



Fig. 3. — Tentes mises en place.

A) FUMIGATIONS

Le procédé de lutte par fumigation nécessite l'isolement de l'arbre par une tente semi-imperméable aux gaz sous laquelle on introduit un gaz toxique pour les insectes mais inoffensif pour le végétal.

Le gaz universellement utilisé est actuellement l'acide cyanhydrique HCN, produit par réaction chimique sur le lieu même du traitement ou apporté sur la plantation à l'état pur en fûts métalliques où il est contenu à l'état liquide.

I. — TENTE.

La tente qui sert à recouvrir les arbres et sous laquelle le gaz toxique sera lâché, est de forme octogonale, plate. Le tissu doit être tissé assez serré pour empêcher une trop grande filtration du gaz. Le drille serré convient pour cet usage. Ces tentes portent des lignes horizontales régulièrement espacées; les indications qu'elles donnent sont en relation directe avec les dimensions de l'arbre, permettant ainsi une détermination rapide de la quantité de HCN nécessaire.

Depuis 1941, un procédé nouveau d'imperméabilisation des tentes par traitement à la résine de chlorure de vinyl a été expérimenté et a donné de bons résultats. Deux de ces tentes, en usage depuis 1941, après 6 campagnes de fumigations, présentent actuellement, en pratique, la même imperméabilité que lorsqu'elles étaient neuves.

II. — EMPLOI DE CYANURES.

Autrefois, HCN était produit sur place, sous la tente recouvrant l'arbre, par action chimique de l'acide sulfurique sur un cyanure, en général sur le cyanure de potassium. Ce procédé exige des récipients en plomb pour résister à l'attaque de l'acide ou encore en terre cuite. Il est connu sous le nom de méthode « des pots ». On utilisait les proportions suivantes :

Acide sulfurique	: 1 ounce
Eau	: 2 ounces
Cyanure de potassium	: 1 ounce.

Le cyanure de sodium peut être utilisé concurremment au cyanure de potassium, mais il est nécessaire qu'il soit très pur car la présence de chlorure de sodium amène une décomposition partielle du gaz cyanhydrique entraînant des pertes. Lorsque la garantie de pureté est acquise, le cyanure de sodium est préféré au cyanure de potassium; son prix est moins élevé et, à poids égal, le premier dégage plus de gaz cyanhydrique que le second. Les proportions sont alors les suivantes :

Cyanure de sodium	: 1 ounce
Acide sulfurique	: 5 ounces
Eau	: 2 ounces.

Que l'on utilise le cyanure de sodium ou de potassium, le produit commercial doit être d'une teneur constante en cyanure, de façon à obtenir toujours la même quantité de gaz cyanhydrique dans les mêmes conditions; une quantité trop faible serait inefficace tandis qu'un excès amènerait des brûlures du végétal. Actuellement, la fabrication synthétique du cyanure de sodium permet d'obtenir un produit de richesse connue et sans impureté.

L'acide sulfurique utilisé est l'acide commercial titrant 66° Baumé. Toutes les précautions habituelles relatives au maniement et à l'utilisation de ce produit par le personnel doivent être prises pour écarter tout accident (brûlures par projection).

La méthode des « pots » est la première qui ait été utilisée en Californie. Elle disparut par suite du progrès incessant réalisé dans le domaine du machinisme agricole et de l'industrie chimique.

Des génératrices à gaz cyanhydrique, plus ou moins compliquées, furent proposées, mais toutes utilisaient le principe de la méthode précédente, à savoir, mélanger le cyanure et l'acide sous la tente au moment du traitement.

A partir de 1917, les procédés de génération du gaz allaient



Fig. 4. — Pulvérisateur Vermorel "Arborex 36" en fonction (Cliché_Vermorel).

changer du tout au tout. Le gaz cyanhydrique n'était plus fabriqué sur la plantation, mais à l'usine. C'est sous forme liquide que ce produit toxique est maintenant livré aux utilisateurs. Des appareils spéciaux permettent de mesurer la quantité de liquide injecté sous la tente.

On utilise également différents composés solides à base de cyanure de calcium qui, sous l'action de l'eau, se décomposent en libérant de l'acide cyanhydrique (cyanogaz).

III. — UTILISATION DE H C N LIQUIDE.

a) Propriétés de H C N liquide.

H C N liquide est incolore, très volatile à l'état pur. Cette volatilité rend toute manipulation dangereuse aussi, n'utilise-t-on que de l'acide cyanhydrique à 96 - 98 % de pureté, stabilisé par de l'acide sulfurique et de l'eau. Plus la pureté est élevée, plus les propriétés du liquide se conservent.

20 cm³ de H C N à 98% de pureté et à la température de 60°F. (15°C) dégagent la même quantité d'acide cyanhydrique gazeux que 1 once (28 gr. 34) de cyanure de sodium libérant 5 l à 52% de son poids en gaz à la même température.

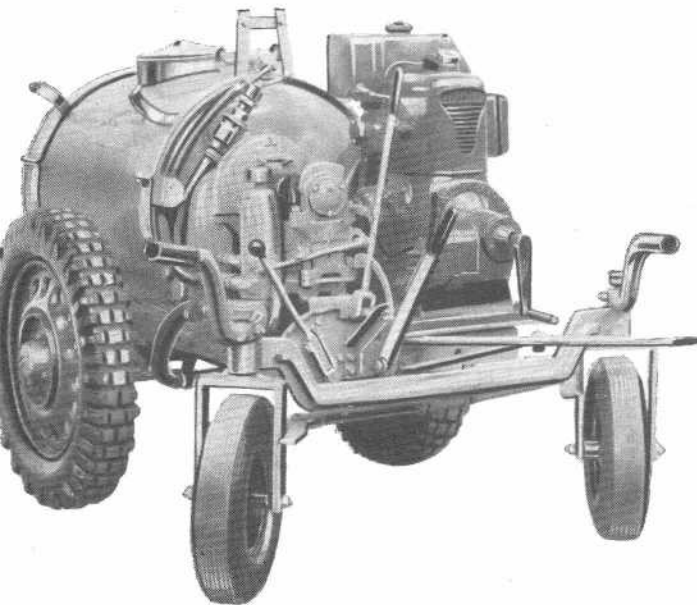


Fig. 5. — Pulvérisateur Vermorel "Arborex 36"
(Cliché Vermorel).

b) Quantité de H C N liquide nécessaire.

Nous avons vu que les tentes utilisées pour les traitements par fumigation portaient des indications en relation directe avec les dimensions des arbres. Il suffit alors de se reporter à des tables qui donnent le nombre d'unités de H C N liquide à injecter. La valeur de cette unité dépend du degré de pureté du produit utilisé; elle varie de 14 à 24 cc de H C N liquide. En général, la dose à utiliser est de 11,3 cm³ par m³ d'air.

Prenons un exemple.

L'arbre à traiter mesure 9 mètres de circonférence (1) et 6 m. d'un côté à l'autre en passant par le sommet (2). La table nous donne 6 unités à injecter sous la tente. Si nous considérons que la valeur de cette unité est de 20 cc, la quantité en centimètres cubes de H C N liquide sera de : $6 \times 20 = 120$ cc.

Si l'arbre mesure 18 m. de circonférence et 15 m. d'un côté à l'autre en passant par le sommet, le nombre d'unités de H C N nécessaire sera de 30, soit 600 cc.

En général, l'acide cyanhydrique est vendu au poids et la conversion en centimètres cubes est nécessaire. Il suffira, pour pouvoir faire cette conversion, de savoir que 1 livre de H C N liquide (453 gr. 5) occupe un volume de 650 cc à la température de 70°F (21°C) la pureté étant de 98%. Des essais entrepris dans les districts du centre de la Californie, révélèrent que le 1/3 de la dose normale de H C N liquide était suffisant pour obtenir, avec les tentes imperméables, une mortalité légèrement supérieure à celle obtenue avec les tentes ordinaires avec les mêmes garanties contre les brûlures.

IV. — DANGERS DUS AUX FUMIGATIONS.

Le gaz cyanhydrique est, avons-nous dit, inoffensif pour le végétal, mais les traitements par fumigation ne sont toutefois pas sans danger.

Tout d'abord, l'arbre présente une tolérance limite aux concentrations croissantes de gaz cyanhydrique. La température, la lumière, l'humidité de l'air, l'humidité du sol, les traitements précédemment appliqués aux arbres, les conditions physiologiques de la plante, la variété et enfin l'excès de gaz, sont autant de facteurs ayant leur importance dans l'apparition des dégâts.

La lumière augmente la sensibilité du végétal; aussi, doit-on opérer la nuit ou tout au moins en fin d'après-midi. En pays tropical où l'intensité lumineuse est très grande, on ne pourra pas traiter dans la journée.

Cette action des rayons solaires est doublée par celle de la température élevée. Dans les régions humides de Californie, 21° est la température maximum à laquelle on peut traiter sans danger. **Ce facteur limitant est le principal obstacle à l'utilisation des fumigations cyanhydriques aux Colonies.** Une forte humidité atmosphérique n'augmente pas la sensibilité de l'arbre, mais sous son action, le tissu de la tente se gonfle diminuant les pertes par filtration, la concentration en H C N gazeux s'accroît et peut alors causer des brûlures. L'humidité atmosphérique exerce donc une action indirecte. Cet inconvénient est éliminé par l'usage des tentes imperméables.

L'action de l'humidité du sol n'est pas très nette. Des résultats contradictoires ont été obtenus. Il est cependant recommandé de traiter lorsque le sol est sec.

L'un des facteurs le mieux connu, quant à son influence sur la réaction du végétal, est certainement le traitement que celui-ci a pu recevoir dans les mois qui précèdent la fumigation. On est certain d'avoir des brûlures de la plante si celle-ci a été pulvérisée avec une bouillie bordelaise dans les 5 ou 6 mois qui précèdent la fumigation. L'inverse s'est également produit mais quelques jours d'intervalle entre les deux traitements sont suffisants pour écarter tout danger.

(1) Mesure faite sur place pour chaque arbre à l'aide d'un ruban métrique.
(2) Mesure donnée par les chiffres inscrits sur la tente elle-même et qu'il suffit de lire (Voir fig. 1).

Enfin, la vigueur de l'arbre, les conditions physiologiques dans lesquelles il se trouve, influent sur sa sensibilité.

Quant aux espèces, c'est le citronnier qui est le plus résistant suivi par l'oranger dont les Navels sont les moins fragiles.

Enfin, il est évident qu'un excès de gaz ne peut être que néfaste pour le végétal, de même qu'une trop longue durée d'exposition.

Celle-ci ne doit pas excéder 45 à 50 minutes.

La nature de ces dégâts et leur gravité sont variables. On observe le plus couramment :

- une brûlure des fruits,
- une chute de feuilles,
- une brûlure des rameaux,
- une gommose des fruits verts et du tronc.

La gommose des fruits verts est très fréquente lorsque ceux-ci sont jeunes, **aussi ne devra-t-on jamais traiter avant qu'ils n'aient atteint la grosseur d'une noix.**

V. — ACTION DE C N H SUR L'HOMME.

Le principal effet de l'acide cyanhydrique sur l'organisme humain est de paralyser les centres respiratoires.

Une atmosphère contenant plus de 100 parties d'acide cyanhydrique par million doit être considérée comme dangereuse et on ne doit pas y pénétrer sans être muni d'un masque à gaz. Aussi, dans le cas d'utilisation des tentes imperméables, il est prudent de disperser le gaz à l'aide d'un souffleur en fin d'opération, la concentration finale de C N H gazeux étant 8 à 10 fois plus forte que dans le cas des tentes ordinaires.

L'acide cyanhydrique gazeux est, au début, perceptible par son odeur, mais après peu de temps, il paralyse les nerfs olfactifs ; ensuite viennent les spasmes et contractions du diaphragme, accompagnés de nausées et d'étourdissement.

Les cyanures métalliques sont des poisons violents, outre les accidents d'intoxication chimique, leur manipulation peut entraîner des accidents cutanés sérieux. Manipulés sans précautions, ils déterminent des dermatites et, en cas de plaies ou coupures, peuvent causer des accidents graves, même mortels.

Ils ne doivent être manipulés qu'avec des pinces ou des gants de caoutchouc.

Il faut donc retenir que l'acide cyanhydrique gazeux ou liquide et les cyanures alcalins ou métalliques sont des poisons violents. Leur emploi nécessite des précautions particulières et pratiquement, ne pourra être confié qu'à un personnel averti.

c) Action de C N H sur les insectes.

L'acide cyanhydrique présente une très grande toxicité sur les insectes.



Fig. 6. — Appareil de pulvérisation moderne à grande puissance avec plateforme surélevée. (d'après *Insects of Citrus and other subtropical Fruits* de Quayle).

Des expériences récentes ont montré cependant que certaines catégories d'insectes sont moins sensibles à ces vapeurs et que d'autres présentent une certaine « accoutumance » lorsque des fumigations ont été pratiquées dans une région depuis de nombreuses années. Toutefois ces races « résistantes » à C N H sont peu nombreuses et leur développement n'a jamais atteint des

proportions telles qu'elles puissent inquiéter l'agriculteur, ce qui laisse aux fumigations cyanhydriques tout leur intérêt. Ce danger est d'ailleurs écarté par l'utilisation combinée des fumigations et des pulvérisations.

B) PULVÉRISATIONS.

Ce traitement consiste à recouvrir les parties aériennes de l'arbre d'une légère couche d'un produit transformé, mécaniquement, en brouillard.

Après beaucoup d'essais les huiles de pétrole obtenues par distillation fractionnée à partir du pétrole brut se sont révélées les plus intéressantes. C'est ce qu'on est convenu d'appeler les huiles minérales ou les « huiles blanches ». Elles sont actuellement le produit le plus utilisé dans la lutte par pulvérisation contre les cochenilles.

Nous les examinerons donc tout d'abord, puis nous passerons en revue d'autres produits moins efficaces ou moins éprouvés.

I. — UTILISATION DES HUILES BLANCHES.

a) Caractéristiques des huiles blanches.

1° **Pureté ou degré de sulfonation.** — Le principal obstacle dans l'utilisation des huiles blanches était leur action nocive sur le végétal. Des essais méthodiques entrepris par Gray et de Ong (1) révélèrent que ces dégâts étaient dus à la présence de produits (carbures d'hydrogènes aromatiques et non saturés) éliminables par l'action de l'acide sulfurique. Ce traitement est connu sous le nom de **sulfonation**. Une huile dont la pureté est de 90% est une huile contenant 10% de composés aromatiques ou encore 90% de produits insulfonables. Les huiles utilisées actuellement ont une pureté variant de 85 à 98%. Plus une huile est pure, moins les dégâts sont à craindre.

2° **Viscosité, fluidité, volatilité.** Les huiles blanches sont dites « légères », « moyennes », « lourdes » suivant leur viscosité, c'est-à-dire suivant leur facilité d'écoulement ou fluidité. La viscosité n'a aucun rapport avec la pureté ou degré de sulfonation mais dépend de la température de distillation de l'huile ; la viscosité est donc en rapport étroit avec la volatilité. Les huiles « légères » sont plus volatiles, plus fluides donc moins visqueuses

(1) Cité d'après H. J. QUAYLE, *Insects of Citrus and other subtropical fruits*.

que les huiles « lourdes ». Ces dernières sont plus toxiques pour les insectes mais le sont également pour le végétal. On utilisera donc l'huile la plus « légère » qui présentera encore une action insecticide suffisante.

3° Classification des émulsions. — L'huile et l'eau ne forment pas un mélange homogène; on arrive tout au plus à un état instable où l'un des produits est dispersé sous forme de très fines gouttelettes donnant une apparence d'homogénéité. C'est ce qu'en terme de physique on appelle un **état d'émulsion**.

Quatre procédés sont maintenant utilisés pour obtenir ce résultat :

Huiles miscibles. — Ce sont des huiles de pétrole dans lesquelles on a dissous une substance émulsifiante telle qu'une huile végétale. Diluée avec de l'eau, au moment de l'emploi, cette solution forme immédiatement, avec une faible agitation, une mixture d'apparence laiteuse caractérisée par une grande stabilité.

Émulsions. — Le produit émulsifiant est ici dissous dans l'eau et c'est l'huile que l'on ajoute à cette solution. Il faut une agitation violente ou le passage dans un moulin à colloïdes pour obtenir une division suffisamment grande de l'huile donnant une bonne stabilité du mélange.

Huiles émulsives. — Ce terme désigne une huile qui contient une ou des substances solubles dans l'huile elle-même en toute proportion et forment ainsi une véritable solution. L'eau n'intervient pas dans la fabrication de telles huiles.

« **Tank-mixtures** ». — Dans ce procédé, l'huile et la substance émulsive sont mises séparément dans le réservoir du récipient et ce n'est que par une agitation violente et continue que l'émulsion est obtenue et conservée.

b) Quantité d'huile déposée sur la feuille.

L'état d'émulsion dans lequel se trouve l'huile étant instable, il s'ensuit que sur la feuille on peut avoir accumulation du produit en un point, ce qui donne lieu à des brûlures. On se préservera contre ce danger en additionnant une quantité suffisante de produit mouillant, mais il s'ensuit alors une diminution de la toxicité du produit pulvérisé. Il faut ajouter la quantité de produit mouillant juste nécessaire pour avoir la toxicité maximum contre l'insecte, mais en même temps obtenir une garantie suffisante contre les brûlures de l'arbre. Plus l'émulsion sera stable, plus la répartition de l'huile sur la feuille sera uniforme et moins il y aura de danger de brûlure.

c) Matériel nécessaire aux pulvérisations.

Un matériel puissant à grand pouvoir dispersif, de grande capacité, est indispensable. Il faut en effet que le brouillard produit pénètre jusqu'à l'intérieur de l'arbre; d'autre part, la quantité de produit nécessaire par pied étant assez importante, il est avantageux d'avoir un réservoir de grande capacité. Traiter des orangers avec un pulvérisateur à dos dont la pression est donnée par un levier à main serait chose ridicule. En général l'ensemble des appareils, est disposé sur le plateau d'un camion. Pour pulvériser convenablement le sommet de l'arbre, une plateforme située à 3-4 m. de hauteur est un accessoire indispensable.

d) Utilisation des huiles blanches contre les cochenilles.

Les traitements aux huiles blanches en Californie sont principalement appliqués contre les cochenilles *Saissetia Oleae* Bern et *Coccus pseudomagnoliarum* Kuw, et également contre les acariens. Mais nous savons que de tels traitements sont efficaces

contre toutes les espèces de coccides à condition que l'on opère contre les jeunes larves.

Toujours en Californie, dans les districts cotiers, les huiles légères sont appliquées à la dose de 2 % en émulsion et de 1,65 % dans les autres procédés (huiles miscibles, tank-mixture). D'après les travaux récents de Osburn M. R. et Willis Mathis, l'addition de poudre de Derris à une huile émulsive utilisée à la dose de 1,25 % augmente la mortalité de 75 à 94 %.

e) Dangers dus aux pulvérisations d'huiles blanches.

Comme pour l'acide cyanhydrique, l'arbre présente une tolérance limite aux concentrations croissantes d'huiles blanches. Cette tolérance limite est la plus élevée chez le citronnier, inférieure chez le pamplemoussier et les orangers Valencia et Navel.

Une très forte température au moment du traitement conduit à l'apparition de brûlures; toutefois cette limite maximum de température est plus élevée que dans le cas des fumigations et n'est pas un obstacle à l'emploi des huiles blanches dans les pays tropicaux. Une grande sécheresse augmente les chances de brûlures.

Comme dans le cas des fumigations, les traitements précédemment appliqués aux arbres jouent un grand rôle, 2 mois d'intervalle sont indispensables entre un poudrage de sulfure de chaux et une pulvérisation aux huiles blanches si on veut écarter tout risque de brûlure.

Enfin la pureté de l'huile est une garantie de sécurité.

f) Aspects des dégâts dus aux huiles blanches.

D'une manière générale, les aurantiacées résistent mieux aux pulvérisations qu'aux fumigations. Les principaux dégâts proviennent surtout des impuretés sulfonables qui se trouvent dans les huiles, mais avec le traitement de celles-ci par l'acide sulfurique, ces causes sont moins importantes et les dégâts sont beaucoup plus rares.

Ils sont de nature diverse :

chute de fragments de l'écorce des fruits verts,

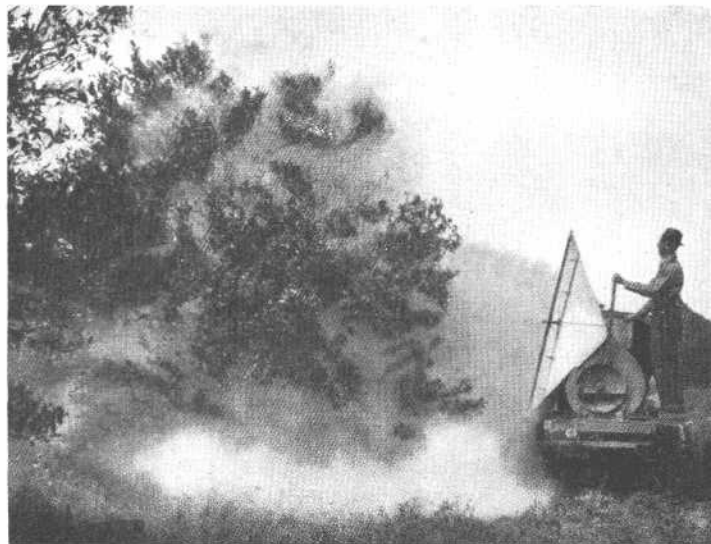


Fig. 7. — Appareil pour poudrage à grand travail. On peut, sur cette photo, observer la pénétration du nuage à l'intérieur de l'arbre. (d'après *Insects of Citrus and other subtropical Fruits* de Quayle).

pourriture du fruit,
chute des fruits verts,
chute des fruits mûrs (surtout chez les oranges),
chute de feuilles, mais jusqu'à un certain point seulement, car souvent les pulvérisations ne font que hâter la chute de feuilles qui devaient tomber dans un temps plus ou moins proche, réduction du nombre de boutons floraux, altération de la couleur des oranges, apparition de branches mortes.
Ici encore, les fruits devront avoir atteint la grosseur d'une noix avant que l'on puisse traiter sans danger.

II. — POLYSULFURES DE CHAUX.

Principalement utilisés pour lutter contre les thrips, leur action sur les cochenilles n'est pas négligeable. Ils peuvent être employés soit en pulvérisation (Maroc) soit en poudrage (Californie).

En pulvérisation, on les utilise à la dose de 1,5 à 2 % en été, et jusqu'à 5 % en hiver (en Afrique du Nord).

Si la température est de 37°C au moment du traitement ou dans la semaine qui suit, des brûlures ne tardent pas à apparaître, surtout sur les parties supérieures du fruit frappées directement par les rayons solaires. Ici comme pour les huiles blanches, des appareils puissants sont nécessaires.

En Californie, on préfère traiter par poudrage. Les Américains fabriquent des poudreuses à grand rendement et très puissantes produisant un véritable nuage de produit qui pénètre jusqu'à l'intérieur de l'arbre. La quantité de sulfure utilisé par arbre varie de 1/2 à 1 livre suivant l'époque de l'année.

Le sulfure, comme tous les insecticides en général, est surtout efficace contre les larves rampantes.

Utilisé sous cette forme, ce produit peut être dangereux surtout pour les fruits. Il est sans action ou presque sur les feuilles. Ici encore 37°C semblent être la température critique au-dessus de laquelle tout traitement est accompagné de brûlures.

III. — D. D. T.

(Dichloro-Diphényl-Trichlorométhylméthane).

La découverte récente de cet insecticide n'a pas encore permis la mise au point de son utilisation dans la lutte contre les cochenilles. Des essais entrepris au laboratoire par Lindgreen D. J. et La Due J. P. ont donné des résultats prometteurs.

Mis en émulsion avec des huiles blanches et appliqué en pulvérisation, le D.D.T. reste efficace pendant 20 semaines contre

les jeunes larves de *Aonidiella aurantii*, malgré une pluviosité de 25 cm. A la concentration de 4,5% dans du Kérosène, le D.D.T. tue 99% des larves rampantes de *Lépidosaphes beckii* et reste actif pendant une durée de 45 jours.

IV. — AÉROSOLS.

Il ne s'agit pas d'un produit mais d'un procédé d'application. Il tient entre les pulvérisations et les fumigations. On s'efforce, dans ce procédé, d'obtenir une fumée stable qui envelopperait complètement l'arbre, pénétrant dans tous les recoins. C'est, en quelque sorte, une émulsion dans de l'air. **L'insecticide est dissous dans un gaz liquéfié.** On le libère sous une très forte pression par un orifice capillaire, ce qui a pour effet de le diviser en gouttelettes de très petites dimensions qui restent suspendues dans l'air. Cette technique a surtout été développée pendant la guerre pour lutter contre les moustiques et les mouches sur les théâtres de guerre des Philippines et des Indes. Le meilleur aérosol utilisé était alors du pyrèthrum et de l'huile de sésame dissous dans du dichlorofluorométhane. Le D.D.T. en combinaison avec du pyrèthrum utilisé en aérosol est très toxique pour les mouches domestiques. Espérons que lors des essais, il le sera autant contre la mouche des fruits, *Ceratitidis capitata*, contre les thrips, les acariens et les cochenilles. Le travail de lutte contre tous ces parasites serait ainsi énormément facilité. En attendant cette mise au point, nous aurons à lutter par les moyens que nous possédons actuellement : **Fumigations**, lorsque le climat le permet, **Pulvérisations** aux huiles blanches dans les autres cas.

A. VILARDEBO,

Ingénieur Agronome Entomologiste de l'I. F. A. C.

BIBLIOGRAPHIE

- La lutte contre les cochenilles nuisibles aux aurantiacées. — Service de Défense des végétaux, n° 6, 1935, Rabat.
CLOCK S. A. — Fumigation of citrus trees. J. of. the départ of Agricultural of Victoria, Melbourne, July 1930, p. 445-448.
FULTON and BUSBEY — Effect of soils cover-crops and foliage on concentration of H. C. N. in citrus fumigations. J. Eco. Entom., vol. 37 n° 5, 1944.
GOODHUE L. D. — New developpement in insecticide. Iowa state collège. Journal of Sciences 19 (3) 1945, p. 255-262.
LINDGREEN D. L. and DICKSON R. C. — Progress report on gastight tents for fumigations of citrus trees use. Citrus leaves, Août 1946.
LINDGREEN D. L. and LA DUE J. P. — Laboratory studies of effects of D. D. T. on 3 major scale insects in California. — Citrus leaves, n° 24, 1944.
OSBURN M. R. and WILLIS MATHIS. — Oil spray with or without Derris résins to control Florida red scale. J. Eco. Entom. 37-1944 n° 4, p. 516-519.
QUAYLE H. J. — Insects of citrus and other subtropical fruits, New-York Comstock Publishing Company 1941.



Fig. 8. — Poudrage par avion. (d'après Insects of Citrus and other subtropical Fruits de Quayle).