

SUR QUELQUES PROBLEMES POSES PAR LA FUMIGATION DES AGRUMES

M. LESPES *

SOMMAIRE

Avant-propos

1^{re} Partie

- I — Historique
- II — Formules de fumigations
- III — Tables de fumigations
 - A. Composition et tables préliminaires
Volumes, Surfaces, Rapport S/V
 - B. Tables mathématiques
 - C. Tables pratiques
 - D. Comparaison des tables
 - E. Usage des tables

2^e Partie

- La diffusion de l'acide cyanhydrique sous les bâches pendant la fumigation.

Avant propos

C'est en 1949 que fut repéré pour la première fois dans le Gharb *Aonidiella aurantii*, cochenille vivant sur agrumes et extrêmement dangereuse pour ces arbres ; on l'appelle communément Pou Rouge de Californie, car elle est installée dans cette région d'Amérique du Nord où on la désigne sous le nom de « Red Scale of California » ou plus simplement « Red Scale » depuis déjà très longtemps. Son introduction

* Ingénieur en Chef des Services Agricoles, Inspecteur Régional de la Protection des Végétaux.

dans le Gharb a dû se faire entre 1942 et 1945, en pleine guerre, époque où les répartitions de matériel et produits servant à l'Agriculture, avaient le pas sur toutes les autres tâches et, en particulier, sur les opérations de police sanitaires intérieure.

La progression d'abord lente jusque vers 1958, s'accéléra rapidement à cette époque, ce qui fait que dès 1962, on pouvait admettre que le Gharb et la région de Larache étaient totalement infestés. En 1962, on avait repéré plus de 300 foyers dans ces deux contrées.

Le contrôle des pépinières d'agrumes instauré en 1958 a évité jusqu'à maintenant une infestation rapide de l'ensemble du Maroc. Dans les régions autres que le Gharb et Larache, le nombre de foyers est encore très restreint, mais tend à augmenter sérieusement.

Dès 1949, devant la violence des attaques, nous commençons à effectuer des essais de traitements. L'apparition des esters phosphoriques sur le marché marocain en 1948 et la reconnaissance immédiate de leur valeur insecticide sur les Pseudococcine jusque là invincibles, nous incitèrent à essayer en premier lieu ces produits.

On expérimenta des huiles minérales dans lesquelles on introduisit des esters phosphoriques (Phosphemol) à la dose de 15 à 60 g de matière active par hl. En outre, comparativement, on utilisa des esters seuls, à des concentrations allant de 60 à 250 g de matière active par hl.

Tous ces essais se soldèrent par des échecs, non pas qu'ils furent totalement négatifs, mais les résultats se montrèrent très insuffisants pour juguler une cochenille telle qu'*Aonidiella aurantii*.

Les mortalités avec les esters seuls ne dépassèrent pas 70 %, en mélange avec de l'huile minérale ils atteignirent 70 à 80 % et quelquefois 90 %.

Il en découlait donc que la réinfestation était inévitable dans l'année, et c'est ce qui se passa.

Devant ce redoutable parasite, le Service de la Protection des Végétaux confia à M. SMIRNOFF l'étude biologique de cette cochenille ⁽¹⁾ et à nous-même la continuation des essais de lutte.

Devant les échecs des pulvérisations, nous pensâmes à la fumigation et nous commençâmes par nous documenter sur les travaux de WOGLUM

(1) Cette étude a été reprise sur des bases plus scientifiques par M. V. DELUCCHI Entomologiste de la FAO détaché au Maroc, pour l'étude de ce problème et qui a été remplacé par M. BENASSY S/D de la Station d'Antibes et son assistant M. EUVERTE, pour continuer l'étude de la lutte biologique de ce redoutable parasite.

(E.U.), de BELLIO (Italie) (3), de PETERS (Allemagne) (6), de CLEMENTE et REGUERAL (Espagne) (5), pour voir comment cette méthode était utilisée dans ces divers pays. C'est ainsi que nous apprîmes que cette cochenille avait été combattue violemment aux E.U. par l'acide cyanhydrique avec des résultats souvent incertains et insuffisants. Nous nous rendîmes compte de suite que les quantités d'acide cyanhydrique qui intervenaient étaient celles que l'on utilisait sur les autres diaspines. En outre, ces doses utilisées sur le Pou de Californie, ont été la cause de la formation de lignées résistantes et c'est ainsi qu'aux E.U., dans le district de San José, on a interdit l'emploi de l'acide cyanhydrique sur cette cochenille pendant dix ans par suite de l'apparition d'individus résistants.

Il fallait donc essayer des dosages plus élevés, pour déterminer si les résultats seraient plus constants et meilleurs et voir en outre si les agrumes les supporteraient. Nous nous heurtâmes dès le départ au problème des doses, car l'absence de toute table comportant des indications précises sur ce point, interdisait toute comparaison sérieuse.

Ceci nous conduisit donc, en premier lieu, à déterminer le dosage d'une table et à rechercher par la suite une méthode pour la comparaison des tables.

Toutefois, comme beaucoup de nos prédécesseurs, nous nous sommes trouvé en face de problèmes complexes de physique sur la diffusion des gaz au travers des parois poreuses, aussi nous en arrivâmes à la conclusion qu'il fallait simplifier le problème à l'extrême en n'envisageant que le cas pratique qui nous préoccupait : progression des concentrations d'HCN sous des bâches standardisées en vue de la lutte des diaspines de l'oranger. Quand le problème fut réduit à ce cas bien précis, nous pûmes retrouver la formule de WOGLUM, l'adapter et arriver ainsi à une définition de la dose de fumigation dans ces conditions particulières ⁽¹⁾.

En outre, de proche en proche, nous étudiâmes les problèmes pratiques exposés par les Espagnols et les Allemands et ces différentes études nous permirent d'établir un guide de fumigation, et surtout de pouvoir conseiller des doses comparables et supérieures à celles utilisées dans les divers pays. En particulier pour le Pou de Californie, nous conseillons la dose de 6 g/m³, dose forte évitant la création de lignées résistantes, insensibles à la végétation des agrumes sous certaines conditions, et donnant des résultats constants très intéressants, le pourcentage des écarts de triage ne dépassant pas 1 % avec l'utilisation de la dose précitée.

(1) Pour la théorie de la diffusion au travers des parois poreuses et son application à certains problèmes de la fumigation, voir le travail de M. NGUYEN MINH publié conjointement.

PREMIERE PARTIE

I. Historique

Dès que l'on veut étudier la fumigation, on est complètement dérouté et il semble que les diverses données sont contradictoires. En général, les traducteurs transcrivent indistinctement les doses en acide cyanhydrique ou en cyanure confondant les unes avec les autres. Nous savons donc été amené à nous documenter sur les principaux travaux faisant en quelque sorte l'historique de la question. L'énumération qui va suivre ne sera certainement pas complète, mais permettra de se rendre compte de la complexité du problème, et aussi des interprétations inexactes faites par les traducteurs, des différents travaux.

D'après l'américain COQUILLET, c'est en 1867 qu'on eut l'idée de couvrir les arbres avec une bâche (6) que l'on serrait le long du tronc de l'arbre (FIG. 1). On essaya d'abord de la fumée produite par la combustion d'herbe sèche, puis du tabac et du soufre. Enfin, on en arriva à introduire sous les bâches un gaz toxique et plus particulièrement le gaz cyanhydrique vers 1887.

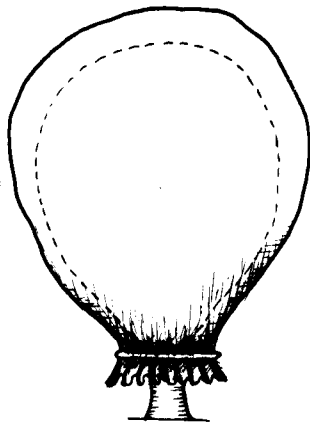


FIG. 1. — Montage d'une bâche selon COQUILLET (1867)

Avec ce produit, il y eut des dégâts sérieux allant jusqu'à la mort des arbres, car on traitait de jour. C'est la femme d'un propriétaire qui eut l'idée de fumer la nuit (6). Les accidents disparurent, et plus tard on détermina que l'acide cyanhydrique bloquant la chlorophylle désorganisait le métabolisme quand le traitement s'effectuait de jour.

Dès cette époque le procédé fut employé en grand, avec des fortunes diverses. La première étude 1886-87 est du D^r F.W. MORSE ; de nombreux travaux furent ensuite publiés.

Le professeur MARLATT Directeur du Laboratoire d'Entomologie au Département de l'Agriculture aux U.S.A. chargea son assistant R.S. WOGLUM de reprendre cette question en 1907, en faisant le point de tous les travaux parus antérieurement (3).

Ce chercheur :

- 1. essaya de déterminer le dosage pour certaines cochenilles et en particulier *Aonidiella aurantii*.
- 2. tenta d'expliquer les effets physiologiques sur les arbres : action stimulante et brûlures.
- 3. chercha à uniformiser et à imposer le matériel de fumigation ⁽¹⁾.

Pendant ces études, il s'entoura de l'avis de nombreux fumigateurs, et en particulier du D^r A.W. MORILL, qui combattait par ce procédé les Aleurodes, et avait mis au point déjà le système de marquage des bâches (3).

Dès fin 1909 WOGLUM présente un travail complet sur la question. En 1908 déjà, il avait produit sa première table qui fut remaniée en 1909 et dans laquelle apparut la notion d'arbre type qu'il appela plante typique (3) dont la double hauteur était de 28 pieds et la circonférence à 1 m du sol de 41 pieds. Transformées en mesures décimales elles donnaient :

Pour la double hauteur : $28 \times 0,3048 = 8 \text{ m } 5344$
 et pour la circonférence : $41 \times 0,3048 = 12 \text{ m } 4968$
 Le volume de cet arbre est exactement de : $30 \text{ m}^3, 319$.

Nous verrons par la suite que cet arbre a servi à l'établissement

(1) Aujourd'hui, dans le monde entier, on utilise les mêmes bâches dont les caractéristiques furent établies par WOGLUM. Toutefois, depuis quelque temps des bâches en papier ou en nylon dont nous ne connaissons pas les caractéristiques, ont fait leur apparition.

TABLEAU I

Résumé des diverses tables de R.S. Woglum

| Mesures des bâches | | | | Dosages à admettre sous les principaux volumes exprimés en grammes | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|------------------------------|--------------------------|--|---------|------|------------------|------------------|------|-----|------|-----|----------|-----|------|-----|------|-------|-------------|-----|
| | | | | Tables exprimées en : | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Superficie en m ² | Volume en m ³ | Rapport Surf/Vol | CNK (1) | | 1908 | | CNK | | 1911 | | CN.Na(2) | | 1911 | | 1919 | | HCN Liquide | |
| en pieds | en m | | | | O | C | p m ² | p m ³ | CNK | HCN | CNK | HCN | CNK | HCN | CNK | HCN | OCN | CN.Na | HCN | HCN |
| 10 | 16 | 3,04 | 4,88 | 5,42 | 2,28 | 2,3 | 5,2 | 12,4 | 28 | 12 | 57 | 24 | 31 | 57 | 31 | 38 | 38 | 85 | 46 | |
| 20 | 22 | 6,10 | 6,70 | 16 | 8 | 2 | 5,3 | 10,6 | 85 | 38 | 142 | 58 | 78 | 113 | 78 | 63 | 63 | 142 | 78 | |
| 20 | 40 | 6,10 | 12,19 | 24 | 16 | 1,5 | 8,2 | 12,3 | 198 | 82 | 227 | 94 | 170 | 125 | 125 | 88 | 88 | 210 | 110 | |
| 30 | 32 | 9,14 | 9,75 | 36 | 24 | 1,5 | 7,8 | 11,7 | 283 | 117 | 283 | 117 | 227 | 155 | 113 | 100 | 257 | 141 | | |
| 30 | 60 | 9,14 | 18,29 | 54 | 53 | 1,02 | 9,4 | 9,6 | 510 | 213 | 510 | 253 | 397 | 218 | 164 | 176 | 369 | 203 | | |
| 48 | 60 | 14,63 | 18,29 | 104 | 126 | 0,82 | 7,8 | 7,0 | 822 | 342 | 822 | 342 | 624 | 343 | 290 | 365 | 552 | 359 | | |
| 48 | 63 | 14,63 | 20,73 | 113 | 150 | 0,75 | 8 | 6,0 | 907 | 376 | 907 | 376 | 680 | 374 | 315 | 403 | 709 | 390 | | |
| 58 | 60 | 17,68 | 18,29 | 132 | 167 | 0,79 | 7,5 | 5,9 | 992 | 412 | | | | | 353 | 454 | 794 | 437 | | |
| 58 | 68 | 17,68 | 23,77 | 159 | 247 | 0,64 | 8,2 | 5,2 | 1304 | 542 | | | | | 428 | 592 | 964 | 530 | | |

(1) 130 g de CNK = 54 g HCN
 (2) 98 g de CN.Na = 54 g HCN

O = Double hauteur
 C = Circonférence

de toutes les tables américaines et que d'autres arbres types ont servi à l'élaboration des tables espagnoles.

WOGNUM donne des explications pour la réalisation de ses tables, elles sont assez obscures et se résument à ceci : l'acide cyandrique s'échappant par les pores de la bâche, il résulte que les quantités à admettre varient avec le rapport de la surface au volume.

WOGNUM a fini par établir une formule $D = uS$ (3) dans laquelle

D = quantité d'acide cyanhydrique à admettre sous l'arbre,

u = dose par unité de surface,

S = Surface de l'arbre.

BELLIO prétend que cette formule n'est pas exacte, mais il se peut et il est même certain qu'il a voulu dire que cette formule n'était pas applicable dans tous les cas ou mieux qu'elle n'avait qu'une application restreinte.

En 1911, WOGNUM remanie sa table car les précédentes étaient exprimées en cyanure de potassium. Or, LOUNSBURY, l'entomologiste du Cap, avait attiré l'attention sur un meilleur résultat avec le cyanure de sodium. Là encore les expérimentateurs ne voient pas du tout la raison pour laquelle le cyanure de sodium semblait meilleur. La réaction avec le cyanure de potassium est plus violente et il peut y avoir une certaine déperdition d'acide sulfurique au départ, due à l'élévation brutale de la température. Avec le cyanure de sodium dont le poids atomique est plus faible, la réaction est moins violente.

LOUNSBURY le signale mais incomplètement et peut être les traducteurs n'ont-ils pas exprimé la pensée totale de LOUNSBURY. Plus tard, avec l'apparition de l'acide cyanhydrique liquide d'abord et les cyanures de calcium ensuite, WOGNUM modifiera à nouveau ses tables en 1919-1920 et 1923 (3).

Nous donnons ci-dessous un résumé des diverses tables de WOGNUM que nous exprimons en mesures décimales (3).

Nous constatons que la dose pour les petits arbres est passée de 5 g/m³ en 1908 à 20 g/m³ en 1920, et que par contre la dose des grands arbres a peu varié : 2,2 g en 1908 à 2,4 en 1920.

Tout ceci démontre bien que les différences constatées sont dues plutôt à des causes locales qu'à des causes générales.

WOGNUM a donc dressé une table type mais nous devons constater que les différences avec une table établie mathématiquement sont faibles, et nous ne pensons pas qu'elles puissent jouer utilement.

QUAYLE a étudié aussi ce problème, et en particulier celui de la répartition du gaz cyanhydrique sous les bâches, il a constaté une concentration plus forte en haut et plus faible en bas et ses expériences sur la mortalité de Coléoptères ont vérifié amplement ces observations. En outre il a montré que plus la bâche était haute et étroite, plus la concentration avait tendance à s'égaliser dans la partie moyenne et à diminuer dans la partie basse (1).

Nous verrons par la suite que ces constatations nous ont conduit à l'utilisation des fortes doses.

GRAY et KIRK PATRICK en 1931 donnent des renseignements intéressants sur la concentration sous les bâches, suivant l'heure et la température. Là on s'aperçoit que l'étude des courbes doit donner d'utiles renseignements (2).

WOGLUM a d'abord employé le cyanure de potassium, puis, comme nous l'avons dit plus haut, il passa au cyanure de sodium. On en vint par la suite à l'utilisation de l'acide cyanhydrique liquide et plus tard aux cyanures de Calcium.

Toutefois, l'emploi des cyanures de calcium n'est pas récent, WOGLUM le signale en 1916, mais il note les inconvénients des cyanures préparés à cette époque, à telle enseigne que le cyanure de calcium « A » fut abandonné en 1924. C'est à ce moment que commença l'ère de l'acide cyanhydrique stabilisé par divers produits et carapaces d'animaux microscopiques comme les diatomées (Zyklon). Puis on revient aux cyanures de calcium, soit en poudre « cyanogaz », soit en plaquettes « Calcid ».

Les travaux sur l'acide cyanhydrique sont extrêmement nombreux et nous n'en avons signalé que quelques-uns. Il faudrait encore noter en sus des travaux indiqués ceux de WODWORTH (1904), de SMITH (Afrique du Sud), de VIEL (France) (7).

Il est certain que bien d'autres travaux dont nous n'avons pas eu connaissances, ont dû être publiés.

Cet exposé succinct permettra de se rendre compte que le problème a été longuement étudié, et qu'il comporte encore des inconnues, en particulier les brûlures obtenues sur les oranges avec l'emploi des doses normales, dans des conditions parfaites. Nous essayerons donc dans les chapitres suivants de cerner ce problème crucial qui s'oppose à la généralisation de ce procédé intéressant.

II. Formules de fumigation

Lorsqu'on consulte une table de fumigation destinée à la pratique de cette opération, on constate que les chiffres ne traduisent pas direc-

tement des quantités d'acide cyanhydrique, et qu'en outre les indications portées en tête de ces tables manquent de précision.

Nous lirons par exemple « Table de fumigation pour l'emploi du cyanogaz en hiver (13). Dans cette table, les quantités sont exprimées en mesures de cyanogaz (cyanure de calcium impur), il faudra donc traduire des quantités en acide cyanhydrique si l'on veut connaître ce que l'on utilise. On a appris que cette table était valable pour l'hiver, mais ce terme est très vague car les limites de température n'ont pas été spécifiées. Enfin aucune précision n'est donnée ni sur la ou les cochenilles à combattre, ni sur le moyen permettant de comparer cette table à une autre.

Il est donc indispensable de voir comment ces tables ont été conçues et établies.

L'étude des diverses tables de WOGLUM nous a permis d'arriver au résultat. WOGLUM est parti d'une formule assez simple qu'il a adaptée aux conditions particulières dans lesquelles il a opéré.

Cette formule est la suivante : $Q = uS$ (3)

dans laquelle Q est la quantité d'acide cyanhydrique mise en œuvre pour un arbre de surface S , et u le coefficient unitaire de surface dont nous verrons, par la suite, la signification et la valeur. Cette formule a été établie pour la dose unitaire de départ soit 1 g/mc. En outre, WOGLUM a montré que les quantités à mettre sous chaque arbre n'étaient pas proportionnelles aux volumes et que les doses ou concentrations au mc variaient suivant les rapports des surfaces au volume de chaque arbre (3).

Cette formule ne peut s'appliquer que dans le cas précis de l'emploi de l'acide cyanhydrique pour la fumigation des orangers recouverts de bâches standards dont les caractéristiques ont été données par WOGLUM lui-même (3).

Certes, il serait intéressant de revoir ce problème d'une façon plus générale qui permettrait son application à d'autres gaz que l'acide cyanhydrique, à l'emploi de bâches de caractéristiques différentes de celles de WOGLUM ou en d'autres matériaux que le coton : papier, matière plastique, nylon, etc...

Si nous examinons maintenant ce qui se passe sous une bâche nous constaterons tout d'abord que le gaz introduit verra sa pression augmenter pendant tout le cours de son admission puis ensuite cette pression diminuera à cause du départ du gaz à travers des pores de la bâche.

Mais il est évident que pendant la période d'admission une partie

du gaz s'échappe déjà par les pores, et ainsi le maximum de pression sera inférieur à celui produit par la totalité du gaz introduit. Nous aurons une courbe de l'allure suivante (FIG. 2).

Si nous pouvons calculer la pression au moment t , le problème sera résolu, cette pression au temps t , c'est la dose maxima que l'on doit admettre sous la bâche, or cette dose a été calculée empiriquement par WOGLUM pour son arbre type que nous avons défini dans le chapitre précédent.

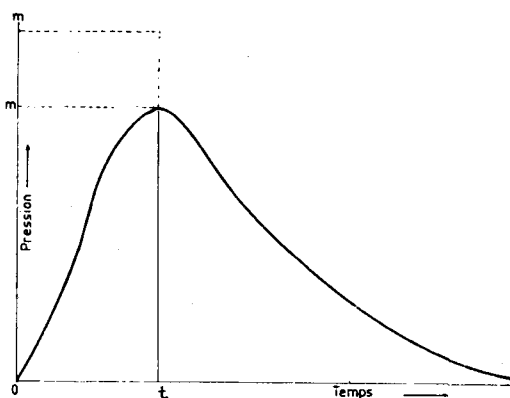


FIG. 2. — t = temps au moment du maximum m de pression, m' = pression qui serait atteinte si la bâche était imperméable.

Si donc nous pouvons rattacher la dose D que nous cherchons à la dose type D^* nous aurons une expression mathématique.

Rappelons en quelques mots comment WOGLUM a déterminé sa dose type unitaire, ou mieux sa dose de départ D^* qui lui a permis l'utilisation de sa formule.

Il a expérimenté une certaine quantité d'HCN provenant du cyanure de sodium. Il a ensuite fait des fumigations avec des volumes croissants. A chaque expérience il contrôlait la mortalité des cochenilles serpette et Pou Rouge. Il a noté le volume correspondant à la mortalité de 100 %. C'est ainsi qu'il est arrivé à choisir pour volume type 30 m^3 .

Dans la traduction de BELLIO qui rapporte ce qui précède, le ou les traducteurs ont commis plusieurs erreurs. En particulier, les résistances du Pou Rouge et de la Serpette sont différentes et il est évident que

WOGLUM a opéré sur chacune des deux cochenilles séparément. En outre il n'est pas possible de faire dégager 30 g d'HCN d'une once de cyanure de sodium qui pèse 28 g, comme l'affirme le traducteur.

WOGLUM a certainement étudié séparément le comportement du Pou Rouge et de la Serpette. C'est ce qui lui a permis de préciser le volume type et de constater qu'il obtenait avec ce même volume la mortalité totale des deux cochenilles mais avec des concentrations différentes.

Pour ce volume de base de 30 m³, WOGLUM a pris comme dose unitaire de départ 1 g/m³. Cela ne signifie pas que la dose soit mortelle pour les diverses cochenilles comme on peut le supposer en lisant la traduction de BELIO.

L'arbre type qu'a défini WOGLUM a 30 m³; si nous lui appliquons la dose unitaire de départ $D^* = 1 \text{ g/m}^3$ nous voyons de suite que la quantité d'HCN nécessaire sera de $Q = 1 \times 30 = 30 \text{ g}$.

Cet arbre type a une surface extérieure de 38 m², nous pourrions donc écrire d'après la formule de WOGLUM : $30 = u \cdot 38$

on déduit ainsi la valeur de u qui sera constante pour l'arbre type de WOGLUM et $u = 30/38 = 0,80$ ou encore V^*/S^* .

V^* et S^* étant les volumes et surface de l'arbre type

si au lieu de $D^* = 1 \text{ g/m}^3$ on emploie $D^* \text{ g/m}^3$ la formule devient :

$$Q = D^* \cdot u \cdot S \text{ ou } Q = D^* \cdot \frac{V^*}{S^*} \cdot S$$

formule dans laquelle $D^* =$ la dose choisie

et $S =$ la surface de l'arbre à fumiger.

WOGLUM a montré, comme nous l'avons déjà indiqué, que les doses variaient suivant le rapport de la surface au volume de l'arbre considéré; on peut donc maintenant établir la formule des doses pour chaque arbre.

Si nous connaissons le volume d'un arbre quelconque V et si nous savons que la quantité d'acide cyanhydrique à lui fournir est Q , nous pouvons en déduire la concentration admise, soit : $D = Q/V$.

Dans cette équation remplaçons Q par la valeur définie précédemment, il vient :

$$D = D^* \cdot \frac{V^*}{S^*} \cdot \frac{S}{V}$$

BELLIO a utilisé des coefficients calculés expérimentalement et nous

verrons par la suite que sa table est identique à une table établie selon la formule déjà rencontrée :

$$Q = 0,8. D^* S$$

D'ailleurs, nous constaterons que toutes les tables ne diffèrent guère et que l'élaboration d'une table mathématique suffit, à condition de connaître le dosage D de l'arbre type.

III. Tables de fumigation

A. Composition des tables

Les divers auteurs se sont défendus d'employer des formules mathématiques, estimant que l'expérimentation directe était la seule méthode valable. Or, tous ont plus ou moins fait intervenir des données mathématiques, que ce soit WOGLUM qui, partant d'un arbre type pour lequel expérimentalement il déterminait la dose nécessaire, appliquait ensuite des coefficients basés sur le rapport surface volume (3), que ce soit BELLIO qui, après des essais expérimentaux adoptait des coefficients volume d'une part et surface de l'autre (33) ou que ce soit CLEMENTE et REGUERAL qui, après avoir expérimenté trois arbres types, utilisaient les différences proportionnelles entre ces arbres (5).

Comme nous le verrons par la suite, la différence entre toutes ces tables est minime, il est donc préférable d'avoir recours à une table mathématique qui sera basée sur l'expérimentation de R.S. WOGLUM, d'après son arbre type de 30 m³, expérimentation maintes fois recoupée.

Cet auteur a déterminé la dose type de base pour l'arbre de 30 m³ soit 1 g/m³, c'est-à-dire qu'il faut 30 g d'HCN pour réaliser cette concentration sous cet arbre de 30 m³.

Cette dose de départ va servir à établir la dose mortelle pour chaque cochenille.

Dans une atmosphère libre, comme celle qui existe sous les bâches, la concentration mortelle nécessaire est beaucoup plus faible que dans une atmosphère confinée que l'on rencontre dans une chambre close et étanche. En effet, dans ce second cas, l'insecte est alerté de suite de la présence du gaz dont la concentration monte rapidement et il ferme ses stigmates, il vit alors sur ses réserves d'oxygène et très souvent l'intoxication se fera par osmose au travers des tissus demandant ainsi une proportion très forte de gaz et un temps très long. Au contraire dans l'atmosphère qui existe sous la bâche poreuse, l'insecte moins gêné ne

ferme pas de suite ses stigmates, permettant au gaz de produire d'abord un effet anesthésiant et ainsi il ne pourra pas fermer complètement ses stigmates et par la suite il sera tué par absorption directe par la voie respiratoire. L'intoxication nécessitera donc beaucoup moins de gaz et de temps.

C'est ainsi que les cochenilles peu résistantes comme le Pou Rouge et l'*Aspidiotus hederea* sont tuées avec 1 g/m^3 , alors que les *Parlatoria*, les *Lepidosaphes* et *Aonidiella* demandent 2 g/m^3 (6). Si l'on tient compte que cette concentration doit être maintenue pendant 50 minutes, il est donc nécessaire de mettre beaucoup plus d'HCN à cause de la perte de ce gaz par les pores de la bâche, comme nous l'avons signalé précédemment. C'est donc par la connaissance des courbes de diffusion pendant les 50 minutes que l'on pourra voir si la concentration admise permettra de maintenir la dose mortelle pendant toute la durée, c'est-à-dire 50 minutes.

En particulier, pour obtenir 1 g/m^3 pendant 50 minutes, il faut introduire sous la bâche au minimum 2 g/m^3 , ce sera donc la dose pour tuer le Pou Rouge ; pour l'*Aspidiotus hederae* il faudrait 2 g , pour les *Parlatoria* 3 g , pour les *Lepidosaphes* 4 g et pour *Aonidiella* il faut atteindre 6 g/m^3 .

Toutefois, nous verrons que ce temps de 50 minutes admis par tous les auteurs, pourrait être diminué. L'établissement des courbes nous montrera que 20 à 25 minutes sont un temps suffisant pour assurer la mortalité quasi totale. La durée de 50 minutes indiquée habituellement tient compte de ce qu'après cette durée, les résidus d'HCN ne peuvent plus être dangereux lorsque les manœuvres découvrent les arbres. L'examen des courbes nous permettra de vérifier l'efficacité des doses indiquées ci-dessus.

Ces doses sont donc les doses D que les fumigateurs utilisent d'après leurs tables, mais sans les connaître, ce qui semble un peu paradoxal. En effet ils disent par exemple : « Pour tuer la Serpette pendant l'été nous employons la table espagnole à l'HCN liquide échelle 18 ». Signalons de suite que cette table correspond exactement à la dose D* de 4 g/m^3 .

La difficulté de préciser la dose provient de ce que cette dernière varie pour chaque volume comme nous l'avons signalé plus haut.

Il est donc indispensable de préciser ce que nous appelons dose. La dose en fumigation à l'air libre en utilisant les bâches standards de WOGLUM, est la concentration en g d'HCN par m^3 que l'on doit mettre sous l'arbre de 30 m^3 (arbre type de WOGLUM).

Il résulte de cette définition qu'ayant établi une table mathématique à la dose de 1 g/m³ on pourra calculer une quantité quelconque d'HCN si l'on connaît le dosage à employer. Il suffira de multiplier le chiffre de la table par la Dose D* choisie.

Par exemple, si nous voulons connaître la quantité d'HCN à mettre sous un arbre de 150 m³ pour tuer le Pou de Californie, sachant que la dose mortelle D* est de 5 g/m³, il suffira de rechercher dans la table 1 g/m³ la quantité indiquée pour l'arbre de 150 m³ et de multiplier ce chiffre par 5.

On pourra, si c'est nécessaire établir une table quelconque à une dose Dg/m³ en multipliant tous les chiffres de la première table par Dg.

La connaissance des doses réelles étant parfois nécessaire, il est donc indispensable d'établir en même temps une table des concentrations réelles pour chaque arbre pour la dose type de départ de 1 g/m³.

B. Etablissement des tables préliminaires

Ce sont les tables des volumes, des surfaces et des rapports des surfaces aux volumes qui nous sont nécessaires pour établir les deux tables de fumigation envisagées ci-dessus.

1. Table des Volumes

La forme d'une bache placée sur un arbre rappelle celle d'un cylindre surmonté d'une demie sphère (FIG. 3).

Dans la figure ci-dessus nous relevons les égalités suivantes :

$$AD = EB = h \text{ ou hauteur de cylindre}$$

$$DP = PE = PS = R \text{ ou rayon du cylindre et de la sphère.}$$

Si nous appelons Vc le volume du cylindre, et Vs celui de la sphère correspondante, nous aurons :

$$V = Vc + \frac{Vs}{2}$$

D'après la figure 3 on peut écrire successivement :

$$Vc = \pi R''h$$

$$\text{et } \frac{Vs}{2} = \frac{4/3 \pi R'''^3}{2} = 2/3 \pi R'''^3$$

$$\text{d'où } V = \pi R''h + 2/3 \pi R'''^3$$

$$\text{et enfin } V = \pi R'' (h + 2/3 R''') \quad (1)$$

Formule très simple mais elle ne peut être exploitée dans la nature. En

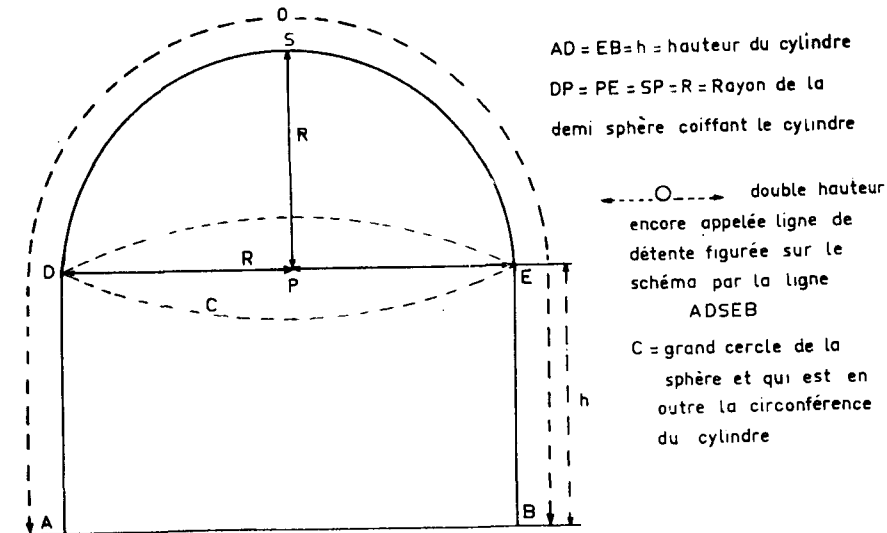


FIG. 3. — Schéma de la forme d'une bâche placée sur un arbre

effet, il serait à peu près impossible de mesurer la hauteur du cylindre, car elle n'apparaît pas nettement, et la mesure du rayon serait elle-même sujet à erreur.

Il a donc fallu transformer cette formule afin de pouvoir procéder aux mesures indispensables sur le terrain.

On fait intervenir deux dimensions : la première c'est la circonférence, facile à mesurer avec un ruban marqué, que l'on applique tout autour de la bâche à 1 m du sol environ. La deuxième, c'est la double hauteur O qui est une expression impropre, cette dernière est représentée sur la figure 3 par la ligne ASB, et elle peut s'écrire mathématiquement par l'égalité suivante :

$$O = AD + DSE + EB$$

ou encore $O = 2h + R$

Cette dimension se détermine facilement, car les bâches sont marquées comme l'indique la figure 4.

La bâche étant placée sur l'arbre, il suffit de lire au ras du sol les chiffres de part et d'autre, et les additionner pour obtenir O. Si la bâche est bien centrée, on doit trouver le même chiffre de chaque côté.

En évaluant ces deux dernières valeurs en fonction de R et h et en les portant dans l'équation (1) nous arrivons à la formule ci-dessous :

$$V = \frac{C''}{4 \pi} \left[\frac{0}{2} - C \frac{(3 \pi - 4)}{12 \pi} \right]$$

Il suffit donc d'évaluer séparément les deux termes et d'en faire le produit.

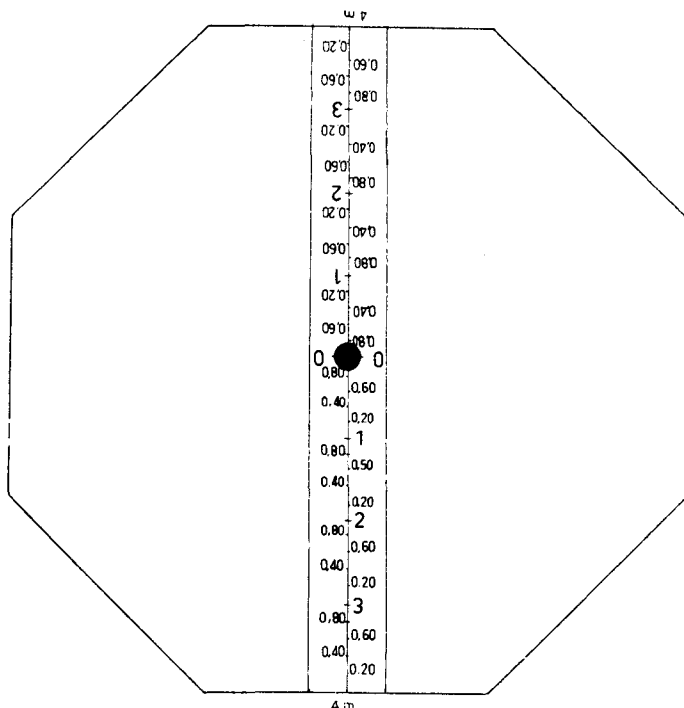


FIG. 4. — Bâche de 8 m, dépliée et graduée de 0,20 m en 0,20 m.

Toutefois il faut noter que le 2^e membre doit toujours être positif, donc il faudra éliminer les chiffres pour lesquels cette différence serait négative.

En outre les formes possibles que peut prendre la bâche placée sur un arbre sont les suivantes : une demi-sphère surmontée d'un cylindre, une demi-sphère et enfin une fraction de demi-sphère (Fig. 5).

Cette dernière forme serait valable pour de jeunes arbres mais ce cas est aussi celui des pépinières et il est alors plus pratique d'utiliser une chambre parallélépipédique dont nous reparlerons plus loin. Dans la pratique courante, on supprimera les valeurs concernant la forme fraction d'une demi-sphère.

Enfin l'oranger est un arbre dont le diamètre est en général plus grand que la hauteur, il faudra donc ne pas tenir compte des arbres trop hauts.

En résumé, il faut donc supprimer :

— les valeurs pour lesquelles le 2^e terme : $\frac{O}{2} - C \frac{(3\pi - 4)}{12\pi}$ est négatif.

— les valeurs pour lesquelles on obtiendra une fraction de demi-sphère.

Ce cas se produira dès que la hauteur OS sera inférieure au rayon (Fig. 6),

FIG. 5. — Formes possibles d'une bâche déposée sur un arbre

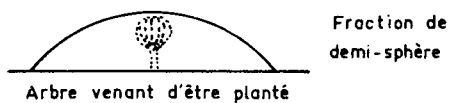
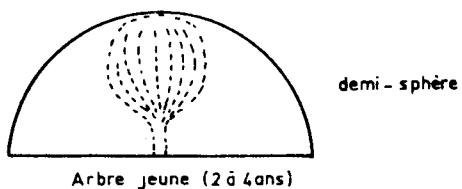
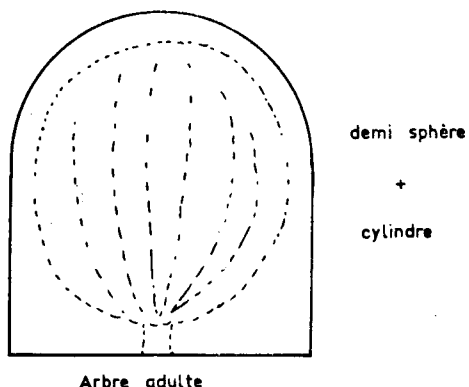
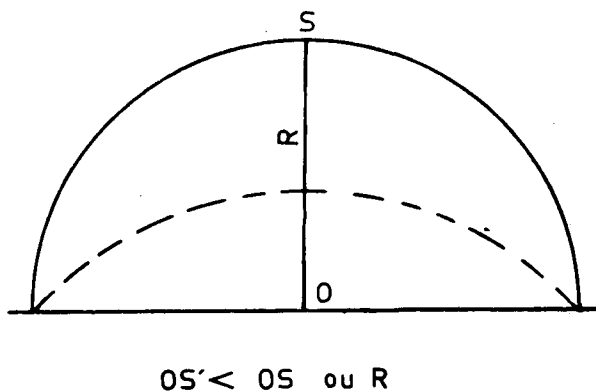


FIG. 6. — Volume inférieur à la demie sphère



c'est-à-dire dès que la double hauteur sera inférieure à la demi-circonférence, nous aurons donc comme impossibilité :

$$O < \frac{C}{2} \text{ et comme limite}$$

$$O = \frac{C}{2} \text{ (FIG. 7)}$$

— les valeurs des arbres trop hauts.

On peut admettre que la hauteur maximale est donnée par un oranger ayant sa double hauteur égale à 2 circonférences.

Nous fixerons donc comme impossibilité :

$O > 2C$ avec comme limite $O = 2C$. Cette table des Volumes se présentera de la même façon que les autres tables préliminaires et les tables de fumigation.

Sur la première ligne supérieure et à gauche nous inscrirons les lettres O et C. La lettre O indique la double hauteur, que nous avons définie lors de l'établissement de la formule transformée des volumes. Elle sera exprimée de 0,50 m en 0,50 m et ces valeurs seront disposées sous la lettre O dans la première colonne verticale à gauche.

La lettre C indique la circonférence et est exprimée de mètre en mètre. Les valeurs seront disposées sur la première ligne horizontale à la suite de la lettre C.

A l'intersection des valeurs de O et C on inscrira les volumes correspondants obtenus par les calculs.

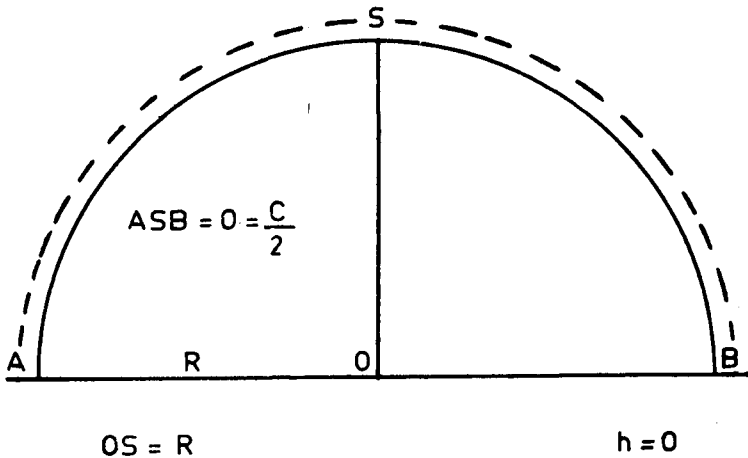


FIG. 7. — Forme dont la hauteur du cylindre est nulle (et qui est donc réduite à une demie sphère)

Nous avons pris comme limites maximales les suivantes :

— double hauteur 24 m qui correspond à un oranger de 10 m de hauteur réelle, chiffre jamais dépassé par cet arbre.

— Circonférence 40 m qui correspond à un arbre de 12 à 13 m de diamètre, crorespondnat à celui d'un oranger de 10 m de hauteur.

Il est pratiquement impossible de représenter ces tables avec les maxima indiqués plus haut sur une seule feuille. On les dispose alors sur des feuilles séparées, dont certaines pourront être réunies ensemble, en adoptant le fractionnement figuré au schéma ci-dessous.

| O | C | 1 m | 14 m | 15 m | 29 m | 29 m | 40 m |
|--------|---|-----|-------|------|-------|------|-------|
| 5,0 m | | | | | | | |
| | | | H - 1 | | H - 2 | | H - 3 |
| 8 m | | | | | | | |
| 8 m 5 | | | | | | | |
| | | | M - 1 | | M - 2 | | M - 3 |
| 16 m | | | | | | | |
| 16 m 5 | | | | | | | |
| | | | B - 1 | | B - 2 | | B - 3 |
| 24 m | | | | | | | |

2. Tables des surfaces

Nous allons utiliser la même méthode.

Etablissons en premier lieu la formule de la surface latérale de notre volume: elle comporte la surface du cylindre S_c et celle de la demi-sphère S_s (FIG. 3).

Il vient donc: $S = S_c + S_s$

mais $S_c = 2 \pi R h$ et $S_s = \frac{4 \pi R^2}{2}$

d'où $S = 2 \pi R h + 2 \pi R^2$
et $S = 2 \pi R (h+R)$

Comme dans le cas des volumes, cette formule n'est pas utilisable sur le champ. Remplaçons donc h et R par leurs valeurs en fonction de C et O , comme précédemment (FIG. 3).

Il vient:

$$S = C \left[\frac{O}{2} - C \frac{(\pi - 2)}{4 \pi} \right]$$

Cette formule est analogue à celle du volume, mais plus simple.

Ici les impossibilités sont moins nombreuses et dérivent de celles des volumes, donc en adoptant ces dernières nous aurons aussi celles des surfaces.

Comme nous l'avons déjà dit cette table se présentera de la même façon que la précédente et par conséquent y figureront les chiffres correspondants à ceux de la table des volumes.

3. Table des rapports surfaces sur volume

Il suffit, pour obtenir cette table, de diviser chaque terme de la table des surfaces par le terme correspondant de la table des volumes.

On aurait pu utiliser les formules des surfaces et des volumes et par simplification obtenir une expression facile à calculer, malheureusement il n'en est rien et la résolution de ce rapport nous conduit à la formule :

$$\frac{S}{V} = \frac{12 \pi}{C} \frac{(C + 2 \pi 0 - C \pi)}{4.C + 6 \pi 0 - 3 C \pi}$$

En conséquence il vaut mieux utiliser les résultats directs des tables.

C. Tables mathématiques de fumigation

Il nous reste maintenant à calculer les deux tables mathématiques, la première sera celle des doses réelles par arbre, la deuxième celle des quantités d'HCN à mettre sous les arbres. Toutes deux sont évaluées pour la dose de base de départ 1 g/m³ appliquée à l'arbre type de 30 m³.

1. Table des doses réelles pour la concentration de 1 g/m³ appliquée à l'arbre type de 30 m³ (O = 8 : C = 14).

Comme nous l'avons exposé plus haut, la dose est donnée pour la formule :

$$D = 0,8. D^* \frac{S}{V}$$

comme ici D* = 1, la table des doses s'obtiendra en multipliant par 0,8 les chiffres de la table des rapports Surface/Volume.

Avant de passer à l'exécution des calculs de cette première table, nous voulons attirer l'attention sur le fait qu'il existe plusieurs arbres dont le volume est proche de 30 m³, d'ailleurs en voici la liste.

| O | C | Volume |
|------|----|---|
| 10,5 | 10 | 30 m ³ , 325 |
| 12 | 9 | 30 m ³ , 325 |
| 9,5 | 11 | 30 m ³ , 494 |
| 8 | 14 | 30 m ³ , 966 arbre type choisi |
| 14 | 8 | 29 m ³ , 785 |

Pourquoi avons-nous choisi l'arbre 8/14 dont le volume est moins proche de 30 m³ que les autres ?

Nous savons qu'un oranger a un diamètre en général plus grand que sa hauteur. C'est cette constatation qui nous a guidé.

Cherchons donc pour ces divers volumes les diamètres et hauteurs réels.

Les calculs nous ont conduit aux résultats consignés dans le tableau ci-dessous :

| O | C | H | D |
|------|----|------|------|
| 10,5 | 10 | 4,34 | 3,18 |
| 12 | 9 | 5,19 | 2,87 |
| 9,5 | 11 | 3,75 | 3,50 |
| 8 | 14 | 2,73 | 4,64 |
| 14 | 8 | 6,28 | 2,55 |

Nous constatons que seul l'arbre 8/14 a un diamètre nettement supérieur à la hauteur, c'est pourquoi nous l'avons choisi.

D'ailleurs, cet arbre est différent de celui qu'a déterminé WOGLUM 8,5 x 12,5 dont le volume est de 30 m³, 319.

Or, cet arbre n'est pas correct, car il a une hauteur réelle de 5,11 m, supérieure à son diamètre : 3,98 m. Nous estimons donc que notre arbre type est mieux choisi puisqu'il répond à la forme générale actuelle des agrumes ⁽¹⁾.

2. Table des quantités d'acide cyanhydrique pour la dose de 1 g/m³ appliquée à l'arbre type de 30 m³ (O = 8 C = 14).

Pour exécuter cette table, reprenons la formule de la quantité établie précédemment, soit :

$$Q = D \cdot \frac{V^*}{S^*} \cdot S \quad \text{ou} \quad D^* = 1 \text{ g et } \frac{V^*}{S^*} = 0,8$$

$$Q = 1 \times 0,8 \times S = 0,8 S$$

Il suffit donc de multiplier par 0,8 la table des surfaces.

Ci-dessous la table des quantités d'acide cyanhydrique pour la dose de 1 g/m³ appliquée à l'arbre type de 30 m³.

(1) Il est probable qu'à l'époque où WOGLUM a confectionné ses tables, la forme des orangers était différente de l'actuelle, et qu'en particulier, son arbre type de 30,319 m³ représentait la forme adoptée en culture à cette époque.

D. *Les tables pratiques*

Ces tables ne sont pas exprimées en acide cyanhydrique, mais en matière utile, et cette dernière est elle-même souvent chiffrée en mesures, en outre elles ne comportent qu'un certain nombre d'arbres.

1. Arbres figurant sur ces tables

Le nombre des arbres compris dans ces tables est nettement inférieur à celui que nous avons porté sur les nôtres.

En premier lieu les très petits arbres ont été supprimés et les tables pratiques commencent à l'arbre ayant 3 m de ligne de tente (O) et 4 m de circonférence (C).

De même les très grands arbres n'y sont pas compris ; en général les tables s'arrêtent à l'arbre ayant une ligne de tente égale à 17,50 m (O) et une circonférence de 25 m (C).

Enfin, si ces tables ont tenu compte des impossibilités que nous avons signalées précédemment, elles ne comprennent pas en principe les arbres dont la hauteur est supérieure au diamètre, à l'exception toutefois de ceux dont la double hauteur est inférieure à 6 m ($O < 6$).

2. Dosage des tables

Si l'on veut savoir ce qu'il y a dans une table, il faut en connaître le dosage, c'est-à-dire, comme nous l'avons indiqué précédemment, la dose de l'arbre type $O = 8$, $C = 14$ dont le volume est de 30 m³.

Pour obtenir ce chiffre, il suffit de diviser par 30 la quantité d'acide cyanhydrique correspondant à l'indication de la table pour cet arbre.

Nous allons donc passer en revue rapidement les diverses tables et indiquer la marche à suivre pour rechercher les quantités d'acide cyanhydrique que représentent les chiffres de ces tables.

a. Tables utilisées autrefois dans la méthode dite du pot

Cette méthode consistait à traiter un cyanure alcalin (potassium ou sodium) par l'acide sulfurique dilué pour obtenir le dégagement d'acide cyanhydrique. Les tables étaient libellées en cyanures, acide sulfurique et eau. Pour connaître les quantités d'acide cyanhydrique correspondant à ces tables, il suffit de diviser le poids du cyanure indiqué par le poids du même cyanure capable de dégager 1 g d'acide cyanhydrique.

Les cyanures de potassium et sodium employés étant à 98 % de pureté, on peut prendre sans modification les chiffres indiqués par les tables. Nous savons que 130 g de cyanure de potassium CNK ou 98 g de cyanure de sodium CN Na peuvent développer 54 g d'acide cyanhydrique, il en résulte les égalités suivantes : 1 g d'acide cyanhydrique sera fourni soit par $\frac{130 \text{ g}}{54} = 2,407$ g de cyanure de potassium ou par $\frac{98}{54} = 1,814$ g de cyanure de sodium.

b. Tables exprimées en acide cyanhydrique liquide

Certaines sont chiffrées en cm^3 . Pour ces tables, la recherche du poids d'acide cyanhydrique est extrêmement facile, sachant que la densité de l'acide cyanhydrique liquide à 98 % de pureté est 0,7.

Il suffit donc de multiplier le volume d'acide cyanhydrique par 0,7, d'où $P = V \times 0,7$.

Mais très souvent et plus particulièrement les tables espagnoles destinées à l'emploi de ce produit sont libellées en mesures d'acide cyanhydrique. Ces tables portent la mention « Echelle » suivie d'un chiffre. On connaît les échelles 14 - 16 - 18 - 20 et 22.

Les chiffres de la notation de l'échelle indiquent le nombre de cm^3 d'acide cyanhydrique par mesure.

Le volume d'acide cyanhydrique liquide sera donc de :

$$V = N \times E$$

N = nombre de la table

E = valeur de l'échelle.

D'après ce qui précède le poids sera :

$$P = V \times 0,7 \text{ ou } P = N \times E \times 0,7.$$

c. Tables exprimées en cyanure de Calcium

Les deux produits les plus employés en ce moment sont le Cyanogaz ou Cyanure de calcium impur en poudre entreposé en bidons métalliques hermétiques et le Calcid qui est un cyanure de calcium pur préparé en plaquettes elles-mêmes empaquetées en rouleaux, ces derniers enfermés dans des bidons métalliques.

Les tables permettant l'emploi du cyanogaz sont exprimées en mesures du produit équivalent à 28 g 5. Comme ce Cyanogaz titre de 40 à

50 % de cyanure de calcium, il en résulte qu'il peut dégager 25 % de son poids d'acide cyanhydrique, donc le poids de gaz s'obtiendra facilement :

$$P = \frac{N \times 28,5}{4}$$

N = Nombre de mesures de cyanogaz, indiqué par la table.

Les tables exprimées en Calcid le sont en nombre de tablettes, or chaque tablette est dosée à 10 g d'acide cyanhydrique, d'où le poids.

$$P = N \times 10$$

N = nombre de tablettes indiqué par la table.

E. Comparaison des tables

Les tables usuelles ne portent aucune indication précise et, de ce fait, il est pratiquement impossible d'être fixé sur les chiffres qu'elles renferment. Il est indispensable que le fumigateur puisse comparer la table qu'il doit utiliser à une table mathématique dont la teneur et la progression ont été données précédemment.

Si l'on veut être fixé sur ce que représente réellement une table quelconque, il faudra, en premier lieu, en déterminer le dosage. Puis on comparera alors cette table à une table mathématique de même concentration.

Afin d'éviter toute confusion dans les explications qui vont suivre, nous allons définir et rappeler les expressions qui vont revenir constamment dans ce chapitre.

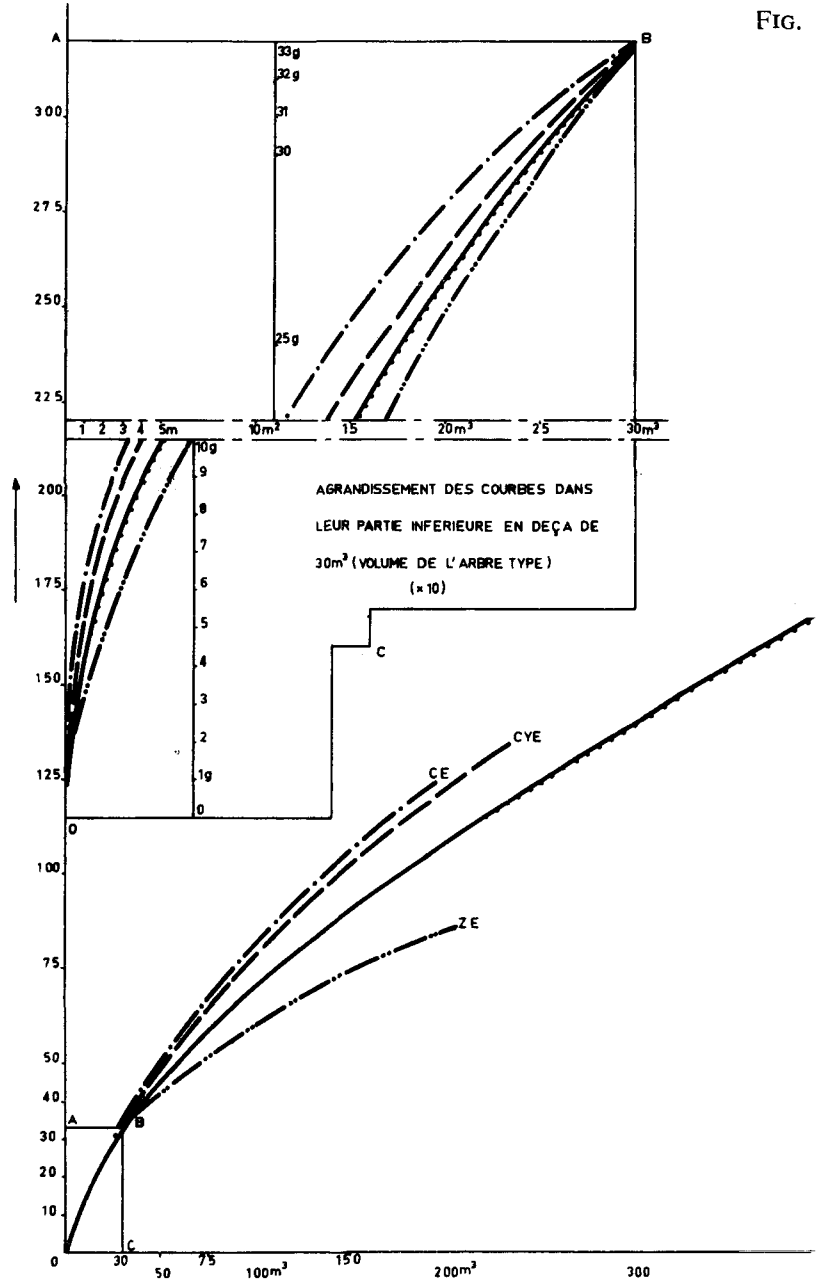
On appelle dosage ou concentration d'une table, celui appliqué à l'arbre type de 30 m³ et que nous avons défini précédemment par ses dimensions : O = 8, C = 14. Il en résulte que ce dosage ne s'applique pas aux autres arbres, car il n'y a pas proportionnalité comme nous l'avons démontré précédemment. Toutefois, comme il est intéressant parfois de connaître le dosage des autres arbres, on l'appelle alors dosage ou concentration réelle ; il s'obtiendra en divisant la quantité d'acide cyanhydrique appliquée à ces arbres par leurs volumes respectifs ⁽¹⁾.

Nous appelons plus petit ou plus grand arbre d'une table, les arbres de la table ayant les dimensions les plus petites ou les plus grandes et de ce fait l'arbre le plus petit est celui que l'on rencontre sur la première colonne de gauche en haut et l'arbre le plus grand sur la dernière colonne de droite en bas.

(1) En conséquence le dosage D d'une table est égal au dosage réel de l'arbre type.

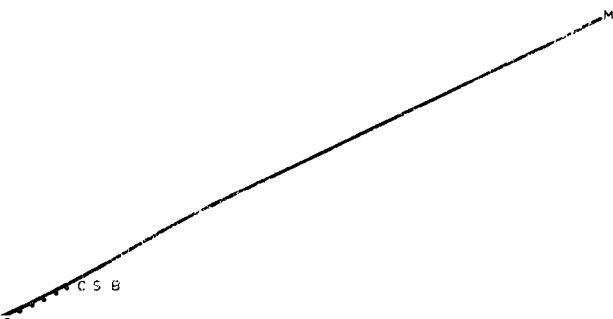
POIDS D'H.C.N EN GRAMMES

FIG.








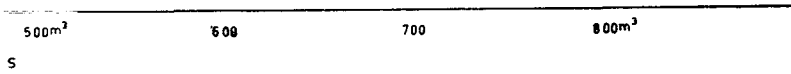
Remarque : Ce graphique montre aisément le peu de diffé

s de progression des poids d'HCN en fonction des volumes
 ches d'une table mathématique et de tables usuelles.



LEGENDE

- TABLE MATHEMATIQUE  M
- TABLE ESPAGNOLE (ZYKLON ETE)  Z E
- TABLE DE BELLIO  C S B
- TABLE ESPAGNOLE (CYANOGAZ ETE)  C Y E
- TABLE ESPAGNOLE (CALCID ETE)  C E



tables dont deux représentent les extrêmes.

Les quantités d'acide cyanhydrique appliquées à ces arbres et leurs concentrations réelles qui en découlent, donneront des chiffres extrêmes, et seront intéressants pour les comparaisons car ils permettront d'obtenir les écarts maxima.

La comparaison consistera donc à évaluer séparément les données extrêmes des plus petits et des plus grands arbres, et à comparer entre elles concentrations et quantités. Les écarts observés de ces extrêmes par rapport à la table mathématique nous renseigneront suffisamment sur les caractéristiques de la table testée. En particulier si les dosages réels obtenus sont supérieurs à ceux de la table mathématique on aura à faire à une table riche en acide cyanhydrique, et l'on en tirera les conséquences qui s'imposent suivant les cochenilles à combattre et les plantes à fumiger.

Si nous appliquons cette méthode à la table espagnole cyanogaz pour l'automne, nous arrivons aux résultats suivants :

| Tables | Dosages des tables | Dosages réels d'HCN | | Quantités d'HCN correspondantes | |
|----------------------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------------------|------------------|
| | | plus petit arbre | plus grand arbre | plus petit arbre | plus grand arbre |
| Table mathématique | 3,8 | 11,65 | 2,02 | 13,7 | 465,88 |
| Table cyanogaz espagnole automne | 3,8 | 18,10 | 2,30 | 21,4 | 527,25 |

Ce tableau est extrêmement intéressant. Il montre une différence notable des concentrations réelles et des quantités en ce qui concerne les petits arbres. En particulier, la différence entre les quantités atteint $21,4 - 13,7 = 7,07$. Or, cette quantité représente la valeur d'une mesure de cyanogaz et on a l'impression et c'est même une certitude, que ceux qui ont établi cette table ont forcé le chiffre réel d'une unité pour être sûr du résultat.

Nous verrons par la suite que presque toutes les tables présentent cette même augmentation pour les petits arbres quel que soit le producteur d'HCN.

En ce qui concerne les grands arbres, la différence des dosages réels est minime et en tous cas ne peut avoir d'influence sur le résultat ; en effet, on trouve $2 \text{ g } 30 - 2 \text{ g } 02 = 0 \text{ g } 28$. Toutefois, cette faible différence sur la concentration conduit à une quantité d'HCN nettement

plus élevée qui atteint dans le cas présent $527 - 465 = 62$ g d'HCN ; ceci est dû au volume de l'arbre qui est de 229 m^3 .

En conclusion, cette table espagnole utilisant le cyanogaz établie pour l'automne, est légèrement plus riche en HCN qu'une table mathématique de même concentration.

Mais nous avons appris que sa concentration était de $3,8 \text{ g/m}^3$ valable pour la lutte contre les cochenilles « Virgules et Serpettes ». Or, c'est bien pour lutter contre ces deux cochenilles que cette table a été établie.

Il en résulte que cette méthode de comparaison nous donne bien les renseignements que nous attendions : dosage de la table et richesse en HCN par rapport à une table mathématique de même dosage.

S'il est intéressant de comparer une table usuelle à une table mathématique de même dosage, il sera instructif de comparer entre elles les diverses tables usuelles.

Toutefois, pour mieux saisir les différences, nous avons construit une courbe de progression des quantités d'HCN en fonction des volumes des arbres et pour la concentration unitaire de départ 1 g/m^3 . (FIG. 8).

Les comparaisons vont être établies de deux façons :

- a) Comparaison de chaque table avec une table mathématique de même concentration ;
- b) Comparaison des diverses tables entre elles.

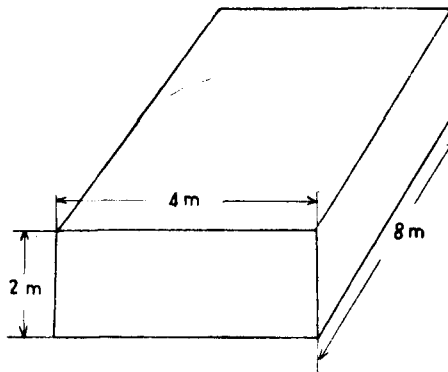


FIG. 9. — La désinfection d'une pépinière.

a. Comparaison des tables usuelles que nous possédons avec des tables mathématiques de même concentration

Nous avons appliqué la méthode exposée au chapitre précédent et nous avons rassemblé dans un tableau l'essentiel des résultats.

Tout d'abord nous allons préciser les tables que nous possédons et nous leur attribuerons un sigle que nous reproduirons dans les tableaux suivants :

Certains chiffres de ce tableau peuvent paraître inexacts ; ce n'est qu'une apparence car les arbres extrêmes consignés dans les diverses tables étudiées n'ont pas les mêmes dimensions.

Son étude nous permet de tirer les constatations suivantes :

1. Les dosages varient de 2 g à 5,1 g, c'est-à-dire que ces tables sont valables pour la majorité des Diaspines, à l'exception du Pou de Californie qui demande 6 g/m³ et, dans ces conditions, il n'est pas étonnant qu'avec de telles concentrations les résultats obtenus aient été inconsistants, irréguliers et souvent insuffisants.

2. Les écarts avec les tables mathématiques correspondantes en ce qui concerne les petits arbres sont égaux ou inférieurs à une mesure de produit actif. Seule la table CYH (Cyanogaz pour l'hiver) fait ressortir une différence supérieure : 1,8.

3. Les écarts pour les grands arbres font apparaître des différences de doses insignifiantes de + 0,3 g à - 0,5 g et ce dernier chiffre pour une seule table ZH (Zyklon pour l'hiver). La répercussion sur les poids est de ce fait assez faible de l'ordre de 40 à 50 g en moyenne. Cependant les écarts de poids dépendent surtout des volumes des grands arbres qui sont assez différents.

4. De nombreuses tables sont riches en HCN pour les petits arbres, c'est-à-dire, comme nous l'avons dit précédemment, que les quantités d'HCN nécessitées par les petits arbres sont supérieures à celles des mêmes arbres d'une table mathématique ayant même dosage. Les tables au cyanure de Potassium ou au cyanure de Sodium et au Zyklon en particulier sont riches pour les petits arbres, mais elles sont pauvres pour les grands arbres.

Les autres tables sont riches pour tous les arbres.

Une seule, celle de BELLIO, suit exactement les concentrations d'une table mathématique de même dosage établie au moyen de la formule de WOGLUM, formule que BELLIO ou du moins ses traducteurs considèrent comme inexacte.

| Désignation des tables | | Sigle ou abréviation |
|---|------|----------------------|
| Table Espagnole de CLÉMENTE N° 1 — Hiver Cyanure de Potassium | (9) | C K H |
| Table Espagnole de CLÉMENTE N° 2 — Hiver Cyanure de Sodium | (10) | C S H |
| Table Espagnole de CLÉMENTE N° 3 — Eté Cyanure de Sodium | (11) | C S E |
| Table de BELLIO — Cyanure de Sodium | (12) | C S B |
| Table Espagnole — Cyanogaz — N° 1 — Hiver | (13) | C Y E |
| Table Espagnole — Cyanogaz — N° 2 — Automne | (14) | C Y A |
| Table Espagnole — Cyanogaz — N° 3 — Eté | (15) | C Y E |
| Table Californienne — Cyanogaz (en mesures anglo-saxonnes que nous avons transcrites en mesures métriques) | (16) | C Y C |
| Table Espagnole en Cyanogaz (en mesures anglo-saxonnes que nous avons transcrites en mesures métriques) | | C Y C E |
| Table Egyptienne — Cyanogaz (en mesures anglo-saxonnes que nous avons transcrites en mesures métriques) | (17) | C Y E G |
| Table Zyklon-Eté — exprimée en cyanogène (en mesures anglo-saxonnes que nous avons transcrites en mesures métriques). En outre, nous avons transformé le Cyanogène en HCN. | (18) | Z E |
| Table Zyklon-Hiver — exprimée en Cyanogère (en mesures anglo-saxonnes que nous avons transcrites en mesures métriques). En outre, nous avons transformé le Cyanogène en HCN | (19) | Z H |
| Table Calcid N° 2 Eté d'après DEGESH | (20) | C E |
| Table Calcid N° 1 Hiver d'après DEGESH | (21) | C H |
| Table Espagnole — HCN liquide — Echelle 14 (la plus faible) | (22) | L. 14 |
| Table Espagnole — HCN liquide — Echelle 22 (la plus forte) | (22) | L. 22 |

b. Comparaison des tables usuelles entre elles.

Afin de mieux saisir les différences et surtout de pouvoir les comparer, nous avons ramené toutes ces tables à un dosage uniforme, et appliqué ce dosage à des arbres de même volume.

Cette opération nous permettra en outre de porter ces chiffres comparables sur la figure 8 de la courbe de progression d'acide cyanhydrique en fonction des volumes.

**Résumé des comparaisons de chacune des tables décrites ci-dessus
avec une table mathématique de même concentration.**

| TABLES | DOSAGES | Différences extrêmes avec la table mathématique de comparaison | | | |
|---------|---------|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | Dosages réels | | Quantités d'HCN | |
| | | Plus petit arbre | Plus grand arbre | Plus petit arbre | Plus grand arbre |
| L. 22 | 5,1 | + 10,5 | + 0,2 | + 12,4 | + 47 |
| C K H | 4,8 | + 3,4 | - 0,3 | + 2,7 | - 86 |
| C S H | 4,8 | + 3,3 | - 0,3 | + 2,6 | - 87 |
| Z H | 4,5 | + 0,2 | - 0,5 | + 0,3 | - 102 |
| C Y H | 4,3 | + 11,0 | + 0,3 | + 13,0 | + 57 |
| C Y A | 3,8 | + 6,5 | + 0,3 | + 7,7 | + 61 |
| C Y C | 3,8 | + 8,5 | + 0,1 | + 9,2 | + 25 |
| C Y C E | 3,8 | + 3,2 | + 0,1 | + 3,5 | + 44 |
| C S E | 3,7 | + 0,3 | - 0,3 | + 0,3 | - 78 |
| C S B | 3,5 | + 1,8 | + 0,0 | + 2,1 | + 1 |
| C Y E G | 3,5 | + 9,4 | + 0,2 | + 10,2 | + 63 |
| Z E | 3,5 | + 0,0 | - 0,4 | - 0,1 | - 82 |
| C Y E | 3,3 | + 8,1 | + 0,20 | + 9,5 | + 44 |
| L. 14 | 3,3 | + 6,6 | + 0,1 | + 7,7 | + 23 |
| C H | 2,7 | + 28,9 | + 0,2 | + 6,5 | + 58 |
| C E | 2 | + 10,6 | + 0,2 | + 2,4 | + 41 |

Nous avons choisi la dose 10 g/m³, concentration jamais utilisée, mais qui permettra d'obtenir des écarts importants.

Pour les arbres nous avons adopté ceux dont les caractéristiques sont décrites ci-dessous :

— Petit arbre O = 6, C = 6, V = 6,12 m³.

— Grand arbre O = 17,5, C = 25, V = 256 m³

Avec ces nouvelles données nous allons effectuer :

- les quantités d'HCN pour les petits et les grands arbres
- les doses réelles de ces mêmes arbres.

Comparons en premier lieu les résultats obtenus avec les petits arbres.

Echelle des tables d'après les quantités d'HCN appliquées au petit arbre $O = 6 - C = 6$.

Nous constatons qu'il n'y a aucune concordance entre le dosage des tables (1) avant transformation et les concentrations comparatives à 10 g/m^3 (2).

Notre table mathématique se situe vers le milieu de l'échelle.

En effet : $\frac{151 + 89,2}{2} = 120,1$ moyenne des quantités extrêmes, représente à peu de chose près la quantité de 118 g de notre table mathématique M.

Il en est de même de la moyenne des concentrations réelles :
 $\frac{24,5 + 14,6}{2} = 19,6$ pour 19,3 de notre table.

| TABLES | Quantités d'HCN appliquées à l'arbre 6/6 pour la concentration 10 g/m^3 | Concentrations réelles correspondantes pour cet arbre 6/6 (2) | Dosages des tables avant transformation (1) |
|---------|---|---|---|
| C Y E | 151 g | 24,7 | 3,3 |
| L. 22 | 151 g | 24,7 | 5,1 |
| C Y A | 150 g | 24,5 | 3,8 |
| C E | 150 g | 24,5 | 2 |
| C Y H | 149 g 1 | 24,4 | 4,3 |
| C H | 148 g 2 | 24,3 | 2,7 |
| L. 14 | 148 g 5 | 24,3 | 3,3 |
| C Y E G | 140 g | 21,8 | 3,5 |
| C Y C | 131 g 4 | 21,5 | 3,8 |
| C Y C E | 131 g 4 | 20,4 | 3,8 |
| C K H | 129 g 7 | 21,2 | 4,8 |
| C S E | 126 g 8 | 20,7 | 3,7 |
| C S H | 126 g 2 | 20,6 | 4,8 |
| M | 118 g | 19,3 | 1 |
| C S B | 110 g 3 | 18 | 3,5 |
| Z H | 92 g 5 | 15,1 | 4,5 |
| Z E | 89 g 2 | 14,6 | 3,5 |

Si nous cherchons la valeur en quantités des écarts extrêmes entre notre table et celle de cyanogaz (CYE) pour le maximum et Zyklon été (ZE) pour le minimum, nous avons pour :

$$\text{CYE } 151 - 118 = 33 \text{ g soit 4 mesures } 1/2 \text{ environ de cyanogaz}$$

$$\text{ZE } 118 - 89,2 = 28,8 \text{ soit 4 mesures de cyanogaz.}$$

En résumé pour les petits arbres des tables extrêmes, nous voyons que l'écart avec notre table mathématique représente 4 mesures de cyanogaz. Si nous considérons que la concentration de comparaison est de 10 g/m^3 , nous voyons que l'écart est plus apparent que réel pour les doses utilisées normalement. L'écart dans ce cas n'est plus que de 1 à 2 mesures, comme nous l'avons fait remarquer précédemment. Cette différence ne peut donc avoir de répercussions sur la valeur de fumigation.

Opérons de la même façon avec les grands arbres et nous aurons l'échelle ci-après :

Nous ne retrouvons aucune concordance dans les dosages avant et après transformation à 10 g/m^3 .

Comme il fallait s'y attendre notre table mathématique se situe vers la moyenne, en effet :

$$\frac{2}{1.550 + 962} = 1.256 \text{ g, moyenne des quantités extrêmes est proche des } 1.296 \text{ g de notre table.}$$

$$\text{et } \frac{6,1 + 3,7}{2} = 4,9 \text{ moyenne des concentrations réelles est très voisine des } 5,1 \text{ de notre table.}$$

Enfin, l'écart des concentrations réelles reste toujours très faible, si on veut bien se rappeler que nous avons pris 10 g/m^3 pour dosage uniforme, dosage maxima, rarement utilisé, répétons-le.

En résumé, toutes ces tables sont très proches les unes des autres.

Chacune prise à part, il est difficile, sinon impossible, de connaître exactement sa valeur, car la plupart pour ne pas dire toutes, ont été élaborées en partant de données sur le terrain, et comme il fallait s'y attendre, des réactions locales ont été appliquées à des données générales rendant très difficile sinon impossible l'interprétation de ces tables.

Toutefois, notre méthode de comparaison permet de se rendre compte de ce qu'elles renferment.

c. Courbes de progression des quantités d'HCN

Reprenons notre figure 9 sur la courbe de progression des quantités d'HCN d'une table mathématique, à 1 g/m^3 appliquée à l'arbre de 30 m^3 .

Echelle des tables d'après les quantités d'HCN appliquées au grand arbre 17,5/23

| TABLES | Quantités d'HCN appliquées à l'arbre 17,5/23 pour la concentration 10 g/m ³ | Concentration réelles correspondantes pour cet arbre 17,5/23 | Dosages des tables avant transformation |
|---------|--|--|---|
| C E | 1.550 g | 6,1 | 2 |
| C Y A | 1.519 g | 5,9 | 3,8 |
| L. 22 | 1.510 g | 5,9 | 5,1 |
| C Y E G | 1.506 g | 5,8 | 3,5 |
| L. 14 | 1.485 g | 5,8 | 3,3 |
| C Y E | 1.467 g | 5,7 | 3,3 |
| C Y H | 1.458 g | 5,7 | 4,3 |
| C Y C E | 1.427 g | 5,6 | 3,8 |
| C Y C | 1.387 g | 5,3 | 3,8 |
| M | 1.296 g | 5,1 | 1 |
| C S B | 1.286 g | 5 | 3,5 |
| C H | 1.259 g | 4,9 | 2,7 |
| C S E | 1.163 g | 4,5 | 3,7 |
| C K H | 1.116 g | 4,4 | 4,8 |
| C S H | 1.115 g | 4,4 | 4,8 |
| Z H | 962 g | 3,8 | 4,5 |
| Z E | 960 g | 3,7 | 3,5 |

Dans le paragraphe b, nous avons appliqué à nos diverses tables la dose 10 g/m³, il est donc facile en divisant ces chiffres par 10 de revenir à une table à 1 g/m³.

Nous avons donc porté sur la figure 9 les courbes des tables extrêmes ramenées à 1 g/m³.

Dans les deux échelles, nous retrouvons la même table ZE (Zyklon été) (18) qui indique les quantités extrêmes minimales, nous avons donc porté la courbe de cette table.

Par contre, pour les quantités maximales extrêmes, nous trouvons deux tables CYE (Cyanogaz été) (15), pour l'échelle des volumes de

6 m³ et CE (Calcid été) (20) pour l'échelle des volumes de 256 m³. Nous avons donc porté ces deux courbes sur notre fig. 9.

En examinant de plus près les tableaux précédents, on s'aperçoit que la table de BELLIO (CSB) (12) a des chiffres semblables à ceux de notre table mathématique. Or, BELLIO a établi ses chiffres en évaluant expérimentalement pour chaque volume la quantité d'acide cyanhydrique disparaissant de ce volume pendant 50 minutes (1); il a donc fait une démonstration expérimentale et précise de la formule de WOGLUM.

L'examen de ces courbes extrêmes conduit aux mêmes constatations que celles que nous avons faites précédemment.

Si nous prolongeons ces courbes fictivement jusqu'au volume de 800 m³, nous nous apercevons que la courbe maximale (Calcid été) CE, dépasse environ de 25 g notre courbe mathématique, ce qui représente une différence de concentration réelle de $\frac{25}{800} = 0,03$ g/m³ pour le dosage de 1 g/m³ appliqué à l'arbre type de 30 m³. En prenant un dosage de 6 g maximum actuellement employé dans le monde, on arrive à un écart de : $0,03 \times 6 = 0,18$ g/m³ qui est pratiquement négligeable.

La même opération exécutée sur la courbe minimale de Zyklon été, ZE, nous conduit à un écart en moins de 90 g, soit, en concentration réelle : $\frac{90}{800} = 0,11$ g/m³, ce qui fait pour le dosage de 6 g/m³, une variation de $0,11 \times 6 = 0,66$ g/m³, qui constitue un écart maxima plus qu'acceptable, car il s'adresse à un volume de 800 m³ représentant le double du volume d'un oranger normal.

d. Conclusions de la comparaison des tables pratiques

Par l'étude qui précède nous voyons :

1. que les écarts entre les diverses tables sont minimes ;
2. que la seule table exécutée expérimentalement et de façon précise celle de BELLIO, conduit à une table mathématique, en appliquant la formule WOGLUM.
3. qu'il est donc logique d'utiliser une table mathématique à 1 g/m³ appliqué à l'arbre type en l'adaptant :
 - a. aux cochenilles à combattre
 - b. aux conditions locales qui peuvent exister soit passagèrement, soit d'une façon constante (température, climat, époque, âge, état physiologique des arbres, etc.).
5. usages des tables pratiques.

Dans le chapitre précédent nous avons déjà abordé ce problème, nous allons ici le compléter.

(1) Temps que dure une fumigation normale.

La première chose à faire c'est de choisir sa table. Il est évident, comme nous l'avons dit précédemment, que la meilleure est une table mathématique que l'on adapte au travail particulier à exécuter, mais ce genre de table n'existe pas pour le moment, il convient donc de choisir parmi les tables usuelles.

Le choix se fera d'une part d'après le produit à employer, d'autre part, en tenant compte de la cochenille à combattre et des conditions locales. Il se peut alors que l'on hésite entre plusieurs tables, c'est à ce moment qu'il convient de voir ce qu'elles représentent, comme nous l'avons exposé au chapitre précédent.

On déterminera en premier lieu le dosage de ces tables en divisant par 30 la quantité d'HCN indiquée pour l'arbre type de 30 m³.

On commencera par lire les chiffres indiqués par la table ; pour cela, il faut connaître la valeur de la ligne de tente, et celle de la circonférence.

Ces deux valeurs sont indiquées dans les tables par les lettres O pour la ligne de tente, et C pour la circonférence.

Le chiffre cherché se trouve donc à l'intersection des deux lignes portant les valeurs respectives de O et C. Or, pour l'arbre type nous l'avons déjà indiqué, il s'agit de celui ayant 8 m de ligne de tente et 14 m de circonférence. Donc à l'intersection de ces deux lignes, nous trouvons la valeur cherchée.

Cette valeur, dans des tables usuelles, n'indique pas la quantité d'HCN, mais un nombre de mesures, ou poids de produit dégageant l'HCN correspondant à ce chiffre.

Dans le tableau ci-après nous redonnons les équivalences permettant de trouver la quantité d'HCN.

Après application de ces équivalences, on aura le poids d'HCN de l'arbre de 30 m³, et en divisant par 30 le dosage des tables retenues.

Si ce renseignement n'est pas suffisant pour se décider, on recherchera les quantités d'HCN correspondant à des tables mathématiques de même dosage pour les arbres extrêmes de ces tables en appliquant la formule générale :

$$Q = D \frac{V^*}{S^*} S$$

On comparera ensuite les chiffres obtenus avec ceux des tables et, suivant le parasite et les conditions locales, on pourra se décider en toute certitude pour l'une des tables en compétition.

| Désignation des tables | Notation de la table | Equivalence |
|--|---|-------------------------------------|
| Cyanure de potassium | Poids de cyanure en grammes P | Qté HCN = $\frac{P}{2.804}$ |
| Cyanure de sodium | Poids de Cyanure en grammes P | Qté HCN = $\frac{P}{1.814}$ |
| Cyanogaz | Nbre de mesures de cyanogaz N | Qté HCN = $\frac{N \times 28,5}{4}$ |
| Calcid | Nbre de tablettes de calcid N | Qté HCN = N x 10 |
| Acide cyanhydrique liquide (en cmc) (échelles) | Volume en cmc = N E = Valeur de la mesure de l'échelle en cc. N = Nbre de mesures | Qté HCN = N x 0,7 |
| | Pr. E14 — 1 mesure = 14 c 3 | Qté HCN = N x 14 x 0,7 |
| | Pr. E16 — 1 » = 16 c 3 | Qté HCN = N x 16 x 0,7 |
| | Pr. E18 — 1 » = 18 c 3 | Qté HCN = N x 18 x 0,7 |
| | Pr. E20 — 1 » = 20 c 3 | Qté HCN = N x 20 x 0,7 |
| | Pr. E22 — 1 » = 22 c 3 | Qté HCN = N x 22 x 0,7 |

Le choix de la table étant fait, le fumigateur pourra contrôler quelques-uns des chiffres de la table choisie.

Pour cela il appliquera encore la formule générale déjà indiquée ci-dessus, et il comparera le chiffre obtenu avec celui de la table choisie. Les deux quantités doivent être sensiblement les mêmes, et l'écart doit être inférieur à celui trouvé pour l'arbre extrême maximal, comme indiqué dans la méthode de comparaison exposée précédemment.

Le fumigateur pourra s'il le désire rechercher le dosage réel de tel ou tel volume. Pour cela il divisera la quantité trouvée sur la table par le volume choisi.

En outre le fumigateur pourra, si cela lui est nécessaire, faire des essais à dosages divers.

Dans ce cas, il devra s'établir une table mathématique à 1 g/m³ dont nous avons donné la teneur précédemment et multiplier les chiffres de cette table par les dosages à essayer.

Enfin, le fumigateur pourra se trouver devant un volume ne répondant pas à la forme étudiée : cylindre surmonté d'une demi-sphère.

Nous allons voir que ce problème est assez simple à résoudre.

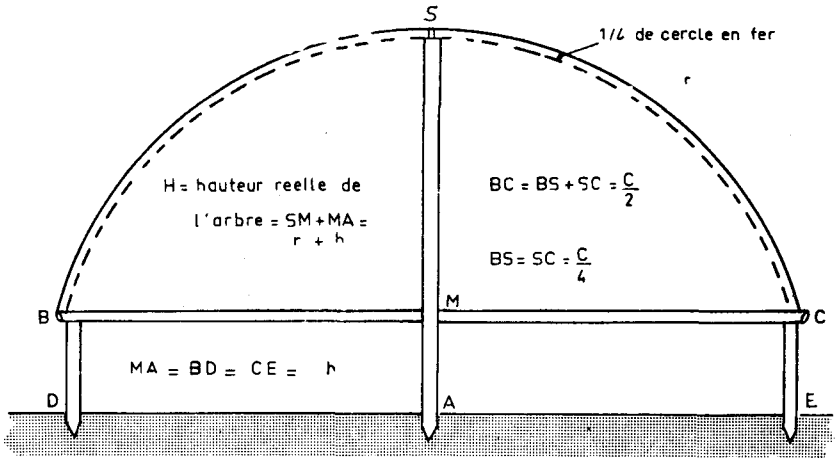


FIG. 10. — Schéma d'un bâti pour le montage de la bâche.

Nous savons que les quantités à mettre en œuvre, varient suivant le rapport des surfaces aux volumes ; il suffira donc de rechercher dans la table des rapports $\frac{S^*}{V^*}$ celui qui se rapproche le plus du rapport de la surface au volume de la nouvelle forme. On détermine pour ce rapport le dosage réel utilisé et on appliquera ce dosage à la nouvelle forme.

On peut encore opérer d'une façon beaucoup plus simple car la même formule s'applique : $Q = 0,8. D^* S$.

Il suffit donc de connaître la surface latérale du nouveau volume et la multiplier par 0,8 et par le dosage D^* choisi.

Un exemple fera comprendre très facilement l'opération : on veut fumer une pépinière à la dose type de 8 g/m^3 , et on se sert de bâches rectangulaires couvrant 8 m sur 4 m et montées sur des supports de 2 m de hauteur. Quelle quantité d'HCN doit-on mettre sous ce volume (FIG. 10).

On évalue la surface latérale : $S_x = (4 \times 10) + (80 \times 2 \times 2) + (4 \times 2 \times 2) = 96 \text{ mq}$.

La quantité d'HCN à employer sera de : $Q_x = 8 \times 0,80 \times 96 = 614 \text{ g}$.

Si nous utilisons du calcid il en faudra mettre : $614/10 = 62$ tablettes par excès.

Si le volume avait été irrégulier, on aurait résolu le problème de la même façon. Les seules difficultés rencontrées auraient été l'évaluation de la surface latérale, d'une part, et du volume d'autre part.

IV. Conclusion

L'étude de WOGLUM nous a donc permis de vérifier sa formule pour la lutte contre les diaspines des orangers ; nous avons pu aussi trouver une méthode valable du dosage d'une table.

Nous avons en outre décrit la composition des tables nécessaires (volumes, surfaces, rapports surface/volume, doses réelles, quantités d'HCN).

Enfin, nous avons donné la méthode pour pouvoir appliquer la fumigation à n'importe quel volume, quelle que soit sa forme.

Le choix du dosage comme nous l'avons dit, dépend de plusieurs facteurs, dont le principal est la résistance de la cochenille à combattre.

Il est donc indispensable de connaître la concentration de gaz nécessaire en enceinte poreuse, pour choisir le dosage à adopter.

En particulier cette concentration devra être maintenue pendant les 50 minutes que dure la fumigation.

Ainsi pour les cochenilles la dose mortelle donnée par les divers auteurs varie de 1 à 2 g/m³, il faut donc que pendant toute la durée de la fumigation ce dosage soit respecté, comme nous l'avons dit précédemment.

Il s'en suit que, pour renseigner utilement le fumigateur, il est indispensable de connaître les courbes de fumigation, qui, pour une quantité d'HCN donnée introduite sous une bâche, nous permettra de connaître la concentration à chaque instant et, de cette façon, de voir si cette quantité permet le maintien de la dose mortelle pendant toute la durée de la couverture des arbres par les bâches.

DEUXIEME PARTIE

LA DIFFUSION DE L'ACIDE CYANHYDRIQUE SOUS LES BACHES PENDANT LA FUMIGATION

Comme nous l'avons fait pressentir au chapitre précédent, il est absolument indispensable de connaître la manière dont se répartit l'HCN sous les bâches pendant la fumigation si l'on veut mettre sur pied une technique efficace et si l'on veut déterminer les doses et quantités exactes de produit à utiliser.

Le problème a été étudié par de nombreux expérimentateurs, mais ce n'est que vers 1937, avec SMITH (Afrique du Sud), que l'on trouve une étude sérieuse et précise. En 1941, VIEL, en France, le reprend et dans son travail il dit notamment « qu'il est assez surprenant que ce procédé employé depuis plus de 50 ans, n'a fait l'objet d'études rigoureuses et scientifiques que depuis peu de temps ».

On peut admettre que ce problème faisant appel à plusieurs disciplines : physique, chimie, entomologie, biologie, a été traité par les divers auteurs suivant leur spécialité, et de ce fait a toujours été étudié incomplètement.

Dans les notes qui vont suivre, nous allons exposer les difficultés rencontrées, les résultats obtenus et la marche à suivre pour parachever ce travail. Toutefois, les premiers résultats acquis sont suffisants pour en tirer les conditions nécessaires pour effectuer des fumigations efficaces dans tous les cas.

A. Matériel

Nous ne parlerons ici que du matériel nécessaire de fumigation et d'extraction du gaz. Le matériel de laboratoire complémentaire sera décrit dans la deuxième partie traitant du dosage de l'HCN.

Le matériel que nous allons décrire maintenant comprend : le réservoir qui est constitué par la bâche et son support et le matériel d'extraction.

1. Le réservoir

Nous nous sommes procuré deux bâches de 8 et 10 mètres de diamètre qui furent confectionnées par le spécialiste du Maroc et suivant les normes internationales. Elles furent donc exécutées avec un tissu de coton pesant 330 g au mètre carré et dont le nombre de fils au centimètre était de 31 1/4 en chaîne, et 22 en trame.

Elles furent munies d'œillets sur lesquels on plaça des valves pour permettre la fixation des tubes devant servir à l'extraction.

Le support consistait en un mât central en bois de 8 cm au carré sur lequel on fixa des arceaux en fer rond de 10 mm qui furent courbés de manière à épouser la forme du 1/4 de cercle. Ces fers, au nombre de huit, étaient fixés à leur partie inférieure sur un autre fer rond de 10 mm ayant la forme du grand cercle de la coupole. Ce cercle lui-même était fixé sur des piquets en bois ayant la hauteur du cylindre de la forme.

Pour employer la bâche de 8 m, nous avons conçu un bâti d'un volume de 30 m³, et pour celle de 10 m un bâti d'un volume de 58,37 m³.

Nous avons donc établi les cotes de ces bâtis en fonction de ces deux volumes.

— Bâti pour la bâche de 8 m et le volume de 30 m³.

Nous avons choisi ce volume car il s'agit de celui de l'arbre type pour lequel les calculs ultérieurs seront plus faciles à exécuter. Les tables nous indiquent qu'il s'agit de l'arbre 8/14 mais le volume exact de cet arbre est de 30,96 m³, nous avons adapté à cet arbre 8/14 des dimensions afin d'avoir le volume exact de 30 m³. L'opération la plus simple consiste à agir sur la hauteur du cylindre.

Les calculs effectués nous ont donné comme hauteur du cylindre et par conséquent de nos piquets 0,43 m.

Il est facile maintenant de déterminer les autres dimensions de notre bâti. D'après la figure 10, nous voyons que notre mât aura pour hauteur SM + MA, or SM c'est le 1/2 diamètre et MA la hauteur du cylindre que nous venons de calculer.

La hauteur du mât qui sera aussi la hauteur réelle de l'arbre a donc pour valeur 2,23 m + 0,43 m = 2,66 m.

Si nous examinons la figure 10 bis, nous voyons de suite que les fers devront avoir les dimensions suivantes :

$$SB = 1/4 \text{ de } C \text{ soit } SB = \frac{14}{4} = 3,50 \text{ m.}$$

Les fers d'assise BC formeront une circonférence de 14 mètres.

Déterminons maintenant les autres caractéristiques dont nous pourrions avoir besoin par la suite.

La ligne SD de notre figure représente $\frac{0}{2}$ et elle est égale à $SD = SB + BD$ ou $SD = 3 \text{ m } 50 + 0 \text{ m } 43 = 3 \text{ m } 93$.

Evaluons maintenant la surface latérale que nous obtiendrons en appliquant la formule établie au chapitre précédent :

$$S = C \left[\frac{0}{2} - \frac{C (\pi - 2)}{4 \pi} \right]$$

Le calcul nous donne $S = 37 \text{ mq } 24$.

Enfin évaluons pour terminer les rapports :

S/V et V/S qui sont $S/V = \frac{37,24}{30} = 1,24$ et $V/S = \frac{37,24}{30} = 0,80$.

— Bâti pour la bêche de 10 m et le volume de 60 m³.

Ici nous avons pris l'arbre des tables 10/17 car cet arbre s'il n'a pas exactement 60 m³ a une autre caractéristique très intéressante, son volume est de 58,73 m³ et sa surface latérale de 58,75 mq et ceci a pour conséquence que les rapports S/V et V/V sont égaux et égal à l'unité.

Comme pour le premier bâti nous allons rechercher la hauteur du cylindre pour connaître la hauteur de nos piquets.

Les calculs effectués nous donnent pour la hauteur du cylindre ou des piquets 0,47 m et la hauteur du mât ou hauteur réelle de l'arbre est de 3,44 m.

Dans le tableau suivant nous rassemblons toutes les caractéristiques dont nous pourrons avoir besoin au cours de l'étude qui va suivre

Résumé des caractéristiques des deux bâtis

| | | |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|
| Bâches | 8 m | 10 m |
| Volume | 30 m ³ | 58 m ³ 73 |
| Surface latérale | 37 mq 24 | 58 mq 75 |
| Rapports S/V | 1,24 | 1 |
| » V/S | 0,80 | 1 |
| Hauteur du cylindre | 0 m 43 | 0 m 74 |
| Hauteur des mâts ou des arbres | 2 m 66 | 3 m 44 |
| Ligne de tente 0 | 7 m 86 | 10 m |
| 0/2 | 3 m 93 | 5 m |
| Circonférence C | 14 m | 17 m |
| Rayon de la circonférence | 2 m 23 | 2 m 70 |
| Diamètre de la circonférence | 4 m 46 | 5 m 40 |
| Longueur des arceaux en fer | 3 m 50 | 4 m 25 |

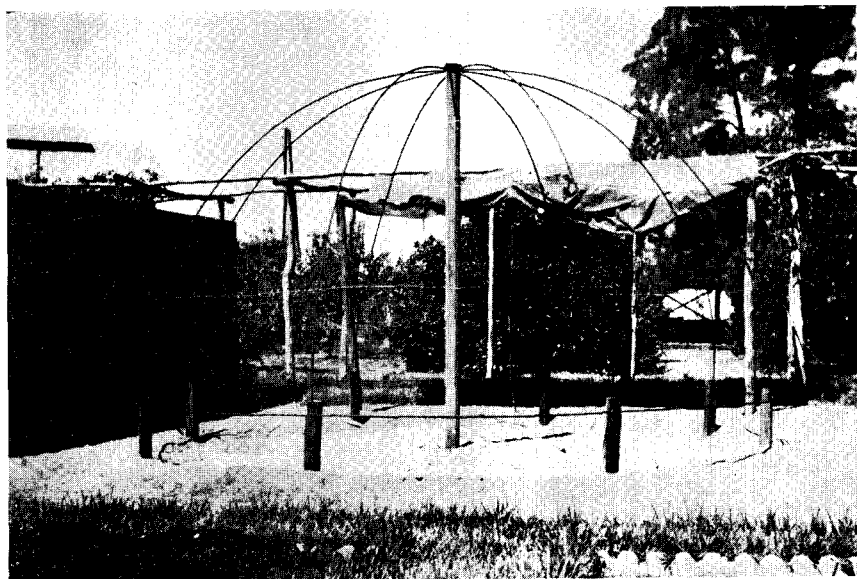


FIG. 11. — Bâti pour la bâche de 30 m³

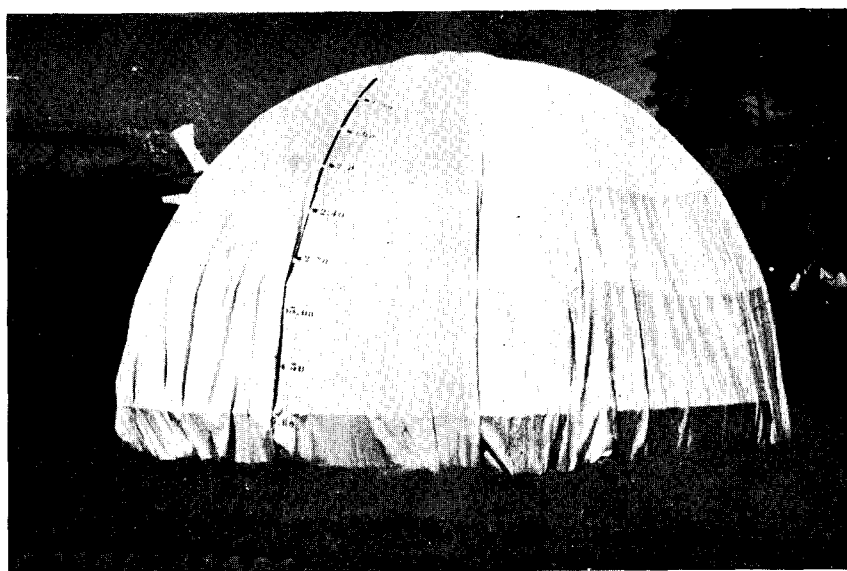


FIG. 11 bis. — Bâche de 30 m³ installée sur bâti.

— Emplacements des valves.

Les emplacements des valves qui permettront l'extraction du gaz doivent être déterminés d'une façon précise, car de nombreux expérimentateurs ont constaté que la répartition du gaz cyanhydrique à l'intérieur de la bêche n'était pas uniforme. En effet, l'acide cyanhydrique ayant une densité par rapport à l'air de 0,93 ce gaz aura tendance à monter et provoquera au sommet des mouvements de turbulence qui, joints à la diffusion rapide au travers de la bêche, amèneront un maximum de concentration vers les $3/4$ de la hauteur, puis une petite diminution de concentration au sommet et une diminution plus importante dans la partie moyenne et qui s'accroîtra dans la partie basse, d'où la nécessité d'extraire du gaz à différentes hauteurs afin de se rendre compte exactement de la répartition qui, d'ailleurs, changera avec la quantité totale admise sous la bêche. Cette répartition est d'une importance capitale pour la détermination de la concentration mortelle.

D'après les résultats obtenus par divers auteurs, on peut admettre que le maximum de concentration se situera aux $7/8$ de la hauteur, et que la zone de concentration minimale se situera vers le $1/8$ de la hauteur. La zone moyenne concentration se trouvera entre les $5/8$ et $3/8$ de la hauteur.

Si nous examinons la figure 12 nous voyons de suite que l'emplacement des valves sera déterminé par des parallèles passant par les points indiqués ci-dessus et coupant le grand cercle et le cylindre aux points F' - H' - C' et I' .

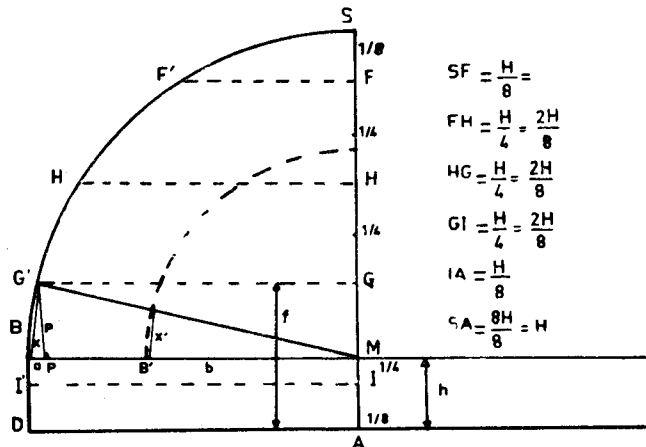


FIG. 12. — Schéma indiquant les hauteurs où seront effectuées les extractions du gaz cyanhydrique.

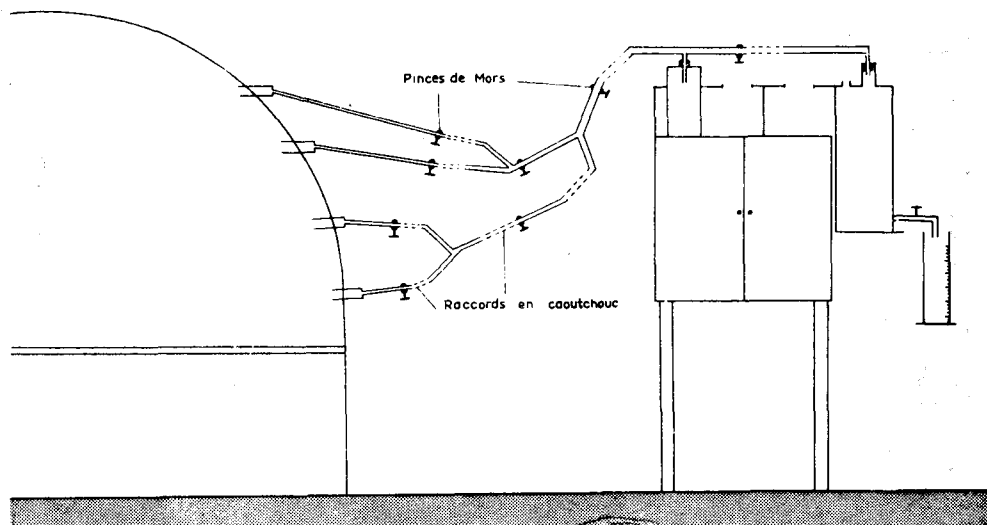


FIG. 13. — Les pincés de Mohr permettent d'interrompre le passage du gaz totalement ou partiellement.

Le point I' sera facile à déterminer car il se trouve sur le cylindre ; en effet :

$$2,66/8 = 0 \text{ m } 33 \quad 0 \text{ m } 43 \quad (\text{bâche de } 8 \text{ m})$$

$$3,44/8 = 0 \text{ m } 43 \quad 0 \text{ m } 74 \quad (\text{bâche de } 10 \text{ m}).$$

La position des autres points qui vont se situer sur le grand cercle se déterminera géométriquement.

Dans le tableau ci-dessous nous donnons les places exactes où ont été fixées les valves :

| Points | Bâche de 8 m | | | Bâche de 10 m | | |
|--------|--------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|
| | SD = 0/2 | Distance du point à D | Distance de S | SD = 0/2 | Distance du point à D | Distance de S |
| I' | 3,93 | DI' = 0,33 | 3,60 | 5 | DI' = 0,43 | 4,57 |
| G' | 3,93 | DG' = 0,43 + 0,56 | 2,94 | 5 | DG' = 0,74 + 0,56 | 3,70 |
| H' | 3,93 | DH' = 0,43 + 1,32 | 2,18 | 5 | DH' = 0,74 + 1,48 | 2,78 |
| F' | 3,93 | DF' = 0,43 + 2,21 | 1,29 | 5 | DF' = 0,74 + 2,70 | 1,56 |

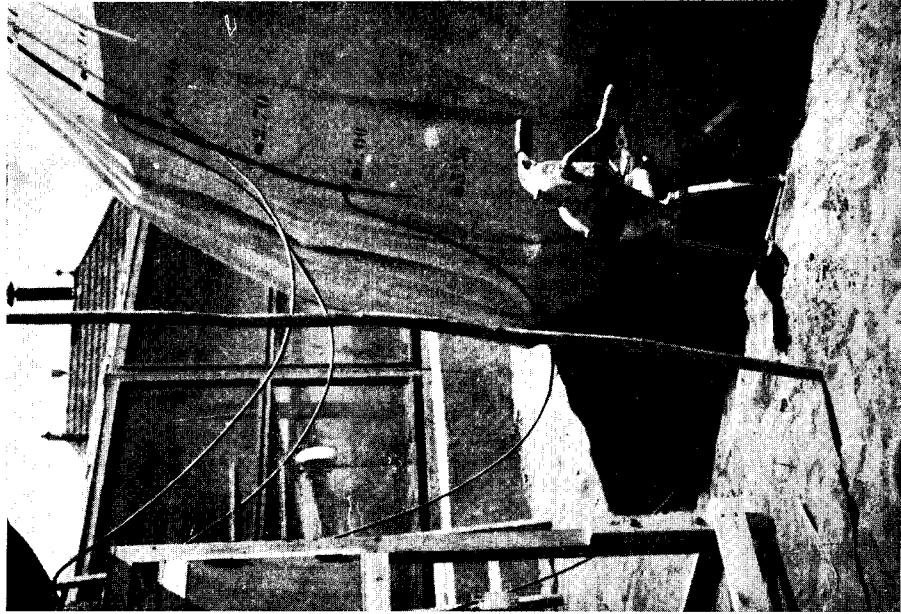


FIG. 14. —

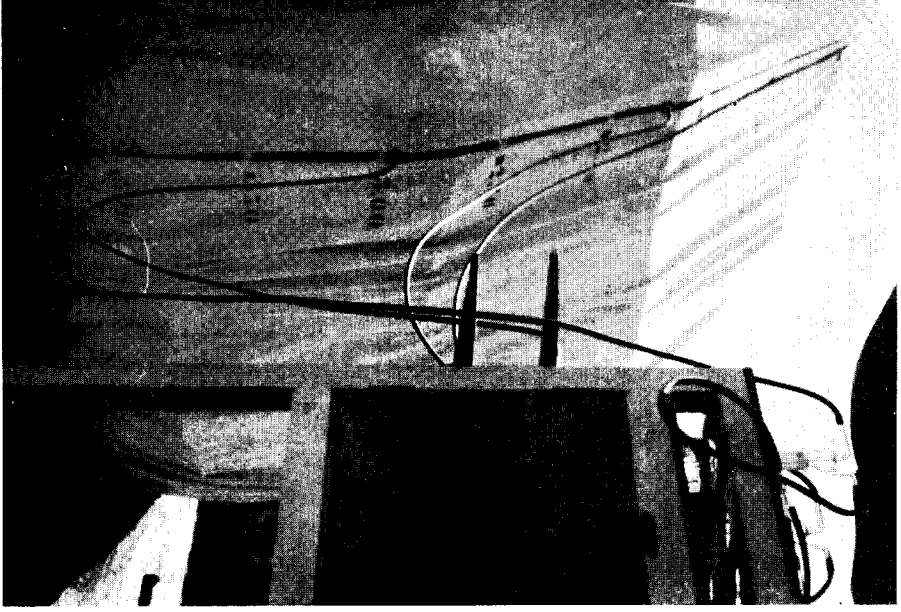


FIG. 15. —

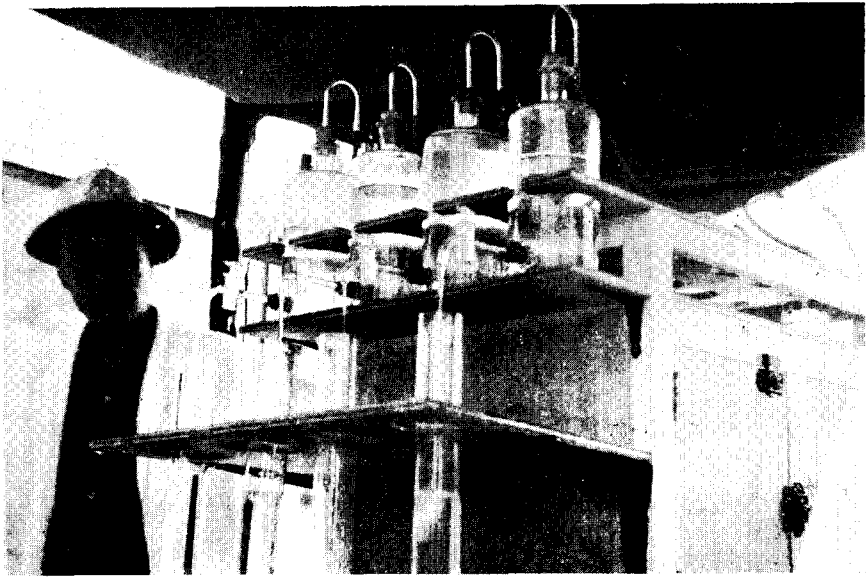


FIG. 16. — Meuble avec flacons de Wolf (extracteur).

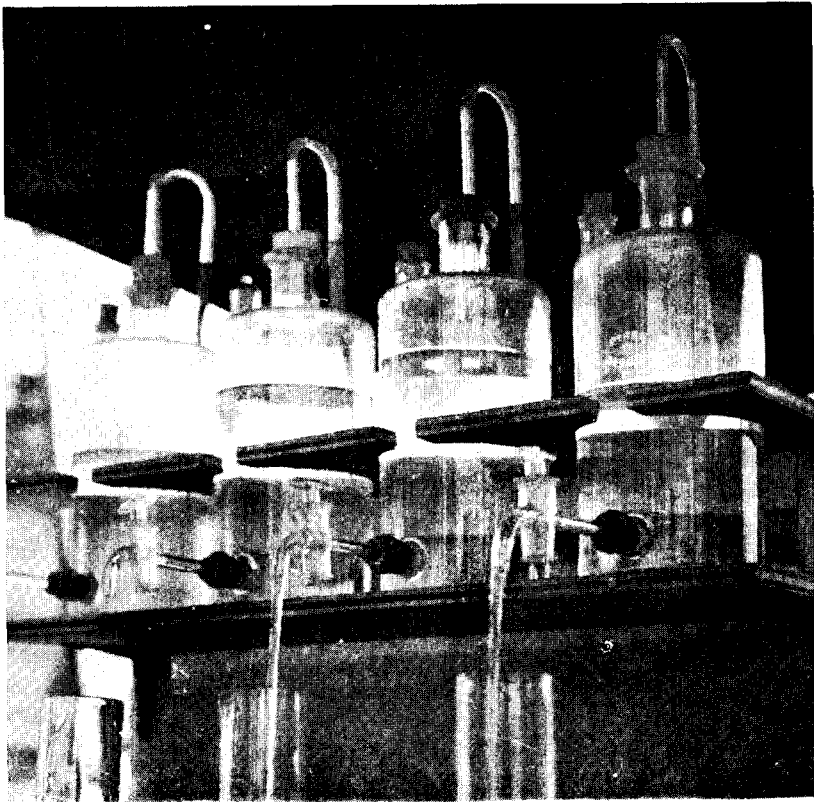


FIG. 17. — Extraction du gaz par soutirage de l'eau des flacons de Wolf.

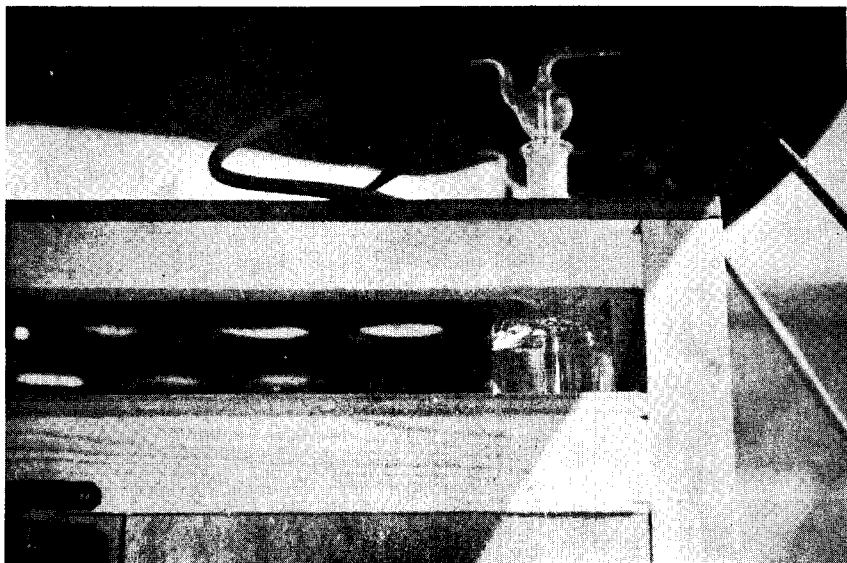


FIG. 18. — Un flacon barboteur.

2. Le matériel d'extraction

Le principe de l'extraction consiste à obtenir un vide d'un volume déterminé qui amorce l'écoulement de gaz correspondant, ce gaz devant passer ensuite dans un fixateur.

Pour obtenir ce vide on fait écouler de l'eau contenue dans un flacon de Wolf de 2 litres 1/2 de capacité, à double tubulure. L'une sert au remplissage, l'autre est en communication avec la bêche, au moyen d'un tube de caoutchouc fixé sur l'une des valves. Le flacon étant rempli, on soutire par le robinet la quantité d'eau correspondante au volume de gaz à extraire, en l'évacuant dans une éprouvette graduée (FIG. 17).

Sur le parcours de la bêche au flacon Wolf, on installe un barboteur à double tubulure ; celle par où arrive le gaz plonge dans le réactif et l'autre débouchant au-dessus de ce dernier permet de conduire l'air débarrassé de son HCN vers le flacon de Wolf (FIG. 14 et 18).

Nous avons fait construire un meuble qui comporte un grand casier renfermant les tubes de caoutchouc, et réactifs, et sur le côté une étagère qui reçoit les 4 flacons de Wolf avec leurs prises de gaz (FIG. 16 et 17).

Les flacons fixateurs de gaz sont placés sur le dessus, dans des alvéoles permettant de recevoir 20 flacons.

Au moyen de tubes en fourches on peut diriger le gaz de deux prises différentes, ou même des 4 prises sur le même flacon fixateur.

Un jeu de pinces de Mohr permet d'isoler la bêche instantanément pendant le temps nécessaire entre deux extractions.

Comme on le voit sur la figure 13, le matériel d'extraction est fort simple.

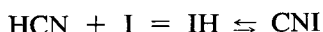
B. Titrage en HCN

Le matériel de laboratoire nécessaire à ces dosages a consisté en verrerie appropriée que nous décrirons au fur et à mesure des opérations.

Les méthodes de dosage de l'HCN sont fort nombreuses, mais de toutes celles que nous connaissons une seule nous a permis des dosages assez précis.

Une des premières utilisées fut celle de Freymuth, dite à l'iode. Cette méthode nous paraissait intéressante car le virage était très sensible, et c'est pourquoi, malgré son imprécision apparente, nous l'avons largement décrite plus loin.

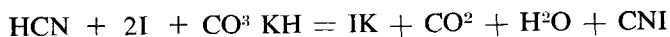
Elle permet de titrer l'HCN dissout dans l'eau d'après la réaction suivante :



Dans une quantité déterminée de solution hydrique d'HCN contenue dans une fiole d'Erleimeyer, on ajoute une goutte d'empois d'amidon et l'on dose au moyen d'une solution d'iode qui bleuit dès que tout l'HCN a été combiné avec l'I.

Toutefois, cette réaction étant une réaction limite, il en résulte que l'HI est capable de se décomposer avant la fin de l'opération, libérant à nouveau de l'iode qui trouble ainsi le dosage.

Pour éviter cet écueil, on introduit dans le barboteur du bicarbonate de K à 5 0/00 qui stabilise l'HI sous forme d'IK, et la réaction devient la suivante :



L'IK formé n'intervient pas dans la réaction.

Malheureusement, dans tous les essais que nous avons réalisés, les dosages trouvés ont toujours été très irréguliers et les chimistes consultés n'ont pas été capables de nous indiquer la cause réelle de cet insuccès.

La méthode au perchlorure de fer indiqué par VIEL est très longue et nécessite des ballons dans lesquels on fait préalablement le vide. Nous n'avons pu utiliser cette méthode dans notre laboratoire.

La maison Degesch nous a indiqué une variante du dosage à l'iode. Dans cette méthode, on fixe l'HCN par la potasse. On acidifie la liqueur à titrer par SO_4H_2 en présence d'une solution de brome. L'acide sulfurique libère l'HCN qui se fixe sur le brome en formant BrCN . On fixe ensuite le brome en excès par du phénol à 5 % et on rajoute alors 0,1 g d'IK, selon la réaction suivante :



L'iode libéré est titré par décoloration avec l'hyposulfite de soude.

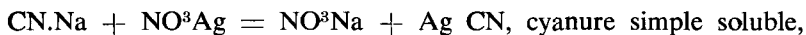
Nous n'avons pas pu employer cette méthode, car elle nous a semblé complexe et en outre, on retombe sur la méthode à l'iode avec ses irrégularités de dosage.

Il restait donc la méthode classique au nitrate d'argent qui, d'ailleurs, fut difficile à mettre au point, et qui nécessite beaucoup d'attention pour saisir le moment du louche permanent.

En ce qui concerne le dosage des cyanures on utilise la méthode Liebig c'est-à-dire celle au nitrate d'argent.

En effet, ce sel, en présence d'un cyanure, donne un cyanure d'argent soluble qui précipite quand il devient double.

Dans un premier temps on a :



et dans le deuxième temps :



La réaction totale est donc :



Donc deux molécules de cyanure de sodium correspondent à 2 molécules d'HCN (soit 54 g) qui se combinent à une molécule de NO_3Ag .

On utilise généralement une solution titrée à N/10 et dans ces conditions 1 cm^3 de NO^3Ag N/10 correspond à $\frac{54 \text{ g}}{1000 \times 10} = 0,0054$ d'HCN.

Nous allons donc résumer ces diverses méthodes et nous donnerons en même temps la marche à suivre, les solutions titrées à préparer et les calculs de base pour les titrages.

Au cours des nombreux dosages effectués, nous avons fait varier la vitesse de passage du gaz et la fragmentation de la colonne gazeuse en recouvrant l'extrémité du barboteur avec un tube de caoutchouc percé de trous, espérant améliorer la fixation de l'HCN. Ces modifications n'ont pas permis d'obtenir les améliorations escomptées.

1. Titrage des cyanures alcalins solubles. — Méthode Liebig

Marche à suivre : Prendre 5 g de cyanure sec en poudre, les dissoudre dans un matras d'un litre.

On prélève 50 cm³ que l'on dilue à 200 cm³.

On verse quelques gouttes d'IK, et on titre avec la solution décimale de NO₃Ag jusqu'à l'apparition de l'opacité.

Solution de titrage : Préparation de la solution décimale de nitrate d'argent.

On pèse sur la balance de précision $\frac{170}{10} = 17$ g de NO₃Ag pur pour analyse que l'on dissout dans un litre d'eau distillée et jaugée. La solution doit être conservée à l'abri de la lumière.

Calculs : Nous avons donné plus haut l'équivalence de 1 cm³ de cette solution titrée, elle correspond à 0,0054 g d'HCN. La prise d'échantillon est de 5 g dans un litre soit par cm³ : $\frac{5}{1000}$

Le prélèvement de 50 cm³ contiendra : $\frac{50 \times 5}{1000} = 1/4$ g.

Le taux d'HCN sera donc dans ce cas :

$$\frac{n \times 0,0054 \times 100}{1/4} = 400 n \times 0,0054 = 2,16 n.$$

n, étant le nombre de cc de la solution titrée pour obtenir le louche permanent.

Le taux en cyanure sera de $400 n \times \frac{2 PM}{10000} = 0,04 n \times pm$
pm, étant le poids moléculaire du cyanure alcalin à titrer (sodium ou potassium).

2. Titrage du Cyanure de Calcium (Cyanogaz)

Marche à suivre : On pèse avec précision un poids « p » de cyanure (entre 5 et 10 g). On verse dans un matras jaugé à 1 litre, environ 1/3 litre d'eau pure additionnée de 20 cc de NH₃.

On introduit alors la prise d'échantillon, on agite violemment et l'on complète à un litre.

On filtre et l'on prend 200 cc de filtrat que l'on décolore par addition de 20 g de noir animal suractivé pur. On agite et on filtre au bout d'une bonne heure.

On prélève 10 cc de ce filtrat décoloré, on y ajoute 10 gouttes d'IK à 10 %

et l'on complète à 200 cc avec de l'eau distillée. On titre comme dans le cas des cyanures alcalins solubles par addition de n cc de solution de NO_3Ag décijnormale.

Calculs : La prise d'échantillon étant p, cela fait par cc : $\frac{p}{1000}$ comme on prélève 10 cc, on aura :

$$\frac{p \times 10}{1000} = \frac{p}{100}$$

et d'après ce qui précède le taux d'HCN sera :

$$\frac{n \times 0,0054 \times 100}{\frac{p}{100}} = \frac{n \times 0,0054 \times 100 \times 100}{p} = \frac{n \times 54}{p} = \frac{54 n}{p}$$

Et le taux en cyanure de calcium s'obtiendra en remplaçant les deux molécules d'HCN soit 54 par une molécule de Cy^2Ca soit, 92 d'où pourcentage de

$$\text{cyanure de chaux } \frac{n \times 92}{p} = \frac{92 n}{p}$$

E. Titrage des Cyanures en solution

Marche à suivre : On prélève 10 à 50 cc de solution que l'on allonge à 200 cc et l'on titre au NO_3Ag comme dans les cas précédents, en présence d'IK.

Calculs : Le taux par litre sera donné par le nombre n de cc de solution de NO_3Ag décijnormale.

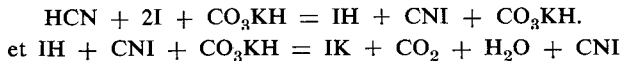
1 cc correspond à 0,0054 d'HCN.

Si V est le volume de la prise d'échantillon le titre sera :

$$\frac{n \times 0,0054}{V} \times 1000 = \frac{n \times 5,40}{V}$$

3. Titrage de l'HCN par la méthode à l'iode

Cette méthode est basée sur la réaction que nous avons décrite précédemment :



L'addition de bicarbonate de potasse a pour but d'empêcher la réduction de l'IH et rendre stable le CNI formé.

Marche à suivre : On introduit du bicarbonate de potasse à la dose de 5 ‰ dans la quantité d'eau mise dans le barboteur, cette quantité variera de 100 à 500 cc.

Après le barbotage de 500 cc de gaz, on ajoute une goutte d'empois d'amidon. On titre avec une solution d'iode titrée par bleuissement de l'échantillon.

Titrage des solutions : il faut en premier lieu titrer la solution d'iode au moyen d'une solution d'hyposulfite de soude, qui elle-même doit être titrée avec une solution d'iodate de potassium.

La solution d'iodate se conserve bien, celle d'hyposulfite ne doit pas s'employer de suite mais après 15 jours de fabrication, au bout desquels, il est nécessaire

de refaire le titre. Dans un flacon coloré, elle se conserve pendant deux à trois mois, mais il faut refaire le titre à chaque emploi.

Enfin la solution d'iode se conserve peu, un mois environ, et à chaque titrage il faut refaire son titre.

Solution d'iodate de Potassium : On dissout dans l'eau distillée 3,5672 d'iodate de potassium pur pour analyse et on complète à un litre.

Titrage de l'hyposulfite de soude : On dissout 25 g d'hyposulfite de soude cristallisé dans un litre d'eau et, à part, 2 g d'IK dans 2 à 3 cc d'eau distillée auxquels on rajoute 5 cc d'HCL à 15 %.

On prend 25 cc de solution d'iodate de potassium dans lesquels on rajoute la solution d'IK et HCL avec une goutte d'empois d'amidon et on complète à 200 cc, la solution devient bleue par libération de l'iode de l'iodate.

On décolore par n cc de solution d'hyposulfite qui donne le titre de cette solution.

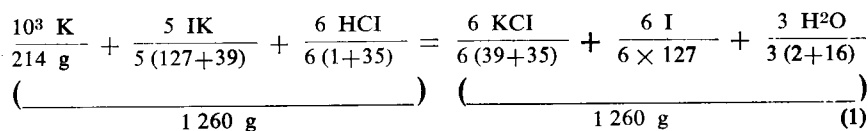
Titrage de la solution d'iode : On prépare une solution décimale. On pèse 12 g 7 d'iode bisublimé et sec que l'on place sur un entonnoir posé sur un ballon jaugé à 1 litre.

On dissout à part 25 g d'IK dans 10 cc d'eau distillée au maximum et l'on porte à 60-70° : on le verse sur l'iode qui se dissout instantanément.

On complète à 1 litre avec l'eau distillée à 15°.

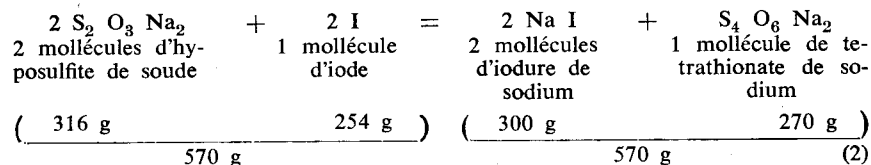
On décolore 10 cc d'iode bleui par quelques gouttes d'empois d'amidon par n cc d'hyposulfite titré.

Calculs : La réaction de l'iodate de potasse, en présence de l'iodure de potassium et d'acide chlorhydrique est la suivante :



L'iode ainsi libéré bleuit par l'empois d'amidon.

L'hyposulfite de soude transforme cet iode en iodure de sodium incolore, et décolore ainsi la solution. La réaction est la suivante :



On arrive donc à cette égalité :

1 molécule d'iodate libère 3 molécules d'iode qui nécessitent d'après la deuxième réaction 6 molécules d'hyposulfite de soude pour être décolorées. On utilise toujours de l'hyposulfite de soude cristallisé $\text{S}_2 \text{ O}_3 \text{ Na}_2 (5 \text{ H}_2\text{O})$, c'est-à-dire ayant un poids moléculaire de 248 g au lieu de 158 g pour l'hyposulfite sec.

Le titre de la solution sera donné par la relation que nous allons établir ci-après.

La quantité d'iodate de potassium au titre de $t = 3,5672$ et contenu dans les 25 cc sert à déterminer le titre de la solution d'hyposulfite.

$$\text{soit } Q_{io} = \frac{3,5672 \times 25}{1\,000} \quad (\text{a})$$

La quantité d'iode libérable par cet iodate sera ce :

$$Q_i = \frac{Q_{io} \times 6 \times 127}{214} \quad (\text{relation I}) \quad (\text{b})$$

La quantité d'hyposulfite nécessaire pour se combiner à l'iode ci-dessus sera de :

$$Q_h = \frac{Q_i \times 2 \times 248}{2 \times 127} \quad (\text{c})$$

Pour le titrage de l'hyposulfite, on a utilisé n cc de la solution à 25 g par litre, donc le titre de l'hyposulfite sera de :

$$t_h = \frac{Q_h \times 1\,000}{n} \quad (\text{d})$$

Pour titrer la solution d'iode décimale, on prend 10 cm³ de cette solution que l'on décolore avec l'hyposulfite, soit n' le nombre de cc d'hyposulfite de titre t_h , et qui correspond à la quantité Q'_h d'hyposulfite nécessaire pour réduire l'iode dans 10 cc de la solution décimale.

$$Q'_h = \frac{n' t_h}{1\,000} \quad (\text{e}) \quad \text{et la quantité d'iode } Q'_i \text{ correspondante sera de :}$$

$$Q'_i = \frac{Q'_h \times 2 \times 127}{2 \times 248} \quad (\text{f})$$

et comme on a pris 10 cc de solution d'iode, finalement le titre de cette solution sera de :

$$t_i = \frac{Q'_i \times 1\,000}{10} \quad (\text{g})$$

En remplaçant successivement dans les égalités de a à g les lettres par leurs valeurs respectives, on arrive à l'expression suivante :

$$t_i = \frac{25 n' \times 3,5672 \times 6 \times 127 \times (2 \times 248) \times (2 \times 127) \times (1\,000) \times (1\,000)}{214 n \times 10 \times (2 \times 248) \times 2 \times 127 \times (1\,000) \times (1\,000)}$$

qui, simplifiée, nous donne :

$$t_i = \frac{25 n' \times 3,5672 \times 3 \times 127}{10 n \times 107}$$

En effectuant partiellement les calculs des coefficients il vient :

$$t_i = \frac{u}{u} \times \frac{25 \times 127 \times 0,10}{10} = 31,75 \frac{n'}{n}$$

Dans cette expression $n = N$ de cc de la solution d'hyposulfite utilisée pour son titrage :

$n' = N$ de cc de la solution d'hyposulfite pour décoloration de 10 cc d'iode décimale.

Connaissant t_1 , il sera facile de trouver rapidement la quantité d'HCN existante dans la prise d'échantillon et ensuite la concentration.

Soit n'' cc la quantité d'iode nécessaire pour obtenir le bleuissement.

$$Q_i = \frac{n'' t_1}{1000}$$

et la quantité d'HCN

$$Q_{cn} = \frac{n'' t_1 \times 27}{1000 \times 254}$$

et en remplaçant t_1 par sa valeur on a :

$$Q_{cn} = \frac{n'' \times 31,75 \frac{n'}{n} \times 27}{1000 \times 254}$$

$$\text{ou } Q_{cn} = 0,003375 \times \frac{n' n''}{n}$$

Rappelons que dans cette expression $n = N$ de cc d'hyposulfite au moment du titrage de sa solution.

$n' = N$ de cc d'hyposulfite pour le titrage de l'iode

$n'' = N$ de cc d'iode intervenant pour le titrage de l'HCN.

Les titres des solutions d'hyposulfite et d'iode étant réalisés, on procède au titrage de l'HCN en rajoutant à la prise d'échantillon dans laquelle on a versé une goutte d'empois d'amidon, le nombre n'' de cc de solution d'iode titrée pour obtenir le bleuissement. La quantité d'HCN s'obtiendra par la relation suivante :

$Q_{cn} = 0,003375 \frac{n' n''}{n}$ dans laquelle

$n = n$ de cc d'hyposulfite obtenu pour son titrage

$n' = n$ de cc » obtenu pour le titrage de la solution d'iode

$n'' = n$ de cc d'iode titré ayant amené le bleuissement.

Pour connaître la concentration, il suffit de rapporter le titre à la prise d'échantillon, soit V

Il vient alors :

$$C = \frac{Q_{cn}}{V} \times 1000000 = \frac{3,375 \frac{n' n''}{n}}{V n}$$

V est exprimé en cm^3 de gaz et C en gramme par m^3 .

Si $V = 1000$ cc la formule devient :

$$C = 3,375 \frac{n' n''}{n}$$

$$\text{et si } V = 500 \text{ cc, } C = 6,75 \frac{n' n''}{n}$$

4. Titrage de l'HCN dissout et combiné par le nitrate d'argent

C'est la méthode que nous avons finalement adoptée pour l'étude de nos courbes, car les résultats obtenus ont été les plus réguliers.

On fait barboter le gaz extrait dans une solution de NaOH à 1 ‰, et l'acide cyanhydrique s'y combine suivant l'équivalence suivante :



Afin d'éliminer l'excès de NaOH non combinée, on neutralise par addition de quelques gouttes d'une solution normale de SO_4H_2 , en présence de papier tournesol.

Sitôt l'alcalinité obtenue, on rajoute une pincée de bicarbonate de potasse pour ramener à la neutralité.

On titre alors avec une solution de nitrate d'argent N/100.

C'est après une longue série d'essais que nous sommes arrivé à employer cette méthode. M. VIEL nous avait conseillé la méthode à l'iode neutre, mais nous n'avons pu l'utiliser, car elle était peu précise. En effet, M. VIEL dans ses essais utilisait des ballons de 5 litres, tandis qu'avec notre système d'extraction nous ne pouvions obtenir au maximum que 1,5 litre, mais pratiquement nous avons été obligé de nous contenter le plus souvent de 500 cc.

La quantité de réactif dans le barboteur a varié de 100 cc à 400 cc.

Un simple calcul nous montrera que les normes adoptées contenaient suffisamment de réactif et même en excès.

Soit la prise d'échantillon de 100 cc, elle renfermera 0 g I de NaOH à 1 ‰.

Pour 1 500 cc de mélange gazeux à 12 g/m³ d'HCN la plus forte concentration utilisée, nous aurons :

$$\frac{12 \text{ gr} \times 1\,500}{1\,000\,000} = 0,018 \text{ g d'HCN}$$

La quantité de NaOH suffisante pour se combiner avec les 0,018 g d'HCN sera de :

$$\frac{0,018 \times 40}{27} = 0,026 \text{ g}$$

C'est-à-dire 4 fois plus que la quantité de produit contenu dans le barboteur. Si nous n'utilisons que 1/2 litre de mélange gazeux la quantité de NaOH sera 12 fois supérieure à celle nécessaire et, enfin, si l'on emploie 400 cc dans le barboteur, la quantité de soude sera alors de 48 fois supérieure à celle de l'HCN à capturer, quantité trop importante pour une mesure exacte. La majorité des dosages a été faite avec 100 cc de réactif dans le barboteur, recevant 500 cc de mélange gazeux.

Marche à suivre : On place dans les flacons barboteurs 100 cc de NaOH à 1 ‰.

Après passage de 1/2 litre de gaz on dose l'HCN.

On acidifiera par SO_4H_2 normal en présence de papier indicateur et on neutralisera par une petite pincée de bicarbonate de soude. On rajoute quelques gouttes d'IK. On titre ensuite par addition d'une solution N/100 de nitrate d'argent, jusqu'à l'obtention de l'opacité permanente et franche.

Calculs : Précédemment nous avons établi que 1 cc de solution de nitrate d'argent décimormale équivalait à 0,0054 g d'HCN, en conséquence, 1 cc de solution de nitrate d'argent centinormale correspondra à 0,00054 g d'HCN.

Si n est le nombre de cc de nitrate d'argent nécessaire, on aura :

$$Q \text{ HCN} = n \times 0,00054$$

Si V est le volume échantillon, la concentration en gaz sera de :

$$C = \frac{n \times 0,00054 \times 1\,000\,000}{V} = \frac{540 \times n}{V}$$

Et comme nous avons pris $V = 500$ cc il vient :

$$C = \frac{540 \times n}{500} = 1,08 n.$$

Indiquons maintenant les rapports entre l'HCN dégagé et les quantités de réactifs mises en œuvre, dans les conditions de l'expérience.

| Concentration sous la bâche | Quantité d'HCN dans la prise de 500 cc | Quantité de NaOH nécessaire à la réaction | Quantité de NaOH à 1 ‰ dans les 100 cc barboteur | Quantité de NO_3Ag N/100 pour obtenir l'opacité permanente (1) |
|-----------------------------|--|---|--|--|
| 12 g | 0,006 | 0,008 | 0 g 10 | 11 cc, 1 |
| 10 g | 0,005 | 0,007 | 0 g 10 | 9 cc, 2 |
| 8 g | 0,004 | 0,006 | 0 g 10 | 7 cc, 2 |
| 6 g | 0,003 | 0,004 | 0 g 10 | 5 cc, 5 |
| 4 g | 0,002 | 0,003 | 0 g 10 | 3 cc, 6 |
| 2 g | 0,001 | 0,0015 | 0 g 10 | 1 cc, 8 |
| 1 g | 0,00055 | 0,00075 | 0 g 10 | 0 cc, 9 |

Ce tableau montre aisément que la concentration de 1 ‰ pour NaOH est très largement suffisante ; cependant, nous aurions eu intérêt à utiliser de la soude à 1 ‰ pour les concentrations d'HCN inférieures à 6 g/cm. Quant à la concentration du Nitrate d'argent elle est excellente, car elle permet un dosage facile, par l'importance du volume de la solution de nitrate d'argent qui intervient (1).

C. Etablissement des courbes de fumigation

1. Essais préliminaires

Comme nous l'avons indiqué au chapitre précédent, nous avons mis au point tout d'abord la méthode de dosage.

Par la suite, nous avons établi une technique opératoire pour l'obtention des courbes. Il fallait, en premier lieu, voir si notre extracteur fonctionnait correctement et dans quelles conditions.

Nous avons donc entrepris un certain nombre d'essais préliminaires que nous relatons ci-dessous.

— Mesure totale de la fuite pendant les 50 minutes que dure l'opération

Cette mesure avait pour but de contrôler la marche de notre appareil d'extraction.

En extrayant sans arrêt du gaz pendant les 50 minutes, nous devions, théoriquement, recueillir une quantité d'acide cyanhydrique dont la concentration devait se rapprocher de 50 % de celle admise. L'extraction a été réalisée au moyen des deux prises du milieu 2 et 3 et la quantité totale de gaz extrait a varié entre 70 et 80 dm³ qui sont passés dans un vase barboteur pour y abandonner l'acide cyanhydrique. Celui-ci a été engendré par du cyanogaz, cyanure de calcium impur que nous avons employé pour tous essais. Le nombre de prélèvements de gaz a varié de 25 à 30.

Les résultats furent décevants. On a recueilli à peine 5 % d'HCN engendré sous les bâches, au lieu de 50 %. Il était donc indispensable d'utiliser une autre méthode de contrôle.

— Contrôle de l'extraction par dégagement dans une enceinte complètement étanche

Nous avons donc eu l'idée de faire dégager l'HCN dans l'un de nos tanks de la Station de fumigation, celui de 7 m³ et d'extraire le gaz au moyen de notre appareil (FIG. 19). Le dosage d'une quantité quelconque de gaz extrait devait correspondre à la concentration introduite.

Après avoir relié notre extracteur au tank comme indiqué sur la figure 19, nous avons envoyé avec la poudreuse spéciale 560 g d'cyanogaz, en introduisant le tube de celle-ci dans l'entrebaillement de la porte, l'espace vide étant protégé par des sacs. Dès la poudre envoyée, ce qui demande 20 secondes au maximum, la porte du tank était refermée hermétiquement.

Divers essais furent effectués, et il en est résulté :

1. que la fixation par une base forte soude ou potasse était infiniment meilleure ;

2. que le brassage du gaz permettait un meilleur rendement de l'appareil à cause de l'homogénéisation de l'atmosphère interne.

Jusqu'à l'essai précédent, tous les dosages avaient été réalisés par la méthode à l'iode, aussi avons nous décidé de refaire une autre série avec dosage par la méthode de Liebig ; nous avons ainsi obtenu avec la potasse un rendement de 62 %.

Le brassage nous ayant démontré que le dégagement conduisait à une atmosphère non homogène, nous avons tenté de monter intérieurement un tube de caoutchouc percé de trous de manière à pouvoir prélever du gaz dans toutes les parties à la fois (FIG. 19).

Par cette dernière modification nous touchions au résultat.

En effet dans une première série le rendement atteignait de 65 à 80 %.

Nous avons essayé par la suite des réactifs chauffés qui ont amélioré le rendement ; mais en utilisant une solution de nitrate d'argent au 1/100 et de la soude à 1^o/1000, nous avons mis au point définitivement la technique. Le rendement moyen est monté à 96 %.

En conclusion, notre extracteur fonctionnait bien et grâce à la méthode de Liebig, en utilisant le nitrate d'argent à 1/100, on peut doser des traces d'HCN. Toutefois, pour les concentrations faibles nous aurions dû utiliser de la soude à 1^o/1000 au lieu de 1^o/100.

2. Etablissements des courbes

. Répartition de l'HCN à l'intérieur de la bâche.

Tous les auteurs sont d'accord pour affirmer que la concentration à l'intérieur de la bâche varie suivant la hauteur et cette variation serait importante.

Nous avons donc expérimenté notre extracteur comme indiqué sur la figure 20, qui montre que les prises de gaz ont été faites à différentes

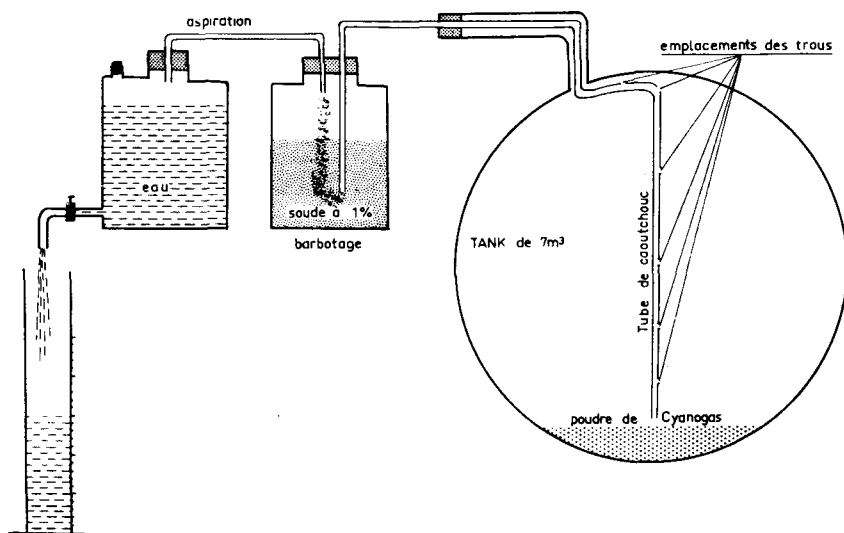


FIG. 19. — Extraction de l'HCN dégagé par le cyanogaz placé à l'intérieur d'un tank de 7 m³

hauteurs et les extractions séparées, permettent de voir ce qui se passe dans chacune des zones où le gaz a été prélevé. La méthode suivie pour cette expérience a été celle adoptée pour l'ensemble des autres essais.

On place la bêche bien centrée, puis avec les tubes de caoutchouc munis de leur pince de Mohr on relie les valves aux flacons barboteurs respectifs qui sont marqués et placés dans les alvéoles de l'appareil. On fixe intérieurement des tubes de verre pour faire le prélèvement loin de la bêche, de manière à obtenir une extraction dans une zone où la concentration varie progressivement et régulièrement. On relie ensuite les barboteurs aux flacons de Wolf qui sont les extracteurs, disposés sur la planchette existant sur l'un des côtés du meuble. Enfin sur un support disposé plus bas on installe les éprouvettes de 500 cc pour évaluer l'écoulement (FIG. 16).

On remplit les extracteurs avec 1 500 cc d'eau.

Au préalable, on a calculé la quantité de poudre à introduire et on en a déduit le nombre de mesures à placer dans le réservoir de la poudreuse. On procède à l'envoi du cyanogaz sous la bêche en faisant fonctionner la poudreuse. Le temps d'introduction demande de 15 à 25 secondes suivant la quantité à projeter à l'intérieur. La fin d'introduction est considérée comme le point de départ, c'est donc le temps 0.

Les extractions ont lieu aux temps suivants :

1' - 2' - 3' - 4' - 5' - 6' - 7' - 8' - 9' - 10' - 12' - 14' - 16' - 18' - 20' - 20' - 30' - 35' - 40' - 45'.

Il y aura donc 20 extractions pendant chaque opération.

Le temps d'écoulement est variable suivant la quantité d'eau qu'il y a dans l'extracteur. Empli à 1 500 cc, la première fraction de 500 cc s'écoule en 15 à 30', la deuxième fraction en 30'' à 45'' et la troisième en 1' à 1' 1/2.

Il y a intérêt à ce que l'écoulement soit le plus rapide possible, il est donc indispensable après chaque extraction de remplacer les 500 cc extraits.

Au début de chaque extraction on ouvre simultanément le robinet de l'extracteur et la pince de Mohr. Dès que les 500 cc sont extraits on referme le robinet et la pince de Mohr. Il est bien évident que si l'on travaille sur les 4 prises, il faut un minimum de deux opérateurs pour cette manœuvre.

L'extraction faite, on débranche immédiatement le barboteur qui vient de servir et on le branche sur le suivant en notant soigneusement

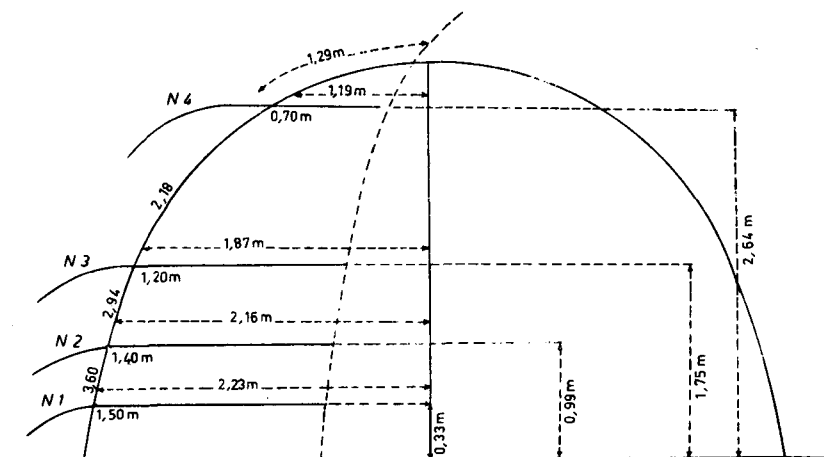


FIG. 20. — Disposition des tubes pour l'extraction du gaz HCN.

les indications portées. Puis on remet les 500 cc d'eau écoulée lors de l'extraction et l'on est prêt pour une deuxième manœuvre. L'opération de remplacement demande 20 à 30'' au maximum.

On procède ensuite de la même façon aux extractions successives jusqu'à la 20^e qui aura lieu 45' après la fin de l'introduction de la poudre sous la bâche.

Entre deux extractions, un autre opérateur débarrasse l'appareil des barboteurs utilisés et verse leur contenu dans des ballons de 500 cc, qui sont bouchés immédiatement et qui portent les indications des barboteurs. Ils sont transportés au laboratoire pour y être dosés dès que l'extraction totale sera terminée.

Cet opérateur replace dans les alvéoles vides des barboteurs contenant du réactif neuf.

Le remplissage des barboteurs nécessaires, avec de la soude à 1^o/₀₀ a été fait préalablement. Nous rappellerons que ces flacons sont chargés avec 100 cc de soude à 1^o/₀₀ et que le dosage s'effectue avec une solution de nitrate d'argent centinormale.

Dans le cas présent, il faut préparer 80 flacons barboteurs (20 extractions pour chacune des 4 prises à hauteurs différentes).

Cette expérience est traduite par les 4 courbes que l'on trouvera à la figure 21, la dose introduite ayant été de 10 g HCN au m³.

La première constatation est que la dose maxima relevée a été de $5,67 \text{ g/m}^3$ et ce au cours de la troisième minute. Donc il n'y a eu sous la bâche au maximum que 56,7 % de la quantité introduite. M. VIEL dans ses expériences donne comme rendement maxima 50 à 60 %.

Nous constatons ensuite que ce maxima n'a été obtenu qu'avec la prise la plus haute. Dans le bas on n'a trouvé que $3,24 \text{ g/m}^3$ qui représente 75 % de la dose maxima.

Il est à noter que ces chiffres doivent varier avec la quantité de poudre employée et qu'en particulier plus la dose introduite est faible et plus le maxima se rapproche de la quantité mise sous la bâche. C'est ce que nous verrons par la suite.

Si nous examinons ces courbes en détail, nous voyons que le maxima s'est produit pour les quatre hauteurs au même moment à la 3^e minute, ceci est excellent car il est admis que ce maxima doit se produire vers la 5^e ou 6^e minute au plus tard pour obtenir un résultat positif.

Parmi ces maxima il y a une anomalie ; c'est le maxima trouvé à la prise 3 qui devrait être supérieur à celui de la prise la plus basse.

Pour les 4 courbes la chute brutale se produit entre la 3^e et la 15^e minutes, après, la baisse est très lente.

La chute la plus brutale fut celle de la prise la plus haute et la moins brutale, celle de la plus basse. Ce qui semble illogique c'est qu'à la 15^e minute la concentration est la plus faible pour les courbes 1 et 3 et plus fortes pour les courbes 2 et 4. Toutefois, l'écart qui était très important à la 3^e minute est négligeable à la 15^e minute. De petites variations interviennent dans la dernière partie, mais l'écart est insensible pour influencer sur la valeur de la fumigation.

Dans le tableau ci-après nous avons essayé de réunir ces résultats.

Ce tableau nous permet donc de constater que si l'écart entre les prises est de 25 % à la 3^e minute, il passe à 3 % à la 15^e minute, à 2 % à la 45^e minute.

Il résulte de ces courbes que si la concentration de la prise supérieure est suffisante au début et en fin d'opération il en sera de même des autres prises, tout au moins pour les dosages élevés, et en particulier de 10 g/m^3 .

Ces courbes permettent donc de situer de façon précise l'allure de la mortalité vis-à-vis de la cochenille considérée.

| N° et hauteur de la prise de gaz depuis le sol | Temps après l'introduction du cyanogaz | | | | | | | | | |
|--|--|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 3' | | | 15' | | | 45' | | | |
| | A | B | C | A | B | C | A | B | C | D |
| 1 - 2 m 34 | 5,67 | 56,70% | | 1,94 | 19,4 | | 0,94 | 9,4 | | 16,5% |
| 2 - 1 m 67 | 5,18 | 51,80% | 91,3 | 2,27 | 22,7 | 117% | 1,15 | 11,5 | 122% | 22,2% |
| 3 - 1 m 01 | 3,24 | 32,40% | 57,1 | 2,16 | 21,6 | 111% | 1,00 | 10 | 106% | 30,8% |
| 4 - 0 m 34 | 4,05 | 40,5% | 71,4 | 1,94 | 19,4 | 100% | 0,94 | 9,4 | 100% | 23,2% |

- A = Concentration d'HCN en g/m³ trouvée sous la bâche
- B = Pourcentage de la concentration A par rapport à la quantité introduite 10 g/m³
- C = Pourcentage par rapport à la concentration trouvée en I
- D = Pourcentage de la concentration à la 45^e minute par rapport au maximum A.

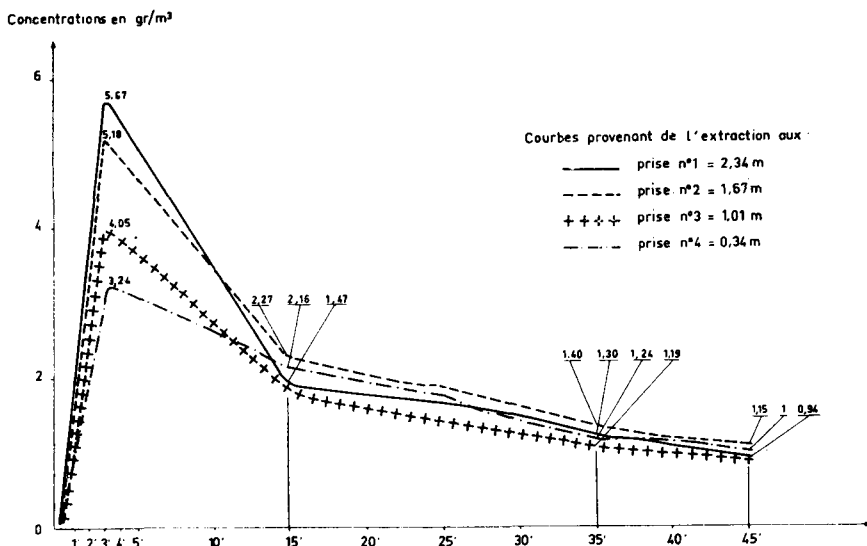


FIG. 21. — Courbes de constructions d'HCN sous une bâche de 30 m³ sous laquelle on a introduit 1340 g de cyanogaz à 25 % d'HCN.

(Chaque courbe correspond à un prélèvement à une hauteur différente).

— Courbes de fumigation suivant les différents dosages

La méthode utilisée pour l'obtention de ces courbes a été celle que nous avons exposée au chapitre précédent, mais avec les caractéristiques suivantes :

a. Temps de prélèvement :

Toutes les minutes de 1 à 10 minutes
 Toutes les deux minutes de 12 à 20 minutes
 Toutes les cinq minutes de 25 à 45 minutes.

b. Les quantités de gaz extraites ont été les suivantes :

de 1 à 5 minutes : 250 cc à chaque prélèvement
 de 6 à 10 minutes : 500 cc » »
 de 12 à 20 minutes : 1 000 cc » »
 de 25 à 45 minutes : 1 500 cc » »

Pour faciliter le dosage, nous avons augmenté le volume des prises afin de tenir compte de la décroissance de la concentration d'HCN avec le temps.

c. Hauteur et nombre de prises.

Une seule, la N° 2, car elle intéresse la zone d'infestation maxima, elle se situe pour la bâche de 30 m³ à 1,67 m du sol.

d. Quantité de réactif dans le barboteur : 400 cc.

e. Nature et concentration du réactif : Soude à 1^o/₁₀₀.

f. Dosage : La méthode de Liebig sur 100 cc prélevés dans le barboteur avec une solution de nitrate d'argent N/100.

Pour tenir compte du gaz qui se trouve dans la canalisation on a mesuré sa capacité qui est de 80 cc.

— Lors du premier prélèvement on extraira 250 + 80 = 330 cc, car les premiers 80 cc contenus dans la canalisation sont constitués uniquement par de l'air.

— Lors des extractions suivantes, les premiers 80 cc seront constitués par un mélange dont la concentration en HCN sera celle de l'extraction précédente et il sera nécessaire de faire une correction. Il suffira d'appliquer la formule suivante :

$$C_r = \frac{C \times V - (C_p \times 80)}{V - 80}$$

dans laquelle C_r = concentration réelle après correction

C = concentration trouvée au dosage

C_p = Concentration réelle de l'extraction précédente

V = Volume d'extraction.

Toutefois cette formule s'appliquera de la 2^e extraction jusqu'à la 15^e. En

effet, à partir de ce dernier prélèvement le temps qui s'écoule entre deux extractions est de cinq minutes, donc temps suffisant pour que les tensions de gaz s'égalisent entre la bêche et la canalisation.

Les courbes furent réalisées pour les concentrations de 12 g, 8 g, 6 g et 4 g/m³. La courbe à 10 g/m³ a été réalisée dans l'essai précédent. Nous avons noté toutes les conditions extérieures : horaire, température, hygrométrie, état du ciel ; il eut été intéressant de multiplier ces essais en les exécutant avec des conditions extérieures différentes, comme nous le ferons remarquer à nouveau à la fin de cet exposé.

Toutefois, en ce qui concerne les facteurs externes principaux, température et hygrométrie, il faut souligner que les variations pendant les 50 minutes n'influèrent pas beaucoup ; cela est dû en effet à ce que les maxima sont obtenus à la 3^e minute et que les conditions de dégagement seront donc déterminées par la valeur de ces facteurs dans les premiers moments de l'opération.

Sur la figure 22, nous avons porté les courbes simplifiées sans tenir compte des anomalies de dosage relevées au cours des différentes expé-

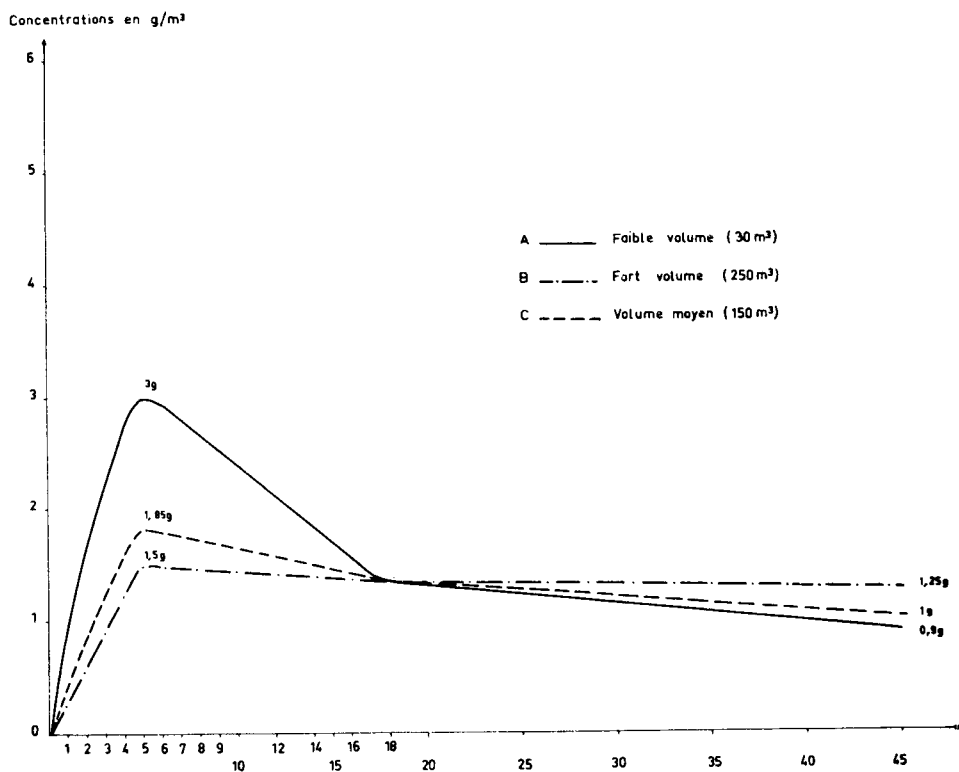


FIG. 22. —

riences. En effet, M. VIEL que nous avons consulté à cette époque nous a dit avoir obtenu aussi des chiffres anormaux dus probablement aux faibles concentrations existantes, et sur la difficulté d'avoir une atmosphère à variation progressive et continue. C'est pourquoi il faut examiner ces courbes dans leur allure générale.

Comme dans l'essai précédent établissons un tableau des différents dosages.

| Concentration introduite sous la bâche | Temps après l'introduction du cyanogaz | | | | | | |
|---|--|-------|-----------------|-------|------------|-------|-------|
| | 3 minutes | | 14 à 16 minutes | | 45 minutes | | |
| | A | B | A | B | A | B | D |
| 12 g/m ³ | 5,548 | 46 % | 3,166 | 26,3% | 1,572 | 13,1% | 28,3% |
| 10 » | 5,18 | 51,8% | 2,27 | 22,7% | 1,15 | 11,5% | 22,2% |
| 8 » | 5,324 | 66 % | 2,136 | 26,7% | 1,024 | 12,8% | 19,2% |
| 6 » | 3,294 | 55 % | 1,055 | 17,6% | 0,928 | 15,4% | 28,1% |
| 4 » | 3,197 | 79 % | 1,046 | 26,1% | 0,928 | 23,2% | 29 % |

A = Concentration d'HCN en 8/m³ trouvée sous la bâche

B = Pourcentage de la concentration A par rapport à la quantité introduite

D = Pourcentage de la concentration à la 45^e minute par rapport au maximum A.

Ce tableau précise ce que nous avons appris avec l'étude de la répartition de l'HCN sous la bâche, en particulier que la proportion de gaz utile augmente au fur et à mesure que la concentration introduite est plus faible : avec 12 g/m³ la proportion utilisable est de 46 % et elle atteint 79 % avec 4 g/m³.

A la 15^e minute l'écart entre les différents dosages est devenu très faible : 17 à 26 %. A la 45^e minute l'écart est de même importance.

Si l'on examine en fin d'opération les rapports de l'HCN existant à l'HCN utile à la 3^e minute, ils montrent que l'écart est relativement faible : 19,2 à 29 %.

Pour pouvoir tirer des conclusions de ces courbes nous portons sur la figure générale des courbes les seuils de mortalité des principales cochenilles.

Il est admis que pour le Pou de Californie la dose mortelle nécessaire dans le cas des bâches de fumigation est de 2 g/m³. Toutefois, dans la pratique on a reconnu que la dose de 1,7 g/m³ était suffisante.

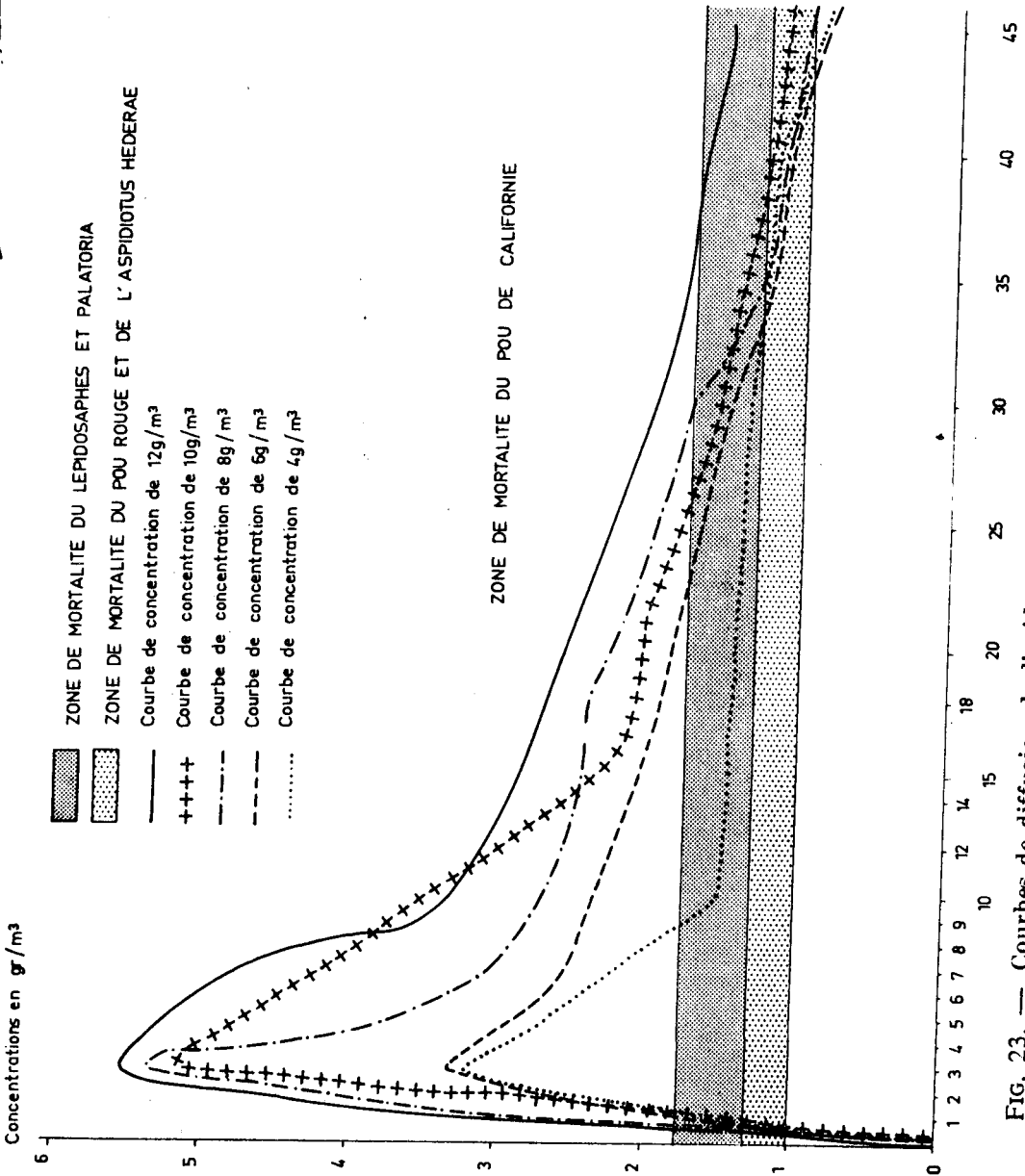


Fig. 23. — Courbes de diffusion de l'acide cyanhydrique à diverses concentrations.

Nous constatons alors que cette dose est maintenue :

40 minutes pour la dose D de 12 g/m³

25/30 minutes pour les doses D de 10 g/m³ et 8 g/m³

20 minutes pour la dose D de 6 g/m³

7 à 10 minutes seulement pour la dose D de 4 g/m³ (FIG. 22).

Ces constatations démontrent amplement que pour le Pou de Californie, la dose minima à employer est 6 g/m³ et qu'avec une dose inférieure il ne peut y avoir qu'une mortalité restreinte ; on conçoit ainsi aisément ce qui s'est passé aux U.S.A. (résultats irréguliers et la création de lignées résistantes).

Cherchons maintenant les doses possibles pour les *Lépidosaphes* et *Parlatoria* qui nécessitent de 1,3 g à 1,5 g/m³.

Ces seuils de mortalité sont maintenus :

— pendant la totalité des 45 minutes pour la dose de 12 g/m³

— et 35 minutes pour les autres doses.

Il en résulte que la dose D minima à employer pour ces cochenilles est de 4 g/m³ et c'est ce que nous avons constaté lors de l'étude des tables espagnoles et américaines.

Enfin, pour le Pou Rouge et l'*Aspidiotus hederæ* qui ne nécessitent qu'une concentration de 1 g/m³ nous voyons que ce seuil est maintenu pendant la durée totale des 45 minutes pour toutes les doses étudiées.

Il est probable que pour ces deux dernières cochenilles, on doit pouvoir abaisser la dose D à 3 et même 2 g/m³, ce que nous aurions démontré aisément si nous avions pu réaliser les courbes à 3 g, 2 g et 1 g/m³.

L'étude des courbes nous a donc permis de déterminer et de contrôler les dosages types D à utiliser pour l'établissement des tables de fumigation. En particulier elle nous a permis de définir le dosage minima pour le Pou de Californie : 6 g/m³ ; mais elle nous a montré que nous pourrions avoir de bien meilleurs résultats par l'usage de doses plus élevées de 8 g et 10 g/m³ qui, rabaisant le taux de réinfestation, permettrait de supprimer tout traitement pendant peut être deux ou trois ans, diminuant ainsi notablement le prix de revient de la lutte, et évitant de faire subir aux orangers des pulvérisations successives et annuelles aux huiles ou aux esters, traitements qui les fatiguent énormément.

Conclusions

Nous voici donc arrivé au terme de notre exposé sur ces problèmes de la fumigation des agrumes. Il confirme la complexité du problème et l'impossibilité d'obtenir de la seule théorie les notions recherchées.

La méthode empirique a donc été employée par tous les auteurs, mais il a été nécessaire de faire intervenir, comme nous l'avons fait, des expressions mathématiques, et ce, chaque fois que cela était possible. Ceci nous a permis en particulier de retrouver la formule simplifiée de la fumigation et par là la possibilité d'établir n'importe quelle table. Enfin, il a été possible de définir le dosage d'une table et une méthode de comparaison des tables, problème qu'il était indispensable de résoudre.

En outre, la recherche expérimentale des courbes, quoique rapide, nous a tout de même permis de tirer les conclusions nécessaires pour l'établissement des doses utiles à employer suivant les différentes Diaspines et en particulier pour le Pou de Californie.

Cependant en ce qui concerne l'établissement des courbes, il a été indispensable de multiplier les expériences de manière à obtenir des chiffres plus précis et ne tenir compte que des résultats ne présentant aucune anomalie.

En particulier, il aurait été logique de répéter chaque expérience dans les mêmes conditions au moins 5 fois.

En outre ces expériences auraient dû être exécutées :

- a. aux températures suivantes : 15 - 20 - 25 et 30°
- b. aux hygrométries suivantes : 55 - 65 - 75 - 85
- c. par temps clair et couvert
- d. le matin vers 10 h, l'après midi vers 15 h, dans la soirée vers 19 h.

Toutefois, les opérations de fumigation se faisant uniquement dans la soirée, les répétitions prévues au paragraphe d, ont donc moins d'importance, et pourraient se résumer à quelques essais.

Signalons enfin que beaucoup d'auteurs ont forcé les doses pour les forts volumes comme nous l'avons signalé dans le chapitre de la comparaison des tables. Or, les courbes pour les forts volumes présentent des caractéristiques légèrement différentes. C'est ainsi que le maxima une fois atteint, la déperdition est ensuite très lente et souvent la quantité restante en fin de fumigation est plus élevée qu'avec les petits volumes. Ceci se voit aisément sur la figure 23 qui représente les courbes d'un petit volume (30 m³), et d'un volume important (plus de 100 m³) pour la dose de 4 g/m³, d'après G. PETERS (6).

Il serait donc nécessaire, pour parfaire ces données, de rechercher par quelques expériences supplémentaires l'allure des courbes pour les arbres de 150 et 250 m³, et même pour le maximum possible 800 m³.

(manuscrit déposé en juin 1964)

ملخص

ان ظهور اونديلا اورانتى بالضررب وسرعة انتشاره بين سنة 1942 و 1945 اوضع خطرا حقيقيا بالنسبة لجميع زراعة الحوامض المغربية.

ابتداء من سنة 1949 وبعض ملاحظة الاصابة بدىء في اجراء تجارب المعالجات بقاعدة اسطير فوسفاطيك بالرش، ولكن هذه قد اظهرت وبسرعة انها غير فعالة، وقد اخذ به قصد التبخير، ومنذ ذلك فان دراسة كل الاشجار التي نشرت فيما قبل (فوكليم بيليو، بيتر... الخ) قصد تجربة وضع معادلة سهلة للتبخير وتحديد مقدار طاولة التبخير وبحث طريقة مقارنة طاولات التبخير.

RÉSUMÉ

L'apparition dans le Gharb de *Aonidiella aurantii* et sa rapide extension, entre 1942 et 1945, représentaient un danger réel pour l'ensemble de l'agrumiculture marocaine.

Dès 1949, vu la violence des attaques, on commença à effectuer des essais de traitements à base d'esters phosphoriques pulvérisés. Mais cette méthode s'étant révélée très vite inefficace, on opta plutôt pour la fumigation et dès lors on entreprit l'étude de tous les travaux déjà publiés (Voglum, Bellio, Petters, etc.) pour essayer d'établir une formule simplifiée de la fumigation, de définir le dosage d'une table de fumigation et de rechercher une méthode de comparaison des tables.

RESUMEN

Sobre algunos problemas de la fumigación de los agrios

La aparición en la llanura del Gharb entre 1942 y 1945 de *Aonidiella aurantii* y su rápida difusión constituían un peligro real para el conjunto de la cultura de los agrios en Marruecos.

Desde el año 1949, en consideración de la violencia de los ataques, se empezó a hacer ensayos de tratamientos por pulverización con esteres fosfóricos. Pero, manifestandose muy pronto ineficaz este método, se recurrió a la fumigación y desde entonces se emprendió el estudio de

todos los trabajos ya publicados (Woglum, Bellio, Peters, etc.) con el fin de establecer una fórmula simplificada de la fumigación, definir el dosaje de una tabla de fumigación y buscar un método de comparación de las tablas.

SUMMARY

On some problems of citrus fumigation.

The appearance in the Gharb Plain of *Aonidiella aurantii* and its rapid diffusion between 1942 and 1945 represented a real danger for the whole of the Moroccan citrus industry.

In view of the violence of the attacks tentative treatments were started in 1949 with sprays of phosphoric esters. This method soon proved inefficient; so fumigation was preferred and consequently all the previously published research (Woglum, Bellio, Peters, etc.) was examined in order to establish a simplified fumigation formula, to determine the dosage of a fumigation table and to try to find a method for comparing the tables.

BIBLIOGRAPHIE

1. QUAYLE, H.J. — 1913. Fumigation cyanhydrique. — Journal of economic Entomology, vol. II, p. 294.
2. GRAY, G.P. & A.F. KIRK PATRICK. — 1931. La diffusion de l'acide cyanhydrique gazeux. — The Monthly bulletin of California, p. 373.
3. BELLIO, G. — 1934. La table dosimétrique pour la fumigation cyanhydrique des agrumes.
4. STATION DE BURJAZOST — 1934. Instructions qui doivent être observées dans les opérations de fumigation avec l'acide cyanhydrique. — 5^e édition, Espagne.
5. CLEMENTE, F.G. & F.G. REGUERAL — 1939. Rectifications des tables actuellement utilisées pour la fumigation des agrumes en Espagne.
6. PETERS, G. (D^r) — 1932. Guide pour la fumigation des arbres. — Traduit en espagnol par l'Ingénieur Agronome D. PEDRO HERCE.

7. DROUINEAU, G., A. GUDON & G. VIEL — 1943. Contribution à l'étude de la concentration en acide cyanhydrique de l'atmosphère au cours des fumigations sous baches.
8. SCHULECK, F.A. — 1923. Méthode d'analyse quantitative de l'acide cyanhydrique dans l'air.
9. STATION DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE DE BURJAZOST — 1934. Table n° 1 de fumigation à l'acide cyanhydrique avec le cyanure de potassium en hiver, Espagne.
10. — Table n° 2 de fumigation à l'acide cyanhydrique avec le cyanure de sodium en hiver.
11. — Table n° 3 de fumigation à l'acide cyanhydrique avec le cyanure de sodium en été.
12. BELLIO, G. — 1934. Table dosimétrique pour la fumigation par la méthode dite du pot (cyanure de sodium).
13. SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE FUMIGATION CHIMIQUE APARTADO — Table pour la fumigation des orangers avec le cyanogaz en hiver. — 72, Valence, Espagne.
14. — Table pour la Fumigation des orangers avec le cyanogaz en automne.
15. — Table pour la Fumigation des orangers avec le cyanogaz en été.
16. SERVICE CENTRAL DE LA PROTECTION DES VÉGÉTAUX — Table pour l'emploi du cyanogaz en Californie. Rabat.
17. — Table pour l'emploi du cyanogaz en Egypte. Rabat.
18. — Table Zyklon été pour la fumigation en été exprimée en cyanogène. — Rabat.
19. — Table Zyklon hiver exprimée en cyanogène. — Rabat.
20. MENGEL, WILLY (Représentant la Sté Degesch. — Table n° 1 pour la fumigation par le Calcid en été. — Valence, Espagne.
21. — Table n° 2 pour la fumigation par le Calcid en hiver.
22. STÉ GÉNÉRALE DE FUMIGATION CHIMIQUE-APARTADO — 1962. Table pour l'emploi de l'acide cyanhydrique liquide. (Cette table permet l'utilisation des Echelles 14 à 22). — 72 Valence, Espagne.

ERRATA

Al Awamia n° 19, Avril 1966

| Page | Ligne | au lieu de | lire |
|--------------|----------|-----------------------------|--|
| 1 | 3 | CERATIS | CERATITIS |
| 36 | 32 et 33 | | à supprimer |
| 69 | 3 | M. | L. |
| 71 | 35 | insensibles à la végétation | non-toxique à l'égard |
| 80 | 3 | $Q = 0,8 D S$ | $Q = 0,8 D s$, qui est la formule générale $Q = u D S$ dans laquelle on a remplacé u par sa valeur 0,80 |
| 82 | 7 | 5 g/m^3 | 6 g/m^3 |
| 82 | 30 | $2/3 R^{III}$ | $2/3 \pi R^{III}$ |
| 83 | 11 | $O = 2 h + R$ | $O = 2 h + \pi R$ |
| 89 | 29 et 30 | | à supprimer |
| 99, 100, 101 | 35, 4, 2 | figure 9 | figure 8 |
| 104 | 13 | (Fig. 10) | (Fig. 9, p. 94) |
| 107 | 36 | figure 10 bis | figure 10 |
| 121 | 25 | $\frac{3,375 n^4 n''}{V_R}$ | 3 375 |
| 122 | 28 | 4 fois plus | 4 fois moins |
| 123 | 21 | 1/00 | $\sqrt{000}$ |
| 131 | 16 | figure 22 | figure 23 |
| 135 | 33 | figure 23 | figure 22 |

- p. 74, tabl. 1, 4e col.; au lieu de cm lire : m
 16e et 17e col., HCN liquide se rapporte aux colonnes 1919 1920
 2e col., 7e chiffre, au lieu de 68 lire : 63
 18e col., 3e chiffre, au lieu de 210 lire : 200
- p. 89, tabl., 4e col., 4e chiffre, au lieu de 4,64 lire : 4,46
- p. 132, tabl., légende A, au lieu de $8/\text{m}^3$ lire : g/m^3
- p. 83, Fig. 3, légende, 6e ligne, au lieu de détente lire : tente
- p. 112, Figures 14 et 15 : inverser les légendes.

ACHEVÉ D'IMPRIMER SUR LES PRESSES
DES « EDITIONS MAROCAINES ET INTERNATIONALES »
11, AV. DE RABAT A TANGER
LE 15 NOVEMBRE 1967

محتويات العدد

—

- م. هلتبورك : دراسة فعاليات قاتل الحشرات المعروف في مقاومة
1 سيراتيت كبيتاتا ويد.....
- م. هلتبورك : تجارب مقاوم يرقات سيراتيت في البرقوق قبل القطف.. 17
- م. هلتبورك : التجارب الاولى لمقاومة مرض عفونة البصل 27
- أ. فنديفين : البحث عن حوامل تلقيح جديدة للمحوامض المغربية 33
- نكويين من : تبخير الأشجار تحت الغطاء الشفاف — تعيين
43 قيمة البحر.....
- م. ليسبس : حول بعض المشاكل الموضوعية لتبخير المحوامض 69

فيما يخص جميع المعلومات حول : إنجازات البحث
الزراعي وكذا مجلة العوامية، اكتبوا الى .
قسم الطبع والنشر والتوزيع
المعهد الوطني للبحث الزراعي
صندوق البريد 415 الرباط البريد المركزي

المملكة المغربية

19



العواصم

مجلة مغربية للبحث الزراعي



المعهد الوطني للبحث الزراعي

- الرباط -

أبريل 1966