

---

# Influence de la pression sur le spectre granulométrique de l'asperseur

## *The influence of pressure upon the particule-size spectrum of sprayers*

V. Nomčilovič

Faculté de Génie civil de NIŠ (Yougoslavie)

---

### Introduction

De nombreux instituts de recherche dans le monde entier poursuivent leurs expériences dans le domaine des relations entre la grosseur des gouttes, l'intensité de la pluie, la vitesse de l'infiltration et les normes d'irrigation, afin de pouvoir déterminer la valeur des paramètres dont dépend le choix des appareils d'arrosage, en fonction des conditions du sol et du climat.

La difficulté de mesurer la grosseur des gouttes du jet après son éclatement ne facilite pas la définition des paramètres relatifs ainsi que leur introduction dans les projets d'irrigation. Certains chercheurs introduisent dans leurs recherches la notion de diamètre moyen des gouttes tandis que d'autres effectuent des recherches en laboratoire.

Pour l'instant les fabricants d'appareils d'aspersion et les bureaux d'étude des projets d'irrigation, ne possèdent pas de normes définissant la qualité de la pluie, bien que ces normes aient une grande importance technique et économique.

Ce travail est une contribution à la solution de ce problème.

### Objectif poursuivi

Le but de ces recherches était d'étudier la distribution de la grosseur des gouttes le long du rayon d'arrosage, en fonction de la pression de l'eau, dans les conditions réelles de travail en agriculture, puis de dégager les paramètres permettant d'évaluer la qualité de la pluie, et donc de perfectionner le fonctionnement des asperseurs.

Dans ce travail, nous présenterons les résultats des recherches que nous avons réalisées avec l'asperseur "DRIM"(\*), avec un diamètre de la buse de 15 mm et

des pressions de 2 bars(\*\*), 3 bars et 4 bars. Pour contrôler la pression, l'asperseur était muni d'un manomètre.

Nous avons effectué nos recherches dans le périmètre d'irrigation de PIK "HALAS JOZEF" à Vojvodine. Les mesures, dont nous donnons les résultats, ont été réalisées par un temps ensoleillé, sans vent, à la température de l'air de 25°C(\*\*\*), sur un terrain de luzerne. La buse était placée à 1 m au-dessus du sol et les échantillons de la pluie prélevés à 0,2 m au-dessus du sol.

### Constitution d'échantillons représentatifs

Le prélèvement des échantillons représente une opération compliquée, mais d'une importance fondamentale pour obtenir des résultats précis dans la recherche du spectre granulométrique de l'asperseur. Dans cette expérimentation, on a appliqué une méthode qui permet la formation d'échantillons de la pluie, lors de la rotation de l'asperseur. Il est connu que les trajectoires des gouttes du jet éclaté, ainsi que la portée, sont différentes quand l'asperseur tourne ou lorsqu'il est immobile [9].

Le but de l'auteur, était d'enregistrer l'état réel lors du fonctionnement normal de l'asperseur. D'abord en étudiant le comportement des gouttes lors de la rotation de l'asperseur, au moyen d'un calcul mathématique statistique. Puis, en fonction des résultats obtenus, déterminer les critères permettant la constitution d'un échantillon statistique représentatif, [5] qui sont utilisés dans ces recherches. Pour prélever des échantillons de pluie, un appareil spécial a été construit, dans les laboratoires de la Faculté de génie civil à Nis.

Pour mesurer la grosseur des gouttes on a utilisé la méthode du papier-filtre, (N° 389, diamètre de

---

(\*) Producteur "AGROSTROJ" – Ljubljana.

(\*\*) D'après le catalogue du constructeur cette pression n'est pas prévue, lors du fonctionnement normal de l'asperseur.  
(\*\*\*) Donnée de la station météorologique locale.

9 cm), pour lequel on a établi la courbe de calibrage [4]. Les paramètres de la formule sont définis par la méthode des moindres carrés pour les valeurs logarithmiques des diamètres des gouttes et des traces ( $d$ ,  $D$ ).

L'équation de la courbe de calibrage dans les conditions d'essai est de forme logarithmique :

$$\log d = \log 0,4195 + 0,6958 \log D. \dots (1)$$

avec :  $d$  – diamètre de la goutte

$D$  – diamètre de la trace sur le papier-filtre.

Tous les échantillons relevés sur papier-filtre constituent des documents que l'on peut conserver.

### Traitement des données

La nature du problème impose de traiter statistiquement un nombre important d'échantillons (de quelques centaines à plusieurs milliers d'éléments pour chaque échantillon représentatif).

La première phase du traitement des données consiste à mesurer le diamètre de la trace ( $D$ ), l'évidence et la classification du matériel brut. Le nombre de traces sur un échantillon élémentaire, varie de 50 à quelques centaines. A partir des échantillons élémentaires on a formé les échantillons statistiques représentatifs d'après "le critère éventail" [5].

Les valeurs numériques des diamètres des gouttes ( $d$ ) sont déduites des valeurs numériques des diamètres des traces sur le papier-filtre à l'aide de notre courbe de calibrage [1].

Le traitement des données est effectué par un calcul mathématique statistique, sur des échantillons de 500 à 5 000 éléments. L'intervalle de variation de la sphère de l'échantillon statistique va de 0 à 4,4 mm. Il est divisé en 11 classes d'intervalles dont la largeur est de 0,4 mm. Dans une classe déterminée, on a introduit les valeurs ( $d$ ) qui sont plus grandes que la limite inférieure et plus petites (ou égales) que la limite supérieure de l'intervalle de classe.

Le traitement numérique a été réalisé au centre de calcul de la Faculté. Aujourd'hui ce traitement ne représente plus une difficulté même pour un grand nombre de données, le calculateur effectuant aisément toutes les opérations nécessaires à la transformation du diamètre mesuré de la trace en diamètre de la goutte à l'aide de la courbe de calibrage.

Le procédé de mesure de la trace de la goutte sur le papier-filtre est un travail important qui exige du temps, de la précision et une attention particulière lors de la classification.

### Les résultats

On a calculé les fréquences relatives du nombre de gouttes et leurs valeurs approchées. On a représenté les courbes de répartition empirique des fréquences relatives du nombre des gouttes, pour les points de mesure 1 (distance de l'asperseur égale à 6 m), 2 (distance 12 m) et 3 (distance 18 m), à la pression hydraulique de : 2 bars, 3 bars et 4 bars. (Fig. 1 à 6).

On a aussi calculé, les fréquences relatives de la masse des gouttes, ainsi que leurs valeurs approchées.

Sur le diagramme on a indiqué la répartition des fréquences relatives de la masse des gouttes et la courbe cumulative des fréquences relatives de la masse des gouttes. (Fig. 7 à 12).

Le diamètre moyen d'après le nombre de gouttes est calculé comme la moyenne arithmétique pour chaque point de mesure, sous toutes les pressions examinées.

Le diamètre moyen d'après la masse des gouttes est calculé dans les mêmes conditions.

On a déterminé le diamètre médian ( $d_{med}$ ), celui pour lequel la masse totale des gouttes de diamètre plus petit que  $d_{med}$  est égale à la masse totale des gouttes dont le diamètre est plus grand que  $d_{med}$ .

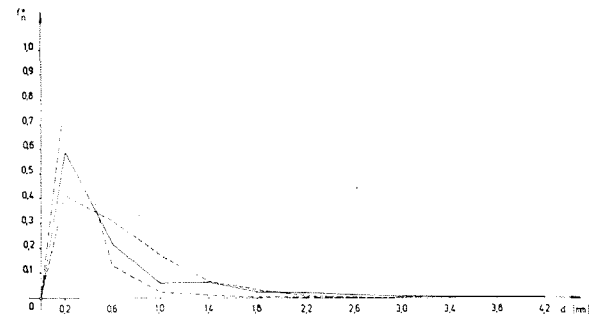


Figure 1 – Distribution des fréquences relatives du nombre de gouttes, sous une pression de 2 bars

--- point de mesure 1  
— point de mesure 2  
-·-·- point de mesure 3

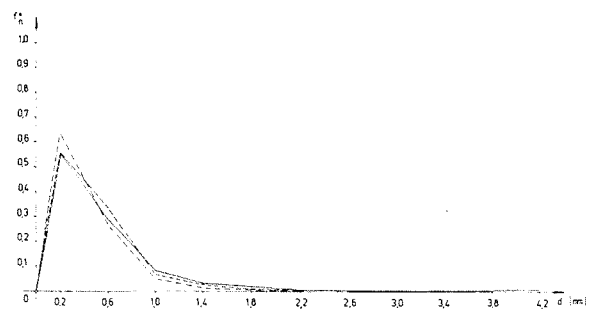


Figure 2 – Distribution des fréquences relatives du nombre de gouttes, sans une pression de 3 bars

--- point de mesure 1  
— point de mesure 2  
-·-·- point de mesure 3

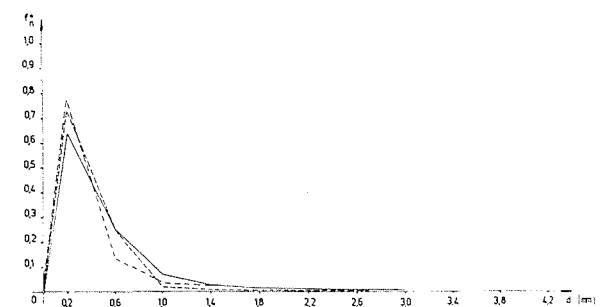


Figure 3 – Distribution des fréquences relatives du nombre de gouttes, sous une pression de 4 bars

--- point de mesure 1  
— point de mesure 2  
-·-·- point de mesure 3

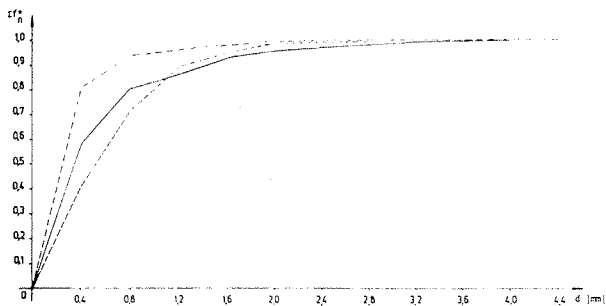


Figure 4 – Courbe cumulative des fréquences relatives du nombre de gouttes sous une pression de 2 bars  
 - - - - point de mesure 1  
 ——— point de mesure 2  
 - · - · point de mesure 3

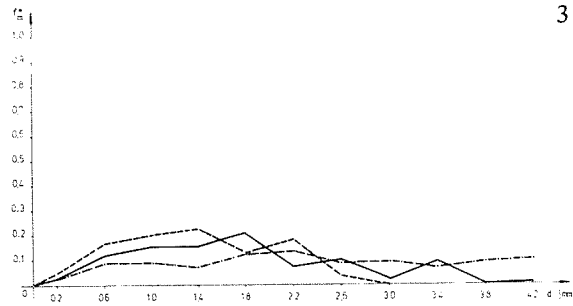


Figure 8 – Distribution des fréquences relative de la masse des gouttes, sous une pression de 3 bars  
 - - - - point de mesure 1  
 ——— point de mesure 2  
 - · - · point de mesure 3

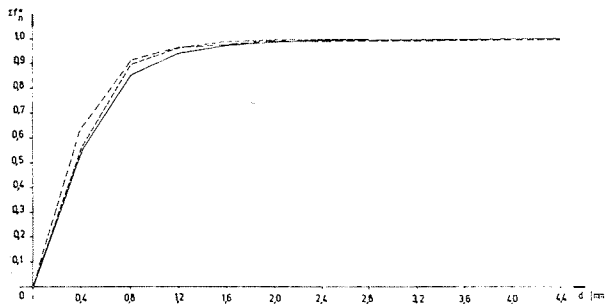


Figure 5 – Courbe cumulative des fréquences du nombre de gouttes sous une pression de 3 bars  
 - - - - point de mesure 1  
 ——— point de mesure 2  
 - · - · point de mesure 3

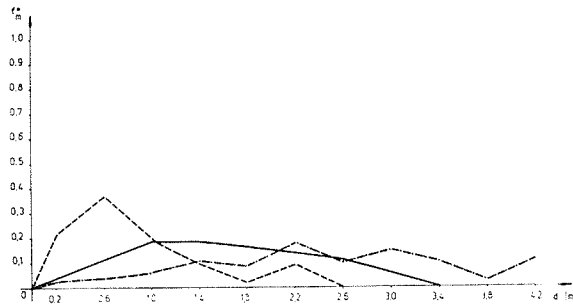


Figure 9 – Distribution des fréquences relatives de la masse des gouttes, sous une pression de 4 bars  
 - - - - point de mesure 1  
 ——— point de mesure 2  
 - · - · point de mesure 3

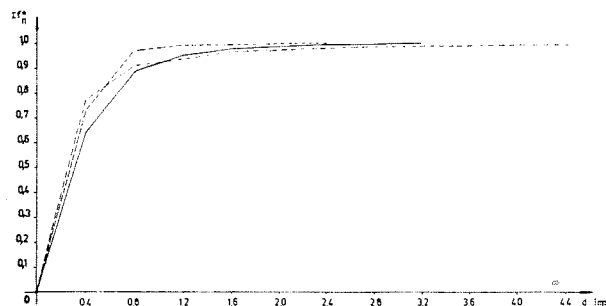


Figure 6 – Courbe cumulative des fréquences relatives du nombre de gouttes, sous une pression de 4 bars  
 - - - - point de mesure 1  
 ——— point de mesure 2  
 - · - · point de mesure 3

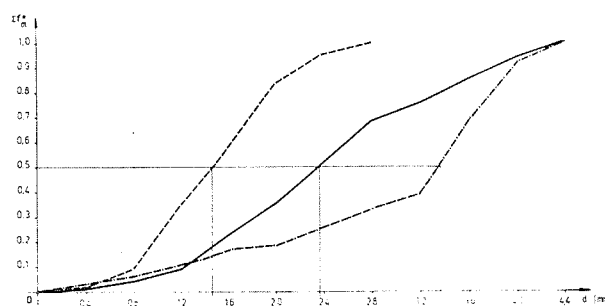


Figure 10 – Courbe cumulative des fréquences relatives de la masse des gouttes, sous une pression de 2 bars  
 - - - - point de mesure 1  
 ——— point de mesure 2  
 - · - · point de mesure 3

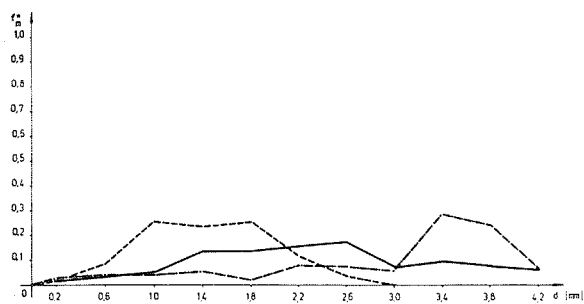


Figure 7 – Distribution des fréquences relatives de la masse des gouttes, sous une pression de 2 bars  
 - - - - point de mesure 1  
 ——— point de mesure 2  
 - · - · point de mesure 3

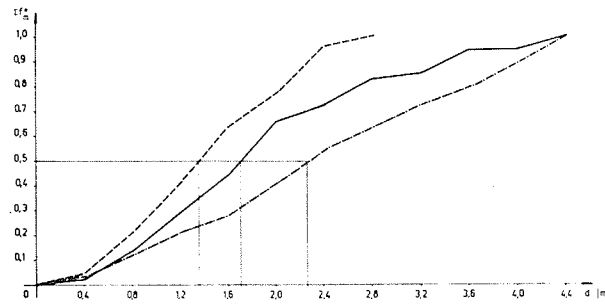


Figure 11 – Courbe cumulative des fréquences relatives de la masse des gouttes sous une pression de 3 bars  
 - - - - point de mesure 1  
 ——— point de mesure 2  
 - · - · point de mesure 3

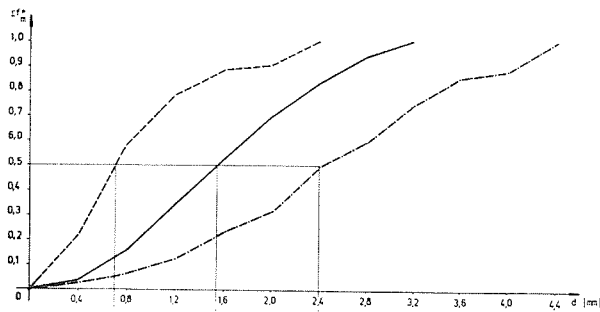


Figure 12 – Courbe cumulative des fréquences relatives de la masse des gouttes, sous une pression de 4 bars  
 ----- point de mesure 1  
 ——— point de mesure 2  
 - - - - - point de mesure 3

### Spectre granulométrique comme indicateur de la finesse de la pluie

D'après la distribution des fréquences relatives du nombre de gouttes, nous pouvons constater, que le nombre de gouttes fines domine pour tous les points de mesure sous toutes les pressions hydrauliques étudiées. Pour le point de mesure 1, la fréquence relative des gouttes pour lesquelles  $0 < d \leq 0,4$  mm représente de 41 % à 73 %, celle des gouttes de diamètre  $0 < d \leq 0,8$  mm de 72 % à 97 %. En s'éloignant de l'aspersion la fréquence relative de ces fractions augmente (Tableau I).

Tableau I – Fréquence relative en % des petites gouttes en fonction de la pression (2 à 4 bars)

Point de mesure	1	2	3
Distance à l'aspersion (en m)	6	12	18
Diamètre des gouttes $0 < d \leq 0,4$ mm	41-73	55-64	64-81
Diamètres des gouttes $0 < d \leq 0,8$ mm	72-97	80-88	90-94

Si nous considérons la masse relative des gouttes (rapport de la masse de toutes les gouttes dans un intervalle de classe à la masse totale de toutes les gouttes mesurées), nous constatons que la masse relative des petites gouttes est faible, et qu'elle diminue avec la distance de l'aspersion (fig. 7 à 12 et Tab. II).

Tableau II – Masse relative en % (Fréquence relative d'après la masse) des petites gouttes en fonction de la pression (2 à 4 bars)

Point de mesure	1	2	3
Distance à l'aspersion (en m)	6	12	18
Diamètre des gouttes $0 < d \leq 0,4$ mm	2-20	1-4	2-3
Diamètre des gouttes $0 < d \leq 0,8$ mm	10-59	4-16	6-12

Les gouttes d'un diamètre tel que

$$0,8 \text{ mm} < d \leq 2 \text{ mm},$$

au point de mesure 2, situé à 12 m de l'aspersion, représentent 10 % à 15 % en nombre et 32 % à 54 % en masse (Tab. III).

Tableau III – Répartition en % des gouttes d'un diamètre de  $0,8 \text{ mm} < d \leq 2,0 \text{ mm}$  sous une pression de 2 à 4 bars

Point de mesure	1	2	3
Distance à l'aspersion (en m)	6	12	18
Fréquence relative d'après le nombre de gouttes	2-28	10-15	10-15
Fréquence relative d'après la masse des gouttes (masse relative)	33-75	32-54	12-28

Le nombre de très grosses gouttes ( $d > 2$  mm) d'après la fréquence relative représente le pourcentage minimal (2 % à 3 %), tandis que d'après la masse relative au centre de la zone d'irrigation elles dépassent 50 % de la masse totale. Dans l'anneau périphérique de telles gouttes représentent jusqu'à 82 % de la masse totale (Tab. IV).

Tableau IV – Répartition en % des gouttes d'un diamètre  $d > 2$  mm sous une pression de 2 à 4 bars

Point de mesure	1	2	3
Distance à l'aspersion (en m)	6	12	18
Fréquence relative d'après le nombre de gouttes	0-2	0-3	0-2
Fréquence relative d'après la masse des gouttes (masse relative)	9-23	31-64	60-82

Sur la figure 13, on a représenté parallèlement les courbes cumulatives des fréquences relatives du nombre et de la masse des gouttes, pour une pression moyenne de 3 bars, au point de mesure 2 (partie centrale de la zone d'irrigation).

D'après les résultats mentionnés ci-dessus, nous pouvons conclure, que l'analyse des gouttes doit être faite parallèlement sous deux aspects: d'après leur nombre relatif (fréquence) et d'après leur masse relative.

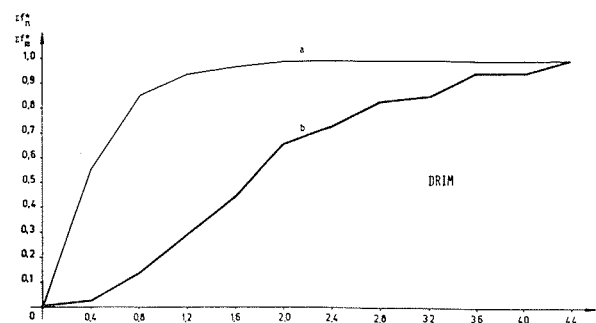


Figure 13 – Courbes cumulatives des fréquences relatives au point de mesure 2, pression de 3 bars  
 a – du nombre de gouttes  
 b – de la masse des gouttes

### Analyse de la distribution des fréquences relatives en fonction de la distance

En comparant les diagrammes de la distribution des fréquences relatives de la masse des gouttes, en trois points de mesure, avec une pression constante (Fig. 7 à 9), nous constatons que la masse relative des grosses gouttes augmente vers la périphérie pour toutes les pressions examinées.

Il est à remarquer que la courbe de distribution des fréquences relatives de la masse des gouttes, pour le point de mesure n° 3, sous la pression de 2 bars, atteint son maximum pour des gouttes de 3,4 à 3,8 mm de diamètre (Fig. 7). Cette courbe, d'après sa forme, s'écarte des autres courbes de la distribution de cette série. L'explication réside dans le phénomène de la dispersion du jet: à la plus basse pression examinée (2 bars), on obtient la plus petite portée et à cause de cela, le point de mesure 3, qui doit représenter le spectre granulométrique moyen de la pluie dans l'anneau périphérique, tombe en bordure de la zone de la plus grosse pluie.

Les courbes cumulatives des fréquences relatives de la masse des gouttes pour les trois points de mesure, sous la pression constante de 2,3 et 4 bars, illustrent le changement du spectre granulométrique des gouttes selon le rayon arrosé (Fig. 10 à 12).

### Analyse de la distribution des fréquences relatives en fonction de la pression de l'eau

En comparant le diagramme de la distribution des fréquences relatives de la masse des gouttes, pour une pression de 2,3 et 4 bars (Fig. 14 à 16), en chaque point de mesure; on peut constater qu'en fonction de l'augmentation de la pression la fréquence des petites gouttes augmente et que le diamètre maximal des gouttes diminue.

Les courbes cumulatives des fréquences relatives de la masse des gouttes, illustrent le changement du spectre granulométrique des gouttes en fonction de la pression de l'eau (Fig. 10 à 12).

### Diamètre moyen des gouttes et diamètre median, comme indicateur de la finesse de la pluie

On a calculé et présenté les valeurs moyennes du diamètre, comme une moyenne arithmétique, d'après le nombre et la masse des gouttes, pour les trois points de mesure et pour trois valeurs de pression (Tab. V et VI). On a aussi déterminé le diamètre médian (diamètre tel que la masse totale de toutes les gouttes d'un diamètre inférieur à  $d_{med}$  est égale à la masse totale de toutes les gouttes d'un diamètre supérieur à  $d_{med}$ ) (Fig. 10 à 12).

Tableau V – Diamètre moyen d'après le nombre des gouttes en mm

Pression (bars)		2	3	4
Distance à l'asperseur (m)	6	0,59	0,45	0,36
	12	0,59	0,49	0,43
	18	0,37*	0,44	0,42

Le diamètre moyen calculé d'après le nombre des gouttes présente les plus petites valeurs, en général moins de 0,5 mm. Si on évaluait la finesse de la pluie seulement

Tableau VI – Diamètre moyen d'après la masse des gouttes en mm

Pression (bars)		2	3	4
Distance à l'asperseur (m)	6	0,89	0,69	0,47
	12	1,08	0,82	0,72
	18	0,84*	0,81	0,86

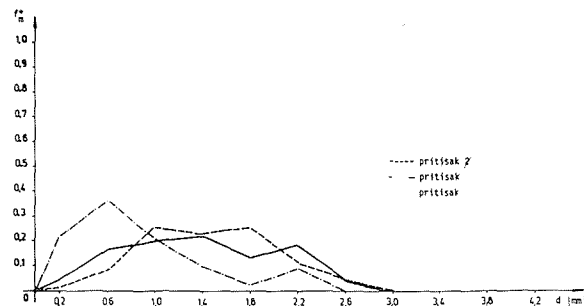


Figure 14. – Distribution des fréquences relatives de la masse des gouttes, au point de mesure 1

----- pression de 2 bars  
— pression de 3 bars  
- - - - - pression de 4 bars

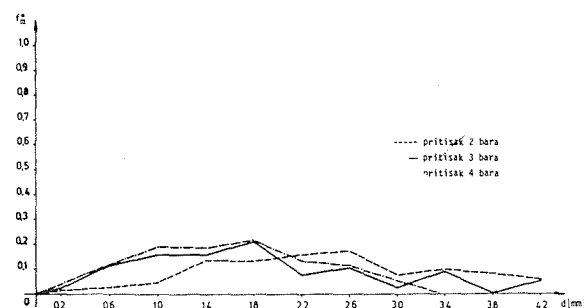


Figure 15 – Distribution des fréquences relatives de la masse des gouttes, au point de mesure 2

----- pression de 2 bars  
— pression de 3 bars  
- - - - - pression de 4 bars

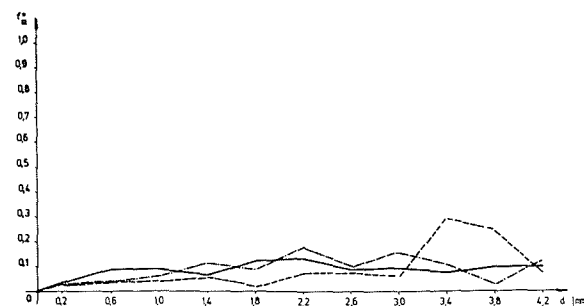


Figure 16 – Distribution des fréquences relatives de la masse des gouttes, au point de mesure 3

----- pression de 2 bars  
— pression de 3 bars  
- - - - - pression de 4 bars

d'après ce paramètre, la conclusion serait inexacte. Ce paramètre serait représentatif d'une pluie fine, bien que dans notre cas il s'agisse d'une grosse pluie. Aux points de mesure 1 et 2, on remarque qu'avec l'augmentation de la pression, le diamètre moyen diminue. Le point de mesure 3 fait exception.

D'après la masse des gouttes le diamètre moyen varie entre 0,47 et 1,08 mm.

Pour tous les points de mesure le diamètre médian diminue avec l'augmentation de la pression. Sous une pression constante, il augmente avec la distance à l'aspersion. Dans notre cas, les plus petites valeurs se manifestent à la distance de 6 m (0,71 mm; 1,35 mm et 1,46 mm). A la distance de 12 m, ces valeurs passent à 1,54 mm; 1,70 mm et 2,36 mm, pour atteindre au point de mesure 3, 2,40 mm; 2,26 mm et 3,36 mm.

Tableau VII – Diamètre médian en mm

Pression (bars)		2	3	4
Distance à l'aspersion (m)	6	1,46	1,35	0,71
	12	2,36	1,70	1,54
	18	3,36*	2,26	2,40

\* Résultats relatif à la zone de bordure (grosses gouttes)

Le diamètre moyen d'après le nombre et la masse des gouttes, ne peut être recommandé comme un indicateur représentatif de la qualité de la pluie.

Par contre, le diamètre médian peut être considéré comme un indicateur objectif de la qualité de la pluie, car il est représentatif du spectre granulométrique.

## Conclusion

Les résultats que nous avons obtenus dans ces recherches nous montrent que l'anneau périphérique arrosé reçoit une grosse pluie sous toutes les pressions hydrauliques examinées. La surface de cet anneau circulaire, la qualité de la pluie représentée par le spectre granulométrique au point de mesure 3, correspond à plus de 40 % de la surface totale arrosée par aspersion.

Le fait que les asperseurs utilisés ne donnent pas de rapports granulométriques satisfaisants, nous conduit à faire des recherches systématiques sur tous les facteurs qui influent sur le spectre granulométrique de l'aspersion, afin d'améliorer la qualité de la distribution de l'eau.

Ces dernières années, des progrès exceptionnels ont été réalisés dans la fabrication des matériels d'aspersion et tout particulièrement dans la structure métallique

et l'automatisation électronique. Cela représente un succès certain pour le développement de l'irrigation mais pas suffisamment d'attention ne fut consacrée à l'aspersion qui est la partie essentielle de ces matériels.

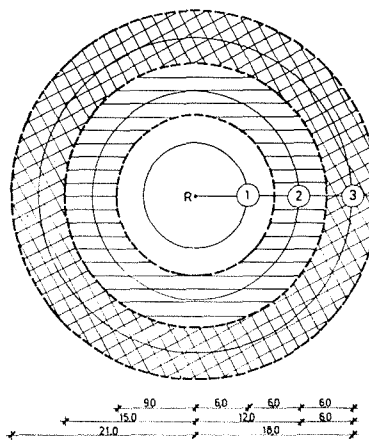


Figure 17 – Schéma des points de mesures

Eu égard à l'importance du spectre granulométrique de la pluie dans la distribution de l'eau, à la sauvegarde de la structure du terrain, à la qualité et aux caractéristiques de l'aspersion en matière de production industrielle et de dépense d'énergie, nous pouvons conclure que dans le domaine des matériels d'aspersion, le perfectionnement des buses doit être mis au premier plan.

## Bibliographie

- [1] ERHOV H.S., LAMPERT G.P. – Opređenje krupnosti kapelj dozda s pomoću bumaznih filjtrov, *Traktori i seljhozmasini*, N° 10, 1971.
- [2] FURMIDGE C.G.L. – *Spray Application Problems*; XVII. The Measurement of Spray Droplet Size in the Field, Ann. Rep. Long Ashton Res. Station, 1955.
- [3] GALLWITZ K. – Bericht über die Untersuchungen am Regner M.R.20 Landmaschinen-Institut der Universität Göttingen, 1957.
- [4] MOMCILOVIC V. – Prilog primeni metode filter-papira za ocenu granulometrijskog spektra kapljica pri natapanju kisenjem, *Vodoprivreda* 4, 1980.
- [5] MOMCILOVIC V. – Prilog proučavanju krupnoće kapljica pri natapanju kisenjem, Dokt. disert. Gradje. fak. Nis, 1981.
- [6] PANTIC Z. – Uvod u teoriju verovatnoće i statistiku, Nis, 1980.
- [7] PERNES P. – L'Aspersion et ses problèmes, *La Houille Blanche*, 5, 1966.
- [8] PERNES P. – Balistique et granulométrie des asperseurs, *Bul. Techn. Gen. Rural*, 85, 1967.
- [9] SEGNER I. – Water Distribution from Medium Pressure Sprinklers, J. Irrig. Drain. Div., *Proc. Amer. Soc. Civ. Eng.*, 1963.
- [10] VLADISAVLJEVIC Z. – Hidrotehnicke melioracije, Beograd, 1957.