel. Le cacao marchand obtenu était alors soumis aux laboratoires pour analyse, en comparaison avec un lot témoin traité aux bouillies cupriques.

S'agissant d'une recherche extrêmement fine de traces d'étain et du dosage de ces traces, on conçoit qu'il a fallu mettre au point des méthodes d'analyse inédites, d'autant qu'il était spécifié dès le début de l'expérimentation qu'on ne se limiterait pas à la recherche des seuls résidus de triphénylétain, mais de tous les autres composés organiques éventuellement synthétisés par la plante et qui pouvaient avoir des propriétés toxiques.

Les premiers essais furent confiés au Laboratoire central de la Préfecture de police de Paris, qui, à l'issue de deux années de travaux sous la conduite de M. FAVARD, parvint à mettre au point une

méthode d'analyse parfaitement adaptée à son objet.

Parallèlement à ce travail, l'IFCC s'enquit auprès du Service de radio-agronomie du Centre d'études nucléaires de Cadarache des possibilités de dosage de l'étain. Il apparut qu'une méthode par activation atomique appliquée directement aux fèves pouvait être envisagée.

Enfin, l'éventualité d'un radio-marquage des cacaoyers et de leurs fructifications par l'emploi du ^{113}Sn fut retenue dans la mesure où le Laboratoire des radio-isotopes de l'Ecole fédérale supérieure d'agriculture de Nkolbisson (Cameroun) pourrait conduire sur le terrain de tels essais.

Cette troisième voie de recherches put se matérialiser et aboutir à des résultats concluants grâce à la collaboration du chef de ce laboratoire, F. MAS-SAUX, expert de l'AIEA.

Travaux du Laboratoire central de la préfecture de police de Paris et résultats

La première méthode envisagée par M. FAVARD et son équipe fut basée sur l'analyse polarographique.

Malheureusement, si l'utilisation des techniques polarographiques permettait de détecter la présence d'étain, elle ne permettait pas d'en effectuer le dosage par suite de l'interférence du plomb, dont des traces sont toujours présentes dans les fèves de cacao.

Les méthodes colorimétriques classiques au dithiol et à la phénylfluorone furent alors essayées, après séparation de l'étain par distillation.

Finalement l'analyse colorimétrique avec la phénylfluorone se révéla la plus adaptée, car il était alors possible de faire des mesures d'intensité de coloration au photolorimètre et au spectrophotomètre, et d'estimer correctement des quantités d'étain inférieures à 5 μg .

La méthode retenue comporte quatre stades :

- minéralisation de l'échantillon par un mélange sulfonitrique ;
- distillation de l'étain en présence d'un mélange acide chlorhydrique-acide bromhydrique ;
- concentration de l'étain se trouvant dans le distillat par évaporation au bain-marie après addition d'acide sulfurique et d'acide nitrique ;

— dosage colorimétrique de l'étain par la phényl-fluorone.

Des analyses pratiquées sur une série d'échantillons de fèves provenant d'essais réalisés au Cameroun ont permis de déceler les teneurs suivantes en étain total :

— 0,12 à 0,24 mg/kg pour des lots témoins non traités aux organostanniques,

— 0,34 à 0,36 mg/kg pour des lots provenant de parcelles traitées aux organostanniques et pour lesquels l'écabossage fut fait à la main,

— 0,67 à 0,75 mg/kg pour des lots provenant de parcelles traitées aux organostanniques et pour lesquels l'écabossage fut fait mécaniquement.

Ces résultats mettent en évidence des teneurs en étain total résiduel relativement faibles pour les lots provenant d'un écabossage manuel, mais prouvent que l'utilisation de l'écabossage mécanique entraîne une augmentation très sensible de ces teneurs due à une contamination des fèves par les dépôts de fongicide persistant à la surface des cabosses.

Etudes du Centre d'études nucléaires de Cadarache

Dès 1969, des contacts étaient pris avec le Service de radio-agronomie du Centre d'études nucléaires de Cadarache pour la mise au point d'une méthode de dosage par activation atomique.

Il semblait en effet que le dosage de l'étain par cette méthode devait être possible bien que difficile.

La première difficulté a été l'explosion, pendant l'irradiation, des tubes scellés en silice contenant l'échantillon. Elle a été surmontée en soumettant les tubes à 500 °C pendant 5 h pour permettre le craquage préalable des matières organiques, sans doute responsables de cette explosion. Une autre difficulté résidait dans la formation, après activation de l'échantillon, de nombreux radio-éléments, dont il fallut envisager la séparation par voie chimique.

Une méthode d'analyse qualitative permettant une estimation de la concentration en étain total fut ainsi mise au point, mais les travaux ne furent pas poursuivis dans cette voie, du fait de la mise en place au Cameroun d'une expérimentation dont on espérait qu'elle pourrait apporter une réponse définitive au problème des résidus de fongicides organostanniques dans les fèves de cacao.

Travaux du Laboratoire des radio-isotopes de l'Ecole fédérale supérieure d'agriculture du Cameroun et résultats

Etant donné les difficultés rencontrées dans le microdosage de l'étain par les méthodes de la chimie classique, il était tout indiqué d'utiliser la technique de radio-marquage pour déceler et doser les résidus d'étain éventuellement contenus dans les fèves de cacao.

Cette étude a été effectuée au Cameroun par le Laboratoire des radio-isotopes installé par l'Agence internationale de l'énergie atomique de Vienne, à l'Ecole fédérale supérieure d'agriculture de Nkolbisson (EFSA). Ce laboratoire a procédé à la recherche des résidus de chlorure de triphénylétain au moyen du Brestanol ^{113}Sn .

Le chlorure de triphénylétain ^{113}Sn a été appliqué dans des conditions simulant les conditions réelles (dates et fréquences des traitements, dose d'emploi) pour lutter de manière économique contre la pourriture brune, afin de définir les limites pratiques des résidus au niveau des fèves commercialisées et au niveau des cabosses et des débris de coques pouvant entrer dans la constitution des rations pour l'alimentation animale.

Le principe actif a été formulé sous forme de poudre mouillable titrant 45 % de matière active, avec une activité spécifique de 14 mCi par gramme de chlorure de triphénylétain.

Dans les conditions de mesure (détecteur Geiger β, γ), 1 μg de chlorure de triphénylétain donnait 4.010 impulsions par 100 secondes, avec une sensibilité de dosage de $0,005 \mu\text{g} \pm 5 \%$ pour une mesure égale au bruit de fond (21 coups/100 secondes).

Les essais ont eu lieu entre le 3 septembre et le 14 décembre 1970.

Le compte rendu des travaux est publié par ailleurs sous la signature de F. MASSAUX.

Cette expérimentation a permis de montrer que, dans des conditions simulant les conditions réelles d'utilisation des fongicides organostanniques, l'étain ne manifeste aucune action systémique par voie foliaire, radiculaire ou à travers l'exocarpe des cabosses.

L'écabossage manuel entraîne au niveau des coques des fèves un dépôt moyen de 0,18 ppm de matière sèche en étain total, le pourcentage en étain organique étant inférieur à 3 % pour les fèves fermentées et séchées.

La concentration finale en étain organique au niveau des fèves commercialisées est donc de l'ordre de 0,005 ppm, soit vingt fois moins que la tolérance admise par la FAO/OMS.

Conclusions générales

Les résultats des expériences faites tant au Cameroun qu'en France pour étudier les composés organostanniques peuvent être résumés de la façon suivante :

— le Brestanol titrant 45 % de chlorure de triphénylétain, et le Du-Ter titrant 20 % d'hydroxyde de triphénylétain ont montré, en application contre *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer, dans les conditions du Cameroun oriental, une efficacité supérieure à celle de la bouillie cuprique de référence classiquement utilisée dans cette région, et contenant 1 % d'un produit commercial titrant 47 à 50 % de cuivre de l'oxychlorure tétracui-vrique ;

— aucun effet inhibiteur de la fermentation n'a été mis en évidence ni avec le Brestan titrant 60 % d'acétate de triphénylétain, ni avec le Brestanol titrant 45 % de chlorure de triphénylétain, soit après incorporation directe de ces fongicides dans la masse des fèves fraîches aux doses de 20 ; 10 ; 5 et 1 ppm, soit après écabossage manuel ou mécanique de cabosses ayant reçu au cours de l'année dix à douze applications de ces fongicides en bouillie à 0,25 ; 0,20 ; 0,16 ; 0,13 et 0,10 % ;

— aucun effet sur les qualités organoleptiques du chocolat issu de cabosses ayant reçu dix à douze applications de Brestan ou de Brestanol en bouillie à 0,25 ; 0,20 ; 0,16 ; 0,13 et 0,10 % n'a pu être mis en évidence, l'écabossage manuel, tel qu'il se fait normalement, restant la seule pratique à conseiller ;

— on a pu montrer que les résidus toxiques du chlorure de triphénylétain se trouvaient en très faible quantité, vingt fois moindre que celle définie par l'OMS, dans les fèves issues de cabosses traitées dans les conditions proches de la pratique, à l'aide d'une bouillie aqueuse à 0,15 % de Brestanol ^{113}Sn ;

— quelques précautions — d'ailleurs recommandables dans tous les cas d'utilisation de produits toxiques en agriculture — étant prises, il ne semble pas que l'on doive redouter de désagréments majeurs pour l'utilisateur des fongicides organostanniques.

Il semble donc que ces produits puissent être ajoutés à la liste des fongicides utilisables dans la lutte contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer. Leur application doit se faire dans les mêmes conditions que celles des fongicides cupriques couramment utilisés, soit, pour le Cameroun oriental, selon le calendrier schématique ci-après :

— première saison des pluies (mai-juillet) : cinq à six applications à quinze jours d'intervalle, sur les cabosses des troncs ;

— deuxième saison des pluies (septembre-novembre) : cinq à six applications à quinze jours d'intervalle, les deux premières sur les cabosses des troncs, les suivantes généralisées à toutes les cabosses accessibles.

La concentration de la bouillie de référence (1 % d'un produit commercial à 50 % de cuivre de l'oxychlorure) doit être considérée comme un minimum au-dessous duquel il ne faut pas descendre. Par ailleurs, des observations récentes montrent qu'au cours des périodes très pluvieuses, une concentration supérieure pourrait être judicieusement conseillée. Il en résulte que, sauf informations résultant d'essais ultérieurs, les concentrations des bouillies à base de composés organostanniques ne doivent pas être inférieures à celles qui ont été mises à l'épreuve ; on peut même envisager, comme il vient d'être dit pour les bouillies cupriques, de les majorer légèrement au plus fort de la saison pluvieuse, cette majoration momentanée, limitée à un ou deux traitements seulement, ne pouvant avoir de répercussions importantes sur la toxicité résiduelle.

BIBLIOGRAPHIE

1. MULLER (R. A.), NJOMOU (S. E.), LOTODÉ (R.). — Appréciation de l'efficacité des fongicides contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer, due à *Phytophthora palmivora*, dans les conditions naturelles. Essai de mise au point d'une méthode rapide. *Café Cacao Thé*, n° 1, janv.-mars 1969, p. 34-54.
2. MULLER (R. A.), NJOMOU (S. E.). — Contribution à la mise au point de la lutte chimique contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer (*P. palmivora*) au Cameroun. *Café Cacao Thé*, n° 3, juill.-sept. 1970, p. 209-220.
3. MASSAUX (F.). — Etude des résidus de chlorure de triphénylétain (Brestanol ^{113}Sn) sur fèves de cacao. *Café Cacao Thé*, n° 3, juill.-sept. 1971, p. 221-234.

BRAUDEAU (J.), MULLER (R. A.). — Des possibilités d'emploi des composés organostanniques contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. au Cameroun oriental. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XV, n° 3, juill.-sept. 1971, p. 211-220, tabl., réf.

Les auteurs présentent une synthèse des travaux sur les composés organostanniques, réalisés à l'initiative de l'IFCC, avec la participation de l'IFCC, du Laboratoire des radio-isotopes de l'Ecole fédérale supérieure d'agriculture du Cameroun, du Laboratoire central de la Préfecture de police de Paris et du Centre d'études nucléaires de Cadarache.

De ces travaux, il ressort que le Brestanol (45 % de chlorure de triphénylétain) et le Du-Ter (20 % d'hydroxyde de triphénylétain), en application contre *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer, dans les conditions du Cameroun oriental, ont une efficacité supérieure à celle de la bouillie cuprique de référence (1 % d'un produit commercial titrant 47 à 50 % de cuivre de l'oxychlorure tétracuprique). Ni le Brestan (60 % d'acétate de triphénylétain), ni le Brestanol, incorporés dans la masse des fèves fraîches ou appliqués dix à douze fois dans l'année sur les cabosses, n'ont eu d'effet inhibiteur sur la fermentation. Ils n'ont eu aucun effet sur les qualités organoleptiques du chocolat issu de cabosses ayant reçu des applications de ces fongicides. Les résidus toxiques du chlorure de triphénylétain se trouvent en très faible quantité (20 fois moindre que celle définie par l'OMS) dans les fèves issues de cabosses traitées avec une bouillie aqueuse à 0,15 % de Brestanol ¹¹³Sn. Quelques précautions étant prises, l'utilisateur des fongicides organostanniques ne doit pas redouter de désagréments majeurs.

Ces fongicides peuvent donc être utilisés dans la lutte contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer. Au Cameroun oriental, on procédera, en mai-juillet, à cinq-six applications à quinze jours d'intervalle, sur les cabosses du tronc et en septembre-novembre à cinq-six applications à quinze jours d'intervalle, les deux premières sur les cabosses des troncs, les suivantes sur toutes les cabosses accessibles.

BRAUDEAU (J.), MULLER (R. A.). — **Verwendungsmöglichkeiten von Organozinnverbindungen gegen die durch *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. bewirkte Braunfäule des Kakaobaums in Kamerun.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XV, n° 3, juill.-sept. 1971, p. 211-220, tabl., réf.

Die Autoren bringen die Synthese der Arbeiten über die Organozinnverbindungen, die auf Anlass des IFCC, unter Beteiligung des IFCC, des Laboratoriums für Radioisotopen der höheren Landwirtschaftsschule von Kamerun, des Zentrallaboratoriums der Polizeipräfektur von Paris und des Zentrums für Nuklearforschung von Cadarache durchgeführt wurden.

Aus diesen Arbeiten geht hervor, dass Brestanol (45 % Triphenylzinnchlorid) und Du-Ter (20 % Triphenylzinnhydroxid) bei der Bekämpfung von *Phytophthora palmivora*, dem Erreger der Braunfäule der Kakaoschoten unter den Ver-

BRAUDEAU (J.), MULLER (R. A.). — Possibilities of using organotin compounds against cacao black pod induced by *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. in Eastern Cameroon. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XV, n° 3, juill.-sept. 1971, p. 211-220, tabl., réf.

The authors present a synthesis of the work carried out on organotin compounds, undertaken under the auspices of the IFCC, with the participation of the IFCC, of the radio-isotope laboratory of the « Ecole Fédérale Supérieure d'Agriculture du Cameroun », of the Central Laboratory of the « Préfecture de Police de Paris » and of the « Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache ».

This work shows that Brestanol (45 % triphenyltin chloride) and Du-Ter (20 % triphenyltin hydroxide) when applied to *Phytophthora palmivora*, which is the agent of the cacao black pod disease, under Eastern Cameroon conditions, has an efficiency greater than the standard copper mixture (1 % of a commercial product having a 47 to 50 % content of tetracupric oxychloride). Neither Brestan (60 % triphenyltin acetate) nor Brestanol, incorporated into the mass of fresh beans or applied ten to twelve times per year to the pods, have had any inhibiting effect on fermentation. They have had no effect whatsoever on the organoleptic qualities of chocolate originating from the pods having received applications of these fungicides. The toxic residues of triphenyltin chloride are found in very low quantities (20 times less than the quantity defined by the WHO) in beans originating from pods treated with an aqueous mixture of 0,15 % ¹¹³Sn Brestanol. Provided several precautions are taken, the user of organotin fungicides need not fear any major nuisances.

These fungicides can therefore be used to combat the cacao black pod disease. In Eastern Cameroon five-six applications are used in May-July, at fifteen days interval, on the trunk pods, and in September-November five-six applications are again used at fifteen days interval, the first two on the trunk pods and the following ones on all accessible pods

BRAUDEAU (J.), MULLER (R. A.). — **Acerca de las posibilidades de empleo de los compuestos de estaño orgánico contra la pudrición parda de las mazorcas de cacao debida a *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. en el Camerún oriental.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XV, n° 3, juill.-sept. 1971, p. 211-220, tabl., réf.

Los autores presentan una síntesis de los trabajos sobre los compuestos del estaño orgánico que promovió el Instituto Francés del Café, del Cacao y otras plantas estimulantes y que fueron realizados por dicho Instituto juntamente con el Laboratorio de radioisótopos de la Escuela federal superior de agricultura de Camerún, el Laboratorio central de la prefectura de policía de Paris y el Centro de estudios nucleares de Cadarache.

Dichos trabajos ponen de relieve la mayor eficacia, comparada con la del caldo cúprico de referencia (al 1 % de un producto comercial que incluye un 47-50 % de cobre del oxicluro tetracuproso), del Brestanol (que contiene un

hältnissen Ostkameruns eine grössere Wirksamkeit als die der Referenzkupferbrühe (1 % eines 47 bis 50 % Kupfer von Tetrakupferoxychlorid titrierenden Handelspräparats) besitzt. Weder Brestan (60 % Triphenylzinnazetat), noch Brestanol, ob in die Masse der frischen Bohnen eingemengt oder zehn bis zwölf mal im Jahre auf die Schoten aufgetragen haben eine inhibierende Wirkung auf die Gärung. Sie hatten keine Wirkung auf die organoleptischen Qualitäten, der aus den mit dieser Fungiziden behandelten Schoten gewonnenen Schokolade. Die toxischen Rückstände von Triphenylzinnchlorid in den Bohnen aus Schoten, die mit einer wässrigen Brühe mit 0,15 % Brestanol ¹¹³Sn behandelt wurden, sind sehr gering (20 mal geringer als die durch die Weltgesundheitsorganisation festgesetzte Menge). Sofern einige Vorsichtsmassnahmen getroffen werden, dürfte der Verbraucher von Organozinnfungiziden keine grössere Unannehmlichkeiten zu befürchten haben.

Diese Fungizide können zur Bekämpfung der Braunfäule der Kakaoschoten im östlichen Kamerung verwendet werden, indem man im Mai-Juli fünf bis sechs Auftragungen mit zwei-wöchigem Abstand auf die Schoten des Stammes und im September-November fünf bis sechs Auftragungen mit zwei-wöchigem Abstand, die zwei ersten auf die Schoten der Stämme, die übrigen auf alle erreichbaren Schoten, vornimmt.

45 % de cloruro de trifenilestaño) y del Du-Ter (que incluye un 20 % de hidróxido de trifenilestaño) aplicados para el control de *Phytophthora palmivora*, agente de la pudrición parda de las mazorcas del cacao, en las condiciones del Camerún oriental. Ni el Brestan (que contiene un 60 % de acetato de trifenilestaño), ni el Brestanol incorporados en la masa de las almendras frescas o aplicados diez o doce veces durante el año sobre las mazorcas no tuvieron efecto inhibitorio sobre la fermentación. Tampoco afectaron las calidades organolépticas del chocolate obtenido a partir de las mazorcas que recibieron aplicaciones de fongicidas. Los residuos tóxicos del cloruro de trifenilestaño se hallan en cantidad muy reducida (veinte veces menor de la definida por el OMS) en las almendras de las mazorcas tratadas con un caldo acuoso al 0,15 % de Brestanol ¹¹³Sn. El que manipula los fongicidas a base de estaño orgánico tomando las debidas precauciones no ha de temer graves inconvenientes.

Dichos fongicidas pueden emplearse para el control de la pudrición parda de las mazorcas del cacao. En el Camerún oriental se efectuará durante el periodo de mayo a julio cinco o seis aplicaciones a intervalos de quince días sobre las mazorcas de los troncos y entre septiembre y noviembre cinco o seis aplicaciones a intervalos de quince días, las primeras dos en las mazorcas de los troncos, las siguientes sobre todas las mazorcas que sea posible alcanzar.