

# FRUITS



**TRAITEMENTS  
A DEBIT REDUIT**  
(1948 - 1958)

FRUITS D'OUTRE MER

# SOMMAIRE

## PREMIÈRE PARTIE

### LES TRAITEMENTS FONGICIDES DES BANANERAIES

La maladie de Sigatoka du Bananier.....	J. BRUN
La lutte contre Cercospora musae dans les bananeraies de Guadeloupe.....	H. GUYOT
Utilisation des appareils de traitements en bananeraie.....	J. CUILLÉ et H. GUYOT
Les formules fongicides huileuses pour le traitement des bananeraies.....	H. GUYOT et J. CUILLÉ
La lutte contre Cercospora musae dans les bananeraies de Guadeloupe.....	H. GUYOT
Efficacités des différents modes de traitements.....	H. GUYOT et J. CUILLÉ
La Commission Caraïbe en Guadeloupe.....	H. GUYOT et J. CUILLÉ
Résultats pratiques obtenus en Guadeloupe lors des applications par brouillards légers huileux.....	H. GUYOT et J. CUILLÉ
La lutte contre le Charançon du bananier aux Antilles.....	H. GUYOT et J. CUILLÉ
Les traitements aériens en bananeraie contre Cercospora musae.....	J. CUILLÉ et H. GUYOT

## DEUXIÈME PARTIE

### LES TRAITEMENTS PESTICIDES A DÉBIT RÉDUIT EN CULTURE FRUITIÈRE TROPICALE

Introduction.....	R. GUILLIERME
Le matériel de traitement, son utilisation.....	J. CUILLÉ et H. GUYOT
Étude sur l'action des fongicides huileux dans la lutte contre la cercosporiose.....	J. BRUN
Les huiles de traitement, leur phytotoxicité.....	J. CUILLÉ et B. BLANCHET
Essai de prévision des attaques de Cercospora en Guadeloupe.....	H. GUYOT et J. CUILLÉ
Une campagne de lutte contre Cercospora au Cameroun.....	P. MERLE, J. CUILLÉ et F. DE LAROUSSILHE
Cercospora en Équateur.....	C. HERRERA VASCONEZ, H. GUYOT et J. CUILLÉ
Lutte contre le Charançon du bananier.....	H. LOCHMANN
Herbicides par atomisation (1 <sup>re</sup> partie).....	H. GUYOT et P. OLIVIER
Herbicides par atomisation (2 <sup>e</sup> partie).....	H. GUYOT et P. OLIVIER
Conclusion.....	J. CUILLÉ

## TROISIÈME PARTIE

### INDEX INDUSTRIEL ET COMMERCIAL

DEUXIÈME PARTIE

**LES TRAITEMENTS PESTICIDES A DÉBIT RÉDUIT  
EN CULTURE FRUITIÈRE TROPICALE.**

## LES TRAITEMENTS PESTICIDES A DÉBIT RÉDUIT EN CULTURE FRUITIÈRE TROPICALE

---

*Depuis 1953 la revue « Fruits » a publié plusieurs suites de rapports relatant les progrès obtenus par les chercheurs de l'Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer dans la lutte contre la Cercosporiose du Bananier selon la technique dite des brouillards légers huileux.*

*Des perfectionnements importants ont été apportés depuis à ce mode d'épandage des pesticides, bien que les principes de base se soient révélés toujours valables.*

*Après la Guadeloupe et la Martinique, les territoires d'Afrique et la plupart des pays étrangers, producteurs de bananes, ont expérimenté ou adopté ce procédé de lutte.*

*Dans cette nouvelle série de publications, nous nous proposons de faire le point des résultats obtenus au cours des deux dernières années.*

*Ces recherches sont principalement axées sur la lutte contre *Cercospora musae*. Elles ont également abouti à de nouvelles acquisitions en matière d'appareils et de pesticides, et à des progrès importants dans les méthodes de traitements insecticides et herbicides.*

*Ce premier article constitue une mise à jour des données exposées par J. GUILLE et H. GUYOT en 1954 : Utilisation des appareils de traitements en bananeraie<sup>(1)</sup>.*

*Une rationalisation est intervenue dans l'emploi du matériel très varié mis à la disposition des utilisateurs en 1954, l'aviation phytosanitaire prend une place de plus en plus importante pour la réalisation des traitements.*

*Les rapports suivants seront consacrés aux propriétés des huiles et fongicides huileux, tant du point de vue activité fongicide que phytotoxicité.*

*Nous verrons ensuite comment dans chaque territoire la lutte a été organisée et quelles sont les applications nouvelles réalisées sur d'autres cultures.*

*L'équipe de l'Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (I. F. A. C.), chargée de l'étude des traitements à débit réduit s'est beaucoup augmentée depuis le début des travaux. Chacune de nos stations possède maintenant un ou plusieurs chercheurs consacrant une partie importante de leur temps à l'adaptation des traitements à faible volume sur les cultures fruitières locales. C'est l'ensemble de leurs résultats que nous nous proposons de grouper dans cette rubrique, et aussi dans toute la mesure du possible, les acquisitions de nos collègues étrangers soit sous forme de mémoires originaux, soit par des relations de voyages de nos chercheurs.*

R. GUILLIERME

---

(1) Fruits, vol. 9, n° 7, 1954.

# LE MATÉRIEL DE TRAITEMENT, SON UTILISATION

J. CUILLE et H. GUYOT

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHES FRUINIÈRES OUTRE-MER (I. F. A. C.)

Nous avons montré, dans un travail précédent que lors de l'utilisation d'appareils à débit réduit, l'opérateur se trouvait placé devant deux données d'intérêt opposé :

— *La confection d'un nuage pesticide composé de très petites particules permet d'atteindre une grande portée et d'assurer sur la feuille une excellente répartition du pesticide.*

— *La fixation du nuage sur la cible choisie devient particulièrement difficile à obtenir dès que la taille des gouttelettes produites atteint des valeurs trop faibles.*

Le problème des traitements ainsi posé se réduit à la définition de la dimension minimum des gouttelettes d'un nuage en fonction des conditions imposées par le dépôt à réaliser, la nature de la culture à traiter, les conditions atmosphériques du moment, la qualité du pesticide à répandre et le matériel de traitement utilisé.

Il est logique d'étudier la façon de régler la taille des gouttelettes du nuage produit avec les différents appareils avant d'envisager les autres facteurs.

## I. LE RÉGLAGE DES APPAREILS A DÉBIT RÉDUIT

Le matériel dont nous disposons actuellement peut entrer dans trois catégories : les pulvérisateurs pneumatiques, appelés aussi atomiseurs à air, les atomiseurs rotatifs et les appareils à thermo-aérosol.

### Les pulvérisateurs pneumatiques.

Le nombre des pulvérisateurs pneumatiques actuellement utilisé est très important et l'on ne saurait en faire une énumération complète, que ce soit pour les appareils à dos : K. W. H., Solo, Fontan, Lachazette, Bos, Berthoud, Blasator, B. S. E... ou les appareils portés ou tractés, à grande portée : Platz, Swissatom, B. S. E., K. W. H., Stromboli, Lachazette...

Avec ce matériel l'atomisation est produite par l'éclatement de la veine liquide mise en présence d'un fort courant d'air. A puissance égale la qualité d'un atomiseur peut être évaluée par l'homogénéité du nuage produit. Cette régularité de la dimension des gouttelettes est fonction du dispositif atomiseur lui-même. C'est la mise en présence de l'air et du liquide qui importe le plus : le profil de l'orifice de sortie d'air, l'em-

placement et la forme de la buse d'éjection du liquide sont les principaux facteurs à examiner.

Prenons trois exemples de brouillards réalisés avec différents appareils ; les mensurations des gouttelettes recueillies sur des plaques enduites de magnésie nous fournissent les nombres suivants (pourcentages cumulés) résumés par le tableau ci-après :

Si l'on calcule le diamètre moyen arithmétique, nous obtenons les valeurs :

$$I = 53,6 ; II = 64 ; III = 63,4 \mu$$

Le calcul du diamètre d'une goutte représentant le volume moyen des particules recueillies MMD (\*), fournit une donnée déjà plus représentative :

$$I = 77,3 ; II = 126 ; III = 655 \mu$$

(\*) Pour le calcul nous utilisons la formule suivante donnant un résultat peu différent de la méthode de Furnidge (3).

$$MMD = \frac{\sum (D \times v)}{n}$$

D = diamètre.

v = volume du total des gouttes de diamètre D.

n = nombre total de gouttes des différents diamètres.

I			II			III		
DIAM. EN $\mu$	% Nb	% VOL.	DIAM. EN $\mu$	% Nb	% VOL.	DIAM. EN $\mu$	% Nb	% VOL.
20	26	0,1	20	25	0,05	25	44,7	0,2
40	50	6,9	40	50	3,36	50	70,3	1
60	71	21,3	60	67	10,25	75	83,7	2,4
		MMD						
80	87	50,7	80	81	24,55	100	92,6	4,6
					MMD			
100	100	100	100	95	54,55	150	95	6,7
			150	99	82,55	200	97,3	11,2
			200	100	100	300	98,6	20,2
						400	99,2	30,1
						500	99,65	44,7
								MMD
						600	99,8	54,3
						800	99,85	60,9
						1 000	100	100

Apparemment le nuage produit par l'appareil 1 sera peu différent de celui de l'appareil 3 ; un observateur aura même l'impression que le nuage du 3 est plus fin que celui de l'appareil 1, car le grand nombre de gouttes de 25  $\mu$  (44,7 %) donnera une impression de finesse. Il n'en demeure pas moins que le premier appareil assurera un recouvrement excellent de la végétation, 100 % du volume atomisé divisé en gouttes de 100  $\mu$  ou moins, alors que le troisième produira une perte considérable de produit mal réparti sur les feuilles, 70 % du volume de bouillie employée se trouvant sous la forme de gouttes de 500 à 1 000  $\mu$ .

L'exemple II montre la limite extrême de ce que l'utilisateur est en droit d'exiger d'un appareil producteur de brouillard.

Les caractéristiques intrinsèques d'un pulvérisateur pneumatiques étant ainsi définies par le MMD ou mieux par la connaissance du spectre total, le réglage à effectuer porte sur la consommation horaire de produit pesticide en relation avec les caractéristiques du nuage que l'on se propose de produire.

La dimension des particules est conditionnée par plusieurs facteurs mis en équation par NUKIYAMA et TANASAWA (1). Si en premier lieu, nous ne tenons

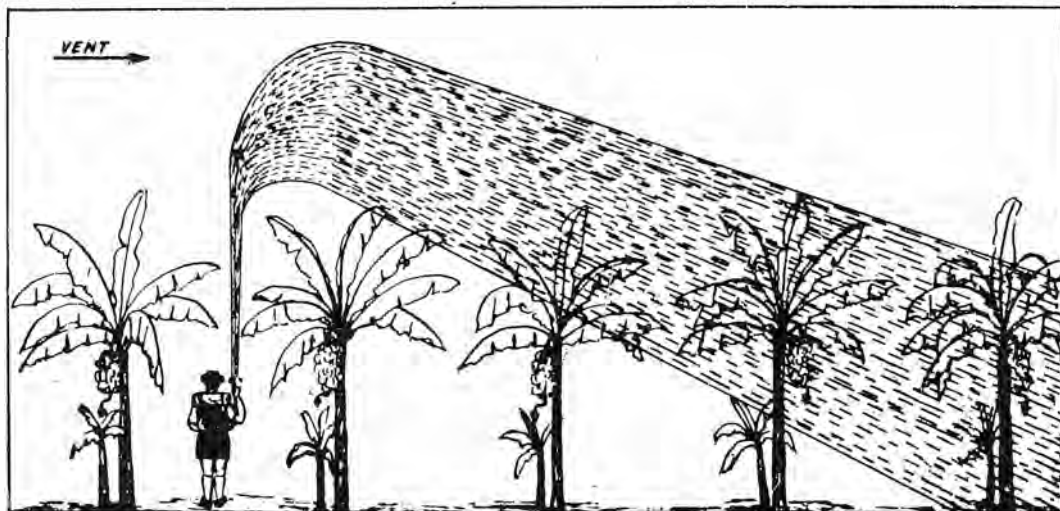


FIG. 1. — Schéma d'un traitement « indirect » par brouillard léger.

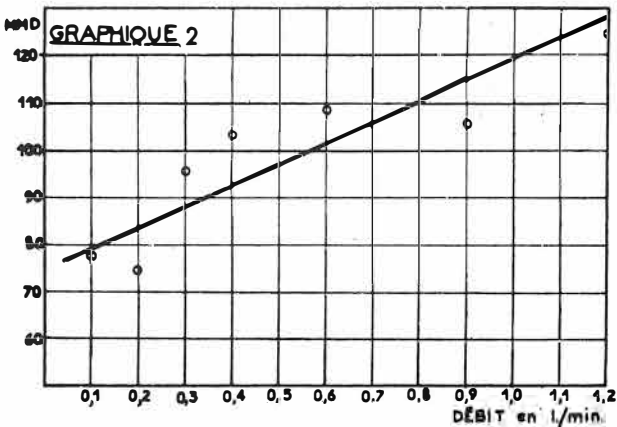


FIG. 2. — Influence du débit de liquide sur le diamètre moyen des gouttes produites.

compte que des facteurs concernant l'appareil atomiseur, la formule simplifiée devient selon FRASER (4) :

$$Ds = \frac{16\ 400}{V} + 39,4 \left(\frac{Mw}{Ma}\right)^{1,5}$$

V = rapport des vitesses air/liquide en ft/s

$\frac{Mw}{Ma}$  = rapport volume air/liquide en lb.

Le diamètre moyen varie donc uniquement en fonction du débit d'air et du débit de liquide de l'appareil, pour un liquide donné, bien entendu. Comme le débit d'air d'un appareil doit être considéré comme constant dans la pratique, où l'on a aucun intérêt à réduire la puissance d'un atomiseur, la dimension des particules sera définie par le réglage du débit de liquide.

Cette condition est très importante, car il est néces-

saire d'ajuster les autres données du problème : vitesse de progression de l'appareil, distance traitée, à la dimension des particules en même temps qu'à la consommation d'huile fongicide.

Nous schématisons ci-contre (fig. 2) les résultats expérimentaux obtenus avec un atomiseur à dos à différents débits. On voit ainsi que le diamètre moyen MMD passe de 78,5 μ pour un débit de 0,1 l/mn à 125 μ pour un débit de 1,2 l/mn.

Le réglage de débit peut se faire facilement : avec les atomiseurs à grand travail possédant une pompe à liquide, la vitesse de rotation de la pompe, l'ouverture d'une vanne ou le diamètre des ajutages peuvent être modifiés à volonté. Pour les petits atomiseurs à dos, le réservoir de liquide est pressionné de façon constante par une dérivation d'air prélevée sur le circuit principal. Il faut cependant considérer que, selon la différence de hauteur existant entre le réservoir et la tête atomiseuse, le débit varie dans des proportions considérables.

C'est la raison pour laquelle les dispositifs fixes, assurant un blocage de la manche à air, sont préférables chaque fois que la possibilité en est offerte. La différence de niveau étant fixée on agit sur le débit soit au moyen d'un robinet soit, ce qui est mieux, en adaptant un gicleur de réduction.

Mais si le résultat recherché peut être ainsi obtenu, il convient de ne pas négliger les caractéristiques du

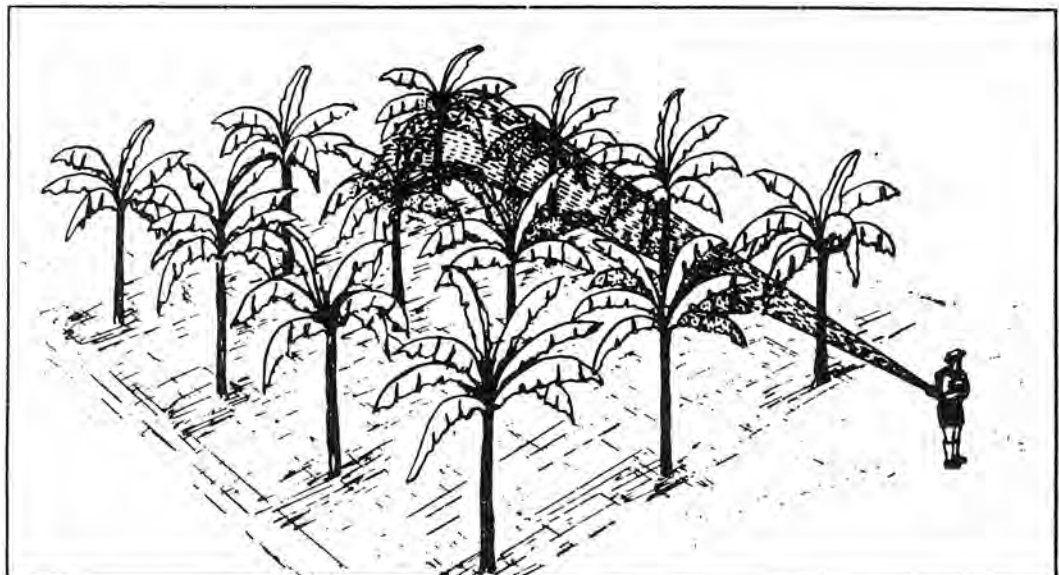


FIG. 3. — Traitement « à double effet ». Le nuage traverse la voûte, avant de retomber.

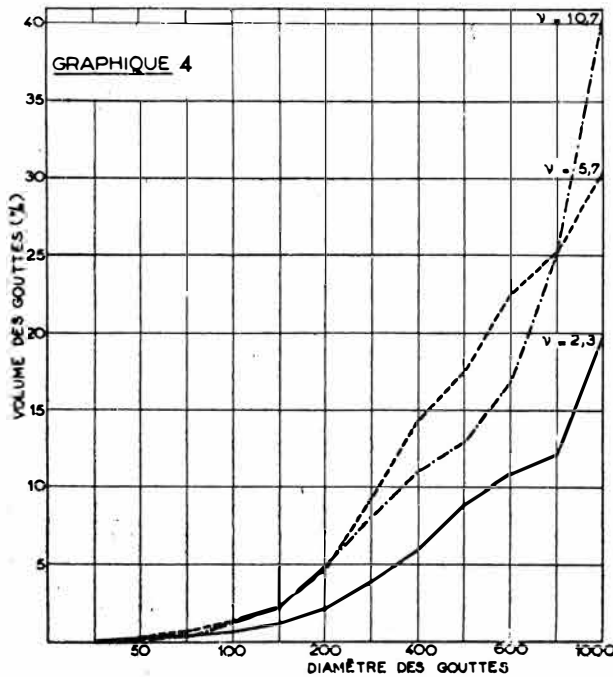


FIG. 4. — Influence de la viscosité sur la dimension des gouttelettes.

pesticide employé ou même d'en tirer parti pour assurer le meilleur rendement possible.

En effet, la formule japonaise, dont nous n'avons cité qu'une simplification, tient compte également des facteurs : densité du liquide, tension superficielle et viscosité (1). Nous ajouterons un autre facteur ultérieurement.

La propriété physique influant le plus sur les caractéristiques du nuage produit est sans conteste la viscosité. Nous pouvons même affirmer que, dans la pratique, le succès ou l'échec d'un traitement proviennent du fait que l'on a su ou non ajuster la viscosité du pesticide aux caractéristiques de l'appareil.

En effet, entre deux liquides parvenant à la même vitesse dans une même veine d'air la viscosité de chacun intervient de façon appréciable sur le spectre produit. C'est le fait traduit dans la formule de Nukiyama et col. Expérimentalement, nous retrouvons ces différences (voir fig. 4) avec quelques irrégularités dues

1. Formule de Nukiyama et col.

$$Ds = \frac{585}{V} \sqrt{\frac{\gamma}{\rho_L}} + 5,17 \frac{(\gamma_1)^{0,46}}{\sqrt{\gamma \rho l}} \left( .1000 \frac{Q_L}{Q_A} \right)^{1/5}$$

$Q_L/Q_A$  = volume liquide/volume air.  
 $\gamma$  = tension superficielle  
 $\rho_l$  = densité  
 $\gamma_1$  = viscosité.

au fait qu'il est difficile de faire varier la viscosité sans modifier aussi la tension superficielle et la densité.

Dans ce graphique, on peut constater que l'augmentation du diamètre moyen (MMD) se fait surtout par l'augmentation du nombre de gouttes de grande taille.

Dans cet exemple nous avons pris les précautions nécessaires pour que les trois liquides s'écoulent dans les tuyauteries à la même vitesse, c'est-à-dire au même débit. On sait que la viscosité d'un liquide peut être mesurée par la vitesse d'écoulement du liquide dans un tube. Si l'on utilise des liquides de viscosités différentes dans un même appareil, sans en modifier le réglage, on obtiendra des vitesses d'écoulement très différentes.

En voici un exemple :

viscosité en ° E	débit en cc/mn à pression constante
1,8	80
4,5	40
7,1	20

Les effets conjugués de ces deux conséquences des variations de viscosité : vitesse d'écoulement et dimensions des gouttelettes peuvent produire les effets suivants :

1° Réduction du débit liquide sans affecter la taille des particules.

C'est là l'utilisation judicieuse de l'influence de la viscosité. Le graphique 2 nous a montré que la réduction du débit entraînait une réduction de la taille des particules du nuage, par ailleurs le graphique 4 indique que le diamètre moyen augmente avec la viscosité.

La diminution des quantités de bouillies peut donc être ainsi poussée beaucoup plus loin que par une simple restriction du débit par un moyen mécanique qui, elle, aurait pour conséquence la formation d'un nuage de plus en plus fin et rapidement inutilisable.

Pour une élévation de viscosités : 3 à 12° E, la diminution de débit influe peu sur la constitution du nuage (fig. 5).

Cette propriété a été mise à profit à de nombreuses occasions non seulement avec des huiles minérales homogènes, mais aussi avec des mélanges d'huiles et de colloïdes ou d'eau et de divers produits épaississants. Nous verrons ci-après les particularités de certains de ces épaississants.

Chaque fois que les suspensions aqueuses peuvent être employées le seul mode possible de réduction du



débit se fait par épaissement de la bouillie afin d'éviter l'évaporation de l'eau, divisée sous forme d'un brouillard trop fin.

2° *Accidents dus à des variations de viscosité imprévues.*

Le graphique 5 montre nettement que dans certaines marges, le réglage de l'atomiseur étant inchangé, des différences de fluidité du liquide peuvent amener à produire des brouillards très légers avec un très grand débit de liquide (1 à 3° E). Ces variations produisent des différences de dépôts considérables. Si nous ne considérons que le dépôt réalisé à faible distance d'un atomiseur en fonction du diamètre moyen des particules, les variations enregistrées affectent l'aspect de la courbe du graphique 6 p. 466.

On voit sur ce graphique que, pour une cible placée à une distance donnée de l'atomiseur, lorsque le MMD a une valeur de 285 à 290  $\mu$  une partie importante du nuage (les plus grosses gouttes) se déposent avant la cible; entre 230 et 260  $\mu$ , le dépôt est maximum puis entre 140 et 120  $\mu$  le nuage, trop léger, n'est plus fixé en quantités importantes.

Ces chiffres n'ont pas une valeur absolue et ne sont valables que pour les conditions de notre expérimentation, ils n'ont pas d'autre objet que de montrer l'existence d'une composition optimum d'un brouillard.

\*  
\* \*

Pour la réalisation des traitements, nous voyons qu'avec l'atomiseur à air, après avoir défini les conditions pratiques du traitement : débit hectare, vitesse de passage de l'appareil, écartement des bandes traitées et en avoir déduit le débit horaire, il convient de vérifier les dépôts sur la végétation afin d'opérer éventuellement un réglage de la taille des particules en agissant sur la viscosité de la bouillie employée.

Une qualité d'huile ou de bouillie ayant été sélectionnée, il suffit de veiller à ce que le produit livré par le fournisseur demeure constant. Toute irrégularité de la viscosité peut facilement être détectée en vérifiant le débit horaire de l'appareil à l'occasion de chaque nouvelle livraison de produit.

**Les atomiseurs rotatifs.**

Les atomiseurs rotatifs ont été les premiers à être utilisés pour le travail en bananeraie. Ce sont soit des appareils portatifs, les plus petits de ce type : Micro-nette et Microsol, soit des appareils portés et tractés Orchard, Popular, M. E. G., soit encore adaptés à des avions ou des hélicoptères : Micronair.

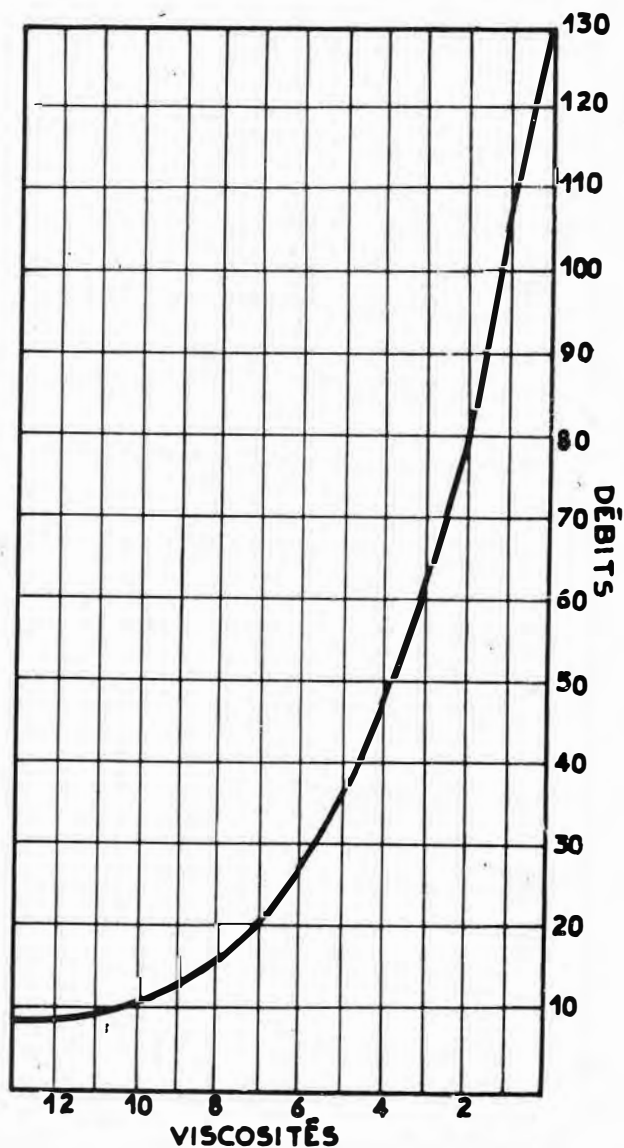
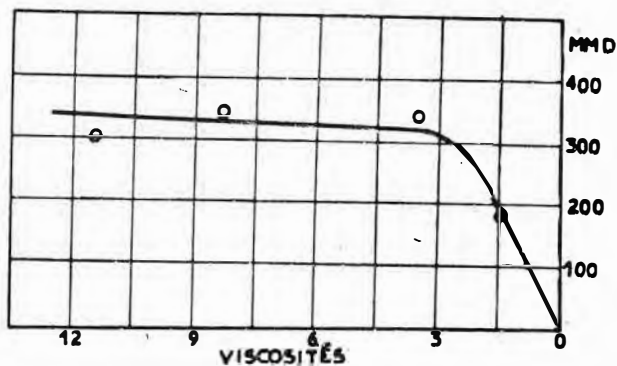


FIG. 5. — Influence de la viscosité sur la dimension des particules (en haut) et sur le débit de liquide (en bas).

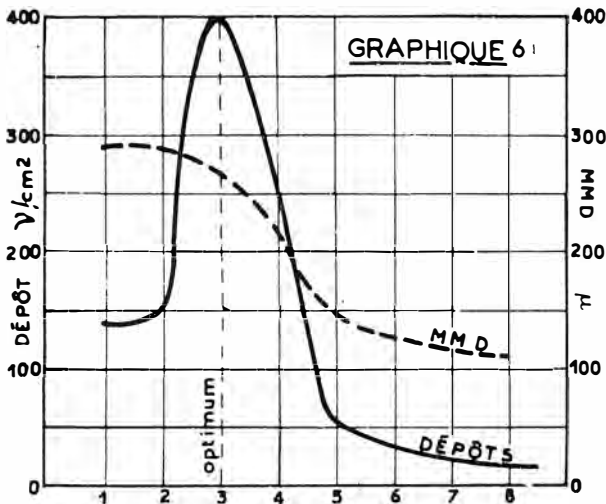


Fig. 6. — Variations concomitantes de la dimension des gouttelettes et de l'importance du dépôt.

Avec ce type d'atomiseurs un disque ou un cylindre perforé, tournant à une grande vitesse, éjecte le liquide introduit en son centre. Secondairement un courant

d'air produit soit par une turbine, soit par le simple déplacement de l'appareil (avion) assure la projection du nuage.

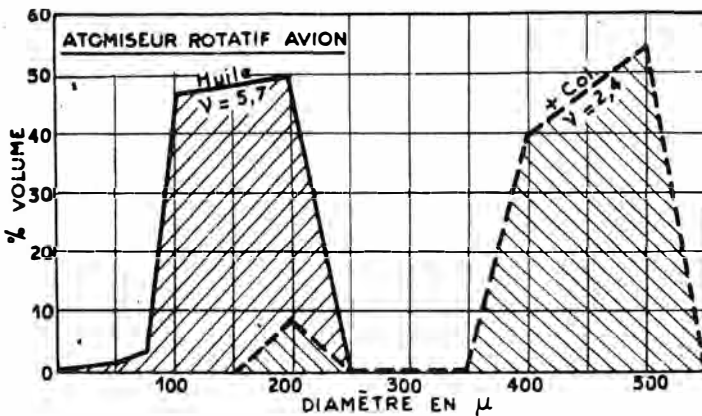
Ce mode de « conditionnement » des gouttelettes conduit à une très grande régularité se traduisant par l'homogénéité du nuage produit. En effet, la qualité de l'atomisation n'est plus tributaire, comme pour l'atomiseur à air, du profil plus ou moins judicieux de la buse d'injection du liquide, ni du débit ni même de la viscosité du liquide.

La formule de HARKINS et BROWN (4) définit le diamètre moyen des particules produites par la force centrifuge :

$$Dm = \frac{360.000}{S} \sqrt{\frac{\gamma}{D\rho l}}$$

- S = vitesse de rotation en t/mn
- $\gamma$  = tension superficielle en dynes/cm
- D = diamètre du disque atomiseur
- $\rho l$  = densité du liquide.

Seule la densité du liquide et sa tension superficielle influent et ce très faiblement avec les produits pétro-



← Fig. 7. — Spectre des gouttelettes produit avec une huile ordinaire (à gauche) et avec un agent résistant à la dislocation (à droite + col.). Remarquer dans ce deuxième cas une classe de gouttes de 200 μ.

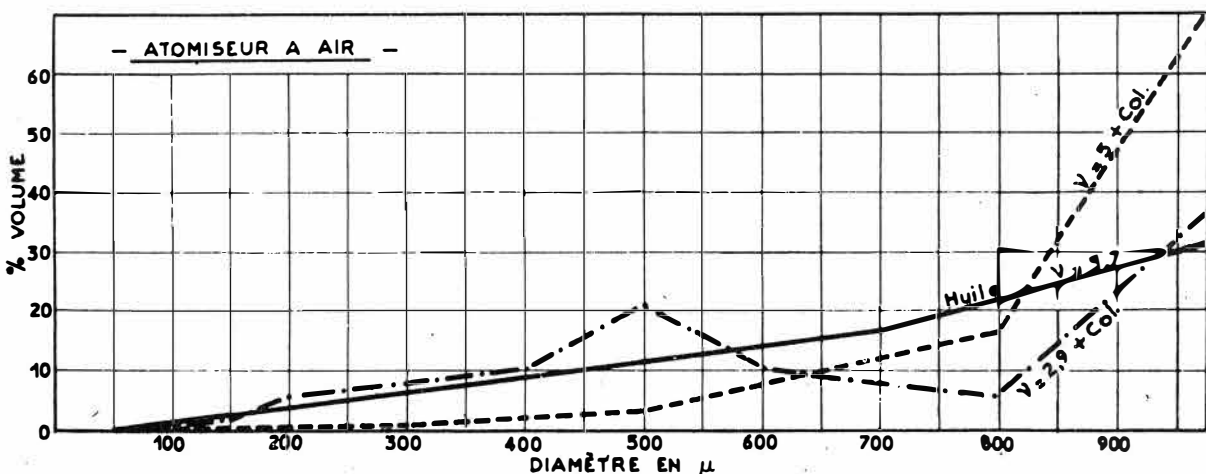


Fig. 8. — Comportement de l'agent résistant à la dislocation (+ col.) avec un atomiseur à air.

liers utilisés habituellement pour les traitements en bananeraie.

Avec un appareil donné le seul réglage à opérer est celui du débit horaire nécessaire au traitement d'une surface considérée, il se fera comme pour les atomiseurs à air soit par restriction de l'écoulement soit par élévation de la viscosité. La dimension des particules est en général réglée une fois pour toutes par la vitesse de rotation. Celle-ci correspond, en effet, au régime optimum du moteur employé et si plusieurs combinaisons peuvent être faites, il est souvent préférable et plus commode d'opérer constamment au même réglage sans avoir à réaliser des opérations mécaniques au moment d'un traitement.

Une certaine polyvalence peut cependant être obtenue en agissant non pas sur l'appareil mais sur le produit atomisé lui-même. La diminution de la tension superficielle et l'augmentation de la densité sont les deux données connues de HARKINS et BROWN pour diminuer le diamètre moyen des gouttelettes produites, mais il en existe une autre qui est ce que nous appellerons la « résistance à la dislocation » d'une huile.

A propos des atomiseurs à air nous avons vu comment la viscosité, mesurée par la vitesse d'écoulement influait sur l'éclatement de la veine liquide et la formation du nuage. Il existe cependant des exceptions : certains colloïdes solubles dans les huiles légères élèvent peu la viscosité (vitesse d'écoulement) mais s'opposent à l'atomisation. Tout se passe comme si le colloïde formait un réseau solide à l'intérieur de l'huile servant de solvant et s'opposait à sa dislocation par la veine d'air : le pulvérisateur pneumatique produit alors un nombre important de très grandes gouttes, voir graphique 8. Ces produits ne peuvent donc être utilisés que dans quelques cas particuliers ou à de très faibles concentrations.

Mais avec l'atomiseur rotatif le colloïde obéit aux mêmes règles que tous les autres produits et l'on peut à volonté confectionner des nuages de plus en plus lourds tout en conservant une très bonne homogénéité du spectre (voir graphique 7). Cette propriété a été utilisée pour les traitements aériens à haute altitude que nous décrivons ci-après.

#### Les thermo-aéroliseurs.

Avec les appareils à thermo-aérosols, le courant d'air produit est porté à une haute température 350 à 700° C. L'échauffement peut être provoqué par une simple chambre à combustion des vapeurs d'essence comme avec le Tifa, ou par récupération des gaz d'échap-



PHOTOS 1 et 2. — Réglage des appareils à dos pour le traitement à « double effet ».

ement du moteur (Solo). Les pulso-réacteurs, **Swing-fog** et **Pulsavia**, utilisent les explosions du carburant

non seulement pour échauffer le système mais aussi pour produire une poussée d'air assurant l'atomisation.

Dans tous ces appareils, l'appoint d'énergie apporté par le chauffage, permet d'obtenir une division extrême du liquide. Ce matériel est donc très bien adapté au traitement par fogging, fogging léger surtout (1, 5 et 6). En théorie rien ne s'oppose à la confection de nuages plus grossiers, mais des problèmes pratiques difficiles à résoudre se posent alors.

## II. L'UTILISATION DES APPAREILS DE TRAITEMENT A DÉBIT RÉDUIT

Il apparaît, après trois années d'expériences, que la classification des traitements que nous avons ébau-



PHOTO 3. — Traitement en « fogging » (nébulisation vraie).

chée (1) puisse se réduire à trois formes d'applications :

- La nébulisation vraie ou fogging.
- Le traitement par brouillard léger ou drift spraying.
- Le traitement direct ou blast spraying.

Bien qu'il existe encore une grande confusion sur ces termes, qui mériteraient d'être normalisés, les chercheurs et techniciens des différents pays admettent ces mêmes notions : on parle souvent de brouillards secs et humides. Nébulisation et atomisation désignent parfois des opérations inverses. Il n'en demeure pas moins que selon la consistance du nuage produit il apparaît soit sous la forme d'une fumée qui emplît petit à petit l'atmosphère, soit d'un brouillard assez léger pour dériver avec le vent et recouvrir la végétation sur une certaine surface soit enfin d'un jet direct que l'on dirige vers la végétation ou vers le sol.

Pratiquement tous les traitements pesticides peuvent être réalisés avec un faible volume de produit en choisissant l'un de ces trois modes opératoires.

Pour équilibrer l'excès d'énergie, il faut augmenter le débit de liquide et la grande difficulté consiste alors à mettre la veine liquide en présence de l'air chaud d'une façon convenable.

Cette mise au point est en cours de réalisation avec le Pulsavia qui possède une source d'énergie considérable. Pour les autres appareils il est peu rationnel de dépasser un diamètre de 25  $\mu$ . Le réglage est sensiblement le même que celui des atomiseurs à air.

### Nébulisation vraie.

Cette technique est réservée en général aux traitements des cultures ou des locaux au moment où les insectes à combattre sont présents dans l'air. L'activité résiduelle est faible si les conditions ambiantes ne permettent pas le dépôt du nuage. Avec des particules élémentaires de 15 à 20  $\mu$ , taille optimum pour la fixation sur l'insecte (7), en air absolument calme le nuage doit stagner près d'une demi-heure pour pouvoir se poser. Dans certains cas il peut suffire que le nuage se déplace à travers la culture pour détruire les insectes. Les appareils à thermo-aérosols sont les seuls employés pour ces applications, que nous n'avons pas eu l'occasion d'étudier particulièrement.

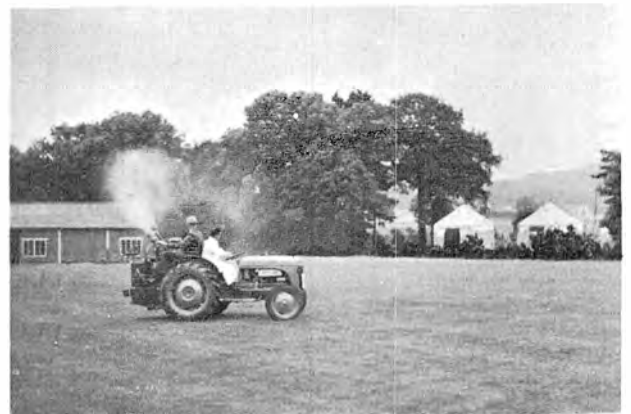


PHOTO 4. — Atomiseur à grand travail ; nuage typique, pour brouillard léger développé au-dessus de la culture.



FIGURES 5 et 6. — Traitements par avion au ras des bananiers.



### Brouillards légers.

Cette technique a été maintenant largement utilisée pour les traitements en bananeraie et sa description détaillée a déjà été faite à plusieurs reprises (1, 8, 9). Les principes n'ont pas été modifiés, mais devant les conditions particulières rencontrées dans plusieurs circonstances des variantes ont été apportées. Leur description montrera certains développements possibles de ce principe de traitement, un nombre plus grand encore reste à découvrir dans le cours des expérimentations à venir.

Le traitement par brouillards légers tel qu'il a été défini peut être qualifié d'« indirect », le brouillard projeté verticalement le plus haut possible redescend tout en dérivant sous l'influence d'une faible brise (fig. 1 p. 462). Le principe est donc de développer le brouillard d'huile au-dessus de la culture à protéger et de laisser faire ensuite les mouvements de l'air pour assurer la dissémination.

Les caractéristiques du nuage doivent donc être adaptées à la trajectoire qu'on lui demande d'effectuer et ce quelles que soient les conditions ambiantes. Il est intéressant de produire un brouillard aussi lourd que possible compte tenu des impératifs imposés par la répartition des dépôts sur les feuilles, la pénétration dans la masse végétale et la portée à atteindre.

Les dépôts sur la végétation sont aisés à déterminer, ils correspondent à  $50 \text{ } \gamma/\text{cm}^2$  en moyenne avec des variations pouvant aller de 20 à  $200 \text{ } \gamma$ . En bananeraie la surface foliaire représentant environ quatre fois la surface plantée le résultat peut donc être obtenu avec 10 à 20 l de bouillie huileuse par hectare planté. Les extrêmes quant à la dimension des gouttelettes élémentaires des brouillards peuvent osciller entre 50 et  $500 \text{ } \mu$ . Les appareils employés, atomiseurs portatifs, appareils à grand travail, appareils aériens, déterminent les conditions d'emploi, au premier chef.

### Atomiseurs à dos.

Pulvérisateurs pneumatiques et rotatifs, réglés au débit de 20 l/h, avec une huile d'une viscosité de 5° Engler, produisent généralement un nuage composé de gouttelettes de 50-200  $\mu$  pour un MMD de 85  $\mu$ . Ce brouillard est suffisant pour éviter les effets thermiques se manifestant sous la forme de mouvements de convection verticaux, ou l'entraînement par des vents de moins de 6 km/h. Les dépôts sont de l'ordre de 200 à 350 gouttes par centimètre carré.

Les principales causes de réussite ou d'échec de ce mode de travail ont été analysées (8 et 9). On a vu que le traitement ne donnait de très bons résultats que si le jet de l'atomiseur pouvait être dégagé de la frondaison.

Les pulvérisateurs pneumatiques produisent une véritable colonne qui ne s'épanouit qu'à plusieurs mètres du point d'émission. Toute atteinte directe sur le végétal à faible distance, occasionne des brûlures et, ce qui est plus grave, nuit considérablement à la bonne répartition du fongicide. Les plantations doivent donc être aménagées, pour ce mode de traitement. De plus lorsque les brises sont instables ou inexistantes l'application est rendue plus délicate. En cas d'ascendance marquées, il est nécessaire d'augmenter le calibre des gouttelettes.

### Atomiseurs à grand travail.

Tractés ou portés sur tracteur, ces appareils peuvent avoir une portée verticale de plus de 20 m.

Comme avec ce matériel, on dispose généralement d'un dégagement suffisant pour projeter le nuage verticalement sans atteindre directement une partie de

la culture, on peut constituer un nuage un peu plus lourd que celui des appareils à dos, les très grosses gouttes étant également éliminées.

Le diamètre moyen (MMD) de 100 à 120  $\mu$  avec une dispersion de 50 à 250  $\mu$  permet en général les meilleures performances. Comme les débits horaires sont importants 150 à 250 l/h pour un atomiseur ayant une portée de 30 à 40 m, il faut attacher une grande importance au dispositif d'atomisation. L'atomiseur à air classique risque, dans la plupart des cas produit un excès de particules de grande taille, l'atomiseur rotatif ou des dispositifs de pré-atomisation tels que le procédé Borchers, sont alors à préférer.

Les atomiseurs à grand travail trouvent leur meilleur champ d'action dans les régions ayant un régime de brises marines bien installé, aux Antilles ou près du littoral de la côte d'Afrique. Le traitement au-dessus de la voûte des feuilles peut alors être réalisé avec des cadences de plus de 10 ha/h, et une bande traitée de 25 à 30 m par passage.

Dans les régions à fortes turbulences l'atomiseur à grand travail se trouve être d'un emploi délicat, il faut choisir les périodes de travail, d'autres méthodes de lutte sont généralement préférables.

En bananeraie le traitement peut être fait à 15 l par hectare.

#### Traitements aériens.

L'expérience que nous avons des traitements aériens concerne presque exclusivement les applications d'huiles fongicides par avions équipés d'atomiseurs rotatifs (10).

Le principe est exactement le même que le traitement terrestre indirect. L'avion forme une nappe de brouillard aussi étendue que possible au dessus de la culture, et la chute n'est plus dirigée que par les courants d'air normaux. Il est bien évident que le brassage d'air produit par le passage de l'appareil a une influence, mais on ne recherche pas un placage direct au sol comme dans certains traitements par hélicoptère.

Les conditions de survol des bananeraies, au cours des traitements effectués pendant toute la campagne au Cameroun, ont obligé à recourir à deux modes de travail différents : le passage à faible altitude et le survol à haute altitude.

— Dans le premier cas l'appareil vole à 1 à 3 m de la cime des bananiers, la vitesse est de 100 à 120 km/h. Le nuage s'étale sur une cinquantaine de mètres de large et l'avion recoupe la bande traitée en passant tous les 20 m. Le nuage parvient au sol quelques

secondes après le passage de l'appareil. La moyenne de bouillie consommée est de 11,2 l par hectare. Les dépôts sur les feuilles sont très réguliers, pas de brûlures observées sur les régimes ni sur les feuilles.

Le spectre obtenu est schématisé fig. 7 (*huile*), les diamètres des gouttelettes recueillies varient de 50 à 200  $\mu$  pour un diamètre moyen MMD de 150  $\mu$ , 96 % du volume épandu se trouve formé par les particules de 100 à 200  $\mu$ .

Les performances des appareils seront rapportées par ailleurs, signalons que la moyenne de toute une campagne situe le rendement à près de 40 ha traités par heure de travail.

— Lors que les plantations n'ont pas été établies dans une plaine entièrement dégagée d'arbres, le traitement par avion est encore possible à condition de modifier profondément le calibrage des gouttelettes élémentaires du nuage.

Il s'agit en effet, de produire le brouillard au-dessus de la cime des arbres à 50 m d'altitude environ, et d'assurer sa trajectoire jusqu'à la culture à protéger. La dilution dans l'atmosphère est beaucoup plus considérable que lors des passages en rase-motte et dépasse certainement 100 m, mais, comme l'avion recoupe la bande traitée chaque 20 m, le dépôt final s'effectue en plusieurs fois, et demeure inchangé.

Si l'on étudie ce mode de travail uniquement du point de vue théorique, on s'aperçoit que pour parcourir 50 m une goutte d'huile de 100  $\mu$  mettrait 164 s et serait entraînée à près de 250 m par un vent de 4,5 km/h. Dans les mêmes conditions une goutte de 500  $\mu$  devrait atteindre le sol en 26 s, le même vent ne la déporterait alors que de 37 m. Pour conserver une précision suffisante et éviter une dilution excessive du nuage dans l'atmosphère, il est donc préférable d'émettre un nuage homogène composé de particules de 500 microns environ.

Ce résultat a été obtenu grâce à l'emploi du colloïde auquel nous avons fait allusion ci-avant. La résistance de ce produit à la dislocation permet d'obtenir le nuage dont le spectre est schématisé figure 7 + (*col*). Pour un diamètre moyen MMD de 440  $\mu$ , 92 % des gouttelettes sont situées entre 400 et 500  $\mu$ , les 8 % restant ont un diamètre uniforme de 200  $\mu$ , il est très possible qu'elles constituent en réalité les satellites des grandes gouttes, ce phénomène se produit parfois avec les atomiseurs rotatifs.

Avec un tel nuage les dépôts sur les feuilles présentent une bonne homogénéité nous avons pu compter 4 gouttes au centimètre carré ce qui correspond bien à un traitement de 10 à 11 l par hectare avec des particules de cette dimension. Le fort pouvoir moui-

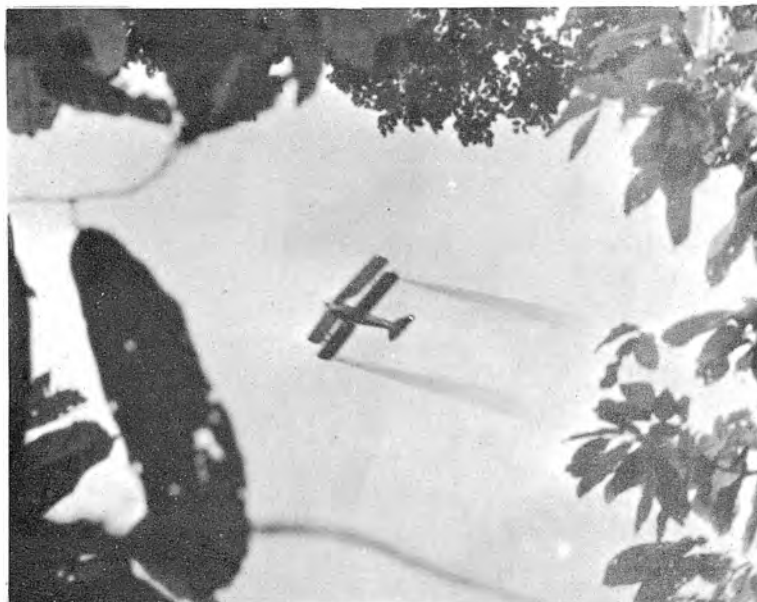


PHOTO 7. — Passage en haute altitude pour le traitement des bananeraies sous ombrage partiel.

lant du produit assure un recouvrement suffisant de la feuille, grâce à sa dispersion en surface.

Il existe d'autres modes de traitements aériens que ceux que nous venons de décrire. Les avions peuvent être équipés de rampes de pulvérisation ou d'atomiseurs à air au lieu de Micronair (atomiseurs rotatifs). Nous n'avons pas eu l'occasion d'expérimenter ce matériel ayant estimé d'après les travaux de CHAMBERLIN et coll. que ce dispositif ne répondait pas exactement aux impératifs des brouillards huileux. En effet, le réglage de la taille des particules est beaucoup plus mal, aisé, il interdit pratiquement le traitement à haute altitude. En second lieu la largeur de la bande traitée en rase-motte est inférieure à celle qu'on obtient avec le Micronair, ajoutés à ces difficultés celles d'un réglage plus délicat (pompes et buses de pulvérisation).

Avec les rampes de pulvérisation, le spectre semble beaucoup plus étendu, également qu'avec l'atomiseur rotatif (12), et la régularité des dépôts moindre.

Quant à l'utilisation de l'hélicoptère, elle est actuellement expérimentée avec les appareils à turbine Alouette et Djin. Les premiers problèmes à résoudre concernent la position des atomiseurs sur l'appareil pour profiter au mieux des filets d'air incidents. Les études de rentabilité sont également à faire, car nous pensons avec RIPPER (13) que chaque mode de traitement avion et hélicoptère possède son champ d'action optimum, leur emploi ne peut être décidé arbitrairement, une étude de rendement est à faire pour chaque territoire, voire même chaque région.

\*  
\* \*

Dans les différentes façons de réaliser les traitements « par brouillards légers » nous n'avons envisagé que le cas où le nuage peut être développé au-dessus de la culture. Dans tous ces exemples un brouillard relativement pesant se disperse lentement dans la culture à traiter, mais la trajectoire des particules sans être rectiligne est cependant nettement orientée. Les dépôts les plus importants seront donc effectués sur les surfaces formant obstacle au nuage. Dans la bananeraie ce mode de traitement est suffisant pour permettre une action fongicide totale sur *Cercospora*, mais il peut ne pas en être de même avec d'autres cultures. De plus toute erreur de manœuvre aboutissant à un traitement direct à faible distance endommage la plante atteinte.

Dans certains cas, et c'est la règle dans les bananeraies constituées de bananiers de grande taille, Poyos et Gros Michel, l'effet de voûte est souvent tel que seules les applications avec les grands appareils ou les avions demeurent possibles par le traitement indirect.

Nous avons donc recherché d'autres conditions de travail en développant le nuage non plus au-dessus de la culture mais sous son étage de végétation principal. Ce mode de projection pourrait être qualifié de *double effet*. Par vent faible, ou dans la partie protégée du vent, on projette un brouillard très léger de façon à constituer une nappe aussi étalée que possible dès le début de la projection.

Le nuage s'élève alors, aidé en climat équatorial, par les mouvements d'ascendance de l'air, et traverse en oblique les différents étages de feuilles formant voûte. Arrivé à l'extrémité de sa trajectoire il retombe. Pendant son ascension les dépôts se forment à la face inférieure des feuilles, et pendant la chute, la face supérieure est couverte (fig. 2).



PHOTO 9. — Traitement à « double effet » sous la voûte.

Les appareils atomiseurs à air doivent subir un montage spécial pour cette opération. L'atomiseur rotatif micronette convient, après un simple réglage de la taille des particules. En effet, le grand volume d'air brassé par le ventilateur assure un étalement suffisant de la colonne de brouillard produite.

Mais avec les pulvérisateurs pneumatiques, à plus faible débit d'air et plus forte pression, il est nécessaire d'adapter un diffuseur au niveau de la zone de dislocation de la veine liquide. Ce diffuseur qui dévie les filets d'air augmente l'angle de projection et contribue aussi à l'atomisation. La manche à air étant fixée de façon permanente la direction de la projection peut alors être donnée par le diffuseur (photos 1 et 2).

Les atomiseurs utilisés au Cameroun pour ce traitement avaient un débit horaire de 15 à 20 l, le nuage est composé de gouttelettes de 75  $\mu$  de diamètre moyen (MMD) pour des valeurs extrêmes de 25 à 150  $\mu$ .

Avec un tel montage, en bananeraie, on ne provoque pas de brûlures sur les régimes de bananes qui ne peuvent jamais être atteints de plein fouet, les feuilles même prises directement dans le jet à moins de 3 m ne sont pas endommagées non plus. Des bananiers

dépassant 5 m de hauteur peuvent aisément être traités avec les petits appareils à dos d'une puissance de 1,5 à 3 CV. En bananeraie homogène un manœuvre traite 1 ha en une heure environ.

Il se pourrait que ce mode de travail puisse être étendu à un grand nombre de cultures en modifiant, sans doute, la composition du nuage pour chacune d'eiles. La partie directe du traitement peut en effet être réduite en volume avec des huiles de viscosité choisie: Par ailleurs le diffuseur diminuant la vitesse de projection les dépôts à faible distance sont plus faibles.

On sait que dans ce cas (1) la formule de LATTI (dépôt = vitesse de la goutte au moment de l'impact X carré de son diamètre) permet de trouver des valeurs très favorables pour un traitement direct même à l'huile. Toutes les irrégularités proviendraient des grandes particules qui, elles, seraient fixées d'abord à très faible distance. Le bon réglage de l'atomiseur constitue donc une nécessité.

#### Le traitement direct.

Jusqu'ici nous n'avons envisagé que les applications réalisées avec des brouillards d'huile et aboutissant au traitement d'une culture « en masse » sans chercher à atteindre spécialement telle ou telle plante. L'huile est le seul véhicule possible du produit pesticide, quand elle ne constitue pas par elle-même le fongicide comme c'est le cas pour *Cercospora*.

A côté de ce mode de traitement la tendance la plus habituelle en Europe consiste à utiliser les pulvérisateurs pneumatiques comme des pulvérisateurs classiques. La plante traitée est prise de plein fouet dans le courant d'air produit par l'atomiseur, la consommation de produit dépasse souvent 200 l par hectare.

Il est bien des circonstances où le traitement direct est absolument légitime et même où toute autre façon de procéder s'avère difficile. C'est le cas des traitements du sol contre les insectes ou les herbes adventices.

En appliquant les mêmes principes que pour les traitements à l'huile, il est possible de réduire considérablement la consommation de liquide de l'appareil atomiseur et aussi de produire un nuage qui possède exactement les caractéristiques voulues pour le travail à réaliser.

Nous avons décrit (14) l'une de ces applications à propos de la lutte contre le charançon du bananier *Cosmopolites sordidus*, des traitements analogues ont été faits avec les herbicides.

En principe la consommation de bouillie est d'environ 50 l par hectare. La matière active est dispersée





PHOTO 8. — Aspect de la « voûte »  
et de la pénétration du brouillard.

dans l'eau et cette suspension est ensuite ajustée en tant que viscosité, mouillabilité et ténacité. La présence d'un produit épaississant est en effet nécessaire à la bonne réalisation de l'application.

Si l'on envisage le problème uniquement sous l'angle de la production du nuage optimum pour ce mode de traitement il faut s'attacher bien entendu à obtenir la portée maximum mais aussi à éviter totalement l'entraînement par le vent.

Au contraire du « brouillard léger », ici on doit réaliser un traitement de précision et fixer la totalité du produit sur la cible choisie.

Autant l'élimination des particules de taille importante a d'intérêt avec les traitements huileux à grande portée, autant ici la tolérance peut être augmentée, non pas au point de nuire à la répartition du produit, mais si l'on admet à l'origine la dépense de 50 l de bouillie lorsque moins de 10 l pourraient suffire largement au recouvrement du sol, une marge assez considérable demeure.

Avec les petits atomiseurs à dos cette marge est nécessaire. En effet comme on s'efforce d'éliminer toute la fraction du nuage située au-dessous de 50  $\mu$ , par l'emploi de produits « viscosants » et le fort débit

de liquide, on augmentera le pourcentage des grosses particules.

Bien des points restent à préciser, selon les formules employées et les cultures à traiter. Signalons cependant qu'un développement important des traitements herbicides à faible volume est actuellement en cours aux Antilles. Le résultat peut donc être obtenu, avec des bouillies d'une viscosité de 5° E et un débit de 50 l/ha avec des appareils à dos types K. W. H.

La détermination plus précise des caractéristiques du nuage, son guidage vers la surface à traiter constituent les sujets de recherches actuelles.

### Conclusions.

Les quelques exemples cités, résumés par le tableau ci-contre, montrent l'étonnante souplesse des procédés de traitement à débit réduit. Il faut admettre que ces appareils, venus supplanter les pulvérisateurs classiques, peuvent être adaptés à tous les traitements.

A mesure que nos connaissances augmentent sur leur maniement, on voit tout l'intérêt de l'étude des nuages pesticides. Sans vouloir donner au débat un aspect tout à fait théorique, qui ne nous a jamais été

familier en la matière, il faut tenter de rendre par des chiffres les observations faites dans la nature à la simple vue d'un traitement.

L'examen du « spectre » formé par un pesticide entre dans les contrôles du laboratoire au même titre que l'analyse chimique ou la mesure de la viscosité.

Les utilisateurs et les fournisseurs de matériel et de pesticides doivent être avertis des qualités recherchées. Une véritable normalisation est à effectuer. Peu d'aménagements sont à apporter aux appareils en comparaison des progrès à réaliser en matière de formules pesticides. Les qualités d'huiles doivent être mieux définies, de nouvelles formules doivent être commercialisées.

Toute une gamme de spécialités pour l'atomisation

est encore à créer afin que les praticiens puissent choisir sans erreur la formule répondant le mieux à leurs besoins.

Par faute de ces dispositions on a pu remarquer ces dernières années un assez grand nombre d'erreurs qui eussent pu être évitées, notamment les accidents sur la végétation et les régimes dus à de mauvais réglages et à l'emploi d'huiles trop phytocides. Quelques succès aussi dans certaines régions sont imputables à un matériel mal entretenu ou défectueux et aussi à l'usage d'huiles trop fluides ou trop visqueuses.

Le contrôle des appareils, des produits et du travail ne nécessite pas, nous venons de le voir, des opérations difficiles : mesures de débits et observation des dépôts suffisent dans la majorité des cas.

*Résumé des traitements.*

	DIMENSIONS DES GOUTTELETTES DU NUAGE		DÉBIT DE LIQUIDE		BOUILLIE SUPPORT	VISCOSITÉ(*) ° E	MOUVEMENT DU NUAGE
	diam. moyen (MMD) en $\mu$	limites $\mu$	l/ha	l/h			
Nébulisation . . . . .	15-20	+ de 20	2 à 5		huile légère, fuel, gas-oil, kérosènes	1,5	dilution du nuage dans l'air descendants
<i>Brouillards légers.</i>							
I. Directs.							
Appareils dos.....	85	50-200	15-20	20	huile	3,5-5	—
Atomiseurs grande portée	120	50-250	13-15	160	—	4-7	—
Avions basse altitude ...	150	50-300	11-12	2 640	—	3,5-5	—
Avions haute altitude . .	440	200-500	10-12	2 640	—	2,5-3,5	—
						résistance à la dislocation	
II. Doubles effets.							
Appareils à dos. . . . .	75	25-150	15-20	15	—	3-4	directs et descendants
<i>Directs.</i>							
Appareils à dos et à grand travail.....	120	75-500	35-65	30	eau + épais-sissant	3,5-5	directs

(\*) Viscosité à la température d'utilisation.

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) J. CUILLE et H. GUYOT, *Fruits*, vol. 9, n° 7, p. 269-288.
- (2) MAY (K. R.), *Journ. of Scientific Instruments*, vol. 22, n° 10, oct. 1954, p. 187-195.
- (3) FURMIDGE (C. G.), *AR. Agric. hort. Res. Sta. Long Asthom*, 1954, p. 106-117.
- (4) FRASER (R. P.), *Plant Protection Conference 1956 Proceedings*, London, 1957, p. 237-275.
- (5) GUYOT (H.), *Fruits*, vol. 8, n° 11, 1953, p. 525-532.
- (6) GUYOT (H.), *Fruits*, vol. 9, n° 7, 1954, p. 293-296.
- (7) BROWN (W. A.), *Insect control by chemical*, N. Y. 1951.
- (8) GUYOT (H.) et CUILLE (J.), *Fruits*, vol. 10, n° 3, 1955, p. 101-107.
- 9) GUYOT (H.) et CUILLE (J.), *Fruits*, vol. 11, n° 4, 1956, p. 141-150.
- (10) BRITTON (F. R. J.) et NORMAN (N. D.), *Flight*, 25 mars 1956.
- (11) CHAMBERLAIN (J.), GETZENDANER (C. W.), HENING (H.) & YOUNG (W. D.), *Technical Bulletin* n° 1110, mai 1955, U. S. Dept. of Agric.
- (12) THORNTON (D. G.) & DAVIS (J. M.), *J. of Econ. Ent.*, vol. 49, n° 1, Feb. 1956, p. 80-83.
- (13) RIPPER (W. E.), *The Transac. of the Soc. of Engineers*, Jun. 1955, p. 33-53.
- (14) GUYOT (H.) et CUILLE (J.), *Fruits*, vol. 11, n° 6, 1956, p. 249-253.



## LES TRAITEMENTS PESTICIDES A DÉBIT RÉDUIT EN CULTURE FRUITIÈRE TROPICALE

ÉTUDE SUR L'ACTION DES FONGICIDES HUILEUX  
DANS LA LUTTE CONTRE LA CERCOSPORIOSE

NOTE PRÉLIMINAIRE

par J. BRUN

*Alors que le premier chapitre de cette série, avec J. CUILLE et H. GUYOT, étudiait la mise en œuvre du matériel de traitement, nous abordons maintenant le produit fongicide lui-même. Le rôle fongicide ou fongistatique de l'huile avait été mis en évidence dès 1955, mais les expérimentateurs pouvaient se demander quel intérêt présentait l'addition d'un fongicide classique, quelle était son efficacité et dans quelles circonstances il était nécessaire d'y avoir recours.*

*L'étude de J. BRUN apporte les précisions attendues sur ce point et son expérimentation rigoureuse dans une région où le *Cercospora* sévit durement possède une valeur particulière.*

*Il serait intéressant de vérifier l'action des huiles minérales utilisées en brouillards légers sur d'autres parasites des plantes cultivées, car peu de fongicides sont actuellement d'une efficacité suffisante pour arrêter une attaque fongique à un stade avancé, comme le fait l'huile.*

I. F. A. C.

Avant de pouvoir apporter des améliorations aux pesticides utilisés pour les traitements « par brouillards légers » en culture bananière, il convient de mieux connaître le rôle joué par l'huile minérale, considérée d'abord comme un support particulièrement favorable pour les applications de très faibles quantités de fongicides, puis comme l'agent principal de la destruction de *Cercosporae musae* (1).

Dans ce travail nous nous sommes efforcé de préciser l'action sur les différents stades du développement de *Cercospora* des huiles minérales associées ou non à un fongicide.

Un bref rappel de la biologie de *Cercospora musae* est nécessaire avant d'entreprendre la relation de notre expérimentation. Nous spécifions bien qu'il

s'agit d'études ayant eu lieu pour la plupart sur la phase conidienne de la maladie. Les traitements ont été effectués sur des feuilles inoculées artificiellement avec des cultures conidiennes, leurs conséquences sur la sporulation portent évidemment sur les conidies. L'action du traitement sur des symptômes foliaires tels que les stries du limbe a été suivie dans la nature sur des infestations aussi bien conidiennes qu'ascosporées. Il ne semble pas que l'évolution dans la zone nécrosée de la feuille, que nous appelons « tache » soit différente selon que l'infection ait été provoquée par des conidies ou par des ascospores.

Les conidies de *Cercospora musae* naissent sur des « taches » (voir plus loin la définition des stades). Elles sont entraînées par l'eau de pluie et les gouttelettes de rosée. Elles tombent alors sur la feuille en

(1) Revue *Fruits*, vol. 10, n° 3, 1955, p. 101-107.



PHOTO 1. — Dernier stade de déroulement d'une jeune feuille.  
(Photo A. Vilardebo, i. F. A. C.)

#### Différents stades des taches.

5 stades seront retenus :

I. Point ou tiret vert clair très petit, au maximum 1 mm de longueur.

II. Tiret plus allongé, de plusieurs millimètres de longueur.

III. Jeune tache forme allongée brun rouille à contours mal définis.

IV. Tache ayant atteint ses dimensions définitives, centre brun foncé, souvent présence d'un halo jaune, conidiophores sporulant. Le Stade IV est, en période favorable, le stade où la sporulation est la plus abondante.

V. Stade ultime du développement, les tissus du centre sont desséchés, de couleur grise ; présence habituelle d'un anneau noir. Cette tache persiste quand la feuille se dessèche.

Quels sont les « moments » de ce cycle où le parasite est particulièrement sensible aux traitements ?

1° Au stade sporulation.

2° Au stade germination.

3° Au stade superficiel du mycélium, pendant le développement des stries.

Dans le premier cas, la réduction de la sporulation provoque une diminution de la dissémination des spores. Dans le second, la germination est entravée ou diminuée. Dans le troisième, enfin, la tache nouvellement formée n'évolue plus ; la nécrose ainsi formée est minime et ne diminue la surface foliaire fonctionnelle que de façon insignifiante.

Nous nous sommes efforcé, dans une série d'essais, de préciser l'action des fongicides huileux à ces trois stades du cycle évolutif. Il s'agit d'essais préliminaires et nous nous bornerons à enregistrer les faits expérimentaux sans pouvoir leur donner une explication définitive. D'autres essais sont en cours sur ces mêmes questions, qui doivent apporter davantage de précisions sur le mécanisme d'action des fongicides.

voie de déroulement, « le cigare », ainsi que sur les plus jeunes feuilles des bananiers des étages inférieurs. A l'abri dans les replis du cigare, ou bien protégées à la face inférieure des plus jeunes feuilles, les conidies germent. Le tube germinatif reste d'abord superficiel pendant une période variable (3 à 6 jours en moyenne), puis la pénétration a lieu. Ensuite le mycélium traverse la feuille et la toute jeune tache apparaît tant à la face inférieure qu'à la face supérieure. Le mycélium sort alors des tissus, devient à nouveau superficiel et permet une extension rapide de la surface de la tache jusqu'à ses dimensions définitives. A ce stade (IV), la surface de la tache se couvre de fructifications et le cycle est fermé.

## 1° ACTION DES TRAITEMENTS SUR LA SPORULATION

Deux essais ont été effectués : le premier avait pour but de déterminer si les traitements huileux possédaient une action ; le second tentait de préciser cette action et d'établir une comparaison entre l'huile seule et un mélange commercial huile + oxychlorure de cuivre.

### A) Essai préliminaire.

Le protocole de l'essai était le suivant : traitement sur bananiers Poyo, à l'aide d'un atomiseur à main, de feuilles de même âge, portant des taches aux stades

III-IV-V avec un maximum de stade IV. Les feuilles sont récoltées 24-48 et 75 heures après traitement. Elles sont soigneusement lavées afin d'entraîner les conidies existantes. Les taches sont découpées et placées en boîte de Pétri sur un papier filtre humide. Les observations ont lieu 24 heures plus tard.

La cotation s'effectue en attribuant les notes suivantes :

- o. *Pas de conidies visibles.*
1. *Quelques conidies éparses sur quelques sporodochies.*
2. *Conidies plus nombreuses sur quelques sporodochies.*
3. *Conidies présentes, mais peu nombreuses sur la plupart des sporodochies.*
4. *Conidies nombreuses sur l'ensemble des sporodochies.*
5. *Conidies très nombreuses sur l'ensemble des sporodochies (aspect velouté grisâtre).*

L'observation nous ayant montré que la sporulation est irrégulière dans le temps pour des feuilles présentant des taches à un même stade, chaque échantillon traité a été doublé par un témoin, prélevé sur feuille non traitée d'âge identique et portant des taches du même stade.

Les résultats sont résumés par le tableau ci-après :

APRÈS TRAITEMENT				
Récolte	Observations	Nombre de taches observées	Nombre de conidies Cotations	
			Traité	Témoin
1 j.	2 j.	200	0,93	3,19
2 j.	3 j.	200	1,82	2,9
4 j.	5 j.	200	1,2	2,73

Cet essai préliminaire nous ayant indiqué une influence nette du traitement sur la sporulation, nous avons effectué un second essai.

#### B) Essai sur l'action comparée de l'huile et d'un mélange huile-cuivre sur la sporulation.

Le protocole est identique au précédent mais avec trois traitements :

- 1) Témoin.
- 2) Huile seule.
- 3) Huile + Oxychlorure de cuivre.

TABLEAU I.

RÉCOLTE	NOMBRE DE JOURS APRÈS TRAIT	III HUILE + OXYCHLO- RURE	II HUILE SEULE	I TÉMOIN	% DU TÉMOIN			P.P.D.S.	P.P.D.S. EN %
					III	II	I		
15-7	2	0,716	1,208	3,398	21,1	35,5	100	0,358	10,4
16-7	3	0,647	1,882	2,922	22,1	64,4	100	0,454	15,5
17-7	4	0,204	0,384	0,681	29,9	56,4	100	0,204	29,9
18-7	5	1,653	1,916	3,000	55,1	63,9	100	0,447	14,9
19-7	6	0,732	1,811	2,048	35,7	88,4	100	0,476	23,2
20-7	7	0,575	1,200	1,559	36,9	77,0	100	0,368	23,6

Un premier traitement a été effectué le 12/7 à 16 heures ; une pluie violente (36 mm en 45 minutes) ayant eu lieu entre 17 h 15 et 18 h, pour plus de sûreté le même traitement a été refait le 13 avec les mêmes produits sur les mêmes feuilles. Les ob-

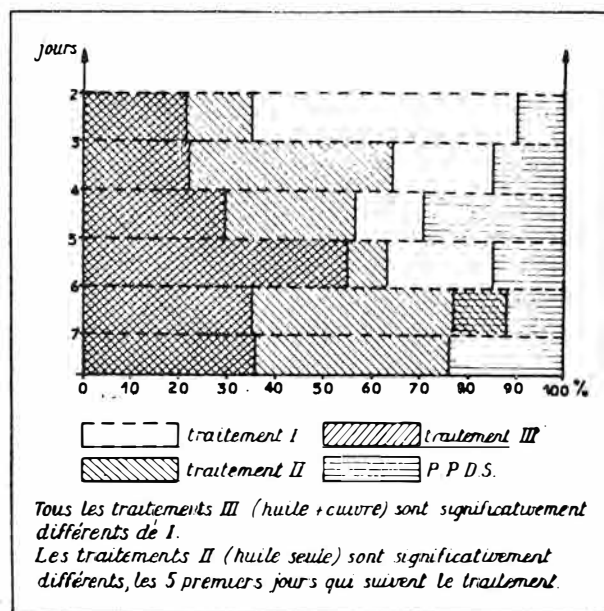
servations ont été effectuées les 15-16-17-18-19 et 20/7.

Les résultats sont donnés dans le tableau I et graphique 1. (Les calculs statistiques ont été effectués par P. FROSSARD).

Il est bien évident, à la suite de ces premiers essais,

que les traitements huileux provoquent une réduction indéniable de la sporulation. Le cuivre a une influence très nette, car l'action de l'huile seule est inférieure à celle du mélange huile + Cu. Il semble d'ailleurs que les quantités de cuivre puissent être très faibles puisque, dans le mélange commercial utilisé, la teneur en cuivre-métal est de 1 % (2 % d'oxychlorure titrant 50 % de cuivre-métal). La dose d'utilisation étant d'environ 15 litres/ha, nous arrivons à des quantités de cuivre de l'ordre de 150 g de cuivre-métal/ha. Il sera important, dans l'avenir, de chercher à situer la limite minima de cuivre qu'il est impossible de dépasser pour maintenir une efficacité supérieure à celle de l'huile seule.

Sur le plan pratique, ces résultats montrent l'intérêt d'un traitement généralisé du bananier, de façon à traiter les feuilles qui émettent des conidies. Lorsqu'on sait que la gravité d'une attaque est proportionnelle à la concentration de l'inoculum, on voit la très grande importance que peuvent présenter de tels traitements pour diminuer considérablement le nombre de spores émises.



GRAPHIQUE I.

## 2° ACTION DES TRAITEMENTS SUR LA GERMINATION DES CONIDIES

Trois séries d'essais ont été effectuées concernant l'action des fongicides huileux sur la germination des

TABLEAU II (Essai I).

*Huile et Cu. Nombre moyen de taches par feuille.*

NOMBRE DE JOURS ENTRE INOCULATION ET TRAITEMENT	ET OBSERVATION		
	34 j.	39 j.	48 j.
2 j.	0	0	0
4 j.	8,2	11,8	15,4
6 j.	0	0	0
8 j.	0	0	5
10 j.	0,5	0,5	7,5
non traité	118	227	334
non traité } non inoculé }	0	0,6	0,8

conidies de *Cercospora musae* et ce en fonction du moment du traitement par rapport à l'inoculation.

Le premier essai a été effectué en 1956 par P. FROSARD ; il portait sur 14 bananiers dont 13 ont été inoculés le 31-7-56 avec une culture de *Cercospora musae* âgée de 13 jours (environ 20 cm<sup>3</sup> d'inoculum par bananier). Le cigare et les 2 ou 3 premières feuilles ont été inoculées à la face inférieure de la feuille. Les traitements ont été effectués avec un mélange huile + cuivre (Oxychlorure) à l'aide d'un pistolet atomiseur, de 2 en 2 jours, sur les 2 faces des feuilles, le premier traitement ayant lieu 3 jours après l'inoculation.

Les résultats résumés dans le tableau II démontrent l'efficacité quasi-absolue des traitements, même effectués 10 jours après l'inoculation. Seul 1 bananier traité 4 jours après l'inoculation présente quelques taches ; on peut admettre que le traitement a été insuffisant. La répétition du même essai avec une huile minérale atomisée seule aboutit aux mêmes conclusions (tableau III).

TABLEAU III (Essai 2).

*Huile seule. Nombre moyen de taches.*

NOMBRE DE JOURS ENTRE INOCULATION ET TRAITEMENT	ET OBSERVATION			
	17 j.	21 j.	27 j.	52 j.
	0 j.	0	0	0
1 j.	0	0	0	0
3	0	0	0	2
4	0	0	0	2
5	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
non traité	219	656	694	1000



PHOTO 2. — Taches et début de nécroses sur rejet de Poyo.

Ces deux essais ayant montré l'action de traitements réalisés à des intervalles de temps de plus en plus grands, il nous fallait envisager aussi le devenir d'inoculations effectuées à des intervalles variés après traitement. Une telle technique nous amène à inoculer des feuilles d'âges différents. On peut admettre *a priori* que des feuilles plus âgées présentent une résistance plus grande à la maladie, aussi, à partir

du sixième jour après le traitement, des inoculations sont effectuées simultanément sur des feuilles témoins non traitées, d'âge identique. Le tableau IV résume les résultats de cet essai, commencé par un traitement général sur 18 bananiers effectué à l'huile seule.

L'examen des tableaux montre qu'également dans le cas des inoculations effectuées après traitement, l'action des fongicides huileux est quasi-parfaite. En effet, le maximum relevé sur feuilles traitées est

TABLEAU IV (Essai 3).

*Huile seule. Nombre moyen de taches par feuille.*

ET INOCULATION	NOMBRE DE JOURS ENTRE TRAITEMENT						
	ET OBSERVATION						
	28 j.	34 j.	41 j.	48 j.	56 j.	63 j.	71 j.
3 j.	0	2,5	3	4,5	4	7	13
5	0	0,5	1	1	4	4,5	08
6	0	2,5	0	0,5	10	13	18
8	0	0	0	1	1	1	5,5
10	0	0	0,5	4	14	16	21
12	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	1	17	20	23
16	0	0	0	0	7	10	--
Témoin inoculé non traité. . .	17	31	108	203	362	429	649
Témoin non inoculé mais traité.....	0	0	0	0	0	0	0



TABLEAU V (Essai 4).

*Huile seule. Nombre moyen de taches par feuille.*

ET INOCULATION	NOMBRE DE JOURS ENTRE TRAITEMENT						
	ET OBSERVATION						
	28 j.	34 j.	41 j.	48 j.	56 j.	63 j.	71 j.
3 j.	0	0	0	3	6	7	8
5	0	0	0	2	4	5	6
6	0	0	0	2	4	5	6
8	0	0	0	0	2	2	3
10	0	0	0	1	2	3	3
12	0	0	0	0	1	2	2
14	0	5	6	10	18	27	29
16	0	0	0	1	3	5	6
Témoin	19	54	53 <sup>6</sup>	878	1092	1220	1263

de 30 taches, soit une nécrose insignifiante sur la surface assimilatrice de la feuille, alors que le témoin présentant l'attaque la plus faible a une portion importante de limbe foliaire détruite avec 631 taches. Il semble bien que la protection du traitement soit encore excellente 17 jours après. Là également, d'autres essais seront nécessaires pour situer avec précision la durée maximum d'efficacité. Il faut d'ailleurs signaler que le traitement a été effectué de façon très soignée, à la face inférieure et que la couverture a été excellente, bien supérieure à ce qu'elle est en réalité lors d'un traitement classique en bananeraie avec un atomiseur à moteur.

Ce résultat étant acquis, nous nous sommes efforcé de déterminer :

1) S'il existe une différence d'action sur la germination entre les traitements effectués à l'huile seule et au mélange huile et cuivre.

2) La période maximum durant laquelle les traitements sont encore efficaces après la pulvérisation.

Vingt bananiers ont été inoculés à l'aide d'une culture de conidies de *Cercospora musae*, selon une technique identique à celle des essais précédents : atomisation des spores dans de l'eau à la face inférieure de la première feuille déroulée. Les traitements ont été effectués de 3 à 16 jours avant la contamination sur les deux faces des feuilles, soit à l'huile seule, soit avec un mélange huile + cuivre (1 % de cuivre). (Tableau V).

Là encore les résultats sont excellents et démontrent

l'efficacité quasi-absolue des traitements, les quelques taches observées sur les feuilles traitées n'affectant en rien le métabolisme du bananier. Cependant ces micro-essais, effectués avec des précautions impossibles à prendre sur le terrain, appellent trois réserves :

1. La couverture de la face inférieure de la feuille, effectuée avec un atomiseur à main, est parfaite ; cette perfection est difficile à obtenir sur le terrain.

2. Dans tous ces essais, une seule inoculation a été réalisée sur les feuilles alors que, dans la nature, l'inoculation est continue et se produit pratiquement chaque nuit.

3. Les essais ont été réalisés sur des bananiers placés dans des conditions végétatives un peu différentes du milieu habituel de la bananeraie, sur un plateau situé à proximité du laboratoire. Dans cette bananeraie, la maladie, quoique naturellement présente, est moins virulente que dans les bas-fonds où se pratique habituellement la culture bananière en Guinée.

Quoi qu'il en soit, on peut admettre à la suite de ces essais que, lorsque la couverture de la feuille est réalisée de façon parfaite, le pourcentage des spores capables de germer est minime : 99,4 % de spores ne germent pas dans le premier cas et 98 % dans le second.

La conclusion pratique de cette expérimentation est que les produits sont actuellement au point, mais que les procédés d'utilisation, pour efficaces qu'ils soient, représentent la partie sur laquelle des améliorations peuvent être encore réalisées. Pour nous

TABLEAU VI

*Huile + Cuivre. Nombre moyen de taches par feuille.*

ET INOCULATION	NOMBRE DE JOURS ENTRE TRAITEMENT						
	ET OBSERVATION						
	0 j.	34 j.	41 j.	48 j.	56 j.	63 j.	71 j.
3 j.	0	0	0	0	1	4	8
5	0	0	0	2	4	5	5
6	0	0	1	3	6	6	6
8	0	0	0	1	2	5	6
10	0	0	1	3	4	9	10
12	0	0	0	0	0	1	1
14	0	0	0	6	14	19	21
16	0	0	0	0	2	2	2
Témoin	19	54	536	878	1092	1220	1263

résumer, nous dirons que la façon dont le traitement est réalisé compte beaucoup plus que le produit commercial utilisé (il est évident que ce produit doit faire partie de la gamme des fongicides huileux non émulsionnables).

Une deuxième conclusion est à tirer de ces essais en ce qui concerne l'action sur la germination des spores.

A la dose de cuivre utilisée (1 % de Cu-métal), il n'y a pas de différences entre l'huile seule et le mélange huile + cuivre (7 taches par feuille contre 6,8) et ce, que le traitement ait lieu avant ou après la contamination. L'efficacité obtenue avec l'huile seule étant suffisante, l'augmentation de la dose de cuivre serait anti-économique.

### 3° ACTION DU TRAITEMENT SUR LE DÉVELOPPEMENT DES STRIES



Nous avons vu qu'après avoir traversé le limbe de la face inférieure à la face supérieure, le mycélium devenait externe et permettait une croissance rapide de la tache qui atteignait ainsi son développement définitif. Il était intéressant de voir si les traitements huileux avaient une action sur cette phase du développement du parasite. A notre connaissance, aucun essai systématique n'a été effectué dans ce sens.

Deux séries d'essais ont été établies :

— *Essai I.* Le but de cet essai était de vérifier s'il existait un stade avant le développement complet de la tache (stade IV) sur lequel les traitements avaient une action.

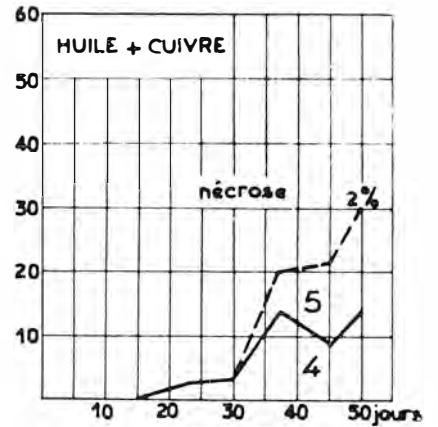
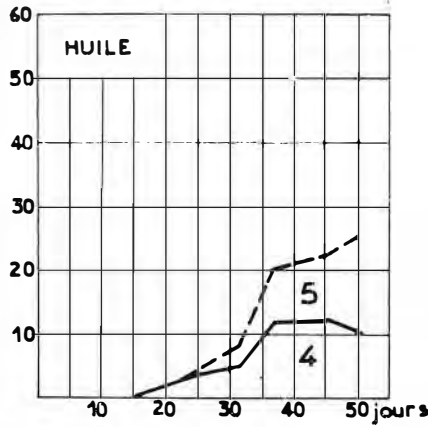
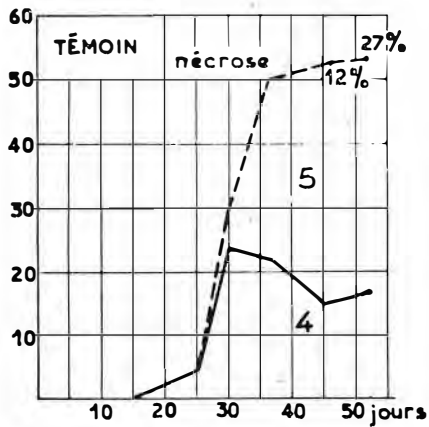
4 catégories de feuilles de bananiers ont été retenues :  
Stade 0 (taches non visibles).

Stades I-II-III.

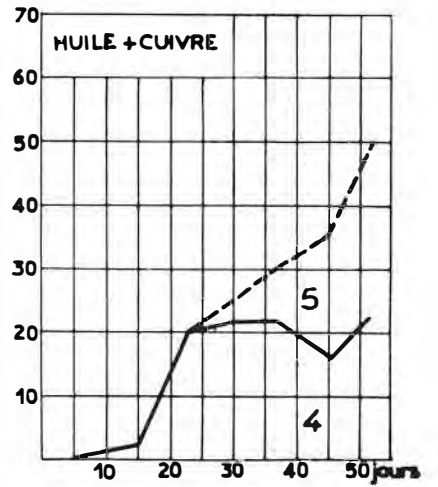
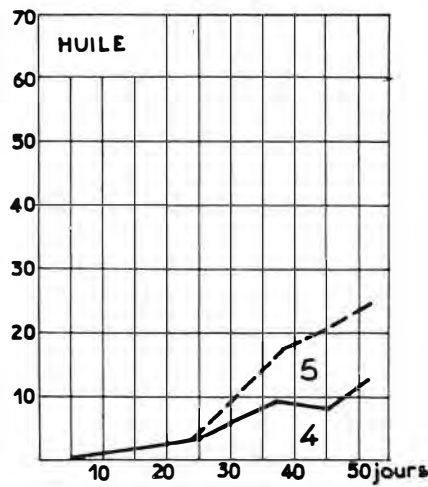
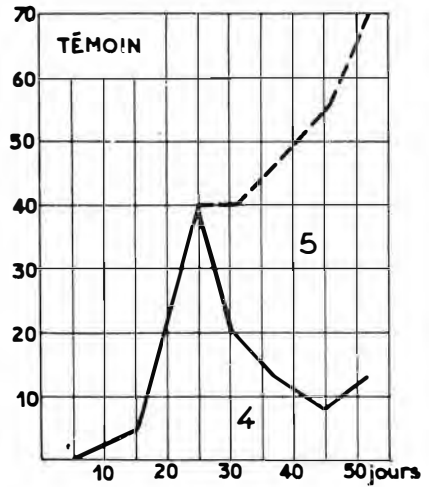
Sur chacune de ces feuilles, un carré de 10 cm de côté

GRAPHIQUE 2 - ESSAI STRIES I (TRAITEMENTS AU JOUR 1)

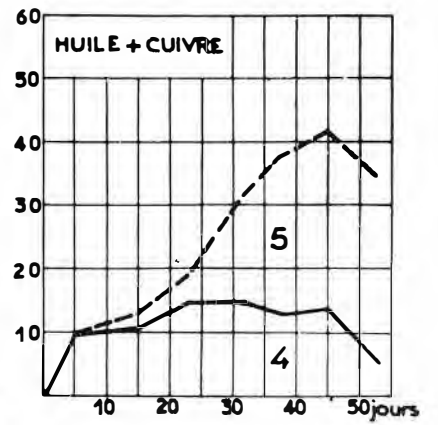
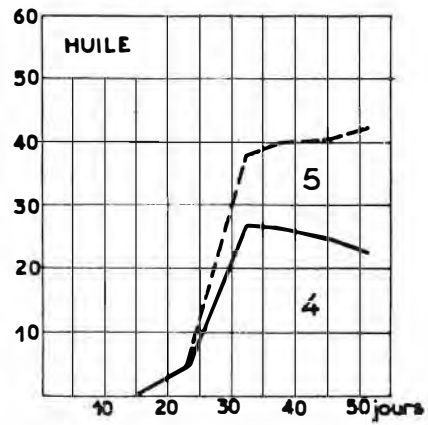
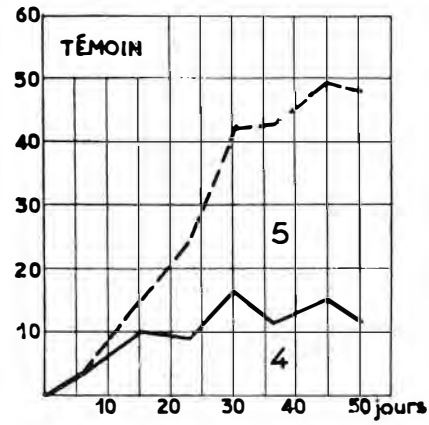
STADE I



STADE II

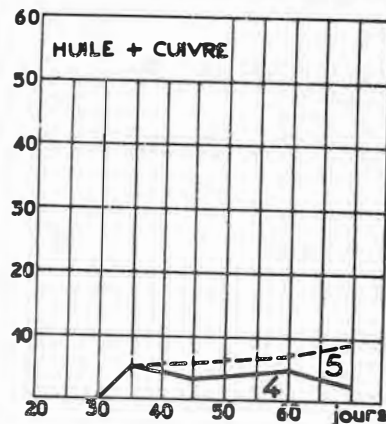
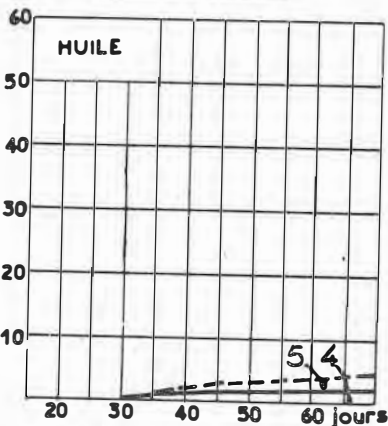
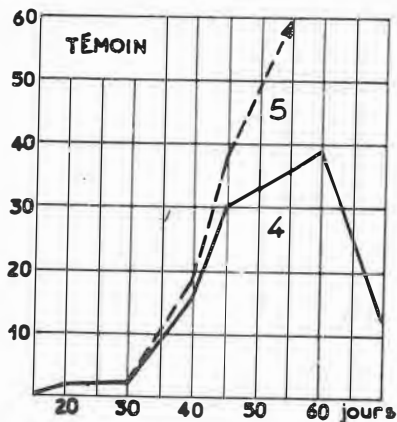


STADE III

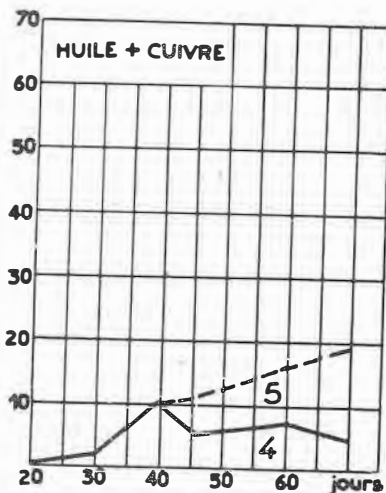
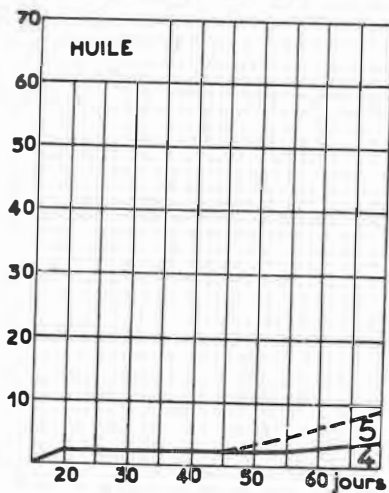
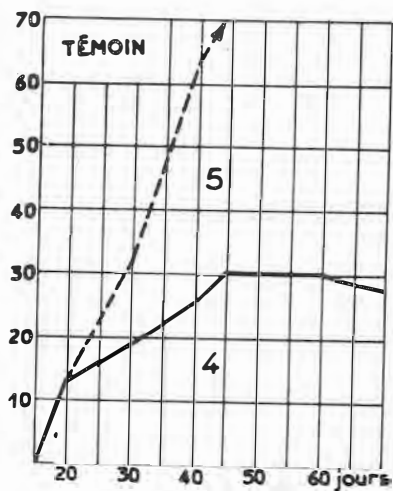


GRAPHIQUE 3 - ESSAI STRIES II (TRAITEMENTS AUX JOURS 1-7-14-21).

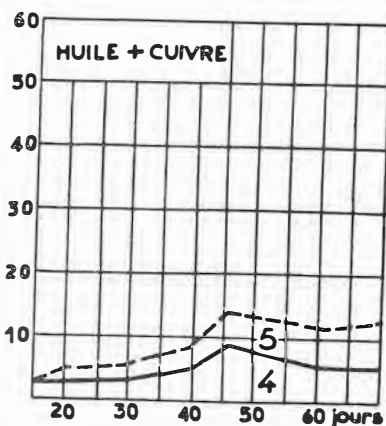
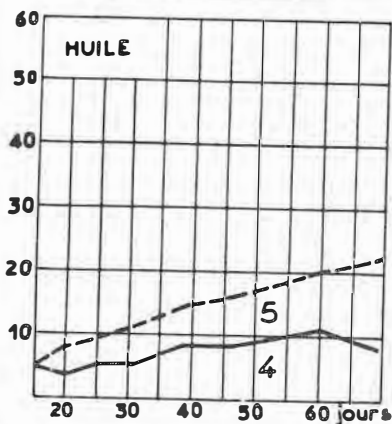
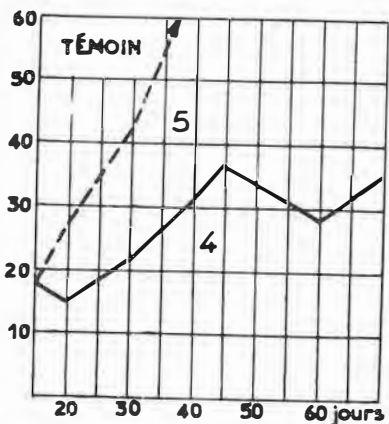
STADE I



STADE II



STADE III



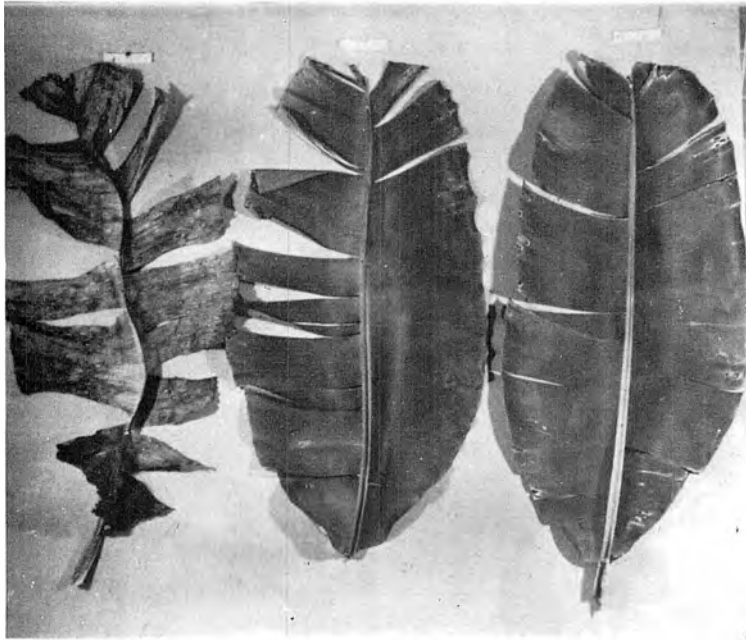


PHOTO 4.  
Cercospora traité et non traité.  
(Photo A. Vilardebo I. F. A. C.).

était traité, soit à l'huile, soit au mélange huile + cuivre et comparé à un témoin non traité. Le traitement a été effectué le 1<sup>er</sup> août avec un atomiseur à main sur la face supérieure seulement. L'évaluation des dégâts est faite en comptant le nombre de taches parvenues au stade IV ou V et en évaluant le pourcentage de surface totalement nécrosée à l'intérieur du carré témoin non traité. Le graphique 2 montre les résultats obtenus et indique des différences très nettes en faveur des zones traitées. Nous avons été amené à recommencer cet essai dans des conditions légèrement différentes, en effet :

1) Il est très difficile d'obtenir des surfaces observées comparables : un carré situé à l'extrémité apicale gauche aura toujours beaucoup plus de taches et une évolution plus rapide qu'en tout autre endroit de la feuille.

2) L'évolution de la maladie à l'extérieur d'un carré observé peut influencer sur l'évolution de celui-ci : une nécrose totale située entre la zone observée et la nervure centrale amène un dessèchement rapide de l'ensemble du limbe.

3) Nous n'avons fait qu'un seul traitement pour une période d'observation de 50 jours et seule la face supérieure a été traitée. Dans le cas d'une bananeraie

en exploitation, plusieurs traitements auraient été effectués sur les deux faces des feuilles.

Dans un deuxième essai, le stade O est supprimé, seuls sont conservés I-II-III. L'ensemble de la feuille est traité sur les deux faces, quatre traitements sont effectués les jours 1, 7, 14 et 21. Les feuilles traitées sont choisies d'âge identique dans un carré où l'infection est homogène, avec des stades d'attaque aussi semblables que possible au départ. L'évaluation de la maladie est identique à l'essai précédent. Sur chaque feuille 3 zones sont choisies : A, B, C, toujours situées de fa-

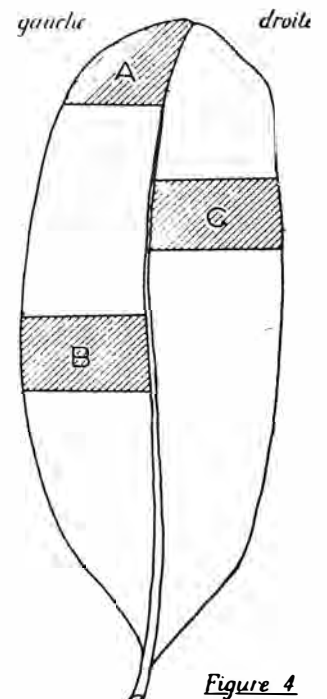


Figure 4

çon identique (voir figure 4) ; il est impossible matériellement d'effectuer le comptage des taches sur la totalité de la surface des feuilles traitées.

Le graphique 3 montre les résultats obtenus dans cet essai.

Aux différents stades, les pourcentages de taches évoluant jusqu'au stade IV ou V sont les suivants : (on estimera arbitrairement que dans le cas de nécrose, la totalité des taches comprises dans la zone nécrosée a évolué au stade V)

	TÉMOIN	HUILE	HUILE ET CUIVRE
Stade I.....	79,3%	1,6%	4,1%
Stade II.....	88,5	2,5	10,4
Stade III.....	96,5	16,7	11,7

Ces chiffres démontrent de façon formelle l'efficacité très nette de l'huile seule et du mélange huile-cuivre sur l'évolution des stries après leur apparition sur la feuille et la possibilité de stopper la maladie ou tout au moins de la réduire considérablement, même après la période d'incubation.

Si nous examinons maintenant les surfaces nécrosées dans chacune des catégories ci-dessus, nous obtenons les chiffres du tableau ci-après.

Ces chiffres, comparables aux précédents, renforcent les conclusions que nous avons tirées en ce qui concerne les possibilités de stopper une attaque en cours, puisque, même au stade III, il est encore possible de diminuer considérablement les dégâts et qu'aux stades I ou II ils peuvent être réduits à des proportions insignifiantes. Ces essais sont du plus

STADE DE TRAITEMENT	NÉCROSES		
	TÉMOIN	HUILE	CUIVRE
Stade I.....	69	0	0,6
Stade II.....	79,3	0	2,7
Stade III.....	83	1,5	0

grand intérêt, puisqu'ils démontrent que les traitements huileux ont non seulement un rôle préventif, mais également un rôle « curatif » et qu'ils permettent de stopper une attaque en pleine évolution.

Des observations intéressantes ont pu être faites sur l'évolution des taches au cours de ce traitement.

1° Les taches continuent à apparaître dans le cas de feuilles traitées, mais il y a un ralentissement dans leur « sortie ».

2° Sur les feuilles traitées, les stries restent bloquées au Stade III et peu évoluent jusqu'aux stades IV et V.

L'action principale du traitement sur les stries se fait entre les stades III et IV vraisemblablement au moment où le mycélium redevient aérien, c'est un fait à vérifier. Quoi qu'il en soit, le processus d'évolution des taches est le suivant : diminution des sorties, puis blocage très net entre le stade III et IV. A ce moment, la tache, au lieu de devenir brun noirâtre et d'évoluer vers le stade V, n'évolue plus dans ses dimensions et prend une teinte rougeâtre « chocolat » qui est très caractéristique de l'attaque stoppée. Les feuilles ainsi « guéries » conservent une surface foliaire saine très importante, qui permet une évolution normale du régime jusqu'à son point de coupe.

## CONCLUSIONS

Les résultats expérimentaux rapportés ci-avant nous permettent d'émettre les conclusions suivantes :

1) La différence entre un traitement fait à l'huile seule ou avec un mélange huile + cuivre est très faible. Dans le cas de la sporulation, le mélange huile + cuivre est supérieur, mais en traitement préventif sur jeunes feuilles, l'efficacité est équivalente ; dans le cas de l'action sur les « stries » les différences sont très faibles.

2) Lorsque le traitement est effectué de façon correcte, que la couverture de la feuille est parfaite, les traitements ont une efficacité absolue. Les essais sur sporulation montrent une diminution très nette de celle-ci. Les essais préventifs sur jeunes feuilles réduisent les germinations à un point proche de 0. Enfin, il est possible d'arrêter instantanément une attaque en cours d'évolution.

Ces faits prouvent que lorsqu'il y a échec dans la lutte, cet échec est dû aux conditions du traitement. II

est certain qu'il n'est pas possible de traiter en bananeraie comme on peut le faire lors d'un essai, et que la couverture parfaite des deux faces de la feuille est pratiquement impossible à obtenir. Néanmoins, tous les efforts devront tendre vers un traitement parfait. Nous avons mis au point, à la Station Centrale, un traitement à très faible débit (6 litres/hectare) qui permet de traiter la face inférieure des jeunes feuilles sans brûlures et nous a donné des résultats spectaculaires en nous permettant de stopper des attaques graves en pleine évolution.

3) Il est possible, toujours sous réserve de traitements effectués de façon correcte, de stopper une attaque sur des feuilles déjà gravement atteintes, ce point est également très important sur le plan pratique, car il permet de sauver une récolte compromise et de rattraper des traitements mal faits ou qui n'ont pu être effectués à temps.

Pour résumer, disons que les produits de traitement huileux sont absolument efficaces et que tous les efforts doivent porter sur l'exécution correcte des traitements.

*Station Centrale des Cultures Fruitières Tropicales.*

## LES TRAITEMENTS PESTICIDES A DÉBIT RÉDUIT EN CULTURE FRUITIÈRE TROPICALE

# LES HUILES DE TRAITEMENTS, LEUR PHYTOTOXICITÉ

par J. CUILLÉ et B. BLANCHET

(I. F. A. C.)

*Alors que le deuxième mémoire de cette série était consacré par J. BRUN à l'action fongitoxique des huiles minérales, nous abordons maintenant la recherche des facteurs déterminant leur toxicité pour le végétal.*

*L'étude de J. CUILLÉ et B. BLANCHET constitue une étape préliminaire visant à définir les propriétés physico-chimiques des huiles particulièrement importantes quant à l'apparition des symptômes graves pour la plante. Il s'agit de tenter de minimiser les répercussions de véritables accidents dus à un emploi exagéré d'huiles minérales par un choix judicieux de ces produits. L'influence de l'application de doses normales d'huiles sur la physiologie de la plante a également été abordée par d'autres chercheurs qui publieront leurs résultats ultérieurement.*

L'expérience encore trop récente que l'on a des traitements par « brouillards légers » à l'huile n'a pas permis une étude systématique des huiles minérales végétales, animales ou synthétiques. Les propriétés exigées des huiles dépendent au premier chef de la tolérance de la plante pour ces produits tous phytotoxiques à des degrés divers. Les applications ayant été surtout effectuées sur le bananier, plante résistant bien à l'action phytotocide des hydrocarbures, toutes sortes de qualités d'huiles ont pu être expérimentées sans inconvénient majeur. Cela ne signifie pas que toutes ces huiles présentent le même in-

térêt ou, à la longue, une inocuité semblable pour la plante.

Les plus récents travaux montrent, en outre, que l'huile ne joue pas uniquement un rôle de support pour le fongicide contenu dans la formule, mais que son action sur le développement du champignon *Cercospora musae* est très importante. Ce mode de traitement devant se développer tant sur bananier que sur d'autres cultures, il nous a semblé intéressant, en profitant largement des données bibliographiques, de définir les huiles utilisables par cette nouvelle technique des traitements huileux « brouillards légers ».

### PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES

Il n'entre pas dans notre propos d'entreprendre une revue complète des études chimiques et technologiques parues sur les huiles, nous nous efforçons de résumer les principales caractéristiques des huiles dites agricoles.

#### Huiles de pétrole.

Lors de la distillation du pétrole brut, 6 catégories de produits se séparent d'après leurs températures d'ébullition (Shepard) ; ce sont :

1. Naphte, essence, éther de pétrole et benzine. . . . . 70-150°
2. Kérosène. . . . . 150-300°
3. Gas-oil, fuel-oil . . . . . 250-350°
4. Huiles lubrifiantes . . . . . 300° et +
5. Paraffine (séparé de 4 par refroidissement).
6. Asphalte, goudrons, poix-coke, restant sous forme de résidus.

Généralement les huiles agricoles appartiennent aux fractions allant du fuel-oil aux huiles légères lubrifiantes (Chapman et col.).



Selon l'origine des pétroles bruts dont elles sont issues, les huiles sont composées en plus forte proportion de carbures paraffiniques ou naphthéniques (il est d'ailleurs plus correct pour ces derniers car-

bures de les appeler asphaltiques, ainsi que le fait remarquer Ebeling).

Chapman et col. indiquent la composition des huiles de différentes origines :

TYPE	RAFFINAGE	POURCENTAGE DE CHAQUE STRUCTURE		
		Chaînes paraf.	Noyaux naphthén.	Aromat.
Paraffinique	Classique	75	15	10
Naphthénique	Moyennement acide	50	40	10
Naphthénique	Classique	45	38	17

Outre ces importantes variations, les divers crus de pétrole sont tous différents et leur composition chimique extrêmement complexe.

Les composants des huiles appartiennent aux séries suivantes :

1. Composés aliphatiques de la série paraffinique, saturés (série de l'Octane..).

2. Composés naphthéniques : saturés cycliques (série ducyclohexane..).

3. Composés aromatiques de la série du benzène avec des doubles liaisons sur le noyau benzénique, donc non saturés.

4. Oléfines, composés non saturés et dérivés étyléniques et acétyléniques (série de l'Octène...)\*

5. Composants divers, dérivant des résines ou des composés asphaltiques, soufre, mercaptans, composés azotés...

On comprend aisément la complexité chimique d'une huile donnée dans laquelle les carbures des différentes séries se trouvent mélangés en fonction de leur volatilité et de l'origine des pétroles dont ils dérivent, sans parler des mélanges pouvant intervenir avec des huiles déjà raffinées.

Voyons cependant quels sont les caractères physico-chimiques utilisables pratiquement pour définir les huiles agricoles.

La viscosité des huiles, propriété du fluide caractérisée par la résistance qu'opposent ses molécules à une force tendant à les déplacer dans son sein, est

évaluée soit par la viscosité absolue exprimée en stocks (ou centistokes), pour les mesures cinématiques et en poises (ou centipoises) pour les mesures dynamiques. Une mesure empirique beaucoup plus rapide est obtenue avec les viscosimètres « à écoulement », divers modèles sont utilisés dans les différents pays, en Amérique le Saybolt, en Angleterre le Redwood et en France le Engler ou le Barbey. Les mesures faites avec ces appareils doivent avoir une précision de 2 %, la conversion en unités de viscosité absolue ne sont qu'approximatives. Pour le sujet qui nous occupe, ces mesures rapides sont suffisantes dans la majorité des cas.

Par ces mesures, on obtient une indication sur la taille des molécules composant l'huile. Toutefois, la taille des molécules n'est pas seule à exercer une action, leur forme peut également intervenir. CHAPMAN cite le cas de deux huiles d'origines différentes : l'une hautement paraffinique avait une viscosité de 50 sec. Saybolt à 38° C (2,6° E) aurait dû avoir une action moindre (étant moins visqueuse) qu'une autre huile d'origine naphthénique qui, elle, avait une viscosité de 125 à 130 sec. (3,4 à 3,6° E). Or l'inverse fut observé : à taille moléculaire égale, les huiles naphthéniques ayant toujours une viscosité plus élevée.

Les différentes classifications des huiles agricoles aux États-Unis en fonction de leurs viscosités sont les suivantes :

Avec des pétroles de Californie (1946-47) :

	(EBELING)		(CHAPMAN)	
	SAYBOLT à 38° C	E	SAYBOLT à 38° C	E
légère	59,3	1,82°	55-65	1,72-1,95°
légère médium	68,5	2,07	60-75	1,85-2,25
médium	77,8	2,3	70-85	2,12-2,5
lourde médium	86,7	2,55	80-95	2,35-2,75
lourde	103,2	2,95	90-105	2,6-3

Sur Citrus des produits pétroliers plus légers encore ont été employés, le Kérosène et la qualité d'huile « Mineral seal » de 40-50 Saybolt (1,35-1,6° E).

En France la viscosité requise par les normes A. F. N. O. R. est de 8,6 à 14,6 csk à 50° C. Soit 1,7 à 2,35° E à 50° ce qui correspond à peu près à 2-2,65° E à 38° ; les huiles : légère médium et médium seules entrant dans ces catégories.

Pour les traitements « par brouillards légers », la viscosité imposée en général par la vitesse d'écoulement optimum dans les canalisations de l'appareil de traitement est de 4 à 7° Engler à 20° C.

Il faut tenir compte cependant de la courbe de la viscosité en fonction de la température. En effet les huiles naphthéniques à teneur élevée en aromatiques perdent rapidement leur viscosité entre 20 et 30° C température d'utilisation possible. On peut remédier en partie à cet inconvénient par addition d'agents spéciaux utilisés pour les huiles moteur.

*Densité.* La densité des huiles est variable non seulement avec le poids moléculaire, mais aussi avec la composition chimique. Pour des huiles de même viscosité, la densité augmente selon les structures : paraffinique, naphthénique et aromatique (SHEPARD).

Les appareils les plus utilisés pour les mesures sont les densimètres pour les produits liquides et les pycnomètres dans le cas des produits pâteux. La précision des mesures doit être de 0,001 ; on utilisera donc des densimètres gradués par unité comprenant chacun 60 graduations : 650 à 710, 700 à 760... jusqu'à 1060. La mesure est faite à 20° C.

Aux U. S. A. la densité est souvent exprimée en degrés Beaumé ou en A. P. I.

La densité des huiles brutes varie entre 0,65 et 1,06 ; les Kérosènes de 0,78 à 0,92 et les huiles plus couramment utilisés pour les traitements de 0,84 à 0,92.

La législation française impose pour les huiles agricoles les densités suivantes :

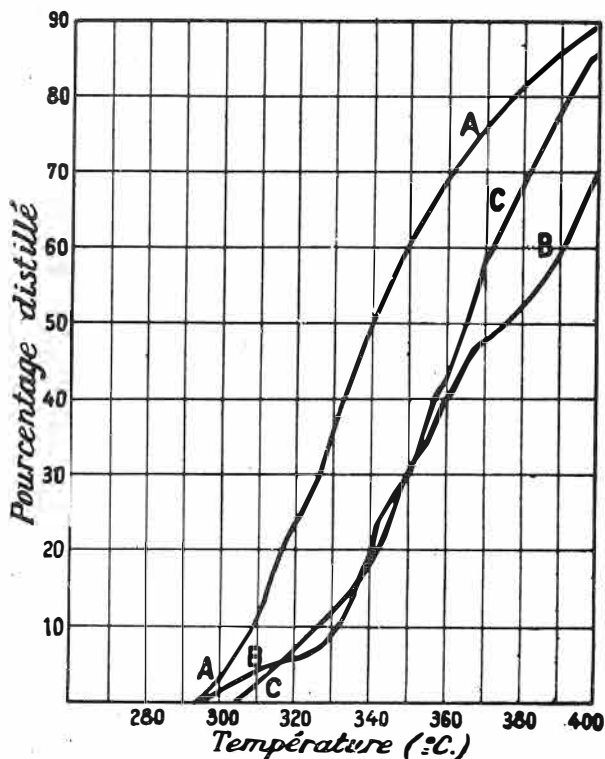
Huile d'été.....	0,840 à 0,920
Huile d'hiver.....	0,860 à 0,930

**Température de distillation.**

Nous avons vu précédemment que les différentes fractions pétrolières étaient séparées par distillation. Il est intéressant, par la suite, pour caractériser un produit et surtout pour juger de son homogénéité, de procéder à une nouvelle distillation. Les résultats sont exprimés pour le pourcentage d'huile distillé

à chaque température lors de l'échauffement progressif du récipient contenant l'huile. La comparaison de courbes de distillation pour des produits pétroliers divers est plus intéressante que la connaissance d'un seul point. En fait on indique généralement la température à laquelle distille un certain pourcentage du volume total. La législation française pour les huiles agricoles indique 60 % minimum du volume passant à 400° C. Cette donnée est intéressante, mais EBELING montre que les courbes complètes de distillation permettent de distinguer les produits homogènes obtenus directement par distillation des mélanges de différentes fractions. Soit 3 huiles A, B et C : A présente une courbe homogène montrant que l'on a affaire uniquement à une huile légère médium. B, dont la température initiale de distillation est la même que A et qui, à 335,6°, a le même pourcentage d'huile distillée que C est un mélange d'huiles : très légère, médium et très lourde. Les trois phases de la distillation sont visibles sur la courbe C, huile lourde homogène, a une température de distillation initiale plus élevée que B et à 400°

FIG. 1 : Courbes de distillation de 3 huiles A, B et C. (Extrait de l'ouvrage d'Ebelling Subtropical Entomology.)



70 % seulement de l'ensemble est distillé contre 87 % pour B.

L'expérience a montré, lors de traitements, sur Citrus, que l'huile B possédait une phytotoxicité beaucoup trop élevée, à cause de sa trop forte teneur en huiles lourdes.

Seule la distillation permettait de différencier les huiles A et B sans avoir recours, bien entendu, à des analyses chimiques complexes.

Voici quelques indications sur les températures de distillation des principales qualités d'huiles agricoles américaines :

(D'APRÈS CHAPMAN)		(D'APRÈS EBELING)			
% dist. à 335° C		% dist. à 335° C	Températures auxquelles distillent :		
			5 %	50 %	90 %
Light	64-79	66,2	290° C	325° C	357° C
Light-médium	52-61	55,4	298,6	331	372,5
Medium	40-49	43,2	305	339	379
Heavy-médium	28-37	39,1	307	346,5	386,5
Heavy	10-25	18	322	354,5	386
Kérozène	100				
Kérozène désodorisé	100				
Seal oil	95				

### Évaporation.

EBELING décrit une méthode, reconnue officiellement aux U. S. A., pour déterminer le pourcentage d'évaporation des Kérosènes et huiles légères. L'huile est placée dans une coupelle en présence de sable et chauffée au bain-marie pendant 6 heures ; par pesées on détermine le pourcentage évaporé à 0 h 30, 1, 2, 4 et 6 heures.

LALLATA indique une autre méthode pour la détermination de la volatilité des huiles : on mesure la perte de poids en 4 heures d'un échantillon de 20 g placé dans une capsule de 9 cm de diamètre dans une étuve chauffée à 110° C.

Il semble que l'action insecticide des huiles utilisées pour la lutte contre le Pou de San José diminue lorsque la volatilité dépasserait 1 %. L'auteur en déduit que l'action des huiles sur les cochenilles est inversement proportionnelle à la volatilité.

L'influence de la volatilité se manifeste bien entendu en agissant sur la rémanence des dépôts constitués sur la végétation. Il est à remarquer que, selon le test de Lallata, un gas-oil présente une évaporation

de 32,5 %, alors qu'une huile habituellement employée pour les traitements par brouillards huileux ne s'évapore qu'à raison de 1,50 %. Ce facteur peut donc influer sur la rémanence du dépôt, mais certainement uniquement lorsque l'insolation est importante.

### Tension superficielle.

SHEPARD donne les valeurs suivantes pour la tension superficielle des dérivés pétroliers : à 20° C.

Bruts (sauf certains californiens) E. . . . .	24 à 26 dynes par centimètre
Bruts californiens . . . . .	25 à 38
Naphtes et essence E	
inf. à 150°. . . . .	19 à 23
Kérosène 150° à 300°. . . . .	23 à 32
Huiles lubrifiantes. . . . .	supérieure

La tension interfaciale entre l'eau et les huiles du type light médium varie en fonction de l'indice de sulfonation (d'après EBELING, 1945), les valeurs suivantes ont été relevées :

U. R.	dynes/cm
92	31,4
70	23,7
60	22,1

Pour les huiles light médium à médium employées pour les traitements de la bananeraie, nous avons obtenu des tensions superficielles comprises entre 30,7 à 33 dynes par centimètre.

#### Indice de sulfonation.

La teneur d'une huile en composés sulfonables constitue l'une des données les plus importantes pour juger de son utilisation comme pesticide.

On sait que les huiles peuvent être raffinées par action de  $\text{SO}_2$  ou d'acide sulfurique : les carbures saturés ne sont pratiquement pas attaqués par l'action de l'acide sulfurique à chaud, alors que les carbures aromatiques ou les aliphatiques non saturés réagissent avec l'acide. Après agitation, les carbures non attaqués se déposent à la surface de la solution acide. De ces données un test de laboratoire a été établi dont voici la description que donne EBELING :

« Le poids spécifique de l'huile à tester est déterminé à 25° C. Le poids équivalant à 5 cm<sup>3</sup> d'huile est ainsi déterminé. 5 cm<sup>3</sup> de chaque huile à tester sont placés chacun dans l'une des 4 bouteilles à crème de Babcock. 20 cm<sup>3</sup> de  $\text{SO}_2\text{H}_2$ , 37 N, répartis en 4 fractions égales, sont ajoutés lentement à chaque échantillon d'huile. Les bouteilles sont agitées en prenant garde à ce que la température ne s'élève pas à plus de 60° C ; il peut être nécessaire de refroidir artificiellement. Lorsque l'acide est bien incorporé à l'huile, les bouteilles sont placées au bain-marie à 100° C, pendant une heure, tout en étant agitées toutes les 10 minutes pendant 10 secondes. Ceci ne s'applique pas au Kérosène, trop volatil, qui ne peut être chauffé au bain-marie.

« Après le chauffage, on laisse reposer les bouteilles jusqu'à ce que la majeure partie de l'huile soit passée à la partie supérieure. On centrifuge alors à 1 500 tours-minute par tranche de 5 mm jusqu'à ce que le niveau d'huile demeure constant. On lit alors directement en centimètres cubes le nombre de centimètres cubes d'huile restant.

Voici quelques indices des principales qualités d'huiles agricoles utilisées :

Kérosène 98.

Huiles light à Heavy-médium, 92.

Heavy, 94.

Huile d'hiver, 70.

La législation française exige un indice de sulfonation de 92 pour les huiles d'été et 70 pour les huiles destinées aux traitements d'hiver.

#### Détermination des pourcentages d'hydrocarbures de structures différentes.

L'analyse de CORNELISSEN et WATERMAN, basée sur les valeurs du poids moléculaire, de l'indice de réfraction, de la densité et du point d'aniline, permet, sans fractionnement des différents carbures, de déterminer les pourcentages de chaînes aromatiques, naphthéniques et paraffiniques. La connaissance de la densité et de l'indice de réfraction permet de définir les proportions des principaux hydrocarbures présents dans une huile en consultant des abaques établis par les auteurs.

L'aniline est solubilisée par les carbures aromatiques et les carbures cycliques dans des proportions beaucoup plus élevées que par les autres carbures. On dissout donc à chaud une forte proportion d'aniline et par refroidissement l'on détermine le point à partir duquel l'aniline devient insoluble. Plus la température est basse, plus l'huile considérée contient de carbures aromatiques.

La méthode de LIPKIN-KURTZ, basée sur la comparaison des densités (ou des indices de réfraction) à différentes températures, permet également une détermination de la structure des huiles.

#### Oxydation.

(SHEPARD). Les composés saturés qui constituent la plus grande partie des hydrocarbures contenus dans les huiles sont susceptibles d'être oxydés, surtout lorsqu'ils sont exposés à l'air libre aux rayons du soleil (U. V.) On peut alors mesurer l'oxydation en dosant les acides formés. Les résultats sont exprimés par la quantité de soude nécessaire pour neutraliser l'acide contenu dans un gramme d'huile. On admet, que, si cet indice est inférieur à 0,16, les risques de brûlures sont négligeables. Entre 0,16 et 0,19 les risques de phytotoxicité sont augmentés et à partir de 0,24, l'huile ne doit pas être utilisée pour les traitements (Advances à Chemistry, série n° 7, p. 40-41, 1952). Cette méthode est surtout utilisée pour définir le degré de décomposition d'une huile.

#### Produits d'addition.

Les huiles contiennent souvent certains composés

résineux ou asphaltiques, ce sont des constituants amorphes qui peuvent renfermer de l'oxygène, du soufre et de l'azote (EBELING). Les bruts de Pensylvanie peuvent contenir 0,2 % de soufre, ceux de Californie en contiennent souvent de 0,5 à 1 % et cette proportion peut aller jusqu'à 4 %. Certains bruts mexicains peuvent avoir une teneur en soufre encore supérieure (SHEPARD).

#### Autres caractéristiques.

*Le point éclair*, ou température minimum de chauffage de l'huile à laquelle les vapeurs deviennent inflammables; *le point de fusion*, la détermination de l'intensité de l'odeur dégagée, sont autant de données utiles à connaître pour les utilisations agricoles des huiles.

## LA PHYTOTOXICITÉ

Bien que les dépôts formés par les brouillards légers soient bien supportés par les végétaux, il importe de sélectionner les huiles les moins toxiques pour les plantes, afin d'éviter les accidents qui pourraient résulter d'un emploi exagéré des produits pétroliers.

En effet, lorsqu'on étudie la bibliographie relative à cette question, on est frappé par le nombre des facteurs mis en cause pour expliquer la phytotoxicité des carbures d'hydrogène. Le seul point sur lequel les auteurs sont en général d'accord est le premier temps du phénomène, la pénétration dans les tissus végétaux (BROWN, HAVIS, CURRIER et PEOPLES, STEWART DALLYS, notamment).

On peut admettre qu'ensuite la phytotoxicité serait uniquement liée à la possibilité d'une pénétration à l'intérieur des cellules. Tant que l'huile demeure dans les espaces intercellulaires, les modifications apportées au métabolisme de la plante n'affectent que modérément les fonctions essentielles (respiration, photosynthèse). Mais à partir du moment où les membranes sont affectées et livrent passage au carbure d'hydrogène, le protoplasme est gravement affecté et les chloroplastes détruits (CURRIER et col.).

En admettant ce schéma simplifié de l'action phytotoxique, on comprendrait la multiplicité des facteurs pouvant intervenir : viscosité de l'huile, tension de vapeur, solubilité dans l'eau, nature des carbures constitutifs, etc...

Un autre processus a également été mis en avant, c'est celui de l'oxydation de l'huile à l'intérieur des tissus avec production de peroxydes ou d'acides gras toxiques pour le végétal; ce processus expliquerait la plus forte phytotoxicité des carbures non saturés.

Avant de pouvoir émettre une hypothèse valable sur le mode d'action de l'huile, il nous a paru indispensable de préciser un certain nombre de points qui n'avaient en général pas retenu l'attention des chercheurs.

#### Méthode de tests.

La plante test, le maïs, est cultivée dans une petite serre à la température de  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Le chauffage et le refroidissement sont commandés automatiquement. L'éclairage est assuré par une série de 4 tubes Phytorel, placés à 50 cm des plantes. Chaque maïs est planté dans un petit pot de terre cuite de 6 cm de diamètre, contenant de la vermiculite. L'humidification est assurée en permanence par une mèche de coton fixée dans le trou d'écoulement d'eau du pot et trempant dans une cuve d'eau de 35 litres. Les pots sont donc placés sur une grille à quelques centimètres de la surface de l'eau, ce qui assure une humidité constante de 85 % au niveau des feuilles.

Le premier traitement est fait 4 à 5 jours après la germination, le test dure une semaine. Pendant tout ce temps, le maïs ne reçoit aucun élément nutritif, la plante ne se développe que grâce aux réserves du grain.

Pour le traitement 10 pots sont placés dans un tunnel, sur un plateau tournant, devant un pulvérisateur pneumatique. Trois centilitres d'huile sont alors pulvérisés.

De la façon dont est faite l'atomisation dépend la fidélité du test. En effet, sans précautions particulières, les caractéristiques du nuage seraient variables, suivant les différentes viscosités des huiles testées. Il est nécessaire de disposer d'un appareillage permettant d'assurer la constance du débit en liquide de l'atomiseur quelle que soit la viscosité. De plus, à chaque test, il est prudent de contrôler l'importance du dépôt formé.

On assure une vitesse d'écoulement constante de l'huile en agissant sur la pression appliquée au liquide. Quant aux dépôts, ils sont estimés par pesée d'un carton placé à côté des plants de maïs pendant le traitement.

Pour obtenir une action nette avec la plupart des

huiles testées, il est nécessaire que le dépôt soit de l'ordre de 1 mg par centimètre carré. Pour des valeurs extrêmes de 0,7 à 1,6 mg/cm<sup>2</sup>, les différences d'action de l'huile ne sont pas considérables : au-dessous de la limite inférieure, la gravité des symptômes diminue, mais lorsque les dépôts dépassent 1 mg, il n'apparaît aucune augmentation de la phytotoxicité, le seuil minimum étant dépassé.

Les traitements sont effectués toutes les 48 heures, soit les jours 0, 2 et 4 après le début du test ; les observations sont faites avant chaque traitement et à la fin de l'essai, c'est-à-dire le 7<sup>e</sup> jour.

### Résultats.

Les notations portent à la fois sur la croissance des plantes et sur les symptômes visibles : nous nous sommes efforcés de définir la surface foliaire totale de chaque lot de plantes et la surface fonctionnelle.

La surface totale est évaluée par le produit de la longueur et de la largeur de chaque feuille, celle-ci étant donc assimilée à un rectangle.

La surface fonctionnelle est déterminée en tenant compte de la gravité des symptômes observés et de l'étendue des altérations sur chaque feuille.

Nous avons donc donné une note à chaque catégorie d'altération généralement observée dans l'ordre chronologique suivant :

- S<sub>1</sub> = taches claires (ou noires) éparées.
- S<sub>2</sub> = zones décolorées (ou noires).
- S<sub>3</sub> = zones jaune sombre.
- S<sub>4</sub> = zones brunes.
- M = feuille morte.

Chaque catégorie correspond à un coefficient :

- S<sub>1</sub> = 0,25.
- S<sub>2</sub> = 0,5.
- S<sub>3</sub> = 0,75.
- S<sub>4</sub> = 1.

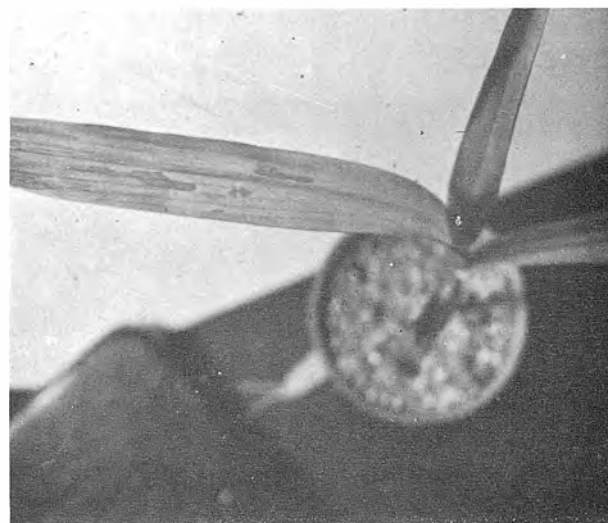


FIG. 2. — Symptômes 2 et 3 sur une feuille de maïs : à l'extrémité distale zones décolorées, au centre zones jaune sombre.

Selon l'étendue de chaque catégorie d'altération sur 1/8<sup>e</sup>, 1/4, 4/4 de la feuille, il faut diviser le coefficient ci-dessus, indiquant la gravité par la surface affectée. On obtient ainsi le coefficient final représentant la fraction non fonctionnelle de la feuille qu'il suffira d'appliquer à la surface totale mesurée.

En plus de ces observations, en fin d'expérimentation tous les plants de maïs sont coupés au collet et pesés.

Les essais sont conduits comme de petits essais agronomiques : à chaque test nous avons 5 parcelles témoins de 5 pots de maïs chacune et de 2 blocs égaux au témoin recevant chacun un traitement différent. Soit à chaque test 3 séries de 25 maïs.

Au cours de l'année écoulée, nous avons testé 84 huiles différentes au cours de 42 séries d'essais. Si l'on considère les résultats globalement, en prenant d'un côté tous les lots témoins et de l'autre tous les lots traités de ces 42 tests, les différences entre les séries de témoins et de traités sont les suivantes :

TRAITEMENT	I	II	III	
après	0 jour	2 jours	4 jours	7 jours
Témoins : Surface foliaire totale en cm <sup>2</sup>	5,07	13,26	22,65	32,69
Traités : — totale	5,07	11,36	16,28	23,36
— : — fonctionnelle	5,07	10,39	12,71	17,26

On voit que la croissance des plantes traitées à l'huile subit sa plus forte réduction, après les deuxième et troisième traitements.

L'action de l'huile s'est surtout manifestée par un ralentissement de la croissance, beaucoup plus que par la destruction des tissus foliaires.

Des pesées globales de plantes traitées et témoins faites sur 22 séries, soit 550 plantes seulement, indiquent une différence de poids de 29,6 % entre traités et témoins.

Sur ces mêmes plantes les mensurations faites comme ci-dessus se traduisent par :

réduction surface totale. . . . .	24,9%
— fonctionnelle. . . . .	15,7
réduction totale. . . . .	40,6%

En comparant ces deux modes d'expression de la phytotoxicité, on voit que la réduction de poids correspond assez fidèlement à la réduction de surface, ce qui est tout à fait normal. Quant à notre évaluation de la surface fonctionnelle, les 15,7 % que nous attribuons à cette réduction ne se traduisent que par une perte de poids supplémentaire de 5 à 6 %, en admettant que le poids spécifique de la plante traitée soit le même que celui du témoin.

Les deux indications ont donc leur intérêt, mais nous pensons que pour des tests rapides, les pesées peuvent suffire pour donner une idée exacte du phénomène.

\* \* \*

Les résultats ci-avant se rapportent, comme nous l'avons signalé, à la moyenne générale obtenue avec tous les lots témoins et les lots traités avec des huiles de qualités très différentes.

Ils montrent d'une façon très nette que, dans notre expérimentation, la phytotoxicité se traduit par une inhibition importante de la croissance et par la destruction partielle des tissus foliaires.

Envisageons maintenant les conditions favorisant cette action de l'huile appliquée sur les jeunes plants de maïs.

Trois catégories de facteurs ont été nettement dégagées de notre expérimentation, ils concernent :

- les quantités d'huile appliquées,
- l'influence des conditions ambiantes,
- les propriétés physico-chimiques des huiles.

#### L'importance des dépôts d'huile.

La quantité d'huile fixée par les feuilles peut varier considérablement selon l'appareillage utilisé pour le

traitement et les caractéristiques de l'huile, ainsi que nous l'avons montré dans un travail précédent (*Fruits*, déc. 57). Nous devons insister sur le fait que l'on ne peut comparer l'action de deux huiles différentes que si les dépôts de ces deux huiles sont égaux en poids ou en volume.

Cette condition paraît élémentaire, mais dans la pratique, elle est bien rarement réalisée. En effet, si l'on utilise un pulvérisateur pneumatique réglé d'une façon déterminée et que l'on pulvérise successivement des huiles de viscosité de plus en plus élevée, on pourra obtenir les variations suivantes des dépôts : (temps de traitement constant, mais volumes d'huile différents).

Viscosité degré Engler	Poids du dépôt
1,78	100
2,7	68,2
4,2	63,3
5,5	46,7
7,1	41
9,3	34,2
10,7	29,6

Avec une huile phytocide, ces différences peuvent se traduire par une réduction de croissance allant de 30,4 % à 0 %.

Ce fait explique pourquoi, dans la pratique de l'atomisation, on a tendance à considérer les huiles fluides comme phytotoxiques, alors qu'en pulvérisation classique, avec les huiles émulsionnées dans l'eau, on constate justement qu'elles sont les moins phytocides.

Pour les atomiseurs, une diminution de viscosité de l'huile se traduit par un plus fort débit ou par l'accroissement de la taille des particules du nuage produit, c'est-à-dire dans tous les cas par une mauvaise répartition du produit.

En pulvérisation à grand volume, la présence de 2 à 4 % d'huile émulsionnée ne modifie pas la viscosité de l'émulsion et les doses appliquées au végétal demeurent constantes quelle que soit la viscosité des huiles de base.

Sur maïs, dans nos conditions d'expérience, une action dépressive ne peut être obtenue, même avec des huiles nettement phytotoxiques, qu'avec des dépôts de l'ordre de 700 à 1 600  $\gamma/cm^2$  et à condition de répéter le traitement tous les deux jours. Une immersion dans l'huile produirait approximativement des dépôts aussi importants sur les feuilles.

Sur bananier l'excès d'huile peut être généralisé

(fig. 4 a), la feuille entière prendra alors une coloration jaune ou noire selon les huiles, mais le plus souvent il affecte la forme représentée à la figure 4 (B).

La forme la plus dangereuse est l'atteinte du régime qui produira soit des zones liégeuses brun clair sur les fruits, si l'accident se produit dans le jeune âge, soit des zones noires si le traitement défectueux a eu lieu peu de temps avant la coupe.

Avec les dépôts résiduels habituellement réalisés lors des traitements fongicides normaux par atomisation, de l'ordre de 50 (20 à 100  $\gamma/cm^2$ ) aucune action phytocide ne peut être décelée, même en répétant fréquemment le traitement.

### Influence des conditions ambiantes.

Opérant sur des plantes jeunes et éliminant les facteurs nutritionnels, nous devons envisager les facteurs influant sur la résistance du végétal aux traitements avec les huiles minérales. Ce sont principalement la température, l'humidité atmosphérique et l'éclairage.

Les variations de température produisent de grandes différences dans les manifestations de la phytotoxicité. Nous ne nous sommes pas livrés à une étude systématique de ces phénomènes, nous avons simplement vérifié que des élévations de température de l'ordre de 4 à 5° influaient de façon considérable sur les résultats. Voici, à titre d'exemple, les résultats obtenus avec la même huile appliquée aux mêmes doses sur deux lots de maïs, l'un maintenu à 25° C ( $\pm 1$ ) et l'autre à 30° C ( $\pm 1$ ) :

	Croissance	Surface fonctionnelle	Poids
25° C	— 8,8 %	— 32,4 %	— 4,2 %
30° C	— 24,3 %	— 64,6 %	— 33,4 %

En principe l'élévation de la température favorise la pénétration des huiles dont elle diminue la viscosité (BROWN). Il est bien possible que la chaleur modifie également d'autres processus tels que la perméabilité des membranes et influe aussi sur la tension de vapeur des huiles.

Ce que nous retenons pour notre méthode de tests est qu'on ne peut comparer deux huiles que si les tests sont effectués exactement à la même température.

Il en est de même pour l'humidité ambiante, bien que nous n'ayons pu faire d'essais comparatifs, nos plantes étant toujours placées dans les mêmes conditions hygrométriques, on observe un flétrissement

beaucoup plus rapide que la normale pour des végétaux traités et placés en atmosphère sèche.

Le facteur dont l'étude semble la plus instructive est celui de l'influence de la lumière. L'influence des radiations ultraviolettes sur les phénomènes de phytotoxicité avait déjà été mise en évidence.

Dans notre expérimentation, les plantes sont normalement soumises à une lumière dont les radiations extrêmes sont situées entre 4000 et 7000 Å, seul le proche U. V. peut avoir une action. Physiologiquement, seule une action thermique est donc à attendre, puisque BAKER (V. H.) et col. ont montré que la limite de l'ionisation était de 2 880 Å.

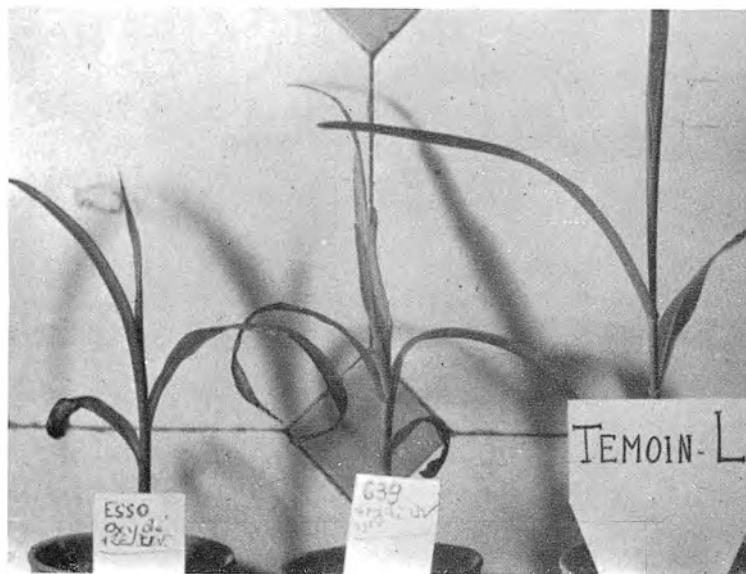


FIG. 3. — Différences de croissance entre une plante témoin à droite et 2 maïs traités avec des huiles différentes.

Pour l'expérimentation 3 lots de maïs étaient soumis à des conditions différentes d'éclairage, toutes autres conditions étant égales par ailleurs. Un lot était maintenu à la lumière artificielle définie ci-avant, le second, dans le même dispositif, ne recevait la lumière qu'à travers un filtre à U. V., le troisième lot était maintenu à l'obscurité totale.

Cet essai fut fait avec deux huiles de qualités très différentes, l'une phytotoxique contenant 15 % d'aromatiques et l'autre bien raffinée peu phytocide dosant moins de 5 % de composés aromatiques.

A l'obscurité, on remarque bien entendu une croissance beaucoup plus rapide du maïs avec une coloration jaune clair due à une insuffisance chlorophyllienne. Les lots traités sont comparés avec des témoins placés dans les mêmes conditions.

Les résultats sont les suivants :



	Huile phytotoxique		Huile peu phytocide	
	C	Ψ	C	Ψ
Lumière. ....	— 42,3	— 34,8	0	— 24,8
Lumière -U.V. .	— 39,5	— 12,3	— 8,7	— 13,9
Obscurité. ....	0	— 14,8	— 2,3	— 21

(C = réduction de la surface foliaire totale en %).

(Ψ = réduction de la surface foliaire fonctionnelle en %.)

On remarque que la croissance du maïs est affectée par l'huile phytotoxique en présence de la lumière seulement, alors que pour la deuxième huile l'éclairage est sans influence. Les nécroses, par contre, se produisent dans tous les cas, plus spécialement à la lumière, mais sans qu'on puisse trouver une corrélation nette.

Si l'on étudie les modifications d'acidité de l'huile après exposition à une lumière riche en U. V. afin d'accentuer le phénomène, on constate qu'après 4 heures la teneur en acides passe de 0,18 à 0,70 (mg K<sub>2</sub>O) alors que 0,24 constitue la limite généralement acceptée pour les huiles agricoles.

Cette constatation donnerait à penser que le phénomène le plus important pour les huiles contenant des composés non saturés est la formation de composés oxygénés : oxydes, peroxydes et acides gras. Toutefois ces composés auraient surtout, dans nos tests, une action sur la croissance de la plante. La destruction des tissus : décoloration et nécroses ne seraient pas influencées par une action chimique. Avant de développer ce point de vue, il importe de rechercher des faits expérimentaux permettant de compléter ces premières données.

#### **Influence de la composition physico-chimique des huiles minérales.**

Nous savons que les huiles minérales, utilisées en agriculture, sont un mélange complexe de carbures d'hydrogène : saturée de la série paraffinique (aliphatique) et de la série naphénique et non saturée aromatique et oléfines (dérivés des séries éthylénique et acéthylénique). Les huiles renferment en outre des résines, des composés soufrés et souvent des traces d'éléments les plus divers.

Il est difficile de tester isolément l'action des divers constituants des huiles sans avoir recours comme HAVIS aux carbures eux-mêmes. Aussi, dans notre expérimentation, nous sommes-nous limités à la recherche d'une corrélation entre la phytotoxicité et la teneur en carbures aromatiques, naphéniques

et paraffiniques, dosés par la méthode de CORNELISSEN et WATERMAN.

*Aromatique* : Voici les résultats obtenus par la composition de l'action phytotoxique des huiles :

TENEUR EN AROMATIQUES	RÉDUCTION DE SURFACE EN %		RÉDUCTION DE POIDS EN %
	totale	fonctionnelle	
0	5,2	4,3	—
0,7	2,5	5	—
2,5	2,5	12	—
3	0	5,4	—
5	0,45	22,7	—
5	10,2	8,3	3
5	8,8	32,4	4,2
7	4,4	12,2	3,3
9,1	3	11,7	3
10,6	30,2	31,7	45,4
12	34,4	26,2	48,2
14,7	26,3	26,7	12
17,1	29,9	22,7	16
17,7	28,3	25,4	27,7
23	33,2	10,7	31,1

Ces chiffres montrent nettement que dès que la concentration en aromatiques atteint 10 %, l'huile produit une action très nette sur la croissance du maïs qui se trouve réduite de près de 30 %. Par contre la surface nécrosée, bien qu'étant généralement plus importante, n'est pas systématiquement augmentée, inversement des nécroses importantes peuvent être produites par des huiles peu riches en aromatiques.

*Paraffiniques-Naphéniques* : Avec les huiles testées, nous ne pouvons trouver de corrélation entre la phytotoxicité et la teneur en carbures naphéniques, les huiles riches en carbures naphéniques 35 à 40 % ne se montrent pas plus phytotoxiques que celles d'origine paraffinique, 25 % de naphéniques environ.

*Autres constituants* : Une étude serait à faire sur l'influence de la présence dans l'huile de composés soufrés et aussi de l'influence de l'acidité. Ces deux facteurs sont certainement importants dans bien des cas, en principe leur présence doit être accidentelle, mais il faut en tenir compte en cas d'accidents sur la végétation.

*Propriétés physiques* : Viscosité, tension superficielle et tension de vapeur sont les caractéristiques



FIG. 4. — *En haut* : Excès d'huile généralisé sur les feuilles terminales du bananier.

*En bas* : Une fraction de feuilles a reçu un excédent d'huile au passage de l'appareil ; une nécrose localisée s'est produite.



les plus intéressantes à étudier. Dans l'état actuel de nos recherches, nous n'avons envisagé que la viscosité. Si l'on compare le phytotoxicité d'huiles de viscosités différentes, mais contenant toutes moins de 5 %  $\alpha$  aromatiques, nous obtenons les résultats suivants :

VISCOSITÉ °ENGLER A 20° C	RÉDUCTION EN % DE LA SURFACE		DU POIDS
	totale	fonction- nelle	
3,7	2,5	12	—
3,6	3,5	33,4	3
4,85	0	5,4	—
5	2,5	5	—
6,9	4,4	12,2	3,35
13	10,2	8,3	—

Dans la marge des viscosités requises pour les huiles utilisées lors des traitements par atomisation, les variations de viscosité n'entraînent que de faibles modifications de phytotoxicité. Il se peut que ce facteur ait cependant une influence sur la phytotoxicité chronique et sur les effets d'accumulation dans la plante que nos tests ne peuvent déceler entièrement.

#### Discussion.

De ces quelques données expérimentales, il serait bien imprudent de vouloir tirer des conclusions générales. Remarquons cependant que plusieurs faits ou hypothèses de travail peuvent être dégagés :

— Les dépôts d'huiles réalisés normalement, lors des traitements par atomisation, sont sans effet sur le maïs comme ils le sont sur le bananier et sur bien d'autres plantes. L'action phytotoxique ne résulte que de l'emploi de quantités considérables d'huile.

— Deux catégories de facteurs semblent déterminants.

En premier lieu la composition chimique de l'huile ainsi que nous l'avons montré : les composés non saturés agiraient soit directement, soit plus encore après décomposition par la lumière. Sur maïs, cette action se manifeste par une réduction très nette de la croissance. Sur bananier, ils confèrent à la feuille une coloration noire typique et aux fruits des zones subérifiées ou nécrosées.

Les deuxièmes facteurs seraient vraisemblablement d'ordre physique sans que l'on puisse les rattacher directement à la viscosité. Ils produisent, sur maïs, les altérations des tissus : destruction des chloroplastes, suivie de nécrose. Une action d'ordre chimique est difficile à admettre puisque cette manifestation se produit aussi bien avec des huiles paraffiniques raffinées à 100 % qu'avec des huiles de toutes origines.

Ces faits nous conduisent à considérer qu'il existe non pas une forme aiguë et une forme chronique de la toxicité des huiles minérales, comme l'admet BROWN, mais un mode d'action chimique et un second mode physique qui interviennent chacun à plus ou moins long terme.

### Conclusion.

De ces quelques données expérimentales, nous pouvons retenir pour l'utilisateur qu'il peut opérer une première sélection dans le lot des huiles qui lui sont

Fig. 5. — Action des rayons ultraviolets sur une plante traitée au gas-oil. Au centre le témoin, à droite le maïs traité et irradié avec des nécroses importantes. A gauche le filtre à U. V. a diminué la destruction des tissus.

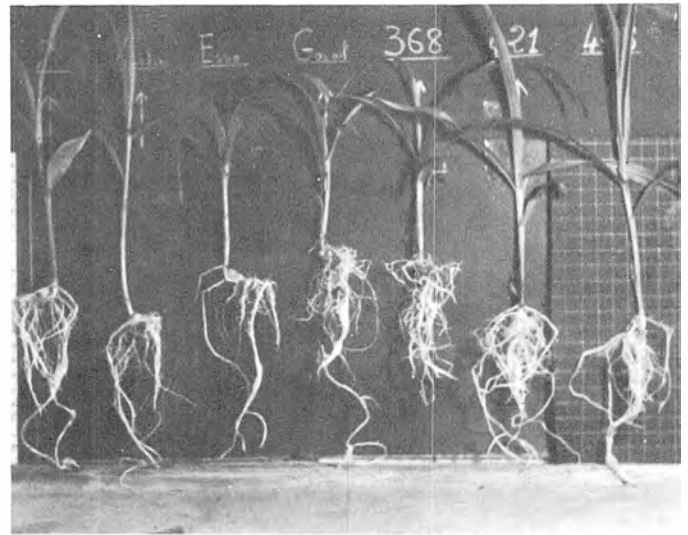
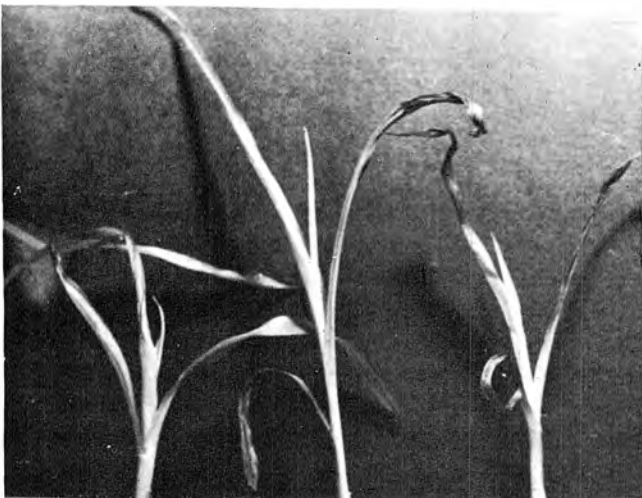


Fig. 6. — Test avec des huiles possédant des teneurs en aromatiques différentes. Noter les réductions de croissance.

proposées, pour les traitements par « brouillards légers ».

Les caractéristiques à retenir sont :

- dénomination : huile agricole, médium on light médium,
- viscosité : 4 à 7° Engler à 20° C — pas inférieure à 3° E à 30° C,
- densité : 0,830 à 0,930 — si possible moins de 0,900,
- distillation : 50 % distillant entre 325 et 340 maximum,
- évaporation : moins de 20 % au test de Lallata,
- indice de sulfonation (U. N. R.) : 85-90 % minimum,
- teneur en aromatiques (CORNELISSEN et WATERMANN) : inférieure à 10 à 12 %,
- nature : indifféremment paraffinique ou naphthénique,
- acidité : inférieure à 0,16 (en K<sub>2</sub>O),
- produits d'additions : exempts de composés soufrés ou présence de traces.

On note que pendant les périodes très ensoleillées, les risques sont beaucoup plus importants. Il en est de même aux heures où la température est élevée. S'il faut traiter pendant ces périodes, on a intérêt à choisir une huile très raffinée et peu visqueuse.

En régime irrigué, pendant la saison sèche il est rare d'avoir à traiter *Cercospora musae*, mais s'il le faut on choisira le moment des apports d'eau pour les applications d'huile.

I. F. A. C.

Laboratoire de Défense des Cultures.

## RÉFÉRENCES CITÉES

- BAKER (V.), WIAAT (DE) & TABOADA (O.). — Effects on Electromagnetic energy of plants and animals. *Mec. Eng.*, juin 1954.
- BROWN. — Insect Control by Chemical N. Y.
- CHAPMAN (P. J.) & Col. — Oil Sprays for Fruit Trees. *Agric. Yearbook*, n° 2319, 1952.
- CURRIER (H. B.) & PEOPLES (S. A.). — Phytotoxicity of Hydrocarbon. *Hilgardia*, vol. 23, nov. 1954, n° 6.
- CORNELISSEN & WATERMAN. — Constitution of Mineral oil fractions. *Tech. Un. of Chemic. Eng. Delft*, 956, janvier.
- DALLYN (S.). — Herbicidal action of oils. Cornell University Memoir 298, Aug. 1950.
- EBELING (W.). — Subtropical Entomology, 1950.
- GUYOT (H.) et CULLÉ (J.). — Les formules fongicides huileuses pour le traitement des Bananeraies. *Fruits*, vol. 9, n° 7, 1954, p. 289-292.
- LALLATA (F.). — Gli insetticidi a base di olei di distillazione. *Ital. agric.*, 51, vol. 88, n° 2, p. 108-112.
- PEARCE (C. W.) and Col. — Insecticidal Efficiency of Saturated Petroleum Fractions. *Ind. and Eng. chem.*, vol. 40, févr. 1948, p. 284.
- SHEPARD (H. H.). — The Chemistry and Action of Insecticides. N. Y., 1951, Mac Graw Hill Book Company.



## LES TRAITEMENTS PESTICIDES A DÉBIT RÉDUIT EN CULTURE FRUITIÈRE TROPICALE

# ESSAI DE PRÉVISION DES ATTAQUES DE *CERCOSPORA* EN GUADELOUPE

par H. GUYOT et J. CUILLE

*Ce travail placé sous la direction de H. GUYOT et J. CUILLE a été réalisé grâce au concours des techniciens de la Station de l'I. F. A. C. de Guadeloupe et du Laboratoire de Défense des Cultures de Paris. P. AUTOUR, P. OLIVIER, H. LOCHMANN, B. BLANCHET, M. VOLLET et J. BELMONT ont réalisé un travail matériel considérable pour assurer chaque semaine, pendant près de deux ans, les observations sur plus de deux cents bananiers. Mille cinq cents graphiques hebdomadaires ont été relevés, analysés heure par heure et traduits en courbes.*

*Les résultats obtenus sont suffisamment probants pour faire l'objet de la note ci-après. Ils méritent d'être vérifiés et repris dans des conditions écologiques différentes. Dès à présent ils apportent un élément d'appréciation facile pour l'agronome qui cherche à localiser avec plus de précision le moment des attaques de Cercospora.*

*Nous espérons que le traitement « sur ordre » avec les huiles minérales appliquées à débit réduit, permettra de limiter le nombre des applications.*

L'utilisation de pesticides efficaces, capables de limiter le développement d'un parasite, conditionne certainement le succès d'un traitement. Le second impératif de la réussite réside dans le choix de l'époque des interventions et de leur périodicité.

Pour la lutte contre *Cercospora musae*, comme pour bon nombre d'autres champignons, le plus simple consiste à protéger la plante pendant la période critique de l'année par des applications fongicides répétées et d'espacer ensuite les traitements en saison sèche, moins propice au développement du cryptogame.

Cependant cette méthode due à R. LEACH est pratiquée surtout pour les applications de bouillie bordelaise. Elle conduit à réaliser des traitements chaque quinzaine en saison humide et parfois plus d'une fois par mois en saison sèche : 20 à 22 traitements sont alors nécessaires.

Cette pratique « d'assurance » ne fait courir aucun risque au planteur, mais l'entraîne à des dépenses importantes constituées en grande partie par des traitements parfaitement inutiles.

On ne peut l'abandonner, qu'en possédant la certitude d'intervenir de façon suffisamment efficace pour anihiler instantanément l'attaque fongique et aussi de prévoir aussi exactement que possible le moment de l'infection.

La première de ces deux conditions est réalisée, puisqu'avec les huiles minérales appliquées par atomisation, l'attaque de *Cercospora* peut être arrêtée, même lorsque le champignon a développé son mycélium à l'intérieur des tissus foliaires (J. BRUN). Avec les sels de cuivre, dont la bouillie bordelaise, l'action du fongicide ne se manifeste que par l'inhibition de la production de conidies ou de leur germination (R. LEACH).

Il en résulte que le système de prévision devrait tenir compte de ce seul moment où le champignon est sensible à l'action du produit antifongique.

Dans ce but, étudiant en Guadeloupe les possibilités de prévoir les attaques de *Cercospora*, nous avons repris les travaux antérieurs et tenté de tirer le maximum d'indications de l'étude de la formation et de la durée des rosées.

On sait en effet, depuis des travaux de STAHEL, de LEACH et de CALPOUZOS que la présence d'eau sur la feuille est nécessaire pour permettre la germination des conidies. Par ailleurs, l'émission des organes de reproduction, conidies ou ascospores ne peut se faire qu'en atmosphère très humide. A la suite des études faites à la Jamaïque par LEACH, il était apparu que les bananiers situés sous ombrages, et sur lesquels la rosée ne se formait pas, étaient épargnés en grande partie par *Cercospora*. Des recherches très précises avaient été faites tant sur l'émission du tube germinatif que la formation d'appressoria. Le rôle de la lumière avait également été envisagé.

Ces recherches montraient que la rosée était le facteur limitant le plus important, quant aux possibilités de reproduction du champignon, toute lutte préventive avec des produits cupriques devait donc être basée sur l'étude du régime des rosées.

En 1955-56 nous avons monté une expérimentation consistant à cultiver plusieurs petites parcelles de bananiers sous des ombrages artificiels plus ou moins denses. Les résultats furent d'une netteté remarquable :

absence totale de rosée, absence de *Cercospora*. Quelques extrémités de feuilles développées à l'extérieur des abris étaient normalement cercosporées.

Dans le même temps, nous avons monté un roséographe enregistreur photographique avec une jauge de DUVDEVANI (à paraître), qui nous permettait de reconnaître avec une grande précision la durée des rosées. De ces observations, qu'il est inutile de relater par le détail étant donné leur peu d'intérêt pratique, nous devons conclure que, si la rosée est bien un facteur déterminant, une limitation naturelle de l'attaque de *Cercospora* peut très bien se produire en même temps que des rosées très abondantes.

Il en résulte que la prévision des infections est peut-être possible en se basant sur les variations du régime des rosées, quoique les piégeages des ascospores et des conidies paraisse plus certain. Mais si l'on ne se préoccupe que du développement des taches sur les feuilles il existe d'autres facteurs plus intéressants à étudier.

Pour la suite de ces recherches, nous avons donc supposé que des organes de reproduction pouvaient être émis toute l'année et nous n'avons plus examiné que le développement végétatif. Il va sans dire que la méthode que nous nous efforçons de définir ci-après est absolument sans valeur pour des traitements préventifs, avec les fongicides cupriques notamment. Elle ne peut donner des chances de réussite qu'avec les huiles minérales ayant une action curative bien établie.

## ÉVALUATION DE L'ATTAQUE DE *CERCOSPORA*

La principale difficulté rencontrée pour rechercher une corrélation entre le développement du champignon et les principaux facteurs microclimatiques réside dans l'évaluation de la progression du cryptogame au moment même où les autres mesures sont effectuées : (mesures de l'humidité atmosphérique, de la température, de la pluviosité, etc...).

Un grand nombre d'échelles d'évaluation des symptômes provoqués par *Cercospora* a déjà été utilisé par les différents auteurs : WARDLAW, LEACH, DANTAS, MERNY et col., HOLLIS et BRUN. Pour notre part, à ces systèmes basés en général sur l'importance de la surface foliaire détruite par le champignon, il nous fallait ajouter des notations concernant les stades les plus précoces de l'apparition du champignon. Nous sommes donc arrivés à l'échelle suivante :

- STADES : 1. A. Taches blanches ou jaunes (White ou Yellow spotting) sur moins d'1/4 de la feuille
1. B. Taches blanches ou jaunes (White ou Yellow spotting) sur plus d'1/4 de la feuille
2. A. Taches elliptiques (nécroses) sur moins d'1/4 de la feuille
2. B. Taches elliptiques (nécroses) sur plus d'1/4 de la feuille
3. 1/4 de feuille nécrosée
4. 1/2 de la feuille
5. 3/4 de la feuille

Dans chacun de nos quinze postes d'observations, chaque semaine quatre feuilles en voie de déroulement

étaient marquées à l'emporte-pièce, et les observations portaient sur les feuilles marquées les semaines précédentes. A un moment donné, on possédait ainsi, sur différents bananiers, une image correspondant à un bananier théorique émettant une feuille chaque semaine.

Dans la pratique si nous marquons quatre feuilles, nous ne retenons ensuite que la feuille la plus attaquée par *Cercospora*.

La poursuite des observations pendant deux années sur la majorité des postes et pendant trois ans sur notre station de recherches de Neufchâteau nous a permis d'avoir une idée assez nette du développement de *Cercospora* dans les différents microclimats de la Guadeloupe.

L'expression de ces résultats peut être faite de deux façons : dans la première, nous pouvons relever pour chaque semaine l'état sanitaire de notre bananier idéal : c'est la notation habituelle pratiquée dans la bananeraie lorsque l'on évalue la surface foliaire saine sur des bananiers de différents âges. Une telle courbe peut être intéressante pour évaluer l'action d'un traitement, mais dans le cas présent elle ne peut être d'aucune utilité pour déterminer si les conditions climatiques de telle ou telle semaine ont eu une influence sur le développement du champignon.

En effet, si l'on repère une période pendant laquelle le stade moyen est élevé, il faudrait déterminer quelle a été la ou les semaines favorables, compte tenu du passé de toutes les feuilles. Certaines feuilles, les plus anciennes, auraient pu se trouver placées dans des conditions alternativement favorables ou défavorables au développement de *Cercospora*.

Seule une étude statistique complexe pourrait permettre alors de faire quelque lumière. Afin d'éviter cet inconvénient majeur, nous avons décidé, pour chaque semaine, de ne retenir que les changements de stades observés.

Les résultats que l'on obtient de cette manière sont résumés par la figure 1. Dans ce schéma chaque ligne verticale représente une feuille de bananier et la date portée à l'origine (bas) indique la date de son déroulement (numéro de la semaine).

Cette feuille est observée pendant 14 semaines. En suivant chaque ligne verticale de bas en haut, nous avons représenté par des cercles les différents changements de stades. Lorsque deux ou trois cercles concentriques sont portés, ils indiquent le passage de la feuille par autant de stades entre deux observations hebdomadaires.

Un cercle de fort contour indique les stades 1 A et 1 B.

Un cercle noir, les stades 2A et 2B.

Un cercle blanc, les stades 3, 4 et 5 que nous n'avons pas différenciés ici pour la clarté du graphique.

Un cercle barré correspond à la dernière observation.

Chaque ligne inclinée représente une semaine donnée, définie par son numéro aux deux extrémités (40<sup>e</sup> semaine = 1<sup>er</sup> au 7 octobre).

En suivant chaque ligne inclinée, on rencontrera tous les changements de stades des différentes feuilles en observation cette même semaine.

Une intersection de la ligne « semaine » et de la ligne feuille qui ne comportera pas de cercle indiquera donc que la feuille est demeurée au même stade.

Prenons un exemple de la double exploitation possible de ce graphique :

La feuille en voie de déroulement marquée la 30<sup>e</sup> semaine (ligne verticale 30) porte un premier cercle au point d'intersection de la 5<sup>e</sup> ligne oblique (comptée de bas en haut), cette ligne est celle de la 35<sup>e</sup> semaine. Ce cercle représentant un stade 1, on voit que ce premier stade a été observé sur la feuille cinq semaines après le déroulement.

En suivant cette verticale 30, on trouve ensuite à l'intersection de l'oblique 36 un disque noir entouré d'un second cercle : il indique qu'en une semaine la feuille est passée du stade 1B à 2A puis 2B. La feuille demeure ensuite à ce même stade 2B jusqu'à la 39<sup>e</sup> semaine où un cercle blanc indique l'apparition du stade 3. A partir de ce moment chaque semaine la feuille franchit un nouveau stade jusqu'à la 42<sup>e</sup> semaine.

On voit, en notant que les verticales de ce graphique 1 (Fig. 2) que la durée des différents stades est inégale et essentiellement variable :

la durée du stade 0, ou période d'incubation, varie de 2 à 5 semaines ;

le passage de 1 à 2 est en général rapide, 1 à 2 semaines ;

PHOTO 1. — Attaque de *Cercospora* (stade 4).



la durée du stade 2A ou B est certainement celle qui nous donne les meilleures indications. En effet, c'est elle qui se trouve allongée, souvent plus que la période d'incubation, lorsque le développement du champignon est faible (voir graphique 2) ;

les stades 3, 4 et 5 se succèdent généralement à l'intervalle d'une semaine.

Nous constatons donc deux faits importants : le premier est que l'infection se produit pratiquement toute l'année, dans les conditions de la Guadeloupe, la période d'incubation étant allongée en période défavorable au développement de *Cercospora*. En second lieu nous remarquons que la limitation naturelle de la maladie s'effectue au stade 2 (taches nécrotiques, black spotting).

En revenant au graphique 1, si nous suivons une ligne oblique, la ligne 45 par exemple (correspondant à l'observation effectuée lors de la 45<sup>e</sup> semaine) nous comptons 6 changements de stades, alors que cette oblique a 11 points d'intersections avec les lignes verticales ; les feuilles 32, 33 et 34 ayant dépassé le stade 5 ne sont plus comptées.

Pour cette 45<sup>e</sup> semaine, nous avons donc porté à la partie supérieure du graphique le nombre 6 (changements de stades), le nombre 11 (nombre de feuilles en observation), 55 % est donc le pourcentage de changements de stades (6/11) pour la 45<sup>e</sup> semaine.

Si nous portons en courbe les pourcentages obtenus pour chaque semaine de l'année, nous obtenons le graphique 3.

Ce graphique est beaucoup plus utilisable que le graphique 2, puisqu'il nous donne semaine par semaine, le développement de l'attaque, schématisé non plus par une droite, mais par un point. On remarque l'allure

en dents de scie de cette courbe 3 a, il est certain qu'elle est en partie artificielle, puisque nous savons de façon certaine par la courbe 2 que certains stades tels que 0-1 et 2-3 ont toujours une durée supérieure aux autres : parmi les 13 ou 14 feuilles observées au même moment, la moitié se trouvera obligatoirement à ces stades et quelles que soient les conditions ne pourront évoluer en moins de 2 à 3 semaines au maximum. Après un sommet important, il faut donc s'attendre à un point plus bas. On peut limiter ces irrégularités en traçant une courbe moyenne (3 b) en faisant la moyenne de la valeur de chaque point avec la somme de la demi-valeur des deux points voisins.

Pour l'interprétation des résultats cette allure de dents de scie ne présente cependant pas un inconvénient majeur, puisque l'écartement des dents est une indication utile de la durée des stades.

Nous ne multiplions pas les exemples de courbes de *Cercospora* obtenues de cette manière, car nous les étudierons ensuite comparées aux conditions climatiques.

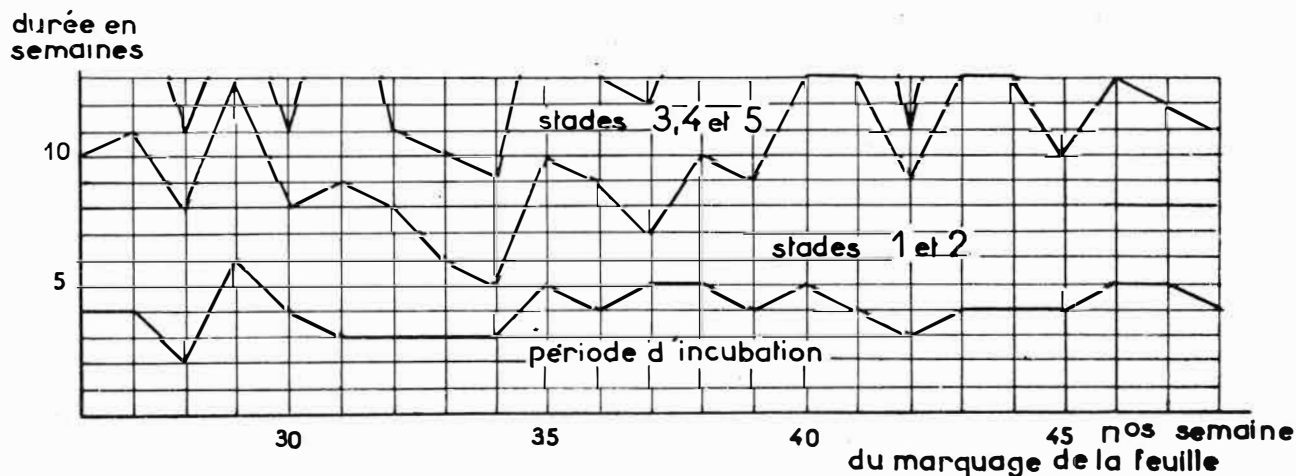
#### Facteurs écologiques.

Nous savons que le schéma simplifié du développement de *Cercospora* en fonction des conditions ambiantes est le suivant (CALPOUZOS) :

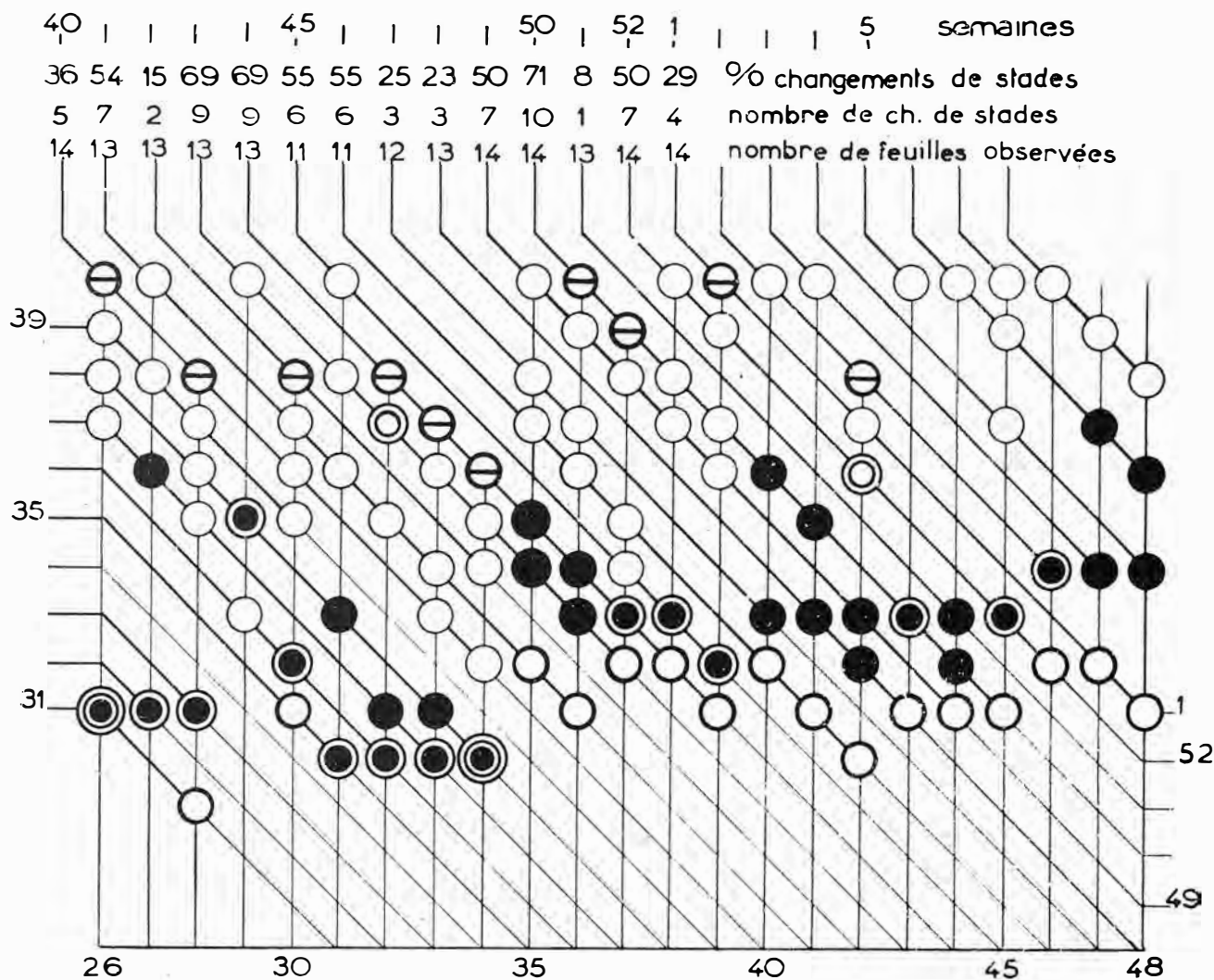
L'émission des organes de reproduction, conidies ou ascospores, se produit, à la faveur d'une humidité élevée. La résistance des spores, tant à la sécheresse de l'air qu'aux fortes températures (plus de 35° C) est suffisante pour assurer leur survie, pendant un long temps.

Dans cette phase du cycle, on ne peut donc attendre

FIG. 2. — Graphique faisant apparaître la durée des différents stades à chaque époque de l'année.







- Passage du stade d'incubation aux stades I.
- Passage des stades I au stade II A, ou au stade II B.
- Passage des stades II au stade III, du stade III au stade IV ou du stade IV au stade V.
- ⊖ Stade au delà duquel la feuille est retirée de l'essai.

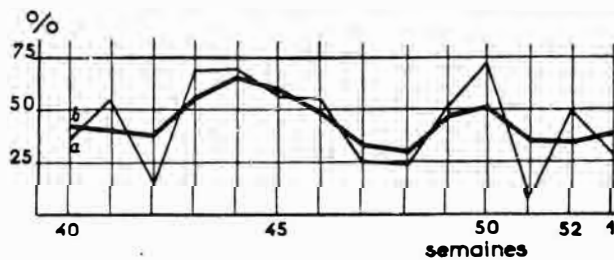
FIG. 1. — Courbe indiquant les changements de stades.

une corrélation très nette avec conditions climatiques.

Lorsque le champignon forme, à partir des spores, un tube germinatif il est très sensible aux conditions ambiantes : la germination se produit rapidement, 12 heures (CALPOUZOS) ; on peut donc admettre qu'en toutes saisons les conditions favorables à cette germination peuvent se trouver réunies. Lors du cheminement des filaments germinatifs à la surface de la

feuille, qui dure 4 à 5 jours, le champignon est particulièrement réceptif à l'hygotropisme déterminant sa pénétration dans la feuille par les stomates. Durant cette période l'influence de l'humidité atmosphérique est certainement très importante. Par la suite, la

FIG. 3. — Exemple de courbe des pourcentages de changements de stades  
a) courbe réelle b) courbe moyenne.



croissance du mycélium, dans la phase de développement interne est influencée surtout par la température.

Il se peut que l'humidité influe sur la vitesse de développement de *Cercospora* au moment où le mycélium, ressortant de la feuille, se répand à sa surface par ses hyphes avant de pénétrer à nouveau dans les parenchymes.

Partant de cette hypothèse de travail que, seule la période du développement mycélien était à retenir, nous avons considéré comme facteurs déterminants l'humidité atmosphérique et la température de l'air. On aurait pu logiquement y ajouter la lumière, mais nous n'étions pas en mesure d'entreprendre une telle étude.

### Hygrométrie.

On remarque que pour *Cercospora* comme pour la plupart des autres champignons, les principaux actes biologiques de l'espèce nécessitent une hygrométrie élevée : sporulation, germination, développement mycélien aérien.

Nous avons donc décidé de relever chaque jour le nombre d'heures à une hygrométrie élevée supérieure à 95-97 %. Nous supposons donc que dans une semaine, temps constituant notre unité, le nombre d'heures à plus de 95 % d'humidité constitue en quelque sorte la somme d'humidité favorable au développement utilisable par le champignon.

Nous ajoutons que du point de vue physiologique, nous aurions dû choisir 93-100 %, mais notre expérimentation étant faite uniquement en plein champ, nous avons préféré prendre une marge de sécurité plus grande justifiée par les difficultés de réglage et d'étalonnage des hygromètres enregistreurs.

### Température.

La donnée biologique la plus importante, à notre avis, a été fournie par CALPOUZOS, qui étudiant au laboratoire le développement des cultures de *Cercospora* en fonction de la température est parvenu aux résultats ci-après :

TEMPÉRATURE C°	CULTURES TAMPONNÉES				CULTURES NON TAMPONNÉES	
	Souche C-10 b		Souche E-9		Souche C-10b	Souche E-9
	Poids sec mg	erreur	Poids sec mg	erreur	Poids sec mg	Poids sec mg
11 ± 1	6	± 0,55	3	± 1,41	5	1
15 ± 0,25	49	± 4,70	9	± 3,46	50	21
20 ± 2	152	± 8,95	41	± 0,71	71	44
25 ± 0,5	245	± 12,82	29	± 4,35	161	23
30 ± 0,5	5	± 0,89	1	± 0,58	0	1
35 ± 0,5	0	0,0	0	0,0	0	0

Si d'après ces chiffres obtenus par CALPOUZOS, on établit une courbe de développement de *Cercospora* en fonction de la température (Fig. 4), on peut supposer que le développement est de 100 à 25° C et que pour chaque température différente, le pourcentage de croissance est proportionnel. On voit qu'au-dessous de 25°, la croissance diminue de 8 % par degré C alors qu'au-delà de 25° C la diminution est de 20 % par degré C.

Comme pour l'humidité, nous avons recherché, avec

la température, le nombre d'heures favorables au développement du champignon chaque semaine.

Pour ce faire, nous relevons le graphique classique d'un thermomètre enregistreur, et notons le nombre d'heures de la semaine à chaque température (Fig. 5).

On obtient par exemple le relevé suivant :

23°-4 h ; 24°-19 h ; 25°-30 h ; 26°-53 h ; 27°-20 h ; 28°-21 h ; 29°-15 h ; 30°-6 h.

Il suffit ensuite de remplacer chaque température par son coefficient biologique indiqué ci-avant

(FIG. 4) pour obtenir un chiffre conventionnel indiquant la somme thermique favorable au champignon.

TEMPÉ- RATURE	COEFFICIENT	NOMBRE D'HEURES	TOTAL THERMIQUE
23°	84	× 4	= 336
24°	92	× 10	= 920
25°	100	× 30	= 3000
26°	80	× 53	= 4240
27°	60	× 20	= 1200
28°	40	× 21	= 840
29°	20	× 15	= 300
30°	0	× 6	= 0
Total . . . . .			11 664

Le maximum possible est obtenu pour 25° C et correspond à 168 heures × 100 soit 16.800.

Le minimum thermique compatible avec le développement de *Cercospora* ne peut être déterminé qu'empiriquement, avec cette méthode, puisque les trop hautes températures se trouvent confondues avec les plus basses pour réduire le coefficient.

**Recherche des corrélations.**

L'étude a porté sur les données recueillies sur 15 stations d'observations réparties dans les différents microclimats de la Guadeloupe. Du 15 avril 55 au mois d'août 1956, les relevés ont été faits régulièrement chaque semaine sur tous ces postes. Après le cyclone de 1956, un seul poste a pu être maintenu, celui de notre station de Neufchâteau.

Par la suite les résultats ont été comparés avec ceux qui étaient obtenus en Martinique et en Afrique. Le poste d'observation de Neufchâteau nous a permis éga-

lement de comparer les résultats dans le temps sur trois campagnes de *Cercospora*.

On voit à la figure 6 schématisant les résultats obtenus à Neufchâteau, que l'allure des trois courbes : *Cercospora*, hygrométrie et température, est nettement comparable. L'étude précise des 42 autres courbes qu'il ne nous est pas possible de représenter ici, nous conduit à admettre que les principales conjonctures peuvent être les suivantes (graphique 7) :

FIG. 4 — Développement du mycélium de *Cercospora* en fonction de la température.

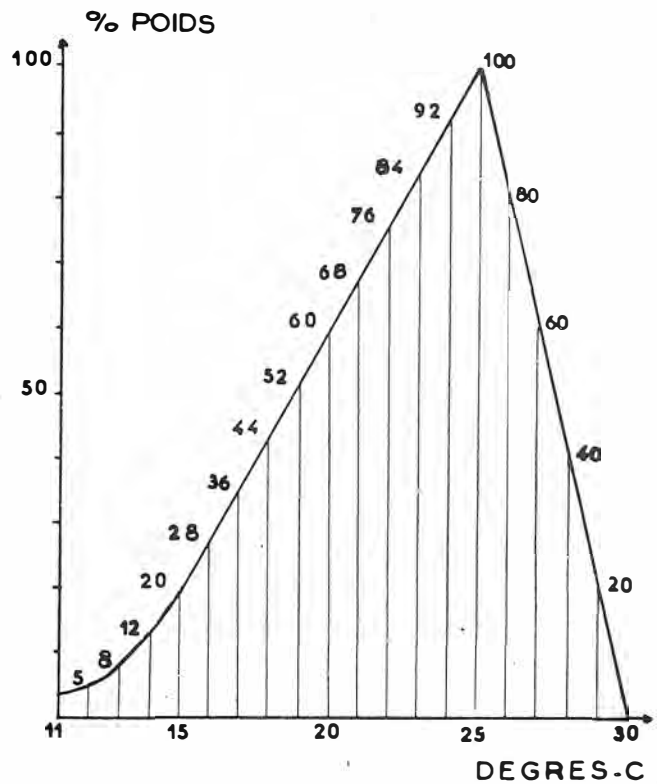
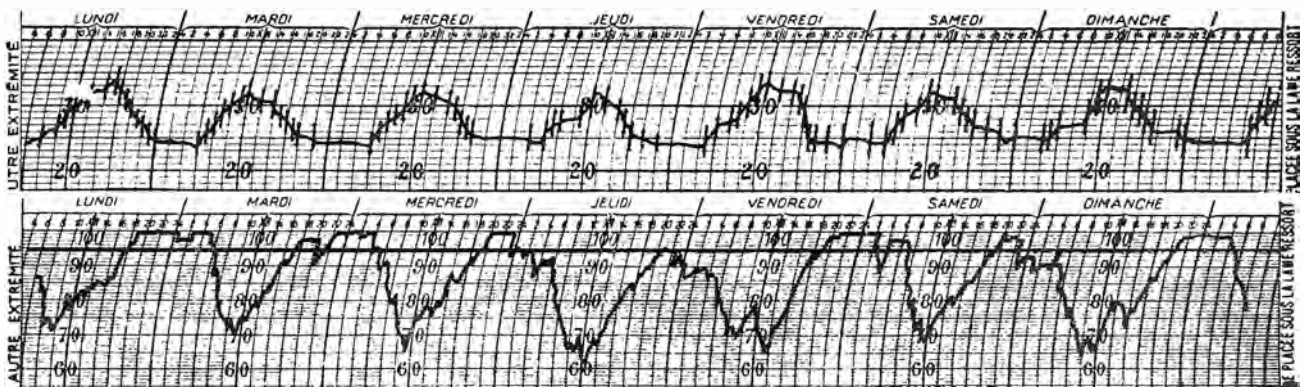


FIG. 5. — Graphique hebdomadaire de thermo-hygromètre préparé pour les comptages.



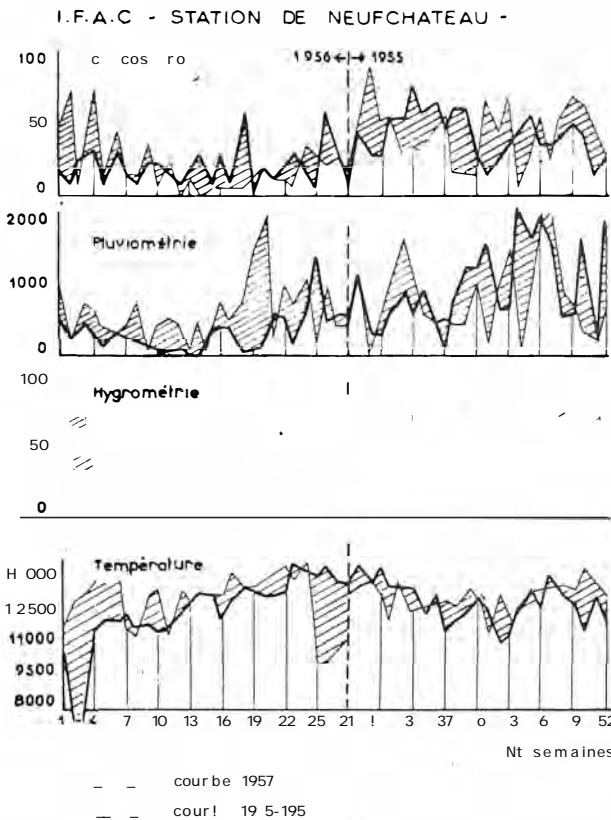
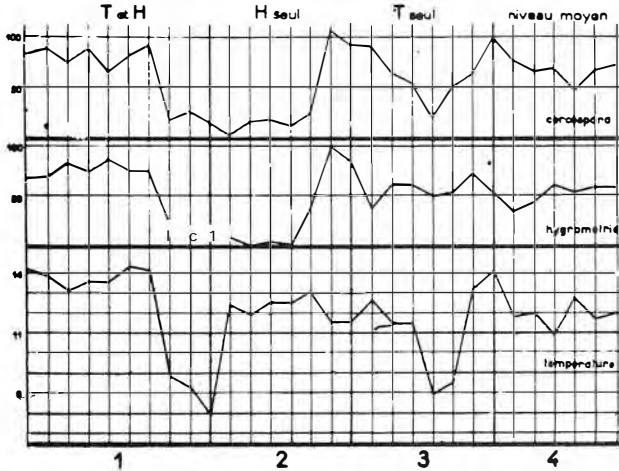


FIG. 6. — Exemple des résultats d'un poste écologique pendant 2 ans.

FIG. 7. — Courbes montrant les différentes comparaisons possibles de Température, Hygrométrie et Cercospora.



1. Le niveau du développement est élevé, sa décroissance rapide suit exactement la chute simultanée des deux autres courbes : température et hygrométrie. L'inverse se produit également lorsque le niveau de l'infection est faible, sa reprise suit exactement la remontée des deux courbes.

2. La courbe des températures, se maintient à un niveau élevé, supérieur à 11 ou 12 000, la limitation est alors le fait de très faibles valeurs de la courbe d'humidité. Il est à remarquer que, dans ce cas, lorsqu'un seul facteur devient limitant, il est nécessaire qu'il adopte des valeurs beaucoup plus basses pour agir que lorsque la réduction est obtenue par la diminution simultanée des deux facteurs.

3. La limitation est le fait de la température seulement, inférieure à 10 000-11 000.

4. Les valeurs d'humidité et de températures demeurent voisines du minimum compatible avec le développement de *Cercospora*, l'attaque est régulière mais faible.

Ces quatre faciès de courbes peuvent être réunis sur la même courbe, mais bien souvent ils correspondent chacun à l'allure annuelle des observations d'une station.

Les valeurs absolues relevées sont les suivantes :

	VALEURS		
	FORTES	LIMITES	FAIBLES
Cercospora . . . . .	60-100	50	0-40
Humidité . . . . .	60-100	50	0-20
Température . . . . .	12 000-14 000	11 000	8 000-10 000

**Allures de l'attaque de Cercospora en Guadeloupe.**

Treize de nos quinze postes d'observations ont été relevés suffisamment longtemps entre 1955 et 1956 pour nous permettre d'avoir une image de grandes attaques de *Cercospora* au cours de l'année et des facteurs limitants. L'attaque s'est toujours produite avec une valeur élevée soit de notre coefficient « température » soit de l'humidité. Lorsque les deux facteurs n'étaient pas à leur maximum au moment de l'attaque, la valeur la plus faible dépassait toujours la limite de 50 heures pour l'hygrométrie et de 11 000 pour la température.

Les limitations se sont produites selon les combinaisons de température et d'hygrométrie indiquées ci-avant.

Ces données ne permettent pas de dresser une carte écologique de *Cercospora* en Guadeloupe, les microclimats y sont trop variés pour permettre une telle entreprise, chaque plantation doit y être équipée d'un ou de deux appareils enregistreurs, pour permettre une

prévision valable. Nous fournissons donc ces résultats avec seulement l'indication de la plantation afin de ne pas induire en erreur les planteurs voisins.

Ces données ne sont valables que pour la campagne 55-56, et ne peuvent servir de base pour les traitements à venir. Chaque année selon la durée de la sai-

NOM DE LA PLANTATION	LIMITATION NATURELLE	FACTEUR	OBSERVATIONS
Ermitage .....	15 oct. à 15 mars	T + H	
Jacquemelle (Trois Rivières) .....	15 oct. à 15 avril	T + H	
Fond Gainé .....	30 nov. à fin avril	T + H et T seul	
Espérance (Sainte-Marie) .....	15 juil. à 15 janv.	T + H et H seul	
Neufchâteau (I. F. A. C.) .....	15 mars à 15 mai		
Bois Debout .....	1 <sup>er</sup> janv. à fin avril	T + H et H seul	
Grand Camp (Gourbeyre) .....	15 août à 15 avril	T seul et H seul	
Champ-Fleury .....	15 oct. à 15 mai	H seul	
Pointe Carbet (Trois Rivières) .....	fin oct. à fin mars	H seul	
La Coulisse (Baillif) .....	1 <sup>er</sup> juin à fin avril	H seul	
Suco (Mineurs) .....	15 août à fin mars ?	H seul	doc. incomplets
Versailles .....	15 août à 15 mars ?	H ? ?	— —
Dugomier (Saint-Claude) .....	15 août à 1 <sup>er</sup> nov.	T seul	
	1 <sup>er</sup> févr. à 15 avril	T seul	
	7 déc. à 15 avril		

T + H, la limitation est due à l'abaissement simultané de la valeur de la température et de l'hygrométrie.

H seul, seule la courbe d'hygrométrie à une faible valeur.

T seul, seule la courbe des températures à une faible valeur.

son sèche, il faudrait se baser sur les graphiques du thermo-hygromètre enregistreur pour établir de nouvelles prévisions.

Dans l'état actuel de nos connaissances il faut se borner à noter les grandes variations de l'attaque de *Cercospora*. Il serait imprudent, en période d'infection, de se servir de cette méthode pour déterminer exactement la semaine du traitement à réaliser.

\* \* \*

Après avoir défini les éléments de cet essai d'avertissement, il nous faut en apporter la critique.

Nous devons remarquer, en premier lieu, que toutes les données recueillies l'ont été uniquement par des observations faites dans les plantations même. Le système de notations et sa signification biologique sont évidemment discutables. Nos résultats semblent cependant suffisamment probants pour admettre que le développement mycélien est l'élément d'après lequel on peut juger des possibilités de développement de *Cercospora*. L'objection de la durée inégale des stades que nous avons choisie et ce dans des conditions climatiques homologues demeure et contribue certainement à produire des irrégularités dans nos courbes.

Remarquons cependant que nous avons toujours en observation, sensiblement le même nombre de feuilles à des stades différents. Lorsqu'un changement se produit sur cet échantillonnage de stades de *Cercospora*, il porte donc toujours à peu près sur le même matériel biologique.

L'enregistrement de la température et de l'hygrométrie se fait au moyen d'appareils enregistreurs classiques de météorologie, déposés dans des abris standards internationaux placés dans la bananeraie.

Aussi bien les valeurs absolues obtenues que l'allure des courbes elles-mêmes sont donc différentes de celles qu'on obtiendrait avec des appareils de mesures plus précis placés au niveau des feuilles.

Nous devons en conclure que les valeurs notées se rapprochent des valeurs réelles, mais avec une marge d'erreurs que nous n'avons pas calculée. Nous avons estimé que l'allure des variations obtenues de cette façon devait être la même que celle des variations mesurées au niveau de la feuille. Ce postulat est certainement faux pour les hautes températures. Mais, si l'on admet l'inhibition de la croissance à partir de 30° C environ, l'enregistrement des températures plus élevées importe peu.

Pour les basses températures, les chances d'erreurs

sont plus faibles, le rayonnement thermique n'étant plus en cause. Nos courbes auraient donc une signification avec un décalage dû à l'inertie thermique et hygrique de l'abri sous lequel les appareils se trouvent placés.

Devant ces approximations, inévitables dans un travail réalisé en plein champ, la définition de l'optimum thermique de *Cercospora* pour l'établissement des coefficients semble pouvoir permettre aussi une certaine approximation pouvant tenir aux qualités intrinsèques des différentes souches de *Cercospora*. Ce point aussi serait à vérifier.

Dans son état actuel, cette méthode d'avertissement a déjà rendu des services appréciables au Cameroun, ou au cours de la campagne 1957-58 elle a été appliquée pour la prévision des traitements (à paraître). Les données que nous avons consignées doivent être encore complétées par des observations dans la nature, mais les renseignements du thermo-hygromètre suffisent, dans la plupart des cas, pour prévoir l'apparition d'une attaque de *Cercospora*.

La courbe de pluviométrie (courbe fig. 6) est intéressante aussi à étudier mais donne des indications beaucoup moins précises. Il semble en effet que les pré-

cipitations atmosphériques n'aient pas une action directe sur le développement de *Cercospora*. Elles influent par les modifications qu'elles apportent aux autres conditions climatiques : augmentation de l'humidité relative de l'air et uniformisation de la température qui tend alors, en climat tropical, à se stabiliser aux environs de 25°. Remarquons que les très fortes pluies ne sont pas un facteur limitant bien appréciable.

### Conclusion.

Toute approximative qu'elle soit cette méthode d'avertissement semble devoir être utilisable pour définir les périodes de fortes attaques de *Cercospora*, en tenant compte que de l'hygrométrie et de la température ambiantes. Son utilisation systématique à un grand nombre de plantations accompagnée de traitements aux huiles minérales appliqués sur ordre nous dira si elle est susceptible d'être suivie à la lettre.

Dans l'immédiat si elle ne servait qu'à faire économiser un traitement par an aux producteurs de bananes, nous estimerions que nous avons obtenu un résultat tangible.

### RÉFÉRENCES CITÉES

- CALPOUZOS L. *Cienfuegos*, CUBA, 1955.  
 BRUN J. *Fruits*, Vol. 13, N° 1, 1958 p. 3-14.  
 DANTAS B. *Bol. Techn. Inst. Agric. Norte*, Brazil, 1948.  
 GUYOT et CUILLÉ. *Fruits*, Vol. 11, N° 4, 1956, p. 141-150.  
 GILEAD M. et ROSENAN N. *Israel Exploration Journal*, Vol. 4, N° 2, 1954.  
 HOLLIS J. P. *Sigatoka Disease of Banana*, Rapport dactylographié.
- LEACH R. Kingston Grover Printer, 1946.  
 — *Trop. agric. Trinidad*, T. 15, N° 5, 1941.  
 — *Nature*, London C. L. G. 3824, 1943.  
 MERNY G. *Fruits*, juillet 1949. Vol. 4, N° 7, p. 263.  
 STAHEL C. *Trop. Agric. Trinidad*, XIV, 1937.  
 WARDLAW C. W. *Trop. Agric. Trinidad* 11, 173-175.

