



ANCRIFICHE N°

01045

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 1

INSTITUT NATIONAL AGRICOLE
DE TUNISIE

3^{ème} cycle de spécialisation
AU CENTRE NATIONAL D'ETUDES ET
D'EXPERIMENTATION DE MACHIN-
NERIE AGRICOLE (C.N.E.S.H.A.)

A rendre

Evalué

MEMOIRE DE TROISIEME CYCLE

CONTRÔLE DE RÉPARTITION DES PULVÉRISATEURS
AU CHAMP
PAR LA METHODE COLORIMETRIQUE

PAR

HOUMED BOUYA

ANNEE 1976-1977

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
DE TUNISIE

3ème cycle de spécialisation
AU CENTRE NATIONAL D'ETUDES ET
D'EXPERIMENTATION DE MACHINISME AGRICOLE (C.N.E.E.M.A.)

MEMOIRE DE TROISIEME CYCLE

CONTROLE DE RÉPARTITION DES PULVÉRISATEURS
AU CHAMP
PAR LA METHODE COLORIMÉTRIQUE

PAR

MOHAMED BOUTITI

ANNEE 1976-1977

- REMERCIEMENTS -

Que tous ceux qui m'ont aidé à élaborer ce travail trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance.

Je remercie tout d'abord :

Monsieur K. BELKHODJA, Directeur de l'Institut National Agronomique de Tunisie,

et Monsieur N. ENNABLI, Chef de Laboratoire du Génie Rural à l'I.N.A.T.,

d'autre part,

Monsieur L. CASAYS, Directeur du C.N.E.E.M.A. (FRANCE),

Monsieur L. BOURNAS, Directeur Technique du C.N.E.E.M.A.,

Monsieur R. CARILLON, Chef du Service de Documentation, d'Information et de Formation du C.N.E.E.M.A.,

également,

Monsieur J. BOURDIN, et les membres de son équipe du Laboratoire de Phytopharmacie du C.N.R.A. Versailles,

qui m'ont très aimablement aidé à exécuter des contrôles d'applications en verger ;

enfin, et tout particulièrement, les membres de la Section Matériels de Traitement du C.N.E.E.M.A. :

Messieurs : P. COFFRE, S. MUSILLAMI ;

Messieurs : H. FABER, A. LEFEBVRE, J. MILLOT ;

ainsi que,

Mesdames : GODART, TARDIEU et les autres personnes du C.N.E.E.M.A. qui ont participé à l'élaboration de ce Mémoire.

INTRODUCTION

L'objet fixé par le présent travail est l'étude de la qualité des applications agropharmaceutiques en fonction du choix et réglage des organes de pulvérisation à adopter. Pour ce faire, nous allons traiter les points suivants :

- 1 - Etude de la répartition de la pulvérisation en fonction de la hauteur d'application, de la pression du liquide et de l'écartement des buses. Deux calibres de buses à fente ont été utilisés : 1100 4 et 800 4, en montage individuel puis en association sur la rampe horizontale du banc à gouttières.
- 2 - Contrôle de la répartition du liquide pulvérisé au sol et en hauteur par la méthode colorimétrique.

Les applications au champ ont été effectuées au moyen de deux pulvérisateurs à pression de liquide, l'un à jet projeté muni d'une rampe pour cultures basses, l'autre à jet porté équipé d'une rampe arboricole.

- 3 - Analyses dimensionnelles des dépôts de la pulvérisation.
-

TABLE DES MATIERES

	Pages
1ère PARTIE : RECHERCHES SUR LES REGLAGES D'UNE RAMPE POUR CULTURES BASSES.....	1
Répartition de la pulvérisation sous buses à fente à poste fixe.	2
1°) Régularité de débits des buses :.....	2
2°) Profil des répartitions individuelles :.....	4
3°) Association des buses sous une rampe pour cultures basses :.....	7
CONCLUSION	
2ème PARTIE : CONTRÔLE DE LA PULVERISATION AU CHAMP PAR LA METHODE COLORIMETRIQUE :	12
I - CONTRÔLE COLORIMETRIQUE DE LA REPARTITION.	
1 - PRELEVEMENTS DE LA PULVERISATION	
1-1 : Le récepteur :	12
1-2 : Le colorant :	13
2 - DOSAGES COLORIMETRIQUES.	
2-1 : Méthode photo-électrique :	14
2-2 : Comparaison visuelle :	18
3 - REPARTITION TRANSVERSALE	
3-1 : Réglages préliminaires :	18
3-2 : Les essais :	20
3-3 : Résultats :	20
4 - REPARTITION LONGITUDINALE.	
4-1 : Maintien d'une concentration constante:.....	22
4-2 : Soupapes anti-égouttage :	23
4-3 : Volume/ha constant :	23
4-3-1 : Cas des appareils à pression constante:...	23
4-3-2 : Autres dispositifs de réglage du volume/ha:...	24

5 - REGLAGE D'UN PULVERISATEUR ARBORICOLE.

5-1 : Pulvérisateurs arboricoles à pression de liquide à jet porté :	25
5-1-1 : Le jet porté :	25
5-1-2 : La soufflerie :	26
5-1-3 : Puissance absorbée :	26
5-1-4 : Les buses utilisées et leur réglage:...	26
5-2 : Contrôle de la répartition verticale:....	28
5-2-1 : Tarage du pulvérisateur :	28
5-2-2 : Les essais :	29
5-2-3 : Résultats :	29

CONCLUSION

II - ANALYSE DIMENSIONNELLE DE LA PULVERISATION.

1 - EFFICACITE DES TRAITEMENTS

1-1 : Types de traitements :	37
1-2 : Volume/ha à épandre :	37
1-3 : Limitation des pertes :	38

2 - REPARTITIONS DIMENSIONNELLES DES DÉPÔTS DE LA PULVERISATION

2-1 : Caractéristiques dimensionnelles des gouttes :	38
2-2 : Prélèvement des gouttes en atmosphère contrôlée :	41
2-3 : Prélèvement des gouttes au champ :	44

3 - RESULTATS :	44
-----------------------	----

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE :

<u>ANNEXE I</u> : DETERMINATION DE L'ECARTEMENT OPTIMAL DES BUSES EN ASSOCIATION SUR UNE RAMPE POUR CULTURES BASSES :	53
--	----

<u>ANNEXE II</u> : DISPOSITIFS DE REGLAGE DES RAMPES POUR CULTURES BASSES :	60
--	----

- PREMIERE PARTIE -

RECHERCHES SUR LES REGLAGES D'UNE
RAMPE POUR CULTURES BASSES

Les cultures sont l'objet d'attaques parasitaires diverses (champignons, insectes, mauvaises herbes...) lorsque certaines conditions sont favorables à leur prolifération.

Le but des traitements antiparasitaires est de répartir correctement et au moment opportun une dose précise de produit phytopharmaceutique sous forme de gouttes de dimensions convenables.

L'application de ces produits nécessite l'emploi de pulvérisateurs dont on distingue essentiellement trois types les plus couramment utilisés :

- Les pulvérisateurs à pression à jet projeté qui sont employés dans tous les traitements des cultures basses. Ici la pulvérisation est obtenue grâce à la mise en pression du liquide tandis que le transport de l'ensemble des gouttes est assuré uniquement à partir de l'énergie cinétique qui leur est communiquée à la sortie de la buse.

- Les pulvérisateurs à pression à jet porté (le transport des gouttes est assuré principalement par le flux d'air sortant d'une soufflerie)

- Les pulvérisateurs pneumatiques (la pulvérisation est obtenue par l'action d'un courant d'air à grande vitesse).

La vocation principale de ces deux derniers est le traitement des vergers, vignes et haies fruitières.

La bouillie de traitement emmagasinée dans la cuve du pulvérisateur, est mise en circulation dans une tuyauterie soutenue par la rampe. Sur cette dernière est disposé un certain nombre d'organes de pulvérisation appelés buses (buses à turbulence, à fente ou à miroir). Suivant le type de traitement et la plante à protéger, un réglage convenable de la rampe et des organes de pulvérisation s'impose afin de réaliser :

- Une répartition aussi homogène que possible de la bouillie soit dans la direction transversale le long de la rampe ou longitudinale le long du parcours du pulvérisateur dans le cas de traitement des cultures basses, soit en hauteur s'il s'agit d'un traitement arboricole.

- Les dimensions des gouttes doivent assurer une bonne couverture des surfaces végétales et une bonne pénétration de la pulvérisation à l'intérieur du feuillage tout en évitant les pertes de la matière active à la suite d'entraînement des gouttes fines par le vent et d'autre part les pertes par ruissellement.

La première partie de cette étude sera consacrée à l'étude de la répartition de la pulvérisation obtenue sous des buses à fente montées sur une rampe fixe au-dessus d'un banc à gouttières. La deuxième partie traite du contrôle de la répartition au champ en utilisant les procédés colorimétriques ainsi que l'analyse dimensionnelle des dépôts obtenus.

Répartition de la pulvérisation sous des buses à fente à porte fixe : au banc à gouttières.

Pour déterminer les meilleurs réglages d'une rampe pour cultures basses (fabriquée en tube de plexi-glass) avec laquelle la solution colorée sera appliquée au champ, un travail préalable s'est avéré nécessaire au banc de répartition dans le but de déterminer la hauteur, la pression et l'écartement des buses à fente en association après avoir vérifié les débits de ces dernières.

1°) Régularité de débits des buses :

Deux calibres de buses à fente Teejet : 11004 et 8004 ont été étudiés au laboratoire. (Fig. 1 A)

Parmi deux lots de buses de deux calibres différents, deux ensembles de 10 buses ont été choisis, numérotées de 1 à 10. Leurs débits ainsi que leurs angles de pulvérisation ont été mesurés individuellement à trois pressions différentes : 1, 2 et 4 bars avec trois répétitions (au total 180 essais). Sur chaque lot, 5 buses dont le débit se rapproche le plus du débit moyen ont été sélectionnées et leur ordre d'association a été conservé pour tous les essais ultérieurs.

Les résultats obtenus sont confiés dans le tableau suivant :

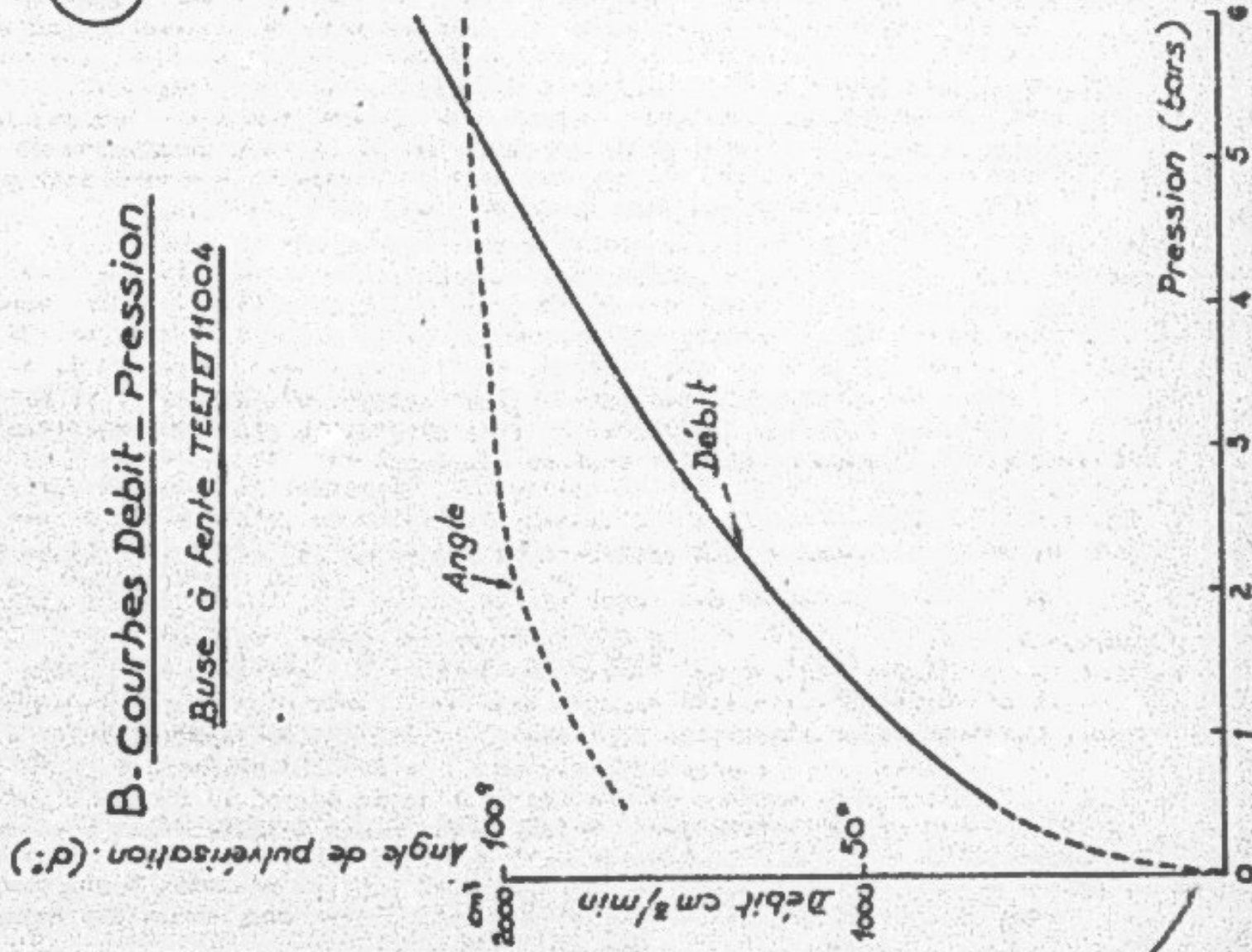
TABLERAU N° 1

$\frac{1}{2}$ Kv de débits des buses à fente 11004 et 8004
(Buses centrales (R1))

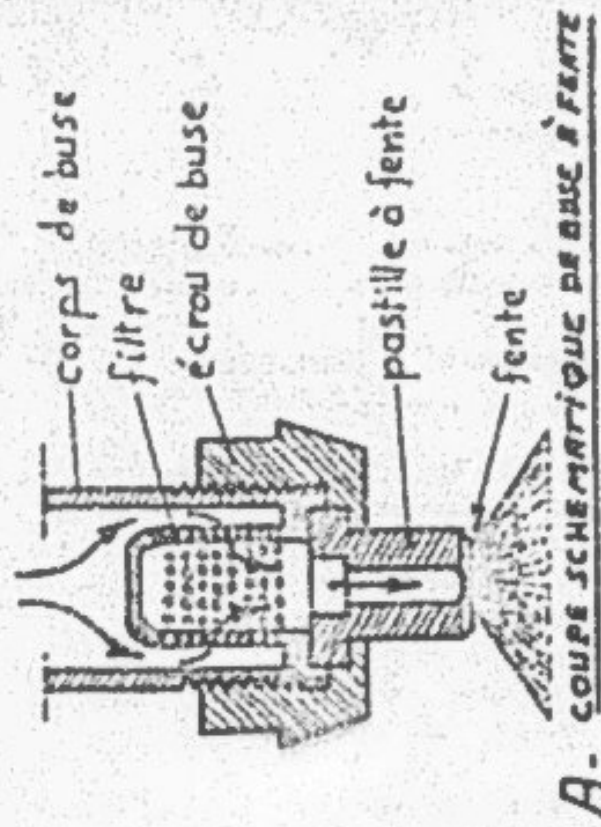
Pression (bars)	Buses à fente 11004			Buses à fente 8004		
	Débit moyen $\bar{q}$ (l/mn)	Angle de pulvérisa- tion (degrés)	Coeff. de variation Kv %	Débit moyen $\bar{q}$ (l/mn)	Angle de pulvéri- sation (degrés)	Coeff. de variation Kv %
1	0,871	87°	2,11	0,857	67°	2,81
2	1,278	95°	0,88	1,249	75°	2,12
4	1,801	104°	0,74	1,790	81°	2,30

(R1) : Les buses centrales sont celles dont le débit est le plus voisin du débit moyen et occupant la position centrale dans les associations des buses étudiées

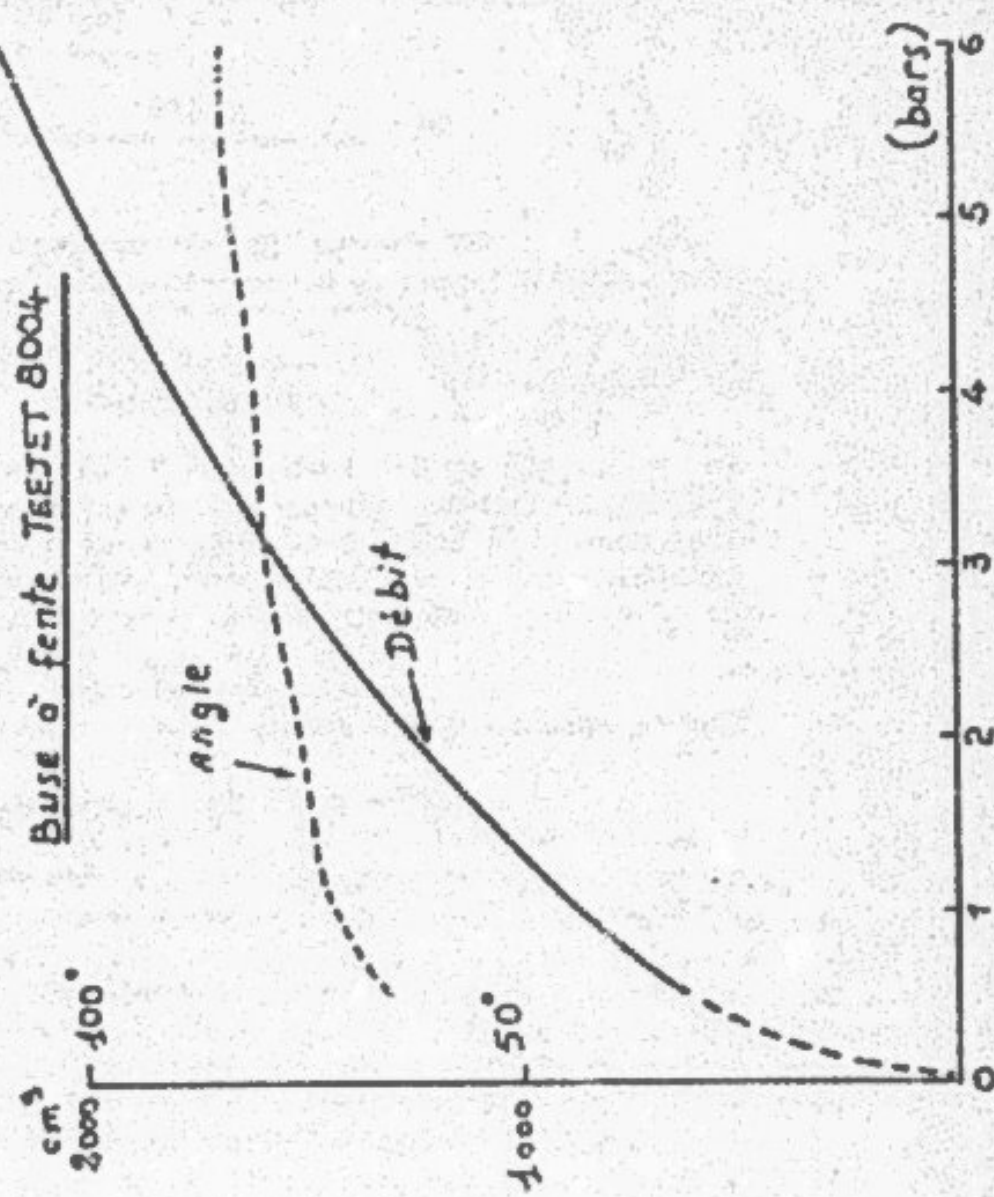
B. Courbes Débit - Pression Buse à fente TELJET 11004



1



A. COUPE SCHEMATIQUE DE BUSE À FENTE



Pour chaque type de buses et chaque pression, le débit diffère d'une buse à l'autre. Cette variation, qui est caractérisée par le coefficient

$$K_v = \frac{100}{q} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n-1}}$$

s'accroît aux faibles pressions ; à 1 bar

$K_v = 2,11\%$ et à 4 bars $K_v = 0,74\%$ pour la buse 11004. Ceci nous montre l'irrégularité des débits qui peut affecter pas seulement les buses à fente mais aussi les buses à turbulence et à miroir, et qui peut provenir de leur fabrication (la variation maximale acceptée sur le débit est 5% pour un $K_v \leq 2,5\%$), mais surtout de leur utilisation dans la pratique.

Ainsi un contrôle du débit des buses avant le traitement revêt une importance considérable : buses bouchées, usées, mal montées

L'inefficacité de la filtration du liquide, surtout lorsqu'il s'agit d'une bouillie consistante, est la principale cause de bouchage des buses et de colmatage des filtres. Ces derniers doivent être constamment nettoyés ou remplacés si nécessaire.

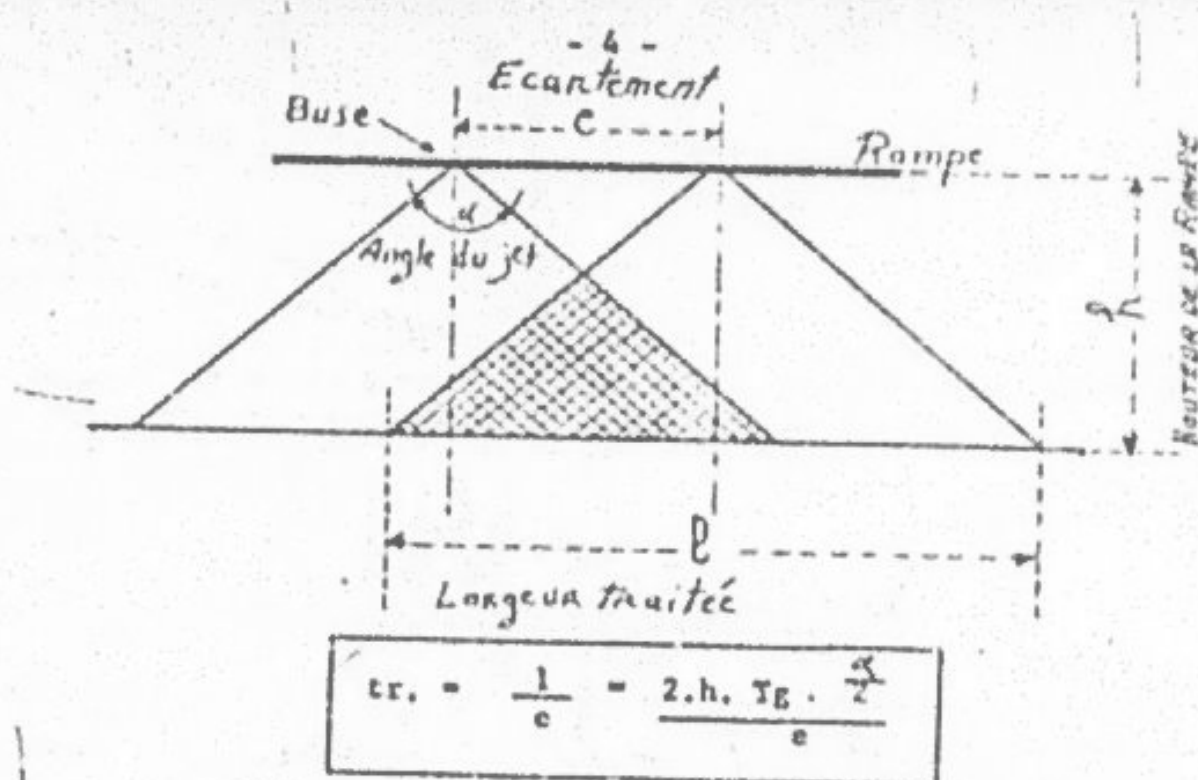
L'agitation de la bouillie dans la cuve doit être suffisamment efficace pour empêcher le dépôt du produit au fond et maintenir une concentration constante au cours du traitement. Des pertes de charge inégales dans la canalisation porte-buses ou bien une mauvaise alimentation des segments de la rampe, peuvent aussi être à l'origine d'une irrégularité des débits.

Pour les deux calibres des buses le coefficient K_v diminue avec l'augmentation de la pression (R_1), mais cette diminution est moins importante avec la buse 8004 qu'avec la buse 11004 (R_2) dont l'angle de jet est plus grand. Cependant dans la pratique l'utilisation des buses à fente n'est pas conseillée à une pression dépassant 4 à 5 bars car le taux de gouttes fines ($< 200 \mu$) augmente et le risque d'embruns s'accroît même en présence d'un vent très léger et surtout lorsqu'il s'agit d'une application herbicide avec des formulations phytotoxiques pour les cultures voisines (ex: phytohormones sur vignes, betteraves, cultures maraîchères...). Les graphiques de la (Fig. 1B) montrent que le débit, obtenu avec la buse centrale, augmente avec la pression et il se multiplie par deux quand on passe de 1 à 4 bars.

$$q = K \sqrt{P}$$

Les angles des jets (R_3) n'augmentent plus que faiblement à partir de 3 bars, pression d'utilisation standard, et le taux de recouvrement du jet (τ_r) n'augmente qu'avec la hauteur de rampe.

-
- R₁** : La pression a été mesurée avec un manomètre taré à la balance hydraulique.
- R₂** : La désignation des buses par un nombre (ex. 11004) indique l'angle nominal en degrés du jet à 3 bars (ex. 110°) par les deux ou trois premiers chiffres et le débit, en gallons, par le reste des chiffres (ex. 0,4).
1 gallon = 4,55 l.
- R₃** : Les angles des jets sont mesurés d'une manière approximative à l'œil nu, directement à proximité du jet à l'aide d'un rapporteur.
Pour une mesure plus précise de l'angle du jet il faudrait photographier la pulvérisation par éclairage pour mieux délimiter les bordures du jet.



2°) Profil des répartitions individuelles.

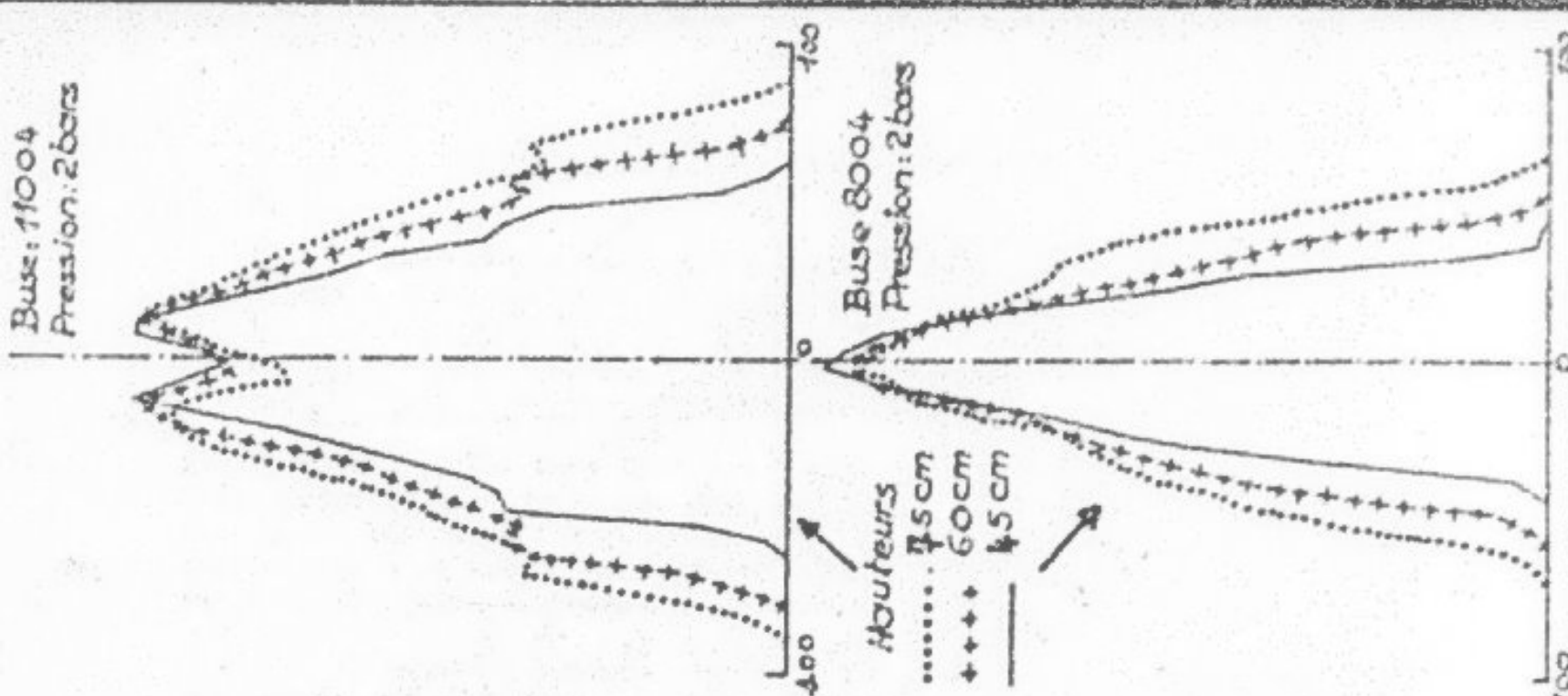
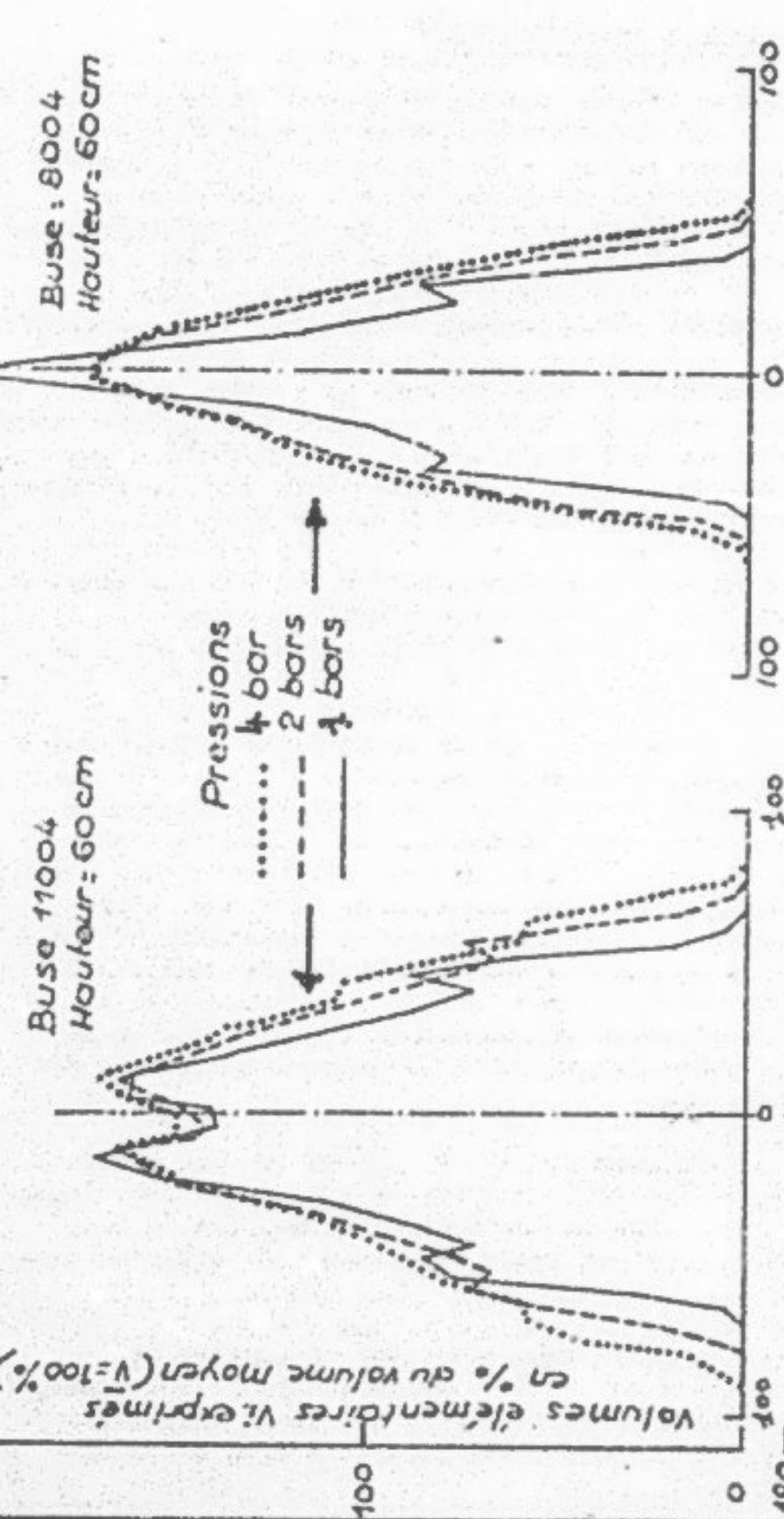
Dans le but d'étudier l'influence de la hauteur et de la pression de pulvérisation qui peut affecter la répartition obtenue avec une association d'un type de buses de même calibre sous une rampe cultures basses la répartition individuelle de chacune des buses centrales (débit le plus voisin du débit moyen) 11004 et 8004 a été relevée à trois hauteurs différentes: 45, 60 et 75 cm pour trois pressions différentes: 1, 2 et 4 bars avec 2 répétitions (36 essais). (Fig. 2). Les essais ont été faits au banc de répartition et les volumes élémentaires (V_i), récupérés dans des éprouvettes graduées au moyen des gouttières de 5 cm de large, ont été calculés en % du volume moyen. Les jets obtenus présentent une forme aplatie en pinceau et à section droite de forme elliptique, dont le grand axe représente la largeur maximale traitée et le petit axe correspond à l'épaisseur du jet, dans une coupe horizontale perpendiculaire à l'axe de la buse (les buses à turbulence donnent un jet de forme conique et en éventail pour les buses à miroir).

Le profil de répartition sous une buse montre une forme trapézoïdale pour les buses 11004, qui est d'autant plus marquée que la pression et la hauteur augmentent; alors que pour les buses 8004 le profil est plutôt triangulaire.

Dans le cas de produits à faible marge de sélectivité (écart entre la dose efficace et la dose produisant un début de phytotoxicité avec les matières actives utilisées), on voudrait limiter dans une zone de (par exemple) $\pm 20\%$ de part et d'autre du volume moyen, les variations de volume observées sous la rampe, au banc à gouttières. Mais ce qui importe, compte-tenu des inévitables variations de hauteur de la rampe dans le parcours au champ, c'est d'avoir une décroissance progressive des volumes recueillis à distance de l'axe de la buse, et de rejeter des types de buses donnant un profil de répartition se rapprochant d'un rectangle; en effet, un tel profil, l'écartement et la pression étant fixés, ne donne une répartition acceptable que pour une seule hauteur; tout écart par rapport à cette dernière produisant des manques ou des doubléments locaux de la dose appliquée.

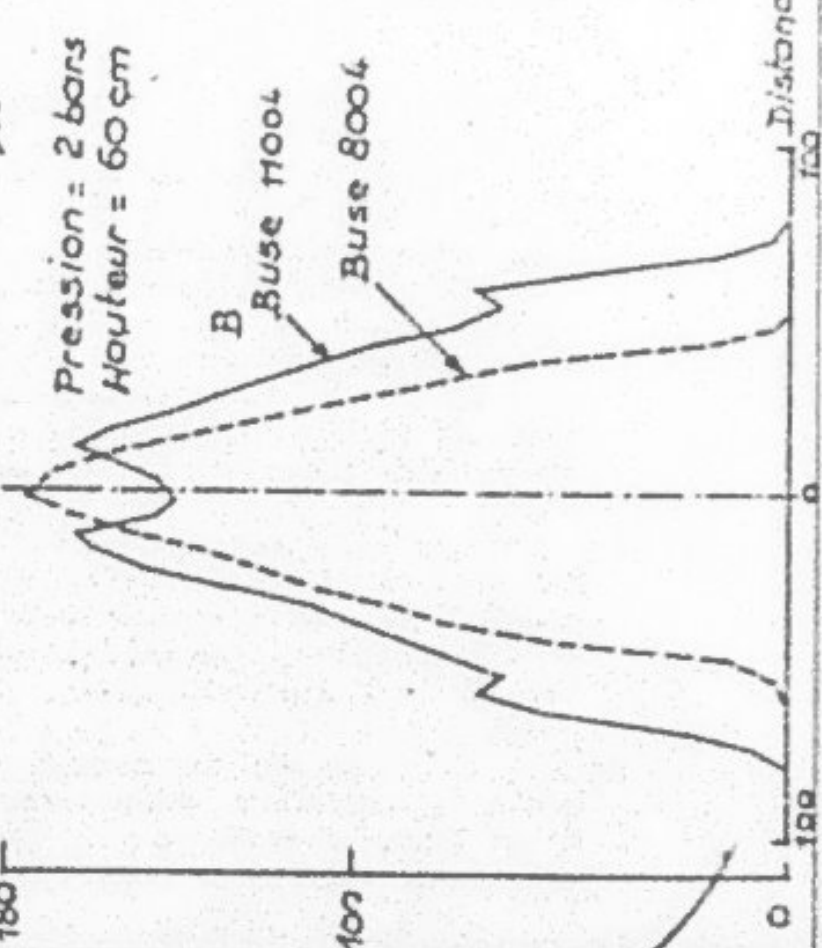
Sur les graphiques de la figure 2, les volumes ont été portés en ordonnée à grande échelle, pour mieux voir les petites variations des volumes élémentaires, mais le profil constaté dans la batterie d'éprouvettes du banc à gouttières était en réalité très aplati et présentait cette décroissance progressive qui est souhaitée.

La largeur traitée par une buse augmente quand la hauteur et la pression augmentent indépendamment; ceci est vrai quant aux taux de recouvrement. D'une façon générale on peut considérer qu'un réglage d'une rampe cultures basses est acceptable quand $tr > 2$ (Tableau n° II) sans être trop élevé.



2

PROFILS DES REPARTITIONS
INDIVIDUELLES
SOUS BUSES A FENTE
A POSTE FIXE



D'autre part l'épaisseur du jet diminue et la finesse des gouttes augmente elle aussi quand la pression de pulvérisation augmente ainsi que la densité du jet à la suite du doublement de débit (Q) de 1 à 4 bars comme on l'a vu.

TABLÉAU N° II

Taux de recouvrement des jets $tr = \frac{1}{e}$

Buse à fente	Ecartement (cm)	Hauteur (cm)	tr. pour une pression (bars)		
			1	2	4
11004	35	45	3,0	3,5	3,8
		60	3,8	4,4	4,8
		75	4,7	5,0	5,7
	50	45	2,1	2,5	2,7
		60	2,7	3,1	3,4
		75	3,3	3,5	4,0
	65	45	1,6	1,9	2,0
		60	2,0	2,3	2,6
		75	2,5	2,6	3,0
8004	35	45	2,1	2,5	2,5
		60	2,5	3,1	3,4
		75	3,1	3,8	4,0
	50	45	1,5	1,8	1,8
		60	1,8	2,2	2,4
		75	2,2	2,7	2,8
	65	45	1,1	1,3	1,3
		60	1,3	1,6	1,8
		75	1,6	2,0	2,1

Le taux de recouvrement atteint ses valeurs les plus faibles quand on espace les buses de plus en plus, tout en conservant une faible hauteur de la rampe. Une augmentation de la pression n'y remédie pas beaucoup. C'est seulement une augmentation de la hauteur de la rampe ou un espacement moins large des buses qui peut donner satisfaction. Une association des buses 11004 à un écartement de 65 cm ne peut donner une répartition acceptable qu'à partir d'une hauteur de 60 cm.

Cette technique s'applique notamment dans le cadre de réduction du volume épandu par ha en écartant plus les buses et en diminuant la pression, ou encore dans le but de limiter l'effet du vent en abaissant la rampe et réduisant la pression du liquide. Mais comme on le constate, dans l'intervalle d'écartement 35 - 65 cm et pour des hauteurs variant entre 45 et 75 cm à une pression 1 à 4 bars, on a 8% seulement de mauvais recouvrements avec la buse 11004 contre 40% pour la buse 8004.

3°) Association des buses sous une rampe pour cultures basses :

La détermination de l'écartement des buses relève du travail de laboratoire couramment effectué par les constructeurs des buses et des pulvérisateurs. Ces constructeurs choisissent un écartement standard des buses le plus souvent 50 cm (ou parfois 30 et 35 cm). Pour l'écartement choisi, ils assurent le quasi-parallélisme des axes des buses ce qui est d'une importance considérable pour la qualité de répartition. En effet le moindre défaut de parallélisme dans le plan de la rampe entraîne un défaut systématique dans la répartition obtenue sous les buses.

Après ces études, l'écartement des buses a été généralement fixé pour convenir aux buses d'emploi couramment disponibles sur le marché de façon que les hauteurs restent comprises dans des limites acceptables (par exemple 40 cm à 1 m) ainsi que les intervalles de pression de service des buses utilisées.

Les constructeurs des buses et des pulvérisateurs indiquent dans ces limites les intervalles de hauteur et de pression à l'intérieur desquels doivent être choisis les réglages.

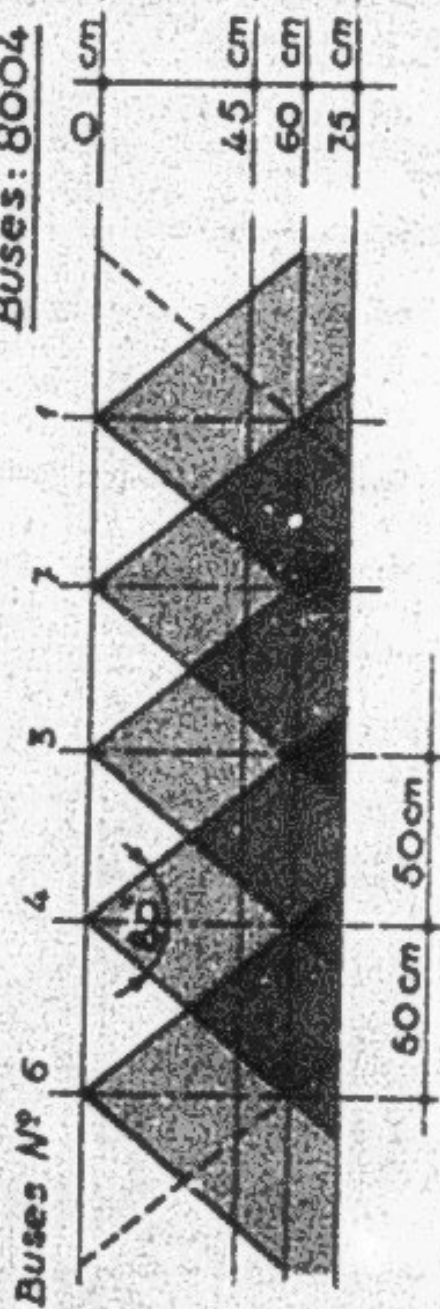
Nous avons fait une recherche sur les écartements à choisir avec les deux types de buses à fente. Cette recherche a été faite pour 3 pressions : 1 et 4 bars qui sont les limites de l'intervalle d'utilisation normale pour ces buses, et la pression 2 bars adoptée pour l'étude de répartition au champ.

Il faut d'autre part vérifier que la répartition sous rampe reste acceptable pour des hauteurs situées par exemple à 15 cm de part et d'autre de la hauteur de réglage de façon à obtenir le meilleur recouvrement des jets (fig. 3).

Pour nos recherches de vérification de la répartition sous rampe, nous avons étudié les répartitions pour les 2 hauteurs 45 et 75 cm, et la hauteur de réglage fixée à 60 cm.

③ Recouplement des jets sous une association de buses à fente

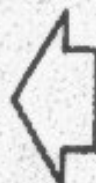
Buses: 8004



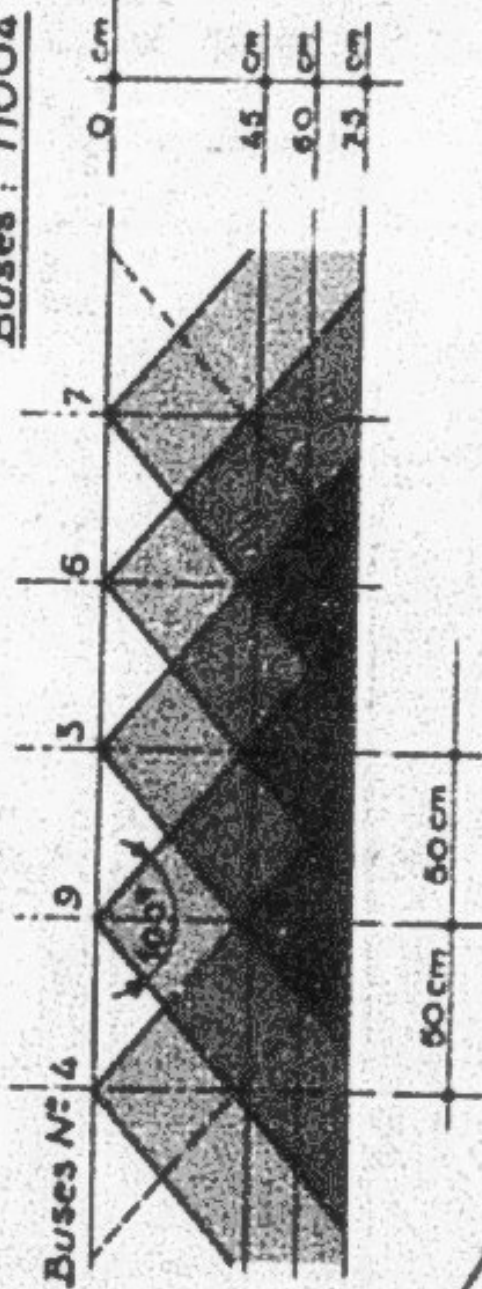
Pression : 2 bars
Ecartement : 50 cm
Hauteurs : 45-60.75 cm



Pression : 2 bars
Ecartement : 65 cm
Hauteurs : 45-60.75 cm



Buses : 11004



Pour la détermination des écartements à choisir pour ces différentes hauteurs et pressions, nous avons d'une part obtenu les répartitions au banc à gouttières avec la séquence des buses montées sur la rampe employée au champ, d'autre part estimé ces écartements d'après le profil de répartition obtenu avec une buse isolée qui était la buse dont le débit est le plus voisin du débit moyen du lot.

Il ne s'agit que d'estimations car il faut normalement relever un profil individuel moyen obtenu à partir des profils d'au moins 3 buses du lot.

L'estimation de l'écartement optimal, suivant cette dernière méthode, peut être faite graphiquement ou numériquement.

Ces études de détermination des écartements figurent en annexe I.

Deux écartements optimaux ont été retenus, et les associations de buses correspondantes ont été essayées au banc à gouttières, et au champ suivant la méthode colorimétrique. Nous avons retrouvé l'écartement optimal 50 cm. qui est l'écartement standard préconisé par les constructeurs pour de telles buses à fente, et d'autre part l'écartement 65 cm qui ne convient pas pour la buse à fente à fente 8004 quand la hauteur de réglage est seulement 60 cm.

Ci-dessous les coefficients de variation K_v^2 pour les hauteurs de réglage 60 ± 15 cm à la pression 2 bars à la rampe. Fig. 4.

Ce coefficient de variation est obtenu à partir des n volumes élémentaires (v) recueillis dans les gouttières par l'expression :

$$K_v^2 = \frac{100}{\bar{v}} \sqrt{\frac{\sum (v - \bar{v})^2}{n-1}}$$

C'est l'écart type des (v) exprimé en pourcentage du volume moyen.

TABIEAU N° III

K_v des répartitions obtenues, sous une rampe pour cultures basses, au banc à gouttières

Ecartement (cm)	Buses à fente 11004			Buses à fente 8004		
	Hauteur (cm)			Hauteur (cm)		
	45	60	75	45	60	75
50	5,37	5,31	9,49	9,43	12,05	8,19
65	11,80	9,66	6,12	25,91	8,40	8,73

(12)

PROJECTIONS DE LA PULVÉRISATION SOUS DES ASSOCIATIONS DE LIGNES D'ÉGOUT

Centre du banc d'égoutières

50 cm

buse →

50 cm

→

50 cm

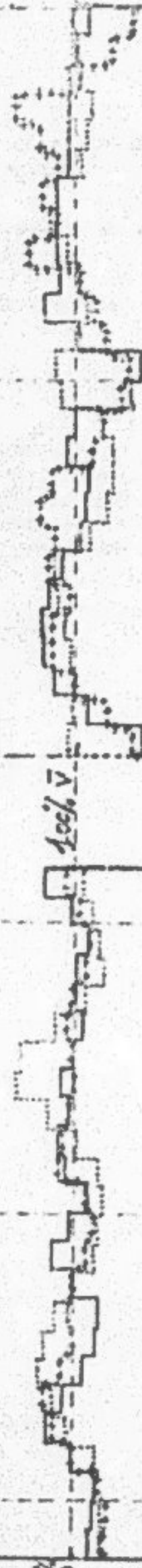
→

50 cm

→

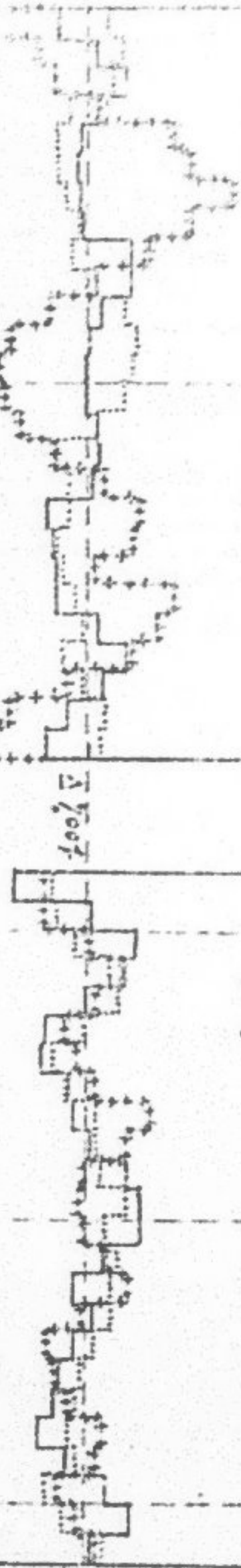
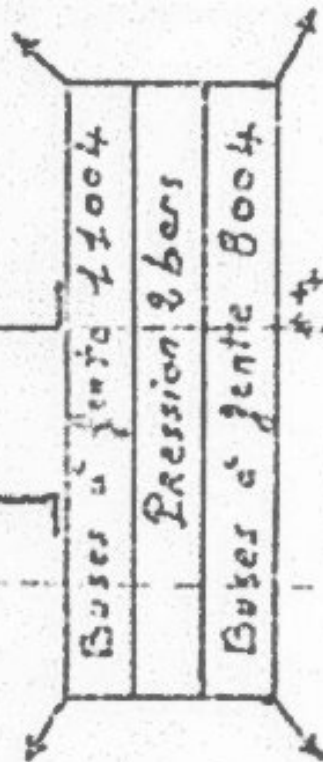
50 cm

→



Hauteur Rampe {
+++ 45 cm
--- 60 cm
..... 75 cm
K_v% = {
+++ 5,37
--- 5,31
... 9,49

Hauteur Rampe {
+++ 45 cm
--- 60 cm
..... 75 cm
K_v% = {
+++ 11,88
--- 9,66
... 6,12



Hauteur Rampe {
+++ 45 cm
--- 60 cm
..... 75 cm
K_v% = {
+++ 9,43
--- 11,05
... 8,13

Hauteur Rampe {
+++ 45 cm
--- 60 cm
..... 75 cm
K_v% = {
+++ 8,92
--- 8,20
... 8,18

DISTANCE (cm)

DISTANCE (cm)

La répartition est d'autant meilleure que le K_v^Z est plus faible : plus de 85% des volumes recueillis sont dans l'intervalle $\pm 15\%$ autour du volume moyen lorsque $9 < K_v < 10$;

plus de 80% des volumes sont dans l'intervalle $\pm 20\%$ autour du volume moyen pour $14 < K_v < 15$.

On constate que ce coefficient est en général inférieur à 10, sauf à l'écartement 65 cm pour la hauteur 45 cm.

CONCLUSIONS

Il a été possible en vue d'une application de la méthode colorimétrique d'étudier deux associations de buses à fente capables, dans les intervalles de hauteur et de pression correspondants à la pratique, de fournir des répartitions acceptables pour les applications de produits phytopharmaceutiques nécessitant une distribution très uniforme (par exemple, applications de graminicides dans des céréales).

- DEUXIEME PARTIE -

CONTROLE DE LA PULVERISATION AU CHAMP PAR LA METHODE COLORIMETRIQUE

L'obtention, sous une rampe à poste fixe et en atmosphère calme, d'une répartition suffisamment uniforme, est une condition nécessaire pour obtenir ensuite au champ la distribution correcte du produit. Cependant divers éléments perturbateurs interviennent au champ : action du vent, influence des mouvements de la rampe et de la vitesse d'avancement.

Il est donc intéressant de disposer d'une méthode permettant de contrôler la répartition, au passage du pulvérisateur dans diverses circonstances, suivant la direction transversale et longitudinale par rapport à la direction d'avancement dans un traitement de cultures basses. Pour les traitements arboricoles dans les vergers (ou vignes) on s'intéresse en plus à la portée de la pulvérisation.

Pour ce faire, on dispose de récepteurs de la pulvérisation qui sont des bandes découpées dans des feuilles de matière plastique lavable.

Le liquide à pulvériser contient un colorant dont la couleur contraste avec celle de la bande réceptrice, ce qui nous permet d'apprécier visuellement les quantités de colorant déposées. Ces dernières seront déterminées, après lavage de chaque tronçon de la bande par colorimétrie ou encore par comparaison visuelle de la coloration des solutions de lavage à une gamme de solutions de concentration connues. Ce procédé de détermination des répartitions fait l'objet du paragraphe I.

D'autre part l'analyse dimensionnelle peut se faire soit par mesures et comptage direct des dépôts visualisés sur les bandes, ou sur des petites pastilles utilisées dans le contrôle de la pénétration des pulvérisations (disques de Rhodoid blanc ou noir, de diamètre 16, 18 ou 20 mm, collés au feuillage à l'aide d'un ruban adhésif), soit après reproduction photographique des impacts (voir paragraphe II).

I - CONTROLE COLORIMETRIQUE DE LA REPARTITION

1 - PRELEVEMENT DE LA PULVERISATION.

Au laboratoire, la répartition du liquide sous une rampe pour cultures basses est relevée à poste fixe au moyen d'un banc formé de 60 gouttières à profil en U (entraxe 5 cm) et d'autant d'éprouvettes graduées recevant les volumes élémentaires. En revanche, le contrôle de la répartition au champ se fait au moyen de bandes-témoins et une solution colorée.

1 - 1. Récepteur

La pulvérisation colorée est recueillie sur des bandes marque Rhodoid servant de récepteur (feuilles d'acétate de cellulose d'épaisseur 1/10 de mm possédant une face lisse qui n'absorbe pas le liquide déposé).

Ces bandes sont préparées d'avance à partir des feuilles larges de Rhodoid découpées en unités de longueur et de largeurs déterminées (ex. 50 cm x 5 cm). Ces dernières sont collées bout à bout puis pliées en accordéon facilement dépliables sur le terrain.

Toutes les bandes sont numérotées en ordre et portent les indications nécessaires pour chaque essai (distances, n° de l'essai, répétitions etc.). Leur longueur doit permettre de recueillir la pulvérisation sous toute la longueur des canalisations, porte-buses, ou à défaut sous un segment d'une rampe horizontale, de part et d'autre du pulvérisateur. Dans le cas du contrôle de la répartition longitudinale, une longueur de bandes de quelques dizaines de mètres peut être nécessaire.

Ces bandes sont fixées sur des supports plats immobiles (planches, cornières) disposés au champ sur le sol à la hauteur voulue de la rampe. La face lisse doit être propre et exposée vers le haut sans être cachée en partie par la végétation ou un obstacle quelconque qui pourrait empêcher ou perturber le dépôt du liquide pulvérisé lors du passage de l'appareil de traitement.

Dans le cas de traitement arboricole, les bandes sont disposées verticalement entre les arbres à une distance déterminée (demi-interligne) par rapport à l'axe de passage du tracteur.

1 - 2- Le colorant

La solution à pulvériser est colorée par la Nigrosine (on peut utiliser une autre matière colorante comme le Bleu de Méthylène), à une concentration de 5 g/l, donnant une solution bleue noirâtre. Si on utilise une autre matière à pouvoir colorant plus grand, la concentration doit être convenable de manière à ne pas avoir des taches persistantes sur la face de la bande Rhodoid.

On utilise, de préférence, l'eau colorée, ce qui nous permettra de relever la répartition lors des tarages du pulvérisateur au début de la campagne de traitement ou à chaque modification des réglages.

Si le liquide à pulvériser est coloré par administration d'une quantité déterminée de colorant à la bouillie de traitement dans la cuve, à ce moment là cette bouillie ne doit pas se présenter sous forme de suspension ni réagir avec la matière colorante et il faut en tenir compte lors des dosages colorimétriques (l'absorption de la lumière émise à travers la bouillie, au moment des dosages par le spectrophotomètre, change et les densités optiques de deux solutions préparées séparément avec le colorant d'une part et le produit de traitement d'autre part, s'ajoutent généralement).

Bien entendu, la solution doit être soigneusement préparée (quantité de colorant, volume d'eau etc.) par étape et à l'abri du vent.

Une agitation énergique est indispensable pour assurer une bonne homogénéité de la solution dans la cuve.

Par ailleurs on doit préciser les conditions dans lesquelles se déroulent les essais : pression du liquide, hauteur de la rampe, écartement, vitesse et direction du vent... L'axe de passage du tracteur est matérialisé au moyen d'un "jet bâton" obtenu par une buse à turbulence équipée d'une pastille de faible calibre et démunie de son hélice et de son filtre. Son montage au milieu de la rampe derrière le tracteur permet de tracer l'axe de symétrie sur une petite bande placée entre les deux lignes de passage des roues du tracteur et de situer par conséquent les axes des buses. Une fois pulvérisées et

séchées, on transporte les bandes au laboratoire en évitant le frottement des unes contre les autres, puis on les découpe en tronçons de longueur déterminée (ex. 20 cm) qui seront lavés pour effectuer les dosages colorimétriques avec les solutions de lavage.

2 - DOSAGES COLORIMÉTRIQUES.

On lave les tronçons des bandes Rhodoïd portant les dépôts colorés par un volume déterminé (V en ml) d'eau pure suffisant pour récupérer la totalité du colorant. On utilise pour ce but les petits matériels courants du laboratoire policeman(R) burette (de 25 ml par ex.) graduée au 1/10 de ml, béciers de forme large, fioles jaugées (ex. de 50 ml), pipettes.....

Soit :

q : en mg la masse du colorant
c : (mg/l) la concentration de la solution à doser
co: (mg/l) la concentration de la solution mère pulvérisée
v : (ml) le volume de la solution mère recueillie sur la

surface

S : (dm²) du tronçon lavé

on a :

$$\begin{array}{ccccccc} q & = & V \cdot c & = & v \cdot Co \\ \text{mg} & & \text{ml mg/l} & & \text{ml mg/l} \end{array}$$

d'où :

$$v = \frac{c}{Co} \cdot V$$

le volume pulvérisé par 1 dm² est :

$$v' = \frac{v}{S}$$

ceci nous permettra de suivre la répartition du produit sur les bandes Rhodoïd pulvérisées.

Les concentrations des solutions de lavage sont obtenues par dosage à l'aide d'un colorimètre (si possible un spectrophotomètre) ou encore par comparaison de la coloration à une gamme de tubes à essais contenant des solutions de concentrations connues en colorant.

2 - 1 - Méthode photoélectrique.

La concentration en colorant est déterminée par cette méthode au moyen d'un spectrophotomètre.

Un faisceau de lumière de longueur d'onde donnée traverse la solution à analyser. De la proportion d'intensité lumineuse absorbée, on déduit la concentration de la substance absorbante.

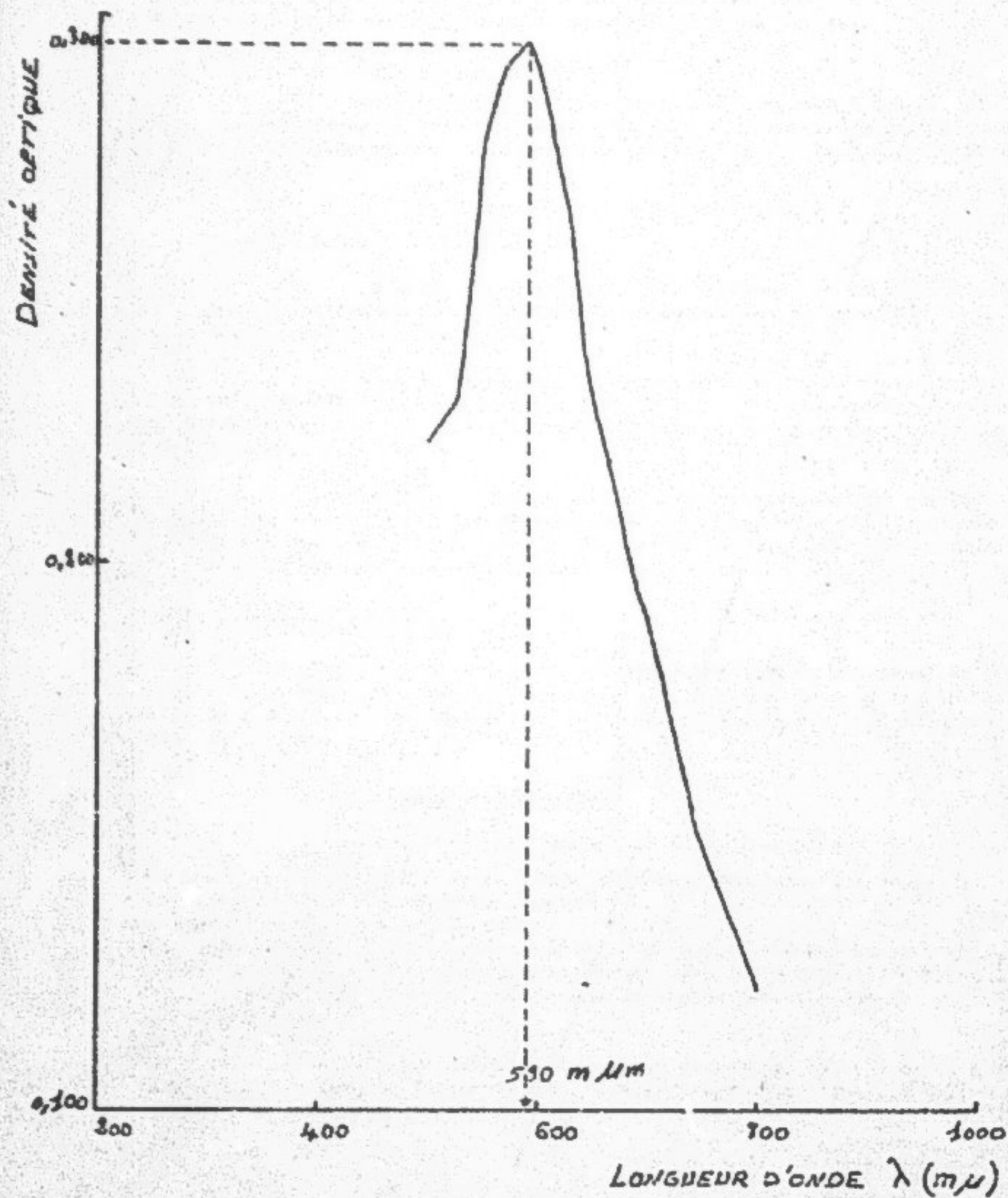
Le spectre des radiations émises s'étend de l'U.V (200 mμ) au début de l'I.R. (1 μm) domaine intéressant dans le cas de composés inorganiques. La lumière monochromatique traverse une épaisseur l (1 cm) de solution du corps absorbant (Nigrosine) contenu dans une petite cuve transparente.

R : Spatule à extrémité en caoutchouc, utilisée pour frotter les bandes au moment du lavage.

5

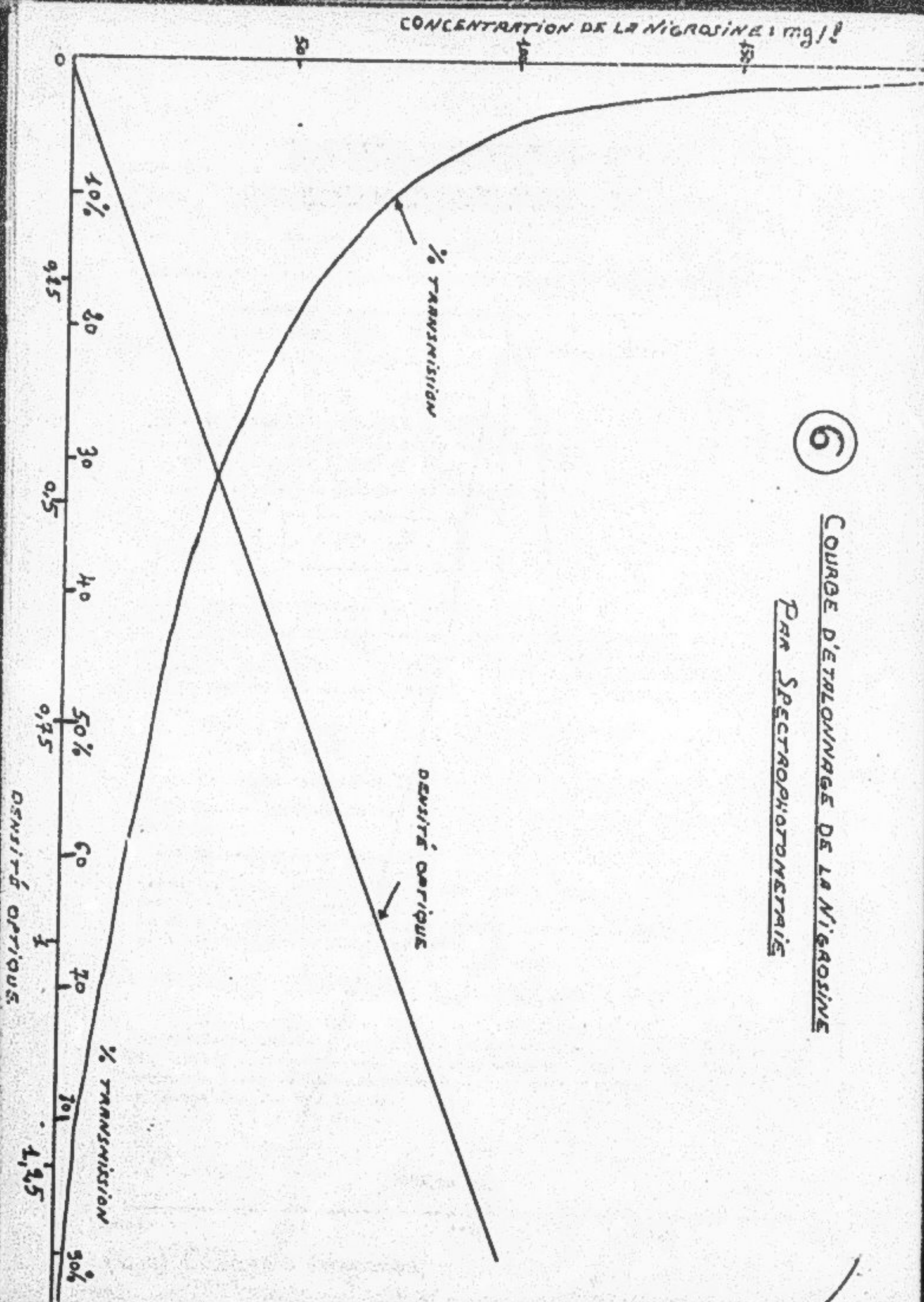
COURBE D'ABSORPTION OPTIQUE

SPECIFIQUE DE LA NIGROSINE



6

COURBE D'ETALONNAGE DE LA NIGROSINE
PAR SPECTROPHOTOMETRIE



On effectue un "essai à blanc" avec l'eau pure pour régler le zéro densité (ou 100% transmission) du spectrophotomètre. La précision des mesures est de $\pm 0,1\%$, et les erreurs qui peuvent intervenir proviennent surtout du manipulateur :

- Préparation et lavage des bandes RhodoId
- Erreurs de lecture (volume de lavage, densité optique, concentration...)
- Propreté des cuves et de la solution
- Position des cuves dans l'appareil (repérer une des faces de la même cuve)
- Fluctuation de la source lumineuse, sensibilité de la cellule,

2 - 2 - Comparaison visuelle.

La solution à analyser peut être comparée à une échelle étalon des solutions de référence de Nigrosine à différentes concentrations, de volume à peu près égaux et placées dans des tubes à essais transparents et identiques.

Les concentrations utilisées sont (mg/l) :

1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,20,30,40,50,75,100.

La solution de concentration inconnue est comparée à celle de la gamme de référence, on y attribue la concentration du tube dont la coloration à l'intensité la plus proche.

Avec la Nigrosine, la comparaison est plus facile dans le milieu de l'échelle, par exemple entre 5 et 30 mg/l. Si la solution inconnue est fortement teintée, on peut faire une dilution progressive pour se placer dans cette zone de l'échelle.

Les appréciations visuelles des concentrations ont été recoupées par dosage colorimétrique des mêmes solutions. La précision de ces coloriscopies était de l'ordre de 5 à 10%, ce qui est suffisant pour apprécier la répartition des produits phytosanitaires en général.

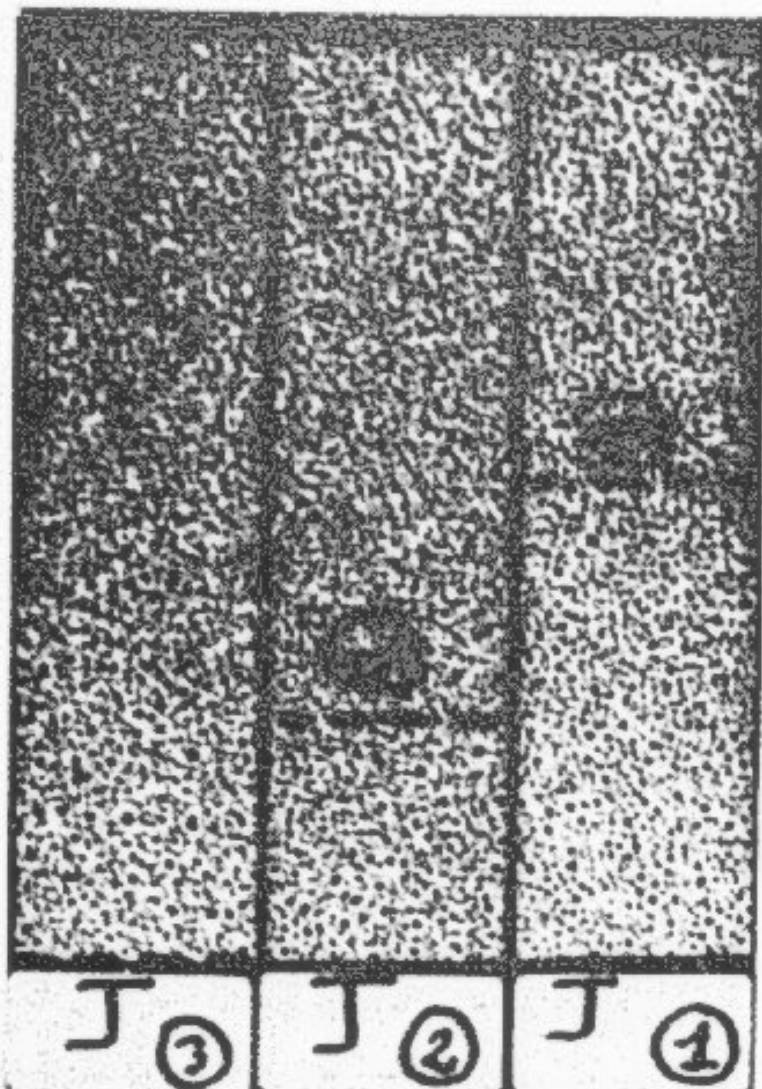
3 - REPARTITION TRANSVERSALE.

Il s'agit de recueillir la pulvérisation colorée sur toute la longueur de la rampe et à défaut sous un de ses segments. Dans ce cas les bandes de RhodoId sont étalées sur le sol perpendiculairement à l'axe d'avancement du tracteur fig.7.

3 - 1 - Réglages préliminaires.

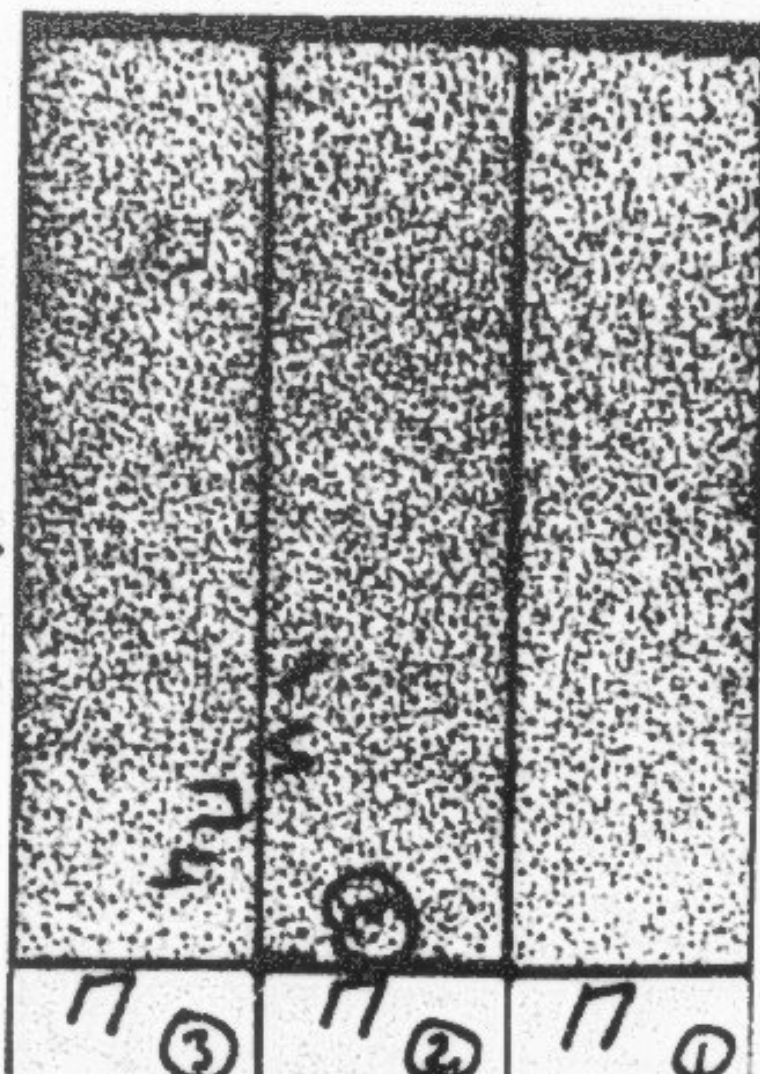
Avant d'entamer les essais on doit vérifier :

- Le débit du pulvérisateur et le débit individuel de toutes les buses
- Le parallélisme de la rampe avec le sol
- Le parallélisme des axes des buses
- La symétrie des jets par rapport aux axes des buses, car une usure irrégulière, un défaut de fabrication, une excentricité de la pastille dans son écrou ou un bouchage partiel sont autant de causes qui altèrent la symétrie de la répartition
- La hauteur de la rampe
- La pression dans la rampe est mesurée avec un manomètre, autre que celui du pulvérisateur, taré au laboratoire et dont la plage de sensibilité doit correspondre à la valeur de la pression voulue. (2 bars)



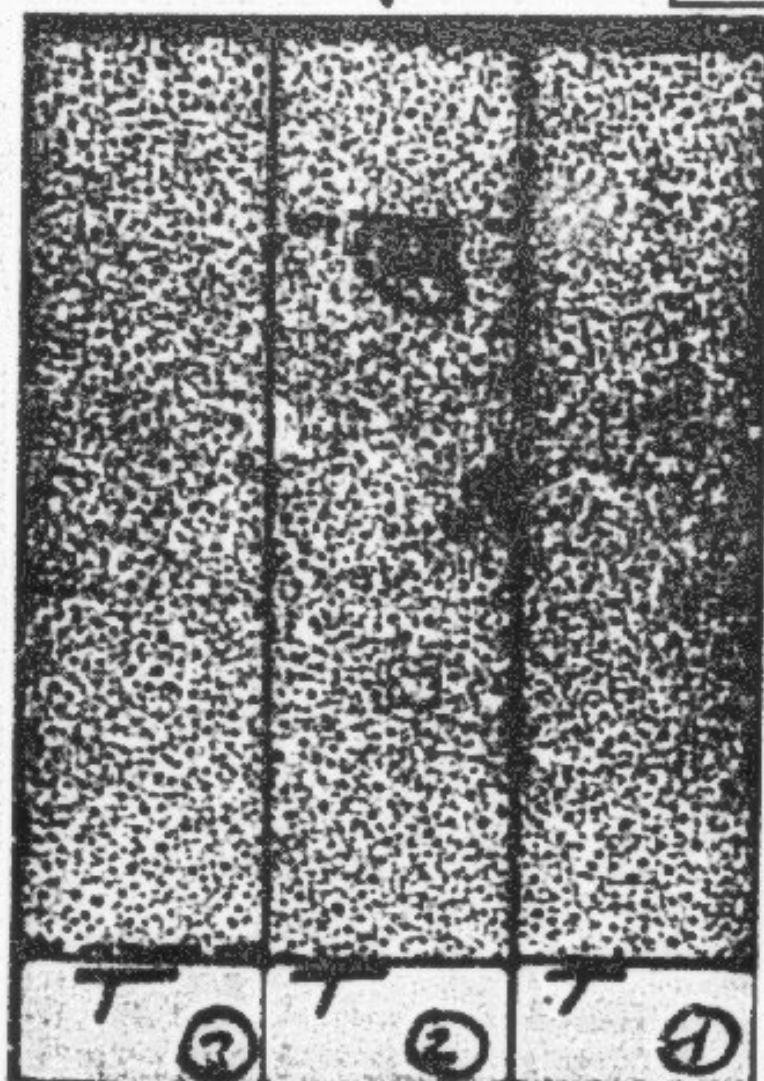
Ecartement 50 cm

BUSE N° FENTE : 11004

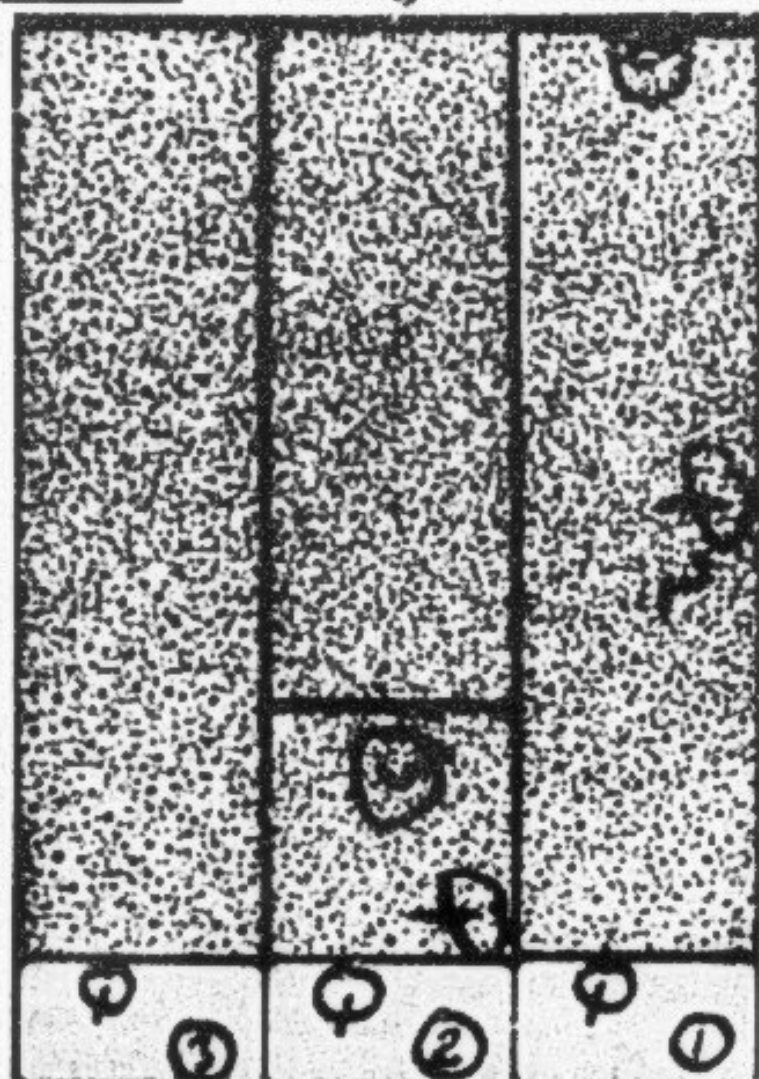


Ecartement : 65 cm

PRESSION : 2 BARS
HAUTEUR : 60 cm



BUSES N° FENTE : 8004



7

PULVERISATION COLOREE RECEUILLE SUR DES BANDES
DE RHODOID BLANC SOUS UNE RAMPE CULTURES BASSES

- Le régulateur de pression doit permettre des variations progressives de la pression dans la zone des basses pressions
- La vitesse d'avancement est mesurée avec précision
- La vitesse et la direction du vent sont déterminées au moyen d'un anémomètre et d'une girouette ou d'une manche à air au moment du passage du pulvérisateur au niveau des bandes. De préférence les essais doivent se dérouler par temps calme.

3 - 2 - Les essais.

Les essais ont été effectués avec une rampe, alimentée à l'une de ses extrémités et portant un manomètre à l'autre. Construite à cet effet en tube de plexi-glass de longueur 3 m et de diamètre 25/21 mm. Deux associations de 5 buses à fente 11004 et 8004, sélectionnées auparavant, ont été montées dans le même ordre derrière un pulvérisateur Guinard porté par un tracteur I.H. de puissance 56 CV.

Les écartements des buses adoptés sur cette rampe sont 50 et 65 cm c'est à dire les écartements théoriques trouvés par la recherche précédente après le contrôle de la qualité des répartitions obtenues pour les différents réglages. Les essais se sont déroulés par temps calme à une vitesse d'avancement 5,15 km/h (3ème lente - régime PF 540 tr/mn) et une pression de service 2 bars pour trois hauteurs différentes 45, 60 et 75 cm avec trois répartitions pour chaque type et calibre des buses.

Les dosages colorimétrique ont porté sur les deux entraxes centraux correspondants à une bande de 120 cm pour un écartement des buses 50 cm et 130 cm pour l'écartement 65 cm. Les répartitions obtenues sont représentées par la fig. 8

Les bandes ont été découpées en éléments de 5 x 5 cm.

3 - 3 - Résultats.

L'expression des volumes élémentaires, en % du volume moyen de la solution mère recueillie, permet de caractériser les répartitions par le coefficient ΣK_v :

TABLEAU IV

ΣK_v des répartitions transversales

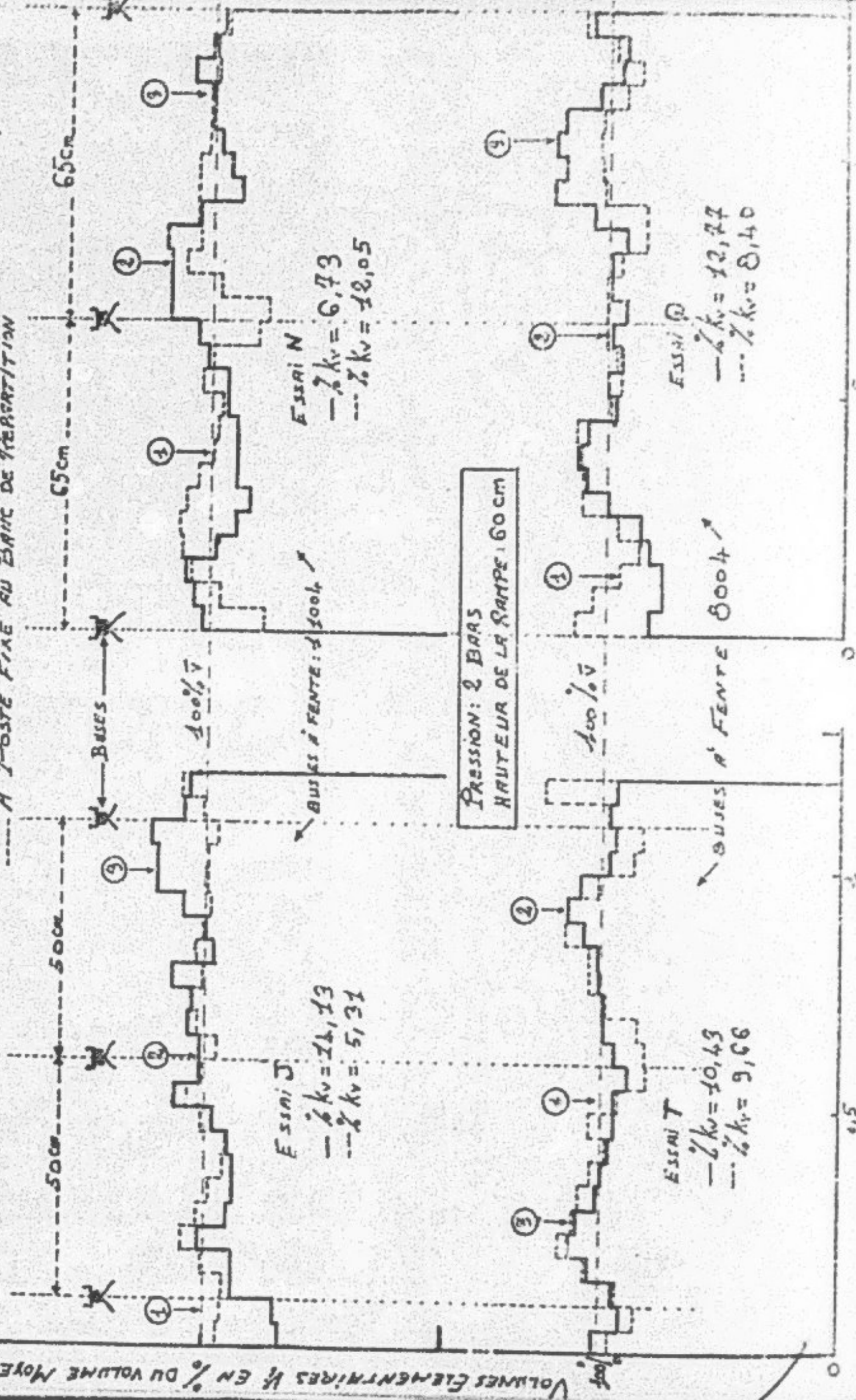
Analyse de la répartition	Association des buses à fente			
	11004		8004	
	Ecartement (cm)		Ecartement (cm)	
	50	65	50	65
Sur bandes Rhodoïd	14,1	6,7	10,4	12,7
Au banc à gouttières	5,3	12,0	9,6	8,4

8

REPARTITION DE LA PULVERISATION SOUS RAMPE CULTURES BASES

— EN TRANSLATION SUR BANDES DE RHODOID ($V_a = 5,15 \text{ km/h}$)
 - - - A POSTE FIXE AU BANC DE REPARTITION

VOLUMES ELEMENTAIRES V_i EN % DU VOLUME MOYEN



On constate :

- 1)-Les différences des coefficients d'homogénéité, obtenus avec les bandes de rhodoïd disposées au champ et au banc à gouttières, sont normales si on tient compte de différentes perturbations qui peuvent affecter la distribution du produit :
 - Les vibrations de la rampe derrière le tracteur (rampe " canne à pêche " à haubannage simple). Annexe II
 - Un vent même léger et le tourbillonnement de l'air créé par le déplacement de l'ensemble tracteur-pulvérisateur, peuvent dévier les trajectoires des gouttes au moment de leur chute.
 - Le glissement des roues du tracteur pourrait engendrer des sur-dosages locaux.
- 2)-La visualisation des dépôts de la pulvérisation sur les bandes Rhodoïd permet d'apprécier la qualité de la répartition au champ, de détecter les zones de sur-dosages ou sous-dosages dûs à un défaut de réglage de la rampe.
- 3) - Les dosages colorimétriques décèlent les manques ou les excès locaux du produit non appréciables à l'œil.
- 4) - La comparaison entre les volumes locaux recueillis sur les bandes de Rhodoïd par rapport à ceux qui sont effectivement épanchés par le pulvérisateur, nous renseigne sur les pertes de la matière active sous une rampe pour cultures basses. Ces pertes restent faibles (10% maximum) pourvu que les réglages soient respectés et le traitement est effectué dans des conditions raisonnables.

4 - LA REPARTITION LONGITUDINALE

La répartition de la pulvérisation suivant la direction d'avancement peut être relevée sur des bandes Rhodoïd de plusieurs dizaines de mètres étalées parallèlement à l'axe de passage du tracteur. Cela nous permettra de suivre la quantité de liquide épanché tout le long du parcours du pulvérisateur. Ce travail nécessite des dosages colorimétriques assez nombreux.

On se limite à l'étude des différents facteurs qui influent sur la régularité de répartition longitudinale.

4 - 1 - Le maintien d'une concentration constante .

L'homogénéité de concentration de la bouillie dans la cuve, depuis sa confection au remplissage jusqu'à la fin de pulvérisation ne peut être assurée que par :

- Un empâtage préalable de certains produits
- Stabilité de la dispersion du produit dans le diluant sans floculation ni dépôt.

- Agitation efficace de la bouillie, d'autant plus énergique que la cuve est de grande capacité (1500 - 3000 l) avec des mouvements de brassage au fond de la cuve (dépôt des suspensions), parfois au voisinage de la surface (crénage des émulsions), de bas en haut (homogénéisation des engrais liquides). Une agitation trop forte peut provoquer un moussage abondant qui finit par perturber le fonctionnement des pompes.

4 - 2 - Soupapes anti-égouttage.

Se sont des dispositifs équipant chaque buse pour empêcher la vidange des canalisations de la rampe lorsqu'en ferme le distributeur.

4 - 3 - Volume épandu par hectare constant.

Une fois choisie la dose de produit à appliquer, le volume de bouillie épandue par hectare de terrain est lié à trois facteurs :

- Le débit de l'appareil : Q en litres par minute
- La vitesse d'avancement: V_a en km/h
- La largeur traitée : L (en mètre) qui est égal au nombre des buses (n) multiplié par leur écartement :

$$L = n \cdot e$$

L'utilisateur ne peut donc jouer, le cas échéant que sur la vitesse d'avancement et sur le débit de l'appareil pour obtenir le volume de liquide qu'il souhaite par hectare (voir la règlette du CNEEMA).

$\text{VOLUME/ha en litres} = \frac{600 \cdot Q}{L \cdot V_a}$
--

. En ce qui concerne les pulvérisateurs à pression de liquide le débit est réglé suivant le calibre des buses et la pression

. Sur les appareils utilisant un autre procédé de pulvérisation le débit est réglé par interposition de gicleurs interchangeables ou de robinets à fermeture progressive.

Deux méthodes de réglage sont donc possibles suivant qu'on se donne une vitesse d'avancement ou, au contraire, un débit de l'appareil.

Toutefois, ces principes ne sont applicables que lorsqu'on a taré l'appareil au préalable.

4 - 3- 1. Cas des appareils à pression constante.

Sur les appareils classiques, la dose de produit phytosanitaire épandu le long du parcours du pulvérisateur varie en fonction de régime-moteur du tracteur. En accélérant plus ou moins, le débit des pompes (pompes volumétriques en général) entraînées par la prise de force varie en conséquence.

Sur le pulvérisateur à régulateur classique, la pression est maintenue constante en serrant plus ou moins le ressort du régulateur de façon que la soupape du retour en cuve ne s'ouvre que lorsqu'on atteint la pression de tarage pour mettre hors circuit l'excès du liquide refoulé par la pompe à la suite d'une augmentation du régime de prise de force.

$$Q_r = D_p - R_c$$

Q_r : débit de la rampe

D_p : débit de la pompe

R_c : retour en cuve

Ainsi le débit de la rampe reste constant puisqu'il est égal à la somme des débits de toutes les buses, et que le débit d'une buse est fixé par la pression (p).

$$Q_r = n \cdot q$$

n : nombre des buses

q : débit d'une buse

$$q = k \sqrt{p} \quad \text{d'où} \quad Q_r = n \cdot k \sqrt{p}$$

le débit étant constant, si la vitesse d'avancement varie (à la suite du changement de régime moteur ou du rapport de multiplication) le dosage sur le terrain varie en raison inverse. Pour des pompes à débit normal faible, on est obligé de garder un régime moteur convenable pour avoir un retour en cuve suffisant. D'autre part, les roues motrices risquent de glisser en terrain humide sur les sols à texture fine d'autant plus que l'appareil est lourd et le réservoir est de grande capacité.

Lorsque ces facteurs sont à craindre (variation de la vitesse et glissement des roues), il est indiqué d'adopter un dispositif assurant un débit de rampe proportionnel à la vitesse d'avancement.

4 - 3 - 2. Autres dispositifs de réglage du volume/ha.

Pour maintenir le volume à l'ha constant il faut que le débit de la rampe varie à tout moment dans le même rapport que celui de la vitesse réelle d'avancement soit d'une manière approximative en fonction du régime de prise de force sans tenir compte du glissement des roues motrices, soit d'une façon plus précise en fonction de la vitesse de rotation des roues porteuses du pulvérisateur.

Ceci revient à dire que le volume épandu par unité de surface reste toujours constant à tout moment quelque soit la vitesse d'avancement et chaque variation de surface balayée est compensée par le volume épandu.

$$\frac{V}{S} = Cte$$

$$V = Q.t$$

$$S = V_a . L . t$$

$$\frac{Q_r}{V_a} = Cte \quad \text{ou}$$

$$Q_r = K . V_a$$

et puisqu'on a :

$$Q_r = n . q$$

$$q = K . V_p$$

donc

$$p = \frac{K}{n^2} . V_a^2$$

Il en résulte que le débit de la rampe (ou débit de n buses) est proportionnel à la vitesse d'avancement du tracteur, tandis que la pression n'est plus constante mais elle varie proportionnellement avec le carré de la vitesse et à l'inverse de carré du nombre des buses.

Ce principe est à la base de plusieurs dispositifs de réglage du débit équipant les pulvérisateurs modernes

- Régulateur de débit à diaphragme
- Régulateur centrifuge
- Pulvérisateur à pompe doseuse entraînée par les roues porteuses

5 - REGLAGE D'UN PULVERISATEUR ARBORICOLE.

Les traitements arboricoles font appel à des pulvérisateurs à grande portée, tels que ceux à jet porté, les canons pneumatiques et par extension les appareils montés sur avions ou hélicoptères.

5 - 1 - Pulvérisateurs arboricoles à pression de liquide à jet porté.

5 - 1 - 1. Le jet porté.

En jet porté, l'énergie cinétique y fournie doit assurer le transport des gouttes à toutes les parties du feuillage, elle est proportionnelle au débit et à la pression de pulvérisation. Par freinage, les gouttes véhiculées perdent leur vitesse initiale d'autant plus vite qu'elles sont plus fines et l'entraînement d'air devient moins efficace d'autant plus que le jet est de plus grand angle.

En conséquence, si on travaille à faible volume/ha il est indispensable de transporter ces petites gouttes avec un flux d'air assez puissant pour assurer la portée dans la partie haute des arbres.

D'autre part et dans le cas d'interlignes étroits, par exemple 4 m, il est préférable d'utiliser des pulvérisateurs traînés, qui sont plus bas et carénés pour éviter d'accrocher les branches. De la même façon, on ne peut monter une cabine sur le tracteur si les arbres ont un feuillage très développé, ce qui pose le problème de la protection du tractoriste notamment vis-à-vis de la pulvérisation.

5 - 1 -2. La soufflerie. (fig 9 A)

Sur les pulvérisateurs à pression à jet porté, la soufflerie comporte un ventilateur hélicoïde donnant un fort débit d'air (12 à 15 m³/s) à une vitesse relativement faible de l'ordre de 30 à 40 m/s. Les trajectoires hélicoïdes des filets d'air produit sont corrigés par un redresseur à aubes fixes de façon à répartir le flux d'air dans un plan perpendiculaire à l'axe du ventilateur au moyen d'un défecteur.

Les buses sont disposées sur deux demi-rampes en arc de cercle dans les secteurs de sortie d'air de part et d'autre du pulvérisateur. Elles sont orientables, dans le plan vertical, et obturables.

5 - 1 -3. Puissance absorbée.

La puissance absorbée par le ventilateur est de l'ordre de 20 cv. Une telle puissance est nécessaire pour traiter des haies fruitières d'interligne 4 m et de hauteur 3 m, surtout en présence du vent et au début de saison lorsque le feuillage n'est pas encore développé. A fortiori, la puissance d'air doit être augmentée pour des plantations à grand interligne (le pulvérisateur absorbe 30 à 35 cv). Si l'on ne dispose pas à la prise de force d'une telle puissance, les constructeurs proposent par exemple des buses à turbulence à jet réglable. Ces dernières sont orientées vers les parties hautes des arbres et réglées pour donner de petits angles (jets bâtons), en diminuant la turbulence du liquide. Il y a alors, au prix d'une augmentation du débit des buses, production de grosses gouttes capables d'atteindre les sommets de la végétation. Ces buses modernes à forte turbulence produisent des pulvérisations fines aux pressions moyennes de l'ordre de 10 bars. Si l'on évalue le débit nécessaire pour la pompe même dans le cas des volumes/ha élevés (de l'ordre de 1000 l), on trouve par exemple, pour un interligne de 4 m et une vitesse d'avancement de 6 km/h, une valeur de l'ordre de 60 l/mn. Pour une pression de 15 bars, la puissance communiquée de la pompe au liquide débité est de l'ordre de 2 cv. Compte tenu des résistances passives, la puissance absorbée par la pompe sera environ de 4 cv, bien inférieur à celle que nécessite la soufflerie.

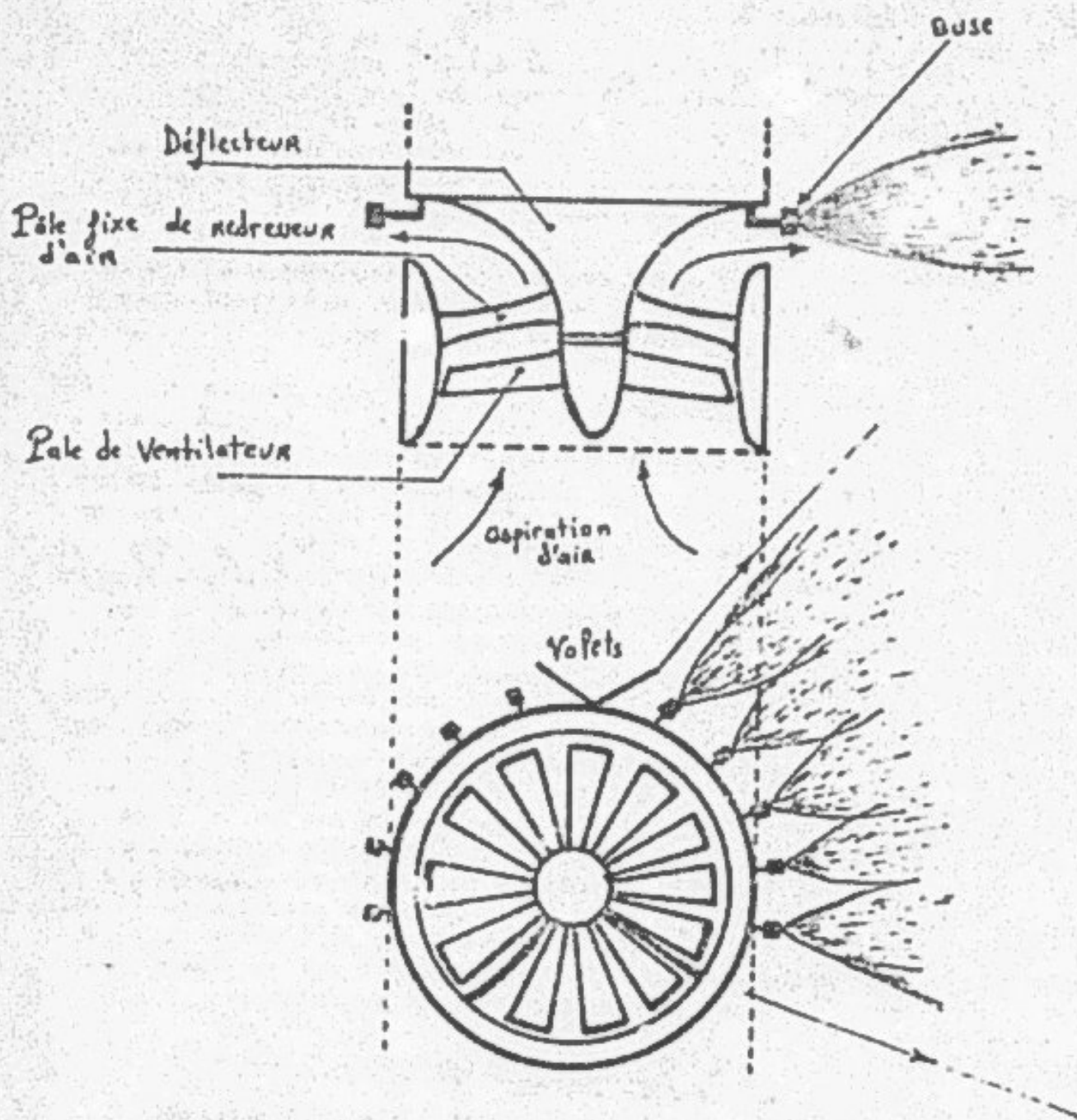
5 - 1 -4. Les buses utilisées et leurs réglages. (fig. 9 B)

Le choix des buses à turbulence pour les pulvérisateurs arboricoles est justifié par la nécessité d'assurer la couverture d'un grand volume de feuillage. A pression égale, ce type de buse assure une meilleure division du liquide et d'autre part la forme conique du jet assure la pénétration de la pulvérisation sous des incidences variées. L'agitation du feuillage par le flux d'air favorise cette pénétration.

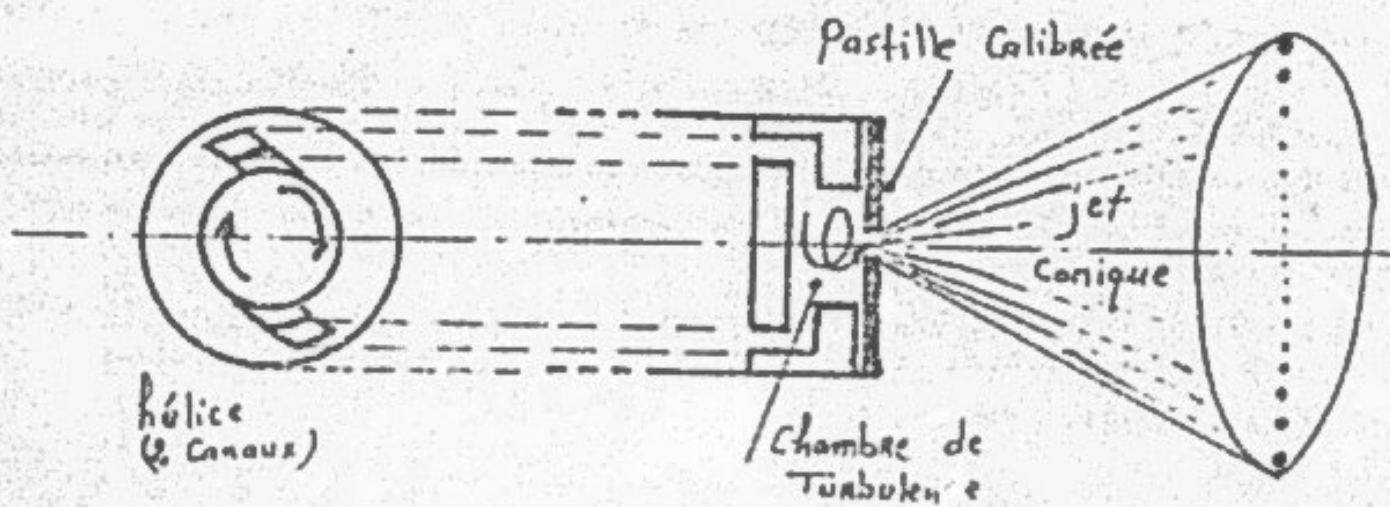
En effet, beaucoup de traitements arboricoles nécessitent une couverture des faces foliaires avec une forte densité d'impacts de gouttes ; c'est le cas des applications de fongicides préventifs, de la lutte contre les acariens et les cochenilles.

9 PULVERISATEUR A'PRESSION A'JET PORTÉ

A- SCHEMA DE SOUFFLERIE



B- SCHEMA DE BUSE A' TURBULENCE



La bonne pénétration de la pulvérisation, à l'intérieur d'un feuillage épais et dense n'est assurée que lorsque les buses sont convenablement orientées sur toute la hauteur des arbres. Le calibre de ces buses et leurs positions conditionnent le recoupement des jets et la répartition du liquide sur toute la hauteur traitée.

Un autre point qui mérite l'attention est le suivant :

Par souci d'augmenter la rapidité et l'efficacité des traitements dans les végétations denses et hautes, on peut réduire le volume à l'ha à 200 l ou même moins en utilisant des appareils à jet porté équipés de buses spéciales qui produisent des gouttelettes fines sous pression de l'ordre de 5 à 15 bars.

L'influence du choix des buses et de leur orientation, sur la répartition verticale de la pulvérisation a fait l'objet de l'étude ci-après :

5 - 2 - Contrôle de la répartition verticale.

La distribution de la pulvérisation en hauteur a été étudiée pour deux orientations empiriques des buses à turbulence de calibre respectif : 18/10 de mm mm d'une hélice à 5 canaux d'injection et 10/10 de mm à 2 canaux.

Les traitements ont été effectués au champ au moyen d'un pulvérisateur arboricole TECHNOMA (PF 400) équipé d'une pompe à piston-membrane et d'un ventilateur à pâles noires puissantes (30 cv) . Il est porté derrière un tracteur III de puissance 56 cv fonctionnant à un régime PF 540 tr/mn. La vitesse d'avancement est de 5,15 km/h et la pression de service est de 8 bars.

Les dépôts de l'eau colorée à la Nigrosine (5 g/l) ont été recueillis sur des bandes de rodod blanc fixées contre des supports verticaux (pylones de 5 m) et placées à 4 m de l'axe de passage du tracteur.

Les étapes suivies sont les suivantes :

5 - 2 - 1. Tarage du pulvérisateur

L'opération de tarage consiste à mesurer le débit de l'appareil en fonctionnement normal (2PF 540 tr/mn) à poste fixe ou en déplacement et pour différentes pressions en équipant la rampe à chaque fois par des buses à turbulence 18/10 mm puis les buses 10/10 de mm.

On a procédé comme suit :

- Vérifier la propreté du circuit hydraulique (notamment la cuve, les filtres et les buses).
- Monter les buses sur la rampe
- Verser de l'eau dans la cuve (ne pas faire fonctionner la pompe sans eau).
- Régler le régime de prise de force à 540 tr/mn afin qu'il corresponde au régime normal du ventilateur.
- Monter la pression à 8 bars en agissant sur le régulateur. (La pression était lue sur un manomètre taré monté sur la rampe).
- Vérifier l'absence des fuites ou s'il y a des jets anormaux.

- Contrôler à nouveau la pression sans oublier d'isoler le manomètre.
- Fermer le robinet d'alimentation.
- Remplir à nouveau la cuve à ras bord.
- Ouvrir le robinet d'alimentation de la rampe.
- Maintenir le remplissage à ras bord de la cuve.
- Retirer très rapidement le tuyau de remplissage et simultanément démarrer le chronomètre.
- Une fois le temps d'expérience écoulé (nombre entier de minutes) on ferme l'alimentation de la rampe.
- Arrêter la pompe en débrayant la prise de force.
- Remplir à nouveau la cuve à ras bord en mesurant le volume d'eau nécessaire en litres.

Ce volume d'eau rajouté, divisé par la durée enregistrée au chronomètre, donne le débit du pulvérisateur (l/mn). Ce débit nous a permis de calculer le volume à épandre par hectare avec les buses utilisées à la pression de 8 bars, pour un interligne de 8 m et la vitesse choisie. Avec les mêmes buses, il n'est pas nécessaire de refaire le tarage à différentes pressions d'utilisation. Il suffit d'appliquer la formule :

$$Q' = Q \sqrt{\frac{P}{P'}}$$

Dans laquelle les débits Q' et Q correspondent respectivement aux pressions P' et P . Ces calculs peuvent être supprimés en utilisant la règle spéciale du CNEHA mise au point pour faciliter le tarage des pulvérisateurs.

5 - 2 - 2. Les essais .

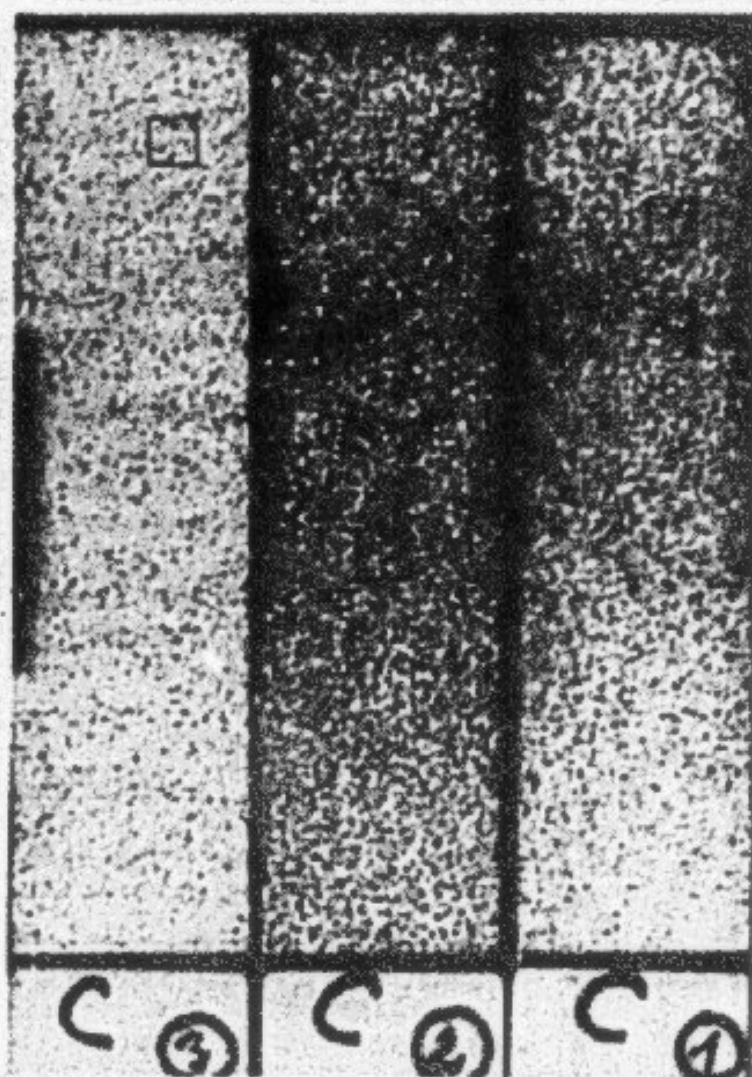
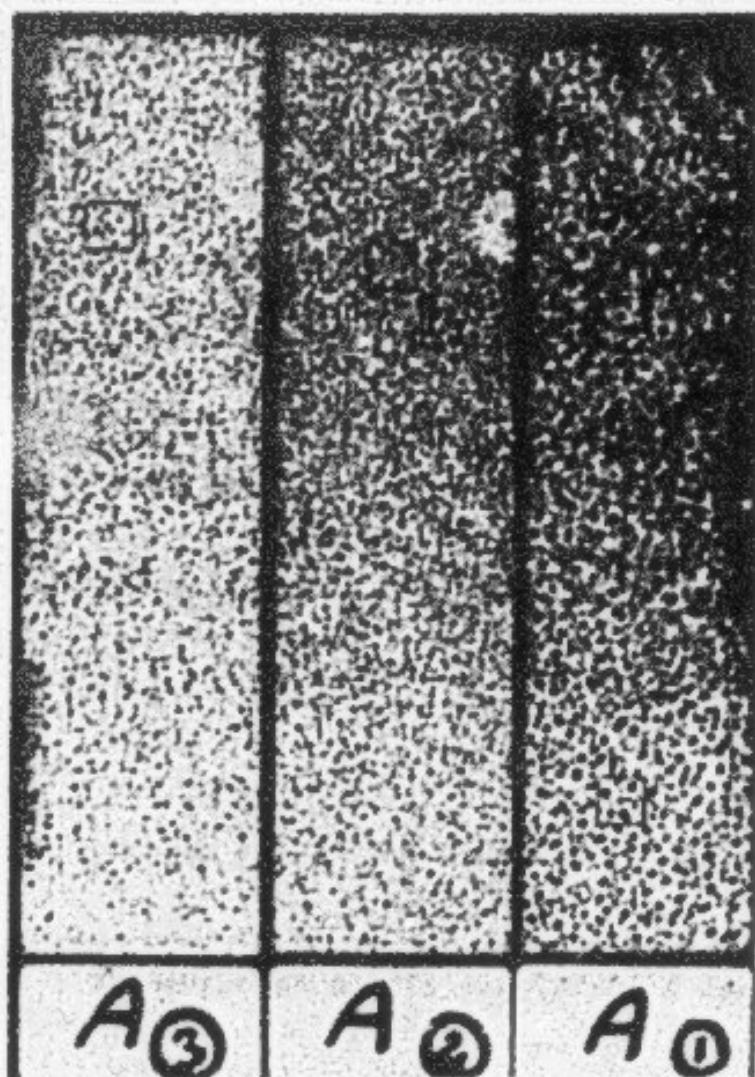
L'orientation des buses a été réglée à vue de façon à couvrir, avec les cinq jets des buses de chaque demi-rampe, une hauteur de feuillage de 3,50 m d'arbres dont la forme est en boule. La vitesse du vent est mesurée à chaque essai par une deuxième personne, au moyen d'un anémomètre au moment du passage du pulvérisateur devant les bandes.

Plusieurs essais ont été effectués mais nous n'en avons retenu que quelques uns seulement à cause des erreurs que le vent peut introduire dans ce genre d'essais par son instabilité à la fois en direction et en vitesse.

5 - 2 - 3. Résultats.

Les dosages colorimétriques ont porté sur les solutions de lavage des bandes rhodoïd découpées en éléments de 20 cm de long .
On constate :

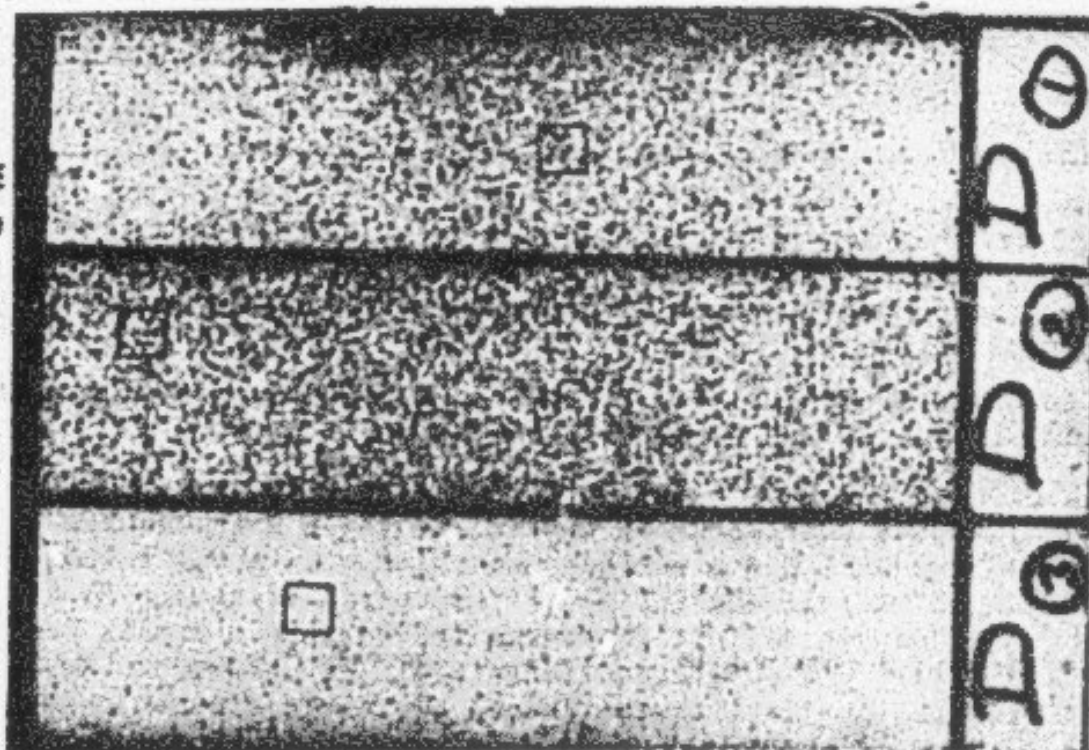
1- La qualité de la répartition peut être jugée immédiatement sur le champ après passage du pulvérisateur devant les bandes grâce à la visualisation des dépôts par le colorant (fig. 10). Des zones, à densité d'impacts plus ou moins élevée, peuvent être remarquées facilement, ce qui nous permettra de modifier le réglage de l'orientation des buses en fonction de la hauteur à traiter, des excès ou manques en rapport avec la forme des arbres (en boule, triangulaire, allongée) et l'importance du volume du feuillage en profondeur.



INTERLIGNE : 8 m
PRESSION : 8 BARS
VITESSE D'AVANCEMENT : 5,15 km/h

BUSES À TURBULENCE
{ 18/10 mm
H₅

vent latéral :
1-2 m/s



BUSES À TURBULENCE
{ 18/10 mm
H₅

vent latéral :
1,5-2,5 m/s

BUSES À TURBULENCE :
{ 10/10 mm
H₂
vent latéral : 0,5-1,5 m/s

10

PULVERISATION COLOREE RECEULIE SUR
BANDES RHODOÏD BLANC - PULVERISATEUR ARBORICOLE

2)- Les quantités de produit recueillies à différentes hauteurs sont proportionnelles aux volumes de liquide pulvérisé sur les tronçons de bandes de 20 x 5 cm. Elles dépendent notamment des orientations des buses dans le plan vertical.

Les volumes recueillis ont été portés en % du volume moyen sur un histogramme qui est comparé à l'épaisseur moyenne du feuillage des arbres aux différentes hauteurs (fig. 11 à 13). Le profil moyen du feuillage a été figuré par un trait interrompu sur les histogrammes.

Considérant à chaque niveau l'écart entre le % en volume obtenu à ce niveau et le % souhaité proportionnel à l'épaisseur du feuillage, on peut calculer l'écart type et l'exprimer en pourcentage du volume moyen. (Tableau ci-dessous).

TABIEAU N° V

% Kv des répartitions verticales obtenues sur bandes rhodoid
(Rampe arboricole)

- Interligne : 8 m - Pression : 8 bars - Vitesse d'avancement: 5,15 km - Nombre de buses sur la demi-rampe : 5	Buses à turbulence (18/10 de cm) (H5)		Buses à turbulence (10/10 mm) (H2)
	Volume/ha : 465 l		Volume/ha: 88,2 l
	Vitesse du vent (m/s) 1 à 2 1,5 à 2,5		vitesse du vent 0,5 à (m/s) 1,5
	orientation N° 1	Orientation n°2	Orientation N°2
	26,7	33,7	37,3

Le plus faible Kv, obtenu avec la première orientation des buses à volume/ha élevé, a donné un histogramme qui épouse le plus fidèlement le profil du feuillage.

3)- La comparaison des histogrammes correspondants, représentés par les figures 11 et 12, appelle des remarques suivantes :

Avec les orientations données aux buses dans le premier essai, les jets paraissent se croiser de façon à concentrer la pulvérisation vers les niveaux 1 à 3 m correspondants au plus grand volume de feuillage. Cependant, l'histogramme (fig. 11) montre, au voisinage du niveau 1,5 m de la zone fruitière, un déficit de dosage indécidable à simple observation de jets ; et d'autre part une projection indésirable de produit au dessus de la cime des arbres. La deuxième orientation donnée aux buses (fig. 12) réduit fortement cette perte de produit en hauteur mais crée un déficit dans le traitement des pointes. Par contre le déficit dans la zone fruitière est largement comblé avec un léger excédent pouvant être bénéfique dans un traitement mixte visant à la fois le feuillage et les fruits.

11

REPARTITION VERTICALE SUR RHODOID BLANC

Orientation des buses N° 1 (Essai A)

INTERLIGNE: 8 m

BUSES A TURBULENCE: PASTILLE 17/10 mm - HELICE #5 CRVMAX

VITESSE D'AVANCEMENT: 5,45 km/h

PRESSION: 8 BARS

VOLUME / h: 465 l

VITESSE DU VENT: { 2 m/s max
1 m/s min

BOUILLIE: EAU + NIGROSINE (5g/l)

PROFONDUR

Avancement

vent

Bande fluo

% kv = 26,7

100%

200%

VOLUMES ELEMENTAIRES En % du Volume Moyen

12

REPARTITION VERTICALE SUR RHODOID BLANC

Orientation des bûches 2 (Essai C)

INTERLIGE: 8 m

BUSES A TURBULENCE: INSTILLE 18/10. HELICE A 5 CANAL

PRESSION: 8 bars

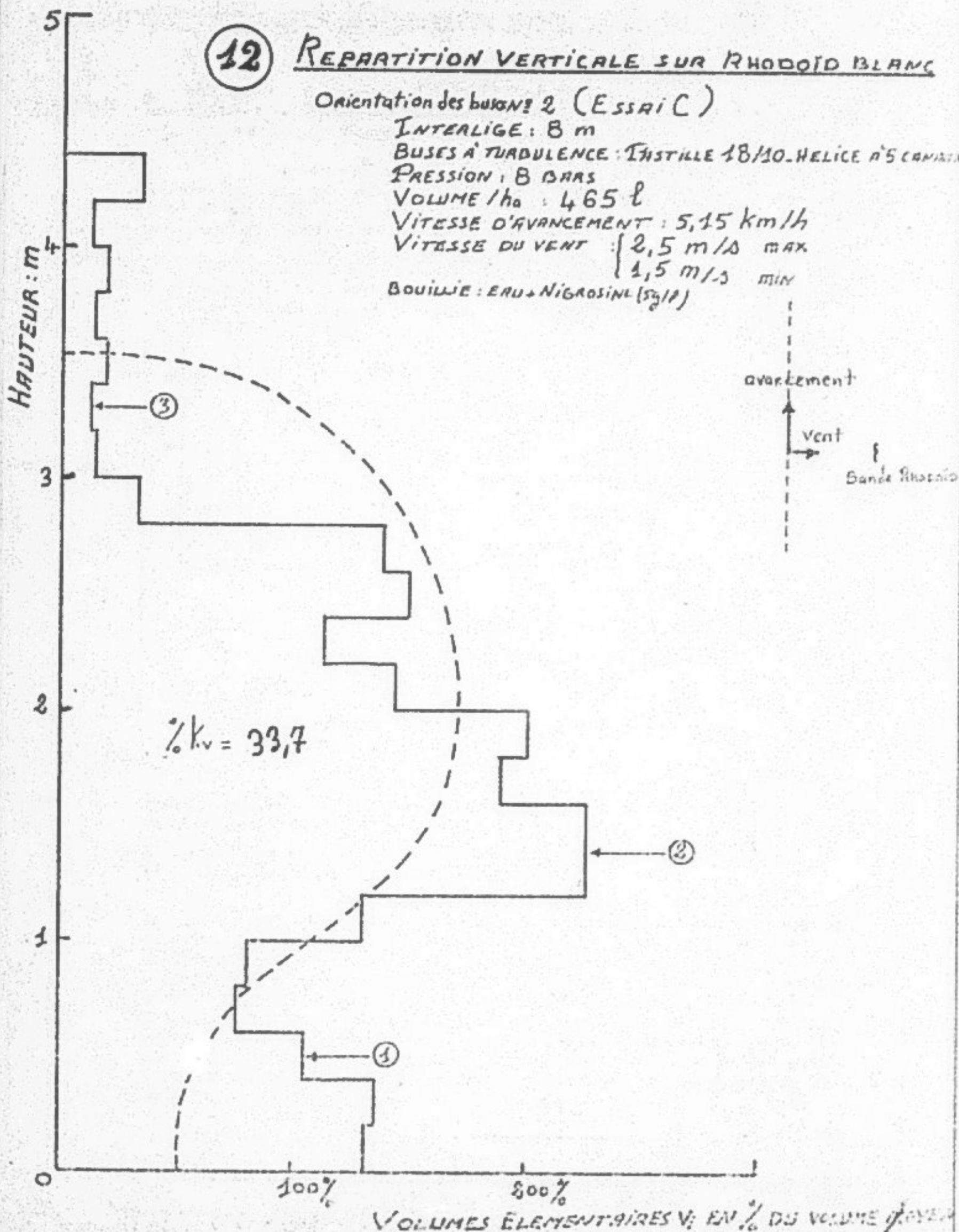
VOLUME / ha: 465 l

VITESSE D'AVANCEMENT: 5,15 km/h

VITESSE DU VENT: { 2,5 m/s max

1,5 m/s min

BOUILLIE: Eau + NIGROSINE (5g/l)



13

REPARTITION VERTICALE SUR RHODOID BLANC

Orientation de l'essai N°2 (Essai D)

INTERLIGNE : 8 m

BUSES A' TURBULENCE : PASTILLE 10/40 mm - HELIX 12 cm

VITESSE D'AVANCEMENT : 5,15 km/h

PRESSION : 8 BARS

VOLUME/Ha : 88,8 l

VITESSE DU VENT : 0,5 m/s à 1,5 m/s

BOUILLIE : EAU + NERGOSINE (5 g/l)

HAUTEUR : m

avancement

vent

Bande Rhodo

$\% k_v = 37,3$

100%

Scale

VOLUMES ELEMENTAIRES V EN % DU VOLUME MOYEN

Ces essais montrent qu'une légère modification des orientations relatives des buses, de l'ordre de 5 à 10 degrés d'angle, dont l'effet, si l'on se contente d'observer l'ensemble des jets, est imperceptible, entraîne une importante modification de la répartition du produit sur les arbres. Cette différence est nettement mise en évidence à simple observation de la densité des dépôts sur la bande récaptrice verticale, et d'une façon quantitative par comparaison des solutions de lavage à une échelle de référence de concentration différente pour le même colorant utilisé.

4)- L'histogramme de la fig. 13, obtenu avec des buses 10/10 mm-H2 pour la même orientation des jets et sous un vent latéral également faible, montre un profil comparable à celui de la fig. 12 avec un maximum de dépôts se situant un peu plus haut (environ 2 m) et un léger excédent au pied de l'arbre. Le déficit visible vers la cime de l'arbre n'est pas dû, comme ce pourrait être le cas sur l'histogramme de la fig. 12, à une orientation insuffisante des buses tirant vers le haut mais uniquement à l'action du vent qui, bien que ne s'opposant pas à la progression du flux d'air, rabat vers l'horizontale la partie supérieure du flux qui en absence du vent garnirait la cime. En effet la pulvérisation à forte turbulence obtenue avec des buses de faible calibre (10/10 mm) et de telle type d'hélice (H2) est extrêmement fine : environ 98% du volume de la pulvérisation est formée de gouttes de diamètre (200 μ m). Ces petites gouttes de faible énergie cinétique sont totalement tributaires du flux d'air pour leur transport jusqu'au feuillage.

Le calibre 10/10 mm étant le minimum de sécurité pour limiter les risques de bouchage et le déport de la pulvérisation par le vent. Dans le cas d'interligne étroit (ex. 4 m), le volume/ha aurait été d'environ 100 l ce qui est proche du minimum pratiqué pour les pulvérisations à pression à jet porté.

En revanche, la buse 18/10 mm donne un jet de gouttes étroit à débit assez élevé (3,2 l/m) et dont l'énergie cinétique propre est conservée au début du parcours par le flux d'air dont la vitesse au départ est de même ordre de grandeur que celui du jet.

D'autre part, la pulvérisation obtenue avec les buses 18/10 mm comporte près de 50% du volume de liquide sous forme de gouttes dont le diamètre dépasse 230 μ m (voir analyses dimensionnelles) gouttes susceptibles de poursuivre leur trajet dans le cas d'une légère défaillance du flux d'air par suite d'une rafale de vent.

Pour conclure on voit ici, malgré une puissance relativement grande du ventilateur (une trentaine de CV) soit, avec la pompe et les résistances passives, environ 35 CV prélevés à la prise de force, l'insuffisance du flux d'air pour traiter des arbres de hauteur moyenne à grand espacement.

CONCLUSION :

L'observation visuelle des jets d'une rampe ne donne pas une information fidèle sur la répartition en volume de la pulvérisation. Les grandes différences des répartitions obtenues pour des faibles variations de différents réglages, justifient un contrôle systématique de la qualité du travail au champ préalable à l'application effective des produits phytosanitaires. De tels contrôles sont possibles avec des moyens simples comme nous l'avons vu avec la méthode colorimétrique.

II - ANALYSE DIMENSIONNELLE DE LA PULVERISATION

Les produits agropharmaceutiques propres aux différents parasites doivent être également répartis, sur les plantes à protéger, sous forme de gouttelettes de dimensions appropriées à l'application envisagée. Il s'agit de couvrir les surfaces foliaires avec des gouttes suffisamment homogènes, plus ou moins fines et plus ou moins denses suivant le type de traitement. Les gouttes des pulvérisations agricoles ont des diamètres compris entre quelques dizaines et quelques centaines de μ m.

1 - EFFICACITE DU TRAITEMENT.

La finesse de la pulvérisation dépend, entre autres, de la nature des organes de pulvérisation choisis et du réglage y apporté. Elle augmente généralement lorsque :

- la pression du liquide croît ;
- le diamètre de l'orifice des buses décroît ;
- les buses sont du type à chambre de turbulence plutôt que des types à fente ou à miroir.

Cependant pour réussir les traitements antiparasitaires on doit tenir compte de quelques facteurs :

1 - 1. Types de traitements :

Une forte pénétration de la pulvérisation et une couverture dense sont nécessaires dans les applications fongicides et des herbicides de contact ; ce qui autorise une pulvérisation moyennement ou relativement fine obtenue par des buses à turbulence et éventuellement des buses à fente. S'il s'agit d'herbicides téléttoxiques ou d'insecticide, une densité d'impacts moins importante justifie les pulvérisations relativement grossières obtenues par des buses à fente.

Dans tous les cas le respect des réglages : pression, hauteur de la rampe, type et calibre des buses est la condition essentielle pour limiter les embruns formés par la fraction de gouttes très fines.

On peut donner un ordre de grandeur de la finesse des gouttes en fonction du diamètre moyen ($D_{V/5}$) de ces dernières :

0 - 100 microns	pulvérisation très fine ;
100 - 200	" fine ;
200 - 400	" moyennement grossière ;
> 400	" grossière.

1 - 2. Volume/ha à épandre :

La grandeur du volume de liquide à épandre par hectare est en étroite relation avec le diamètre des gouttes si on désire obtenir une densité déterminée de gouttes par cm^2 de surface foliaire. C'est ainsi si on réduit 10 fois le volume du liquide par hectare, il faudrait des gouttes de diamètre 2,15 fois plus petit couvrant une surface 4,62 fois moins grande pour garder la même densité d'impacts (nombre de gouttes/ cm^2 de surface à traiter).

A volume égal de bouillie, le pouvoir couvrant est d'autant plus grand que le diamètre moyen des gouttes est plus petit.

Pour fixer les idées on peut classer les traitements suivant un ordre de grandeur des volumes à l'hectare :

> 600 litres/ha	Traitement à volume élevé ;
200 - 600 "	" " moyen ;
20 - 200 "	" à bas volume ;
< 20 "	" ultra bas volume.

La réduction du volume de liquide, souhaitée dans le but d'augmenter le rendement horaire des traitements, devient possible en réduisant les dimensions de gouttelettes et en améliorant leur pénétration à l'intérieur du feuillage.

Ce résultat peut être obtenu avec des buses de faible calibre montées sur des appareils à jet porté, des appareils pneumatiques ou centrifuges. Des produits huileux concentrés, non phytotoxiques, sont utilisés dans les pulvérisations très fines pour éviter l'évaporation des gouttes.

1 - 3. Limitation des pertes :

Les traitements à volume/ha élevé produisent du ruissellement de liquide lors de dépôt des grosses gouttes sur les feuilles. Par contre les gouttes fines adhèrent mieux à la surface foliaire mais elles sont plus sensibles à l'action du vent et de la température. Cet ensemble de considérations nous a conduit à analyser les populations des gouttes obtenues par deux calibres de buses à fente (1100 μ et 800 μ) et celles des buses à turbulence (de calibre 18/10 mm équipée d'une hélice à 5 canaux et 10/10 de mm à 2 canaux d'hélice) suivant deux méthodes différentes : celle pratiquée au laboratoire d'analyses dimensionnelles et la méthode colorimétrique.

2 - REPARTITIONS DIMENSIONNELLES DES DÉPÔTS DE LA PULVERISATION.

L'étude des populations des gouttes se fait par de nombreux prélèvements des échantillons recueillis sur des récepteurs de nature déterminée, soit à poste fixe en atmosphère contrôlée, soit sur des bandes témoins relevées directement au champ après visualisation des dépôts.

2 - 1. Caractéristiques dimensionnelles des gouttes. :

La division du liquide sous forme de gouttes aboutit à des dépôts plus ou moins grands et plus ou moins homogènes suivant la nature des organes de pulvérisation qui les produisent et le réglage qu'on leur apporte.

On prélève un échantillon représentatif de la pulvérisation produite. Les gouttes mesurées sont groupées en classes dimensionnelles d'égales étendues (par exemple : 25 μ).

Soit n_i : le nombre de gouttes dans la classe de centre d_i .

On définit :

$$1 - D_{V/S} \text{ ou Diamètre de Sautters} = \frac{\text{Volume des gouttes}}{\text{Surface des gouttes}}$$

c'est :

$$D_{V/S} = \frac{\sum_1^P n_i d_i^3}{\sum_1^P n_i d_i^2}$$

C'est le diamètre moyen le plus utilisé parcequ'il tient compte de la surface effectivement couverte par l'ensemble des gouttes.

$$2 - D_V = \text{Diamètre volumétrique moyen}$$

Le D_V est défini tel que :

$$\left(\sum_1^P n_i \right) \cdot \left(\frac{\pi}{6} D_V^3 \right) = \sum_1^P n_i \left(\frac{\pi}{6} d_i^3 \right)$$

C'est-à-dire que si toutes les gouttes de l'échantillon avaient ce diamètre, le volume total serait le même que celui de l'échantillon de la pulvérisation considérée.

Ce diamètre (d_v) permet de connaître la densité d'impacts théoriques (c'est-à-dire le nombre total de gouttes produites avec le volume de liquide par hectare utilisé, rapporté au cm^2 de surface traitée) de liquide.

$$D_V = \sqrt[3]{\frac{\sum_1^P n_i d_i^3}{\sum_1^P n_i}}$$

Le D_V est toujours plus petit que $D_{V/S}$.

$$3 - D_a : \text{Diamètre arithmétique moyen}$$

C'est le diamètre moyen le plus petit des trois calculé suivant une seule dimension de l'espace. Il n'est pas significatif si le spectre des gouttes est hétérogène :

$$D_a = \frac{\sum_1^P n_i d_i}{\sum_1^P n_i}$$

$$4 - Z_H = \text{le coefficient d'homogénéité} :$$

Il caractérise la dispersion de la pulvérisation autour du diamètre $D_{V/S}$. Il est exprimé en % et ses valeurs les plus grandes correspondent aux meilleures homogénéité des gouttes (il est entre 50 et 85 % le plus courant).

$$Z_H = \frac{(\sum_1^P n_i d_i^2)^2}{(\sum_1^P n_i d_i)(\sum_1^P n_i d_i^3)}$$

5 - La médiane volumétrique : MD :

Dans les pays anglo-saxons, on utilise le diamètre médian volumétrique (mean median diameter ou MD) qui partage l'échantillon analysé en deux parties représentant le même volume des gouttes. Il est voisin du $D_{v/5}$.

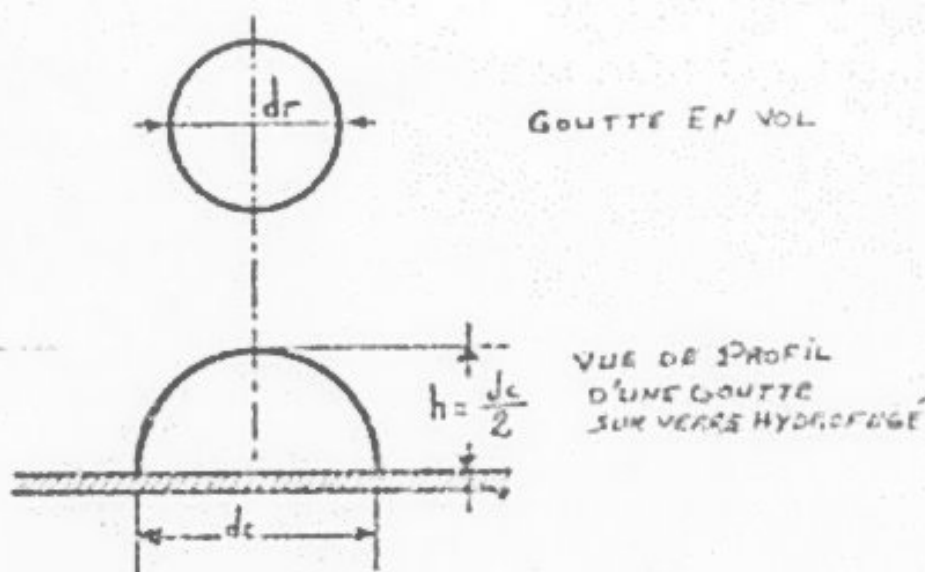
6 - E : Coefficient d'étalement :

Les gouttes déposées recueillies sur les différents récepteurs sous un jet d'une buse manifestent une forme plus ou moins demi-sphérique de diamètre de contact d_c . Les gouttes émise sur le récepteur s'affaissent et s'étalement plus ou moins largement en fonction :

- de la nature du liquide pulvérisé (tension superficielle) ;
- la nature et l'état de surface du récepteur ;
- la grosseur des gouttes ;
- la vitesse de chute des gouttes.

Par exemple, les gouttes d'eau s'étalement sous forme d'une sphère sur le verre hydrofugé tandis que sur la feuille de Rhodoid elles prennent la forme de calotte sphérique.

Or, le diamètre réel (d_r) des gouttes dans l'atmosphère et avant leur chute sur le récepteur est inférieur à celui qu'on mesure pour leur dépôts (Fig



Pour corriger les diamètres mesurés on doit multiplier les diamètres de contact (d_c) par un coefficient d'étalement E :

$$d_r = E \cdot d_c$$

E est compris entre 0,75 et 78 pour les gouttes d'eau pure recueillies sur du verre hydrofugé au silicone (rhodorsil 240) tandis que sur le papier rhodoid il est voisin de 0,60 (valeurs trouvées au CNERMA).

Le calcul de E s'effectue par la mesure de la hauteur (h) et le diamètre de contact (dc) de la calotte sphérique soit directement à l'aide d'un microscope soit d'après les photographies des gouttes en vue rasante.

$$E = \frac{dr}{dc} = \frac{[h \cdot (h^2 + 0,75 d_c^2)]^{\frac{1}{3}}}{d_c}$$

7 - La densité d'impacts.

- La densité d'impacts est le nombre de dépôts de pulvérisation par unité de surface (cm²) à traiter. On distingue :

- la densité d'impacts théorique : qui est le nombre total de gouttes produites avec le volume/ha utilisé, rapporté au cm² de surface à traiter.

On a : $\frac{6}{\pi} \cdot \frac{10^{15}}{D_v^3} \times V \frac{(1/ha)}{10^8} = 1,9 \cdot \frac{10^7}{D_v^3} \cdot V (1/ha)$ $D_v : \text{en } \mu m$

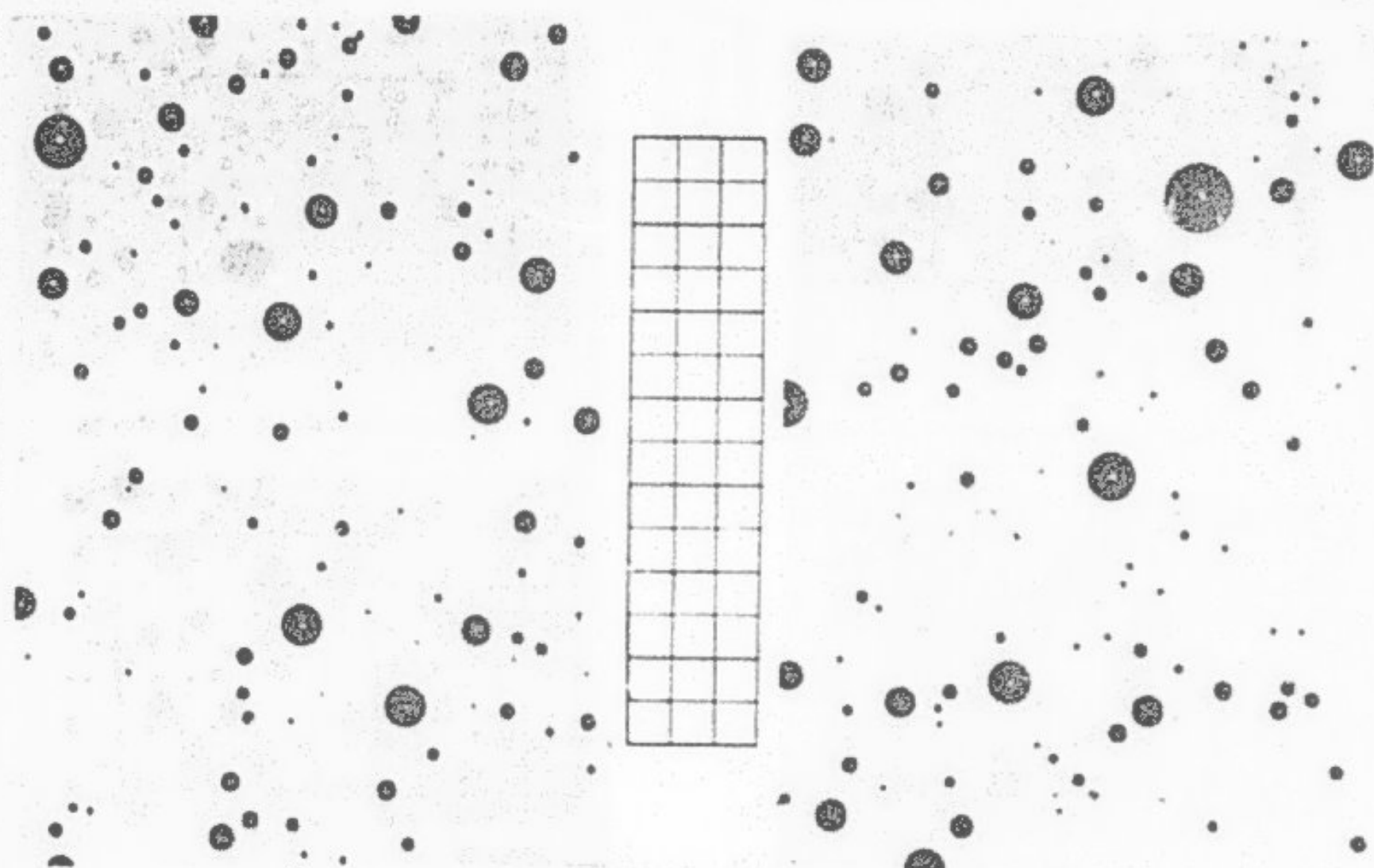
- La densité d'impacts observée : elle est déduite par comptage de dépôts rapportés au cm². Sa valeur est généralement plus faible que la précédente pour le même volume/ha et le même réglage. Car un fort pourcentage de gouttes fines n'arrive pas à se déposer sur le récepteur à cause du vent, tourbillonnement de l'air et sa résistance...

Une grande densité d'impacts de quelques dizaines à quelques centaines est exigée dans les applications fongicides préventives. On tolère des densités d'impacts moyennes de quelques dizaines dans les applications insecticides ou d'herbicides télétoxiques.

2.-2. Prélèvement des gouttes en atmosphère contrôlée : (Fig. 14)

L'échantillonnage sur les populations des gouttes se déroule au laboratoire en atmosphère calme à une hygrométrie minimale de l'air 70 %. Des nombreux prélèvements des gouttes sont effectués sur des lames de verre traitées au Silicons (Rhodorsil P. 240), dans la section droite du jet d'une buse immobile et suivant des mailles réalisées par un dispositif porte-lame coulissant suivant deux directions perpendiculaires. Des mailles de 10 cm x 10 cm pour les buses à turbulence et de 10 cm x 5 cm pour les buses à fente. L'ouverture et la fermeture de la pulvérisation est commandée par une électro-vanne branchée à l'entrée de la buse. Un dispositif cache-lame à contre-poids expose la lame, placée sur son support, au jet pendant un temps très court (10 à 50 milli-secondes) mesuré au moyen d'un fréquence mètre et un contacteur électrique. Les dépôts du liquide sur la lame sont photographiés immédiatement après l'exposition de cette dernière, ainsi qu'une grille micrométrique au début et à la fin de la prise des vues pour se référer aux dimensions réelles.

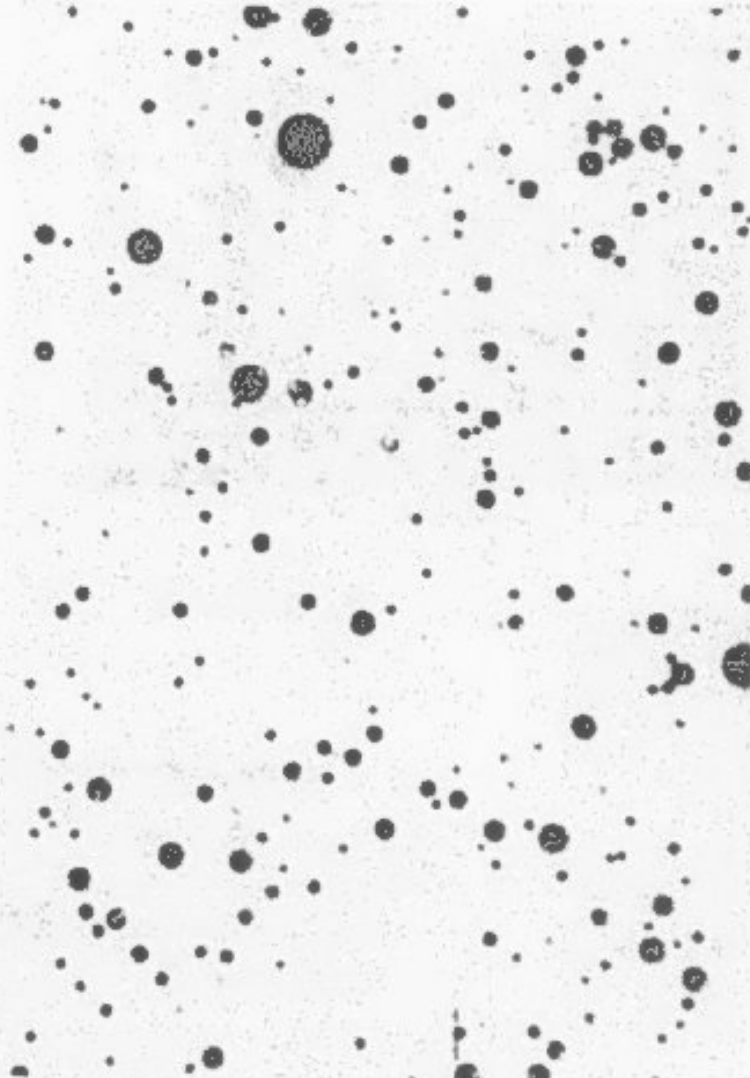
Les images des dépôts filmés sont comptés et mesurés à l'aide d'un projecteur muni d'un écran dépoli et gradué. Le groupement des images par classes de diamètres (ex. classes de 25 microns) nous permettra par la suite de déterminer les caractéristiques dimensionnelles moyennes des échantillons par calcul.



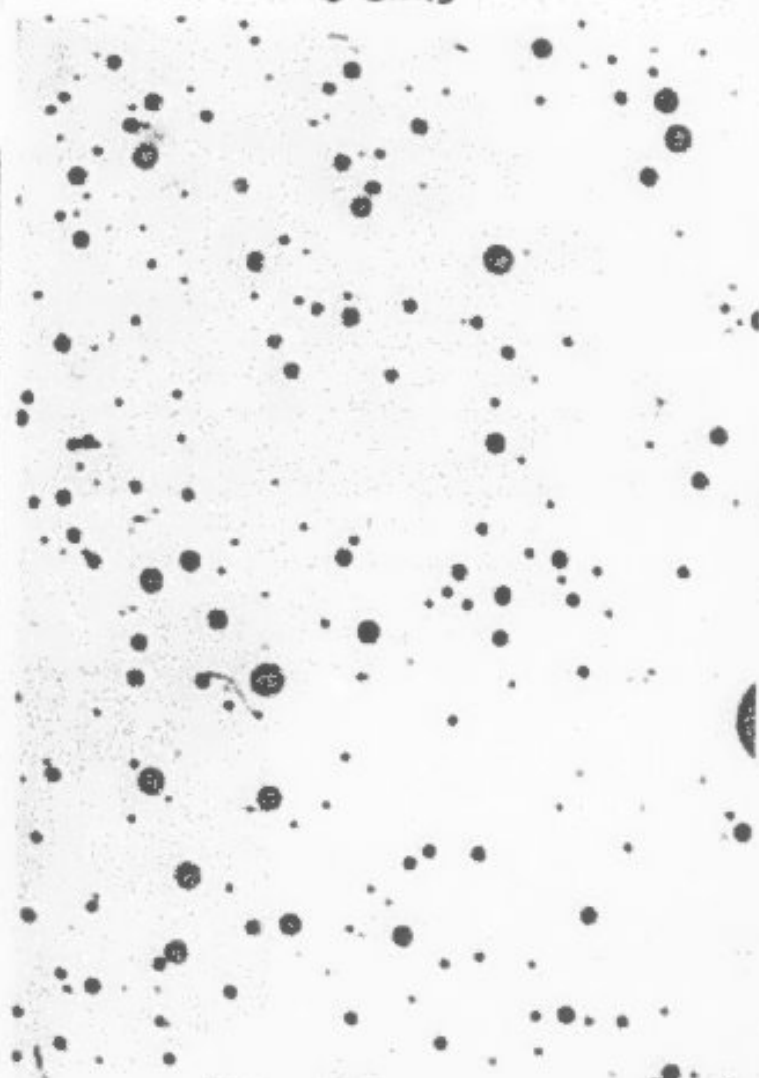
BUSE N° FENTE 11004
2 BARS

1 GRADUATION = 0,5 mm

BUSE N° FENTE 8004
2 BARS



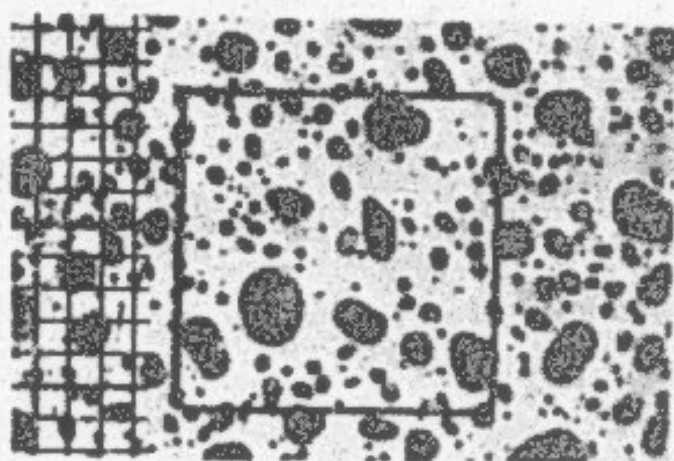
BUSE N° TURBULENCE 1840
H5 8 BARS



BUSE N° TURBULENCE 1040
H2

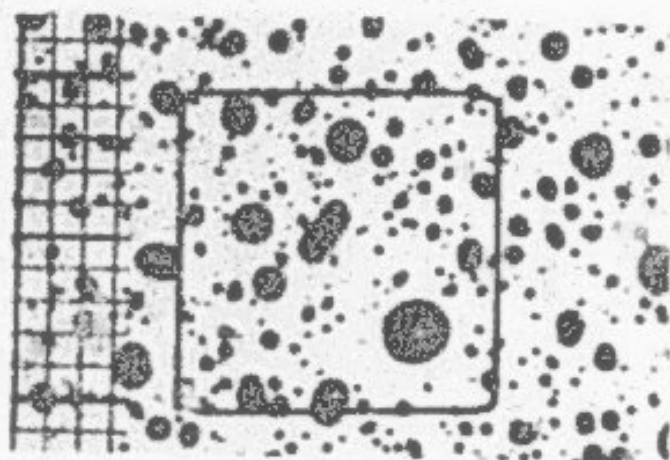
14

ANALYSE DIMENSIONNELLE DE LA PULVERISATION.
(SUR LAMES DE VERRE HYDROFUGES)

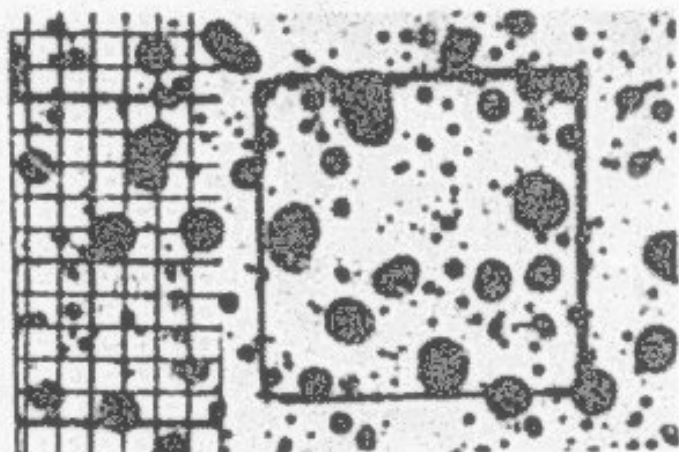


DUSE A' FENTE 4004
PRESSION 2 BARS
HAUTEUR: 60 cm

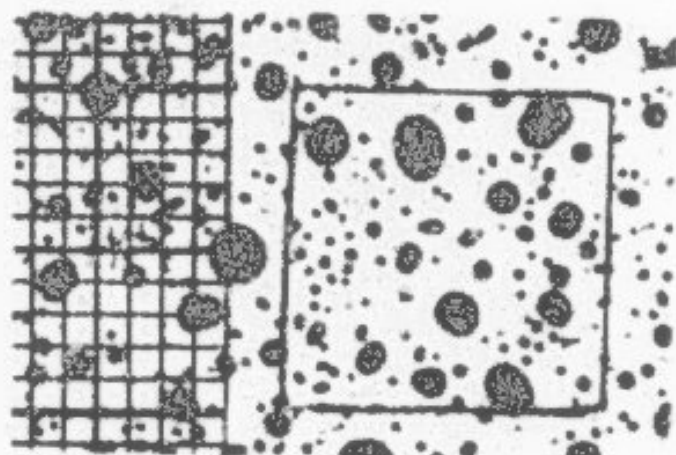
ECARTEMENT: 50 cm



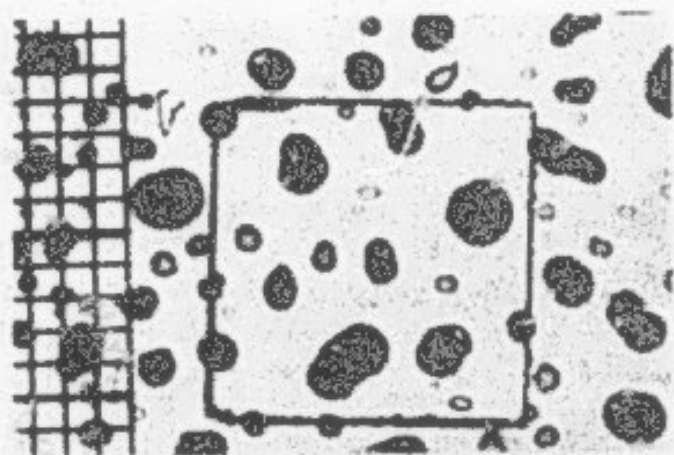
ECARTEMENT: 65 cm



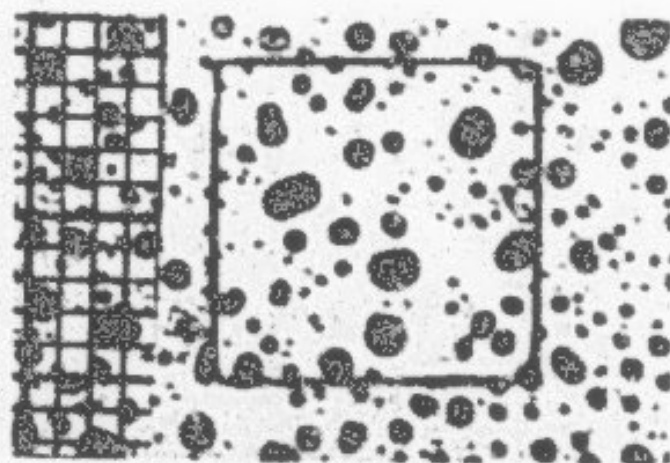
DUSE A' FENTE 9004
PRESSION 2 BARS
HAUTEUR: 60 cm



SOUS RAMPE CULTURES BASSES

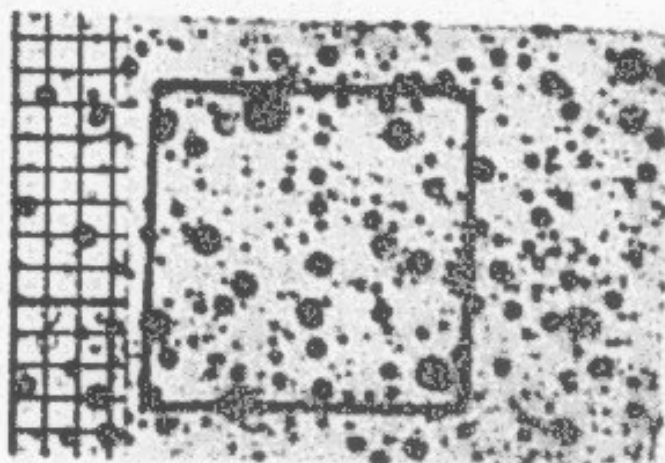


DUSE A' TURBULENCE 18/10
PRESSION 8 BARS
INTERLIGNE: 8 m
VITESSE D'AVANCEMENT: 5 m/s



REGLAGE 1

1 graduation = 1 mm



REGLAGE 2

DUSE A' TURBULENCE 10/7
PRESSION 8 BARS
INTERLIGNE: 8 m
VITESSE D'AVANCEMENT: 5 m/s
REGLAGE 2

2 - 3. Prélèvement des gouttes au champ. (Fig. 15)

L'analyse dimensionnelle de populations des gouttes peut se faire aussi sur des échantillons prélevés sur une bande découpée dans une feuille mince d'acétate de cellulose blanc (marque Rhodoid) sur lequel sont visualisés les dépôts du liquide coloré. S'il s'agit d'étudier la pénétration de la pulvérisation à l'intérieur du feuillage, des pastilles de Rhodoid noir de diamètre 20 mm par exemple peuvent nous servir comme récepteur en les collant sur les faces supérieures et inférieures des feuilles, à l'aide d'un ruban adhésif à double face, à différentes étages et profondeurs du feuillage.

Les dépôts sont mesurés et comptés soit directement au moyen d'une petite loupe portative associée à une graduation (compte-fils), soit après reproduction photographique et groupement des mesures en classes de diamètres 125 microns par exemple.

3 - RESULTATS.

Les analyses dimensionnelles ont été effectuées d'une part au laboratoire par prélèvement des gouttes sur des lames de verre hydrofugées (traitées au silicone Rhodorsil 240) en atmosphère contrôlée, et d'autre part sur les dépôts colorés recueillis sur les bandes de Rhodoid blanc lors du contrôle de la pulvérisation au champ.

L'analyse de dimensions des pulvérisations produites par les buses (à fente et à turbulence) à poste fixe et en atmosphère contrôlée, a pour justification les choses suivantes :

- En jet porté les petites gouttes sont transportées par le flux d'air dans le feuillage à traiter et contribuent au dépôt du produit.
- Par contre, en jet projeté, si les conditions sont favorables, c'est-à-dire :
 - temps calme ou vent faible ;
 - la rampe est assez basse ;
 - la vitesse d'avancement est modérée ;
 - absence d'ascendance atmosphérique

les gouttes produites se déposeront également en majorité sur le récepteur.

Les résultats des analyses dimensionnelles sont donnés par les courbes de répartition en nombres, surfaces et volumes cumulés exprimés en % du nombre, surface et volumes totaux, en fonction des diamètres de contact des gouttes (Fig. 16).

Les essais ont porté sur les mêmes types de buses qui ont été montées sur les rampes cultures basses (buses à fente) et arboricole (buses à turbulence) pour contrôler les répartitions :

1) Deux buses à turbulence de calibre :

18/10 de mm équipé d'une hélice à 5 canaux ayant un jet conique à faible turbulence ;

10/10 de mm à 2 canaux d'hélice dont le jet est de grande turbulence. Les échantillons ont été prélevés au laboratoire à une hauteur 1,70 m des buses pour une pression de liquide 3 bars.

SUITE EN

F

2



MICROFICHE N°

01045

الجمهورية التونسية
MINISTRE DE L'AGRICULTURE
CENTRE NATIONAL C.N.
EXPERIMENTATION AGRICOLE
TUNIS

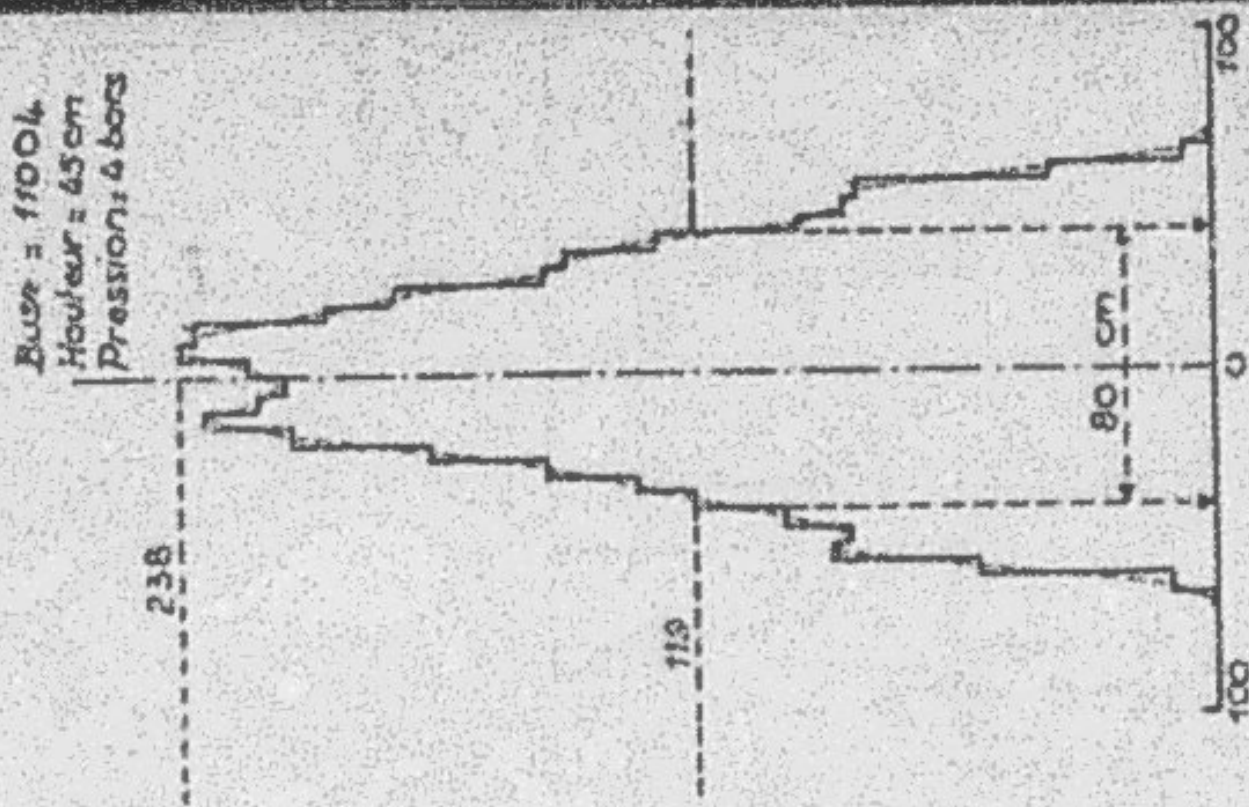
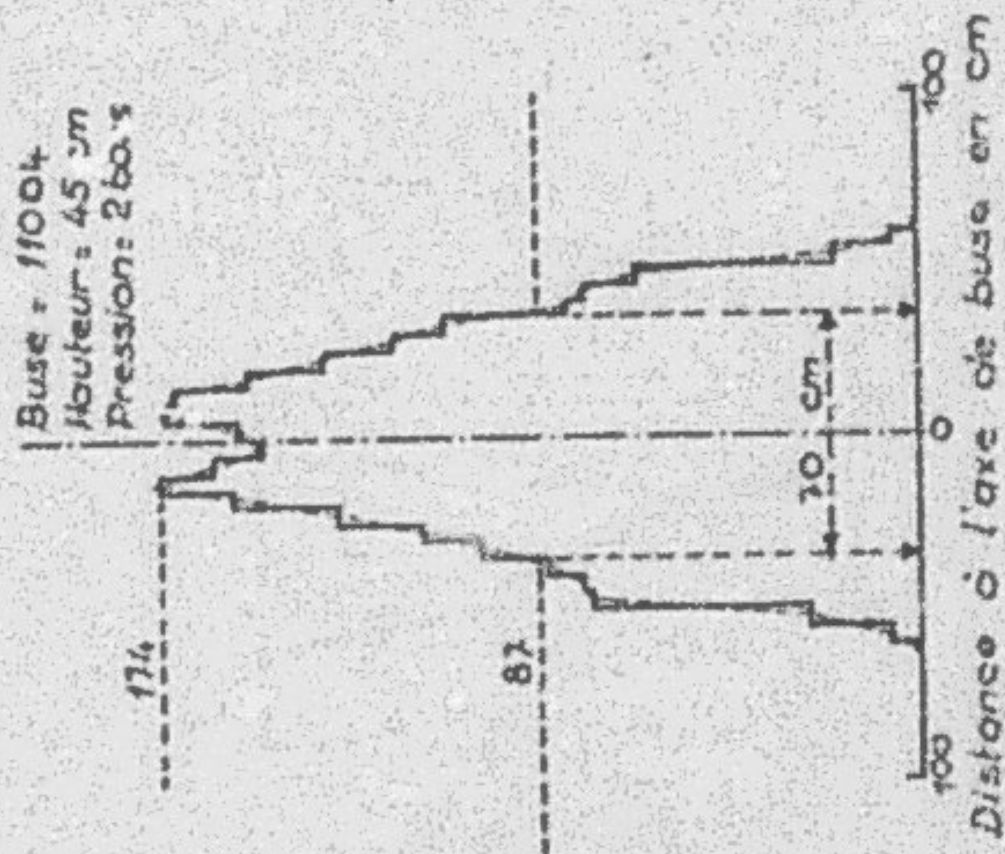
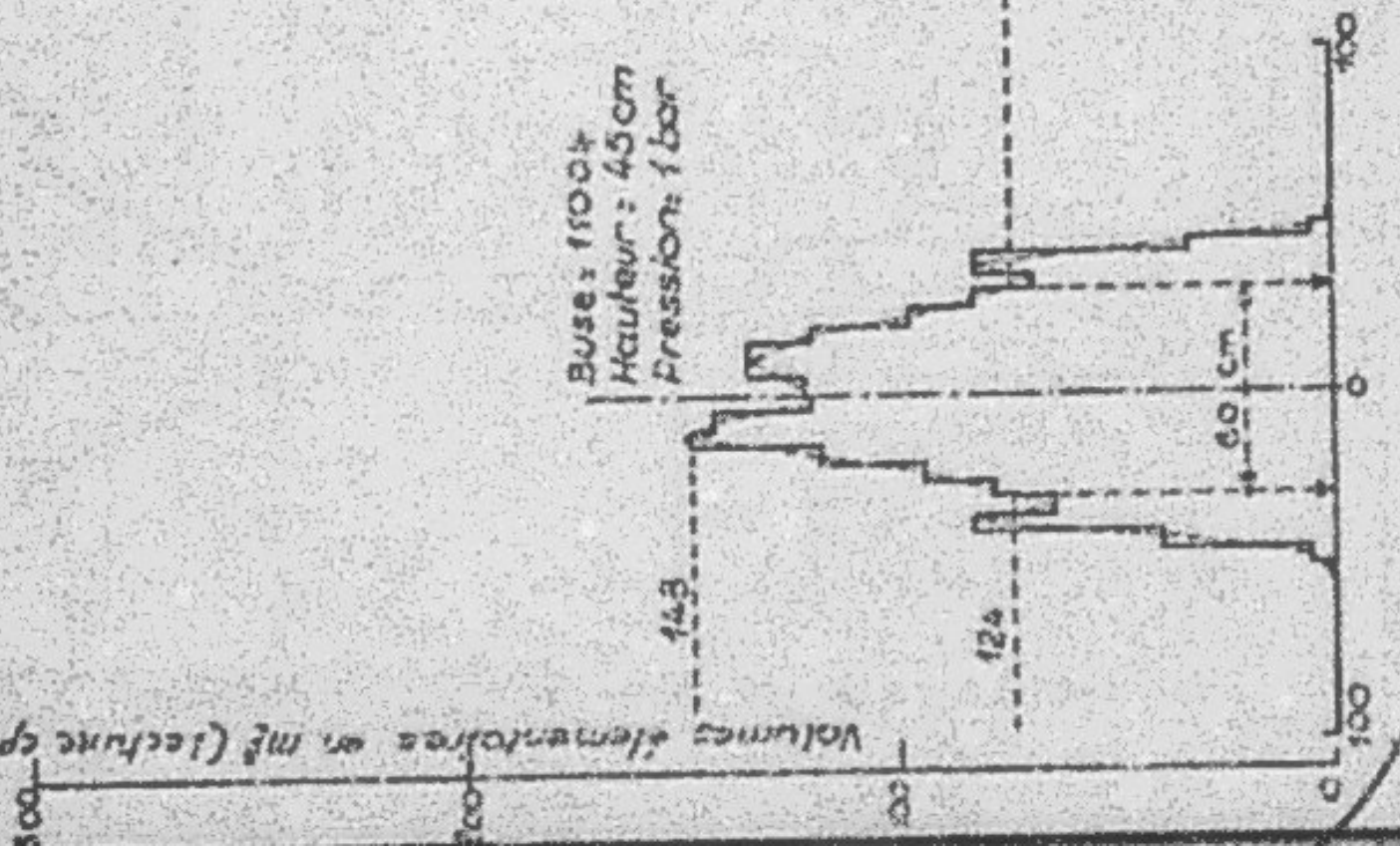
الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة
المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 2

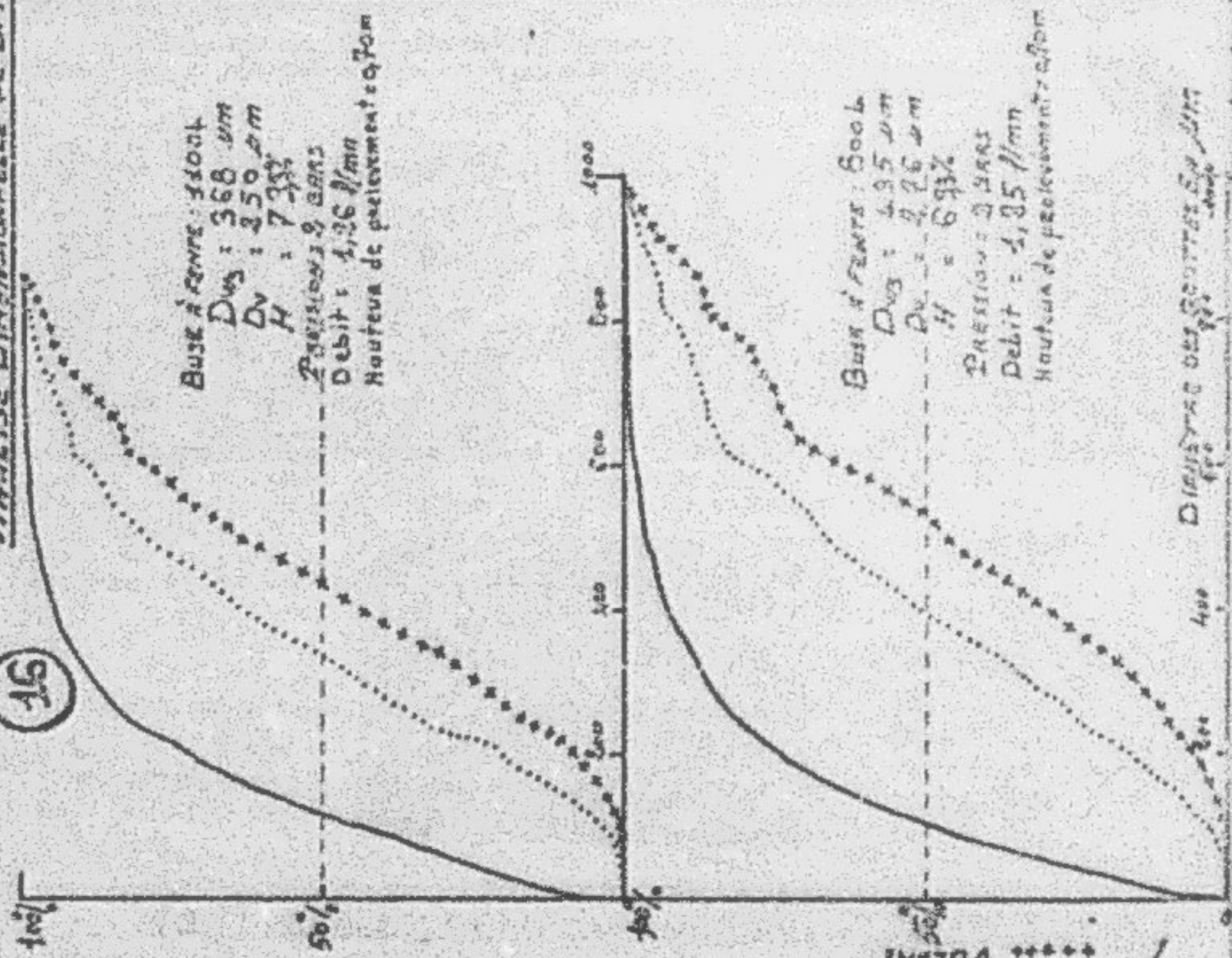
Détermination graphique de l'écartement optimal.

Buse à fente TEEJET 11004

Volumes élémentaires en ml³ (lecture graphique)

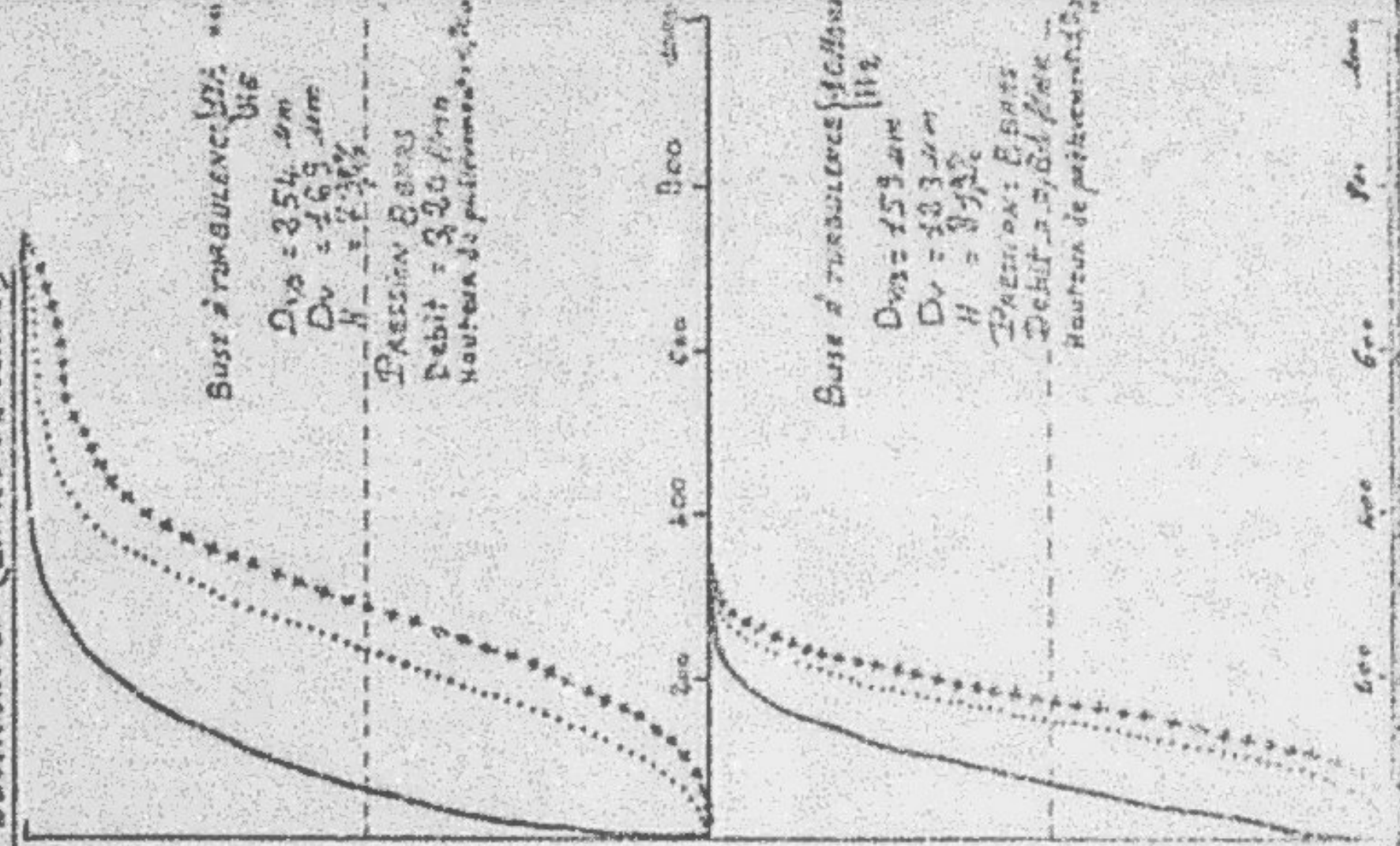


DES GOUTTES EN % DES CILLES RESPECTIVES



BUSE A CENTRE : 1100
 $D_{0.5} = 368 \mu m$
 $D_v = 350 \mu m$
 $H = 7.33\%$
 PRESSION : 2 BARS
 Debit : 1,36 l/min
 Hauteur de prélèvement : 0,70 m

BUSE A CENTRE : 600 L
 $D_{0.5} = 435 \mu m$
 $D_v = 426 \mu m$
 $H = 6.93\%$
 PRESSION : 2 BARS
 Debit : 1,35 l/min
 Hauteur de prélèvement : 0,70 m



BUSE A TURBULENCE : 112
 $D_{0.5} = 354 \mu m$
 $D_v = 369 \mu m$
 $H = 7.36\%$
 PRESSION : 2 BARS
 Debit : 1,36 l/min
 Hauteur de prélèvement : 0,70 m

BUSE A TURBULENCE : 112
 $D_{0.5} = 159 \mu m$
 $D_v = 133 \mu m$
 $H = 9.92\%$
 PRESSION : 2 BARS
 Debit : 1,36 l/min
 Hauteur de prélèvement : 0,70 m

2) Deux buses à fente 1100 4 et 800 4 élevées à une hauteur 0,70 m et fonctionnant sous pression 2 bars.

La reproduction photographique puis le comptage, le classement et le calcul ont abouti aux résultats résumés dans le tableau suivant :

TABLEAU VI

ANALYSE DIMENSIONNELLE DE LA PULVERISATION AU LABORATOIRE EN ATMOSPHERE CONTROLEE A POSTE FIXE.

	BUSES A FENTE		BUSES A TURBULENCE	
	1100 4	800 4	18/10mm H ₅	10/10mm - H ₂
Pression (bars)	2	2	8	8
Débit (l/mn)	1,265	1,250	3,193	0,610
Hauteur (m)	1,7	1,7	0,7	0,7
D _{v/5} (μm)	368	433	254	159
D _a (μm)	157	160	102	130
D _v (μm)	250	276	169	123
% H	73,3	69,3	73,2	81,9
Impacts/cm ² sur lames de verre	173	201	428	466

Les valeurs des diamètres D_{v/5}, D_v et D_a figurant dans ce tableau, représentent les diamètres de contact des gouttes déposées sur les lames de verre. Pour passer aux diamètres des gouttes incidentes correspondants, il faut multiplier les diamètres de contact par le coefficient d'étalement moyen (E = 0,75).

On constate :

1) Les petites gouttes représentent un fort pourcentage du nombre total mais un très faible % en volume donc un très faible % de la masse du produit appliqué.

Exemple : Avec la buse à fente 1100 4 montée à poste fixe, on obtient un jet dont les gouttes inférieures à 200 μm représentent 70,5 % du nombre total des gouttes mais leur volume ne couvre que 7,0 % du volume total de la pulvérisation.

A l'inverse les plus grosses gouttes représentent, pour un nombre très faible, une fraction importante du volume total.

Exemple : Dans un jet obtenu sous une buse à turbulence de calibre 18/10 mm équipée d'une hélice à 5 canaux, on obtient une pulvérisation formée par des gouttes dont la fraction de diamètre supérieur à 500 μm représente 9,8 % du volume total pour 0,3 % du nombre total des gouttelettes.

Les deux aspects précédents de production des gouttes fines d'une part et des grosses gouttes d'autre part sont à la base de deux techniques de pulvérisation différentes, l'une a pour but de réaliser une haute densité d'impacts par unité de surface végétale en pulvérisant un faible volume de liquide à l'hectare au moyen de buses à faible calibre, buses pneumatiques, organes de pulvérisation centrifuge.

La deuxième technique aboutit à des grosses gouttes couvrant la surface des feuilles sous forme d'un film continu de liquide mais un grand volume de bouillie à l'hectare est requis.

L'avantage de la réduction du volume à l'ha est indiscutable en ce qui concerne :

- meilleur rendement du chantier par diminution du temps de transport et du remplissage ;
- diminution du coût d'exécution des traitements ;
- rapidité d'exécution des traitements dans les délais souhaités en cas d'urgence ;
- économie d'eau (manque ou éloignement des points d'eau) et de matière active par élimination du ruissellement sur le feuillage ;
- meilleure possibilité d'entrer dans les terrains mal ressuyés avec des appareils plus légers et maniables.

Néanmoins les gouttes fines sont facilement entraînables par le vent et peuvent endommager les cultures voisines.

En revanche, pour les traitements à volume élevé, des pertes considérables de la matière active par ruissellement sont à reprocher en plus du faible rendement du chantier, tassement du sol par des appareils lourds ...

A titre d'exemple, sous la buse 800 4 on obtient un jet formé par une population des gouttes dont la fraction de diamètre inférieur à D_v (160 μ m) représente 68 % du nombre total des gouttes mais leur volume ne dépasse pas 3,4 % du volume total.

D'autre part dans une population des gouttes obtenue par une buse à turbulence 18/10 mm 0,1 % des dépôts de diamètre supérieur à 2 $D_{v/5}$ (508 μ m) représentent à eux seuls 8 % du volume total.

2) Les buses à turbulence produisent des gouttes beaucoup plus fines que celles obtenues avec les buses à fente. Cela a pour origine le tourbillonnement du liquide qui est autant plus important que le nombre des canaux de l'hélice est plus réduit. La finesse des gouttes est encore plus poussée quand le calibre des buses diminue ou que l'angle d'ouverture du jet augmente.

Le $D_{v/5}$ des gouttes obtenues sous la buse à turbulence de calibre 10/10 mm à 2 canaux de l'hélice, est 2,7 fois moins grand que celui obtenu sous la buse à fente 800 4. Ceci peut justifier l'utilisation des buses à turbulence sur des rampes arboricoles ou horizontales pour réaliser une bonne pénétration de la pulvérisation à l'intérieur du feuillage et une grande densité d'impacts sur les surfaces foliaires comme dans le cas des traitements fongicides. Bien entendu plus les gouttes sont fines plus le nombre des gouttes, produites par un volume donné de liquide, est grand et la densité d'impacts plus élevée.

Dans la figure 16, on remarque que la médiane volumétrique est atteinte au diamètre 175 μ m (1,12 $D_{v/5}$) pour les buses à turbulence 10/10 mm - R2 alors que pour la buse à fente 800 4 il ne l'est que pour un diamètre de 550 μ m (1,26 $D_{v/5}$).

Ainsi, avec un volume réduit de liquide on peut réaliser un réseau de points d'impact très dense sur une grande surface tout en couvrant une partie infime de la surface totale du feuillage. Par exemple avec 100 l de liquide on réalise 102 milliards de gouttes de diamètre $D_v = 123 \mu$ m, avec la buse 10/10 de mm, couvrant une surface de 943 m² c'est-à-dire 9,43 % de surface relative par hectare mais il y aura 10 impacts/cm² de sol.

de liquide : Nombre de gouttes (n) de diamètre (dv) produites par 1 litre

$$n = \frac{1,9 \cdot 10^{15}}{dv^3}$$

et la surface couverte en m² :

$$s = \frac{1500}{64/s}$$

Pour un diamètre volumétrique double, on aurait 8 fois moins de gouttes, et pour avoir la même densité d'impacts théorique, il faudrait passer de 100 à 800 l/ha.

Ceci nous montre combien l'homogénéité des gouttes est importante si on veut réduire le volume à épandre par hectare et en même temps réaliser une grande densité d'impacts.

Le tableau n° VI montre que l'homogénéité des populations des gouttes est meilleure avec la buse à turbulence de faible calibre.

3)- L'analyse dimensionnelle des dépôts secs des gouttes d'eau colorées, a porté sur des échantillons prélevés sur :

- des bandes Rhodoid exposées à la pulvérisation sous une rampe cultures basses située à une hauteur 60 cm du sol.

- des bandes Rhodoid exposées aux jets d'une rampe d'un pulvérisateur à jet porté (distance 4m par rapport à l'axe du passage du tracteur). Les dépôts sont groupés en classes de 125 µm; les répartitions obtenues, en % du nombre surface et volume cumulée, sont schématisées par 1° (fig. 17).

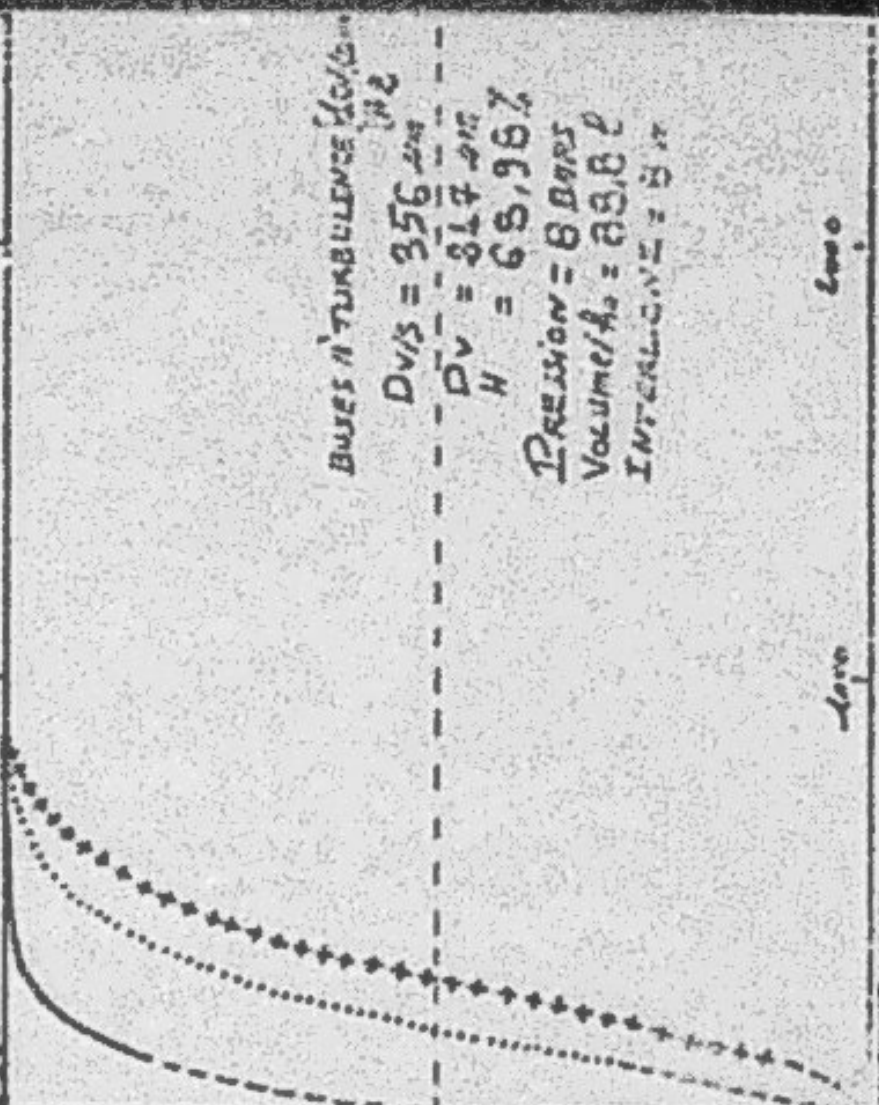
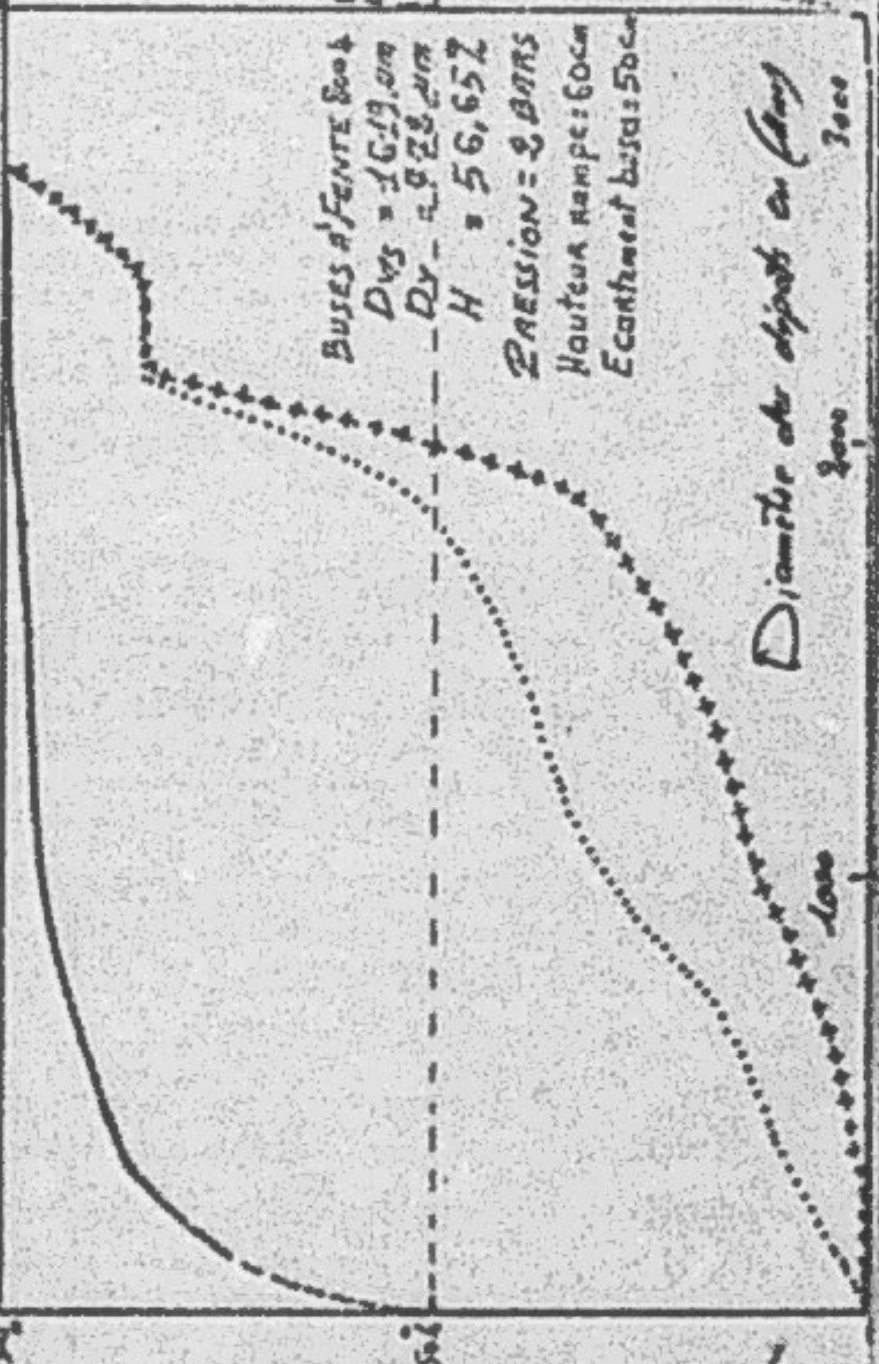
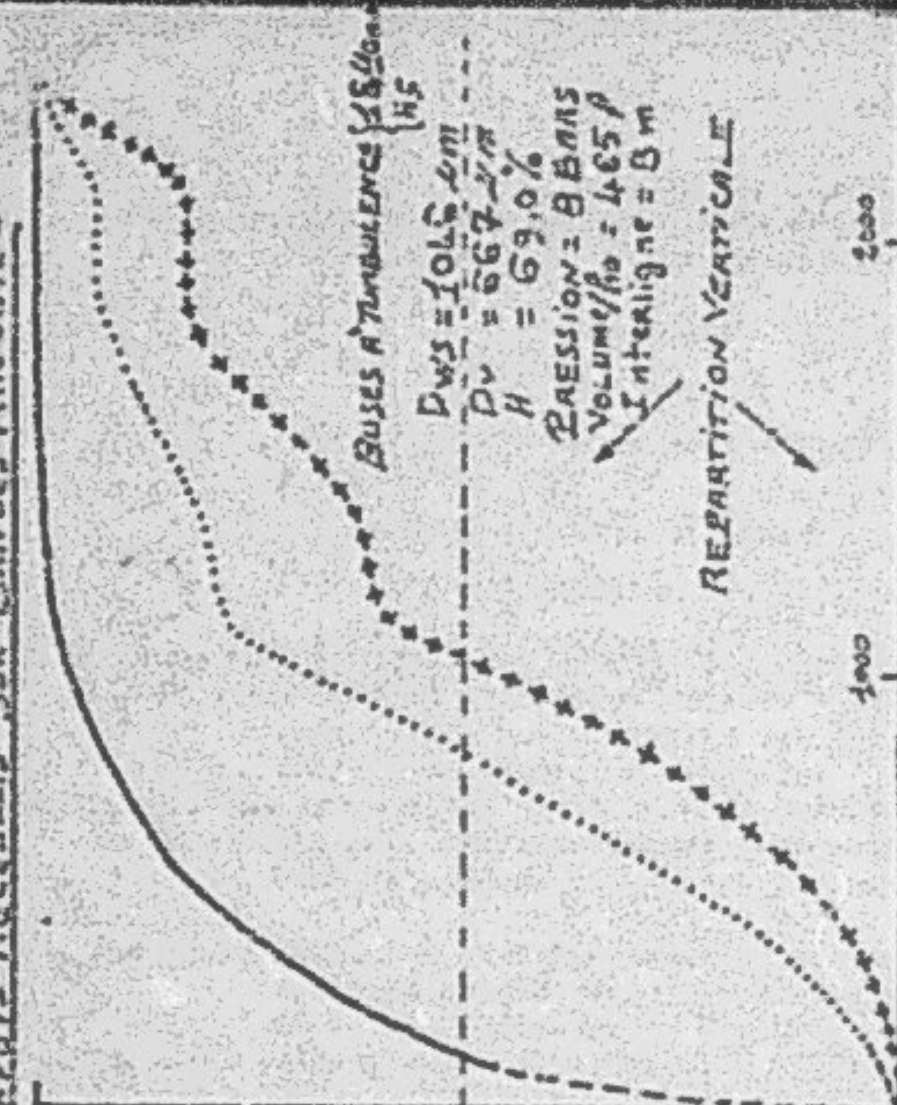
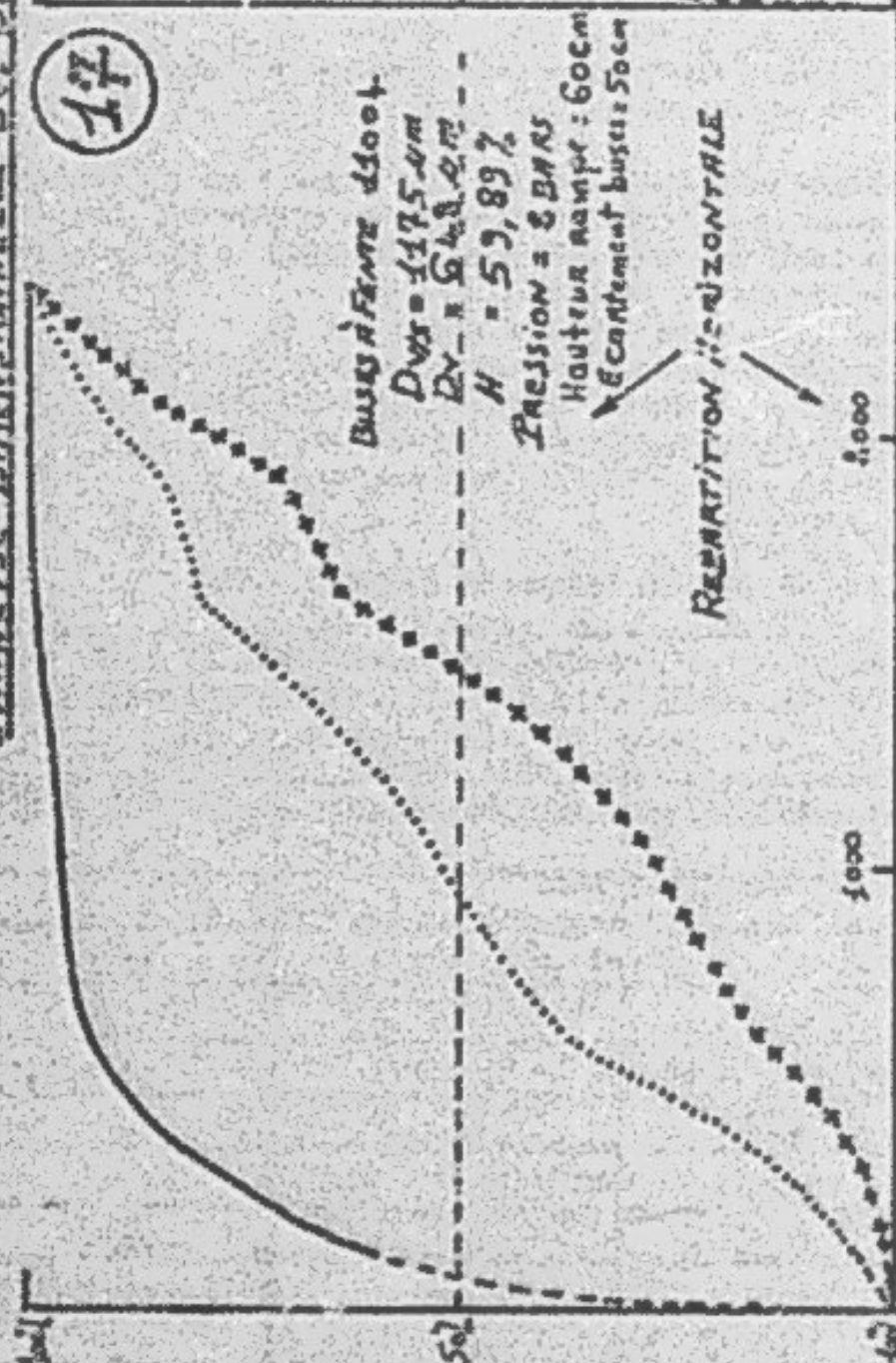
Les diamètres moyens de contact figurent dans le tableau VII. Dans un prélèvement en atmosphère contrôlée, le coefficient d'étalement de l'eau colorée à la Nigrosine prend une valeur voisine de 0,60.

TABIEAU N° VII

ANALYSE DIMENSIONNELLE DES DÉPÔTS COLORÉS SUR DES BANDES DE RHODOID BLANC.

	Rampe cultures basses bandes Rhodoid horizontales		Pulvérisation à jet porté bandes Rhodoid verticales	
	BUSES A FENTE		BUSES A TURBULENCE	
	1100 µ	800 µ	16/10mm H ₂	10/10mm - H ₂
Pression (bars)	2	2	8	8
Distance (m)	0,62	0,60	4	4
Volume/ha (l)	373	314	465	88,8
Vitesse d'avancement km/h	5,15	5,15	5,15	5,15
Vitesse du vent m/s	0	0	1 à 2	0,5 à 1,5
D _{0,5} (µm)	1775	1619	1666	356
D ₁ (µm)	329	310	304	173
D ₂ (µm)	348	772	667	751
I.E.	59,8	56,6	62,0	63,9
Impacts/cm ²	128	153	84	140

17



Diamètre des dépôts en (cm)

Le dépouillement des échantillons prélevés sur des bandes Rhodoid ne donne qu'une information dimensionnelle locale sur les plus grosses gouttes qui ont donné lieu localement aux dépôts. En effet, le dépôt de petites gouttes est plus difficile ou au moins n'est pas sûr. Dans le cas de traitement des cultures basses avec un appareil à jet projeté, on peut raisonnablement remonter à la pulvérisation incidente si les conditions sont favorables.

Pour une pulvérisation entraînée par un flux d'air relativement rapide beaucoup de petites gouttes ne se déposeront pas mais elles suivent le flux d'air et contournent le récepteur.

- Accessoirement on peut caractériser la grosseur des dépôts par un diamètre moyen (d_s) tel que si tous les dépôts avaient le même diamètre on couvrirait la même surface qu'avec les impacts observés sur la petite surface étudiée.

$$\text{Donc : } \left(\sum n_i \right) \frac{\pi}{4} d_s^2 = \sum \left(\frac{\pi}{4} n_i d_i^2 \right)$$

Exemple : Le diamètre moyen (d_s) des dépôts recueillis sur des bandes Rhodoid sous la rampe horizontale équipée de buses à fente 800 μ , est 50 μ microns.

- On peut encore avoir une idée sur le pourcentage de surface couverte localement par les dépôts en rapportant la surface totale des dépôts (s) à la surface de l'échantillon étudié (a) tout en négligeant le rétrécissement des dépôts après le séchage

$$\% \text{ surface couverte} = \frac{s}{a} \times 100$$

Exemple : Sous une rampe pour cultures basses équipée de buses à fente 1100 μ la surface couverte par les dépôts colorés est voisine de 70 % pour 128 impacts/cm². Alors que dans le traitement à jets portés utilisant des buses à turbulence de calibre 10/10 mm, on recueille 160 impacts/cm² couvrant une surface relative de 16 %.

- Une autre utilité de l'analyse dimensionnelle des dépôts sur Rhodoid est de caractériser ces derniers par un coefficient d'homogénéité ($\% K$) différent tel que :

$$\% K = \frac{(\sum n_i d_i)^2}{(\sum n_i) (\sum n_i d_i^2)} \times 100$$

Les valeurs de ce coefficient sont nettement inférieures que celles du tableau VII.

Exemple : Sous une rampe cultures basses équipée de buses à fente 800 μ le $\% K = 37,9$ pour les dépôts d'un échantillon de 1 cm².

b) - Les essais de pénétration de la pulvérisation à l'intérieur du feuillage ont été conduits dans un verger de pommier sur les parcelles d'essais du Centre National de Recherches Agronomiques de Versailles (Laboratoire Phytopharmacie). C'était un traitement anti-oïdium et tavelure sur deux variétés de pommier : Var. Golden delicious et Var. Jonathon.

Produits utilisés : (Dinosp 700 g HA/ha (1,1 Kg. P.C/ha)
+
(Captano 1200 g HA/ha (1,450 Kg. RC/ha).

Cadence des traitements : 10 jours

Volume de bouillie/ha : 201,7 litres
 Appareil : Pulvérisateur à jet porté
 Range arboricole : 10 buses à turbulence de calibre 10/10 de mm
 Pression : 7 bars
 Vitesse d'avancement : 4,54 km/ha (RPP 540 tr/mn)
 Interligne : 5 m

La pulvérisation a été recueillie sur des pastilles de Rhodoid noires de diamètre 20 mm, collées à l'aide d'un ruban adhésif à double face sur les faces supérieures et inférieures des feuilles situées à une profondeur 50 cm dans le feuillage.

Le dépouillement des photos agrandies des pastilles a donné les résultats suivants :

47 taches/cm² de diamètre maximal 750 µm sur les faces supérieures ;
 31 taches/cm² de diamètre maximal 500 µm sur les faces inférieures.

Grâce aux recherches faites au CIREMA on peut déterminer le diamètre moyen (D_m) des dépôts recueillis sur les récepteurs, en mesurant le diamètre de contact des dépôts les plus gros (D_H) :

$$D_m = K \cdot D_H$$

Les valeurs de K trouvées sont :

K = 0,25 pour les dépôts des faces supérieures des feuilles ;
 K = 0,28 " " " inférieures "

Ainsi on obtient :

faces supérieures : $D = 187 \mu m$

faces inférieures : $D = 140 \mu m$

On remarque que les faces inférieures des feuilles reçoivent des gouttes plus fines avec une densité d'impact inférieure.

Ceci nous montre l'importance de l'agitation du feuillage par le flux d'air qu'on exige des appareils à jet porté pour assurer une pénétration suffisante de la pulvérisation surtout quand il s'agit d'un traitement antifongique sur des arbres feuillus.

CONCLUSION :

L'intérêt de l'analyse dimensionnelle de la pulvérisation produite est d'obtenir un coefficient d'homogénéité qui joint aux 2 en volume représenté par les petites gouttes (par exemple $d < 100 \mu m$) et aussi par les grosses gouttes (par exemple $d > 500 \mu m$), indique la possibilité de réduction du volume/ha avec la pulvérisation considérée.

Le diamètre volumétrique moyen (D_v) nous renseigne sur la densité d'impact théorique et par conséquent la potentialité de couverture de la surface à traiter qui est intéressante dans le cas d'application fongicide, acaricide ou dans un traitement contre les cochenilles.

Le comptage des impacts sur Rhodoid donne la densité d'impacts observée qui caractérise la pénétration de la pulvérisation à l'intérieur du feuillage. La mesure des dépôts nous indique le pourcentage de la surface couverte et l'homogénéité donne une idée de la dimension des plus grosses gouttes incidentes.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Il ressort de cette étude que la qualité des applications phytosanitaires dépend :

- 1°) des performances du matériel utilisé
- 2°) du choix et du réglage des organes de pulvérisation selon le type de traitement envisagé et les conditions propres à chaque exploitation.

En cultures arboricoles, l'appareil de traitement doit assurer en particulier, une portée suffisante de la pulvérisation au moyen d'un flux d'air porteur d'autant plus puissant que l'on doit épandre un volume/ha plus réduit et que l'interligne de plantation est plus grand ; faute de quoi la pulvérisation fine, qui est produite essentiellement par des buses à chambre de turbulence, risque d'être déportée et entraînée par le vent, ce qui représente en même temps une perte de la matière active et un danger pour l'environnement.

En cultures basses, les défauts de positionnement des buses ou de filtration de la bouillie ainsi que les vibrations des rampes non stabilisées, demeurent les principales causes d'irrégularité de la répartition du produit phytosanitaire. L'effet de cette irrégularité est plus marquée dans le cas d'application d'herbicides à faible marge de sélectivité, par exemple graminicides sur céréales, où l'hétérogénéité des dosages se traduit soit par la persistance des adventices soit par l'apparition d'un début de toxicité sur la culture traitée.

Tous ces facteurs nous incitent à mieux choisir les pulvérisateurs et à contrôler l'efficacité de leur travail afin d'améliorer le rendement et la qualité des récoltes.

ANNEXE I

DETERMINATION DE L'ECARTEMENT OPTIMAL DES BUSES A FENTES

PUR UNE RANPE POUR CULTURES BASSES

L'écartement théorique des buses à fente 11004 et 8004, relatif à chaque réglage (Pression de pulvérisation et hauteur de la rampe), a été calculé par quatre méthodes différentes. Les valeurs trouvées ont été vérifiées sur des intervalles élargis, pour cinq buses en association de même type au banc à gouttières. La valeur minimale des coefficients des répartitions obtenues nous a permis de déterminer les meilleurs écartements. On se limite dans cette annexe à citer les différentes méthodes de calcul des écartements des buses.

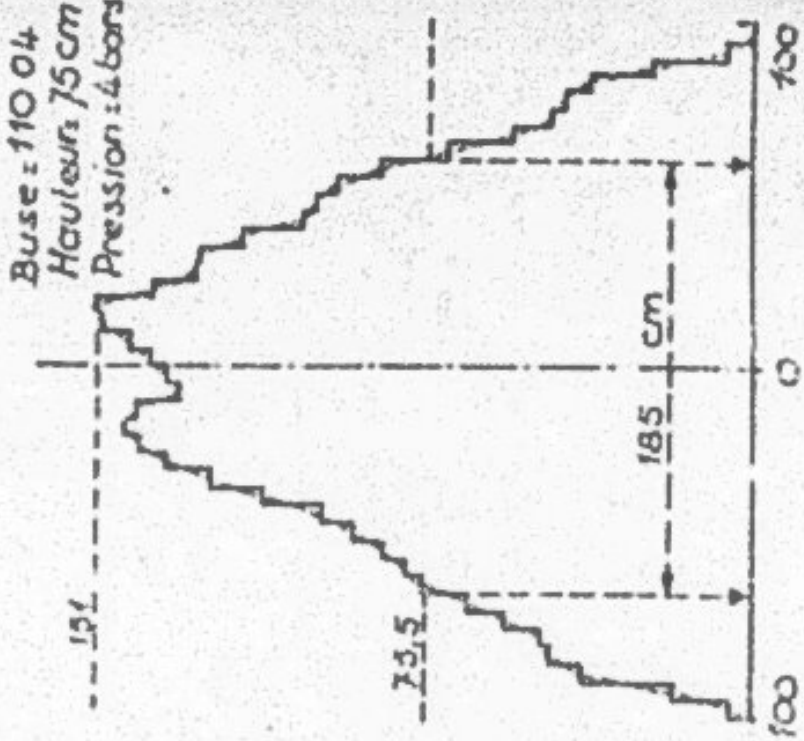
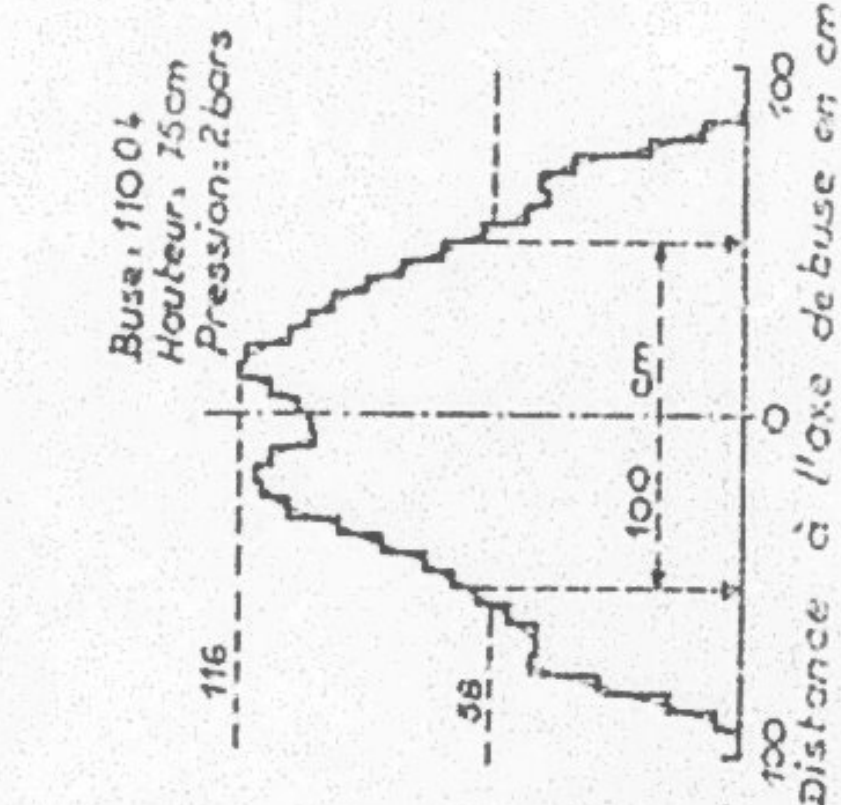
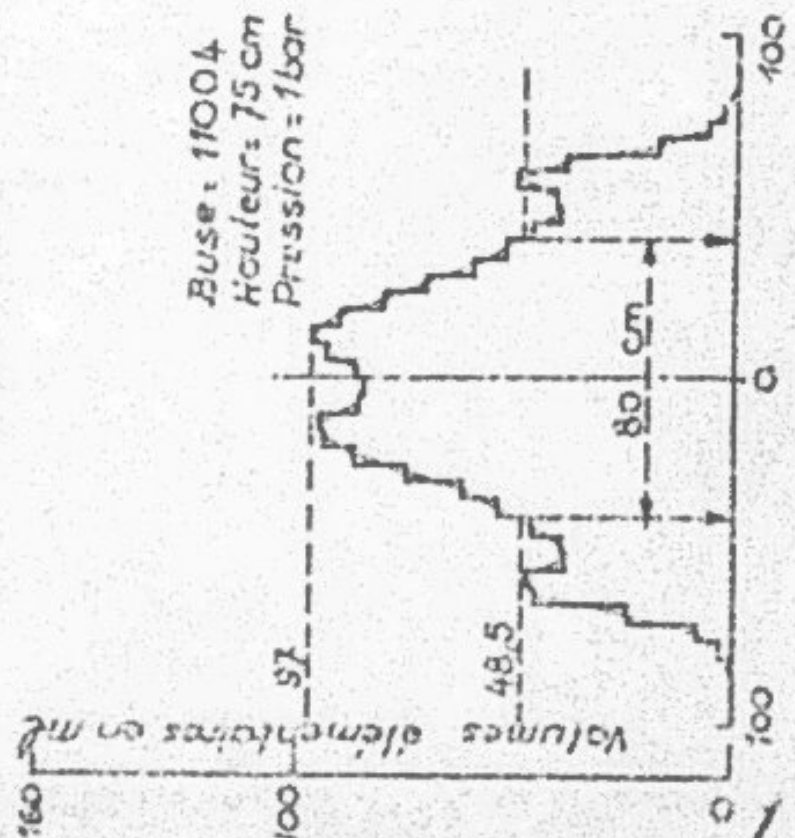
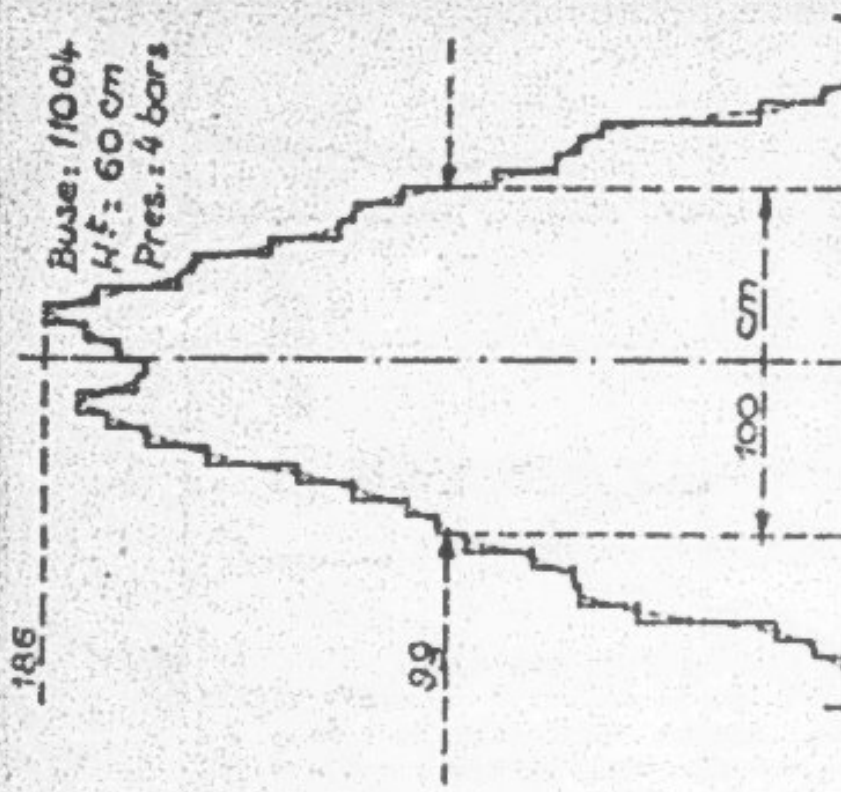
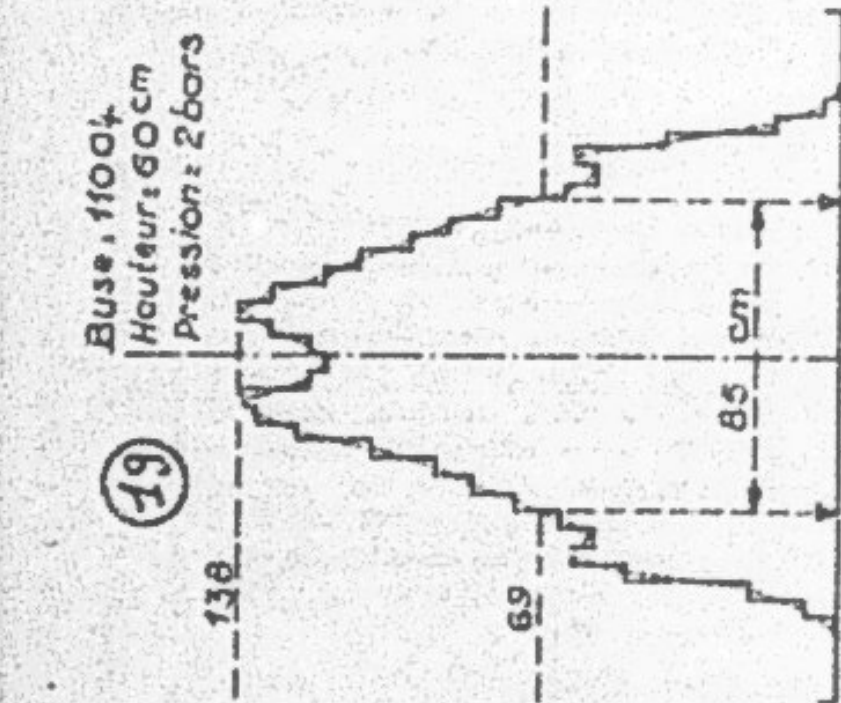
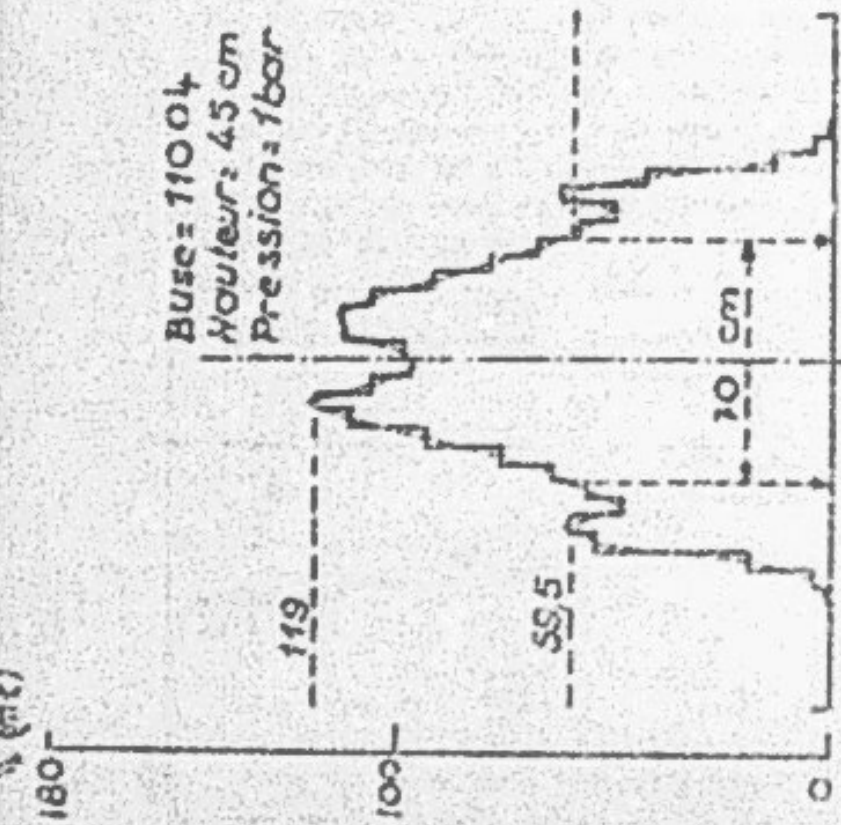
1 - METHODE GRAPHIQUE :

Les graphiques de répartitions individuelles sous une buse peuvent être exploités pour se faire une idée, dans le cas de la hauteur et de la pression choisies, de l'écartement optimal à donner aux buses sur la rampe. Pour ce faire, on peut reporter le même graphique sur calque et le rapprocher progressivement de l'original en relevant, pour chaque position et dans la zone de recoupement, la zone de deux volumes élémentaires partiels jusqu'à obtenir une répartition à peu près uniforme entre les axes des graphiques. On peut procéder d'une autre manière à partir des profils individuels des répartitions, on trace l'horizontale d'ordonnée égale à la moitié du volume élémentaire maximal. La distance séparant les deux points d'intersection avec l'histogramme représente la valeur de l'écartement optimal. (fig. 18 à 22).

2 - METHODE NUMERIQUE :

C'est un calcul approximatif de l'écartement théorique en basant directement sur les volumes élémentaires (Vi) relevés sur la fiche de notation de la répartition pour chaque réglage. Il s'agit de superposer les valeurs décroissantes de la demi-répartition droite, à partir de l'axe de la buse avec les valeurs croissantes de la moitié gauche en traduisant en sens inverse les deux parties de manière à faire correspondre les valeurs les plus faibles d'une partie avec les valeurs les plus élevées de l'autre et obtenir des cumulations des (Vi) sensiblement égales pour chaque colonne avec des faibles écarts comme si deux jets voisins se croisaient.

V (ml)



Distance à l'axe de buse en cm

Distance à l'axe de buse en cm

(20)

Détermination graphique de l'écartement optimal.

Buse à fente TEEJET 8004

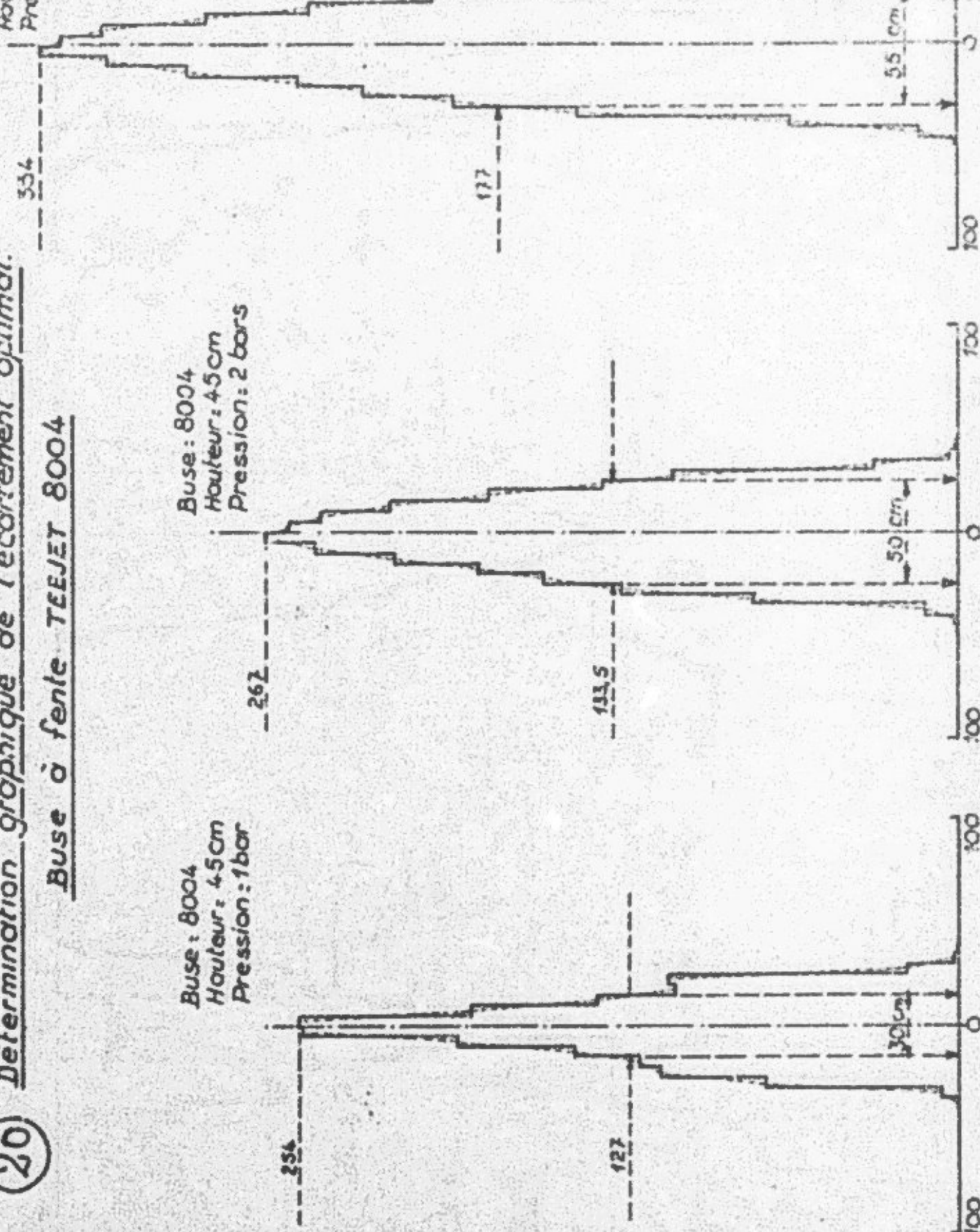
Buse : 8004
Hauteur : 45 cm
Pression : 4 bars

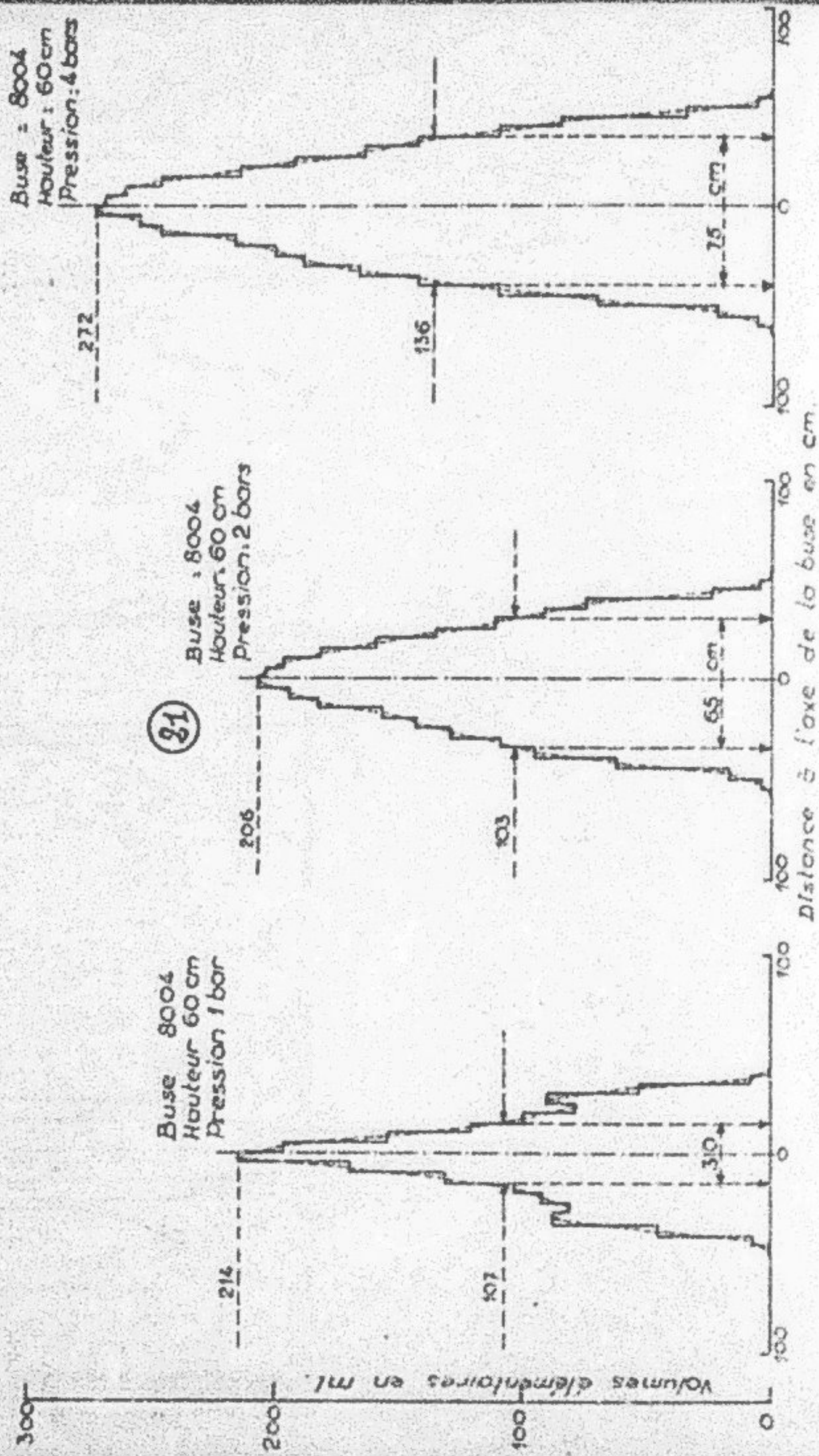
Buse : 8004
Hauteur : 45 cm
Pression : 1 bar

Buse : 8004
Hauteur : 45 cm
Pression : 2 bars

Volumes élémentaires V en ml. (Lecture par quadrillage)

Distance à l'axe de la buse en cm





ANNEXE II

DISPOSITIFS DE REGLAGE DES LAMPES POUR CULTURES BASSES

Parmi les différents facteurs qui influent sur la régularité de répartition des produits pesticides sur les cultures végétales basses, la stabilité de la rampe y entre en grande partie étant donné les sur-dosages ou les sous-dosages locaux à la suite de passage des roues du tracteur (ou pulvérisateur) sur un obstacle, dans une ornière, sur un terrain en devers etc....

Les recherches précédentes sur le réglage d'une rampe nous ont montré combien est liée la qualité de la répartition à la hauteur, à l'écartement des buses, à la pression du liquide et surtout l'effet d'oscillations négatives de la rampe.

D'autre part, les oscillations horizontales risquent d'engendrer un balayage irrégulier de la surface traitée.

Une rampe horizontale destinée au traitement des cultures basses, se compose en général des éléments suivants :

- . Une canalisation porte-buses munie d'un certain nombre d' buses
- . Un support de canalisations porte-buses
- . Un système de suspension
- . Un cadre support de la rampe
- . Un dispositif de réglage en hauteur

Suivant la conception de chaque système les modes de réglages différents :

1) Réglage de l'écartement des buses :

L'espacement des buses peut être réglable sur les canalisations porte-buses souples en caoutchouc synthétique renforcé ou en polyamide (nylon armé) ; alors qu'il est fixé une fois pour toutes (à des valeurs : 33, 50 et 60 cm) sur les canalisations rigides en acier inoxydable, duralinox voire en cuivre rouge.

2) Réglage de la hauteur :

Le réglage de la hauteur peut être continu ou discontinu. Il s'effectue par l'intermédiaire du cadre support de la rampe. Dans le premier cas, les dispositifs utilisés sont des treuils à commande manuelle, des douilles coulissantes ou parfois, des vérins hydrauliques. Dans le deuxième cas, le réglage de la hauteur s'effectue par fixation de la rampe, au moyen des boulons, sur le bâti-cadre à plusieurs trous.

ANNEXE II

DISPOSITIFS DE REGLAGE DES RAMPES POUR CULTURES BASSES

Parmi les différents facteurs qui influent sur la régularité de répartition des produits pesticides sur les cultures végétales basses, la stabilité de la rampe y entre en grande partie étant donné les sur-dosages ou les sous-dosages locaux à la suite de passage des roues du tracteur (ou pulvérisateur) sur un obstacle, dans une ornière, sur un terrain en devers etc.,...

Les recherches précédentes sur le réglage d'une rampe nous ont montré combien est liée la qualité de la répartition à la hauteur, à l'écartement des buses, à la pression du liquide et surtout l'effet d'oscillations négatives de la rampe.

D'autre part, les oscillations horizontales risquent d'engendrer un balayage irrégulier de la surface traitée.

Une rampe horizontale destinée au traitement des cultures basses, se compose en général des éléments suivants :

- . Une canalisation porte-buses munie d'un certain nombre de buses
- . Un support de canalisations porte-buses
- . Un système de suspension
- . Un cadre support de la rampe
- . Un dispositif de réglage en hauteur

Suivant la conception de chaque système les modes de réglages différents :

1) Réglage de l'écartement des buses :

L'espacement des buses peut être réglable sur les canalisations porte-buses souples en caoutchouc synthétique renforcé ou en polyamide (nylon armé) ; alors qu'il est fixé une fois pour toutes (à des valeurs : 33, 50 et 60 cm) sur les canalisations rigides en acier inoxydable, dans l'inox voire en cuivre rouge.

2) Réglage de la hauteur :

Le réglage de la hauteur peut être continu ou discontinu. Il s'effectue par l'intermédiaire du cadre support de la rampe. Dans le premier cas, les dispositifs utilisés sont des treuils à commande manuelle, des douilles coulissantes ou parfois, des vérins hydrauliques. Dans le deuxième cas, le réglage de la hauteur s'effectue par fixation de la rampe, au moyen des boulons, sur le bâti-cadre à plusieurs trous.

3) Réglage du parallélisme de la rampe au sol :

Pour ce qui concerne le maintien du parallélisme de la rampe avec la surface à traiter, plusieurs dispositifs sont présentés : (fig. 23) .

3 -1- Rampes légères ou " cannes à pêche " :

C'est la solution la plus simple, avec en général, un simple haubannage de la rampe et un système amortisseur. Ce type de rampe se rencontre surtout sur les appareils portés bon marché. Elle peut être résistante mais si trop grande souplesse est cause de nombreuses oscillations. Elle ne doit pas dépasser une longueur de 9 m.

3 -2- Rampes " Poutres " ou treillis :

C'est le type de rampe le plus courant sur les appareils trainés ou semi-portés. Une sorte de treillis métallique sert d'armature à la rampe et lui confère une certaine rigidité dans le plan vertical. Ce système ne corrige pas les composantes horizontales des coups de fouet aux extrémités.

3 -3- Rampes avec triangulation :

C'est un système de haubannage rigide qui permet de limiter les oscillations horizontales au bout de la rampe.

3 -4- Rampes pendulaires :

Ce système permet de garder la rampe horizontale et centrée sur l'axe du tracteur, mais en cas de terrain en devers il perd de son intérêt et à ce moment là il faut bloquer le système. Une rampe pendulaire peut être cannes à pêche ou treillis.

3 -5- Rampe auto-compensée :

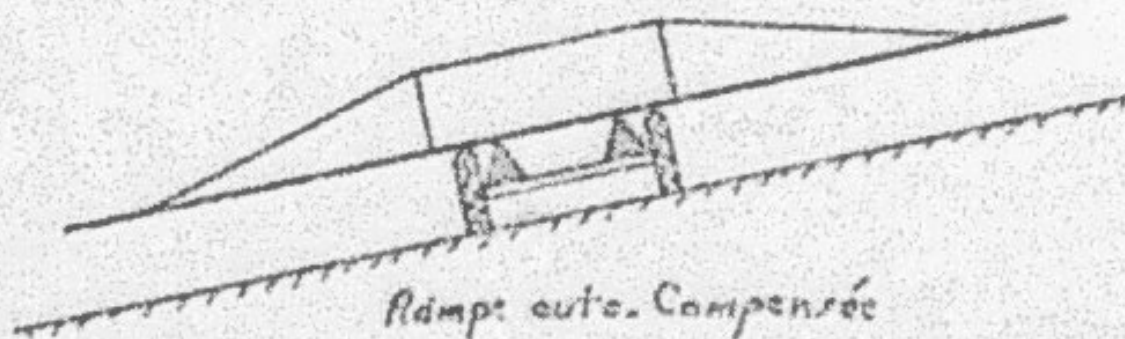
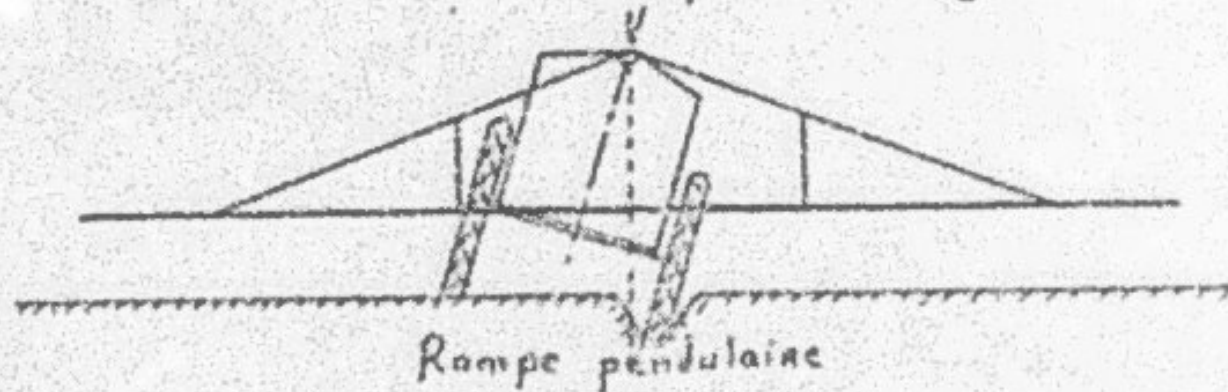
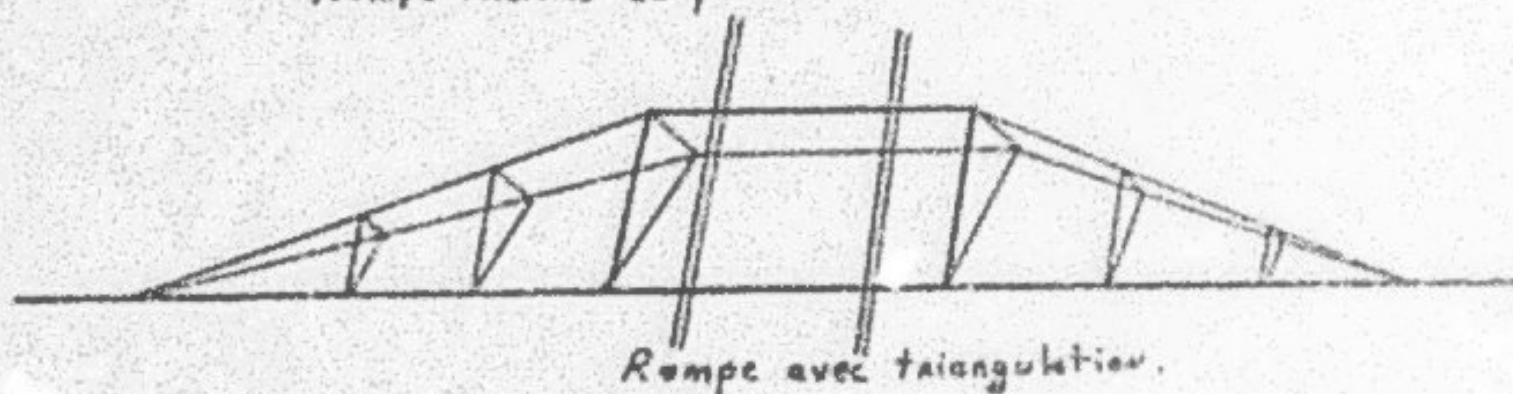
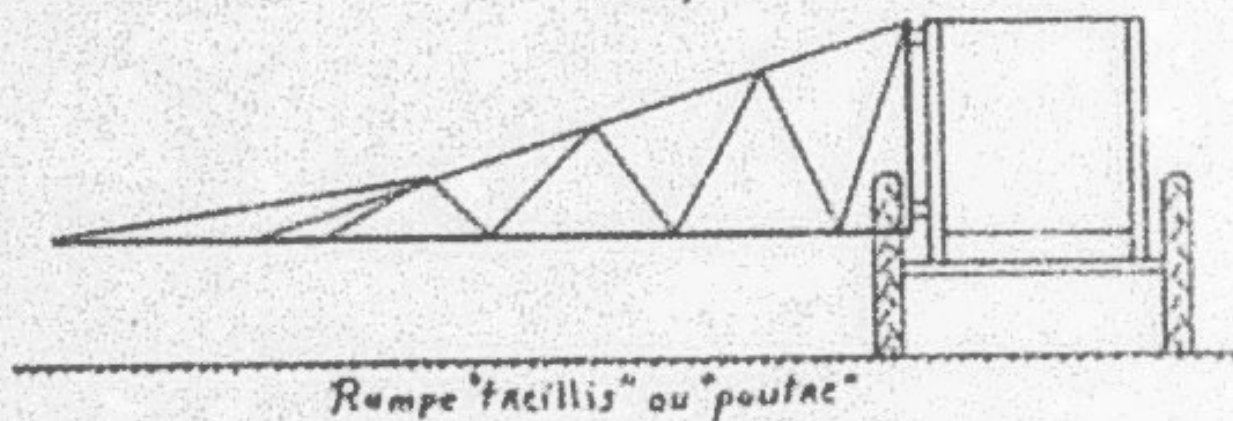
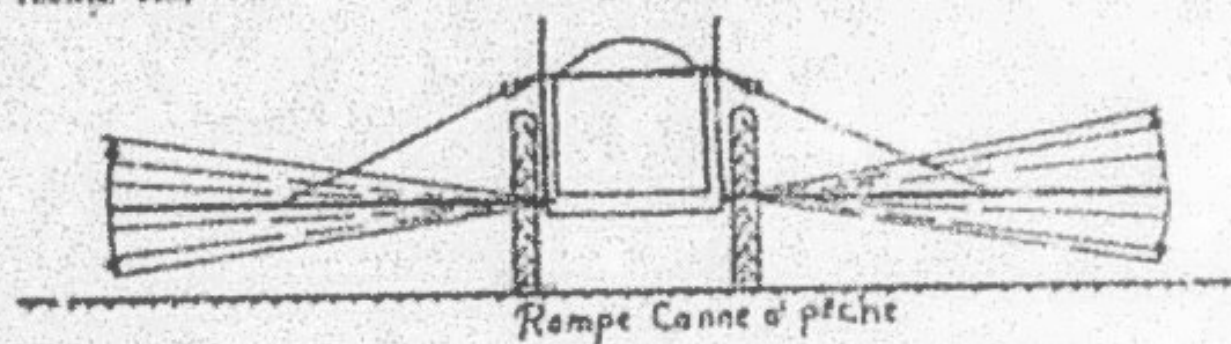
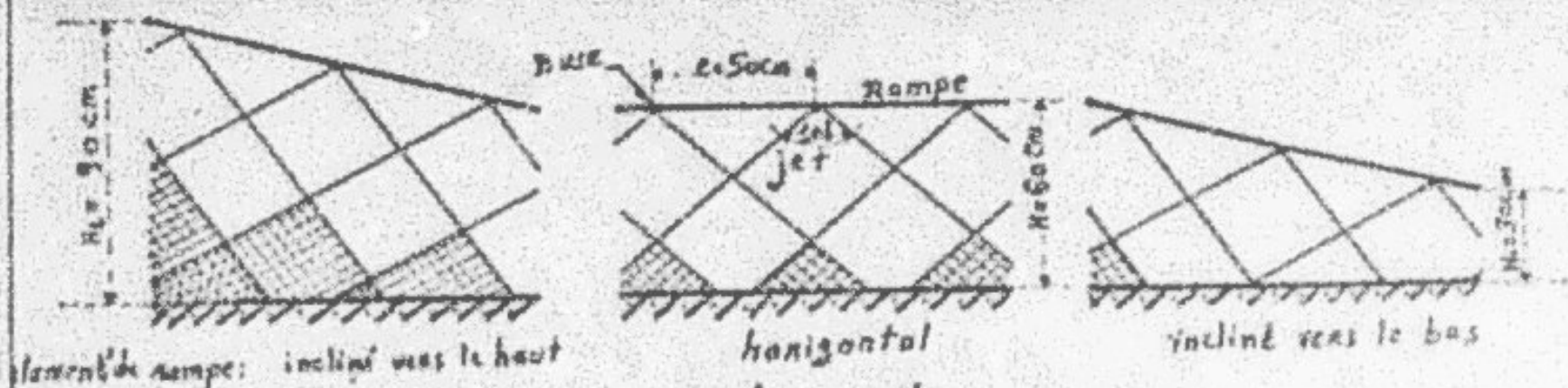
Dans ce cas la rampe repose sur deux supports, comme le fléau d'une balance repose sur un couteau. Lorsque le terrain est plat, la rampe prend appui sur les deux supports. Sur terrain plat ou en devers, la rampe garde son horizontalité ou son parallélisme à la surface à traiter.

Si accidentellement une roue heurte un obstacle ou tombe dans une ornière, la rampe reste provisoirement parallèle à la précédente position en prenant appui sur un seul support puis elle reprend sa position normale.

La rampe auto-compensée peut être du type " cannes à pêche " ou du type "treillis".

3 -6- Rampes avec correction hydraulique :

Se sont des rampes dont le réglage de la hauteur, le pliage et le dépliage, la correction du devers... sont corrigés automatiquement au moyen des vérins hydrauliques; On les rencontre sur les grands pulvérisateurs modernes.



BIBLIOGRAPHIE

- TRACTEURS ET MACHINES AGRICOLES
Livre du Maître - Tome 2
C.N.E.E.M.A.
- REGLAGE ET ENTRETIEN DES MACHINES AGRICOLES
Livre du Maître - Tome 4
C.N.E.E.M.A.
- ETUDES DU C.N.E.E.M.A. N° :
335 - 337 - 376 - 418 - 241 - 242 - 229 - 251 - 252 - 290 - 316.
- BULLETINS D'INFORMATION DU C.N.E.E.M.A. N° :
232 - 203 - 193 - 160 - 197 - 178 - 172 - 118 - 155 - 169 - 177 -
149 - 201 - 194 - 195 - 196 - 179 - 184 - 118
- LA DOCUMENTATION AGRICOLE B.P. N° :
119 - 117 - 111 - 107 - 95 - 110 - 108 - 82.
- MATERIELS DE TRAITEMENT DES CULTURES ET D'EPANDAGE D'ENGRAIS LIQUIDE
M. P. COFFRE et S. MUSILLANI -
C.N.E.E.M.A.
- CHOIX ET REGLAGE DES PULVERISATEURS AGRICOLES - C.N.E.E.M.A.
- GUIDE PRATIQUE DE DEFENSE DES CULTURES
Association de Coordination Technique Agricole - PARIS.
- INDEX DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES
Association de Coordination Technique Agricole - PARIS.
- ULV APPLICATION AND FORMULATION TECHNIQUES
Dr. W. HAAS
H.V. PHILIPS - DUPHAT
- UTILISATION DE L'AZERONERF EN AGRICULTURE
NORMAN B. AXENSON ET WESLEY C. YATES
Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture - PARIS.
- REVUES AGRICOLES ET DOCUMENTS DES CONSTRUCTEURS.

FIN

... 72 ...

...