

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre d'Adiopodoumé

Laboratoire de Sédimentologie

EROSION - TRANSPORT - SEDIMENTATION EN MILIEU
INTERTROPICAL
(Côte d'Ivoire)

TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION SUR LE BASSIN DE KORHOGO

par

François LENOIR

Décembre 1968

Ce rapport entre dans le cadre de l'étude sur l'érosion, le transport et la sédimentation en milieu intertropical (Bassin du BANDAMA).

Cette opération a été conçue et dirigée par Monsieur le Professeur J-Ph. MANGIN (1).

(1) - Laboratoire de Géologie et de Sédimentologie.
Faculté des Sciences de NICE.

INTRODUCTION

Nous nous sommes proposés, au cours de cette étude, de déterminer la quantité de matériel solide exportée en suspension sur un bassin représentatif situé en savane au cours de l'année 1967.

A 7 kilomètres au Sud-Ouest de Korhogo, se trouve le bassin de Waraniené qui intéresse le cours supérieur du Loserigue, affluent du Laffigue qui se jette dans le Bandama. La superficie de ce bassin représente 3,63 km².

La roche-mère n'est visible qu'en de rares affleurements situés près du déversoir qui limite le bassin à l'aval. Il s'agit d'un granite à grain assez fin comportant des zones pegmatitiques roses à biotite dans lesquelles des veines aplitiques viennent s'intercaler. Les altérations sont épaisses et peuvent dépasser une quinzaine de mètres.

La pente, de l'ordre de 3 % est faible et nous pouvons distinguer le plateau, les pentes et les bas-fonds. Sur le plateau, nous trouvons un sol rouge gravillonnaire (à tendance ferrallitique) auquel fait suite sur les hauts de pente un sol ocre très gravillonnaire. Les bas de pente sont représentés par un sol gris blanchâtre sableux ou beige ocre non gravillonnaire (à tendance ferrugineuse). Dans les bas-fonds nous trouvons des sols gris (hydromorphes).

La végétation est du type de savane herbeuse avec arbustes dont une partie a été mise en culture.

La pluviométrie sur le bassin pour l'année 1967 représente une hauteur moyenne totale de 1339 mm que nous pouvons comparer à la moyenne interannuelle de la station de Korhogo qui est de 1406 mm sur 29 années. Les valeurs pluviométriques mensuelles sont très proches des valeurs médianes mensuelles enregistrées sur le bassin sauf en septembre et octobre où l'année 1967 est déficitaire.

L'exutoire du bassin est équipé d'un déversoir avec limni-
graphe mais l'important débit solide qu'entraîne le Loserigue
rend nécessaire l'étalonnage de la section à chaque crue, ce qui
exige une mise à jour continue de la courbe de tarage.

REALISATION

Les échantillons qui serviront à la détermination du trans-
port solide en suspension sont prélevés au cours de la crue à
des intervalles de temps et de débits rapprochés. Ceci afin de
saisir le phénomène en continu tant en fonction du temps que du
débit.

La prise des échantillons se fait à l'aide d'un appareil
constitué par un réservoir en plastique à section rectangulaire
bouché à une extrémité.

Les prélèvements s'opèrent toujours sur la même verticale
correspondant au lit mineur du cours d'eau et sur une tranche
d'eau variant de la surface à 20 cm de profondeur. En général,
l'échantillon intéresse les 15 centimètres les plus proches de
la surface.

Le prélèvement d'une dizaine de litres est transporté dans
un jerricane.

On détermine le volume de cet échantillon qui est versé
dans un vase à décantation. Afin de faciliter le dépôt des parti-
cules fines, nous utilisons une solution de 15 cm³ de sulfate
d'alumine à 10 %.

Au bout de 2 ou 3 jours, la décantation est complète. Il
faut siphonner et transvaser le dépôt dans un becher de 2 litres.
Quelques heures après celui-ci est à nouveau siphonné et le résidu
versé dans une coupelle de 100 cm³ qui sera placée à l'étuve.

Le résidu séché sera pesé et en fonction du volume d'eau
mesuré nous en déduirons la charge solide unitaire en kg/m³.

CAUSES D'ERREURS

Des erreurs peuvent être causées par la lecture de l'échelle limnimétrique, celle-ci ne donnant qu'une précision au centimètre près.

D'autre part, la courbe de tarage nous donne la valeur du débit avec une précision de 5 %.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, le prélèvement s'effectue toujours sur la même verticale. Nous aurions aimé pouvoir coupler chaque échantillon avec une mesure de vitesse, mais la rapidité avec laquelle se fait l'augmentation du débit ne permet pas la simultanéité des deux opérations.

La pesée entraîne également une erreur, toutefois, avec une balance qui permet une lecture au mg sur un poids qui dépasse souvent 10 grammes, celle-ci reste négligeable.

Au cours de la dessiccation, nous récupérons avec les solides le résidu sec soluble correspondant à 100 cm³ de l'échantillon mis à décanter, ce qui représente un poids toujours inférieur à 10 mg.

La charge solide transportée varie de 0,2 à 6 ou 7 grammes par litre, soit une pesée de 2 à 70 grammes, ce qui laisse une marge suffisante de sécurité dans l'interprétation des résultats.

CHARGE SOLIDE UNITAIRE

Avant la crue, la charge solide unitaire peut être considérée comme nulle, mais dès le début du ruissellement, celle-ci augmente très vite.

Nous ne pouvons pas donner une valeur de la charge solide correspondant à un débit donné. En effet, il semble que ce ne soit pas le débit qui commande la valeur de la charge, mais plutôt la vitesse de la variation du débit. A chaque accélération, nous constatons une augmentation très nette du transport solide.

Ce point reste à préciser surtout d'après l'analyse granulométrique des éléments figurés. Il faudra s'attacher non seulement au pourcentage des différentes classes granulométriques mais à l'évaluation du grain transporté de diamètre maximum. Nous pourrions peut être, d'après ceci, mieux connaître le facteur influant sur la charge solide transportée en montée de crue.

Lors de la décrue, les échantillons pris au cours de la saison 1967 sont venus confirmer les valeurs des années précédentes (figure 1).

Nous constatons une décroissance de la charge solide en fonction du débit depuis le maximum de crue jusqu'au retour au débit de base.

Il arrive que certaines valeurs de cette charge solide soient nettement supérieures à celles qui sont données par la courbe moyenne. Ceci se produit dans le cas des crues composées dans lesquelles la décrue de la première interfère avec l'accélération du débit donnée par la montée de la crue suivante.

Nous pouvons considérer qu'à chaque débit en décrue correspond une charge solide unitaire. Lors de la décrue, la vitesse du courant diminue et par conséquent sa compétence.

LES CRUES ETUDIEES

En montée de crue, les prélèvements sont effectués à des intervalles de temps rapprochés, en particulier lors des grandes variations de la valeur du débit. Cet échantillonnage serré permet de mieux suivre le phénomène en continu et de saisir les variations.

Durant la décrue, le nombre des échantillons peut être réduit, car, comme nous l'avons vu, la valeur de la charge transportée peut se déduire du débit.

Sur les figures 2 à 9, nous avons porté pour chaque crue étudiée l'hydrogramme couplé avec le transport solide en suspension.

CHARGE SOLIDE / DEBIT EN DECRUE

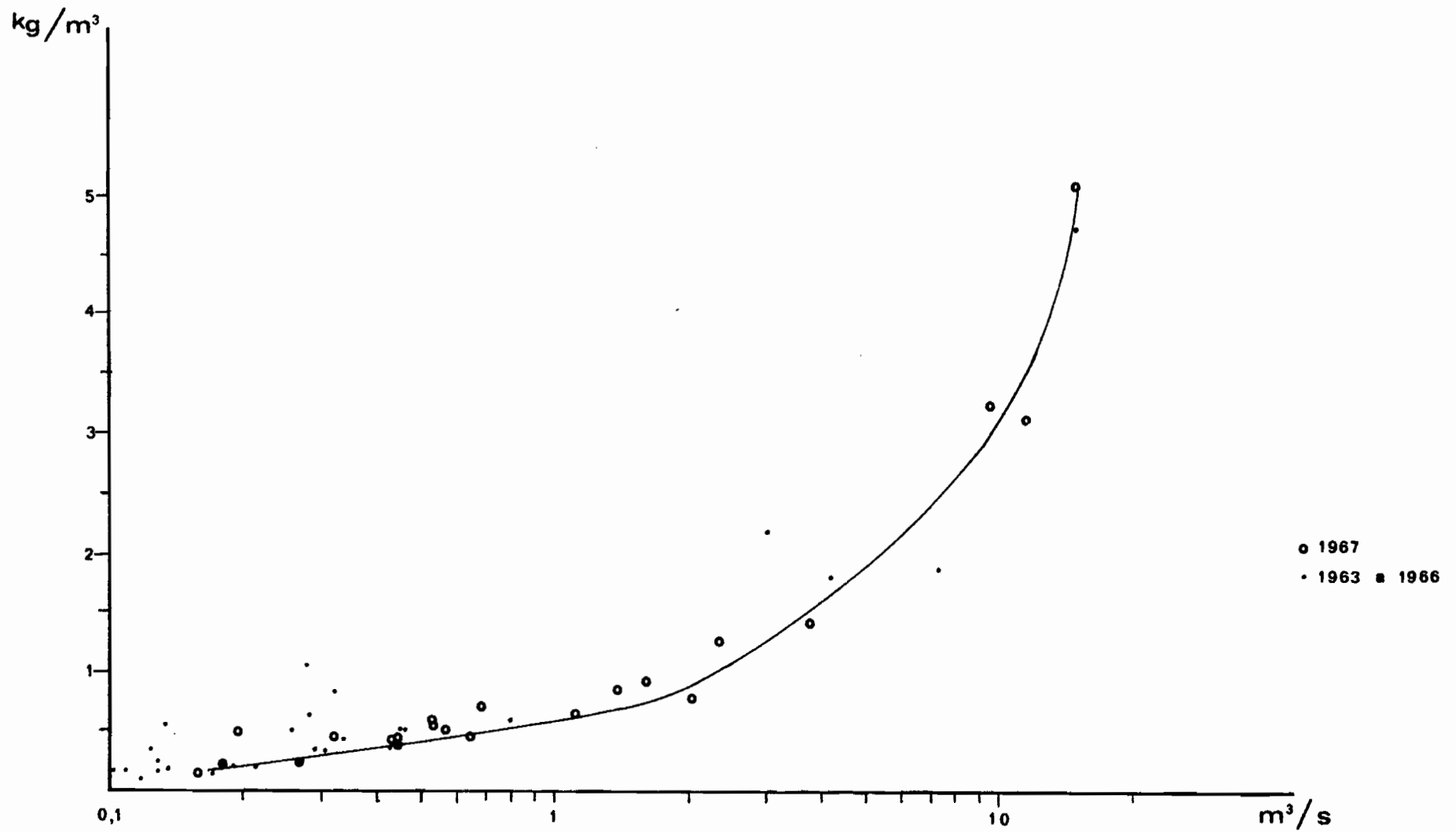


Fig. 1

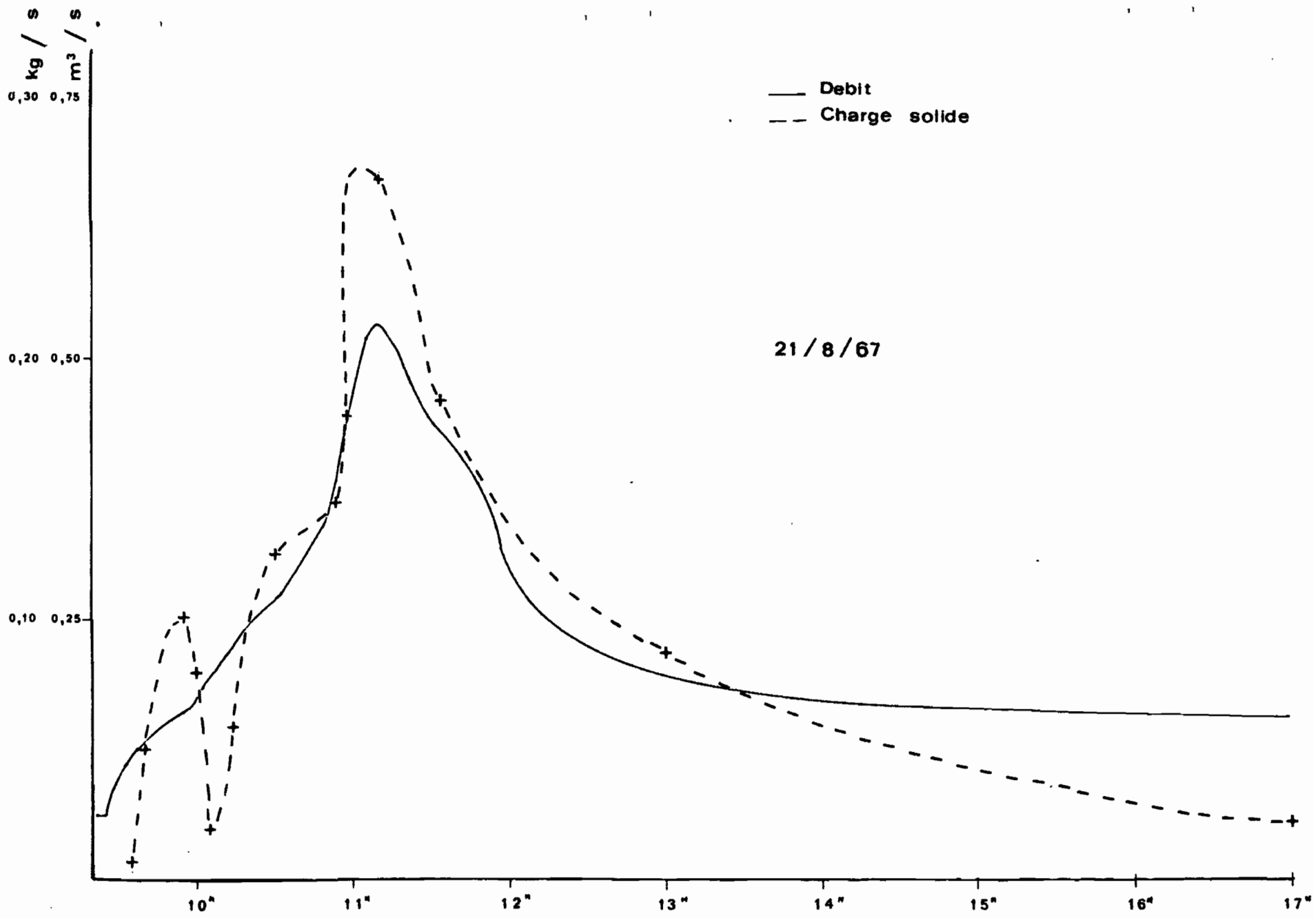


Fig . 2

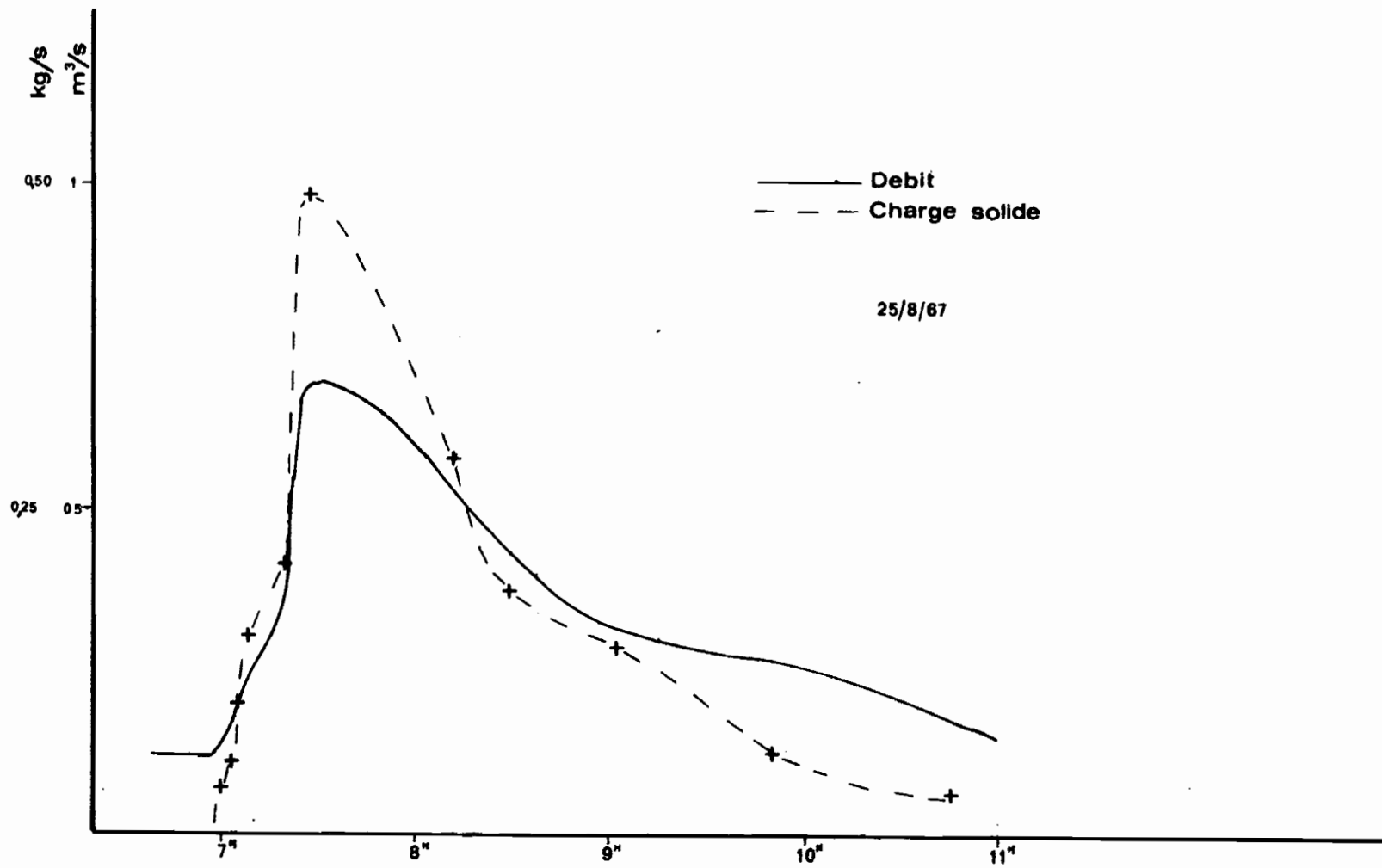


Fig - 3

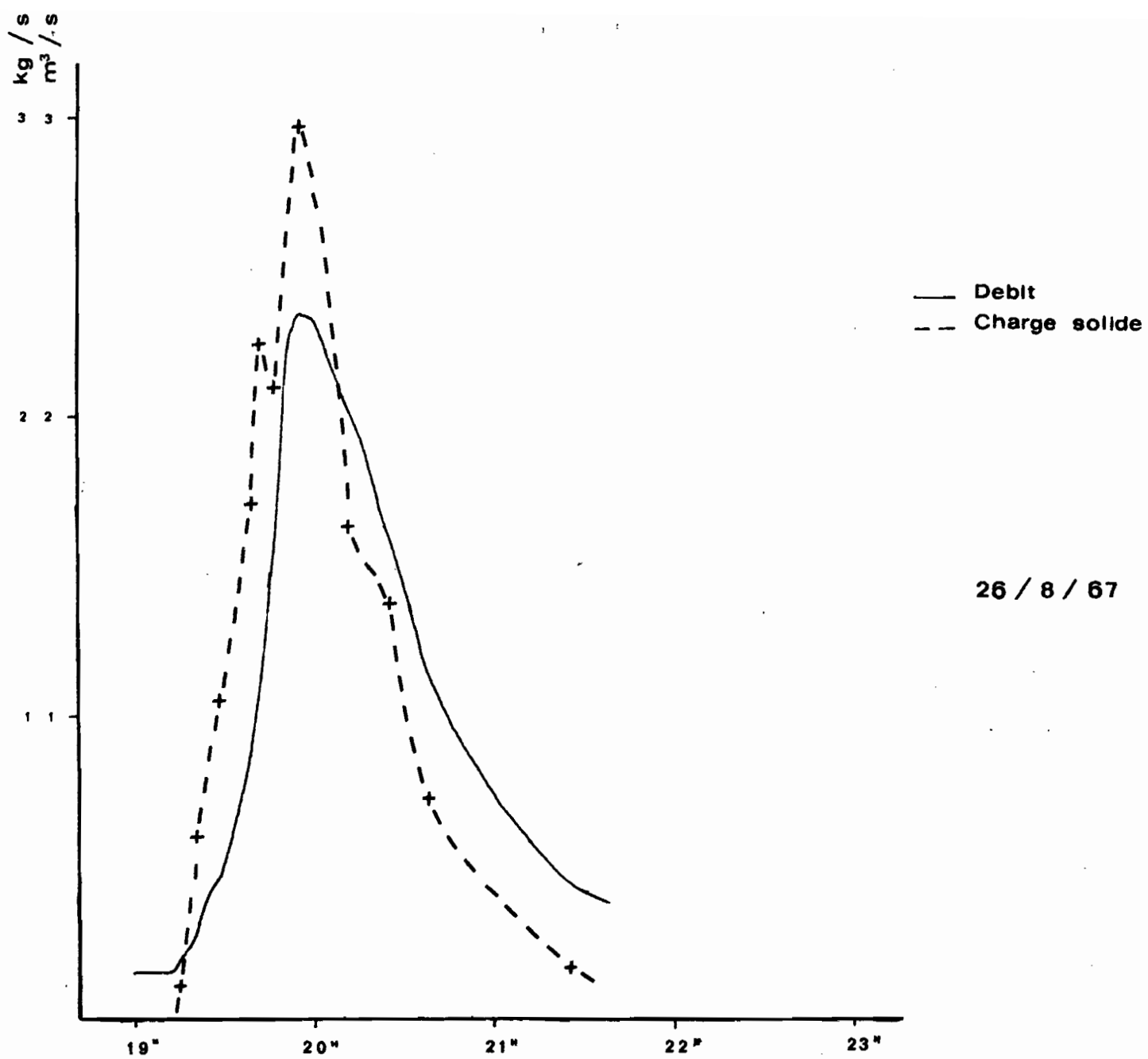


Fig. 4

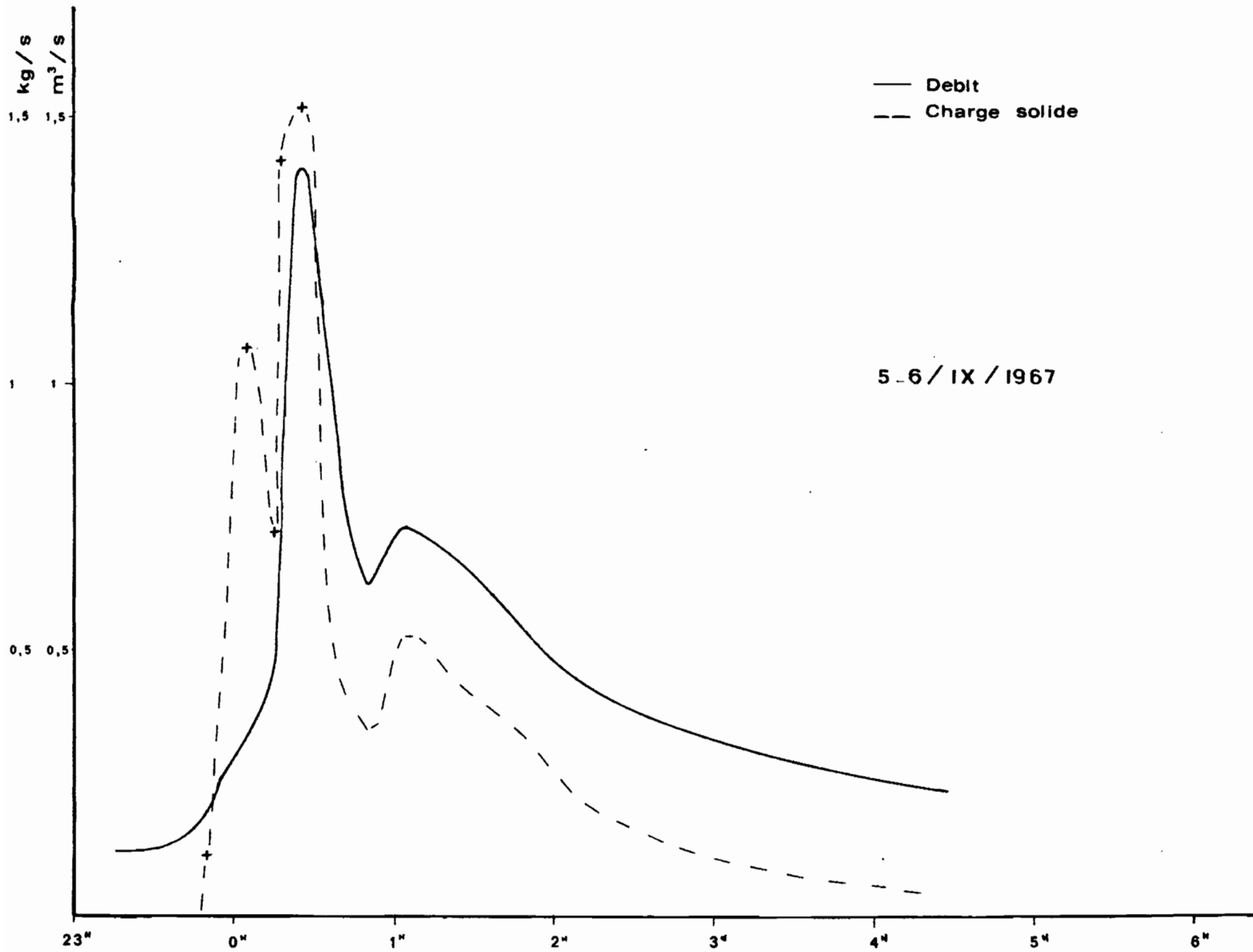


Fig. 5

9/IX/67

— Debit
-- Charge solide

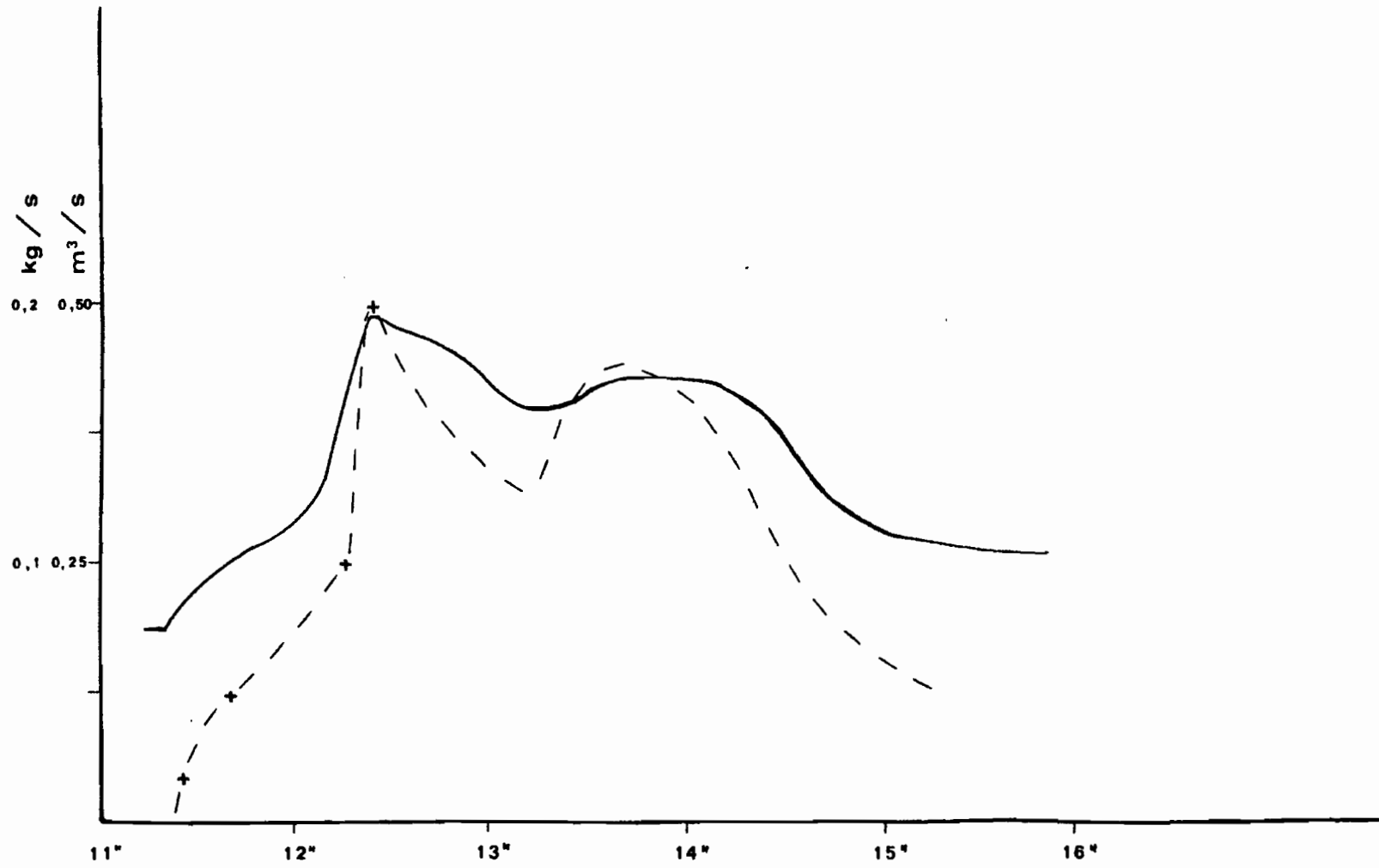
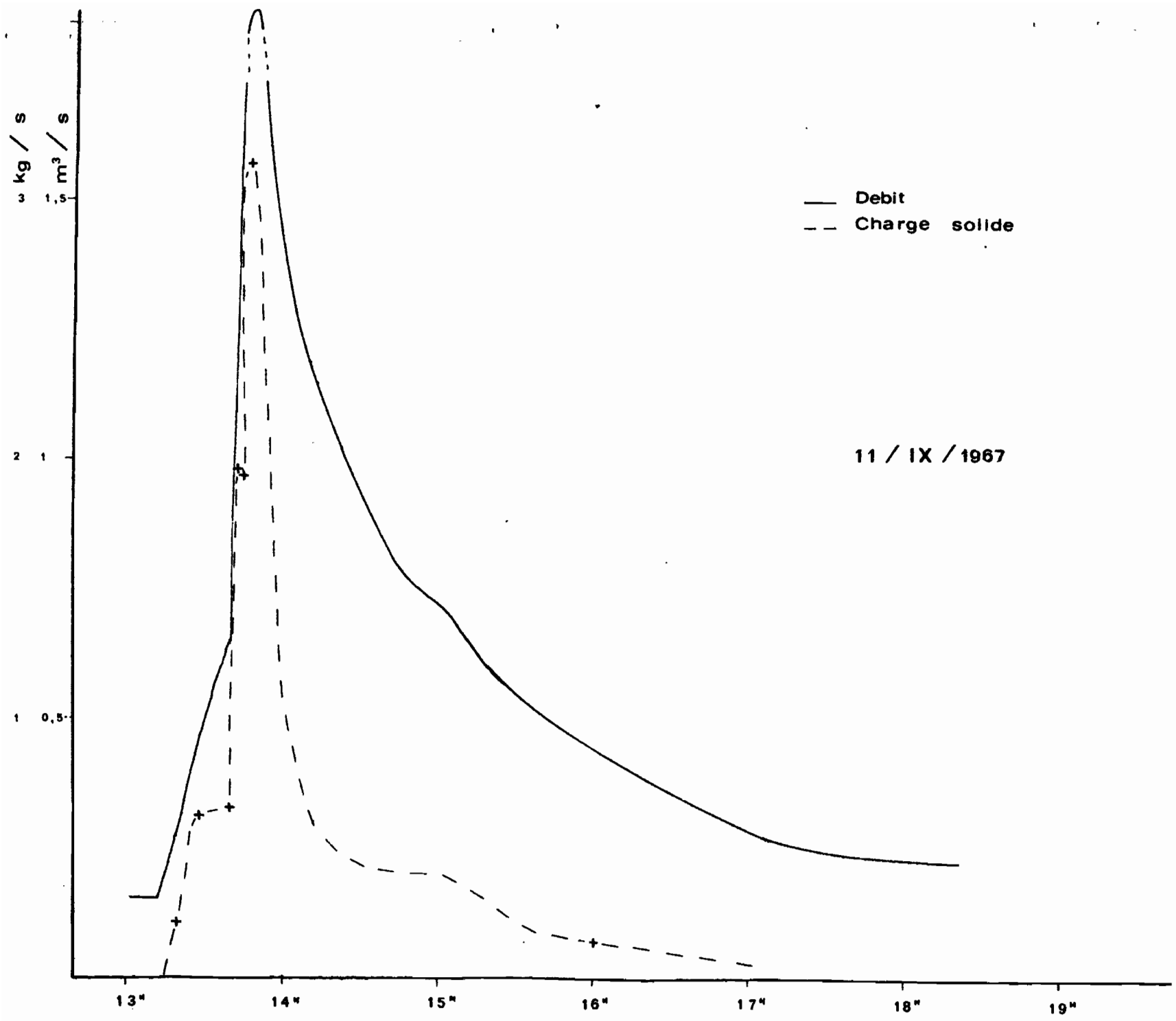


Fig. 6



11 / IX / 1967

Fig. 7

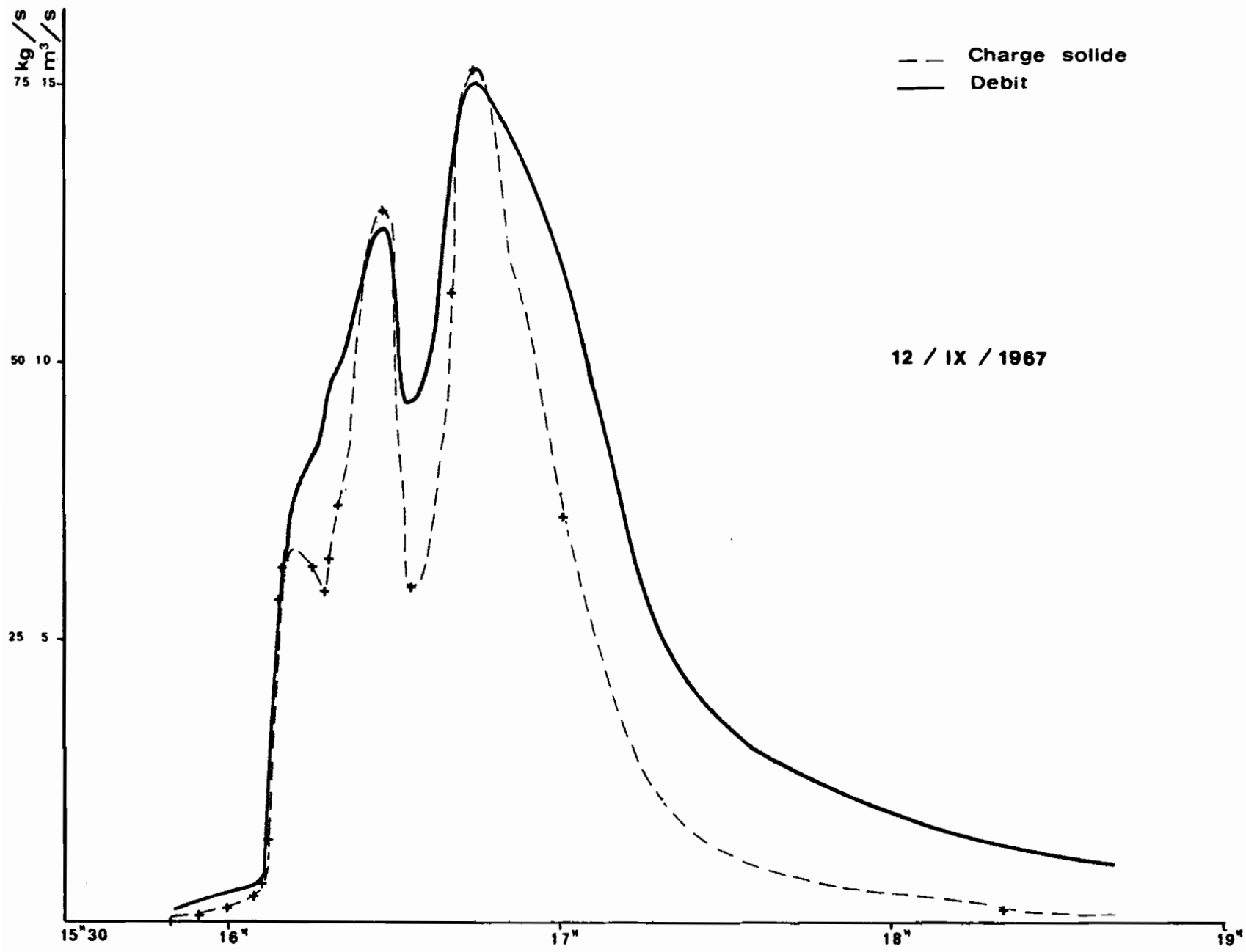


Fig. 8

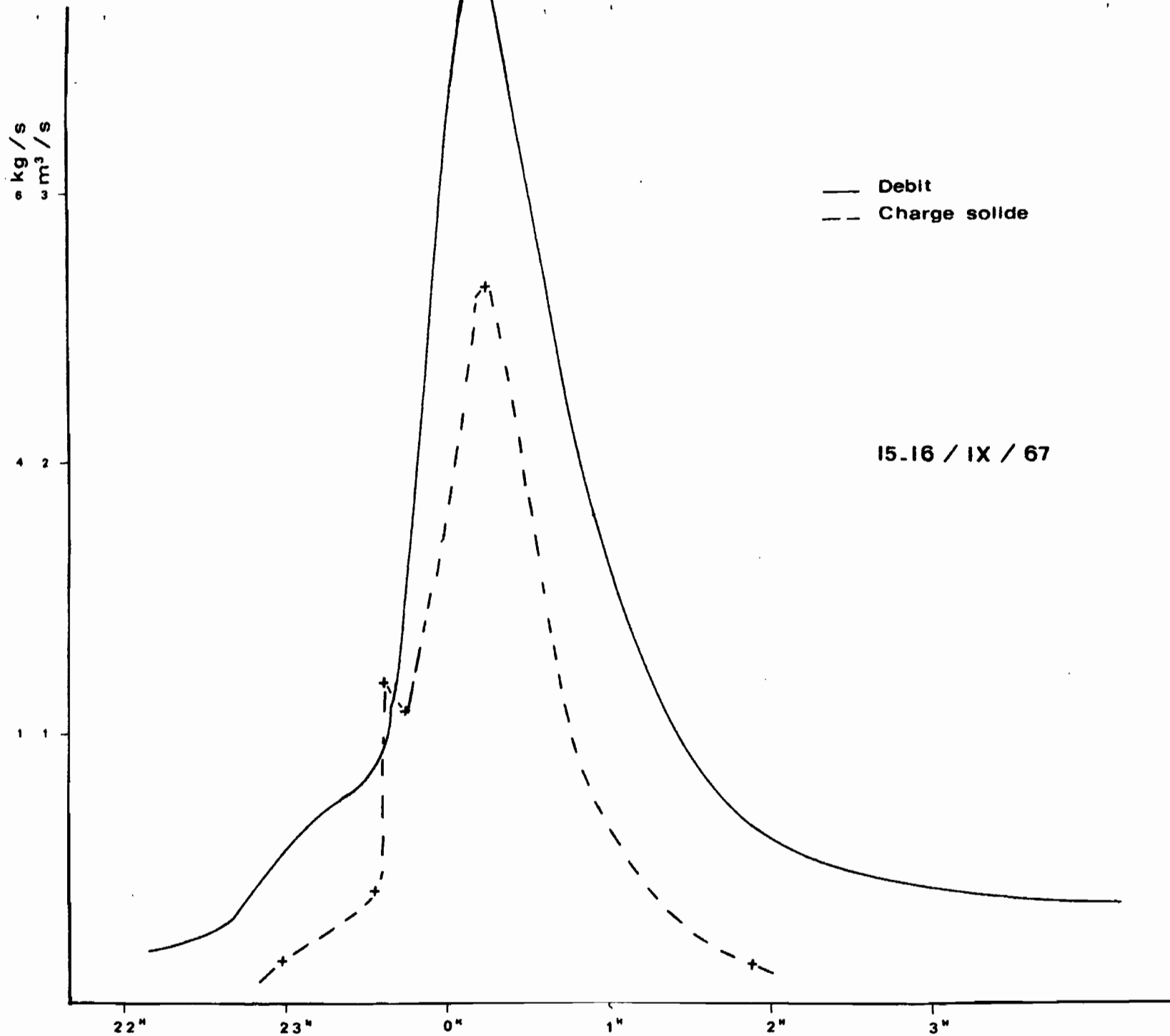


Fig. 9

VOLUME RUISSELE - TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION

Au cours de la saison 1967, huit crues nous ont permis d'étudier le volume ruisselé et la charge solide transportée en suspension pour chacune d'elles (figure 10). Nous remarquons la relation qui existe entre ces deux valeurs.

Pour cette étude, nous avons classé les crues dans l'ordre décroissant des volumes ruisselés et d'après la courbe moyenne tracée sur la figure 10, nous en avons déduit pour chaque volume ruisselé le poids du matériel solide transporté en suspension.

Ces valeurs sont consignées sur le tableau

Date

Vr = volume ruisselé en m³

Tonnes = poids transporté en suspension

Vr % = pourcentage relatif du volume ruisselé de chaque crue.

Tonnes % = pourcentage relatif du transport solide en suspension de chaque crue

E % = pourcentage du volume de chaque crue par rapport à l'écoulement annuel

Vr % c = valeurs cumulées de Vr %

Tonnes % c = valeurs cumulées de tonnes %

E % c = valeurs cumulées de E %.

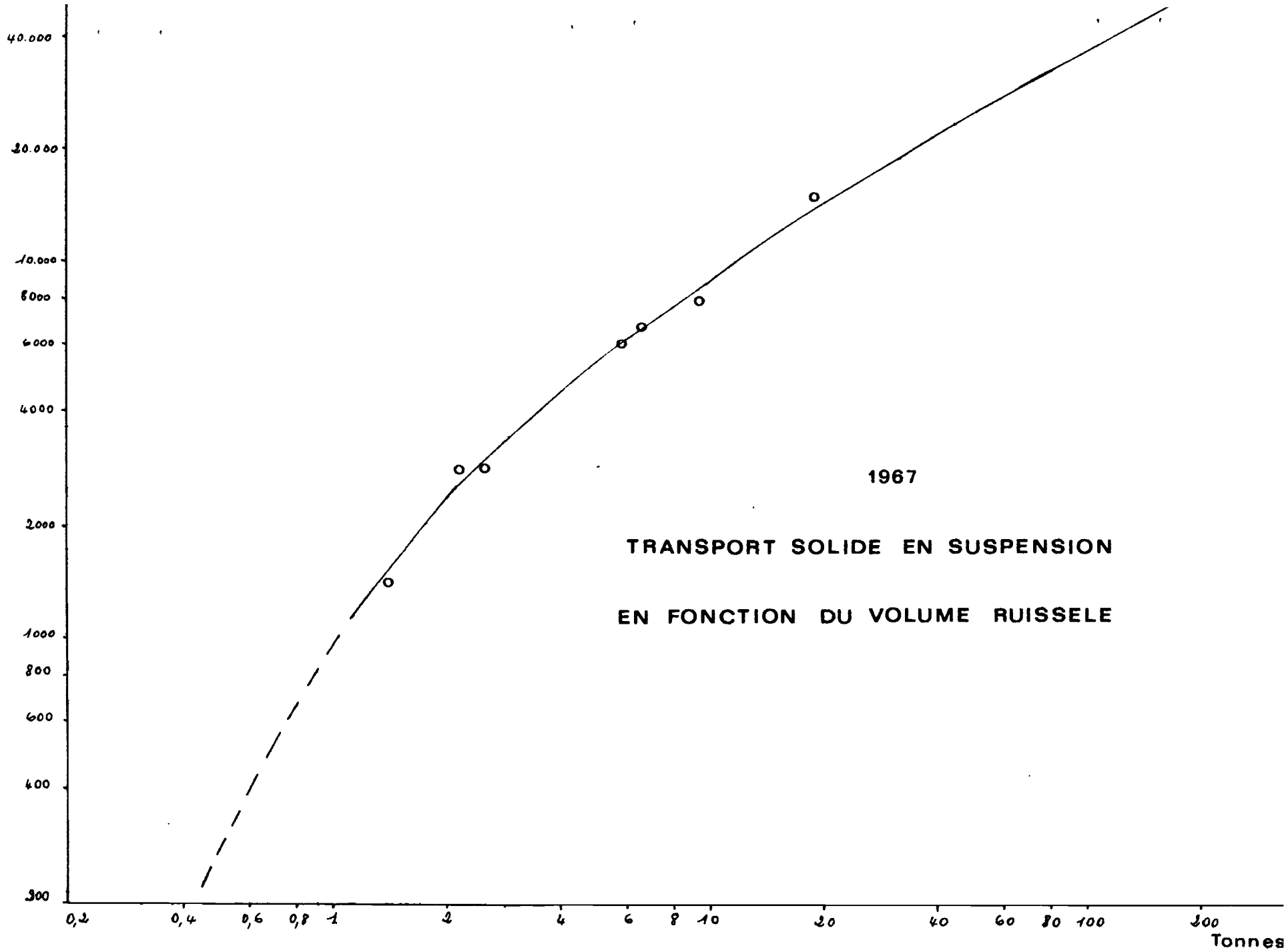


Fig . 10

Nous arrivons pour 1967 à un total de 197.720 m³ ruisselés correspondant à un transport solide en suspension d'environ 375 tonnes. .

Remarques

1° - le volume ruisselé de la crue du 26 août donné sur le tableau correspond au volume total ruisselé lors des 2 crues consécutives, alors que le volume ruisselé donné sur la figure 4 ne représente que la première de ces crues.

2° - pour les volumes ruisselés inférieurs à 1.490 m³ (valeur du 9 septembre) la courbe de la figure 10 a été prolongé par un trait discontinu n'ayant pas de poids transporté correspondant à ces volumes ruisselés.

En fait, les crues extrêmes échantillonnées s'étendent de 1490 à 49400 m³ et elles limitent 88,9 % du volume ruisselé pendant l'année (voir tableau). De plus, signalons que les huit crues étudiées représentent à elles seules près de la moitié du volume ruisselé annuel et la crue du 12 septembre en particulier, le quart du total pour 1967.

Nous pouvons admettre que notre échantillonnage, réduit en nombre, est représentatif de la saison.

3° - à titre de comparaison, nous avons déduit d'après les volumes ruisselés en 1963 et 1964 les valeurs du transport solide en suspension, ceci en utilisant les valeurs données par la figure 10.

Les résultats des années 1965 et 1966 n'ont pu être établis car les résultats hydrologiques ne sont pas en notre possession.

IMPORTANCE DES CRUES

Portons les valeurs des pourcentages du transport solide en suspension à la date de chaque crue. A l'examen de la figure 11, nous constatons que les premiers évènements intéressants se situent fin avril et mai, provoqués par les premiers orages du début de la saison des pluies. Ensuite, nous retrouvons une densité plus importante de crues au maximum de la saison des pluies, c'est à dire en août-septembre. Cette période passée, chaque crue prise individuellement ne provoque plus un transport solide important.

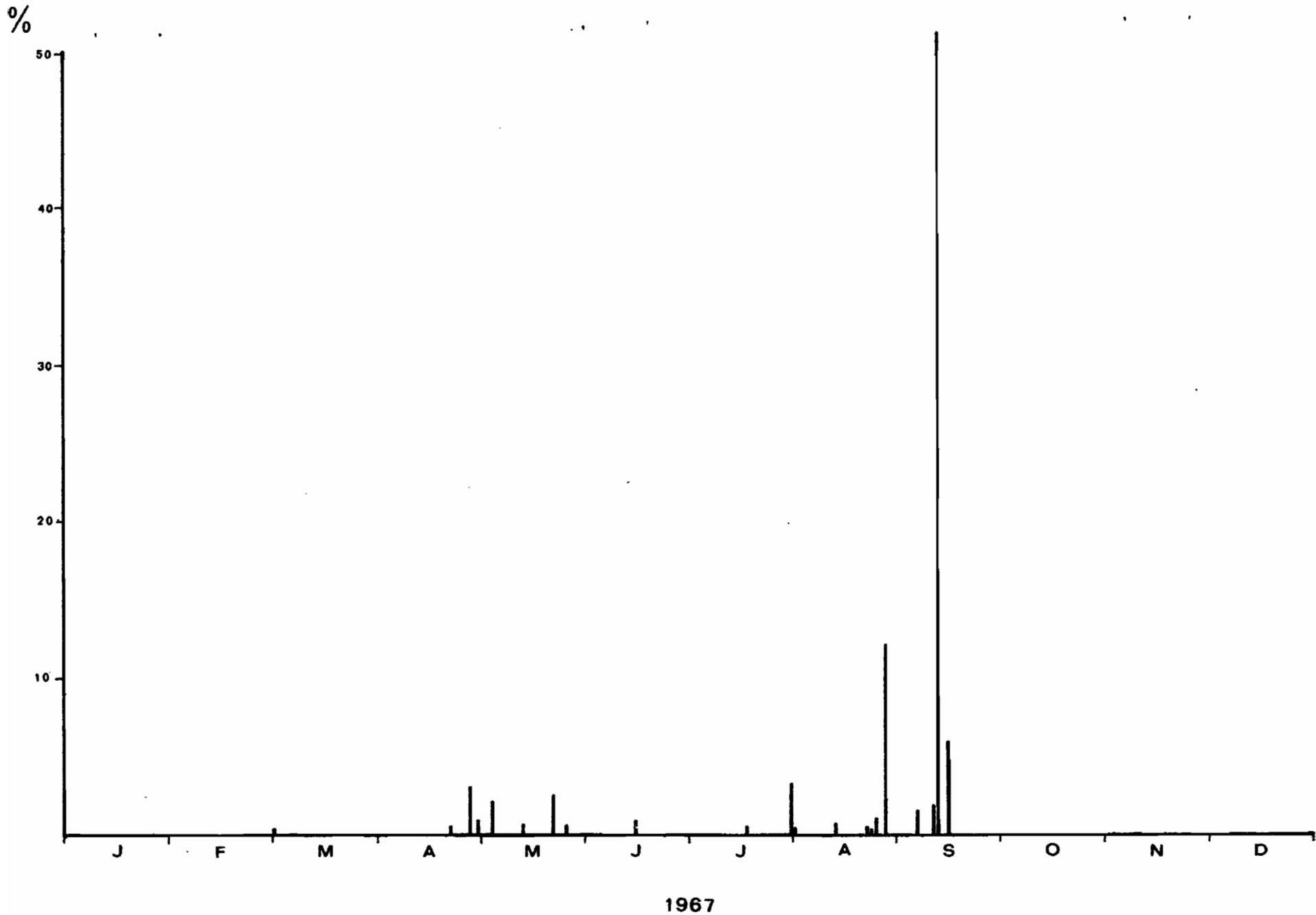
Le fait le plus marquant vis à vis de l'importance des crues réside dans la nette prédominance d'un évènement qui provoque à lui seul la moitié de l'évacuation annuelle.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, nous avons calculé pour les années 1963 et 1964, les valeurs du transport en fonction du volume ruisselé à partir de la figure 10. Ces valeurs données seulement à titre indicatif nous conduisent à comparer la figure 11 aux figures 12 et 13.

L'année 1963 nous donne une allure générale très semblable à 1967 avec des crues nombreuses en août-septembre et une crue qui représente près de 50 % du transport total.

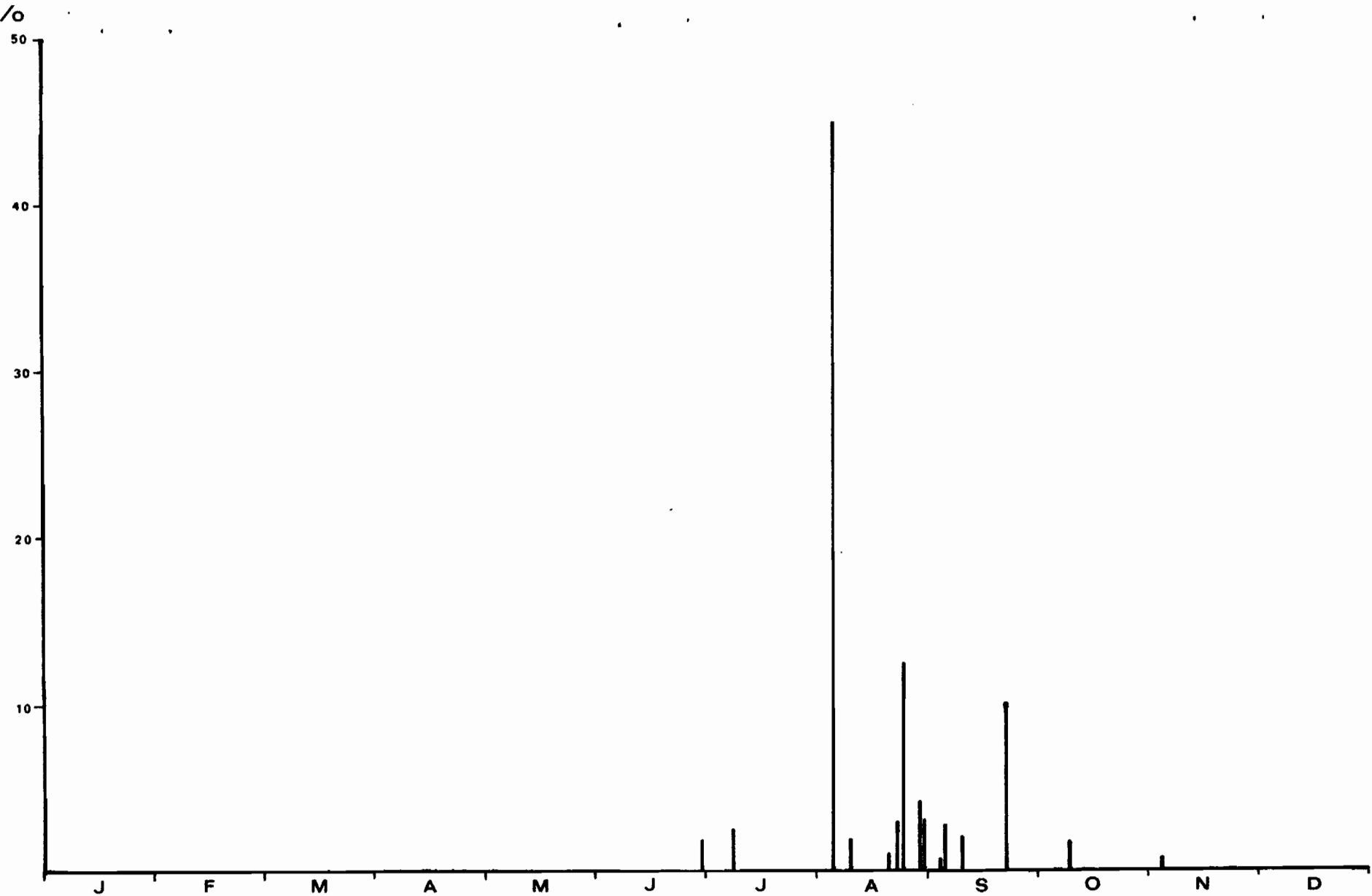
Au cours de l'année 1964, l'effet de la grosse crue, située normalement en août-septembre, est amorti par la présence d'une crue assez exceptionnelle en mai correspondant à une pluie de 71 mm précédée quelques heures auparavant par une pluie de 23 mm. A cette période de l'année, qui correspond au début de la saison des pluies, les orages sont fréquents, et dans le cas présent, nous sommes dans l'excellentes conditions de saturation ce qui entraîne un fort coefficient de ruissellement.

Si nous ne considérons plus les crues prises individuellement, mais la somme des volumes ruisselés et tonnages transportés à la fin de chaque quinzaine (figures 14 et 15), nous constatons qu'à la période de plus grand volume ruisselé correspond le plus fort tonnage transporté en suspension. Si nous plaçons ces deux valeurs en parallèles, nous notons l'écart qui existe en avril-mai entre les volumes ruisselés et leur transport. De même, les volumes ruisselés en juillet-août dont la somme est du même ordre de grandeur que celui de début septembre ne donnent même pas la moitié du total transporté durant cette période.



POURCENTAGE DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION

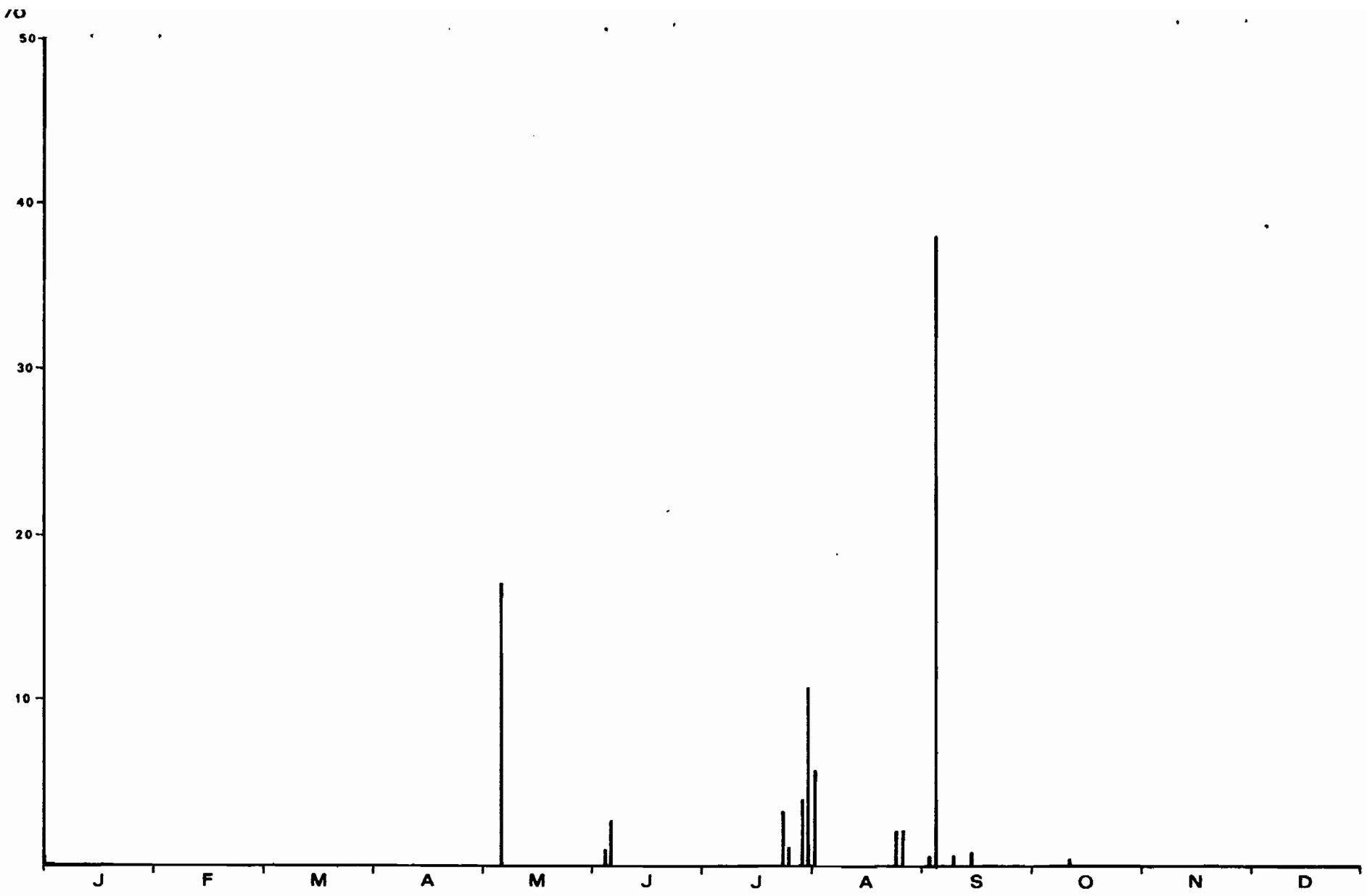
Fig. 11



1963

POURCENTAGE DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION

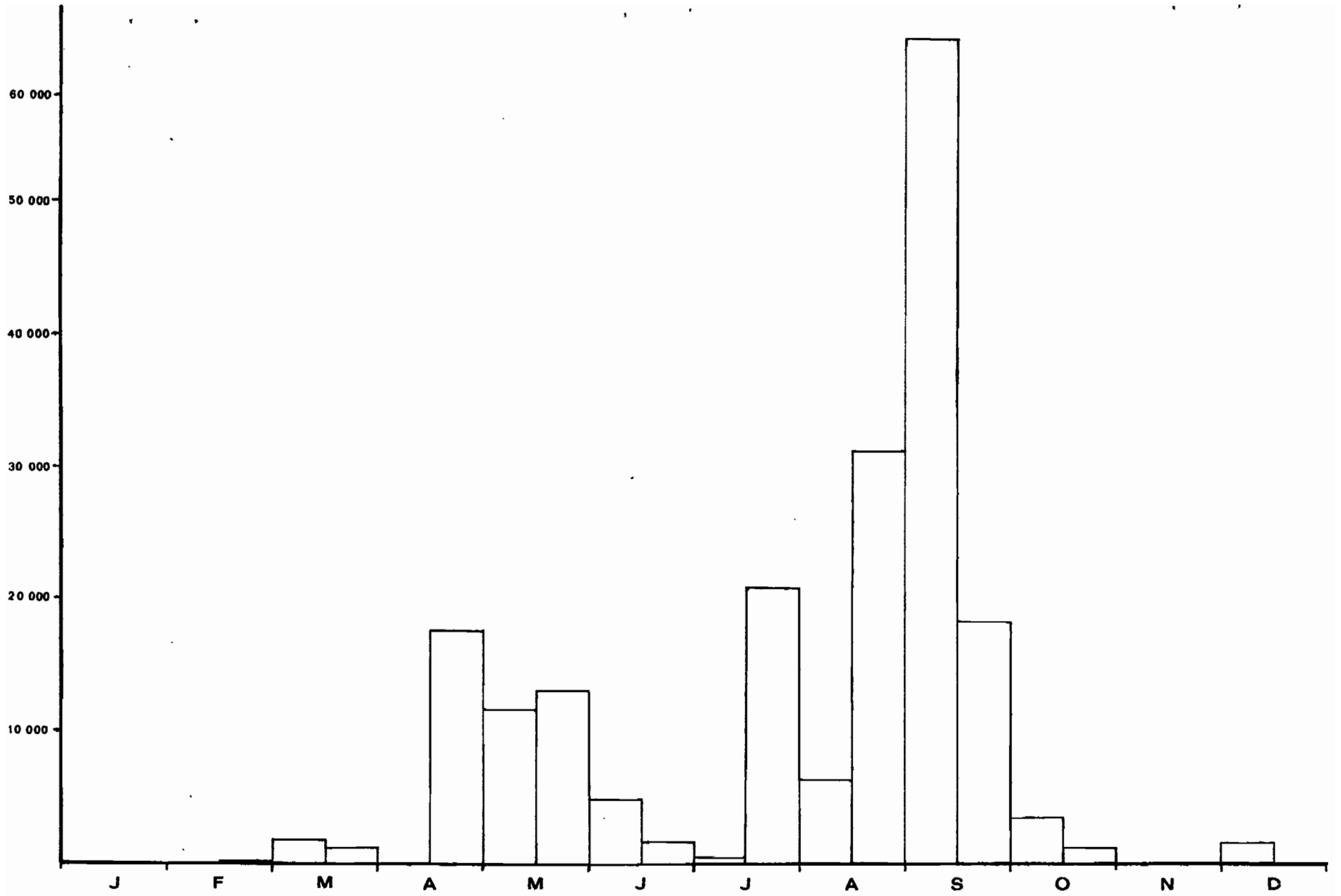
Fig. 12



1964

POURCENTAGE DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION

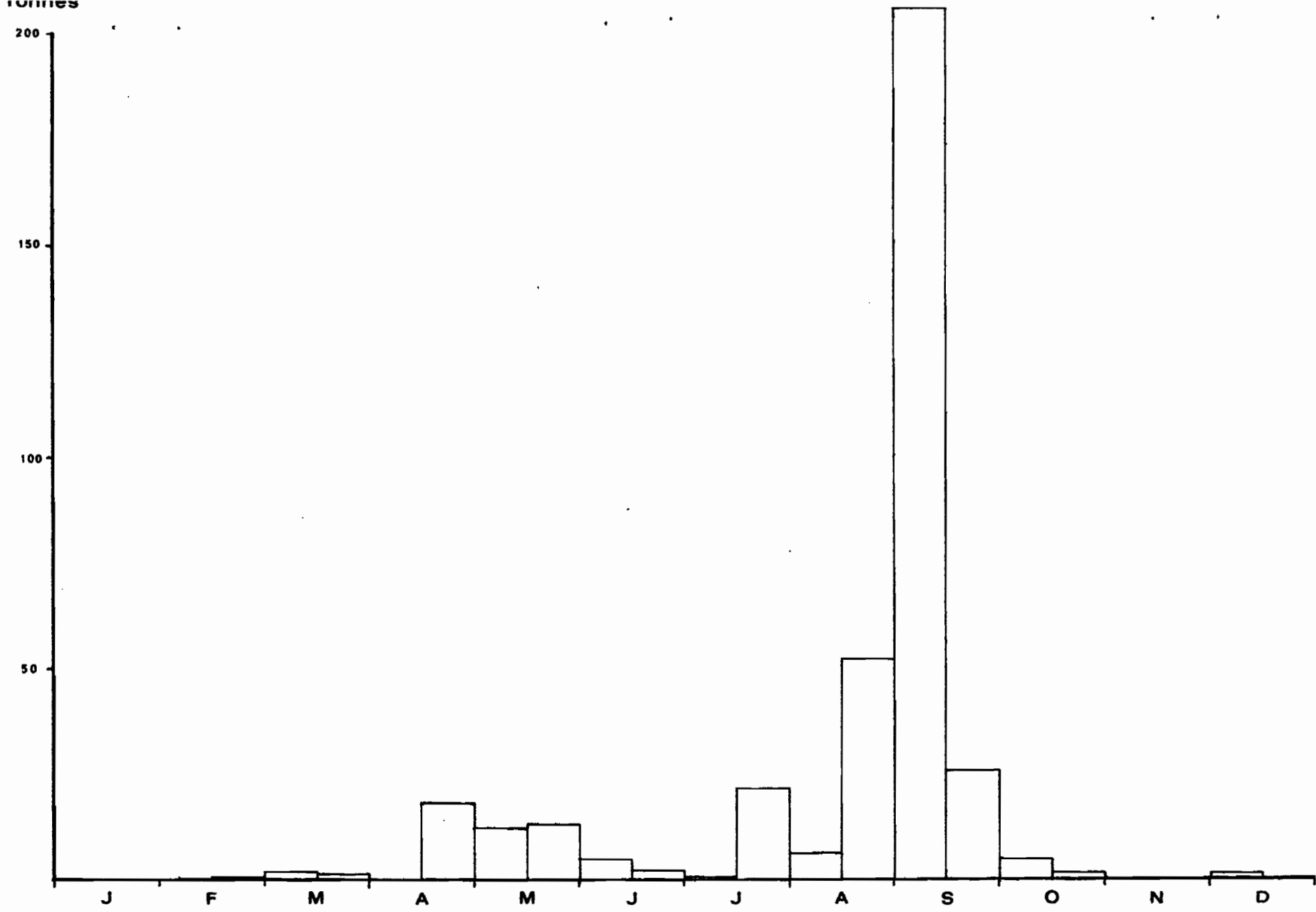
Fig. 13



1967

VOLUME RUISSELE

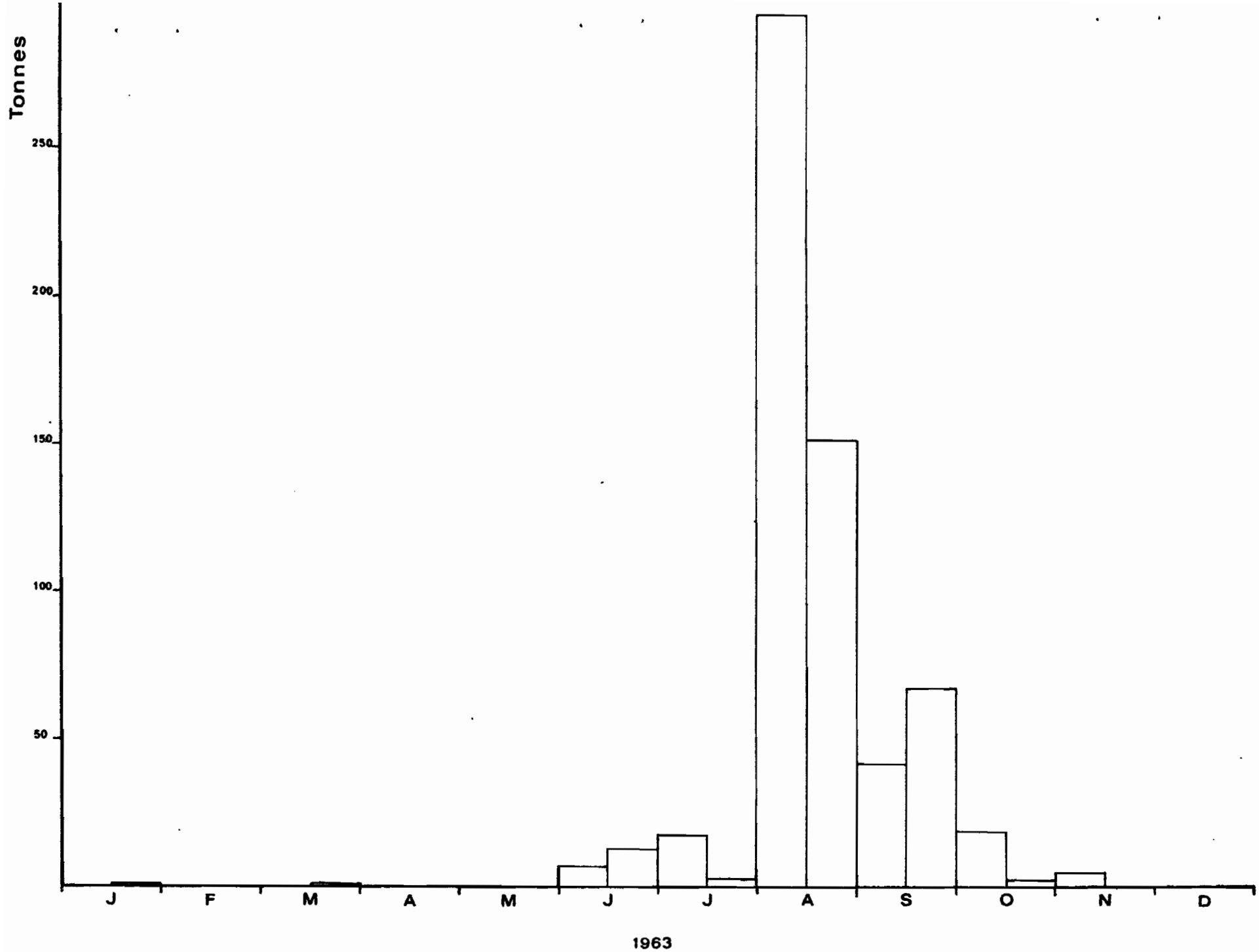
Fig. 14



1967

TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION

Fig. 15



TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION

Fig. 16

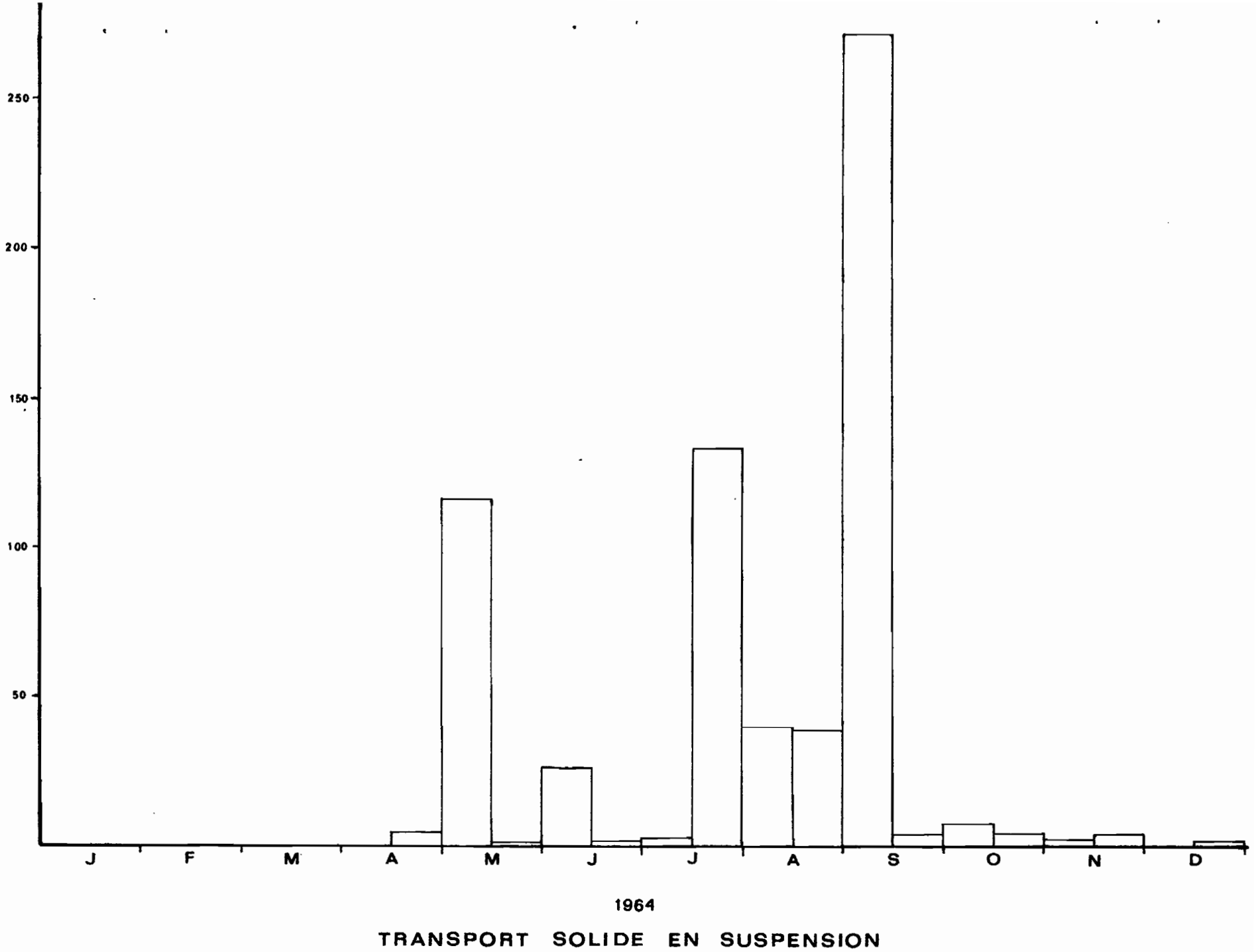


Fig. 17

100%
Tonnes

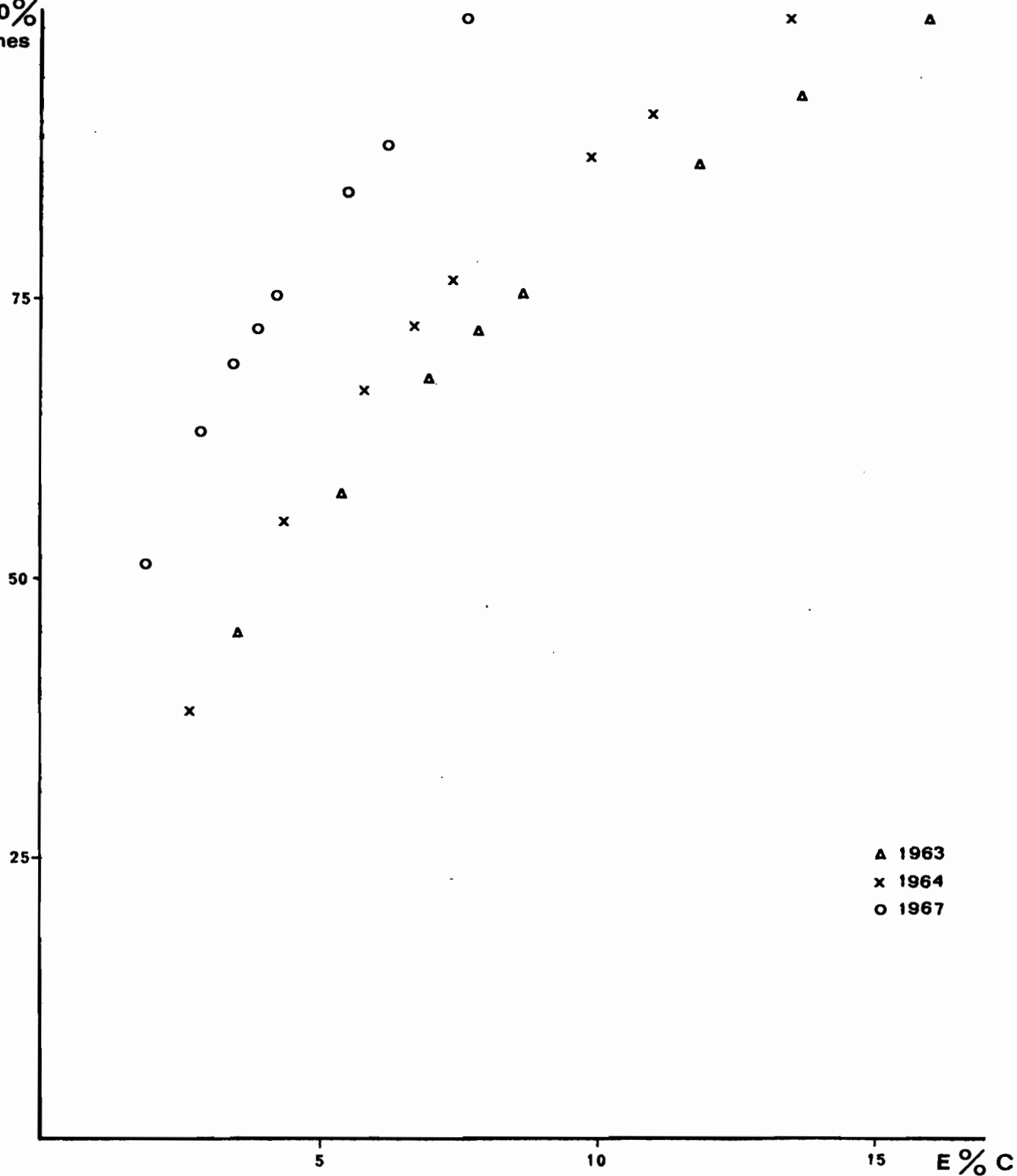


Fig. 18

La quantité de matériel transporté en suspension sur une quinzaine ou toute l'année ne dépend pas uniquement du volume ruisselé mais de l'importance relative du volume de chaque crue.

Sur les figures 16 et 17, nous avons représenté les valeurs cumulées par quinzaine du transport solide en suspension pour les années 1963 et 1964.

ÉCOULEMENT - RUISSELLEMENT - TRANSPORT

Comme nous l'avons indiqué, le transport solide en suspension n'est effectué que par les crues. Le volume ruisselé par celles-ci pendant toute l'année 1967 représente 7,62 % du volume écoulé sur le bassin. Nous pouvons noter la faible part que représentent les crues vis à vis de l'écoulement annuel.

En nous reportant au tableau, nous constatons que la plus grosse crue représente en volume 1,9 % de l'écoulement annuel et provoque plus de 50 % du transport en suspension.

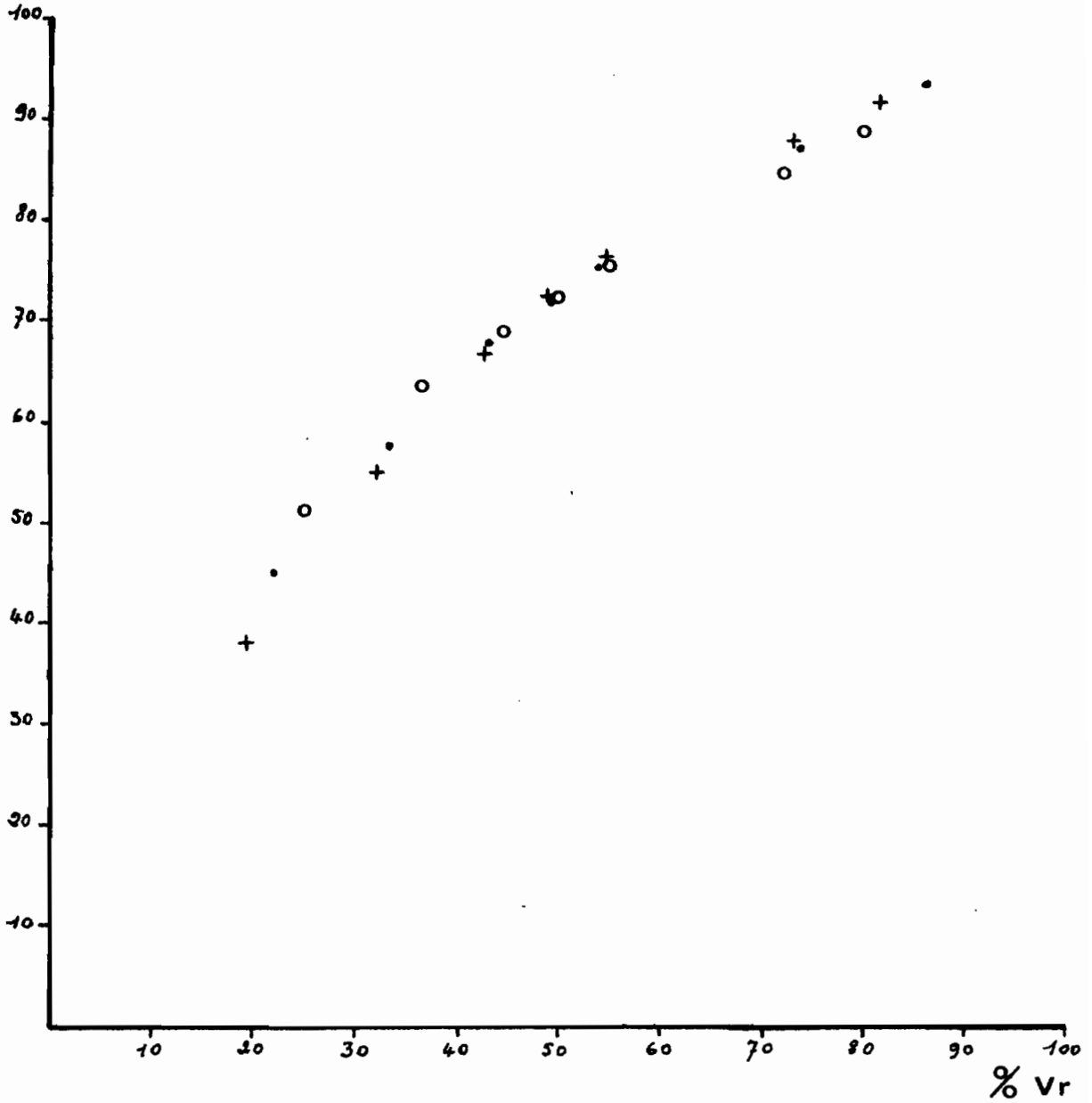
Sur la figure 18, nous avons porté les valeurs correspondant à tonnes % c et E % c du tableau.

Nous avons également indiqué les valeurs de 1963 et 1964 afin de montrer pour ces 2 années l'importance du transport vis à vis du ruissellement et de l'écoulement.

Sur la figure 19, nous avons porté les valeurs des pourcentages des volumes ruisselés et tonnes transportées cumulés. Nous pouvons remarquer la constance des résultats des années 1963, 1964 et 1967 pourtant très différentes dans

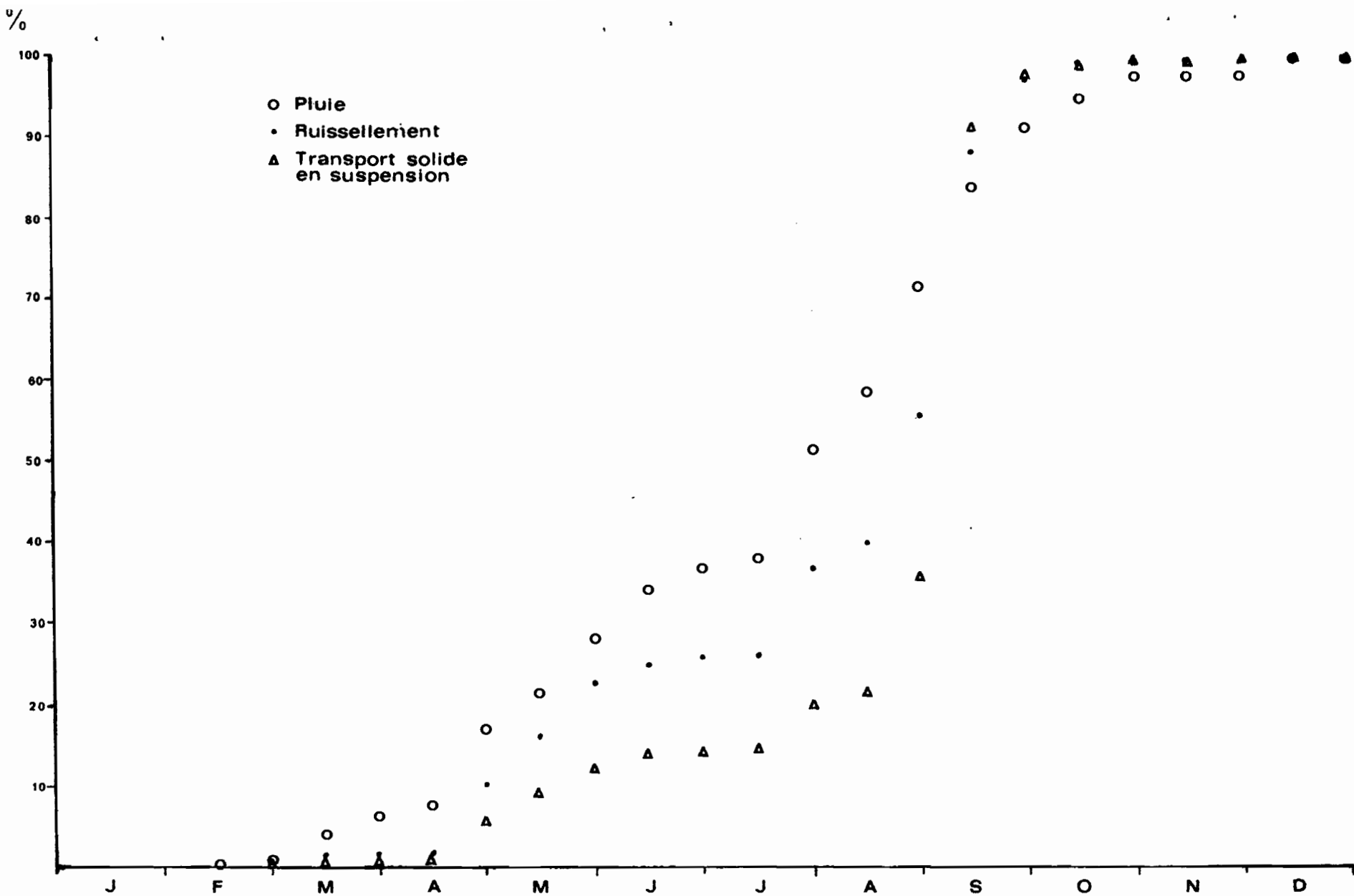
- les volumes ruisselés annuels
- le nombre des crues
- la répartition des crues en cours d'année
- l'importance relative des crues au cours de chaque année.

% Tonnes



• 1963
+ 1964
○ 1967

Fig. 19



1967

Fig. 20

PLUVIOMETRIE - RUISSELLEMENT - TRANSPORT

Sur la figure 20, nous avons porté pour l'année 1967, groupés par quinzaine, les pourcentages cumulés de la pluviométrie, du ruissellement et du transport solide en suspension.

La pluie se répartit de façon assez uniforme sur la saison avec un épisode plus marqué de juillet à fin septembre.

Le ruissellement se place dans une période plus courte qui est cependant moins concentrée que celle du transport. Pour ce dernier, sa durée se résume en grande partie à un mois situé à cheval sur août et septembre.

Si nous ramenons les pourcentages du ruissellement et du transport au pourcentage de pluie échelonnée sur l'année, nous remarquons que les 10 premiers % de la pluie (tombés en début d'année) sont sans effet sur le ruissellement, et à plus forte raison sur le transport. Puis, nous avons un accroissement du ruissellement et du transport, mais pour ce dernier, l'effet est moins sensible. Ceci est valable jusqu'à environ 60 % de la pluviométrie annuelle. A partir de ce seuil, entre 60 et 80 % de la pluie, nous passons de 40 à 80 % pour le ruissellement et de 20 à 90 % pour le transport (figure 23). Ainsi, une grande partie du ruissellement et du transport n'est causée que par une faible proportion des précipitations.

Pour les années 1963 et 1964, les valeurs comparatives aux figures 20 et 23 sont portées sur les figures 21 et 22 d'une part, 24 et 25 d'autre part.

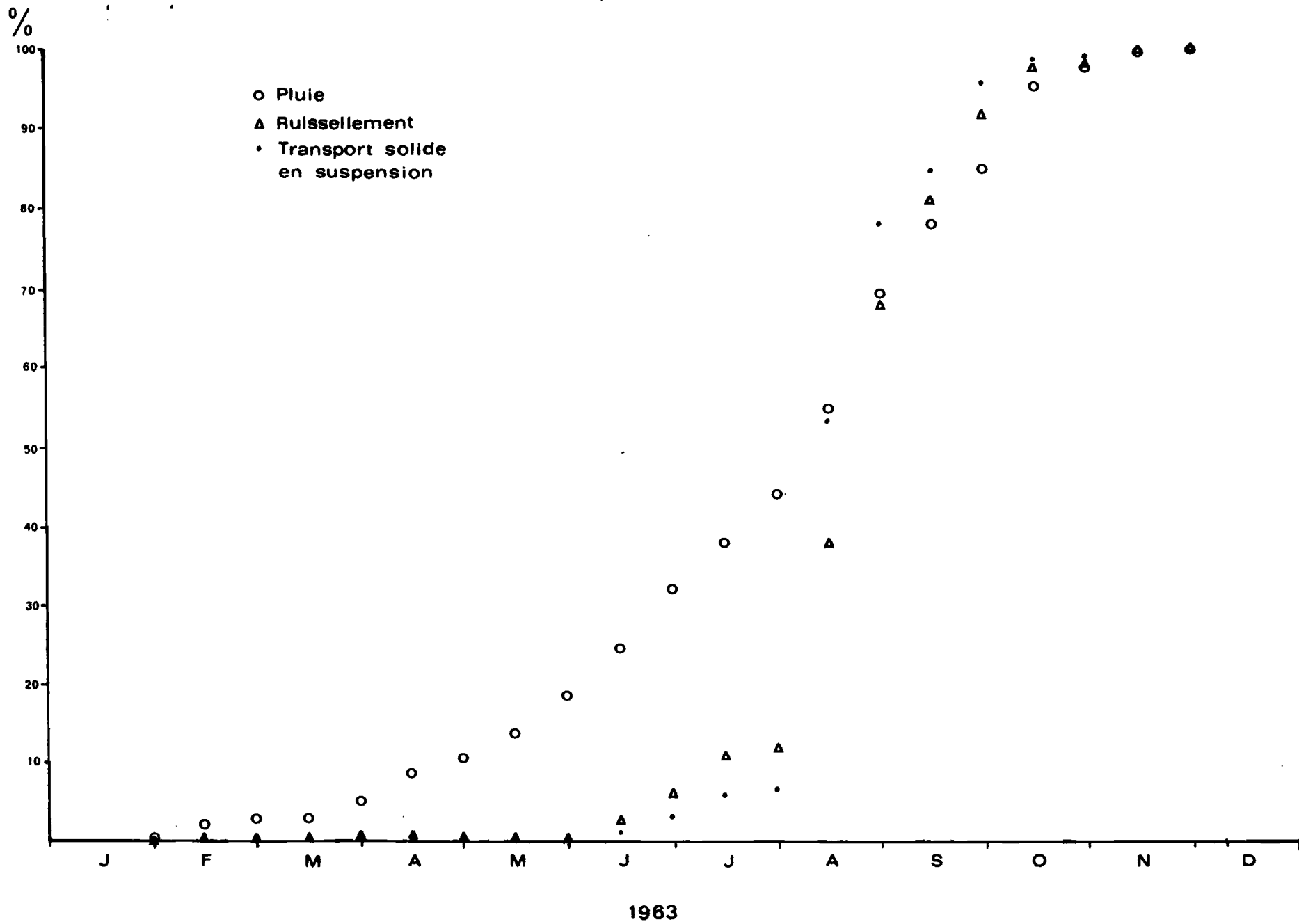


Fig. 21

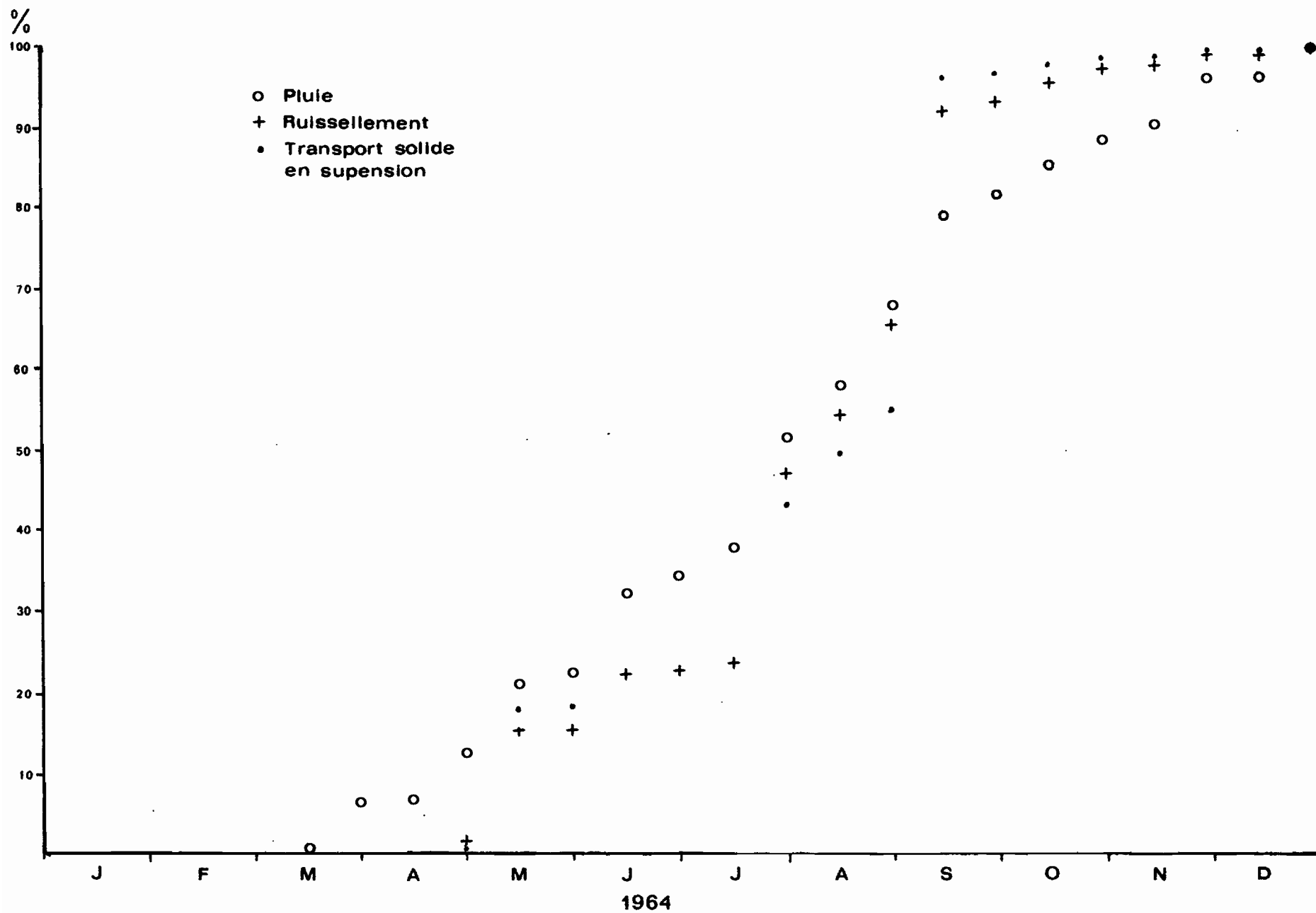
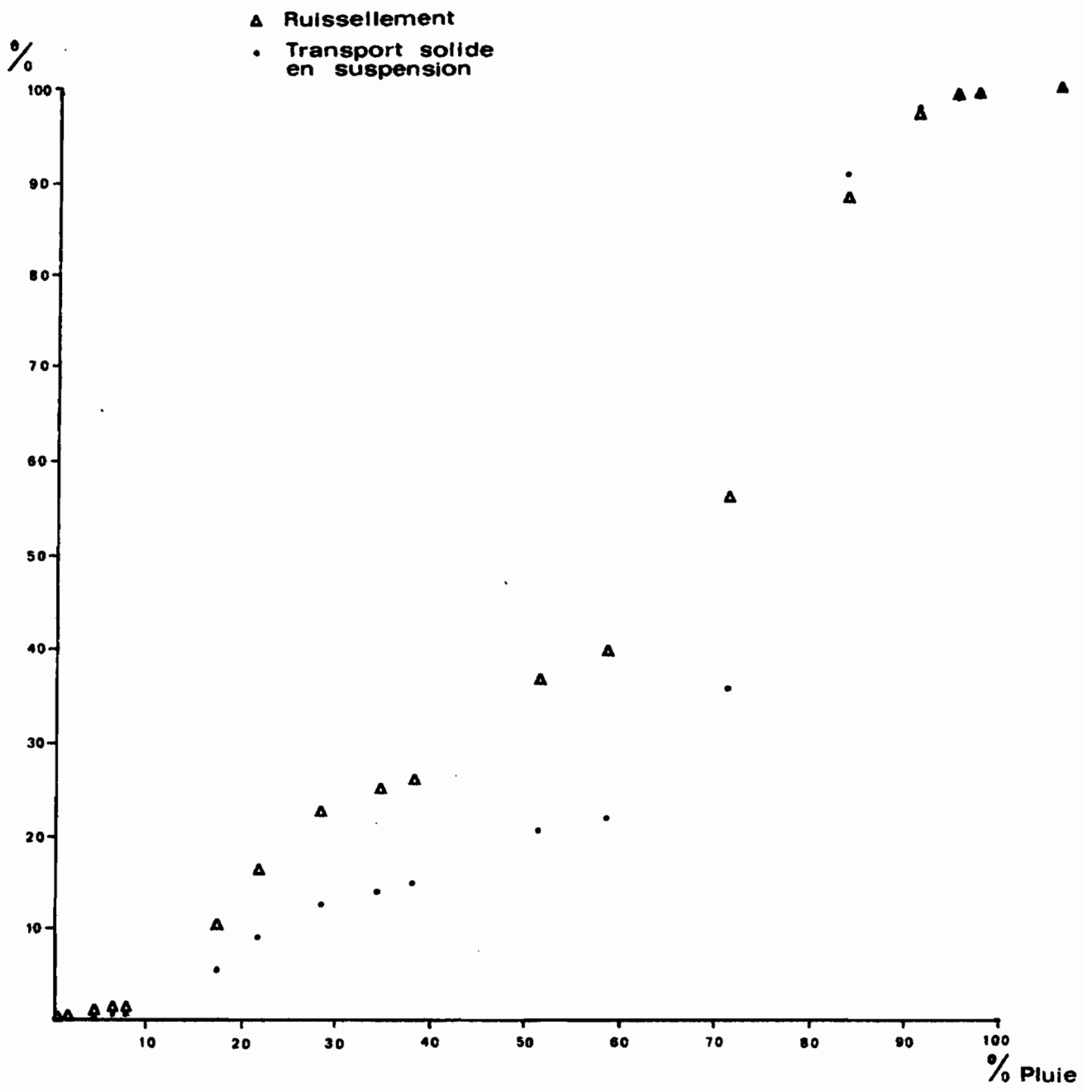
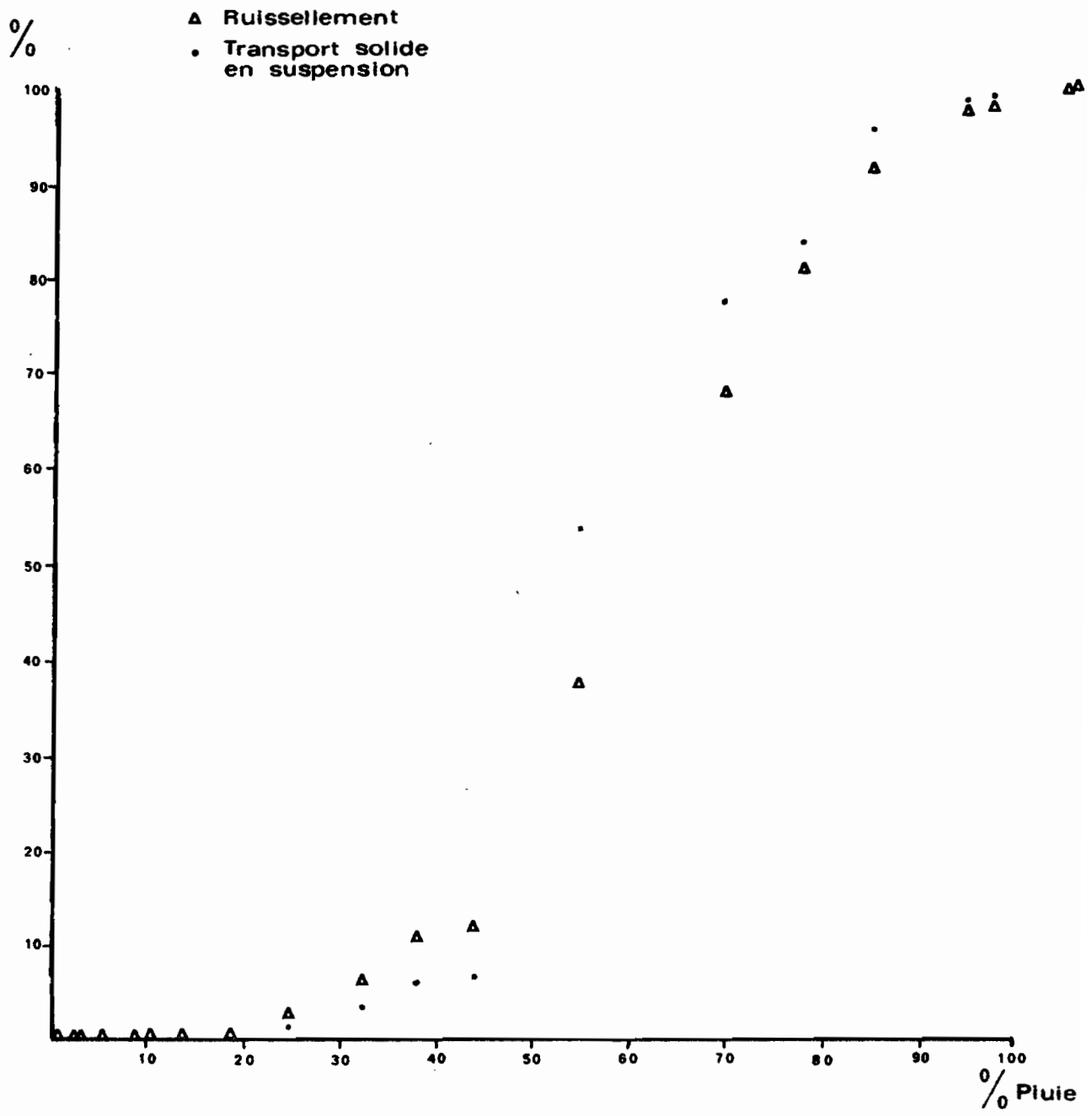


Fig. 22



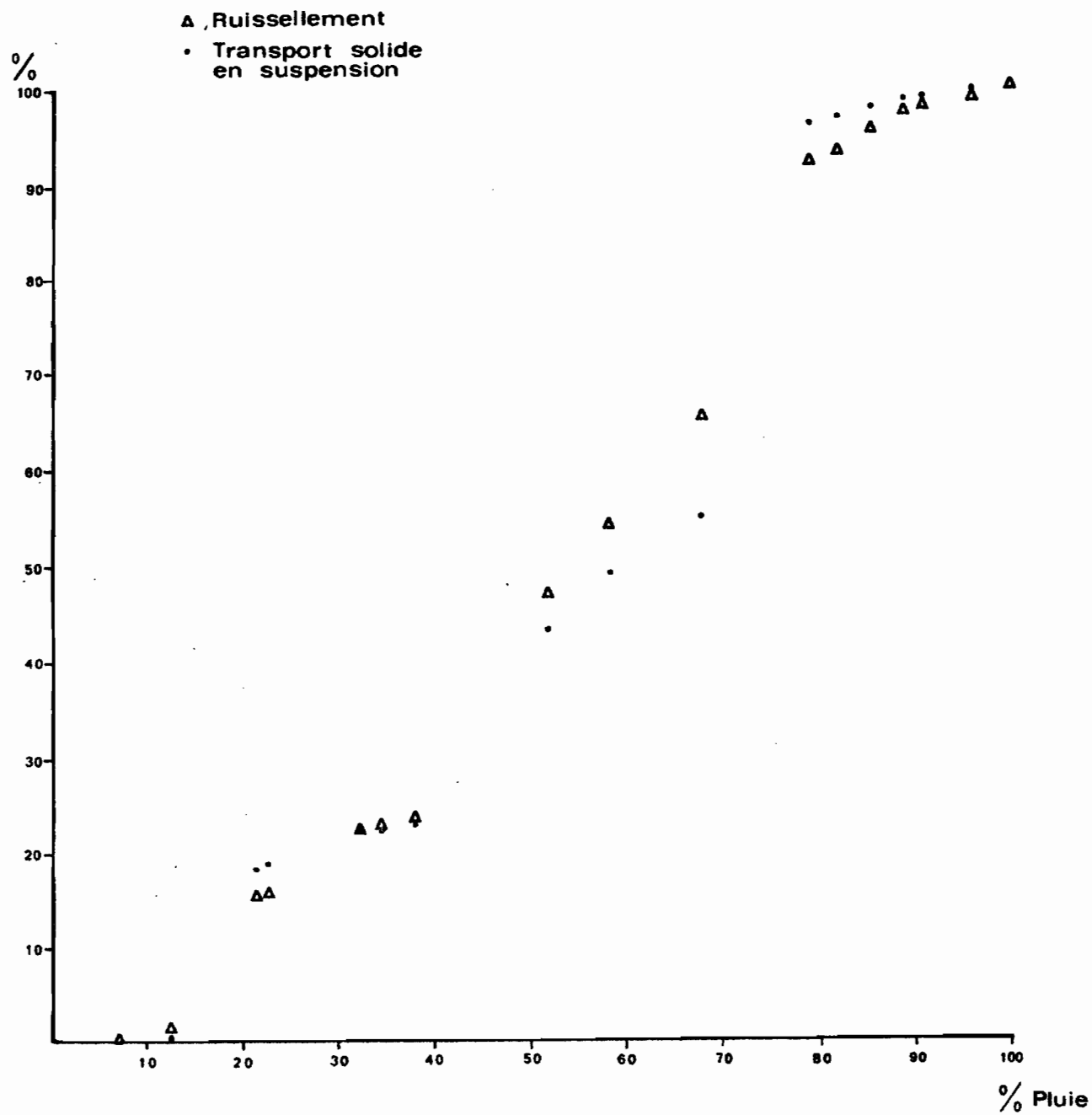
1967

Fig. 23



1963

Fig. 24



1964

Fig. 25

CONCLUSION

Les modalités du ruissellement et leurs effets sur l'érosion globale ont pu être expliqués au cours de cette étude, celle-ci nous a permis d'établir un bilan de l'exportation des éléments solides transportés en suspension.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- Mise en évidence d'une relation entre la charge solide unitaire et le débit en décrue.
 - Le poids du matériel transporté en suspension est fonction du volume ruisselé de chaque crue
 - Evaluation du transport en suspension au cours de l'année
 - 20 % de la pluviométrie ont pour conséquence 40 % du ruissellement et 70 % du transport solide en suspension
 - Une crue représentant moins de 2 % du volume écoulé annuel exporte 50 % du transport en suspension.
-