



MICROFICHE N°

08478

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 1

REPUBLIQUE TUNISIENNE
Ministère de l'Agriculture
Direction Générale des Ressources en Eau
(DGRÉ)

Méthode d'Analyse et de Calcul des Caractéristiques des Précipitations .

(micro-bassin de Boufaroua)

L. FRIGUI
Ingénieur Principal

H. DEN MANSOUR
Ingénieur Principal

(avec la collaboration de H. CAMUS (ORSTOM))

- Janvier 1994 -

Sommaire

I Introduction

II Présentation du micro-bassin .

III Analyse des données pluviographiques

3.1 Discretisation des averses .

3.2 Choix de l'échantillon .

IV Traitement statistique

4.1 Analyse statistique

4.2 Résultats des ajustements statistiques

4.2.1 Intensité moyenne .

4.2.2 Intensité maximale annuelle .

4.3 Etude de la relation entre I_{moy} et I_{max}

4.4 Etude de la relation : hauteur - durée d'averse .

V Conclusion Générale

Bibliographie

Annexes

I Introduction

La présente étude a été réalisée en vue de mieux connaître les phénomènes hydrologiques des petits bassins versants. Elle est motivée par l'intérêt que présente la connaissance de la structure de la pluie à un pas de temps fin.

En effet, de nombreux projets nécessitent au cours de leurs aménagements, la connaissance des pluies sous la forme de courbes reliant *L'Intensité*, la *Durée* et la *Fréquence* des épisodes pluvieux (I.D.F.). Ces données seront utiles dans la grande majorité des calculs hydrologiques et plus particulièrement dans la modélisation.

Les résultats ont été obtenus à travers l'analyse des données pluviographiques enregistrées sur le micro-bassin de Boufaroua.

II Présentation du micro-bassin.

Le micro-bassin de Boufaroua, plus connu sous le terme de "citerne hydrologique", a été mis en service par les hydrologues de L'O.R.S.T.O.M. en 1976.

Ce micro-bassin, d'une superficie de 2,579 ha, est situé dans la zone de piedmont de Djebel Semmanus, non loin de la ville de Sbeitla, distante de 15 km (Fig. 1). Il est limité par les coordonnées géographiques suivantes.

7 Gr 39' de longitude Est
39 Gr 21' de Latitude Nord.

Les caractéristiques physiques sont les suivantes.

• Superficie	S = 2,579 ha
• Périmètre	P = 644 m.
• Coefficient de forme	Kc = 1,13.
• Rectangle équivalent	L = 164 m, l = 158 m.
• Altitude maximale	Alt max. = 692 m.
• Altitude moyenne	Alt moy. = 686 m.
• Altitude minimale	Alt min. = 680 m.

I Introduction

La présente étude a été réalisée en vue de mieux connaître les phénomènes hydrologiques des petits bassins versants. Elle est motivée par l'intérêt que présente la connaissance de la structure de la pluie à un pas de temps fin.

En effet, de nombreux projets nécessitent au cours de leurs aménagements, la connaissance des pluies sous la forme de courbes reliant *L'Intensité*, la *Durée* et la *Fréquence* des épisodes pluvieux (I.D.F.). Ces données seront utiles dans la grande majorité des calculs hydrologiques et plus particulièrement dans la modélisation.

Les résultats ont été obtenus à travers l'analyse des données pluviographiques enregistrées sur le micro-bassin de Boufaroua.

II Présentation du micro-bassin.

Le micro-bassin de Boufaroua, plus connu sous le terme de "citerne hydrologique", a été mis en service par les hydrologues de L'O.R.S.T.O.M. en 1976.

Ce micro-bassin, d'une superficie de 2,579 ha, est situé dans la zone de piedmont de Djebel Semmanus, non loin de la ville de Sbeitla, distante de 15 km (Fig. 1). Il est limité par les coordonnées géographiques suivantes.

7 Gr 39' de longitude Est
39 Gr 21' de Latitude Nord.

Les caractéristiques physiques sont les suivantes.

• Superficie	S = 2,579 ha
• Périmètre	P = 644 m.
• Coefficient de forme	Kc = 1,13.
• Rectangle équivalent	L = 164 m, l = 158 m.
• Altitude maximale	Alt max. = 692 m.
• Altitude moyenne	Alt moy. = 686 m.
• Altitude minimale	Alt min. = 680 m.

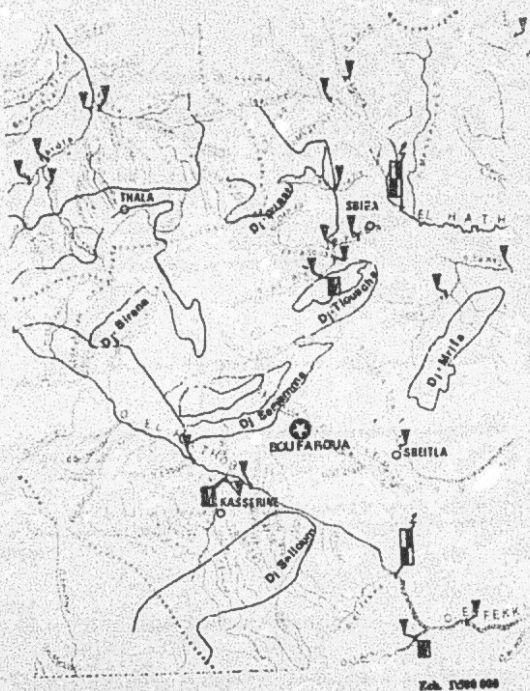


Fig. n° 1 : Carte de situation du micro-bassin de Boufaraou.

LEGENDE

-  Cours d'eau permanent.
-  Station principale avec amorce de crue.
-  Station secondaire temporaire.
-  Point de mesure.
-  Micro-bassin de Boufaraou.



- | | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| • Indice de pente globale | $I_{gp} = 6,2 \%$ |
| • Dénivelée spécifique | $D_s = 9,95m$ |
| • Indice de pente de Roche | $I_p = 3,12 \%$ |
| • Dénivelé $D = H_5 - H_95$ | $D = 9,3 m$ |
| • Classe de relief (J. Rodier) | R1 (relief très faible) . |

Ce micro - bassin a été équipé depuis sa mise en exercice de 4 pluviomètres et d'un pluviographe (PG 90), d'une fosse de $120 m^3$ qui sert d'écutoire au bassin et à partir de laquelle sont mesurées les crues, les transports solides et en suspension.

III Analyse des données pluviographiques .

La présente étude, repose sur la chronique d'enregistrement des postes pluviographiques, (PG 89) (à 200 m du micro - bassin) et (PG 90) pour les périodes suivantes : de 1976 à 1981 (pour PG 89) et de 1982 à 1991 (pour PG 90) .

La corrélation entre les deux pluviographes est très bonne ($r = 0,989$), ceci nous permet de fusionner les deux séries d'observations et de travailler sur une période assez longue de 1976 à 1991 .

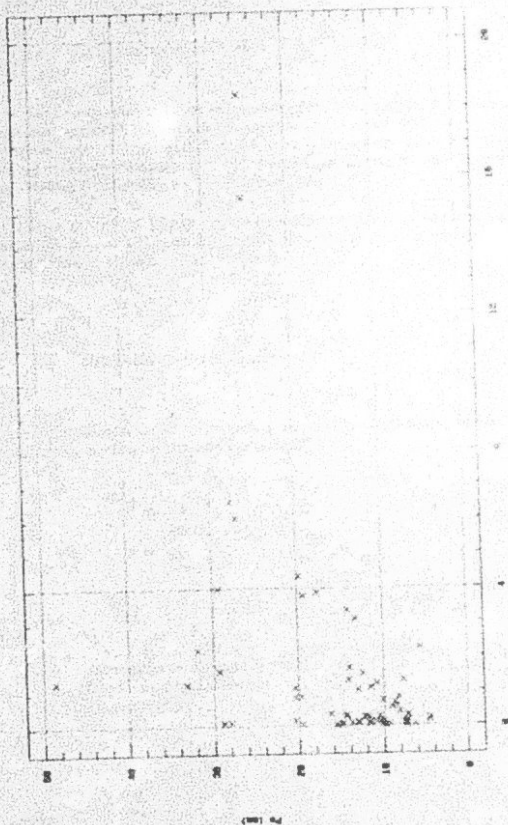
3.1 Discretisation des Averses .

A partir des fichiers pluviographiques, ont été individualisés les averses. Le critère d'individualisation étant le suivant : Si les intensités successives n'ont pas excédé la valeur de 3 mm/h pendant une durée totale de 30 mn . L'averse antérieure est considérée comme indépendante de l'averse future .

Parmi ces averses indépendantes, on a sélectionné, celles dont la hauteur est supérieure à 4 mm . Ces dernières seront susceptibles de donner un écoulement .

Le seuil de 4 mm, n'a pas été pris au hasard, mais il a été choisi à la suite de l'étude de la relation $L_r = f(P_m)$, qui relie la lame ruisselée (L_r) à la pluie moyenne (P_m) et ceci pour les crues enregistrées de 1976 à 1986 (Fig. 2).

FIG. 2 Relation entre la dose d'insuline
(U/l) et la plus longue (hrs)



3.2 Choix des échantillons .

Les épisodes pluvieux étant définis, notre procédure consiste , dans un premier temps , à rechercher à l'intérieur de chaque épisode , l'intensité moyenne sur différentes durées (t) variant de 5 mn à 3 heures . Etudier ces intensités moyennes revient donc à étudier les hauteurs H (t) observées pendant ces durées . On obtient ainsi les séries H (t) soumises à l'analyse statistique .

Dans un second temps , on s'est intéressé uniquement à la hauteur maximale et plus particulièrement à l'intensité maximale de pluie et ceci pour chaque année et pour chaque durée (t) . (t varie de 5 mn à 3 heures) .

IV Traitement Statistique

Malgré le caractère complexe dans le temps et dans l'espace des intensités il est possible de donner leurs expressions analytiques .

$$H = A t^{(1-n)} \quad (1)$$

$$I = \frac{A}{t^n} \quad (2)$$

Avec,

- A : Intensité pour une unité de temps ,
- n : Coefficient de réduction ,
- t : Durée en mn .

4.1 Analyse Statistique .

Un programme ajuste différentes lois statistiques aux distributions de hauteurs de pluies tombées durant différentes durées .

Dans un premier temps , on a rassemblé les résultats de l'analyse statistique par durée t , avec notamment :

- La moyenne de l'échantillon sur la chronique observée .
- La valeur de l'écart -type σ .
- Le coefficient de variation C_V .
- Le coefficient d'assymétrie C_S .

Dans un second temps, on a déterminé les hauteurs (ou intensité) de pluies pour les différentes durées (variant de 5 mn à 3 heures) et pour différentes périodes de retour (2, 5, 10, 20 et 50 ans) .

A partir de ces ajustements , nous avons tracé les jeux de courbes (L.D.F.) .

4.2 Résultats des ajustements statistiques .

4.2.1 Intensités moyennes .

Le tableau (n°1) rassemble les caractéristiques de ces ajustements statistiques.

L'analyse de ce tableau nous révèle que le coefficient de variation décroît rapidement jusqu'à la durée 30 mn, au-delà il se stabilise à la valeur 0,57 .

En ce qui concerne le rapport C_S/C_V , il varie entre 1,91 pour ($t = 15$ mn) et 3,62 pour ($t = 90$ mn) .

La distribution statistique des averse est décrite par la loi *Pearson V* et ceci pour les différentes durées .

Les hauteurs des averse pour les différentes durées et pour différentes périodes de retour sont consignées dans le tableau (n° 2) .

Tableau n°1 : Caractéristiques statistiques des données pluviométriques (intensité moyenne ;

Caractéristiques statistiques (Année 1)	5'	10'	15'	30'	45'	60'	90'	120'	180'
Moyenne (mm)	2,6	4,0	4,9	6,5	7,4	8,0	8,6	8,0	9,2
Ecart-type (mm)	2,261	2,991	3,361	3,975	4,223	4,546	4,872	5,079	5,309
Coefficient de Variabilité Ov	0,863	0,744	0,688	0,610	0,573	0,575	0,566	0,565	0,579
Rapport Cx/Ov	2,32	1,97	1,91	2,23	2,80	3,31	3,62	3,48	3,33

Tableau n° 2 : Analyses statistiques des hauteurs d'arbres pour différentes durées

Période de retour (Durée en ans)	5'	10'	15'	30'	45'	60'	70'	120'	180'
2 ans	19	31	39	54	63	69	75	78	79
5 ans	37	57	68	88	97	103	110	116	118
10 ans	53	79	93	115	122	128	136	144	148
20 ans	70	106	122	144	149	154	163	173	179
50 ans	99	148	168	188	180	193	202	216	225

Les courbes H.D.F. tracées (Fig. 3), ont un comportement régulier et ne présentent aucune anomalie .

4.2.2 Intensité maximale

L' Intensité maximale représente un élément principal des modèles rationnels (intensité limite) .

A partir des averses (traitées précédemment), on prend pour chaque année, la valeur maximale annuelle des hauteurs de précipitations et ceci sur l' intervalle de temps variant de 5 mn à 3 heures .

Les figures présentées en Annexes (A), reproduisent les diagrammes de la variation de la hauteur maximale (Hmax) en fonction de la durée (t) .

Dans le tableau (n°3), nous donnons les valeurs des paramètres (n) et (A) des formules (1) et (2) ainsi que leurs coefficients de détermination (R²) .

Sur la figure (4), nous présentons la courbe résultante de la moyennisation des courbes annuelles. Elle définit le comportement de la hauteur maximale (Intensité maximale) en fonction de l' intervalle de temps .

L' expression analytique est de la forme .

$$H_{max.} = 4,99 t^{0,28} \quad (3) \quad R^2 = 95,5\%$$

$$I_{max.} = \frac{4,99}{t^{0,72}} \quad (4)$$

L'étude des paramètres de synthèse (A et n) de ces courbes révèle une insuffisance d'ordre pratique .

En effet, si le paramètre de réduction (n) a une certaine stabilité, le paramètre (A) est fonction non seulement de l' intervalle de temps (t) mais aussi de la période de retour (T) . Cela rend donc indispensable, l' étude statistique des intensités maximales pour les différentes durées (t) et pour les différentes périodes de retour (T) .

Fig. 3. Surface Heights-Dunes. S. 1940-1941

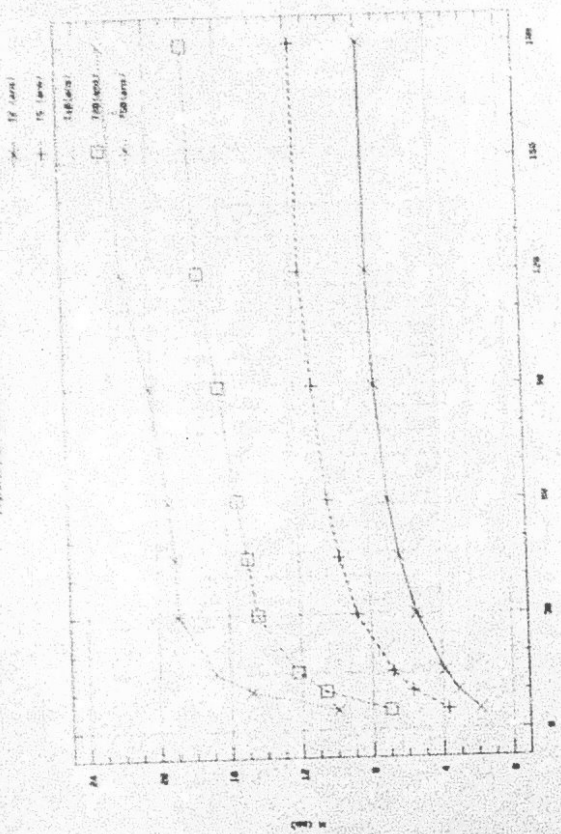
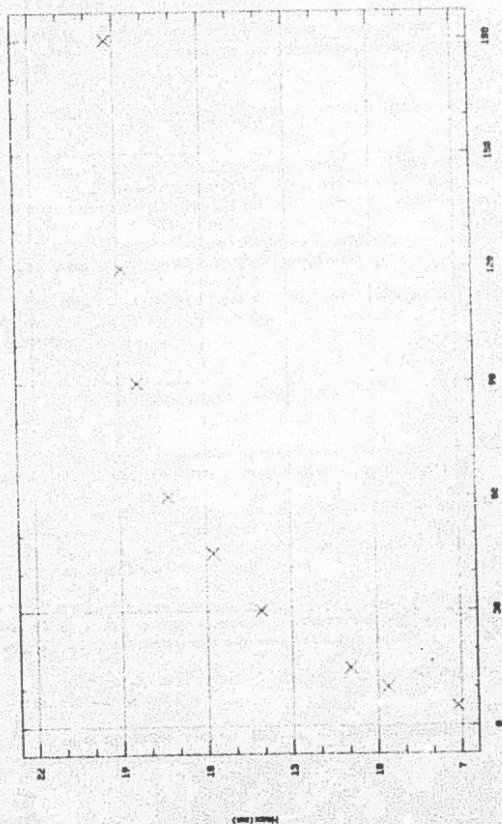


Tableau n° 3 : Valeurs des paramètres A et n.

Année	Paramètres		Coefficient de détermination
	A	n	R^2 (%)
1976	7.14	0.80	81.03
1977	2.33	0.69	85.59
1978	4.12	0.66	80.98
1979	3.12	0.63	80.90
1980	1.69	0.53	05.89
1981	10.30	0.83	83.40
1982	4.15	0.68	81.87
1983	12.40	0.93	70.87
1984	3.92	0.57	96.36
1985	4.02	0.64	90.06
1986	5.46	0.77	77.21
1987	2.31	0.77	82.80
1988	5.90	0.90	70.24
1989	7.72	0.72	88.27
1990	4.11	0.61	92.49
1991	5.43	0.77	82.78

Fig. 4. Relation entre la Hauteur caracté-
ristique et l'Intensité de l'onde (1)



Parmi les différentes lois utilisées, les meilleurs ajustements sont donnés par la loi de *Jenkinson*. Les graphiques de ces ajustements sont présentés en Annexes B.

Les résultats de ce traitement statistique sont consignés dans les tableaux (n°4) et (n°5).

L'analyse du tableau (n°4) montre que le coefficient C_V varie dans l'intervalle (0,29 - 0,44). Ce comportement s'explique, qu'au cours de cette période d'observations, on n'a pas enregistré des épisodes pluvieux à très forte intensité.

Par contre, le rapport C_g/C_V est caractérisé d'instabilité, qui peut être dû au fait que la hauteur maximale varie légèrement quand la durée (t) croît.

Les courbes L.D.F., (Fig. 5) sont assez régulières. Pour les durées (t) inférieures ou égales à 30 mn, l'intensité décroît rapidement alors qu'au-delà, elle a un comportement lent.

a) Détermination des paramètres Δ et n .

En ce qui concerne le paramètre de réduction de l'intensité des précipitations de la relation citée plus haut (Formule 2), celui-ci est assez stable et égal à 0,72.

Selon Kallel M.R. [3 et 4], l'indice de réduction à la station Météo de Ain Draham est égal à 0,78. Pour la station de Tunis Carthage $n = 0,75$ et pour Bizerte $n = 0,73$ [1]. Il en résulte que la valeur du coefficient de réduction à le même ordre de grandeur pour les différentes régions de la Tunisie.

Cette valeur (n) peut être déterminée directement à partir des données de base (relevés pluviographiques), même si ces derniers sont enregistrés par un seul poste pluviographique et sur une période assez limitée dans le temps.

Le paramètre (Δ) de la formule (2) est fonction de deux variables : La durée (t) et la période de retour (T).

L'analyse des relations, Intensité maximale-Durée-Période de retour, nous a permis d'aboutir à la formule suivante :

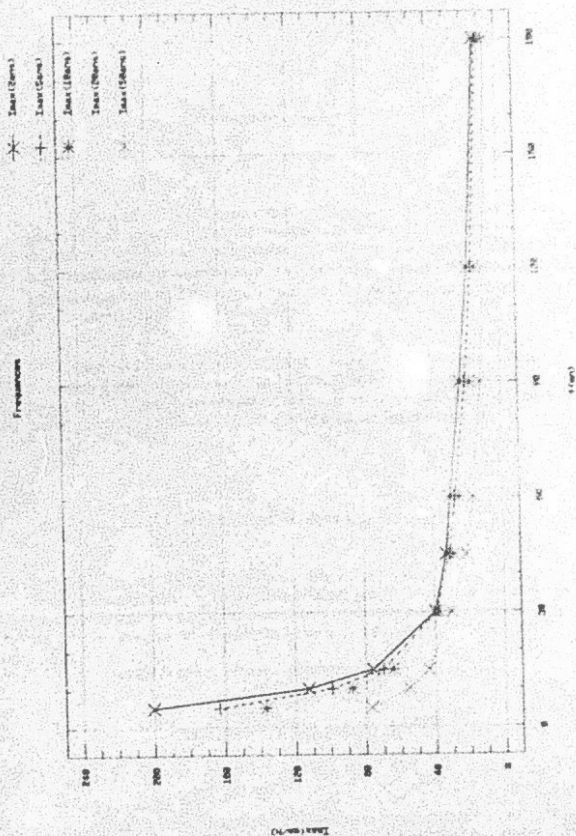
Tableau n° 4 : Caractéristiques statistiques des données planimétriques (intensité maximale).

Caractéristiques (Durée statistique : 1 min.)	5'	10'	15'	30'	45'	60'	90'	120'	180'
Moyenne (mm)	7,1	8,6	10,9	14,1	15,7	17,3	17,3	18,8	19,3
Ecart-type (mm)	3,2	3,8	3,8	4,4	4,6	5,5	5,5	6,1	6,9
Coefficient de Variation Cv	0,44	0,37	0,34	0,31	0,29	0,32	0,32	0,36	0,36
Rapport C ₉₀ /C ₅	2,10	1,19	-0,33	-3,84	-1,76	0,03	0,03	1,42	0,92

Tableau n° 5: Analyses statistiques des interactions mazonales pour les écosystèmes d'écarts.

Facteurs de sélection (Désignation)	5'	10'	15'	30'	45'	60'	90'	120'	180'
2 ans	6.4	9.2	10.9	15.1	15.9	17.0	17.5	17.6	18.4
5 ans	9.3	12.6	14.3	18.0	21.5	22.3	23.6	24.2	25.0
10 ans	11.4	14.6	16.1	19.0	21.9	23.2	27.5	28.3	29.0
20 ans	19.6	18.5	17.5	19.5	23.4	27.6	31.0	32.0	32.7
50 ans	16.7	18.8	19.0	19.9	24.9	30.2	35.3	36.7	37.1

Fig. 5. CUMULUS Intensities-Durées.



$$I_{\max} = 258 (t)^{-0.72} T^{0.23} \quad (5)$$

Avec ,

- $I_{\max}$: Intensité maximale en mm/h ,
- t : Durée en min ,
- T : Période de retour en ans .

Pour vérifier la précision de cette formule et celle des paramètres régionaux adoptés, on a comparé les intensités maximales calculées par la formule (5) et celles déterminées par ajustement statistique des observations , ceci pour les différentes durées et pour différentes périodes de retour . Le degré de précision est en moyenne de $\pm 8,2\%$. Le plus grand écart est d'environ $\pm 15\%$ et par conséquent l'erreur relative se situe dans les limites hydrologiques admissibles.

On accorde une grande importance à la formule (5) , d'une part pour sa *fiabilité* et d'autre part pour sa *simplicité*. Elle peut être utilisée dans les calculs hydrologiques et dans la modélisation , méthodes très utiles pour une amélioration de la connaissance des phénomènes hydrologiques des petits bassins versants .

4.3 Etude de la relation entre $I_{\max}$ et I_{moy} .

En analysant les données des deux échantillons étudiés (I_{moy} et $I_{\max}$) et leurs résultats obtenus par les traitements statistiques (cités respectivement dans les paragraphes 4.2.1 et 4.2.2) , on remarque que l'intensité maximale annuelle ($I_{\max}$) est fortement corrélée avec l'intensité moyenne , (Fig. 6 et Fig. 7).

L'équation de corrélation est la suivante :

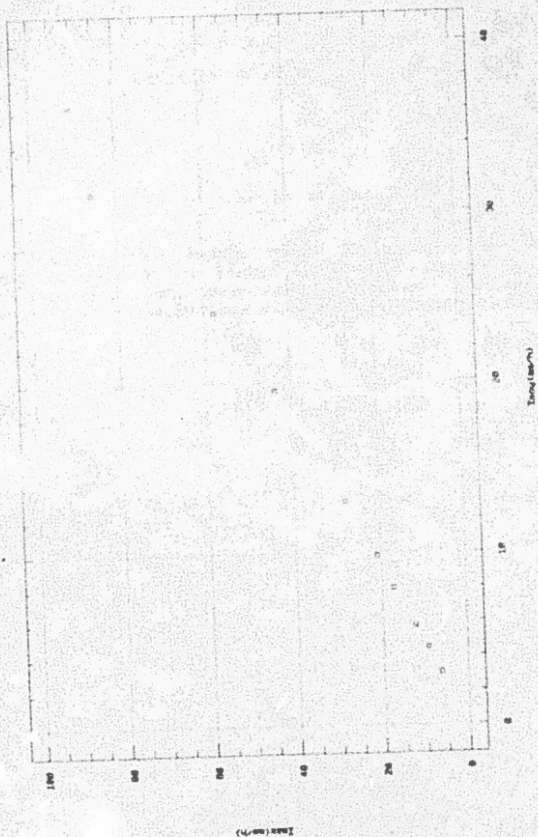
$$I_{\max} (t) = 1.82 (I_{\text{moy}} (t))^{1.08} \quad (6)$$

Le rapport $I_{\max} / I_{\text{moy}}$ varie seulement en fonction de la période de retour (T) , mettant en évidence l'influence des différentes distributions statistiques .

Fig. 8. Relation Z_{max} of Z_{max} on function



f = 0.7 Pellet entire mass of iron

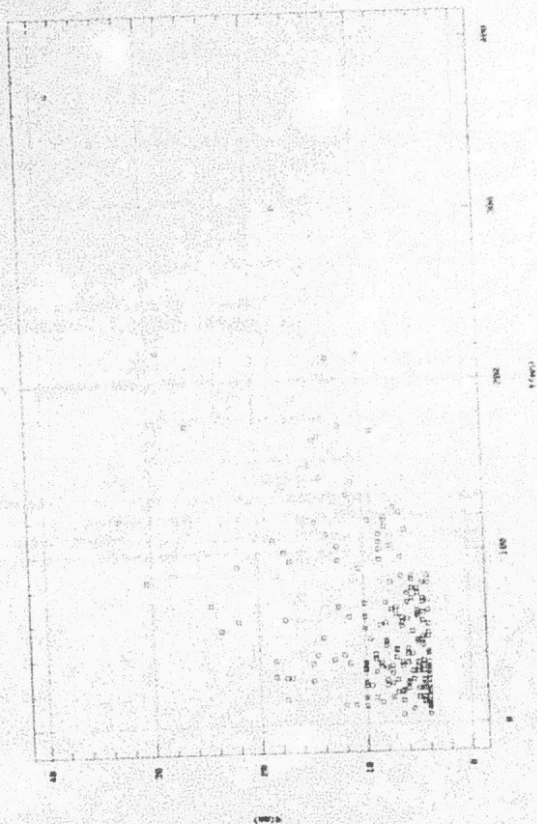


$$\frac{I_{\max. (t, T)}}{I_{\text{moy.} (t, T)}} = \frac{4,64}{T 0,37} \quad (7)$$

4.4 Etude de la relation : hauteur - durée d'averse .

Dans une phase finale ,des recherches ont été effectuée pour voir la relation qui pourrait lier la hauteur de l'averse à sa durée . Le graphique (n° 8) et ceux de l' Annexes (C) , nous montrent que la relation reliant les différents couples hauteurs - durée de l'averse est lâche . Par conséquent la hauteur de l'averse ne dépend pas de sa durée .

Fig. 8. Relation entre hauteur de pluie
et durée pour la mer (00h (78-92))



V Conclusion Générale

A l'aide des résultats de l'étude et des connaissances passées, les conclusions suivantes sont proposées :

- La distribution statistique des Intensités moyennes (Hauteur H) est décrite par la loi *Peurman V*.
- Les intensités maximales s'ajustent mieux avec la loi de *Jenkinson*.
- Les courbes I.D.F. ont une expression analytique de la forme $I = A t^{-(n)} T^b$, avec un coefficient de réduction (n), égal à 0.72.
- La formule $I_{max} \approx 258 t^{-0.72} T^{0.23}$, est recommandée pour les calculs hydrologiques dans cette région, dans le cas où les données observées sont absentes.
- L'intensité moyenne est fortement corrélée avec l'intensité maximale.

Enfin, on peut dire que la méthodologie des courbes I.D.F., apparaît être aujourd'hui une méthode prometteuse pour estimer les pluies de différentes durées et différentes fréquences et par conséquent pour mieux connaître les phénomènes hydrologiques des petits bassins versants. Néanmoins l'étude de sa représentativité et sa souplesse d'adaptation à la forte variabilité des mesures pluviométriques devrait être opérée pour valider complètement la méthode.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. D.G.T.H. du Ministère de L' Equipement .
 "Utilisation des eaux de l'extrême Nord de la Tunisie" .Etude technique et économique - Vol II , Dossier I , Institut d' Etat de projet et de recherches scientifiques .
- [2]. GHARACHKOV (I.F) - 1979 - :
 " Calculs hydrologiques " . Edition Hydrométéorologique , (*en langue russe*) . Leningrad .
- [3]. KALLEL M.R , ZOUAOUI A. - 1974 - :
 " Dossier pluviométrique de Tunis - Manoubia " , DRE , Tunis .
- [4]. KALLEL M.R. - 1977 - :
 " Le bassin versant de l' oued Jourmine : Etude des pluies journalières maximales " , Juin 1977 , DRE , Tunis .
- [5]. KRISTSKY S.N. , MENKEL M.F. - 1981 - :
 " Principes hydrologiques de l'écoulement des rivières " . Edition Sciences , (*en langue russe*) , Moscou .
- [6]. MONTIBERT A. - 1983 - :
 "Analyse des principaux facteurs du ruissellement et de l'érosion période 1976 -1982 , micro bassin de Boufaroua " , DRE , ORSTOM , Juillet 1983 , Tunis .
- [7]. SOCIETE METEOROLOGIQUE DE FRANCE - 1980 - :
 "La Météorologie numéro spécial " Précipitations et Hydrologie " série IV , n° 20-21 , Mars et Juin 1980 .France .

ANNEXES

- Annexes A : Diagrammes de la variation de la hauteur maximale (H_{max}) en fonction de la durée (t), pour les années 1976 à 1991 .
- Annexes B : Graphiques des ajustements statistiques .
- Annexes C : Diagrammes de la variation de la hauteur d'averse en fonction de sa durée .

ANNEXES A

**Diagrammes de la variation de la
hauteur maximale (H_{max}) en fonction
de la durée (t) pour les années
1976 à 1991**

Fig. 1. Brown 1878

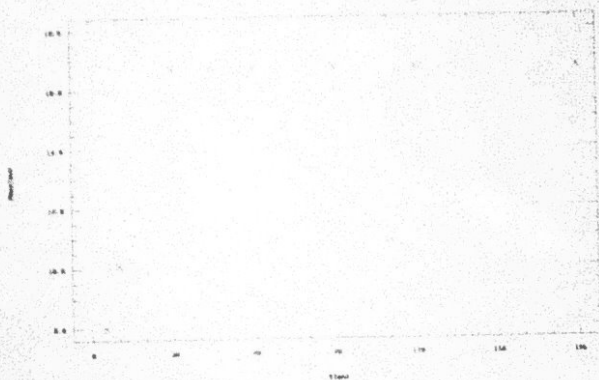


Fig. 2. Brown 1879



Fig. 5. November 1970



Fig. 6. November 1970



Fig. 5. Series 1980



Fig. 6. Series 1981



Fig. 5. Series 1000



Fig. 6. Series 1001

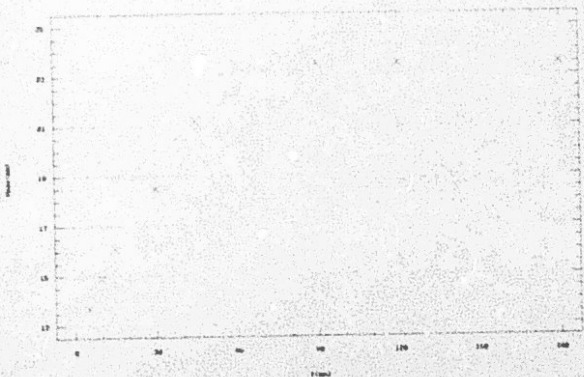


Fig. 7. June 1963



Fig. 8. August 1963



Fig. 9. Arsenic (1964)



Fig. 10. Arsenic (1965)

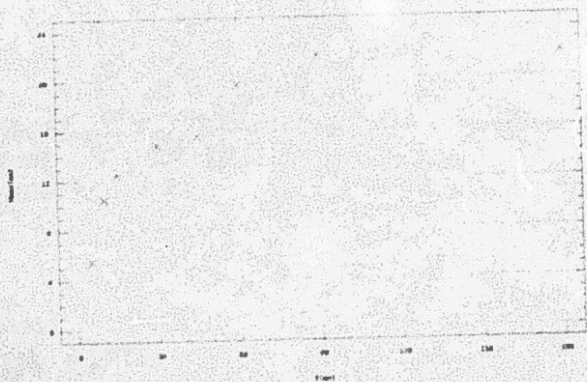


Fig. 11. MDCS 1900

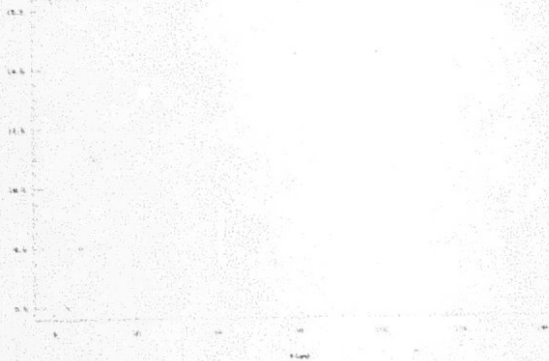


Fig. 12. MDCS 1901



Fig. 13. Novosibirsk



Fig. 14. Novosibirsk



Fig. 15. $\Delta \text{H}_{\text{melt}}(\text{J/g})$



Fig. 16. $\Delta \text{H}_{\text{melt}}(\text{J/g})$



ANNEXES B

Graphiques des ajustements statistiques

ANNEXES B

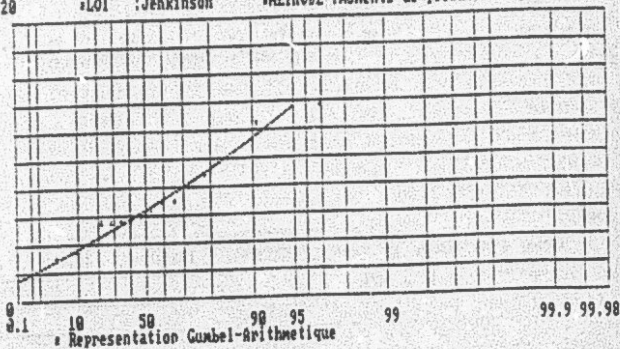
Graphiques des ajustements statistiques

20

•TITRE :HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE t = 5 mn

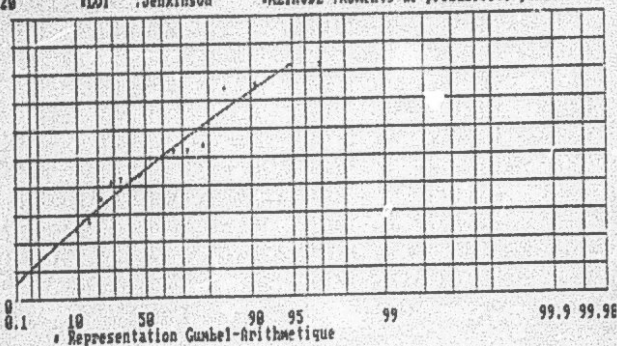
•LOI :Jenkinson

•METHODE :moments de probabilité pondérés



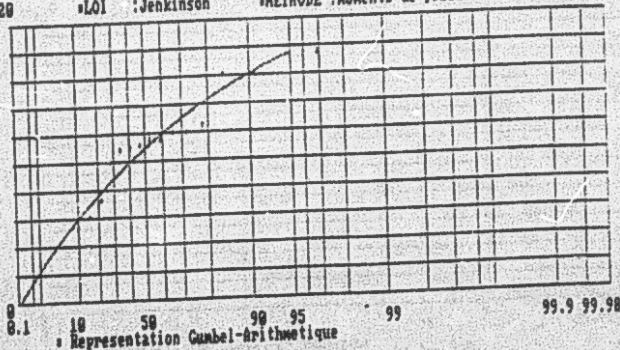
28

•TITRE : HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE t=10 mn
 •LOI : Jenkinson •METHODE : moments de probabilité pondérés



28

•TITRE : HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE t=15 mn
 •LOI : Jenkinson •METHODE : moments de probabilité pondérés

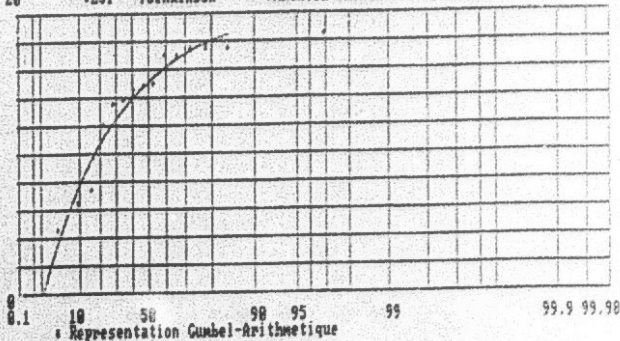


20

•TITRE :HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE t=30 mn

•LOI :Jenkinson

•METHODE :moments de probabilité pondérés

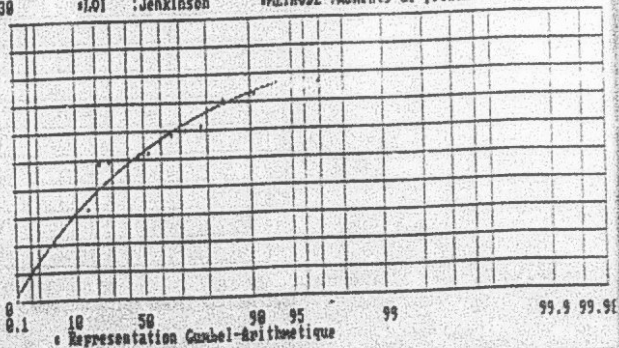


30

•TITRE :HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE t=45 mn

•LOI :Jenkinson

•METHODE :moments de probabilité pondérés

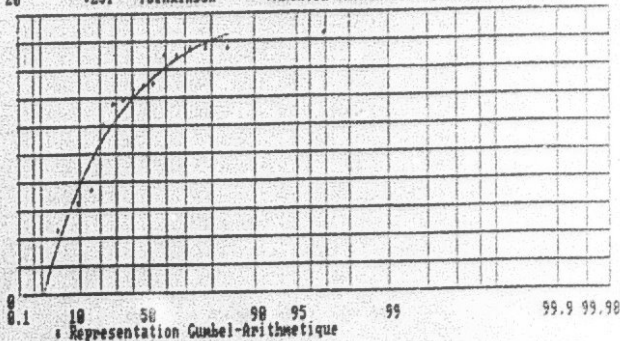


20

•TITRE :HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE t=30 mn

•LOI :Jenkinson

•METHODE :moments de probabilité pondérés

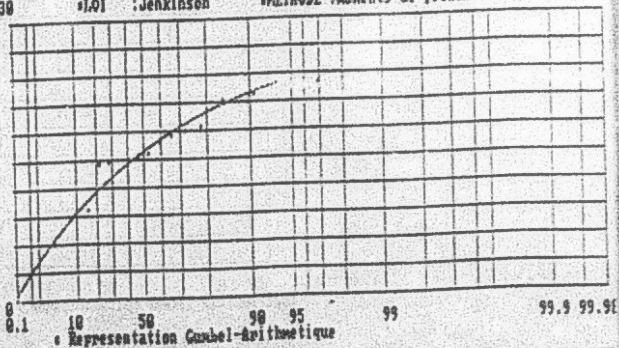


30

•TITRE :HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE t=45 mn

•LOI :Jenkinson

•METHODE :moments de probabilité pondérés

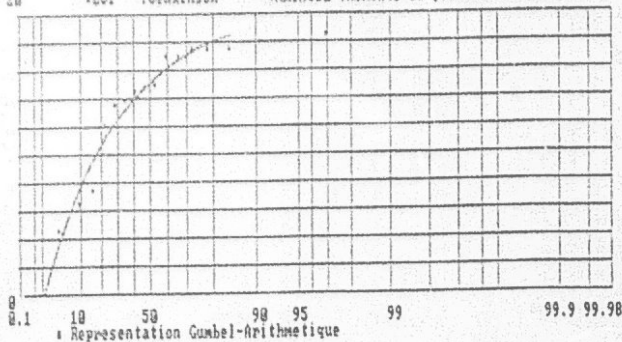


20

•TITRE :HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE t = 30 mn

•LOI :Jenkinson

•METHODE :moments de probabilité pondérés

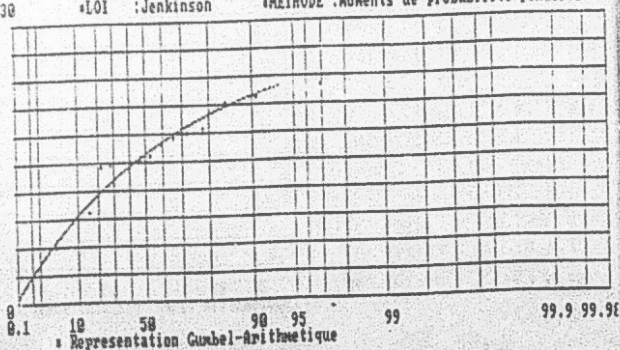


30

•TITRE :HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE t = 45 mn

•LOI :Jenkinson

•METHODE :moments de probabilité pondérés

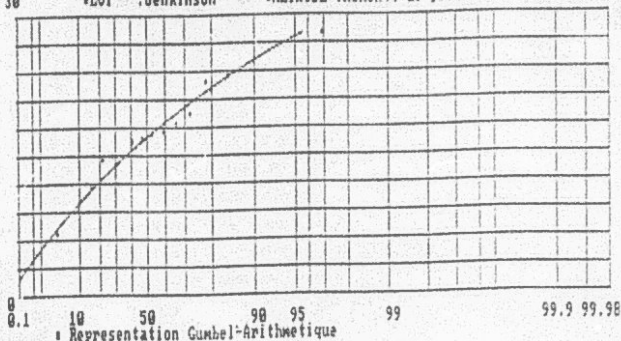


30

•TITRE :HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE $t=60$ mn

•LOI :Jenkinson

•METHODE :moments de probabilité pondérés

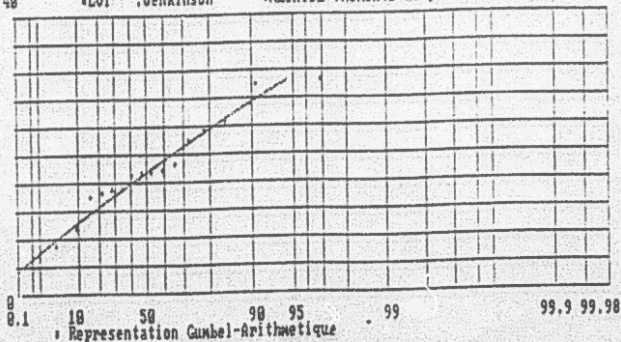


40

•TITRE :HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE $t=90$ mn

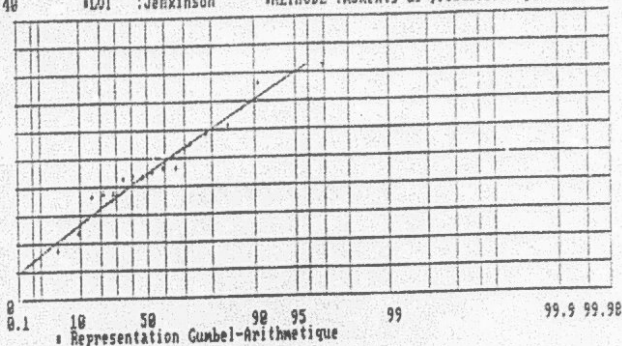
•LOI :Jenkinson

•METHODE :moments de probabilité pondérés



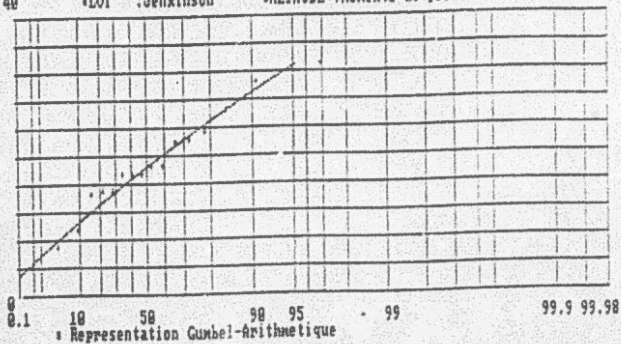
40

• TITRE : HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE $t=120$ mn
 • LOI : Jenkinson • METHODE : moments de probabilité pondérés



40

• TITRE : HAUTEUR MAXIMALE OBSERVEE $t=180$ mn
 • LOI : Jenkinson • METHODE : moments de probabilité pondérés



ANNEXES C

**Diagrammes de la variation de la
hauteur d'averse en fonction de sa durée
pour les années 1976 à 1991**

Fig. 1. 000011970



Fig. 2. 000011971

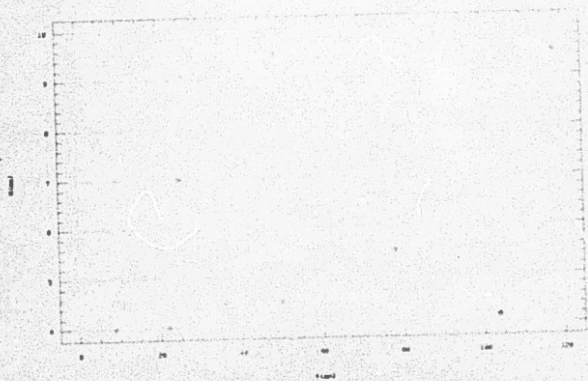


Fig. 3. Areas 1970



Fig. 4. Areas 1970



Fig. 5. $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}$



Fig. 6. $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}$

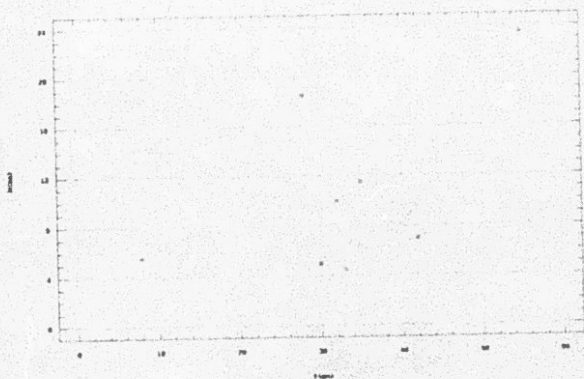


Fig. 7. Arsenic 1982



Fig. 8. Arsenic 1983

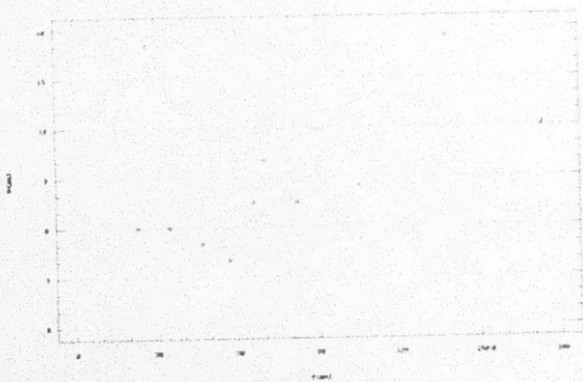


Fig. 9. Arsenic 1961

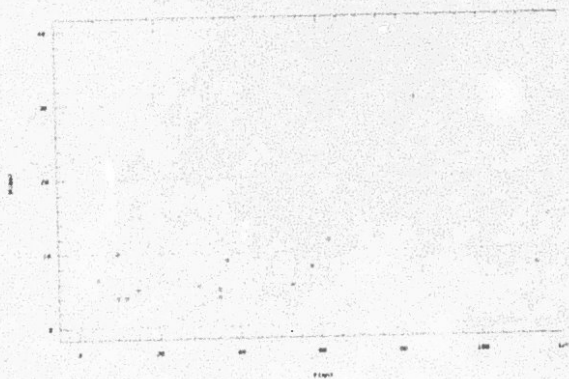


Fig. 10. Arsenic 1965



Fig. 11. Arsenic-99b



Fig. 12. Arsenic-99c



Fig. 13. Arrows 1989

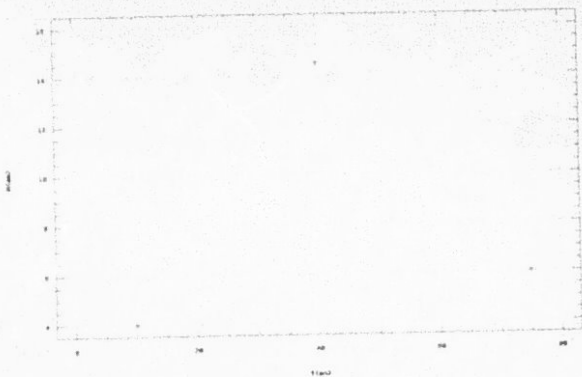


Fig. 14. Arrows 1989

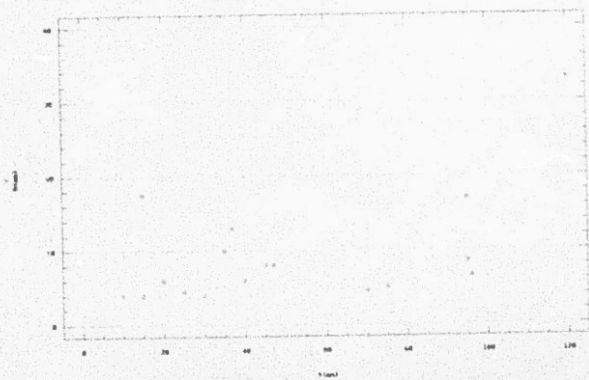


Fig. 15. Arsenic (PPS)

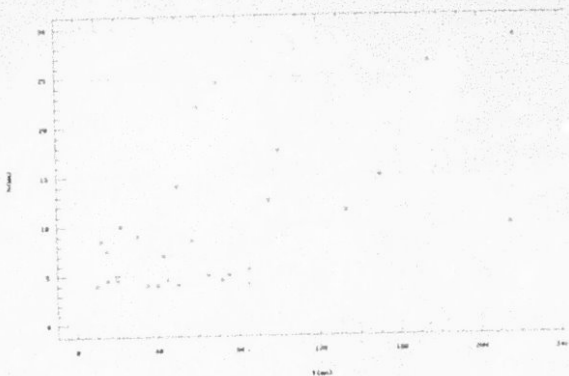


Fig. 16. Arsenic (PPS)



FIN

50 . . .

VUES