

# ACTION DU THIABENDAZOLE ET DU BENLATE SUR L'ANTHRACNOSE DES BANANES ET SON CHAMPIGNON PATHOGÈNE : COLLETOTRICHUM MUSAE

par **P. FROSSARD**

*Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer.*

ACTION DU THIABENDAZOLE ET DU BENLATE  
SUR L'ANTHRACNOSE DES BANANES  
ET SON CHAMPIGNON PATHOGÈNE :  
COLLETOTRICHUM MUSAE

par P. FROSSARD (I. F. A. C.)

*Fruits*, vol. 24, n° 7-8, juillet-août 1969, p. 365 à 379.

**RÉSUMÉ.** — L'article expose la mise au point de plusieurs méthodes d'essais, puis l'expérimentation *in vitro* et *in vivo* sur l'action du Thiabendazole et du Benlate. *In vitro* la croissance mycélienne de *Colletotrichum musae* est arrêtée par le Benlate à 0,3 ppm et le Thiabendazole à 0,6 ppm. Mais les conidies sont capables de germer en présence des deux produits à 1 000 ppm. *In vivo* si on dépose des spores sur des bananes, les appressoria ne se forment pas en présence de Thiabendazole à 800 ppm, ni de Benlate à 25 ppm. Ils se forment sur des fruits trempés dans les deux produits à 1 600 ppm et non rincés. Appliqués en trempage sans rinçage à 400 ppm le jour de l'inoculation, le Thiabendazole et le Benlate arrêtent l'extension des anthracoses de blessures et des pourritures de pédicelles. Le rinçage diminue l'efficacité aux faibles concentrations (25, 50, 100 ppm) et il faut en gros doubler la dose pour garder la même efficacité. Le surfactant F augmente l'efficacité du Benlate à 25 et 50 ppm avec rinçage. Les traitements effectués quelques jours avant ou après l'inoculation sont également efficaces. Enfin les deux produits empêchent le développement des infections latentes.

Si les bananes demeurent en général indemnes de toute pourriture pendant leur développement sur pied, il n'en est plus de même après la récolte. En effet à partir de ce moment là, les diverses manipulations dues au transport jusqu'au hangar d'emballage, à la découpe en mains, à la mise en cartons, au transport maritime et enfin au mûrissement entraînent des pertes parfois importantes bien souvent dues à des pourritures fongiques. Parmi les nombreux organismes associés à ces pourritures le *Colletotrichum musae* (BERCK et CURT) ARX (= *Gloeosporium musarum* CKE et MASS) est certainement un des plus fréquents (WARDLAW, 1961). Il se manifeste de façons diverses. Dans le cas des infections latentes (SIMMONDS J. H., 1941, 1963; CHAKRAVARTY, 1957; MEREDITH, 1964), le champignon forme des appressoria superficiels sur la peau des fruits sur pied et ne reprend son développement que lorsque la banane est mûrie. On observe alors un noircissement rapide de la peau qui diminue beaucoup la présentation (fig. 1). Comme parasite de blessure le *C. musae* se montre beaucoup plus grave. En effet, profitant de la moindre rupture de l'épiderme, il s'établit et envahit rapidement la peau égratignée ou les pédicelles blessés. SIMMONDS et MITCHELL (1940) les premiers, puis MEREDITH (1960) entre autres ont

bien mis en évidence la distinction entre l'infection latente d'une part et l'anthracnose ou la pourriture des pédicelles d'autre part. L'anthracnose se reconnaît aux taches lenticulaires noires (d'où son nom) qui se développent à partir des plus petites blessures de la peau, le plus souvent situées sur les arêtes, points particulièrement vulnérables des fruits (fig. 2). Les pourritures des pédicelles et des coussinets (fig. 3) sont également très graves car elles entraînent la désorganisation rapide des mains de bananes. Il est important de remarquer en passant que ces fruits une fois récoltés passent à un état de survie. Ils sont incapables de réaction de défense, et ne peuvent que subir les attaques des champignons. Il est donc impératif d'éviter toute blessure inutile ; mais il en reste une inévitable : celle qui sépare la main de la hampe. Plusieurs procédés de désinfection ont été proposés, plus ou moins efficaces : peinture fongicide (souvent à base de pentachloronitrobenzène : PCNB) des plaies de coupe qui n'évite pas l'anthracnose de blessure, trempages ou pulvérisations de PCNB, Manèbe, Shirlan AG ou WS, Mycostatine (MEREDITH, 1961 ; WARDLAW, 1961) bains d'hypochlorite (SIMMONDS N. W., 1966). La découverte de nouveaux produits doués d'un pouvoir fongicide élevé et d'une toxicité quasi nulle vis-à-vis des vertébrés et des végétaux supérieurs a suscité de nouveaux espoirs. Il s'agit du 2.4.Thiazolyl benzimidazole (Thiabendazole MERCK SHARP et DOHME) et de l'Ester méthylique de l'acide 1. Butyl carbamoyle 2, benzimidazole carbamique (Benlate = F. 1991, DUPONT de NEMOURS).

Le Thiabendazole connu depuis plusieurs années (STARON et ALLARD, 1964) a été essayé d'abord avec succès contre les *Penicillium* des agrumes (HARDING, 1968). BURDEN (1967) a obtenu d'excellents résultats en Australie sur bananes : ce produit appliqué par trempage à 200 ppm sans rinçage arrête les pourritures (indéterminées) des fruits soumis à une infection naturelle. SCOTTS et ROBERTS (1967), à la suite de trempage, également sans rinçage, à 140 ppm observent un arrêt total des pourritures de pédicelles inoculés artificiellement avec *C. musae*. CUILLÉ et BUR-RAVAULT (1968) de leur côté observent un développement très faible après inoculation par blessure du *C. musae* à la suite d'un trempage sans rinçage dans du Thiabendazole lactique à 1 000 ppm. Ils mettent également en évidence une efficacité très importante lorsque le trempage est fait quelques jours avant ou après l'inoculation. Mais le Thiabendazole lactique à 3 000 ppm a également pour effet de retarder la maturation des fruits. De notre côté nous avons rendu compte (FROSSARD, 1968) d'un certain nombre d'essais réalisés au laboratoire. De plus dans un essai réel de transport maritime réalisé en juin-juillet 1968, sur le lot contaminé et traité, le Thiabendazole lactique utilisé en trempage sans rinçage à 570 ppm s'est montré d'une très grande efficacité en limitant presque totalement les anthracnoses de blessures, et les pourritures des pédicelles et des coussinets.

Enfin tout récemment, BEAUDOIN, CHAMPION & MALESSARD (1969) ont exposé les résultats d'essais de traitements des bananes du Thiabendazole poudre (Mertect 340).

\*  
\* \*

Cet article comporte deux parties : la première rend compte d'une série de tests préliminaires réalisés sur des petits nombres de bananes et cherchant à préciser l'action de divers facteurs sur l'efficacité des traitements. Nous en discuterons plus loin.

Dans la deuxième partie, les résultats de neuf envois expérimentaux traités aux Antilles et expédiés en France par la voie habituelle, observés avant et après mûrissage montrent que le Thiabendazole à 400 ppm matière active appliqué par trempage de 3 mn (sans doute sans rinçage ultérieur) évite tout développement fongique sur et dans les coussinets. Mais l'action du fongicide est beaucoup plus variable sur les grattages et les parties traumatisées des pédicelles.

L'action du Benlate a déjà été étudiée sur de nombreux champignons pathogènes (DELP et KLOPPING, 1968 ; HARDING, 1968). Étudiant depuis deux années le Thiabendazole, nous avons tenté de préciser son mode d'action ainsi que celui du Benlate plus récent, *in vitro* sur la germination des conidies et sur la croissance végétative, *in vivo* sur des bananes en fonction de la concentration, du rinçage et de la place du traitement par rapport à l'inoculation.

## I. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### A. MATÉRIEL

Depuis quatre ans nous avons toujours employé la même souche de *Colletotrichum musae*, son pouvoir pathogène s'est toujours conservé mais par précaution, nous l'avons de temps en temps réisolé à partir de bananes inoculées pourrissantes.

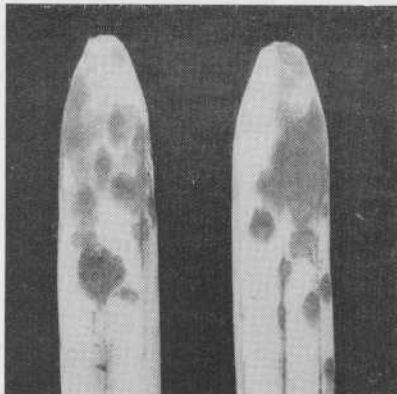
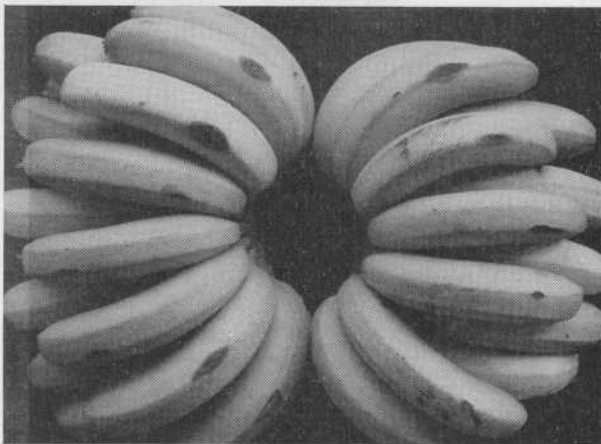


FIG. 1. — Infections latentes apparaissant à la fin de la maturation.

FIG. 2. — Taches lenticulaires d'antracnose, développées à partir de blessure des arêtes.

FIG. 3. — Pourritures des pédicelles. Remarquer la maturation avancée et le dégrain des fruits atteints.



Au point de vue taxonomique, ce micromycète est beaucoup plus connu sous le nom de *Gloeosporium musarum* CKE et MASS (ASHBY, 1931 ; SIMMONDS et MITCHELL, 1940). Par suite de la révision par VON ARX (1957 a, b) des genres *Colletotrichum* et *Gloeosporium*, ce dernier est tombé en synonymie. Le champignon responsable de l'antracnose des bananes a donc été renommé *Colletotrichum musae* (BERK et CURT) ARX.

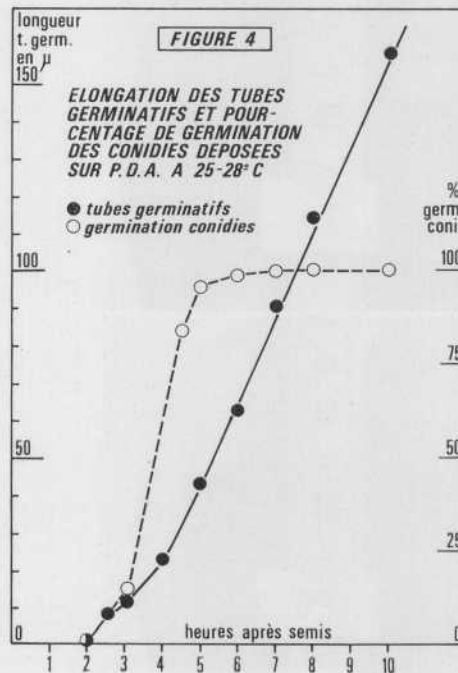
Le Thiabendazole nous a été fourni au début de 1967 par PÉCHINEY PROGIL sous une formulation liquide sirupeuse contenant 16 % de lactate, le Benlate en 1968 par DUPONT de NEMOURS (France) sous forme de poudre mouillable à 50 % de matière active. Il doit être utilisé avec un surfactant F à la dose de 30 ml 100 l de bouillie.

Enfin nous avons toujours employé des fruits de la variété 'Poyo Robusta' qui représente la quasi-totalité des exportations de bananes de Côte d'Ivoire.

### B. MÉTHODES

#### I. ESSAIS *in vitro*.

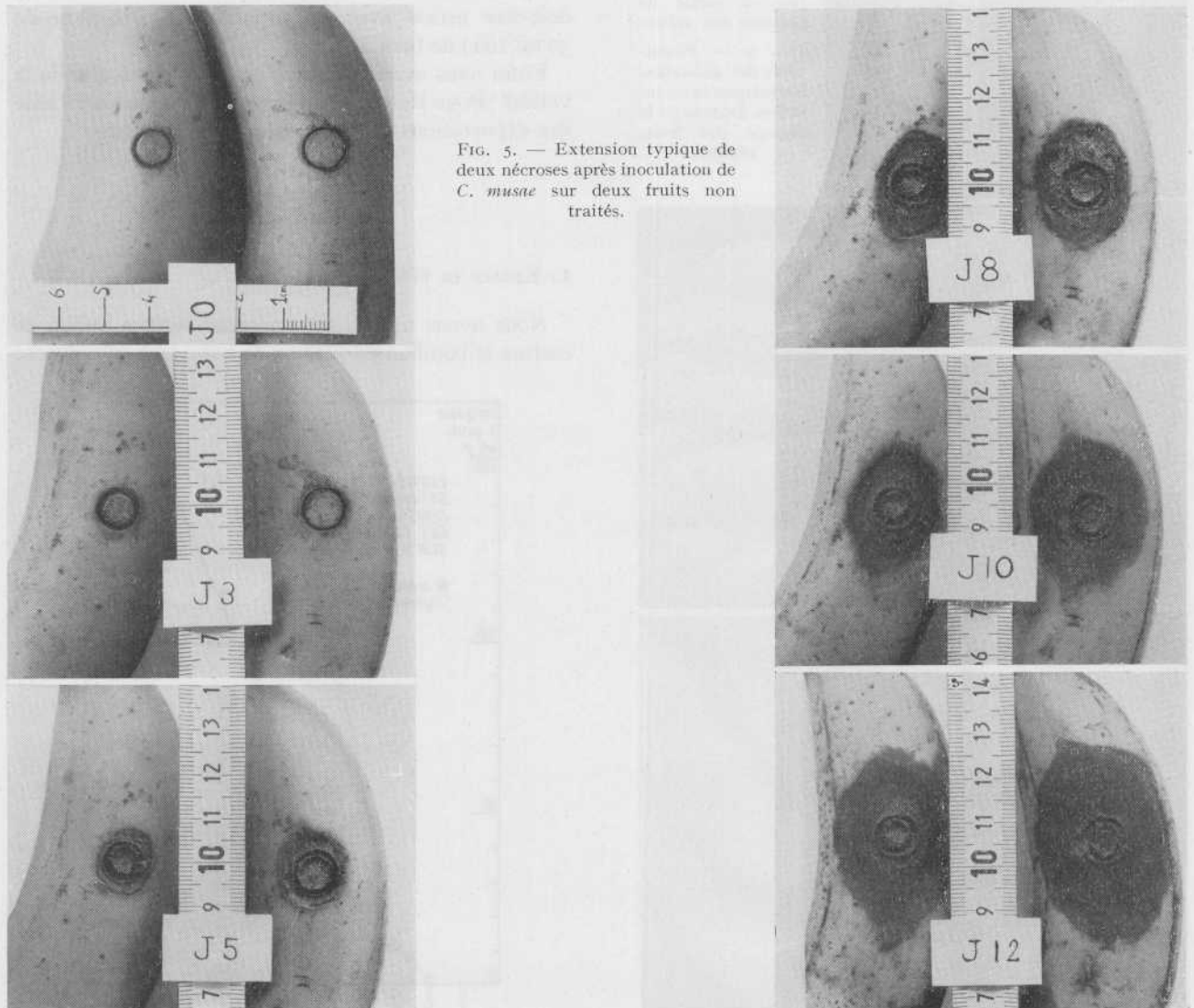
Nous avons utilisé constamment comme milieu de culture le bouillon de pomme de terre (200 g/l) glucosé



à 1 % et gélosé à 1,5 % (PDA classique des mycologistes). Ce milieu permet un bon développement et une très bonne sporulation. Si l'on dépose une goutte de suspension de conidies dans l'eau pure sur un substrat inerte ; lame de verre, cellophane, eau gélosée, le pourcentage de germination est très faible, de l'ordre de 5 à 10 % et l'on observe la formation de quelques appressoria. Sur un milieu nutritif : PDA, cellophane déposée sur PDA, la germination est très rapide et régulière (fig. 4). Sur peau de banane en chambre humide, le pourcentage de germination est élevé mais presque toutes les spores ayant germé produisent des appressoria dès l'émission du tube germinatif. Pour étudier l'effet des produits sur la germination on mélange à parties égales une suspension de spores titrant 500 000

spores/ml et le fongicide essayé. On dépose ensuite des gouttes de mélange sur le milieu gélosé et six heures plus tard on établit le pourcentage de germination (sur 500 spores au moins). Les essais ont été toujours conduits à la température ambiante de 25 à 28° C. En outre pour parfaire la comparaison on a mesuré la longueur des tubes germinatifs émis.

Pour étudier l'effet sur la croissance mycélienne, on mélange le fongicide au milieu gélosé maintenu en surfusion à 45° C ; après avoir rempli les boîtes de Petri, on sème en leur centre un implant de 4 mm de diamètre prélevé à la périphérie d'un thalle développé âgé de 4 à 5 jours. On mesure ensuite le diamètre des thalles résultants, 4 jours après l'ensemencement, toujours à la température ambiante de 25 à 28° C.





2. ESSAIS *in vivo*.

## a. Anthracnose de blessures.

Nous avons évalué la sensibilité des bananes en mesurant l'extension d'une nécrose résultant d'une inoculation par dépôt de spores sur une blessure relativement importante de la peau. Un certain nombre d'essais préliminaires ont permis de définir une méthode générale de travail.

Prenons une banane verte, isolée, ayant atteint le stade normal de récolte. Avec un emporte-pièce pratiquons sur l'une de ses faces une blessure circulaire de 9,5 mm de diamètre ; à l'aide d'un pinceau déposons sur la blessure une goutte de suspension contenant 1 à 2 millions de spores par ml. Les fruits sont ensuite conservés à la température ambiante par groupe de 10 à 20 dans des sacs de polyéthylène perforé. Aucun changement n'apparaît pendant les deux premiers jours. Au troisième jour les lèvres de la blessure noircissent, au quatrième jour une tache nécrotique s'est développée autour de la blessure, les jours suivants cette tache s'agrandit (fig. 5), beaucoup plus vite dans le sens de la longueur du fruit que dans celui de la largeur et prend une forme ovale. La nécrose n'intéresse que la peau qui se déprime légèrement et ce n'est qu'au moment où la banane est tout à fait mûre que la pulpe est touchée. Vers le 5<sup>e</sup> jour apparaissent les premiers acervules conidiens (fig. 5). Entre le 10<sup>e</sup> et le 15<sup>e</sup> jour, la banane inoculée se tigre rapidement, signe d'une maturité trop avancée.

On peut avoir une bonne idée de l'extension de la nécrose en mesurant régulièrement la longueur de celle-ci. La largeur varie trop peu pour pouvoir fournir des renseignements intéressants.

L'exemple suivant permettra de se rendre compte de l'allure de ce phénomène et de la variation observée entre les bananes d'un même régime.

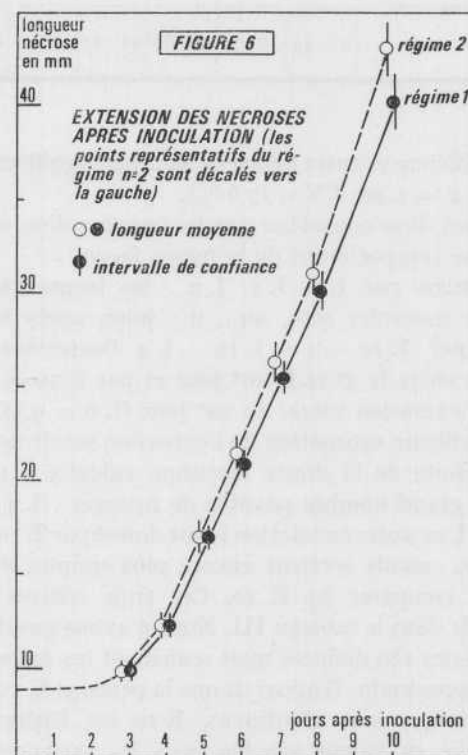
Nous avons inoculé 10 doigts de chacune des 6 premières mains (A, B, C, D, E, F, comptées en partant de la première apparue) d'un régime et des quatre premières mains (A', B', C', D') d'un deuxième. Nous avons ensuite mesuré avec un pied à coulisse au 1/10 de mm la longueur des nécroses aux 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 10<sup>e</sup> jours après inoculation. Le tableau I donne l'ensemble des mesures qui sont aussi représentées dans la figure 6.

Le diamètre initial de la blessure étant de 9,5 mm, on voit que l'accroissement moyen au cours des trois premiers jours n'est que de 0,6 mm. Pendant le quatrième jour il est de 2,4 mm en moyenne, puis de 4 à 5 mm pendant chacun des jours suivants.

TABLEAU I.

Extension des nécroses.  
Longueur moyenne en millimètres (dix mesures) des nécroses.

	MAIN	JOURS APRÈS INOCULATION						
		3	4	5	6	7	8	10
Régime 1....	A	9,6	11,6	16,4	20,8	25,1	30,3	41,4
	B	9,8	12,2	16,7	20,5	25,0	30,2	39,6
	C	9,7	11,8	16,5	20,4	24,9	29,2	38,8
	D	10,0	12,5	16,8	21,3	26,0	30,5	41,4
	E	11,2	14,3	18,5	23,1	27,2	31,8	41,5
	F	10,1	12,9	17,0	21,0	25,3	29,9	40,2
Moyenne....		10,1	12,5	17,0	21,2	25,6	30,3	40,5
Régime 2....	A'	9,7	11,1	15,9	20,7	25,4	30,5	42,9
	B'	10,1	13,1	17,3	21,3	26,0	31,7	44,0
	C'	10,2	12,3	17,1	21,5	26,4	30,6	42,9
	D'	10,3	13,0	18,5	23,3	27,9	32,0	43,3
Moyenne....		10,1	12,4	17,2	21,7	26,4	31,2	43,3



Sur la figure 6 les longueurs moyennes sont représentées ainsi que leurs intervalles de confiance. On constate que les points représentatifs sont parfaitement alignés ; les différences entre les deux régimes ne sont pas significatives. Enfin il n'y a pas de différences significatives selon les rangs des mains entre les longueurs des nécroses au 10<sup>e</sup> jour, jour où la variation est la plus grande : tableau II.

TABLEAU II.

Détail des longueurs en millimètres  
des nécroses dix jours après inoculation.  
Dix doigts par main, régime n° 1.

	RANG DES MAINS					
	A	B	C	D	E	F
	47,0	46,2	36,1	42,8	41,4	46,1
	37,1	32,8	42,2	37,3	35,4	30,3
	35,4	39,3	31,6	43,4	43,1	35,0
	35,5	38,9	37,1	41,2	38,7	41,1
	41,5	37,2	35,6	35,1	45,6	36,0
	41,2	36,9	35,4	39,7	47,2	34,3
	38,6	46,2	39,1	34,9	38,1	35,6
	42,7	36,1	45,1	50,1	46,0	54,1
	49,2	42,6	53,0	42,1	39,6	41,6
	46,2	39,7	32,8	47,1	40,0	48,0
Moyenne.....	41,44	39,59	38,80	41,37	41,51	40,21

Les différences entre mains ne sont pas significatives. (p. p. d. s. = 1,40 ; CV = 17,6 %).

On peut donc considérer que les bananes d'un même régime se comporteront de la même façon.

Désignons par L<sub>0</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>n</sub>... les longueurs des nécroses mesurées zéro, un... n... jours après inoculation, par E<sub>10-4</sub> = L<sub>10</sub> - L<sub>4</sub> l'extension des nécroses entre le 4<sup>e</sup> et le 10<sup>e</sup> jour et par E<sub>10</sub> = L<sub>10</sub> - L<sub>0</sub> l'extension totale au 10<sup>e</sup> jour (L<sub>0</sub> = 9,5).

La meilleure estimation de l'extension serait donnée par la pente de la droite moyenne calculée à partir du plus grand nombre possible de mesures : L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>, L<sub>6</sub>, etc. Une autre estimation serait donné par E<sub>10-4</sub>. Enfin les calculs seraient encore plus simples si l'on pouvait comparer les E<sub>10</sub>. Ces trois critères sont comparés dans le tableau III. Nous n'avons pas donné le détail des 180 données mais seulement les moyennes pour chaque main. Il apparaît que la pente et E<sub>10-4</sub> sont pratiquement identiques, E<sub>10</sub> est légèrement plus élevé en valeur absolue mais les variances, les

TABLEAU III.

Comparaison entre trois critères d'extension des nécroses.  
(Moyenne de dix mesures par main.)

MAINS	PENTE DES DROITES	E 10-4	E 10
A	29,8	29,9	31,9
B	37,6	27,4	30,1
C	26,8	27,0	29,3
D	28,7	28,8	31,9
E	27,1	27,2	32,0
F	27,3	27,4	30,7
Moyenne.....	27,88	27,94	30,99
Variances.....	21,17	20,04	29,56
Intervalles de confiance.	± 1,19	± 1,16	± 1,40
Coefficient variation....	16,5 %	16,2 %	17,6 %

intervalles de confiance et les coefficients de variation des trois critères sont tout à fait du même ordre. Nous avons donc en général utilisé le critère E<sub>10</sub>.

Essayons maintenant d'estimer l'efficacité des traitements fongicides, par exemple : des trempages pendant 3 mn dans le Benlate à concentrations croissantes, suivis d'un rinçage. Pendant les six jours que dure l'essai des mensurations permettent de vérifier que l'extension des nécroses est linéaire.

Le tableau IV (moyenne sur 20 fruits) montre l'efficacité croissante du Benlate.

TABLEAU IV.

Influence de la concentration en Benlate  
sur l'extension des nécroses.

	CONCENTRATION EN BENLATE (ppm M. A.)						
	0	25	50	100	200	400	800
L 10 mm.....	36,8	26,0	21,2	15,9	13,3	12,0	11,9
10 0/0 témoin non traité.....	100	70	58	43	36	33	32
10 mm.....	27,3	16,5	11,7	6,4	3,8	2,5	2,4
10 0/0 témoin non traité.....	100	60	43	23	14	9	9

D'après ce tableau, il est évident que la comparaison des  $L_{10}$  des fruits traités par rapport aux  $L_{10}$  des fruits témoins est mauvaise. Les excellents résultats obtenus à 400 et 800 ppm équivaldraient à 32—33 % du témoin. En poussant à l'extrême un traitement parfaitement efficace ( $L_{10} = 9,5$  mm) représenterait encore 26 % du témoin, ce qui est absurde. Par contre la comparaison entre  $E_{10}$  est tout à fait satisfaisante, le traitement parfait ( $E_{10} = 0$ ) vaut alors 0 % du témoin.

Les comparaisons entre essais successifs sont assez délicates car on observe une très grande variabilité, des  $E_{10}$  moyens des fruits témoins d'un essai à l'autre.

TABLEAU V.

Extension en dix jours des nécroses des fruits témoins dans sept essais différents.

	NUMÉRO DE L'ESSAI						
	69/ 21	69/ 25	69/ 26	69/ 27	69/ 31	69/ 32	69/ 34
$E_{10}$ (20 fruits) non traités.....	17,9	27,3	19,8	17,8	17,8	29,7	17,9

Si l'on a mesuré pour un traitement  $L_{10} = 15,0$  mm (soit  $E_{10} = 5,5$  mm), dans l'essai 69/31, ce traitement vaut 31 % du témoin et dans l'essai 69/32 19 % seulement. Il ne faut donc pas comparer entre elles les valeurs absolues des  $E_{10}$ , mais passer par l'intermédiaire des pourcentages par rapport au témoin.

Dans la première partie de leur article, BEAUDOIN et col. ne semblent pas avoir saisi l'importance de ces comparaisons entre traitements. Ils comparent les plus grands diamètres des nécroses sans tenir compte de la blessure initiale et établissent un classement des dommages sur la peau :

très efficace	10 à 12,5 mm
moyennement efficace	12,5 à 15 mm
mauvaise efficacité	plus de 15 mm

Ce classement n'est valable que pour une certaine valeur absolue des témoins qui n'est malheureusement jamais constante dans les essais, échelonnés dans le temps.

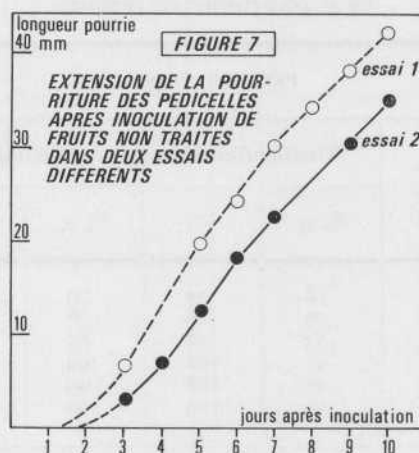
Dans tous nos essais nous avons toujours prévu un lot témoin inoculé non traité. Chaque traitement

élémentaire comportait 20 fruits prélevés sur 20 mains différentes qui constituaient autant de blocs de Fisher. Autrement dit, les doigts de chacune des mains ont été répartis au hasard dans tous les traitements. Enfin nous avons toujours inoculé tous les fruits d'un essai le même jour avec le même inoculum.

Nous avons également noté la couleur des bananes selon la notation IFAC (CUILLE et BUR-RAVAULT, 1968) pour juger du degré de maturation des fruits.

### b. Pourriture des pédicelles.

L'inoculation est très facile à réaliser en trempant les fruits dans une suspension de spores ou, mieux, en passant sur la plaie de coupe un pinceau chargé de spores. Les fruits étant conservés comme précédemment, les mesures de la longueur de la zone nécrosée montrent que celle-ci augmente très régulièrement (fig. 7). Nous avons estimé l'effet des divers traitements en comparant les longueurs nécrosées dix jours après inoculation.



### c. Infections latentes.

Elles sont plus difficiles à étudier. Nous l'avons dit plus haut, pour obtenir la formation d'appressoria, il est nécessaire de maintenir les fruits en atmosphère saturée d'eau pendant au moins 24 h. Ceci implique l'emploi de vastes enceintes étanches dont nous ne disposons pas. Nous avons tourné la difficulté en découpant avec un perce-bouchon des rondelles de 15 mm de diamètre dans la peau des bananes. On peut mettre 7 de ces rondelles dans une boîte de Pétri de 10 mm qui, garnie de papier filtre humide constitue une bonne chambre humide. On peut ainsi observer la formation des appressoria 24 h après avoir déposé sur ces

rondelles une goutte de suspension de spores. La densité et la répartition des appressoria étant très hétérogène, nous nous sommes bornés à vérifier au stéréomicroscope leur présence ou leur absence sur cinq ou six rondelles par traitement. On peut mélanger les fongicides à la suspension de spores ou encore prélever

des rondelles sur des fruits déjà traités. Nous avons également utilisé la technique de SIMMONDS (1963) en déposant des spores sur des cercles tracés sur la peau. Après 48 h de chambre humide on attend que les fruits mûrissent pour observer le développement éventuel des infections latentes ainsi obtenues.

## II. RÉSULTATS

### A. IN VITRO

Les pourcentages de germination et la longueur moyenne des tubes germinatifs émis selon la concentration des produits sont indiqués dans le tableau VI.

Le Thiabendazole et le Benlate, même à concen-

TABLEAU VI.

*Effets du Thiabendazole et du Benlate sur la germination des conidies.*

PREMIER ESSAI				
Concentration ppm M. A.	Thiabendazole		Benlate	
	% g	l	% g	l
1 000	78	34	70	32
100	79	28	78	41
10	83	58	85	58
1	97	102	99	109
0,1	98	108	99	118
0	99	100	100	100

DEUXIÈME ESSAI

Concentration ppm M. A.	Thiabendazole		Benlate	
	% g	l	% g	l
100	54	25	74	28
30	56	32	64	26
10	68	34	63	39
3	65	47	85	47
1	100	103	99	103
0	100	100	100	100

% g = pourcentage de spores germées sur 500.

l = longueur du tube germinatif en pourcent du témoin 0.

tration élevée de 1 000 ppm de matière active, n'empêchent pas la germination des spores. Celle-ci est nettement ralentie mais en 24 h toutes les spores traitées germent à plus de 95 %. Cependant les filaments mycéliens s'allongent peu, ils sont très déformés, tortueux et pratiquement non cloisonnés (fig. 8).

Il est par ailleurs évident qu'au dessous de 1 ppm, les produits essayés n'ont plus aucun effet sur le pourcentage de germination des spores ni sur la croissance des tubes germinatifs.

L'étude de la croissance mycélienne en présence des produits étudiés est représentée dans la figure 9. La dose limitant la croissance à 50 % de celle du témoin se situe autour de 0,08 ppm pour le Benlate et aux environs de 0,32 ppm pour le Thiabendazole. La croissance mycélienne est pratiquement arrêtée en présence de 0,32 ppm de Benlate ou de 0,64 ppm de Thiabendazole. Ces deux produits montrent donc une activité très grande à des concentrations très faibles sur le développement du *C. musae*.

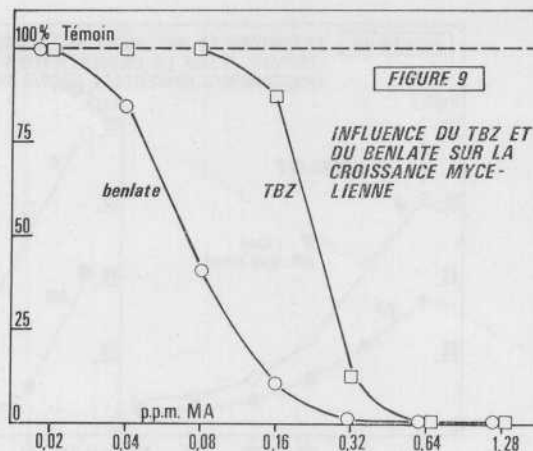
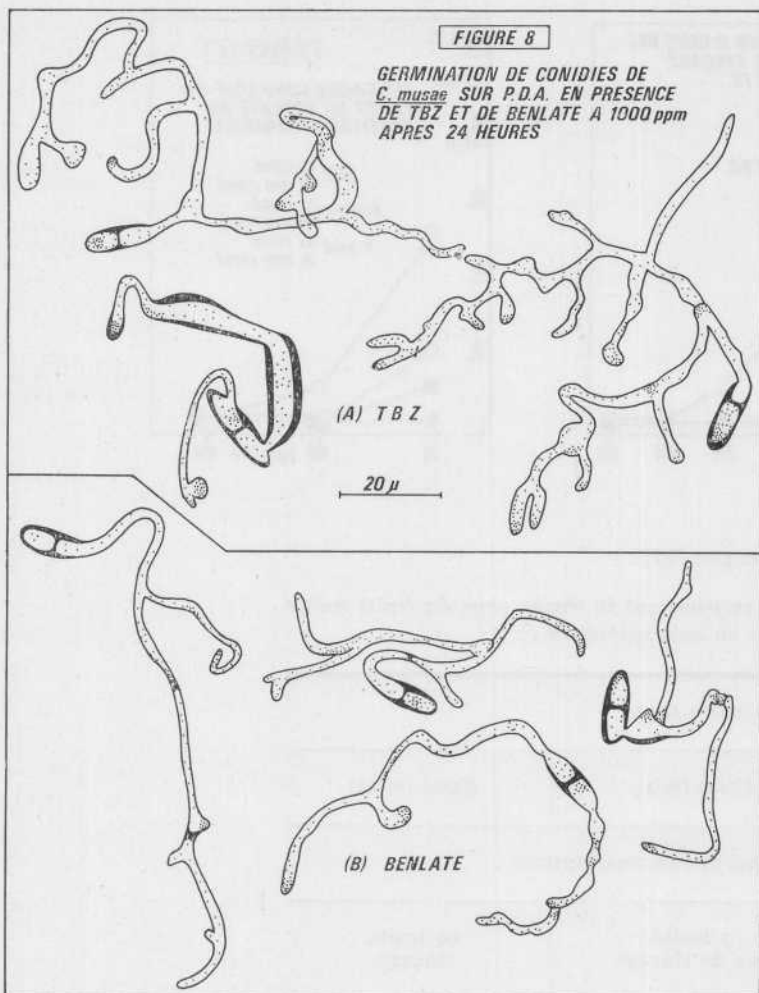
Nous n'avons réussi que très peu d'essais portant sur la formation des appressoria *in vitro*. Cependant, ces organes se sont formés sur cellophane en chambre humide en présence de 100 ppm de chacun des deux produits étudiés.

### B. IN VIVO

#### A. ANTHRACNOSE DE BLESSURE.

A priori nous devons obtenir les meilleurs résultats en trempant les bananes dans le produit étudié, peu de temps (en général une demi-heure) après l'inoculation, sans les rincer. Ce sont les traitements à J 0. Si dans ces conditions l'activité est grande nous pourrions étudier l'effet des rinçages ainsi que l'efficacité des traitements faits avant (J - 1, J - 2, J - 3, etc.) ou après l'inoculation (J + 1, J + 2, J + 3, etc.).





centration, est correcte pour les deux produits à partir de 100 ppm sans rinçage et de 200 ppm avec rinçage. Cette dernière opération diminue nettement l'effet des deux produits, surtout aux faibles concentrations. D'après ces deux essais il faudrait doubler environ la dose pour obtenir le même résultat si l'on rince les fruits. A partir de 200 ppm le rinçage n'a pratiquement plus d'influence.

Pour comparer les deux produits entre eux nous avons monté une nouvelle expérience en essayant trois concentrations (25, 100, 400 ppm). Les témoins Thiabendazole rincés sont trempés deux fois dans l'eau. Les témoins non rincés sont une seule fois pour simuler le traitement. Pour le Benlate, les fruits témoins sont d'abord trempés dans le surfactant F seul puis rincés ou non à l'eau selon le cas.

Les résultats sont représentés dans la figure 11. Nous avons obtenu la même valeur moyenne pour les témoins trempés une ou deux fois dans l'eau. C'est la valeur de référence 100 pour les autres traitements. Les fruits trempés dans le surfactant F seul et rincés ont présenté une extension moyenne un peu plus faible, différant significativement des témoins. On peut faire les mêmes constatations que dans les deux essais précédents : efficacité nette à 25 ppm, mais diminuée fortement par le rinçage. A 100 ppm et à 400 ppm, l'extension du *C. musae* est pratiquement arrêtée ; le Thiabendazole est inférieur au Benlate à 25 ppm mais à partir de 100 ppm les deux produits sont équivalents.

*Utilité du surfactant F.*

Nous avons réalisé trois essais résumés dans le tableau VII en appliquant diverses concentrations de

**a. Traitements immédiats. Effet des rinçages.**

Les premiers tests d'orientation ont montré une action très nette du Thiabendazole et du Benlate entre 100 et 1 000 ppm sans aucun signe de phytotoxicité même à 10 000 ppm.

Nous avons donc mené deux essais parallèles avec 20 fruits par traitement élémentaire en comparant pour chaque produit six concentrations ; le trempage d'une durée de trois minutes étant suivi d'un rinçage (points R en blanc, sur la figure 10) ou non (points N. R. en noir). Sur la figure 10, l'extension E 10 est figurée en % de celle du témoin, qui a été de 26,0 mm dans l'essai Benlate et de 21,1 mm dans l'essai Thiabendazole.

Nous estimons qu'un traitement a une efficacité suffisante si E 10 = 15 % soit environ 4 mm en valeur absolue. L'efficacité, certaine dès la plus faible con-

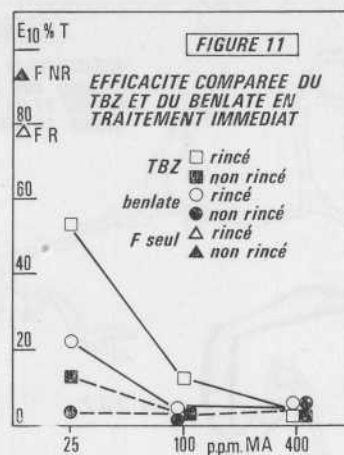
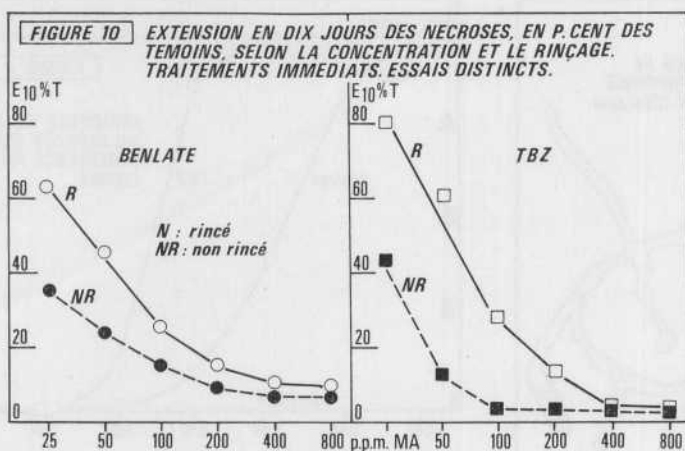


TABLEAU VII.

Extension en dix jours du *C. musae* en pour-cent du témoin pour des fruits traités au Benlate avec ou sans surfactant F.

NUMÉRO ESSAI								
Essai 69/10			Essai 69/17			Essai 69/21		
NOMBRE DE FRUITS PAR TRAITEMENT								
8 fruits pas de rinçage			7 fruits pas de rinçage			10 fruits rinçage		
ppm M. A.	avec F	sans F	ppm M. A.	avec F	sans F	ppm M. A.	avec F	sans F
0	105	100	0	107	100	0	46	100
30	29	12	25	15	17	25	22	58
60	12	11	50	4	11	50	20	36
125	6	8	100	3	7	100	8	16
250	5	6	200	5	4	200	4	6

Benlate avec ou sans surfactant. Dans les deux premiers essais, les fruits n'ont pas été rincés et on ne remarque pas de différences. Dans le troisième essai le surfactant semble agir en renforçant l'effet fongicide alors que le rinçage le diminue. Il faudrait un essai plus complet portant sur un plus grand nombre de fruits et comprenant toutes les combinaisons possibles (concentrations croissantes, surfactant ou non, rinçage ou non) pour vérifier et préciser ce phénomène curieux : le surfactant F semble renforcer l'action du

Benlate lorsqu'il y a rinçage et aux plus faibles concentrations étudiées.

#### b. Traitements décalés par rapport à l'inoculation.

Dans un même essai (69/20) des bananes comparables récoltées le 4 mars ont été trempées 3 mn sans rinçage dans deux concentrations (100 et 400 ppm) à cinq dates : les 4, 6, 7, 8 et 10 mars 1969 et toutes inoculées le 7 mars les bains fongiques ont été

préparés le jour même de chaque traitement. Les résultats sont représentés dans la figure 12 (moyennes pour 12 fruits).

Le trempage le jour même de l'inoculation protège efficacement les fruits pour les deux produits aux deux concentrations. Les traitements à J-3 et J-1 protègent correctement les fruits mais le Thiabendazole à 100 ppm est nettement insuffisant. Dans le cas des traitements après inoculation la protection est presque totale à J+1, mais beaucoup plus faible à J+3.

Dans ce cas particulier, notre critère E<sub>10</sub> n'est pas adapté au genre d'essai ; en effet si le traitement est fait plusieurs jours après l'inoculation, la nécrose a déjà eu le temps de s'établir et de s'étendre. Un essai antérieur portant sur un petit nombre de fruits (6 fruits par traitement) nous montre que le Thiabendazole à 480 ppm en trempage sans rinçage a pratiquement arrêté l'extension de nécroses déjà bien développées (fig. 13). La pente des courbes représentatives de la longueur des nécroses diminue après le traitement. Ceci est particulièrement net dans le cas du traitement à J+6.

BEAUDOIN et coll. ont également étudié ce même facteur. « Les inoculations ont été faites chacun des quatre jours précédant le traitement (300 ppm Thiabendazole) ou bien le jour même, ou bien chacun des quatre jours suivants. » Les mesures huit jours après le traitement sont prises sur des nécroses âgées de 4 à 12 jours et ne sont pas comparables entre elles.

Il est encore plus difficile de comparer leurs résultats aux nôtres. De plus ce type d'essai ne tient pas compte de la variation due à l'échelonnement des inoculations. Il aurait fallu au moins conserver un lot témoin inoculé non traité pour chaque date d'inoculation et comparer les nécroses 8 jours après inoculation.

### B. POURRITURE DES PÉDICELLES.

Nous avons réalisé plusieurs essais ayant en commun le trempage à 400 ppm sans rinçage situé avant ou après l'inoculation. Les résultats sont présentés dans le tableau VIII. En général, dix jours après l'inoculation, la partie pourrie des fruits témoins dépasse 30 mm et a déjà gagné le doigt. Nous estimons qu'un traitement réduisant cette pourriture à 6 à 8 mm soit 20 à 25 % a une efficacité suffisante. C'est ce qu'on obtient avec les traitements à 400 ppm à J<sub>0</sub> (fig. 14) mais aussi à J-2, J-1 et J+1. A J+3 le Thiabendazole et le Benlate ont encore une efficacité faible, mais remarquable si l'on pense que le *C. musae* est déjà profondément installé à l'intérieur du pédicelle. Le Benlate à 100 ppm est nettement insuffisant.

On ne doit pas comparer les résultats de l'essai 69/23 et ceux de l'essai 69/20. Dans ce dernier les inoculations des traitements J-3, J-1 ont été faites sur des blessures fraîches, tandis que dans l'essai pédicelles il

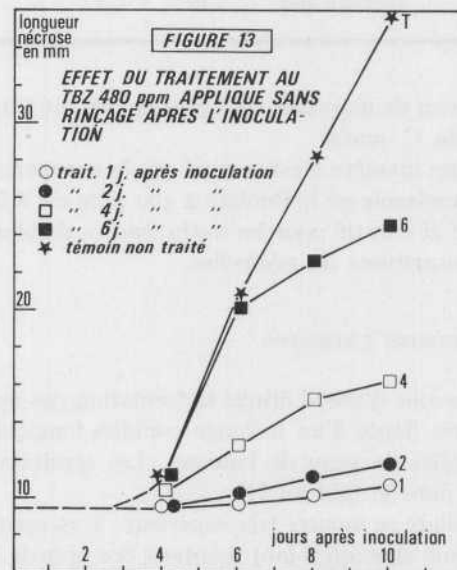
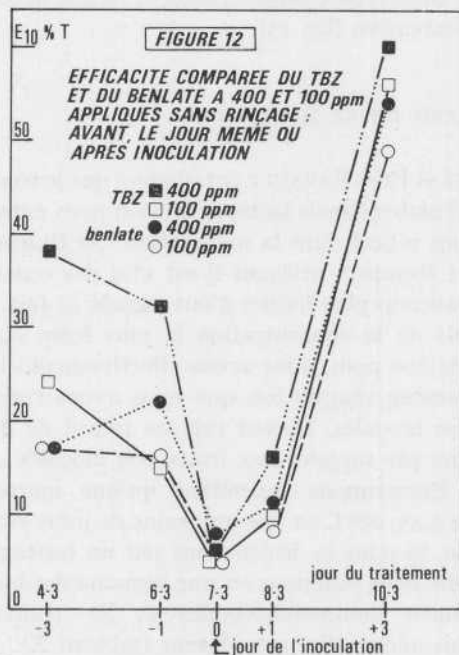


TABLEAU VIII.

Effet du Thiabendazole et du Benlate sur la pourriture des pédicelles. Trempage trois minutes sans rinçage. Longueur du pédicelle pourri au dixième jour en pour-cent du témoin non traité.

NUMÉRO ESSAI	PRODUIT	JOUR DU TRAITEMENT		
		J 0	J + 1	J + 3
69/14	TBZ 400	24	46	75
	Benlate 400	14	25	58
	Benlate 100	27	68	77
		J 0	J + 1	J + 3
69/15	TBZ 400	0	16	61
	Benlate 400	0	23	50
	Benlate 100	0	39	70
		J 0	J + 1	
69/22	TBZ 400	21	27	
	Benlate 400	14	19	
		J - 2	J - 1	
69/23	TBZ 400	13	18	
	Benlate 400	20	12	

n'y a pas eu de nouvelles blessures favorisant l'établissement du *C. musae*.

De toute manière il est prouvé que le trempage dans le Thiabendazole ou le Benlate à 400 ppm est à la fois préventif et curatif pour les anthracoses de blessures et les pourritures de pédicelles.

#### C. INFECTIONS LATENTES.

Nous avons d'abord étudié la formation des appressoria après dépôt d'un mélange conidies-fongicide sur les rondelles de peau de bananes. Les résultats sont résumés dans le tableau IX.

Le Benlate se montre très supérieur : à 25 ppm, rien ne se forme alors qu'il faut monter à 800 ppm de Thiabendazole pour obtenir le même résultat.

Mais si les rondelles sont prélevées sur des fruits traités non rincés, les résultats sont plutôt décevants

TABLEAU IX.

Formation des appressoria de *C. musae* en présence de Thiabendazole et de Benlate après quarante-huit heures de chambre humide.

BENLATE			TBZ		
ppm	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>e</sup> essai	ppm	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>e</sup> essai
0	++	++	0	++	++
12,5	0	++	50	++	++
25	—	—	100	++	++
50	—	—	200	++	++
100	—	—	400	++	++
200	—	—	800	—	—
400	—	—	1 600	0	—
800	—	0			

++ : formation abondante.

— : pas de formation.

0 : pas fait.

car nous avons observé la formation de nombreux appressoria, à 400, 800 et 1600 ppm de chacun des produits.

Enfin dans un troisième type d'essai, après avoir obtenu des appressoria à la surface de fruits non traités, ceux-ci sont trempés dans le Thiabendazole ou le Benlate à 400 ppm sans rinçage. Les produits essayés n'ont pas empêché l'apparition à maturité des taches noires d'anthracnose latente, mais ils en ont nettement limité l'extension (fig. 15).

#### D. RETARD DE LA MATURATION.

CUILLÉ et BUR-RAVAULT ont observé que le trempage dans le Thiabendazole lactique à 3 000 ppm entraînait un certain retard dans la maturation. Ni BURDEN, ni SCOTT et ROBERTS utilisant il est vrai des concentrations beaucoup plus faibles n'ont signalé ce fait. Dans nos essais où la concentration la plus forte était de l'ordre de 800 ppm, nous avons effectivement observé ce phénomène chaque fois que nous avons traité des fruits non inoculés. Ils ont pris un retard de deux à trois jours par rapport aux fruits non inoculés et non traités. Remarquons cependant qu'une maturation effectuée à 25, 28° C en une quinzaine de jours est assez anormale. Si nous la déclenchons par un traitement à l'acétylène nous obtenons en une semaine des bananes parfaitement commercialisables et les traitements n'ont plus aucun effet retardateur (tableau X).



TABLEAU X.

Coloration des bananes traitées ou non,  
après déclenchement de la maturation par l'acétylène.  
(Note moyenne sur 20 fruits.)

	JOURS ENTRE TRAITEMENT ACÉTYLÈNE ET OBSERVATIONS			
	5	6	7	8
Témoins non traité.....	8,7	11,1	13,0	14,8
Benlate 400 ppm avec rinçage.....	10,0	11,3	13,0	14,3
Benlate 400 ppm sans rinçage.....	9,8	11,2	12,6	14,3
TBZ 400 ppm avec rinçage.....	9,8	11,2	12,6	14,2
TBZ 400 ppm sans rinçage.....	10,0	11,3	12,9	14,3

Fruits traités avec les fongicides le lendemain de la récolte, à l'acétylène le surlendemain.

Notation de la couleur : 7 : fruit tournant — 8 : plaques jaunes au milieu — 9 : plus vert que jaune — 10 : plus jaune que vert — 11 : jaune bout vert — 12 : jaune uni — 13 : début de tigrage — 15 : tigrage généralisé.

#### E. APPLICATION PRATIQUE.

Le problème de la mise en pratique, des traitements fongicides des bananes a été bien discuté par CUILLE et BUR. Il peut se résumer ainsi : après la découpe en mains ou cluster, les bananes restent un certain temps dans un bac de lavage où s'écoule la sève. Le bain fongicide devant se situer après ce bac, on va donc introduire des bananes mouillées qui amènent une certaine quantité d'eau et emportent la même quantité de fongicide (si les temps d'égouttage sont les mêmes). La concentration en matière active diminue donc peu à peu sans que le niveau baisse et après traitement d'une grande quantité de fruits l'efficacité du bain devient insuffisante. Ils estiment la consommation de liquide à 20 l par tonne de fruits traités et proposent un dispositif permettant de restituer à chaque trempage une quantité de matière active égale à celle qui est exportée.

BEAUDOIN et col. au cours d'un trempage de plus de 4 t de fruits dans un bain de 150 l ont étudié la diminution d'efficacité, estimée d'après le développement du *C. musae* sur des bananes prélevées et inoculées.

Ils en déduisent que l'on peut traiter environ 20 kg de bananes au litre de suspension à 400 ppm de Thiabendazole, soit encore une consommation de 50 l par tonne, si on élimine le bain usé.

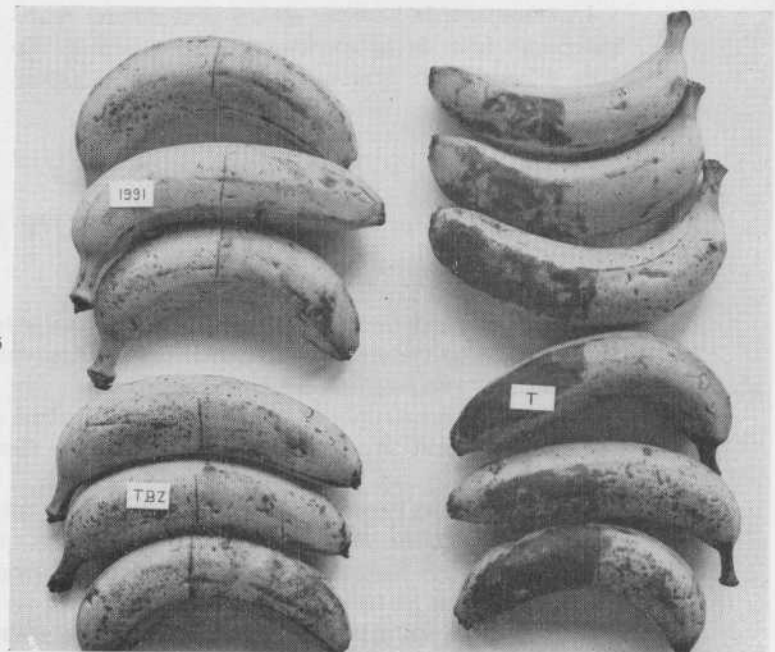
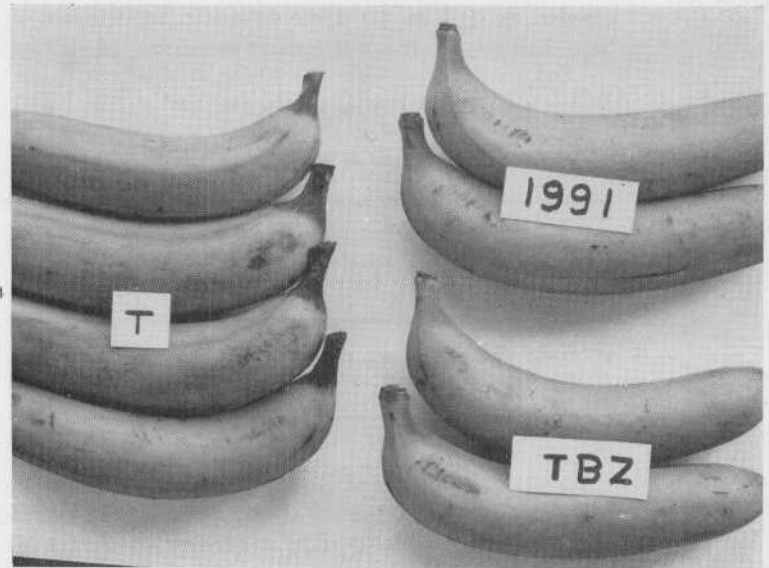


FIG. 14. — Pourriture des pédicelles, dix jours après inoculation. A gauche fruits témoins, à droite fruits traités au Benlate 400 ppm (1991) et au Thiabendazole 400 ppm, sans rinçage, quelques heures après inoculation.

FIG. 15. — Effet du Thiabendazole et du Benlate 400 ppm sans rinçage pour l'évolution des infections latentes ; dépôt des spores entre le trait médian et l'extrémité styloïde des fruits.

Le temps d'égouttage avant et après égouttage n'est pas précisé, or il a une grande influence.

Dans un petit essai nous avons recueilli l'eau

écoulée de 3 s en 3 s après la sortie des fruits d'un bain. Les quantités écoulées sont exprimées en cm<sup>3</sup>/kg.

TABLEAU XI.

Égouttage de bananes en mains.

	0 à 3 s	3 à 6 s	6 à 9 s	9 à 12 s	12 à 15 s	15 à 18 s	18 s à 5 m
1 <sup>er</sup> essai (72 kg) . . . .	13,3	1,3	0,6	0,4	0,3	0,3	3,3
2 <sup>e</sup> essai (45 kg) . . . .	17,1	1,4	0,7				3,3

La majeure partie de l'eau s'écoule donc dans les premières secondes mais il reste encore des quantités non négligeables de liquide après un égouttage de 18 s.

Le trempage de bananes sèches peut donner également une idée de la consommation en liquide. En Côte d'Ivoire, à la Station IFAC d'Azaguié, LASSOU-

DIÈRE, en laissant les fruits s'égoutter 1 mn après leur sortie du bain a relevé des consommations de 2 l/1 380 kg, soit 1,5 l/t et 5,5 l/1 200 kg soit 4,6 l/t dans un deuxième essai. Ces chiffres beaucoup plus faibles que ceux cités plus haut montrent une grande variabilité. Seule une expérimentation portant sur une dizaine de tonnes et répétée plusieurs fois, fournira des chiffres précis de consommation.

En réalité, à moins de prévoir un tunnel de séchage pour les fruits, ceux-ci seront toujours mouillés au moment de leur introduction dans le bain fongicide. On peut cependant imaginer un système leur permettant de s'égoutter pendant au moins une demi-minute. De même après le bain, dont la durée doit d'ailleurs être précisée, l'opération de pesée est suffisamment longue pour que l'on puisse récupérer un volume non négligeable de fongicide. Le problème important est de conserver une activité suffisante au bain ; c'est ici que le dispositif de CUILLE trouve sa place. On peut également envisager avec cet auteur l'emploi d'un tunnel d'atomisation avec récupération des suspensions égouttées.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Nos essais ne sont certes pas représentatifs des véritables conditions de transport maritime et de maturation de la banane d'exportation. Les différences essentielles sont au moins au nombre de trois :

- les fruits en essai ont toujours été inoculés ;
- ils n'ont jamais subi de transport réfrigéré même simulé dans une chambre froide à 12° pendant 10 jours ;
- leur maturation effectuée à une température élevée (25, 28°) s'est prolongée anormalement longtemps (12 à 15 jours).

A priori on peut penser que des fruits ayant voyagé sont plus fragiles et plus sensibles à l'antracnose que ceux fraîchement récoltés. Mais les deux autres facteurs : inoculation et température élevée proche de l'optimum du *C. musae* sont très favorables à l'établissement et à l'extension de l'antracnose. On devrait donc s'attendre dans la pratique à ce que les trempages dans le Thiabendazole ou le Benlate à 400 ppm avec ou sans rinçage limitent très efficacement les pourritures à *C. musae* des bananes, ainsi que les infections latentes éventuelles.

Nos résultats confirment ceux publiés antérieurement sur l'action du Thiabendazole. Le Benlate possède des propriétés égales et même supérieures lorsqu'il s'agit de limiter la croissance mycélienne *in vitro* ou la formation des appressoria.

STARON et ALLARD ont montré que l'action du Thiabendazole était fongistatique et qu'elle se manifestait par un blocage dans la nutrition azotée des champignons, mais ne modifiait ni la consommation des sucres ni la respiration. On peut penser que le Benlate a une action analogue.

Ceci pourrait expliquer les différences très grandes d'action sur le *C. musae* selon le phénomène observé. La germination des conidies et la formation des appressoria ne nécessitant pas de composés protéiques nouveaux pourrait se produire en présence de concentrations élevées. La croissance mycélienne *in vivo* et *in vitro* dans les blessures, dans les pédicelles ou dans l'évolution des nécroses serait par contre bloquée par les très faibles quantités de produits fixés par la peau. Enfin l'effet retardateur du Thiabendazole et du Benlate sur la maturation des bananes peut se rapprocher des propriétés du Benzimidazole qui permet de conserver en survie des feuilles de blé détachées.

En pratique, jusqu'à présent, seule la législation des U. S. A. a fixé des tolérances pour l'emploi du Thiabendazole (3 ppm dans la peau, 0,3 dans la pulpe). Aucune autorisation n'a encore été accordée en Europe pour l'utilisation des deux produits essayés. On doit espérer que leur emploi sera possible car ils possèdent des propriétés curatives absolument remarquables et inégalées en particulier vis à vis des infections latentes.

## BIBLIOGRAPHIE

- ARX VON (J. A.). — 1957 a. Die arten der Gattung *Colletotrichum* Cda. *Phytopath Z*, 29, 413-468.
- ARX VON (J. A.). — 1957 b. Revision der zu *Gloeosporium* gestellten Pilze. *Verh Kongr. Ned.*, Ser. 2, 51, 1-153.
- ASHBY (S. F.). — 1931. *Gloeosporium* strains. *Trop. Agric. Trin.*, 8, p. 322-325.
- BEAUDOIN (Ch.), CHAMPION (J.) et MALESSARD (R.). — 1969. Essais de traitements des bananes au Thiabendazole. *Fruits*, 24, p. 89-99.
- BURDEN (O. J.). — 1967. Studies of crown rot of bananas. *Qd. Agric. J.*, 93 (3), p. 283.
- CHAKRAVARTY (T.). — 1957. Anthracnose of banana (*Gloeosporium musarum* CKE et MASS) with special reference to latent infection in storage. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 40, p. 337-345.
- CUILLÉ (J.) et BUR-RAVAULT (L.). — 1968. Nouveaux progrès pour le traitement des bananes avant l'emballage. *Fruits*, 23, p. 351-356.
- DELP (C. J.) et KLOPPING (H. L.). — 1968. Performance attributes of a new fungicide and mite ovicide candidate. *Pl. Dis. Repr.*, 52, p. 95-99.
- FROSSARD (P.). — 1968. Le traitement des bananes après la récolte : *Bull. Inf. I. F. A. C. Côte d'Ivoire*, n° 30, p. 1-9.
- HARDING (P. R.). — 1968. Comparaison of fongicide 1991, Thiabendazole, and sodium orthophenyl phenate for control of *Penicillium* molds of postharvest citrus fruits. *Pl. Dis. Repr.*, 52, p. 623-625.
- MEREDITH (D. S.). — 1960. Studies on *Gloeosporium musarum* CKE et MASS. Causing storage rots of Jamaican bananas I. Anthracnose and its chemical control. *Ann. Appl. Biol.*, 48, p. 279-290.
- MEREDITH (D. S.). — 1961. Chemical control of transport and storage diseases of bananas. *Trop. Agric. Trin.*, 38, p. 205, 223.
- MEREDITH (D. S.). — 1964. Appressoria of *Gloeosporium musarum* CKE et MASS on Banana fruits. *Nature* (London), 201, p. 214.
- SCOTTS (K. J.) et ROBERTS (E. A.). — 1967. Control in bananas of black end rot caused by *Gloeosporium musarum*. *Austr. Jl. Exp. Agr. An. Husb.*, 7, p. 283-286.
- SIMMONDS (J. H.). — 1941. Latent infection in tropical fruits discussed in relation to the part played by species of *Gloeosporium* and *Colletotrichum*. *Proc. Roy. Soc. Qd.*, 52, p. 92-120.
- SIMMONDS (J. H.). — 1963. Studies in the latent phase of *Colletotrichum* species causing ripe rots of tropical fruits. *Qd. J. Agr. Sci.*, 20, p. 373-424.
- SIMMONDS (J. H.) and MITCHELL (R. S.). — 1940. Black end and Anthracnose of the banana with special reference to *Gloeosporium musarum* CKE et MASS. *Bull. Coun. Sci. Indus. Res. Austr.*, n° 131, p. 63.
- SIMMONDS (N. W.). — 1966. Bananas 2<sup>e</sup> ed. Longmans, London.
- STARON (Th.) et ALLARD (Cl.). — 1964. Propriétés antifongiques du 2 (4 "Thiazolyl) Benzimidazole ou Thiabendazole. *Phytia-trie-Phytopharmacie*, 13, p. 163-168.
- WARLDAW (C. W.). — 1961. Banana diseases. Longmans, London.



## ENREGISTREURS



Thermo  
Hygro  
Psychro  
Baro  
Pluvio

# BLET

INSTRUMENTS DE MESURE  
ET DE CONTROLE DE PRÉCISION

132, faubourg St-Denis, PARIS (X\*)  
Tél. : COMbat 44.16 (3 lignes groupées)

