

# LES TRAITEMENTS FONGICIDES DES BANANERAIES

## Utilisation des appareils de traitements en Bananeraie

par **J. CUILLÉ**

INGÉNIEUR I. A. N., DOCTEUR ÈS SCIENCES  
CHEF DU SERVICE  
DE DÉFENSE DES CULTURES DE L'I. F. A. C.

et **H. GUYOT**

INGÉNIEUR I. A. N.,  
DIRECTEUR DE LA STATION DES ANTILLES  
DE L'I. F. A. C.

La nécessité devant laquelle se sont trouvés placés les planteurs de bananiers d'avoir à lutter contre la Cercosporiose, les a conduits, depuis plusieurs années, à équiper les plantations avec le matériel semblant le mieux adapté.

A la Jamaïque, en Australie et en Amérique centrale les appareils « à pression » de toutes importances ont été utilisés. Dans les grandes plantations des dispositifs fixes de pulvérisation à haute pression ont été mis en place. Les caractéristiques communes de ces divers appareils sont : la formation d'un nuage dont les particules élémentaires sont d'un diamètre supérieur à 150 microns (150 à 400), les quantités de bouillies nécessaires pour traiter un hectare de bananeraie sont de l'ordre de 1.000 à 1.500 litres.

Sur le plan économique, ces traitements sont souvent difficiles à réaliser. Les techniques plus récentes de nébulisation et de pulvérisation pneumatique présentent des avantages pratiques certains, il était donc logique de chercher à les adapter aux traitements des bananeraies.

### Conditions théoriques.

En réalité, il n'est pas exact de dire qu'il existe plusieurs techniques de traitements antiparasitaires, il existe des appareils nombreux se rattachant à plusieurs types et avec lesquels les nuages produits ont des caractéristiques différentes. Mais pour une cul-

ture considérée et un climat donné il existe un optimum que l'on peut obtenir avec différents appareils apparemment très différents. Ce sont justement ces éléments que nous avons étudiés.

La taille des particules produites, leur poids, la vitesse à laquelle elles se déplacent dans l'air et leur pouvoir de fixation sur la feuille sont les données principales du problème.

Les auteurs qui ont étudié cette question sont loin d'être d'accord sur la taille optimum qu'elles devraient avoir.

Deux données contradictoires sont à prendre en considération : d'une part, sur le plan théorique, plus la matière est divisée, plus grande est la portée du brouillard et meilleure devrait être la couverture de l'organe traité. Pour ne citer que quelques chiffres de BROOKS, voyons la distance que peut parcourir une gouttelette tombant d'une hauteur de 3 m 50 entraînée par un vent de 4,5 km/h :

| <i>taille en microns<br/>(diamètre)</i> | <i>distance parcourue<br/>en m</i> |
|---|------------------------------------|
| 5                                       | 5.000                              |
| 10                                      | 1.480                              |
| 33                                      | 135                                |
| 50                                      | 58                                 |
| 80                                      | 23                                 |
| 170                                     | 7                                  |
| 500                                     | 2,25                               |

Par ailleurs, plus les particules sont fines, meilleure est la répartition du dépôt sur la surface traitée, ainsi que le montrent les résultats obtenus par POTTS (1949) : (Pour 11 litres de bouillie pulvérisée à l'hectare.)

| Taille en microns<br>(diamètre) | Nombre par mm <sup>2</sup> |
|---------------------------------|----------------------------|
| 10                              | 1.780                      |
| 20                              | 222                        |
| 50                              | 14,3                       |
| 100                             | 1,79                       |
| 500                             | 0,014                      |

Ces éléments montrent que l'on a intérêt à employer des nuages fongicides dont les gouttelettes sont de la taille la plus réduite possible. Cependant la limite de cette réduction maximum de la taille des particules apparaît immédiatement, elle est imposée, en premier lieu par le risque d'entraînement du nuage ainsi formé, par le vent. On voit qu'un vent de 4,5 km/h provoque facilement un déplacement du nuage, le rendant difficile à fixer dans les limites voulues pour que sa densité ne soit pas trop diminuée.

Outre leur entraînement par des brises, même légères, les nuages formés de trop petites particules peuvent être déportés verticalement sous l'influence de courants ascendants qui prennent naissance à la suite des différences de température qui s'établissent entre le sol, les couches d'air inférieures et les couches plus élevées.

Le troisième inconvénient important de la formation de petites particules élémentaires des nuages fongicides est la difficulté de leur fixation sur un support. La quantité de produit fixée est fonction du rapport existant entre le poids des particules et leur vitesse. Latta (*in* BROWN) estime que la valeur de ce rapport est  $D^2 \times V$  ( $D$  = diamètre des particules et  $V$  leur vitesse de déplacement). Les limites de variations de ce rapport étant entre 500 et 10.000 (vitesses en miles par heure et taille des gouttes en microns). L'optimum correspondrait à des gouttes de 16 à 32 microns pour des vents allant 1,5 à 15 km/h.

Les considérations que nous avons énoncées ne sont pas les seules à avoir une influence sur la formation des dépôts antiparasitaires dans une masse végétale telle que la bananeraie. La culture joue, en effet, le rôle d'écran, les premières lignes atteintes par le brouillard arrêtant une partie importante de celui-ci les lignes suivantes en reçoivent insuffisamment. Dans la pratique, deux conceptions peuvent s'affronter : celle qui s'applique à des conditions météorologiques particulièrement favorables, temps parfaitement calme,

permettant de répandre un nuage de très fines particules sur une grande distance et d'obtenir ainsi lentement un dépôt relativement uniforme sur des végétaux placés à des distances très différentes de l'appareil. Et la conception du traitement par fixation de particules de toutes tailles animées d'une vitesse importante, mais à une plus faible distance de l'appareil émetteur.

C'est là, pensons-nous, que réside le choix qui doit être fait, en fonction des conditions ambiantes, au moment du traitement.

Avec des particules de 10 à 20 microns, il sera facile de disperser le nuage sur une distance de 50 à 100 mètres avec un appareil émetteur de brouillard. Il faut être assuré d'une période de calme total pendant 5 à 16 minutes afin que le dépôt se forme par gravité en tombant d'une hauteur de 3 m de haut. Avec des poudres ou des fumées antiparasitaires de 2 à 5 microns le temps de chute est de 1 à 7 heures. Il est exceptionnel de rencontrer des conditions permettant de réaliser de tels dépôts, surtout dans le second cas. Il faut donc, le plus souvent, tenir compte de la vitesse de déplacement du nuage, celle-ci étant provoquée soit par l'appareil émetteur soit par le vent.

On cherchera alors à se tenir à des valeurs du rapport  $D^2 \times V$  convenables. Comme dans un nuage, il est rare que toutes les particules produites aient le même poids et le même diamètre, le dépôt se formera, différemment à différentes distances de l'appareil. Il subsistera, en général une partie du nuage composé des plus fines particules qui ne sera pas fixée dans les limites de la surface traitée.

L'hétérogénéité du brouillard produit ne doit pas cependant être trop forte et les variations entre la taille des plus grandes particules et des plus petites ne devraient pas atteindre la moitié de la valeur moyenne. Avec beaucoup d'appareils, et même avec les pulvérisateurs produisant des particules d'un diamètre supérieur à 300 microns, le pourcentage de gouttelettes de 1 à 20 microns, perdues pour le traitement, est loin d'être négligeable. On verra sur la fig. 1 un exemple de dépôt contenant en proportions égales des gouttelettes de diamètre allant de 330 microns à 17 microns, des particules de taille inférieure existaient dans le nuage mais n'ont pu être fixées sur la plaque. La moyenne est de 97 microns, mais donne une idée très imparfaite de la réalité.

#### Essais pratiques.

Nous avons commencé, dans la bananeraie, l'étude d'appareils de traitements de types variés, permettant

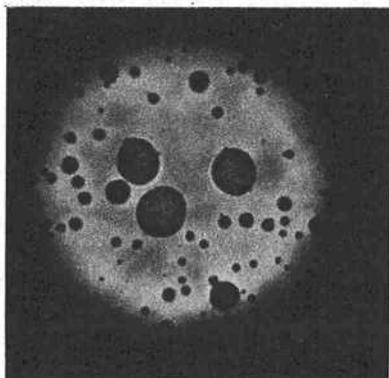


FIG. 1.  
Microphoto (x 20)  
montrant l'hétéro-  
généité d'un dépôt  
de pulvérisation.  
Gouttes de 350 à  
20 microns.

les uns et les autres de réaliser la plupart des conditions théoriques, énoncées ci-avant. Ces essais n'ont pas, dans notre esprit, le but de comparer la valeur mécanique des différents modèles d'appareils, mais de rechercher pour chacun le mode d'utilisation le plus efficace et le plus économique pour un traitement particulier et de tenter d'en déduire une règle générale. Aussi bien n'acceptons-nous pas la classification habituelle des appareils en pulvérisateurs, poudreurs, pulvérisateurs pneumatiques ou atomiseurs et nébulisateurs. Chaque appareil doit être défini par la taille des particules émises, par son débit et par la façon dont le nuage est projeté dans l'air. Nous distinguerons donc :

- 1° Le traitement en pluie à faible vitesse initiale.
- 2° Le traitement en pluie, pulsé.
- 3° Le brouillard lourd à faible vitesse initiale.
- 4° Le brouillard lourd pulsé.
- 5° Le brouillard léger.
- 6° Le poudrage.
- 7° Traitement mixte poudrage + brouillard léger.
- 8° La nébulisation (fogging).
- 9° L'émission de fumées.

Pour chaque catégorie de traitement, il existe plusieurs classes selon le débit de l'appareil.

**1° Traitement en pluie.** — Les appareils produisant une pulvérisation de ce type sont les pulvérisateurs à pression. (Pression hydraulique ou pression d'air.) Les appareils utilisés dans les bananeraies (\*) dont nous avons pu observer le fonctionnement, sont des Vermorel, Guinard, Pulvorex, Berthoud, Meyers, Muratori, Cornu, Lachazette...

Le principe des appareils de ce type est trop connu pour que nous insistions. Le liquide provenant d'une

\* Il nous apparaît utile de citer les marques des appareils utilisés, étant donné les différences mécaniques importantes existant entre des appareils de types voisins mais de marques différentes.

cuve, maintenue sous pression d'air, ou d'une pompe est tenu à une pression élevée dans une canalisation dont l'extrémité terminale est de faible diamètre. Le liquide sort à l'état de fins filaments que le déplacement dans l'air amène rapidement à la forme de gouttelettes. Le nuage ainsi produit se déplace sous l'impulsion de l'énergie développée et il se forme un courant d'air favorisant son déplacement.

Les éléments influant sur la division en gouttelettes plus ou moins fines sont : la pression du liquide, sa viscosité, le diamètre et la nature de l'ajutage.

La finesse de la pulvérisation, en effet, dépend de la quantité d'énergie produite et de sa meilleure utilisation.

En augmentant la pression pour un ajutage de diamètre donné on obtient une réduction de la taille des particules (*in BROWN*) (fig. 2) :

Ces valeurs ont été obtenues par la pulvérisation d'eau, avec un liquide plus visqueux comme le Kérosène, la taille des particules est supérieure, une grande partie de l'énergie produite étant nécessaire pour vaincre la viscosité du liquide qui s'oppose à la formation des gouttelettes. Plus la viscosité est grande, moins la pulvérisation sera fine avec un appareil donné.

Avec les pulvérisateurs à pression, la pression est limitée pratiquement par les matériaux qui entrent dans la construction des appareils et 30 à 50 kg sont un maximum pour les appareils français à moteur et 6 à 8 kg/cm<sup>2</sup> pour les pompes à main. Ces valeurs sont suffisantes, surtout pour les appareils à moteur, car, comme le fait remarquer LEMIERRE, au-dessus de 20 kg par cm<sup>2</sup>, l'amélioration de la finesse de la pulvérisation n'est pas très sensible. La portée, elle aussi, croît avec l'augmentation de la pression, mais pas, non plus, dans des proportions justifiant la création de pression très élevées. LEMIERRE cite les nombres suivants : pour une même lance, la portée passe de 6 m pour une pression de 10 kg/cm<sup>2</sup> à 13,5 m pour une pression de 41 kg/cm<sup>2</sup>.

La diminution du diamètre de l'ajutage terminal ne peut excéder 9 à 10.1/10<sup>6</sup> de mm, la finesse de la pul-

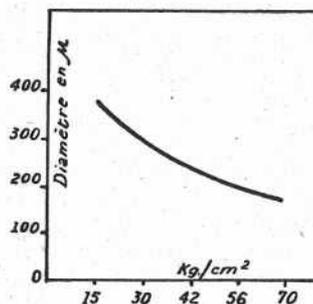


FIG. 2. — Influence de la pression sur la finesse de la pulvérisation.

(D'après  
French 1942 *in Brown*).

vérification doit donc être dans la meilleure utilisation possible de l'énergie qui est obtenue lorsque le liquide projeté est en contact avec le plus grand volume d'air possible (YEOMANS et col.). Ce résultat est obtenu en augmentant au maximum l'angle de pulvérisation (jets plats dits « américains »). Il existe de nombreux modèles de jets de pulvérisation, constitués par des pastilles percées d'orifices circulaires ou de fentes, munies de rotors hélicoïdaux, etc..., nous avons vu l'importance qu'il faut accorder à ces pièces, car elles déterminent, pour une grande part, l'homogénéité de la pulvérisation.

Dans la pratique les pulvérisateurs à pression ont un emploi optimum qui est imposé par la vitesse initiale du nuage produit qui ne permet pas l'utilisation de particules trop petites en traitement par un jet direct.

Si la taille des particules devenait inférieure à 100 microns, les techniques de traitements changeraient et la propulsion du nuage dans l'air nécessiterait une source supplémentaire d'énergie (comme nous le verrons pour les brouillards), en effet les chiffres cités par YEOMANS et col. (*op. cit.*) sont significatifs à ce sujet.

Particules projetées à 5.000 cm/sec dans l'air. Distance parcourue :

| Diamètres en microns | Distance en cm |
|----------------------|----------------|
| 10                   | 1,54           |
| 50                   | 38,6           |
| 100                  | 154            |

Il existe donc une distance optimum pour chaque appareil correspondant à ses caractéristiques (pression et nature du jet). Les résultats obtenus par TRIVELLI le montrent nettement :

| Pression | (Oxychlorure à 0,78 %)<br>Dépôt de Cu en $\gamma/cm^2$ |
|----------|--|
| 10       | 18,8   |
| 15       | 23,9   |
| 20       | 29,1   |
| 25       | 30,6   |
| 30       | 22,3   |
| 35       | 17,7   |

Dans cet essai l'optimum se situe entre 20 et 25 kg/cm<sup>2</sup> (les valeurs varient d'ailleurs selon les formules avec la viscosité sans doute). Pour YEOMANS il existe une distance à laquelle le dépôt recueilli est de 80 % environ du dépôt total possible, au delà de cette dis-

tance le pourcentage diminue rapidement. Il est à remarquer, que le débit en liquide de l'appareil a une importance sur la portée : à pression égale, lorsque le débit est réduit, la distance atteinte est moindre ; il est nécessaire qu'il soit projeté une quantité de liquide suffisamment importante pour qu'il y ait production d'un courant d'air accompagnant le nuage.

En résumé, les pulvérisateurs à pression doivent être utilisés avec des particules d'un diamètre supérieur à 100 microns (170 à 500  $\mu$ ) à débit d'eau élevé, leur portée est fatalement limitée. Pour le travail en bananeraie, ces conditions entraînent les inconvénients suivants :

Le débit étant important, le ravitaillement des appareils pose un problème du point de vue pratique. La main-d'œuvre nécessaire doit être plus importante, les bananiers devant être traités un par un. Enfin, et c'est là le point le plus difficile à résoudre, la nature des dépôts est loin d'être ce qui correspondrait aux conditions techniques idéales pour les pays tropicaux.

Le premier obstacle pour la réalisation de bons dépôts provient du ruissellement qui se produit sur les feuilles au moment du traitement. Malgré l'addition de produits mouillants, la mouillabilité de la bouillie n'est pas considérable. Les gouttes étant de taille importante et leur débit élevé, les points d'impacts de plusieurs gouttes peuvent être confondus, ou si voisins que les gouttes confluent. Sur les surfaces obliques ou verticales, le ruissellement est fréquent avec formation de dépôts marginaux dans lesquels la concentration en fongicide se trouve augmentée.

Les formules à utiliser sont des produits dilués, bouillie bordelaise, 1-1, 25-100, oxychlorure à 500 g de produit à 50 % pour 100 litres d'eau, et oxyde cuivreux à 250-300 g pour 100 litres d'eau. Des essais antérieurs (MERNY et col.) c'est la bouillie bordelaise et l'oxyde cuivreux qui se sont montrés les plus actifs. De fait, les dépôts de bouillie bordelaise, lorsqu'ils ont pu sécher, ont une bonne adhérence. L'adhérence (ou ténacité des dépôts) est le point essentiel avec les dépôts à l'eau et dans les pays d'Amérique centrale, dont les bananeraies sont traitées exclusivement avec les appareils à pression, des adhésifs sont utilisés, dont les formules ne nous sont pas connues. L'entraînement des dépôts par les pluies tropicales violentes est le principal responsable de l'efficacité souvent insuffisante des pulvérisations faites jusqu'alors. Pour remédier à cet inconvénient, il devient nécessaire d'augmenter la fréquence des pulvérisations et faire les traitements chaque semaine en période de forte infection de *Cercospora*.

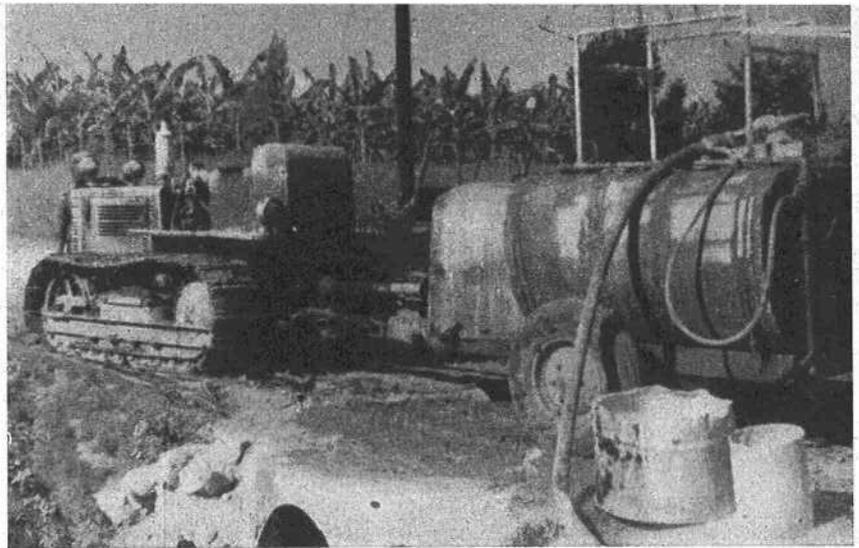


FIG. 3. — Pulvérisateur en cours de ravitaillement à la Jamaïque.  
(Photo A. Comelli, I. F. A. C.)

### Traitements en pluie dans les bananeraies.

a) *Grandes exploitations* : Pulvérisateurs type MEYERS (fig. 3).

Les appareils sont tractés par des tracteurs à chenilles, ils ont chacun 4 lances. Chaque lance est reliée à l'appareil avec une longueur de tuyau de 40 m. L'appareil se déplace sur des chemins parallèles qui divisent la bananeraie en bandes parallèles de 40 m de large environ. L'appareil fait une succession de points fixes au cours desquels les opérateurs pénètrent dans la bananeraie et traitent les bananiers un à un. A la Jamaïque, dans certaines plantations, les lances sont fixées sur un bâti (voir fig. 3) et l'appareil, tiré par un tracteur à chenilles, passe tous les deux rangs de bananiers. Il est donc nécessaire de réserver des chemins de passage très rapprochés au détriment de la densité de plantation et du rendement de la production.

Le ravitaillement en bouillie est assurée par un camion G. M. C. portant une citerne.

Le prix de revient du traitement est grevé par de fortes dépenses dans les postes suivants :

1. Amortissement.
2. Réparation-entretien (tuyaux).
3. Traction.
4. Préparation bouillie, ravitaillement appareil.
5. Main-d'œuvre : nombre journées m. o. spécialisée ; nombre journées manœuvres.

b) *Exploitation de moyenne importance*, ou grandes plantations situées en terrain accidenté. Appareil type BERTHOUD motofruidor (\*).

L'appareil lui-même est constitué par une civière portant un moteur de 3 CV et une pompe à 3 pistons jumelés donnant une pression de 30 kg/cm<sup>2</sup>. Cette ci-

vière peut être montée sur un véhicule ou portée par 4 hommes.

La bouillie à pulvériser peut être placée dans une cuve fixée sur le même véhicule ou sur une tonne indépendante. Une ou deux lances, montées sur une longueur de tuyaux pouvant atteindre 100 m, avec un dispositif d'enroulage et des guides tambours, permettent à chaque station de l'appareil de traiter une circonférence de 200 m de diamètre. Le jet est réglable, c'est un jet conique, qui permet d'atteindre une portée de 2 à 10 m.

Le débit est variable selon le diamètre de l'orifice : 10/10, 15/10 et 20/10, en bananeraie les différences de débit que l'on peut obtenir portent sur 50 litres environ entre 200 et 250 litres par hectare.

c) *Petites exploitations*, ou toutes plantations inaccessibles aux appareils portés ou tractés par des véhicules à moteur.

Appareils types : pulvérisateurs à dos : Pulvorex, Météor, Léman, Lachazette...

Il ne nous est pas possible, dans le cadre de ce travail, de discuter les avantages respectifs des différents pulvérisateurs à dos existant. Les différences essentielles tiennent à la qualité de la fabrication et à la résistance dans les conditions très dures du travail dans les climats tropicaux ; de même la différence entre les appareils à pompe et à pression préalable ne peut être faite ici. Voici les conditions essentielles qui doivent être remplies pour obtenir le meilleur travail possible :

La pression doit être de 6 à 7 kg, la lance pour bananiers doit avoir une longueur de 1,5 m à 2 m environ.

Avec ces appareils, il est possible à 1 homme de traiter environ 1/4 d'ha par jour.

Dans les pays à main-d'œuvre abondante et peu qualifiée et où les plantations de bananiers sont peu accessibles aux appareils à moteurs, les appareils à dos demeurent les seuls utilisés. Les résultats sont

(\*) Des figures représentant tous les appareils cités sont réunies dans une note ci-après.

bons chaque fois que le régime des pluies et le cycle de la maladie permettent de réaliser les traitements à des périodes de pluviosité peu élevée, c'est souvent le cas en Afrique.

**2° Traitement en pluie pulsé.** — Nous avons vu que le traitement en pluie ne permettait pas d'obtenir une portée bien grande et que, pour la bananeraie, il nécessitait un traitement individuel des bananiers.

Avec le nuage produit dans les mêmes conditions, il est possible d'augmenter la portée utile en provoquant le déplacement du nuage par une soufflerie. La taille des particules peut être diminuée, dans des proportions notables, en réduisant le débit gicleur, par un orifice de faible diamètre et en maintenant une pression élevée. Avec les appareils de ce type, il est théoriquement possible d'obtenir des brouillards fins. Le facteur limitant est le diamètre de l'orifice des becs de pulvérisation qui ne permettraient pas le passage de bouillie très concentrée. Dans la pratique les débits pour la bananeraie seraient de l'ordre de 750 litres/ha. Il ne nous a pas été donné d'expérimenter d'appareils de ce type, aussi ne pouvons-nous que raisonner par analogie. Avec de tels débits et une portée utile de 5 à 10 m, la taille des particules devrait être de 150 à 200 microns. On utiliserait des bouillies aqueuses type oxychlorure + mouillant à raison de 4 kg de Cu/ha.

Des chemins devraient être pratiqués dans la bananeraie de façon à traiter une bande de bananiers de 10 m de large au cours de deux passages, ces chemins étant de préférence parallèles à la direction des vents dominants.

Comme type d'appareils permettant vraisemblablement cette utilisation, nous pouvons citer le Floridor Guinard équipé du Standard Bes-Blo.

#### La production de brouillards.

Nous avons défini les traitements en pluie comme correspondant à des nuages dont les particules élémentaires étaient supérieures à 150 microns (150 à 500  $\mu$ ), pour les brouillards, nous envisagerons des nuages constitués de particules de 50 à 150 microns.

Dans ce cas, la division du liquide en gouttelettes de cette taille est obtenue en faisant arriver une veine liquide à une vitesse faible dans un flux d'air en mouvement. Comme pour la pulvérisation à pression hydraulique, il y a friction entre les deux phases et le liquide est propulsé sous forme de filaments qui se transforment rapidement en gouttelettes.

Les éléments responsables de la finesse des parti-

cules produites ont été étudiés par NUKIYAMA et TANASAWA (*in* BROWN) qui sont arrivés à l'équation suivante :

$$D_0 = \frac{585 \sqrt{\sigma}}{v \sqrt{\rho}} + 597 \left( \frac{\mu}{\sqrt{\sigma \cdot \rho}} \right)^{0,45} \left( 1.000 \frac{QL}{QA} \right)^{1,5}$$

$D_0$  = Diamètre des gouttelettes.

QA = Flux d'air.

QL = Débit de liquide.

$\mu$  = Viscosité du liquide en poises.

$\sigma$  = tension superficielle du liquide en dynes par cm.

$v$  = Vitesse du liquide en mètres par seconde.

$\rho$  = Densité du liquide.

Cette formule montre nettement que la taille des particules dépend de deux éléments : l'un ayant trait au produit, l'autre à l'appareil.

Pour le produit, l'augmentation de la viscosité et de la tension superficielle accroît le diamètre des gouttes, alors que l'augmentation de la densité le réduit.

La vitesse du liquide au moment de sa projection dans l'air et surtout le rapport des débits : liquide et air sont les éléments les plus importants. De fait, c'est sur ce rapport qu'il est le plus aisé d'agir avec un appareil de type donné. Le débit d'air demeurant constant, il est possible de réduire la taille des gouttes formées en diminuant le débit de liquide et inversement, le débit de liquide étant invariable il est possible de régler la taille des particules en agissant sur la vitesse du courant d'air.

Il est bien évident que la formule de NUKIYAMA et TANASAWA ne s'applique en valeur absolue qu'à un type d'appareil bien déterminé. Elle tient compte d'une utilisation donnée de l'énergie produite par les organes moteurs de l'appareil. Les différents matériels que nous avons pu étudier sont de conceptions très différentes. Leur rendement dépend en grande partie du montage mécanique destiné à mettre en présence la phase liquide et l'air. Comme nous l'avons signalé à propos de la pulvérisation, plus le contact est intime entre les deux phases, meilleur est le rendement.

Dans un brouillard toutes les particules n'ont pas la même taille, car on se trouve dans des conditions éloignées de l'optimum du fait de conditions mécaniques inévitables ; selon NUKIYAMA et TANASAWA, la courbe de fréquence est caractérisée par la fonction  $q$  dans la fonction :

$$\frac{dn}{dx} = a \cdot x^p \cdot e^{-bx^q}$$

$n$  = nombre des gouttes,  $x$  = leur diamètre,  $a$ ,  $b$  et  $p$  sont des constantes. La fonction  $q$  est constante pour un appareil donné. La relation avec  $D^0$  peut être calculée lorsque la valeur de  $q$  est connue.

Dans la pratique, les mensurations des éléments des nuages, produits par les appareils de traitements, sont assez difficiles et sont sujettes à des variations importantes selon les techniques que l'on utilise.

Avec la méthode de YEOMANS (1949), on obtient un spectre donnant une idée précise de la totalité du brouillard produit c'est celle qui convient le mieux pour l'étude de l'appareil lui-même et pour sa mise au point. La technique de DE JONG permet d'évaluer la taille des particules déposées sur une cible placée à une distance variable de l'appareil. Elle constitue donc un contrôle rapide de l'efficacité du traitement lui-même. C'est cette méthode que nous avons utilisée au cours de nos essais : des plaques de verre enduites de graisse au silicone sont placées à différentes distances de l'axe de passage de l'appareil de traitement, les gouttes se déposent sur ces plaques et l'examen microscopique permet leur comptage et leur mensuration.

Si le brouillard est produit avec une bouillie aqueuse, l'évaporation, pendant le trajet, est à considérer et par la suite, il faut faire l'examen très rapidement. On peut éviter cet inconvénient en recueillant les gouttelettes dans une boîte de Pétri contenant un mélange de vaseline et d'huile de paraffine et en recouvrant le dépôt d'une couche d'huile de paraffine. Les dépôts ainsi « fixés » se conservent indéfiniment.

L'utilisation de ces méthodes permet d'évaluer la fréquence de la variation de la taille des particules, pour un appareil donné, en fonction des facteurs que nous avons énumérés ci-avant. Il y a lieu d'insister sur le fait que les particules ainsi recueillies sont celles qui se sont déposées et que leur nombre et leurs dimensions ne correspondent pas exactement à celles qui constituaient le nuage au moment de son émission.

En principe les courbes de fréquence doivent présenter une allure en clocher aussi aigu que possible, représentant une répartition homogène. Il est intéressant, en effet, de pouvoir disposer du plus grand nombre possible de gouttes de la même dimension dont le comportement, en fonction des conditions météorologiques, sera le même et assurera, ainsi, l'homogénéité du traitement. Une courbe bimodale peut également être intéressante si le débit est suffisant, la classe représentant les particules les plus grandes assurant la couverture des végétaux les plus près de l'émission, et les petites particules, celle des

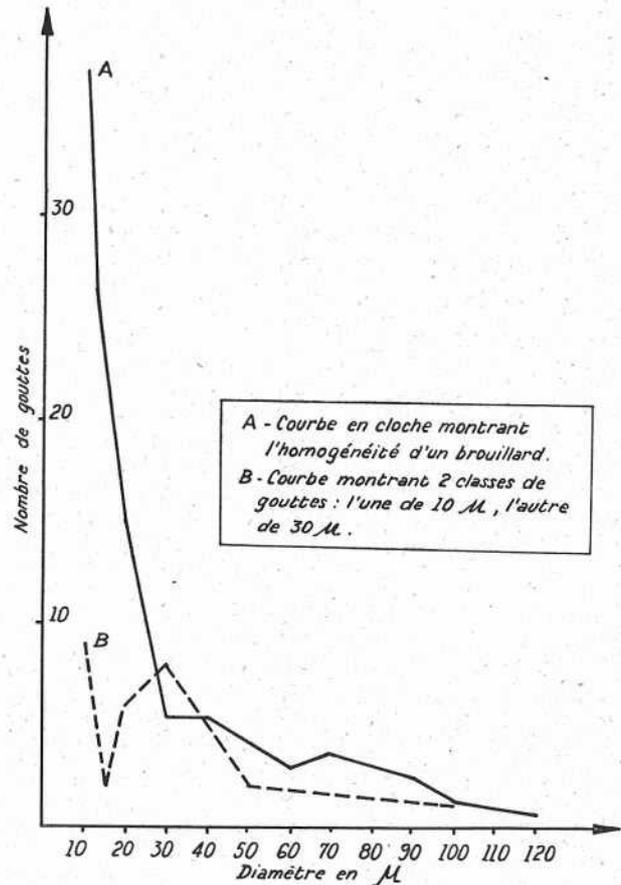


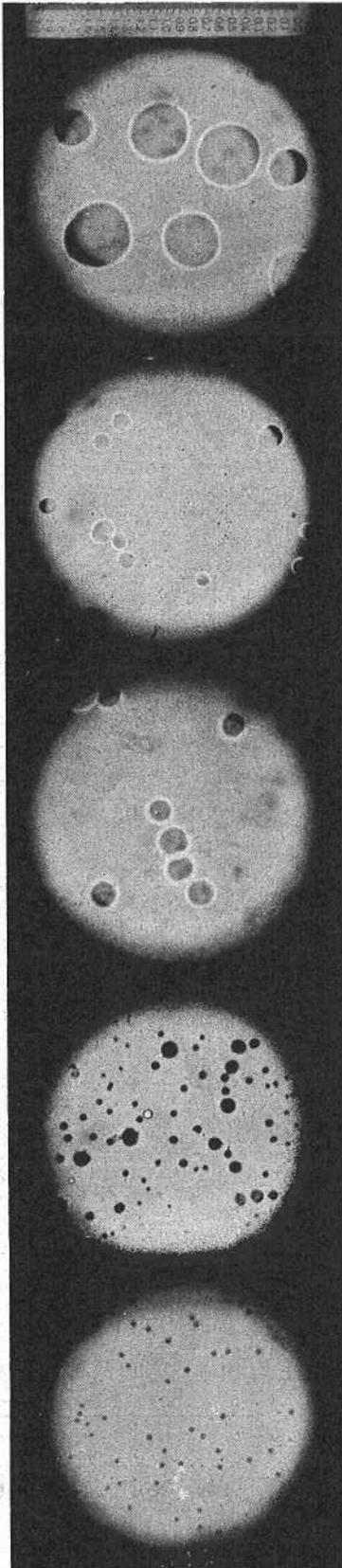
FIG. 4. — Courbes montrant deux types de dépôts de pulvérisation : l'un homogène (A.), l'autre à deux classes de particules (B.).

plantes les plus éloignées (fig. 4.). Nous avons déjà insisté ci-avant sur les inconvénients pour la régularité des traitements, de l'hétérogénéité des brouillards.

Selon la classification que nous avons établie ci-avant, nous avons défini trois catégories de brouillards : le *brouillard lourd à faible vitesse initiale* (100-200 microns) produit par un appareil dépourvu de pulseur ; le courant d'air utilise une grande partie de son énergie pour provoquer la formation de gouttelettes, la portée est limitée à quelques mètres, le débit est important.

Le *brouillard lourd pulsé* est produit de la même façon que précédemment mais un dispositif annexe de soufflerie ou pulseur reprend le nuage alors qu'il est déjà formé et le projette dans l'air avec une vitesse initiale importante, le débit de ces appareils est élevé.

Le *brouillard léger* diffère beaucoup du précédent par la taille de ses particules élémentaires (50 à 100 microns), et le débit de liquide est moindre, l'énergie produite par le pulseur étant aussi importante ou même supérieure, la portée est plus grande.



Échelle  
en  $1/10^{\circ}$  de mm.

Traitement en pluie :  
Max. 500 microns  
Moy. 380  
Min. 280

Brouillard lourd :  
Max. 200  
Moy. 160  
Min. 100

Brouillard léger :  
Max. 100  
Moy. 80  
Min. 50

Fogging lourd :  
Max. 50  
Moy. 40  
Min. 25

FIG. 5. — Microphotographies de dépôts ( $\times 18$ ), correspondant à des prélèvements faits dans diverses zones privilégiées du nuage et contenant peu de particules différentes de la moyenne.

Le *poudrage* s'apparente à la nébulisation légère (ci-dessous) par la taille des particules, mais la soufflerie des appareils poudreux permet aussi le traitement direct des végétaux sans rechercher obligatoirement à utiliser tout le nuage produit.

La *nébulisation* ou fogging devrait être caractérisée par la production de nuages de particules de 5 à 50 microns avec une vitesse initiale peu considérable. En fait ces appareils peuvent être utilisés dans des conditions assez voisines du brouillard léger, aussi distinguerons-nous la nébulisation légère de la nébulisation lourde.

La classification basée sur les définitions que nous venons d'établir (fig. 5) peut paraître artificielle et théorique, nous insistons sur le fait qu'elle ne correspond pas à une classification des différents appareils de traitements, mais plutôt à un ou plusieurs modes d'utilisation de chaque appareil. Nous allons le montrer en rapportant les essais que nous avons réalisés. Au cours de cette expérimentation les appareils que nous avons utilisés n'ont pas toujours été utilisés dans toutes leurs applications possibles ; certaines de ces applications nécessiteraient de longues mises au point que nous n'avons pas encore pu effectuer. Par ailleurs, toute notre étude étant orientée vers la réduction des quantités de bouillies nécessaires aux traitements des bananeraies, nous n'avons pas cherché à les utiliser à leur débit de liquide maximum.

**3° Brouillard lourd à faible vitesse initiale.** — Type : appareils système Pintagram, marque Lachazette.

Avec ce matériel « l'atomisation » du liquide est produite par un dispositif utilisant la détente d'air surpressé. Le liquide sort par un ajutage de grand diamètre, provenant d'une cuve maintenue à une pression de 0,5 à 1 kg/cm<sup>2</sup>.

Le débit de chaque jet « atomiseur » peut être réglé en fonction de la pression exercée sur le réservoir de liquide ou par un robinet spécial. Toutefois pour les appareils à grand rendement équipés par ce procédé, on multiplie le nombre des « jets atomiseurs » pour obtenir un brouillard d'une densité importante.

Pour le travail dans la bananeraie deux conceptions différentes ont été expérimentées, celle du traitement

bananier par bananier avec une lance équipée de jet atomiseur, ou le traitement ligne par ligne avec une rampe verticale.

a) *Traitement à la lance.* Appareils : Pintagram Baby monoroue, Pintagram civière, Pintagram bât. Minimicron (grand débit). Les appareils Pintagram-Lachazette sont équipés avec des moteurs de 1 CV à 1,25 CV, la portée moyenne est de 3 m environ, il est préférable de travailler dans le sens du vent dès que celui-ci atteint 4 km/h. Deux possibilités sont offertes : donner le débit maximum de liquide et utiliser une bouillie aqueuse légère ou bien réduire le débit du liquide et obtenir un brouillard plus fin mais permettant l'utilisation d'un produit huileux (voir ci-après brouillard léger).

La bouillie utilisée était donc :

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Eau.....                 | 100 litres |
| Mouillant.....           | 0,1 litre  |
| Oxychlorure à 50 % ..... | 3,2 kg     |

Le débit de ces appareils est de 250 litres/hectares minimum. Cette quantité pouvant être obtenue avec une seule lance ou avec deux lances selon les appareils (fig. 6).

Il est à remarquer que ce matériel convient particulièrement aux petites exploitations et que le Pintagram Bât est très intéressant pour les bananeraies de montagne.

Le Minimicron peut convenir pour ce mode de traitement, à son débit maximum, sa consommation de bouillie est alors de 500 l/ha.

b) *Traitement avec la rampe verticale.* Une variante de l'appareil Moto-Pintagram n° 3 semi porté sur Moto-culteur Staub R. T. 4 avec cuve de 200 litres, porte une rampe double de 2,50 m qui peut être utilisée soit verticalement pour le traitement des bananeraies, soit horizontalement pour les traitements des cultures basses ou le désherbage chimique.

En bananeraie avec trois jets atomiseurs placés en faisceau à 2,50 m du sol environ, il est nécessaire de traiter dans le sens du vent pour avoir une portée suffisante. Le passage dans la bananeraie est possible mais demande des aménagements des plantations. Il faudrait adopter un mode de plantation en lignes jumelées afin de laisser un passage supplémentaire de 1 m dans l'interligne pour que le mototracteur puisse passer aisément. Ce mode de traitement nécessite encore une étude pour pouvoir être utilisé avec succès dans les bananeraies.

de puissances différentes ont été expérimentés pour les traitements des bananeraies selon ce procédé. Ce sont : le Swissatom 2.000, le Swissatom 350, le Lachazette, le Pasteur (fig. 6 bis) et le Micron Sprayer (utilisé à son débit maximum).

Ces appareils sont très différents les uns des autres



FIG. 6. — Pintagram-Lachazette : Brouillard lourd à faible vitesse initiale.

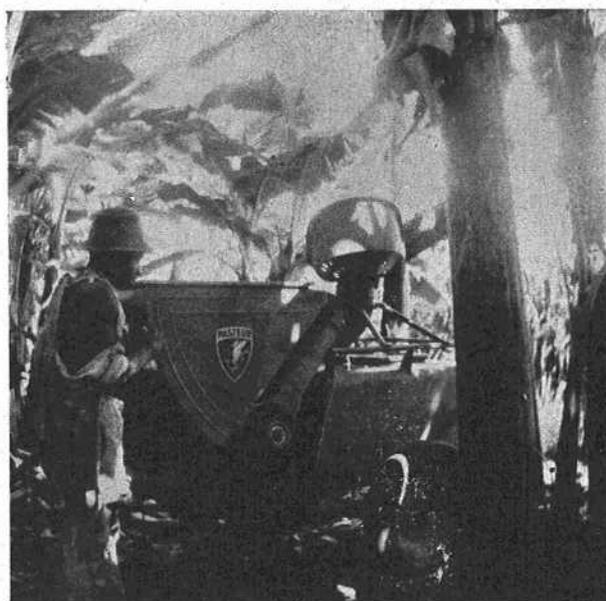


FIG. 6 bis. — Le Pasteur, dans la bananeraie.

4° **Le brouillard lourd pulsé.** — Cinq appareils

FIG. 7. — Brouillard obtenu avec le minimicron.

par la force de propulsion du brouillard, ils peuvent cependant être comparés car :

- ils utilisent la même bouillie,
- le brouillard produit est de la même nature,
- les dépôts sur les feuilles sont comparables,
- leur débit/hectare peut être le même.

La bouillie type pour ce mode de traitement est la suivante :

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Oxychlorure à 50 % Cu..... | 1,5 kg     |
| Mouillant.....             | 0,1 litre  |
| Eau.....                   | 100 litres |

Le mouillant peut être remplacé par de l'huile blanche émulsionnable.

Le débit/hectare est de 250 à 600 litres ; les dépôts sur les feuilles sont importants et les gouttelettes ont tendance à se chevaucher.

La taille moyenne des particules, voisine de 150 microns, ne permet pas un gain notable de portée par l'utilisation du vent, par contre dès que le brouillard est projeté à contre-vent la portée devient très faible.

Les essais avec le Swissatom 2.000 faits par MERNY ont montré que malgré la puissance de cet appareil les dépôts de cuivre étaient très faibles à partir d'une distance de 15 m de l'axe du passage. Ceci est dû au fait que la soufflerie si puissante soit-elle produit un courant d'air dont la vitesse s'amortit rapidement à cause de l'obstacle constitué par les premières lignes de bananiers. La portée théorique, qui en terrain découvert peut atteindre 50 m, est très différente de la portée pratique. Cette portée est difficile à augmenter : en effet, si l'on augmente encore la puissance du courant d'air, les premières lignes de bananiers risquent de se trouver endommagées. Seule la réduction de la taille des particules pourrait être envisagée, ce qui nous amènerait au même problème que pour le brouillard léger.

Pour les 4 appareils cités la portée utile en bananeraie est la suivante :

|                              |      |
|------------------------------|------|
| Swissatom 2.000 .. . . . . . | 25 m |
| Swissatom 350.. . . . . .    | 20   |
| Lachazette (L. H. 8).....    | 10   |
| Pasteur .. . . . . .         | 15   |

Des passages pour les appareils doivent donc être ménagés tous les 15 à 30 m, selon les appareils utilisés, perpendiculairement aux vents dominants. On traitera par temps calme et fera un passage contre le vent pour atteindre les dernières lignes peu couvertes lors du passage sous le vent.



5° Le brouillard léger. — Est caractérisé par les données suivantes :

Le débit de l'appareil est de 40 à 60 l de bouillie par hectare.

La taille des particules se situe entre 20 et 100 microns maximum (moyenne 65-70  $\mu$ ).

Le traitement n'est possible qu'avec l'utilisation rationnelle du vent.

Seules les bouillies huileuses permettent, en bananeraie, d'obtenir le résultat recherché.

Peut être produit soit par de petits appareils, soit par des appareils à grand travail.

a) *Petits appareils*, type Minimicron (fig. 7), adaptation possible des Pintagram-Lachazette. Avec le matériel dit « atomiseur » utilisé pour ce mode de traitement la portée à vent favorable (vitesse 3 à 5 km/h) ne peut excéder 10 m, on atteindra donc des cibles situées entre 5 et 10 m. Le minimicron, selon le pas de l'hélice que l'on adapte, produit des particules d'un diamètre différent. Avec le montage voulu pour le traitement par brouillard léger, les valeurs suivantes ont été obtenues : (diamètre des gouttes en microns) maximum : 200, moyenne : 65, minimum : 10. Si l'on note le pourcentage de gouttes de chaque taille, les résultats sont les suivants :

| Diamètres en microns | %   |
|----------------------|-----|
| 10-25                | 23  |
| 40-50                | 27  |
| 55-85                | 27  |
| 85-100               | 13  |
| 100-150              | 8,5 |
| 150-300              | 1,5 |

Dans ce dépôt, recueilli à 5 m et qui, constitue une bonne valeur moyenne pour juger de la nature du nuage, nous remarquons que 67 % des gouttes ont un diamètre d'une longueur comprise entre 40 et 100 microns.

Les 23 % de plus petites particules représentent un volume de produit extrêmement faible, en effet si l'on considère les chiffres cités par HOARE, concernant le nombre de particules de chaque classe produites avec une once de produit (28,35 g) :

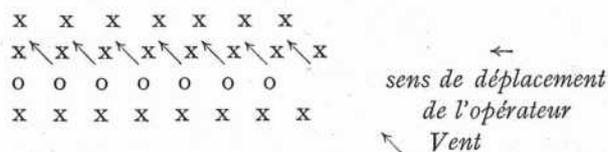
| Diamètre en microns | Nombre         |
|---------------------|----------------|
| 10                  | 18.000.000.000 |
| 50                  | 304.000.000    |
| 100                 | 48.000.000     |
| 200                 | 6.000.000      |

On se rend compte que le volume de produit sous forme de gouttes de 10 à 25 microns (23 %) ne constitue que le 1/100<sup>e</sup> du volume représenté par les gouttes dont le diamètre est de 40 à 100 microns. Les pertes les plus considérables seraient provoquées par les particules les plus grosses, supérieures à 150 microns, nous voyons qu'elles sont extrêmement peu nombreuses dans le cas présent.

Dans nos premiers essais nous avons utilisé l'hélice n° 1, les débits étaient calculés lors d'essais de phytotoxicité en bananeraie :

| FORMULES TESTÉES  | DOSE EN LITRES PAR HECTARE | PHYTOTOXICITÉ                            |
|---|----------------------------|--|
| Gas-oil.....  | .....50.....               | ++                                       |
| Gas-oil 10 .....<br>Huile 30.....<br>Oxychlorure 8..... | .....50.....               | négligeable<br>(faible aux points fixes) |
| Gas-oil 10 .....<br>Huile 2.....                        | .....55-60....             | négligeable                              |
| Zineb 1.....  | .....120.....              | +  |

Mode de traitement : afin d'éviter une accumulation nuisible de produit sur l'écran que constituent les premières feuilles de la rangée de bananiers auprès de laquelle se déplace l'opérateur, il est nécessaire de traiter, non pas cette première rangée, mais de chercher à atteindre le second rang (voir schéma) :



o points fixes.

L'opérateur réalise une succession de points fixes en choisissant à chaque fois son objectif et ayant bien soin de dégager la trajectoire du bananier de la première ligne (fig. 7 bis). Il émet ensuite un premier nuage dont l'axe est dirigé un mètre environ au-dessus de la plante qu'il se propose de traiter, une seconde bouffée de brouillard est ensuite émise en visant plus bas pour atteindre les feuilles inférieures et les rejets. La durée d'émission est très brève, elle correspond à une pression sur la poignée-robinet de l'appareil.

A cette cadence il est possible de traiter un hectare en 2 heures, il faut compter un temps égal pour le ravitaillement de l'appareil et la préparation de la bouillie. Un hectare 1/2 à 2 hectares peuvent être traités en une journée.

La couverture du végétal traité a été mise en évidence par la méthode indiquée ci-avant. A 5 m de l'appareil, par vent pratiquement nul, en produisant un brouillard avec une bouillie huileuse (Huile 15 l, Gas-oil 15 l, Oxychlorure 8 kg) et pendant un point fixe

Fig. 7 bis. — Traitement en bananeraie avec le minimicron. Position du Nozzle lors des points fixes.





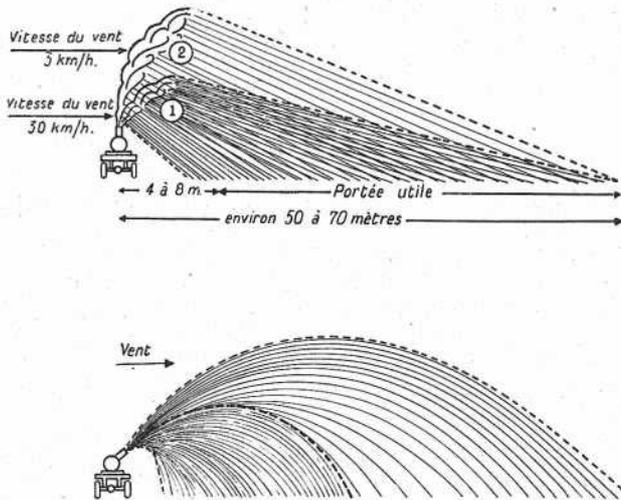


FIG. 8. — Émission de brouillard léger : en haut, bon traitement ; (1) vent fort, 30 km/h, (2) vent faible, 3 km/h en bas, mauvaise position du canon lors de l'émission, la plus grande partie du nuage se dépose dans les premiers mètres.

Pendant l'émission du nuage, le vent s'est élevé à une vitesse de 4 km/h environ perpendiculairement à la direction d'émission. Néanmoins, la portée maximale a été de 7 m. A 3,5 m la couverture est très bonne, les

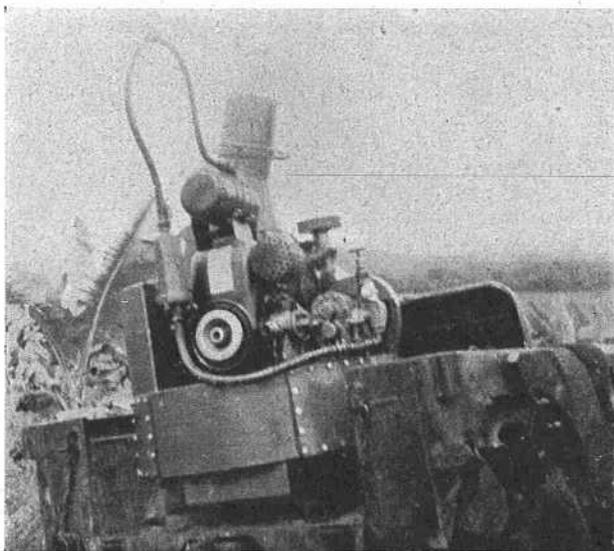


FIG. 9. — Le « micron standar » en position pour le traitement.

variations du nombre de gouttes de chaque classe que l'on peut observer à 3,5 m sont dues aux différentes positions qu'occupaient les plaques de prélèvement sur le végétal. La majorité des particules a un dia-

mètre variant entre 30 et 80 microns. On pourrait augmenter légèrement la taille des gouttes en diminuant la viscosité de la bouillie.

b) *Appareils à grand travail.* Il nous a été donné d'expérimenter le Micron Sprayer Standar et le Supermoléculeur Platz, dans ce genre de traitement. Mais pour le second appareil nous relaterons nos essais ci-après (traitements mixtes), car il nous a semblé intéressant d'étudier les résultats obtenus lorsque le brouillard léger était émis en même temps qu'un nuage de poudre.

Voici les données obtenues avec le Micron Sprayer « Standar » :

Débits :

| Formule      | Ouverture | Robinet | Débits    |              |
|--------------|-----------|---------|-----------|--------------|
|              |           |         | litres/ha | litres/heure |
| Eau.....     | 8         | max     | 40        | 360          |
| Eau.....     | 1         | max     | 25        | 270          |
| Eau.....     | 8         | 1/2     | 20        | 240          |
| Eau.....     | 8         | 1/2     | 20        | 240          |
| Gas-oil..... | 15        | 8       | 40        | 360          |
| Huile.....   | 15        |         |           |              |
| Oxychlorure  | 8         |         |           |              |

La formule gas-oil + huile + oxychlorure est celle qui a été utilisée pour les essais de phytotoxicité et de portée utile du traitement.

*Phytotoxicité :* Deux tests ont été faits, l'un a consisté en un point fixe d'une minute trente sous le vent et le second en passages aux débits normaux de traitements. En aucun cas des dommages graves ne furent observés, tout au plus peut-on, signaler quelques brûlures légères sur les plus jeunes feuilles des rejets des premiers rangs (cigares), en aucun cas ces brûlures ne risquent de nuire au développement du bananier ; les régimes atteints par le brouillard ne présentaient pas de symptômes visibles.

*Taille des particules :* Les mensurations, sur l'ensemble des contrôles réalisés, ont donné les résultats suivants :

|   |             |
|---|-------------|
| à faible distance quelques gouttes de 1 mm maximum..... | 150 microns |
| moyenne.....  | 80          |
| minimum.....  | 10          |

*Portée :* Les essais de portée ont été faits en bananeraie, soit au point fixe, soit avec l'appareil mobile. Pour obtenir la portée maximum, nous avons utilisé la méthode décrite par BESKINE qui permet d'utiliser

au maximum l'énergie produite par le vent tout en obtenant une portée peu différente avec des courants d'air de vitesses très différentes (fig. 8).

Le canon de projection du brouillard est orienté presque perpendiculairement par rapport au sol, la direction de déplacement de l'appareil étant perpendiculaire à celle du vent (fig. 9).

Cette façon de traiter est très avantageuse avec des nuages composés de particules suffisamment lourdes, elle évite de déposer sur les premiers rangs de la bananeraie des quantités importantes de produit. Cependant avec des vents faibles, il peut être intéressant d'imprimer au canon un mouvement alternatif de bas en haut afin d'atteindre les bananiers situés à une distance de 5 à 10 mètres du passage de l'appareil.

Au point fixe pendant 1,30 mn la plaque de contrôle située à 30 m de l'appareil a reçu une quantité importante de produit, les plaques des 15<sup>e</sup> et 25<sup>e</sup> m se sont trouvées masquées en partie. La vitesse moyenne du vent (mesurée à l'anémomètre girouette) était en moyenne de 8 km/h avec des sautes irrégulières. Comme il fallait s'y attendre la proportion de gouttes de faible taille est plus grande à 30 m, pour les gouttes de taille plus importante, il est difficile de tirer des conclusions de nos chiffres, elles semblent également réparties en fonction des distances.

Lors du déplacement de l'appareil, une portée utile de 25 à 30 m a pu être obtenue dans des conditions défavorables, puisque le sens du déplacement n'était pas perpendiculaire au vent.

(Vent 3/4 avant de 3 à 8 km/h.)

Nous ne nous hasarderons pas à tenter des calculs précis de dépôts avec les chiffres obtenus dans les essais ci-avant, ils ne peuvent constituer que des indications ; 2.000 gouttes d'un diamètre de 10 à 35  $\mu$  par  $\text{cm}^2$  ou 700 gouttes de 40 à 80  $\mu$  ont été choisies comme valeur minima, lors de ces essais. Pour nos essais ultérieurs, nous comptons sur une portée utile de 30 à 35 m, la présence de granules d'oxychlorure de cuivre étant observée dans toutes les gouttes comptées.

La formule utilisée était la suivante :

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| Gas-oil .....           | 15 litres |
| Huile.....              | 15 litres |
| Oxychlorure à 50 %..... | 8 kg      |

Par la suite nous avons adopté une autre formule :

|                  |      |
|------------------|------|
| Zineb. . . . .   | 1 kg |
| Oxychlorure..... | 6 kg |

|               |           |
|---------------|-----------|
| Huile.....    | 25 litres |
| Gas-oil ..... | 5 litres  |

*Cadence des traitements.* Une portée de 30 m permet de traiter un hectare en 7 à 8 mn avec 40 litres de bouillie, l'appareil ayant un réservoir de 90 litres un ravitaillement devient nécessaire tous les 2 hectares.

**6° Le poudrage.** — Nous n'avons envisagé jusqu'alors que des nuages constitués de particules liquides contenant un fongicide en suspension. Le poudrage sec, connu et utilisé depuis longtemps, consiste à émettre un nuage à partir d'un produit pulvérulent dispersé par une soufflerie puissante. Avec le matériel moderne équipé de ventilateurs à grand travail, le nuage produit a des caractères communs avec ceux que l'on obtient en fogging léger. (Voir ci-après.) La taille des particules est faible de 1 à 15 microns selon les produits. Selon la densité de la poudre, les particules sont plus ou moins légères, mais le nuage demeure toujours léger.

Les facteurs influant sur la formation des dépôts sur la végétation sont les mêmes. La relation  $D_2 V$  conserve les mêmes valeurs optima, c'est-à-dire que la fixation ne sera bonne que lorsque la vitesse du nuage (moment des particules) est suffisante. Par ailleurs la concentration du nuage en particules ne doit pas décroître trop rapidement si l'on veut obtenir une portée importante. En effet, l'étalement du nuage à une faible distance de son point d'émission dilue le nuage qui risque de n'avoir pas un pouvoir couvrant suffisant. Le débit en poudre de l'appareil ne peut donc pas être réduit dans de trop grandes proportions.

Dans les conditions de climat des cultures tropicales, les poudrages n'ont, par le passé, pas toujours eu une efficacité suffisante surtout en traitements fongicides. La raison en est à rechercher dans la possibilité de résistance des dépôts à l'entraînement par les eaux de pluie. La qualité des poudres est déterminante pour la réussite du traitement. Elles doivent, en premier lieu, demeurer pulvérulentes pendant le stockage, avant leur emploi, et ne pas former d'agré-gats qui rendraient le passage dans l'appareil difficile, sinon impossible. Si elles sont hydrophiles leurs emballages doivent être de très bonne qualité, sinon il est préférable d'utiliser des poudres hydrophobes.

Afin de limiter l'entraînement par les eaux de pluie, deux méthodes peuvent être employées ; la première consiste à n'utiliser que des poudres imprégnées de substances hydrophobes et dont la rétention par la surface des feuilles sera supérieure à celle des gouttes

d'eau. La deuxième méthode est d'épandre des poudres hydrophiles qui, se mélangeant, avec les gouttes d'eau produites par les pluies ou mieux par les rosées, formera un dépôt de fongicide possédant une ténacité égale à celle des dépôts de pulvérisation. Cette seconde façon de procéder présente la même difficulté que

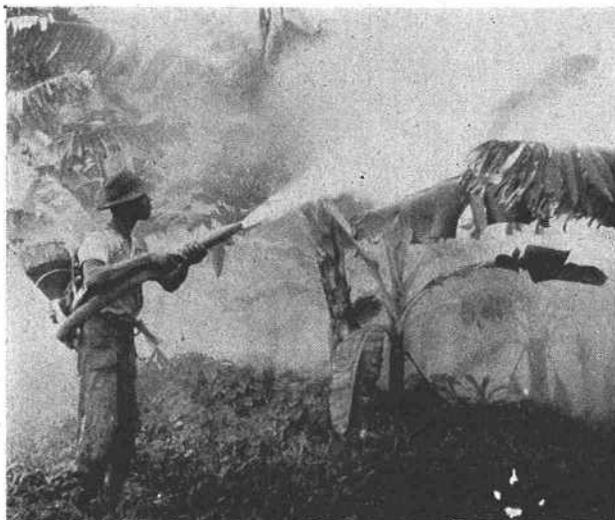


FIG. 10. — Traitement de la bananeraie par poudrage.

pour les dépôts de brouillards à l'eau, l'utilisation d'un adhésif puissant restant à découvrir.

Les essais que nous avons faits, le sont avec une poudre hydrophobe contenant, soit de l'oxychlorure, soit du Zineb. Les appareils utilisés sont : *petits appareils* : Super Procall, Delord Monolutte «D» (fig. 10), Poudreuse Castaing. *Appareils à grand travail* : Socal.

*Appareils polyvalents* permettant le poudrage sec : Surpémoléculeur Platz, Swissatom, Pasteur, Lachazette « Atomic ».

Nous avons cherché à déterminer, en premier lieu, la quantité de poudre nécessaire pour l'obtention d'une bonne couverture sur un hectare de bananeraie. Nous nous sommes arrêtés à la quantité de 80 kg de poudre contenant soit 4 kg de Cu métal de l'oxychlorure soit 2,5 kg de Zineb.

Avec les différents appareils testés le travail peut être exécuté de la manière suivante :

*Super Procall* (poudreuse à main) tuyauterie longue, débit à régler à 20 kg par heure. Traitement bananier par bananier 1 hectare en 4 heures de travail effectif.

*Delord* (poudreuse à moteur à dos) débit 40 kg/heure, le traitement se fait bananier par bananier. On peut donc traiter un hectare en 2 heures de travail effectif soit 4 heures avec les ravitaillement de l'appareil.

*Castaing* (poudreuse à moteur portée sur civière) la portée est de 10 à 15 m par vent favorable. Il est possible de traiter 3 rangs de bananier par passage, ce qui permet le traitement d'un hectare en 1 h 1/2 de travail effectif.

*Socal* et autres appareils tractés à grand travail : la cadence des traitements est la même que pour les brouillards légers ayant une portée utile de 20 à 30 m. Le réglage du débit de poudre est suffisamment précis pour obtenir les 550 kg/heure nécessaires. 10 à 15 hectares peuvent être traités par jour.

Des essais sont en cours actuellement sur l'activité fongicide des poudrages faits dans les conditions que nous venons de décrire contre *Cercospora*.

### 7° Les traitements mixtes, appareils polyvalents.

Les appareils générateurs de brouillards peuvent facilement être équipés d'une trémie permettant la distribution de la poudre dans la veine d'air utilisée par ailleurs pour l'« atomisation ».

On peut ainsi réaliser, soit un poudrage humide classique, soit un traitement mixte.

Dans le poudrage humide, le nuage de poudre, analogue à celui qui est émis par les poudreuses, est projeté en même temps qu'un brouillard lourd à l'eau. L'intérêt de cette méthode est de constituer sur le végétal un dépôt qui s'apparente à celui que l'on obtient avec le brouillard lourd ordinaire. La poudre, obligatoirement hydrophile dans ce cas, est imprégnée de liquide et forme une pâte, qui, en séchant cons-

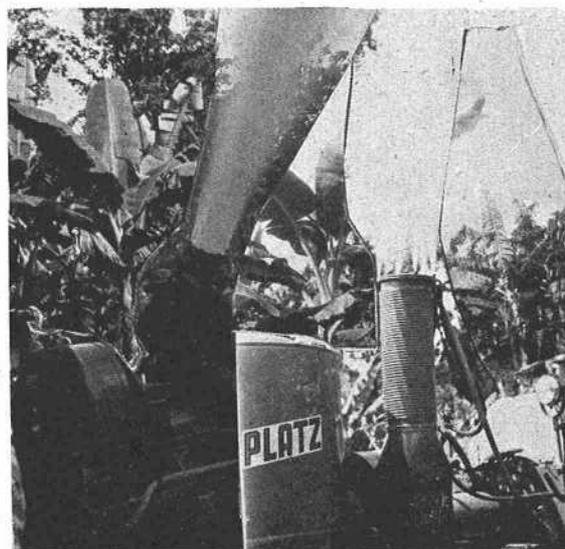


FIG. 11. — Montage photographique permettant de comparer la densité d'un nuage de brouillard léger (à droite) avec celle d'un nuage de poudrage humide (à gauche).

titue le dépôt. Dans les conditions de travail qui nous intéressent ce mode de traitement ne nous a pas semblé devoir être retenu.

Dans les traitements mixtes, on réalisera un poudrage accompagnant, non plus une simple pulvérisation d'eau, mais un brouillard chargé normalement de produits antiparasitaire. L'avantage dans ce cas, réside dans une plus grande portée de l'appareil, il se constitue, en effet, plusieurs phases dues à la différence de poids existant entre les deux catégories de particules émises, celle du poudrage et celles du brouillard.

Deux utilisations différentes de traitements mixtes ont été expérimentées, l'une avec un brouillard lourd à l'eau, l'autre avec un brouillard léger à l'huile.

a) *Traitement mixte avec brouillard lourd* : Appareil Pasteur. Le mode opératoire est le suivant : l'appareil débite une bouillie bordelaise à 3-3,5-100 à raison de 250 litres par hectare. Le poudrage est réalisé avec une poudre hydrophobe contenant 8 % de Cu métal à raison de 40 kg hectare.

b) *Traitement mixte avec un brouillard léger*. Appareil Supermoléculeur Platz (fig. 11).

Le brouillard est du même type que celui que nous avons décrit (Micron Sprayer). La poudre, rendue hydrophobe par imprégnation avec une substance huileuse, peut parfaitement se mélanger avec la phase huileuse de la bouillie.

Voici les données définies avec le Supermoléculeur :

Débit :

| Formules             | Ouverture | Débit/heure | litres/ha |
|----------------------|-----------|-------------|-----------|
| <i>Liquide :</i>     |           |             |           |
| Eau.....             | 5         | 240         | 30        |
| Eau.....             | 1         | 60          | 7,5       |
| Gas-oil.....         | 3         | 140         | 18        |
| 8 kg oxychlorure ... | 3         | 155         | 20        |
| 15 l huile.....      |           |             |           |
| 15 l gas-oil.....    |           |             |           |
| <i>Poudre</i> .....  | max.      | 800         | 100       |
|                      | 3         | 400         | 50        |

*Phytotoxicité* : Les mêmes essais ont été faits que pour le Micron Sprayer avec la formule ci-dessus, aucune altération des feuilles n'a été observée sur les bananeraies traitées.

*Taille des particules* : A la plus grande ouverture, les mensurations sur les dépôts recueillis à différentes distances de l'appareil montrent la présence d'une majorité de particules d'un diamètre de 35 à 50  $\mu$ .

*Portée* : Nous avons dit ci-avant qu'avec le traitement mixte, une augmentation de la portée devait être obtenue par rapport au brouillard léger seul.

Les résultats des contrôles de dépôts effectués montrent qu'avec un vent faible (2,5 à 3,6 km/h) et mal orienté par rapport à la direction du brouillard, à 42 m du point d'émission le dépôt était important. Ce sont plutôt les bananiers de la partie intermédiaire qui ont reçu la moins grande quantité de produit (effet de la retombée du produit + action du vent).

Dans un deuxième essai par vent plus violent (7 km/h) à 30 m le dépôt était plus faible, tout en demeurant très suffisant ; ceci est dû peut-être à la plus grande dilution du nuage.

Compte tenu de ces variations, il est possible de considérer que 40 m est une portée utile maximum en bananeraie.

L'examen des dépôts, à divers intervalles de temps après le traitement, montre que leur persistance sur la végétation est excellente malgré les pluies, même pour la fraction pulvérulente qui se trouve enrobée dans la couche huileuse formée par le brouillard.

Une autre qualité du traitement mixte a également pu être mise en évidence c'est l'accroissement pondéral des dépôts. Pour cette étude, nous avons utilisé la technique de YEOMANS qui constitue à réaliser un point fixe de longue durée (1 à 5 mn) et à peser le dépôt recueilli, à différentes distances de l'appareil, sur un papier filtre ou sur une plaque de verre. Avec cette méthode les dépôts totaux déposés par mn et par  $\text{cm}^2$  ont été les suivants, à débit égal (60 kg/ha) .

*En millièmes de mgr.*

|                   | 5 m   | 10 m  | 15 m | 20 m | 25 m |
|-------------------|-------|-------|------|------|------|
| Micron Sprayer... | 330   | 260   | —    | —    | —    |
| Platz.....        | 2.500 | 2.660 | 800  | 600  | 510  |

**8° La nébulisation.** — (Fogging.) Appareils types : Tifa, Swingfog.

En fogging, le nuage produit est composé de particules de petites tailles : de 5 à 60 microns. Dans ces conditions, le seul support possible, pour les bouillies, est l'huile. A la suite de faits que nous avons exposés ci-avant, on comprendra que pour les applications fongicides dans les champs, il ne soit pas possible de réduire trop fortement la dimension des particules élémentaires des nuages de fogging. Sauf dans des conditions météorologiques particulièrement stables, les nuages composés de particules de 10 à 16 microns ne peuvent se déposer sur la végétation traitée de façon satisfaisante, à moins que le débit de l'émission ne soit considérable et la vitesse de déplacement du nuage également grande. En fait, la réduction de la taille des particules, sur les différents appareils utilisés, est obtenue par une réduction du débit de

liquide. C'est la raison pour laquelle, nous avons distingué le fogging léger du fogging lourd. Dans le premier cas le débit est de l'ordre de 10 à 12 litres de bouillie hectare, avec des particules dont la taille moyenne est de l'ordre de 15 microns. Dans le second cas, le débit hectare varie de 40 à 60 litres, avec des particules d'une taille moyenne de 45 à 50 microns pour des extrêmes allant de 20 à 80 microns.

C'est dans les conditions du fogging lourd qu'ont été faits les essais rapportés par l'un de nous (1) et dont l'efficacité s'est révélée supérieure à celle des traitements faits par pulvérisation ordinaire.

Avec les appareils à fogging, le courant d'air destiné à provoquer la division du liquide est porté à une haute température, ce qui diminue la viscosité des huiles composant les bouillies, la vaporisation qui se produit tend également à diminuer la taille des particules. Voyons les conditions de travail des appareils que nous avons expérimentés :

a) *Appareil tracté à grand travail* : Tifa.

Bien que la vitesse d'émission du brouillard soit très grande au passage de la buse de sortie, le débit d'air de la soufflante n'étant pas considérable et le nuage diffusant rapidement latéralement, il faut utiliser la force des vents pour atteindre une portée intéressante. Théoriquement il est possible, en opérant dans des conditions météorologiques très stables de produire un brouillard léger, qui imprègne complètement la culture à traiter et qui se dépose lentement. En fait aux Antilles, avec le régime de brises marines qui y règne, ces conditions ne sont obtenues qu'exceptionnellement. Il est donc nécessaire d'opérer différemment, l'appareil se déplace dans des chemins orientés perpendiculairement à la direction des vents dominants et le traitement n'est possible que lorsque le vent est franchement perpendiculaire au sens de déplacement (fig. 12). Un vent 3/4 avant ne permet pas une bonne portée non plus qu'un vent venant de l'arrière. Si des courants ascendants violents se manifestent le traitement devient également impossible.

A bon vent, lorsque celui-ci ne dépasse pas une vitesse de 6 à 8 km/h, l'optimum étant de 3 à 4 km/h, on distingue à l'œil trois phases différentes dans le nuage. La première est formée dans la zone d'émission, les 5 premiers mètres, elle contient les gouttes les plus grosses et se dépose rapidement. La seconde phase est la plus intéressante, car elle produit les dépôts utiles sur la végétation, sa portée est de 15 à 20 m selon la vitesse du vent.

La troisième phase est constituée par les plus fines particules, elle forme un nuage léger qui s'éloigne rapidement dans la bananeraie en suivant les mouvements

de convection verticale lorsqu'ils se produisent. Cette troisième phase, suffisante pour les traitements des locaux, est perdue pour la majorité des cas lors des traitements des plantations. C'est une cause d'échecs fréquente de considérer que, du fait que la culture a été parcourue par ce brouillard léger, on peut en attendre une action efficace contre les parasites.

En comptant sur une portée de 20 m, un appareil peut traiter 10 à 15 hectares de bananiers par jour, le prix de revient de l'application se calcule comme suit.

a) *Pour une plantation de 100 ha* : (prix de revient ha par application).

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Amortissement appareil. .... | 12,5     |
| Réparations, entretien. .... | 2,25     |
| Carburant. ....              | 69       |
| Traction. ....               | 15       |
| Produits. ....               | 6.700    |
| Main-d'œuvre. ....           | 140      |
| Total. ....                  | 6.938,75 |

b) *Pour une plantation de 20 ha* :

Seul l'amortissement peut intervenir pour modifier le prix de revient, il sera de 62 fr. par hectare, ce qui porterait le prix du traitement à 6.988,75 fr.

b) *Appareil porté*. Type Swingfog.

Le Swingfog est un appareil moto-pulseur produisant un brouillard de même nature que le Tifa mais avec un débit moindre. Deux modes d'utilisation de l'appareil sont possibles selon que l'on adapte l'un ou l'autre des deux types de tuyauteries, on obtient ainsi soit un débit faible soit un débit plus important.

Dans un premier essai, nous avons expérimenté avec le débit le plus faible 12 litres/heure produisant ainsi involontairement un nuage très léger.

La bouillie utilisée était la suivante :

|               |           |
|---------------|-----------|
| Zineb. ....   | 1 kg      |
| Huile. ....   | 2 litres  |
| Gas-oil. .... | 10 litres |

Dans ces conditions de travail, il est nécessaire de traiter la bananeraie en faisant une succession de point fixes devant chaque bananier, en se plaçant bien entendu à bon vent (fig. 13 et 14). Lorsque le vent est assez fort, 7 à 8 km/h, il est difficile d'atteindre la cime du bananier devant lequel on est placé. La cadence de travail est assez faible, on ne peut compter traiter un hectare en moins de 2 heures, la quantité de produit actif épandu demeure faible.

Les résultats de l'efficacité de ce traitement contre *Cercospora* sont rapportés ci-après.

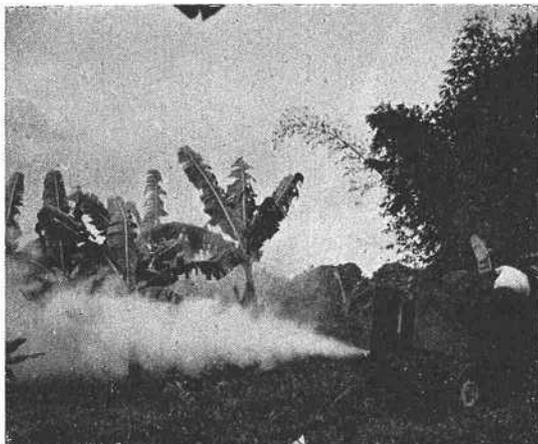


FIG. 12. — (A gauche) Traitement de la bananeraie avec le Tifa (Fogging lourd).

Le Swingfog muni de la tuyauterie assurant le débit le plus fort est utilisé avec la bouillie suivante :

|               |          |
|---------------|----------|
| Huile.....    | 8 litres |
| Gas-oil ..... | 3 litres |
| Zineb .....   | 1 kg     |

Des essais sont en cours avec le débit de 28 litres/hectare, et l'on se trouve ainsi pratiquement placé dans des conditions voisines de celles du fogging lourd décrit ci-avant (Tifa).

#### Efficacité et rentabilité des différents modes de traitements.

Pour les traitements fongicides de la bananeraie nous devons considérer deux cas : les conditions climatiques permettent les traitements avec les bouillies aqueuses, cas favorable, ou ne les permettent pas.

Aux Antilles un grand nombre de plantations se trouvent placées dans le second cas, le plus défavorable, c'est donc cette conjoncture que nous étudierons, sachant que les résultats obtenus s'appliqueront a fortiori aux conditions moins défavorables pour le traitement.

L'un de nous a montré par ailleurs (1) et (2) l'efficacité du traitement par nébulisation (fogging lourd) aussi n'insisterons-nous pas sur ce point.

Dans les régions les plus attaquées par *Cercospora* de la Guadeloupe le fogging est plus efficace que le traitement « en pluie » et d'un prix de revient inférieur.

Pour ce qui concerne le brouillard léger huileux, nous sommes en mesure de donner les résultats préliminaires d'un essai mis en place en mars dernier. Dans cet essai l'on comparait avec une parcelle témoin,

non traitée, le développement de *Cercospora* dans deux autres types de parcelles : l'une traitée avec le Minimicron (brouillard léger), l'autre avec le Swingfog (fogging). Les conditions d'utilisation des appareils et les formules sont celles que nous avons décrites ci-avant. Pour le Swingfog, il faut remarquer que, ne disposant pas encore du dispositif permettant d'obtenir le plus fort débit, l'appareil était utilisé avec un débit de 12 litres/heure et formait un nuage léger, toutes conditions défavorables à la bonne réussite du traitement.

Les résultats schématisés, fig. 15, ont été obtenus par le comptage périodique de 100 feuilles de bananiers, toutes au même stade de développement.



FIG. 13 (En haut et à droite) et 14. — Traitement au Swingfog. L'opérateur dirige le brouillard successivement vers la cime des bananiers (13) et vers le bas pour atteindre les rejets (14).

L'infection précoce, au cours de cette campagne, a provoqué des dégâts très nets, à la dernière observation le témoin ne comportait plus que 36 % de feuilles saines, alors qu'on en notait 68 % dans les parcelles traitées au Minimicron et 52 dans celles traitées au Swingfog.

L'attaque a été réduite à un niveau faible par le traitement par brouillard léger huileux.

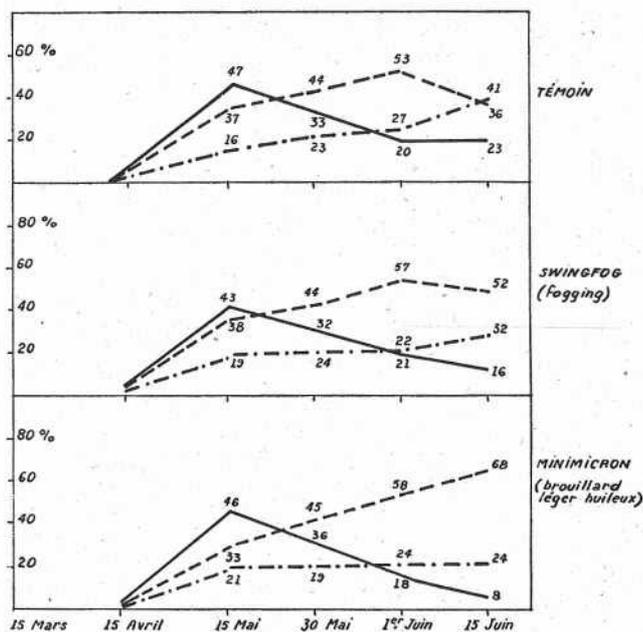


FIG. 15. — Résultats de l'essai comparatif : Fogging-Brouillard léger huileux.

— 10 à 45 % de la surface foliaire  
 - - - - - 50 à 75 % détruite  
 - - - - - feuilles saines

Les parcelles traitées par fogging ont été moins bien protégées, mais le traitement n'a pas été celui qui aurait été désirable et nous ne pourrions juger de la valeur de l'appareil qu'après avoir obtenu les résultats des essais en cours avec un débit de bouillie plus élevé.

Il nous reste à attendre les résultats de nombreux essais en cours avant de pouvoir tirer une conclusion définitive, mais les éléments que nous possédons permettent déjà d'affirmer que les traitements par fogging et par brouillards huileux sont possibles et très efficaces pour lutter contre *Cercospora* aux Antilles.

Le prix de revient des applications est moindre que celui des pulvérisations classiques, nous pourrions ultérieurement chiffrer le coût des divers modes de traitements et en déduire leur rentabilité.

### Discussion générale.

Les données que nous avons apportées dans le présent travail doivent être validées par des résultats complémentaires obtenus sur la maladie même que l'on propose de combattre et dans les conditions pratiques de travail. Nous devons remarquer cependant que les essais précédents (1), ont prouvé l'efficacité des traitements fongicides en fogging et en brouillards légers avec des formules huileuses.

L'utilisation de ces formules permet de remédier à la plupart des inconvénients que l'on porte habituellement au débit des traitements par brouillards. On considère parfois, (LEMIERRE), que les brouillards légers et le fogging sont tout juste utilisables pour remplir l'atmosphère d'un brouillard capable de tuer les insectes présents pendant le traitement, mais que dans la totalité des cas, les dépôts formés sur le feuillage, s'ils peuvent avoir une certaine action insecticide, ne sont pas suffisants pour les traitements antifongiques. A notre avis, c'est bien plus de notre manque de connaissances précises sur le comportement d'un nuage dans l'atmosphère que viennent les échecs qui ont pu se produire. La nature des particules projetées autant que leur taille sont les éléments les plus importants pour le résultat final.

Quoi qu'il en soit, les praticiens désireux de traiter leurs bananeraies disposent maintenant d'une gamme complète d'appareils leur permettant des traitements allant de la pulvérisation classique, en pluie, au fogging léger en passant par la forme que nous considérons comme transitoires et certainement provisoire du brouillard lourd. Les améliorations qui ont été faites ces dernières années ont porté sur les appareils de tous les types. Le matériel que nous avons expérimenté s'est révélé dans l'ensemble de très bonne qualité et nous avons pu nous rendre compte que des modifications peu importantes seraient suffisantes, pour la plupart, pour permettre leur utilisation dans plusieurs modes de traitements différents. Ceci est vrai surtout pour les producteurs de brouillards lourds qu'il serait facile d'utiliser aussi pour les traitements huileux (brouillards légers).

Pour chaque culture, il existe, en fonction du climat, un mode opératoire spécial à chaque traitement. Pour les traitements fongicides du bananier dans le climat tropical à pluviométrie répartie dans l'année, notre préférence va aux traitements par brouillards légers huileux, complétés peut-être par un poudrage. La presque totalité des appareils que nous avons utilisés pourraient convenir à ce mode de traitement avec certaines adaptations pour plusieurs d'entre eux.

## BIBLIOGRAPHIE

- BESKINE (J. M.). The Use of the Low-Volume Mist Blower. *World Crops*, vol. 4, n° 10, oct. 1952.
- BROOKS (F. A.). Dynamic catch of aerosols by obstructions. *Agr. Eng.* 28 : 233-239, 1947.
- BROWN (A. W. A.). Insect Control by Chemicals. *New York*, 1951.
- DE JONG (E. R.). *J. Econ. Ent.* 43 : 542-546.
- HOARE (E. R.). The World spraying problem. *Bol. Inst. Nac. Invest. Agron. Jun.* 1952, vol. 12, n° 26.
- GUYOT (H.). La lutte contre *Cercospora Musae* dans les bananeraies de Guadeloupe. Essais de Nébulation. *Fruits* 1953, vol. 8, n° 11, p. 525-532.
- Essais de Nébulation (suite). *Fruits* 1954, vol. 9, n° 7.
- LEMIÈRE (A.). Le matériel de traitement des arbres fruitiers. *Journée Fruitières d'Avignon, janvier 1954.*
- MERNY (G.), GUYOT (H.) et DAUDIN (J.). La maladie de Sigatoka aux Antilles Françaises. *Fruits* 1951, vol. 6, n° 6, p. 229-234.
- MERNY (G.). Nébulation et pulvérisation pneumatique. *Fruits* 1954, vol. 9, n° 7.
- POTTS (S. F.). Behaviour of dust particles and spray droplets. 1947, *J. Econ. Ent.* 39 : 716-720.
- TRIVELLI (G.). Influence des pressions et de la mouillabilité sur la nature des dépôts de bouillies cupriques commerciales. 1949, *Rev. Romande d'Agric.* 5<sup>e</sup> année, n° 6, p. 41-43.
- YROMANS (A. H.) et ROGERS (E. E.). Factors influencing deposit of spray droplets. 1953, *J. Econ. Ent.* 46/n° 1, p. 57-60.

L'EMPLOI des aérosols ouvre aux techniques d'utilisation des antiparasitaires des perspectives nouvelles. L'extrême division des produits et la facilité de pénétration des aérosols augmentent l'efficacité des traitements et permettent une économie de produit.

*La suppression des charges (poudre ou eau) permet :*

- de réaliser une économie de transport,
- de simplifier et d'accélérer l'exécution des traitements.

Parmi les appareils susceptibles de réaliser des aérosols insecticides ou de fongicides, le plus remarquable est certainement

## **LE SWINGFOG**

Fonctionnant sur le principe du pulso-réacteur, il ne comprend aucune pièce mobile et son entretien est pratiquement réduit à néant. Son faible poids (11 kg) et son faible encombrement le rendent facilement transportable, ce qui permet de l'amener partout à pied d'œuvre.

On peut faire varier le débit de 5 à 25 litres/heure, et les dimensions des particules émises de 5 à 60 microns.

Il a été utilisé avec succès au traitement des fruits en stock et à la lutte contre la Cercosporiose de la banane.

Documentation sur demande : **AMAC** — 24, avenue de l'Opéra — PARIS (1<sup>er</sup>)  
**INSECTICIDES TUPIC** — **DITHANE Z-78** — **PRODUITS SPÉCIAUX POUR SWINGFOG**