

MICROFICHE N°

03852

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

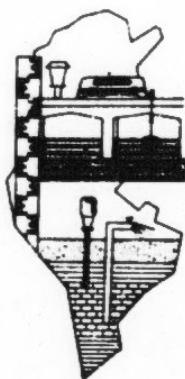
F 1

DIVISION DES RESSOURCES EN EAU

CNDA 3852

**ETUDE GENERALE DE LA PROPAGATION
DES CRUES SUR LA BRANCHE SUD
DE L'OUED ZEROUD**

EFFETS DE LA PLAINE DE SIDI BOU ZID



A. LAFFORGUE

S. BOUZAIANF

Septembre 1981

République Tunisienne
Ministère de l'Agriculture

D.R.E.S

Division des Ressources en Eau

Service Hydrologique

Office de la
Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer

Mission en Tunisie

Convention B1

ETUDE GENERALE DE LA PROPAGATION
DES CRUES SUR LA BRANCHE SUD DE L'OUED ZEROUH
EFFETS DE LA PLAINE DE SIDI BOU ZID

A. LAFFORGUE
Maître de Recherche
à l'ORSTOM

S. BOUZAIANE
Ingénieur Principal
à la D.R.E.S

S O M M A I R E

- INTRODUCTION

I. PRESENTATION DES DONNEES DISPONIBLES

II. PROPAGATION DES CRUES SUR LE TRONCON COMPRIS ENTRE LES STATIONS DU BARRAGE CHAMBI ET KHANGUET ZAZIA

III. EXPLOITATION DES DONNEES DE LA STATION DE L'OUED HADJEL

3.1 - Temps et vitesse de propagation

3.2 - Possibilités d'absorption de la plaine de SIDI BOU ZID

IV. EXPLOITATION DES DONNEES DE L'OUED NEGADA A BLED LASSOUED

4.1 - Déformation des hydrogrammes

4.2 - Durée du temps de transfert de l'onde

4.3 - Les pertes en eau sur le tronçon pour une crue donnée à KHANGUET ZAZIA

V. RECONSTITUTION DES PERTES EN EAU DANS LA PLAINE DE SIDI BOU ZID

VI. EFFET DE LA TRAVERSEE DE LA PLAINE SUR LA QUALITE DES EAUX DE CRUES

6.1 - Effet sur la salinité

6.2 - Effet sur le transport en suspension

- BIBLIOGRAPHIE

I N T R O D U C T I O N

Bienque représentant près des deux tiers de la superficie totale du bassin versant de l'oued ZEROUD limité à la station de SIDI SAAD, le bassin versant de la branche sud ne contribue que pour un quart environ aux apports totaux de cet oued. Cette singularité qui a déjà été mise en évidence dans les conclusions de plusieurs rapports (voir bibliographie) résulte d'un endoréisme partiel au niveau de la dépression de SIDI BOUZID : avant de rejoindre le ZEROUD le cours principal de la branche sud doit traverser là une vaste plaine d'inondation où une grande partie des eaux de crue s'épand et s'infiltré pour alimenter une importante nappe alluviale. A l'occasion de crues très exceptionnelles comme celles de l'automne 1969, il arrive même qu'une partie des eaux d'inondation sorte du bassin versant proprement dit du ZEROUD en empruntant l'ancien passage de la SEGUIA KEBIRA à partir duquel elles vont remplir des zones de sebka situées en bordure sud-est du bassin.

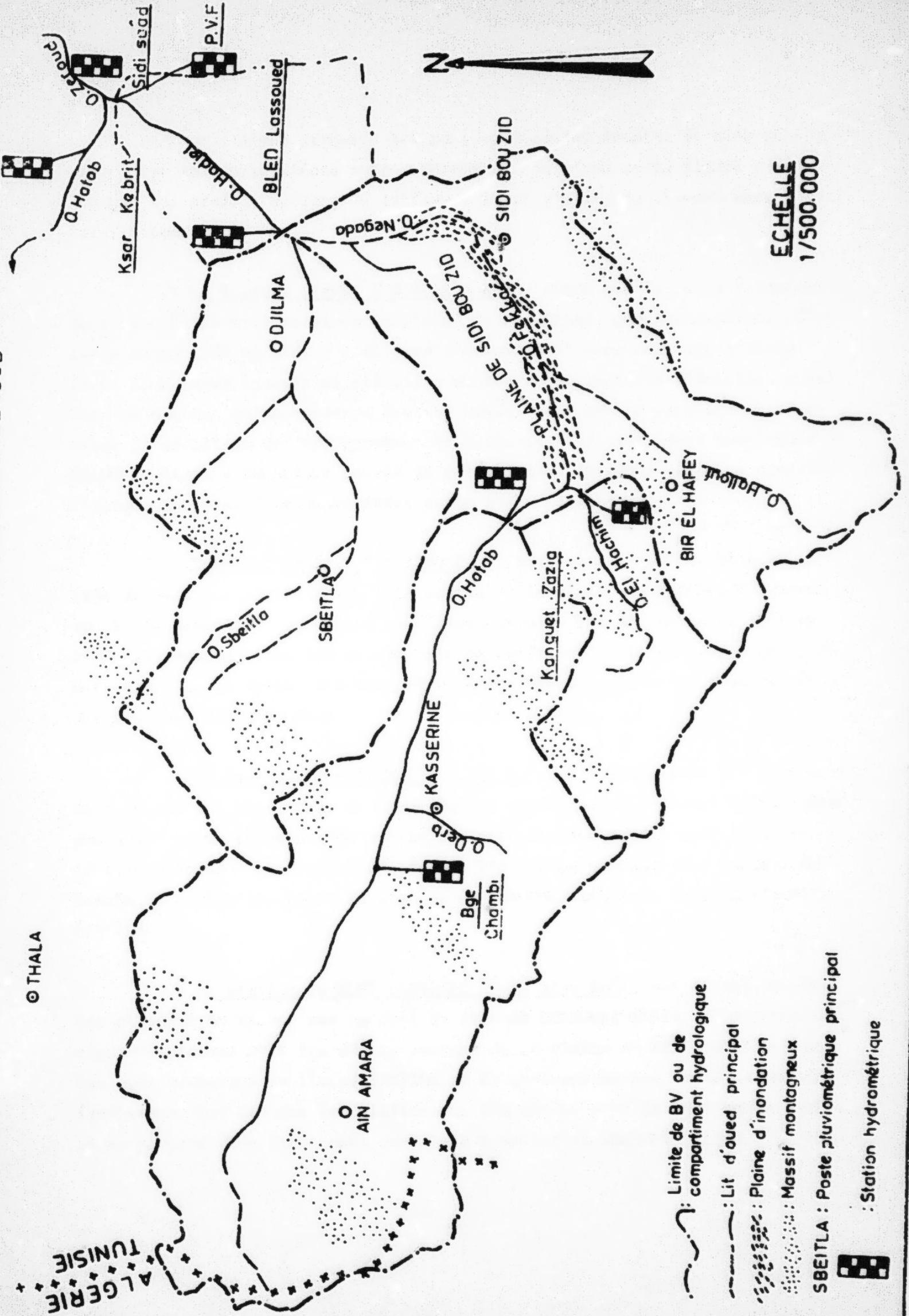
Il n'est actuellement pas possible de chiffrer les volumes perdus de cette façon au cours des crues exceptionnelles mais les données d'observation les plus récentes recueillies au niveau des stations de KHANGUET ZAZIA et le NEGADA permettent en revanche d'évaluer correctement les pertes par infiltration subies par les crues d'importance moyenne. C'est là le but principal de la présente étude à l'occasion de laquelle ont également été rassemblées toutes les informations relatives à la propagation et à l'amortissement de ces crues.

I PRESENTATION DES DONNEES DISPONIBLES.

Les observations et mesures hydrométriques effectuées sur la branche sud du ZEROUD sont à l'heure actuelle dépouillés, critiqués et exploités en totalité, depuis l'origine des observations jusqu'au mois d'Août 1980. La plupart d'entre elles ont d'ailleurs déjà donné lieu à la rédaction de rapports séparés par station.

BASSIN VERSANT DE LA BRANCHE SUD DE L'OUED ZEROUD

© THALA



ECHELLE
1/500.000

- : Limite de BV ou de compartiment hydrologique
- - - : Lit d'oued principal
- ~ ~ ~ : Plaine d'inondation
- : Massif montagneux
- SBEITLA : Poste pluviométrique principal
- ▣ : Station hydrométrique

Pour l'étude proposée ici on a utilisé les données de cinq stations dont les emplacements sont précisés sur la carte de la figure 1 ainsi que sur les profils en long de la figure 2. Il s'agit, de l'amont vers l'aval, des stations suivantes :

- Le Barrage CHAMBI (S = 1280 Km²), situé sur le cours supérieur de l'oued HATAB à l'entrée de la plaine de KASSERINE. Les observations effectuées entre 1960 et 1980 y sont dans l'ensemble d'assez mauvaise qualité (très nombreuses lacunes et précision médiocre des lectures d'échelle, aussi bien en hauteur qu'en repérage dans le temps) mais une comparaison systématique et détaillée des hydrogrammes de cette station avec leurs homologues de KHANGUET ZAZIA a toutefois permis de sélectionner 18 crues dont les caractéristiques peuvent être considérées comme assez fiables.

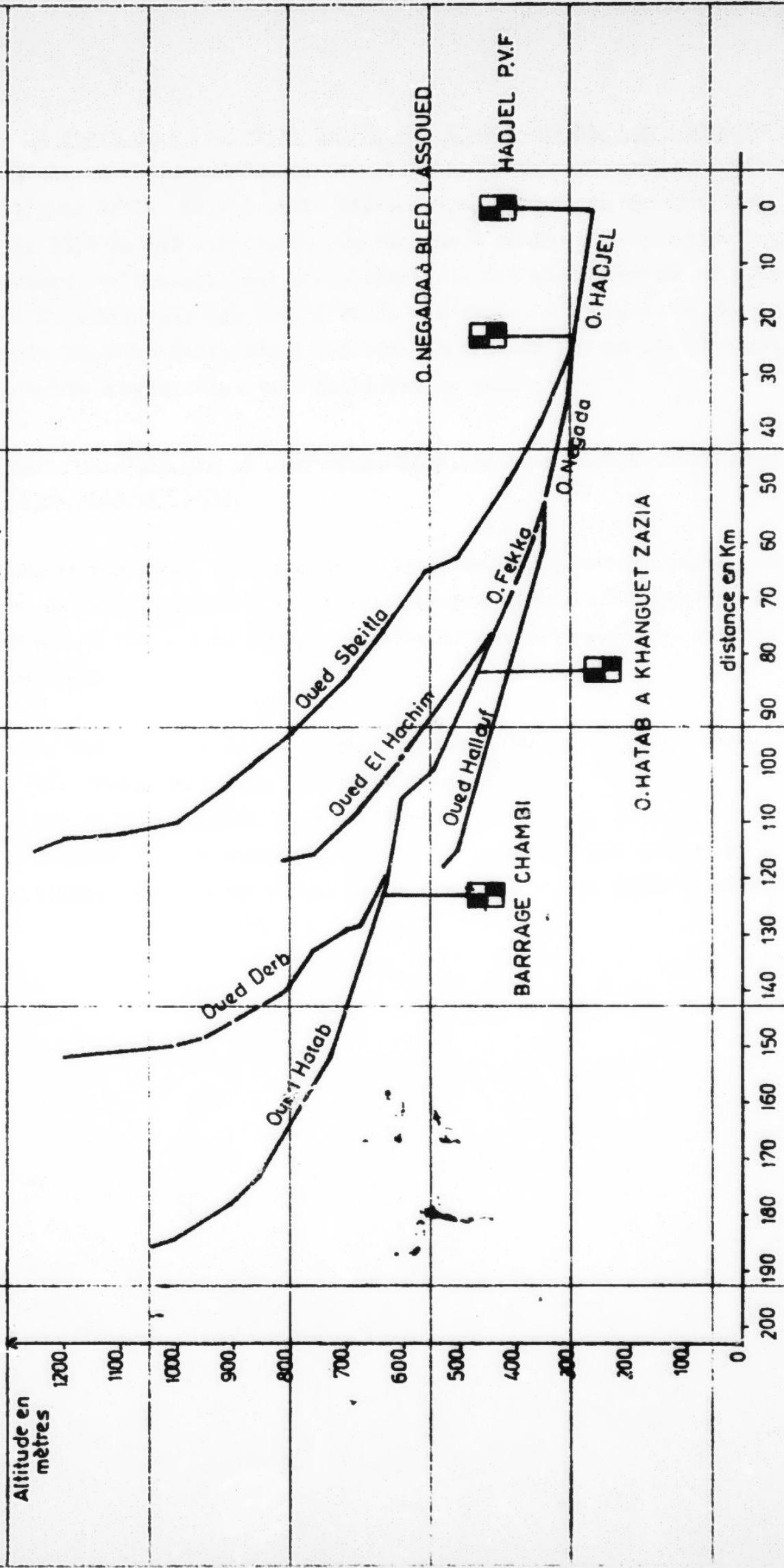
- KHANGUET ZAZIA (S = 2200 Km²), station située à 40 kilomètres plus en aval sur l'oued HATAB à la sortie de la plaine de KASSERINE fournit une bonne chronique des débits sans discontinuité sur 23 ans entre 1957 et 1980. Les données constituent une base de référence de longue durée qui permet, comme on le verra plus loin, de reconstituer une chronique vraisemblable des volumes infiltrés dans la plaine de SIDI BOUZID.

- Le Barrage EL HACHIM (S = 346 Km²), station située sur l'oued du même nom à 2 kilomètres en amont de son confluent avec l'oued HATAB donne une assez bonne chronique de débits sur près de neuf années entre 1962 et 1971. Ces données permettent d'estimer l'ordre de grandeur des apports du bassin intermédiaire entre la station de KHANGUET ZAZIA et la zone d'infiltration.

- La station de BLED LASSOUED (S = 5290 Km²), sur l'oued NEGADA est située à 60 kilomètres en aval du site de KHANGUET ZAZIA. Elle contrôle : depuis Septembre 1974 les débits sortant de la plaine de SIDI BOU ZID ainsi que ceux provenant de l'oued SBEITIA et de quelques autres oueds de moindre importance. Les données recueillies sur six années sont de très bonne qualité et peuvent être facilement comparées à celles de KHANGUET ZAZIA.

Fig.2

PROFIL EN LONG DE LA BRANCHE SUD
DE L'OUED ZEROUD



- La station du pont-voie ferrée sur l'oued HADJEL (S = 5550 Km²),
est à 23 kilomètres de la précédente et à 1,5 kilomètre en amont du confluent avec l'oued HATAB. Elle fournit d'assez bons relevés de hauteur d'eau entre 1962 et 1974 ce qui représente une dizaine d'années d'observation compte tenu des lacunes. Malheureusement cette station n'est pas étalonnée et elle ne peut donc être utilisée que pour l'étude des temps de propagation des ondes de crue depuis KHANGUET ZAZIA ainsi que pour déterminer les caractéristiques limites des crues susceptibles de s'infiltrer en totalité.

II PROPAGATION DES CRUES SUR LE TRONCON COMPRIS ENTRE LES STATIONS DU BARRAGE CHAMBI ET DE KHANGUET ZAZIA.

Les hydrogrammes des 18 crues sélectionnées au barrage CHAMBI ont été systématiquement comparés à leurs homologues observés à KHANGUET ZAZIA, ce qui a permis de dresser le tableau I ci-après qui rassemble les caractéristiques suivantes :

- la date et l'heure du passage des maximums aux deux stations
- les débits de pointe des crues Q_x en m³/s
- les volumes écoulés V en millions de m³
- l'intervalle de temps T séparant les passages des maximums
- l'accroissement de volume de la crue $V_2 - V_1$ en cours de trajet.

TABEAU I - Propagation des crues entre Barrage CHAMBI et KHANGUET ZAZIA.

| BARRAGE CHAMBI | | | | | KHANGUET ZAZIA | | | | | |
|----------------|----------|-------|----|----------------|----------------|-------|-----|----------------|-------|---------------------------------|
| N° | Date | Heure | Qx | V ₁ | Date | Heure | Qx | V ₂ | T | V ₂ - V ₁ |
| 1 | 5/10/60 | 1H00 | 87 | 1,38 | 5/10/60 | 5H00 | 139 | 4,35 | 4H00 | 2,97 |
| 2 | 25/6/64 | 20H30 | 76 | 0,96 | 26/6/64 | 4H00 | 18 | 0,66 | 7H30 | -0,30 |
| 3 | 5/9/64 | 23H30 | 76 | 2,24 | 6/9/64 | 6H00 | 30 | (1,52) | 6H30 | -0,72 |
| 4 | 17/8/65 | 20H00 | 66 | 2,40 | 18/8/65 | 1H30 | 147 | 5,46 | 5H30 | 3,06 |
| 5 | 17/9/65 | 0H00 | 46 | 1,23 | 17/9/65 | 5H20 | 24 | 0,88 | 5H20 | -0,35 |
| 6 | 10/12/65 | 16H00 | 17 | 0,35 | 11/12/65 | 3H00 | 3,4 | 0,12 | 11H00 | -0,23 |
| 7 | 1/5/66 | 15H30 | 38 | 0,68 | 1/5/66 | 18H30 | 365 | 9,77 | 3H00 | 9,09 |
| 8 | 21/8/67 | 5H30 | 30 | 1,17 | 21/1/67 | 20H00 | 1,9 | 0,07 | 14H30 | -1,10 |
| 9 | 29/8/67 | 22H00 | 66 | 3,92 | 30/8/67 | 2H40 | 111 | 30,3 | 4H40 | 26,4 |
| 10 | 30/8/67 | 24H00 | 66 | - | 31/8/67 | 1H30 | 377 | - | 1H30 | |
| 11 | 28/5/68 | 17H45 | 30 | 0,42 | 28/5/68 | 23H45 | 56 | 1,33 | 6H00 | 0,91 |
| 12 | 21/7/72 | 24H00 | 23 | 0,65 | 22/7/72 | 16H00 | 2 | 0,04 | 16H00 | -0,61 |
| 13 | 8/10/72 | 0H00 | 65 | 2,93 | 8/10/72 | 4H00 | 210 | 9,25 | 4H00 | 6,32 |
| 14 | 4/2/75 | 0H00 | 66 | 1,42 | 4/2/75 | 5H30 | 69 | 2,46 | 5H30 | 1,04 |
| 15 | 11/5/75 | 18H30 | 46 | 1,44 | 11/5/75 | 23H45 | 185 | 4,0 | 5H15 | 2,56 |
| 16 | 30/3/77 | 10H00 | 52 | 1,14 | 30/3/77 | 16H45 | 14 | 0,18 | 6H45 | -0,96 |
| 17 | 2/3/78 | 4H00 | 33 | 0,67 | 2/3/78 | 9H00 | 51 | 0,31 | 5H00 | -0,36 |
| 18 | 18/5/78 | 21H00 | 61 | 0,44 | 19/5/78 | 3H25 | 65 | 0,75 | 6H25 | 0,31 |

L'examen de la dernière colonne du tableau met en évidence une capacité d'absorption des crues non négligeable à la traversée de la plaine de KASSERINE. En effet près de la moitié des crues sélectionnées voient leur volume diminuer entre les deux stations avec des pertes pouvant atteindre des valeurs de l'ordre du million de mètres cube (crues du 21/8/67 et du 30/3/77). En admettant qu'il n'y ait pas eu d'apports intermédiaires entre les deux stations cela représente une capacité d'infiltration moyenne d'environ 500 l/s par kilomètre de lit pour un temps de base d'une quinzaine d'heures soit encore une vitesse d'infiltration de 10 mm/H pour une largeur moyenne de lit de 50 mètres. On notera cependant que malgré les pertes par infiltration plus de la moitié des crues sont renforcées en cours de trajet par les apports du bassin intermédiaire.

C'est d'ailleurs principalement en raison de ce renforcement des crues qu'il n'existe aucune corrélation entre le temps de propagation T et la valeur du débit maximal au barrage CHAMBI. En revanche, si l'on reporte les temps de propagation sur papier semi-logarithmique en fonction du débit de pointe à KHANGUET ZAZIA (voir figure 3) il est possible d'obtenir une courbe moyenne donnant les temps et les vitesses de propagation suivants :

| Débit de pointe à KHANGUET ZAZIA (m ³ / s) | 5 | 10 | 50 | 100 | 500 |
|---|------|------|------|------|------|
| Temps de propagation | 9H20 | 7H50 | 5H40 | 4H45 | 2H50 |
| Vitesse moyenne de propagation de l'onde de crue (m/s) | 1,2 | 1,4 | 2,0 | 2,3 | 3,9 |

III EXPLOITATION DES DONNÉES DE LA STATION DE L'OUED HADJEL.

Sur l'ensemble de la période d'observation de l'oued HADJEL on a inventorié 122 crues à KHANGUET ZAZIA pour lesquelles le débit de pointe dépassait 10 m³/s. Selon que leur passage a été ultérieurement constaté ou non sur l'oued HADJEL, ces crues ont été séparées en deux groupes utilisables respectivement pour l'étude des vitesses de propagation et pour celle des possibilités d'absorption de la plaine de SIDI BOUZID.

Temps de propagation des maximums de crue
entre Barrage CHAMBI et KHANGUET ZAZIA

T (heures)

16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

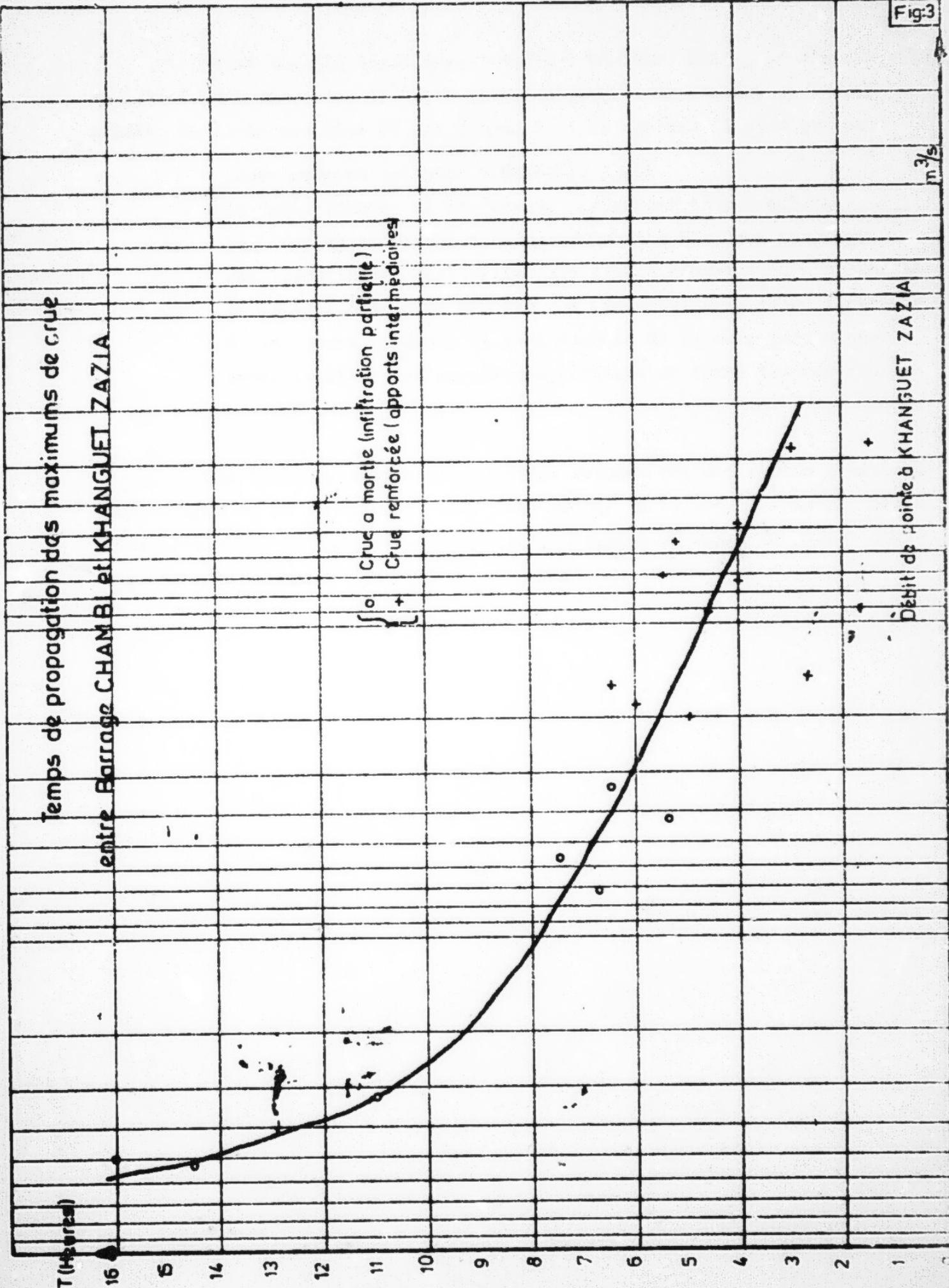
o Crue a mortle (infiltration partielle)
+ Crue renforcée (apports intermediaires)

Fig:3

Débit de pointe à KHANGUET ZAZIA

m³/s

1000
100
10



3. 1 Temps et vitesse de propagation.

Parmi les 122 crues inventoriées à KHANGUET ZAZIA, 37 d'entre elles, soit 31 % sont parvenues de façon certaine jusqu'à la station de l'oued HADJEL. La liste complète en est donnée dans le tableau II où figurent :

- leurs caractéristiques à KHANGUET ZAZIA
- la date, l'heure et la cote du maximum sur l'oued HADJEL
- le temps de propagation du maximum entre les deux stations
- une appréciation qualitative sur l'état d'humectation du lit et de la plaine de SIDI BOU ZID, un intervalle de temps inférieur à cinq jours séparant la crue étudiée de la crue précédente étant considéré en première approximation comme favorable à la propagation.

Les temps de propagation T ainsi obtenus ont été portés graphiquement (figure 4) en fonction du débit maximal Q_x de la crue à KHANGUET ZAZIA (coordonnées logarithmiques en abscisse). L'examen du nuage de points conduit aux conclusions et remarques suivantes :

Tableau II - Propagation des crues entre KHANGUET ZAZIA et l'oued HADJEL

| Maximum à KHANGUET ZAZIA | | | | Maximum sur l'O. HADJEL | | | | Condition favorable propagation |
|--------------------------|-------|---|--|-------------------------|-------|--------------------------|-------------|---------------------------------|
| Date | Heure | Q _{max} (m ³ /s) | V _r (10.6 m ³) | Date | Heure | H _{max} (cm) | T Heures | |
| 30-5-63 | 2H30 | 79,9 | 3,04 | 1-6-63 | 1H00 | 123 | 22H30 | oui |
| 7-6-63 | 22H00 | 37,5 | 2,83 | 9-6-63 | 1H00 | 115 | 27H00 | " |
| 9-6-63 | 4H45 | 27,0 | 0,93 | 10-6-63 | 5H00 | 115 | 24H15 | " |
| 30-7-63 | 1H00 | 27,0 | 0,82 | 31-7-63 | 12H00 | 85 | 33H00 | " |
| 2-8-63 | 2H00 | 45,0 | 1,53 | 3-8-63 | 9H00 | 120 | 31H00 | " |
| 5-8-63 | 21H30 | 36,0 | 1,47 | 6-8-63 | 22H00 | 90 | 24H30 | " |
| 19-9-63 | 18H00 | 67,5 | 2,46 | 20-9-63 | 13H00 | 150 | 19H00 | " |
| 28-12-63 | 1H30 | 180,0 | 11,42 | 28-12-63 | 15H00 | 250 | 13H30 | Non |
| 29-1-64 | 0H30 | 97,4 | 6,72 | 29-1-64 | 19H00 | 237 | 18H30 | " |
| 26-5-64 | 20H30 | 238,7 | 5,03 | 27-5-64 | 20H00 | 220 | 23H30 | " |
| 23-6-64 | 22H30 | 429,6 | 10,5 | 24-6-64 | 13H45 | 187 | 15H15 | " |
| 9-11-65 | 1H20 | 356,5 | 6,4 | 9-11-65 | 22H00 | 230 | 20H40 | " |
| 1-5-66 | 17H20 | 368,7 | 9,76 | 2-5-66 | 16H15 | 135 | 23H00 | " |
| 18-9-66 | 23H00 | 336,9 | 18,04 | 19-9-66 | 19H45 | 165 | 20H45 | oui |
| 25-9-66 | 23H30 | 44,0 | 0,53 | 27-9-66 | 5H30 | 60 | 30H00 | " |
| 9-6-67 | 19H30 | 266,7 | 22,14 | 10-6-67 | 6H30 | 220 | 10H30 | non |
| 31-8-67 | 1H30 | 377,0 | 30,36 | 31-8-67 | 21H30 | 265 | 20H00 | " |
| 12-9-67 | 6H50 | 417,0 | 31,66 | 13-9-67 | 1H30 | 180 | 18H40 | " |
| 4-6-68 | 16H15 | 416,9 | 11,39 | 5-6-68 | 4H30 | 195 | 12H15 | oui |
| 13-6-68 | 3H45 | 197,3 | 7,35 | 13-6-68 | 19H45 | 200 | 16H00 | non |
| 7-9-68 | 5H00 | 111,0 | 1,96 | 8-9-68 | 0H00 | 90 | 19H00 | oui |
| 26-3-69 | 9H50 | 33,2 | 1,61 | 27-3-69 | 14H00 | 95 | 28H10 | " |
| 8-4-69 | 22H30 | 51,9 | 0,84 | 9-4-69 | 22H30 | 148 | 24H00 | non |
| 3-7-69 | 17H30 | 147,0 | 1,18 | 4-7-69 | 10H00 | 128 | 16H30 | " |
| 31-8-69 | 17H30 | 210,0 | 1,48 | 1-9-69 | 7H30 | 178 | 14H00 | oui |
| 9-9-69 | 1H30 | 111,0 | 3,13 | 9-9-69 | 22H00 | 165 | 20H30 | oui |
| 26-9-69 | 19H00 | 864,0 | 113,3 | 27-9-69 | 12H00 | 870 | 17H00 | " |
| 27-9-69 | 11H30 | 1412,0 | 7,96 | 27-9-69 | 18H00 | 880 | 6H30 | " |
| 15-10-69 | 22H45 | 203,6 | 181,7 | 16-10-69 | 18H30 | 180 | 21H45 | non |
| 23-10-69 | 1H00 | 1203 | | 23-10-69 | 14H30 | 365 | 13H30 | oui |
| 27-10-69 | 12H15 | 885 | | 28-10-69 | 0H00 | 670 | 11H45 | " |
| 29-10-69 | 3H00 | 1537 | | 29-10-69 | 11H00 | 870 | 8H00 | " |
| 11-5-71 | 23H45 | 111,0 | 2,07 | 13-5-71 | 11H00 | 80 | (35H15) | non |
| 8-6-72 | 23H30 | 318,1 | 7,25 | 9-6-72 | 16H15 | 120 | 16H45 | oui |
| 8-10-72 | 4H00 | 210,0 | 9,25 | 9-10-72 | 0H00 | 135 | 20H00 | non |
| 28-3-73 | 2H00 | 274,8 | 33,66 | 28-3-73 | 16H00 | 120 | 14H00 | oui |
| 13-12-73 | 4H30 | 679,0 | 50,21 | 13-12-73 | 20H00 | 280 | 15H30 | " |

10
5
0
5
10
15
20
25
30

Temps de propagation Δt

Propagation des crues entre
KHANGUET ZAZIA et HADJEL P.V.F

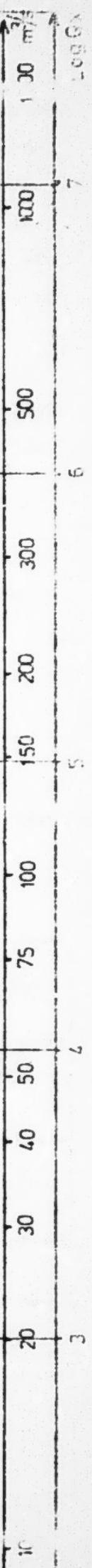
$$T = 47H^{20} - \frac{16}{3} \text{Log } Qx$$

Fig:4

- + Conditions favorables à la propagation
- Conditions défavorables

Débit de pointe à KHANGUET ZAZIA

Qx



1°) Si l'on excepte la crue du 13 mai 1971 pour laquelle il semble douteux que le maximum de l'oued HADJEL corresponde à celui qui a été observé plus de 35 heures auparavant à KHANGUET ZAZIA, les temps de propagation sont compris entre 33 heures (crue du 30 juillet 1963 avec $Q_x = 27 \text{ m}^3/\text{s}$ et $V_r = 0,82 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) et 6H 30 (crue du 27 septembre 1969 avec $Q_x = 1412 \text{ m}^3/\text{s}$ et $V_r = 113 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Ces deux cas extrêmes fournissent les limites inférieure et supérieure de la vitesse de propagation de l'onde de crue en prenant en compte la distance séparant les deux stations, soit 83 kilomètres selon le cours de l'oued. Cette vitesse se trouve donc comprise entre 12,8 Km/H, soit 3,5 m/s pour les plus fortes crues et 2,5 Km/H soit 0,70 m/s pour celles des plus faibles qui parviennent à traverser la plaine d'inondation.

2°) Les points du nuage s'ordonnent graphiquement assez bien autour d'une droite dont l'équation transformée en coordonnées cartésiennes est :

$$T = 47H20 - \frac{16}{3} \text{ Log } Q_x$$

Les temps et les vitesses médians de propagation calculés à l'aide de cette relation sont donnés dans le tableau ci-dessous :

| Q_x à KHANGUET ZAZIA (m^3/s) | 30 | 50 | 100 | 250 | 500 | 750 | 1000 | 1500 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Temps de propagation (Heures) | 29H 10 | 26H 30 | 22H 45 | 17H 55 | 14H 10 | 12H 00 | 10H 30 | 8H 20 |
| Vitesse de l'onde (m/s) | 0,79 | 0,87 | 1,01 | 1,29 | 1,63 | 1,92 | 2,20 | 2,77 |

On peut remarquer que pour un débit donné à KHANGUET ZAZIA les vitesses obtenues ici sont environ deux fois plus faibles que sur le tronçon amont.

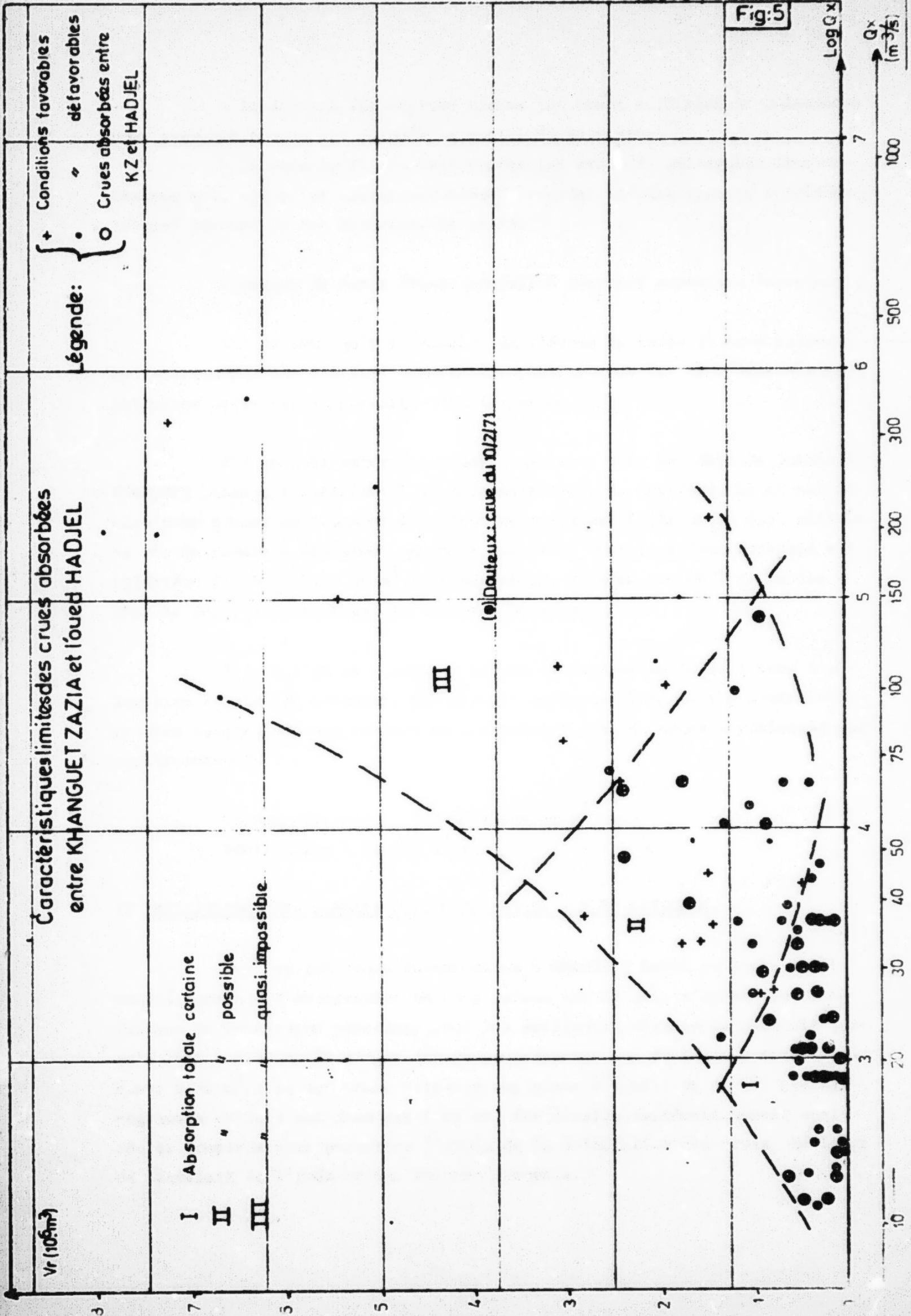
3°) On a noté de façon différentes les points correspondant à des conditions supposées favorables ou défavorables à la propagation mais on constate que l'influence de ce facteur d'humectation préalable du lit de l'oued n'apparaît pas de façon très nette. En revanche la dispersion des observations peut être expliquée partiellement par l'incertitude sur l'heure de passage des maximums ; la fréquence des relevés aux deux stations étant en moyenne d'une lecture toutes les deux heures on peut admettre que l'erreur absolue sur le temps de propagation peut également atteindre deux heures. Une seconde cause de dispersion réside aussi dans le renforcement éventuel de la crue en cours de trajet par des ruissellements intermédiaires en provenance des oueds SBEITLA, DJILMA ou EL HACHIM pour ne citer que les plus notables. Ces ruissellements sont susceptibles soit d'accélérer l'avance de l'onde de crue soit de déplacer la position du maximum sur le limnigramme résultant. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'on a été conduit à écarter à priori de l'étude une douzaine de crues, soit 10 % de l'effectif à KHANGUET ZAZIA, pour lesquelles les limnigrammes de l'oued HADJEL étaient trop complexes pour qu'on puisse isoler avec certitude le maximum recherché.

3.2 Possibilités d'absorption de la plaine de SIDI BOU ZID.

Sur les 122 crues inventoriées dont le débit maximal dépasse $10 \text{ m}^3/\text{s}$ à KHANGUET ZAZIA, celles qui ne parviennent pas jusqu'à la station de l'oued HADJEL sont au nombre de 73, soit une proportion de près de 60 %.

Afin de mieux cerner les caractéristiques limites présentées par les crues absorbées on a reporté graphiquement (figure 5) les débits de pointe des crues de KHANGUET ZAZIA en fonction des volumes ruisselés qui leur correspondent en entourant d'un cercle les points relatifs à une absorption totale. Cette représentation a permis de tracer deux courbes limites qui divisent le nuage de points en trois domaines :

- le domaine I rassemble les crues pour lesquelles soit le volume ruisselé, soit le débit de pointe, soit les deux à la fois sont insuffisants pour que la crue puisse traverser la plaine



- le domaine III englobe toutes les crues suffisamment puissantes pour parvenir à coup sûr jusqu'à la sortie de la plaine

- le domaine II contient toutes les crues de puissances intermédiaires qui, selon les cas (renforcement éventuel par des apports supplémentaires) peuvent ou non traverser la plaine.

L'examen de cette figure conduit à formuler certaines remarques :

1°) De même qu'à l'occasion de l'étude du temps de propagation on ne constate pas que l'état d'humectation préalable du lit de l'oued ait une influence nette sur sa capacité d'infiltration.

2°) On peut noter que toutes les crues dont le débit de pointe à KHANGUET ZAZIA est inférieur à $27 \text{ m}^3/\text{s}$ s'infiltrent en totalité. Il en est de même pour toutes celles dont le volume ruisselé est inférieur à 0,5 million de m^3 . On remarque également que 90 % des crues dont le volume ruisselé est inférieur à 1,5 million de m^3 sont absorbées, de même que 90 % de celles dont le débit de pointe est inférieur à $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

3°) Si l'on ne tient pas compte de la crue du 10/2/71 dont l'absorption totale est douteuse, il apparaît enfin qu'il ne peut y avoir infiltration totale pour des valeurs de caractéristiques de crues supérieures aux seuils suivants :

Volume ruisselé de 2,5 millions de m^3
Débit maximal de $150 \text{ m}^3/\text{s}$.

IV EXPLOITATION DES DONNÉES DE L'OUED NEGADA BLED LASSOUED.

Sur les 140 crues inventoriées à KHANGUET ZAZIA au cours des 6 années communes d'observation on en a retenu ici 27 qui, d'après les conclusions du paragraphe précédent, ont les meilleures chances de parvenir jusqu'à BLED LASSOUED. Il s'agit des crues présentant un débit de pointe supérieur à $30 \text{ m}^3/\text{s}$ et un volume ruisselé supérieur à 1 million de m^3 . Les hydrogrammes obtenus aux deux stations ont été ensuite systématiquement analysés et comparés pour permettre l'étude de la déformation des crues, du temps de transport de l'onde et des volumes absorbés.

4.1 Déformation des hydrogrammes.

Les hydrogrammes reproduits en figure 6 et 7 fournissent deux exemples typiques de ce qu'il est possible d'observer à la station de BLED LASSOUED.

- La crue du 28 juin 1976 (figure 6) provient en totalité de l'oued HATAB car l'averse du 27 juin qui a donné 34,7 mm à KASSERINE n'a été que de 6,4 mm à SBEITLA. Dans un tel cas les deux hydrogrammes sont directement comparables et l'on remarquera en particulier l'effet de laminage subi par la crue à la traversée de la plaine : les trois pointes principales observables à KHANGUET ZAZIA se confondent en un maximum unique très étalé mais beaucoup plus faible à BLED LASSOUED. On constate par ailleurs une sensible réduction de volume mais on note que le temps de base n'est pratiquement pas modifié ce qui, on le verra plus loin, est une règle presque générale.

- La crue du 25 septembre 1975 (figure 7) résulte au contraire d'un ruissellement généralisé à l'ensemble du bassin (25,8 mm de pluie à KASSERINE et 18,9 mm à SBEITLA) et l'hydrogramme de BLED LASSOUED présente une forme caractéristique à deux pointes que l'on observe systématiquement dans ces conditions : une première pointe assez aigüe correspond au passage de la crue du bassin intermédiaire (oued SBEITLA) ; le deuxième maximum, beaucoup plus étalé ne produit environ six heures plus tard et correspond à la crue de l'oued HATAB.

En comparant de cette façon les hydrogrammes de BLED LASSOUED et de KHANGUET ZAZIA et en examinant dans chaque cas la répartition spatiale de la pluie il a été possible de déterminer la provenance des écoulements de crue et de séparer les volumes ruisselés selon leur origine présumée afin d'estimer la part des apports de l'oued NEGADA ayant transité par la plaine de SIDI BOU ZID (partie hachurée sur l'exemple de la figure 7).

Le tableau III regroupe les principales informations résultant de cette analyse. On y trouvera pour chacune des 27 crues sélectionnées :

- colonne 1 - la date et l'heure du début de la crue à KHANGUET ZAZIA
- colonne 2 - la date et l'heure du maximum (ou des maximums)
- colonne 3 - la valeur de ce (ou de ces) maximum en m^3/s .

colonne 4 - le volume $V(KZ)$ ruisselé en millions de m^3

colonne 5 - le temps de base $t_b(KZ)$ de la crue

colonne 6 - le débit moyen de la crue, $Q_m = V(KZ)/t_b(KZ)$

colonnes 7 à 11 - informations homologues des précédentes et relatives à la partie de l'hydrogramme de BLED LASSOUED qui est supposée provenir de KHANGUET ZAZIA ; lorsque l'estimation s'est avérée incertaine en raison de la complexité de la crue les valeurs estimées ont été placées entre parenthèses.

colonne 12 - Volumes des pertes subies, $V_p = V(KZ) - V(N^E)$

colonne 13 - Débit moyen absorbé correspondant à ces pertes et calculé à partir du temps de base de la crue à KHANGUET ZAZIA,

$$Q_p = V_p / t_b(KZ)$$

colonne 14 - temps de transfert du début de la crue entre les deux stations

T_1 exprimé en heures et minutes

colonne 15 - temps de transfert de la (ou des) pointe de crue T_2 .

TABLEAU III - Transfert des crues entre les stations de KHANGUET ZAZIA et de NEGADA

| Crues de KHANGUET ZAZIA | | | | | Crues de NEGADA | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------|--------|--------|---------------|---------------|
| (1) Date et Heure du début | (2) Date et Heure du maximum | (3) Q_x (m^3/s) $10^6 m^3$ | (4) $V(KZ)$ $10^6 m^3$ | (5) $t_b(KZ)$ Q_m m^3/s | (6) Date et Heure du début | (7) Date et Heure du maximum | (8) Date et Heure du maximum | (9) Q_x m^3/s | (10) $V(NE)$ $10^6 m^3$ | (11) $t_b(NE)$ | (12) | (13) | (14) T_1 | (15) T_2 |
| 21/9/74 à 16H00 | 22/9/74 à 2H15 | 150 | 4,68 | 18H00 | 22/9/74 à 11H00 | 22/9/74 à 21H00 | 22/9/74 à 21H00 | 54 | 2,26 | 16E | 2,42 | 37,3 | 19H00 | 18E45 |
| 14/10/74 à 22H00 | 14/10/74 à 23H00 | 184 | 4,41 | 20H00 | 15/10/74 à 10H00 | 15/10/74 à 19H00 | 15/10/74 à 19H00 | (60) | (2,25) | (16B) | (2,16) | (30) | 12H00 | 18H00 |
| 4/2/75 à 4H50 | 4/2/75 à 6H20 | 69 | 2,46 | 15H00 | 4/2/75 à 22H00 | 5/2/75 à 1H00 | 5/2/75 à 1H00 | 6 | 0,63 | 17H | 1,63 | 33,9 | 17E00 | 16H40 |
| 8/5/75 à 16H30 | 8/5/75 à 18H30 | 172 | 1,39 | 8H00 | 9/5/75 à 9H50 | 9/5/75 à 11H00 | 9/5/75 à 11H00 | 16 | 0,38 | (8E) | 1,01 | 3,51 | 17H20 | 16H30 |
| 11/5/75 à 23H20 | 11/5/75 à 23H45 | 155 | 4,00 | 20H00 | 12/5/75 à 16H00 | 12/5/75 à 17H30 | 12/5/75 à 17H30 | 23 | 0,88 | (19H) | 3,12 | 4,33 | 16H40 | 17H45 |
| 23/5/75 à 20H05 | 23/5/75 à 20H15 | 60 | 1,58 | 18H00 | 24/5/75 à 17H00 | 24/5/75 à 23H00 | 24/5/75 à 23H00 | 10 | 0,40 | 15H | 1,18 | 18,2 | 21H00 | 26H00 |
| 24/5/75 à 14H30 | 24/5/75 à 16H00 | 60 | 1,18 | 15H00 | 21/9/25/5/75 à 6H00 | 25/5/75 à 10H00 | 25/5/75 à 10H00 | 11 | 0,40 | 14H | 0,78 | 14,4 | 15H30 | 18H00 |
| 25/5/75 à 9H00 | 25/5/75 à 9H30 | 73 | 1,42 | 17H00 | 23/2/25/5/75 à 20H00 | 25/5/75 à 24H00 | 25/5/75 à 24H00 | 14 | 0,44 | 13H | 0,98 | 15,0 | 11H00 | 14H30 |
| 13/8/75 à 15H00 | 13/8/75 à 15H40 | 111 | 0,67 | 9H00 | 20,6 | 14/8/75 à 17H40 | 14/8/75 à 21H00 | 5 | 0,00 | 14E | 0,97 | 13,5 | 17H00 | 19H00 |
| 23H50 | 14/8/75 à 2H00 | 25 | 1,14 | 20H00 | 15,8 | 14/8/75 à 17H40 | 14/8/75 à 21H00 | 5 | 0,17 | 20H | 3,04 | 44,4 | 12H00 | 13H00 |
| 22/9/75 à 16H00 | 22/9/75 à 20H30 | 259 | 5,54 | 19H00 | 81,0 | 23/9/75 à 4H00 | 23/9/75 à 9H00 | 67 | (2,50) | 25H | (2,24) | (38,9) | 10H00 | 15H00 |
| 24/9/75 à 23H00 | 25/9/75 à 0H45 | 336 | 9,36 | 16H00 | 162,5 | 25/9/75 à 9H00 | 25/9/75 à 15H45 | 172 | (7,12) | | | | 11H00 | |
| 14/5/76 à 19H30 | 15/5/76 à 0H20 | 56 | 1,27 | 14H00 | 25,2 | 16/5/76 à 0H00 | 16/5/76 à 3H45 | 15 | 0,64 | (18H) | 0,63 | 12,5 | 28H00 | 27H00 |
| 25/6/76 à 13H45 | 25/6/75 à 14H00 | 210 | 1,13 | 6H00 | 52,3 | 26/6/76 à 14H00 | 26/6/75 à 18H00 | 9 | (0,35) | (12H) | 0,78 | (36,1) | 24H00 | 28H00 |
| 27/6/76 à 16H00 | 27/6/76 à (20H00) | 146 | 6,50 | 19H00 | 95,0 | 28/6/76 à 8H40 | 28/6/76 à 12H30 | 71 | 3,54 | 23H | 2,96 | 4,33 | 16H45 | 16H30 |
| | 28/6/76 à 0H50 | 146 | | | | | | | | | | | | 11H30 |

Voir suite page suivante

Tableau III (suite)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------|------|-------|---------|--------|------------------|-----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 129/6/76 à 19H00 | 129/6/76 à 19H40 | 300 | 7,36 | 21H00 | 97,4 | 30/6/76 à 6H00 | 30/6/76 à 12H00 | 86 | 6,16 | 22H | 3,20 | 423 | 11H00 | 16H20 |
| | 129/6/76 à 22H20 | 177 | | | | | | | | | | | | 13H40 |
| | 130/6/76 à 0H45 | 147 | | | | | | | | | | | | 11H15 |
| 18/11/76 à 7H00 | 18/11/76 à 9H30 | 152 | 10,40 | 27H00 | 107 | 18/11/76 à 20H00 | 19/11/76 à 1H00 | 71 | 5,98 | (30H) | 4,42 | 455 | 12H00 | 16H00 |
| | 18/11/76 à 18H10 | 229 | | | | | 19/11/76 à 6H30 | 146 | | | | | | 12H00 |
| 2/3/78 à 0H15 | 3/3/78 à 9H00 | 51 | 2,06 | (20H00) | 28,6 | Pas de crue | | 0 | 0,0 | | 2,06 | (286) | | |
| 1/6/78 à 17H20 | 1/6/78 à 19H10 | 117 | 1,61 | 15H00 | 29,8 | 2/6/78 à 11H00 | 2/6/78 à 14H00 | 18 | 0,30 | 16H | 1,31 | 243 | 17H00 | 18H50 |
| 18/8/78 à 0H00 | 18/8/78 à 2H00 | 61 | 1,30 | 15H00 | 24,1 | Pas de crue | | 0 | 0,0 | | 1,30 | 241 | | |
| | 18/8/78 à 6H40 | 37 | | | | | | | | | | | | |
| | 18/8/78 à 2H00 | | | | | | | | | | | | | |
| 18/8/78 à 21H00 | 18/8/78 à 23H00 | 21 | 1,30 | 15H00 | 24,1 | | | | | | | | | |
| 1H00 | 15/8/78 à 1H30 | 40 | | | | 20/8/78 à 6H00 | 20/8/78 à 9H00 | 5 | 0,10 | | 1,20 | 222 | 29H00 | 31H00 |
| 22/8/78 à 0H20 | 22/8/78 à 0H30 | 37 | 1,48 | 14H00 | 29,4 | (Pas de crue) | | 0 | 0,0 | | 1,48 | 294 | | |
| | 4H00 | 40 | | | | | | 13,8 | | | | | | |
| | 9H00 | 30 | | | | | | | | | | | | |
| 11/4/79 à 23H10 | 11/4/79 à 23H35 | 147 | 1,31 | (12H00) | (30,3) | Pas de crue | | 0 | 0,0 | | 1,31 | (303) | | |
| 15/4/79 à 14H30 | 15/4/79 à 15H10 | 237 | 6,13 | 25H00 | 68,1 | 16/4/79 à 5H30 | 16/4/79 à 7H00 | 90 | 2,63 | 20H | 3,50 | 389 | 15H00 | 16H00 |
| 7/9/79 à 17H30 | 7/9/79 à 19H00 | 88 | 1,08 | 14H00 | 29,8 | 8/9/79 à 8H00 | 8/9/79 à 10H00 | 12 | 0,30 | (8E) | 0,78 | 155 | 15H00 | 15H00 |
| | 8/9/79 à 0H45 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| 8/9/79 à 17H30 | 8/9/79 à 19H30 | 377 | 3,62 | 12H00 | 88,9 | 9/9/79 à 5H00 | 9/9/79 à 7H00 | 89 | 1,96 | (12H) | 1,66 | 384 | 11H30 | 12H30 |
| 12/9/79 à 19H00 | 12/9/79 à 23H15 | 341 | 7,19 | (20H00) | 1140 | 13/9/79 à 6H00 | 13/9/79 à 8H20 | 134 | 4,2 | (16H) | 13,0 | (458) | 11H00 | 9H00 |
| 13/9/79 à 19H00 | 14/9/79 à 1H00 | (62) | 2,09 | (17H00) | 36,4 | 14/9/79 à 8H00 | 14/9/79 à 14H00 | (17) | 0,81 | (16H) | 10,28 | (209) | 13H00 | 13H00 |

Dans le présent paragraphe où se bornera à examiner les informations relatives à la déformation des crues, à savoir les temps de base et les débits de pointe.

Pour chaque crue on a reporté graphiquement en figure 8 le temps de base déterminé à BLED LASSOUED en fonction de son homologue à KHANGUET ZAZIA et l'on peut remarquer que les crues ne subissent aucune modification systématique à cet égard. Il est donc probable que l'effet d'étalement est en général compensé par un effet d'absorption totale qui raccourcit la durée de la décrue. L'examen des durées de transfert montrent en revanche (voir paragraphe 4.2) qu'il y a allongement du temps de montée de la crue en cours de trajet.

Le graphique de la figure 9 met enfin en évidence l'amortissement très sensible des pointes de crues. En notant différemment les crues simples et les crues à pointes multiples observées à KHANGUET ZAZIA on constate par ailleurs que ces dernières sont en général moins amorties, le maximum à NEGADA résultant dans ce cas, comme on l'a déjà signalé, de la superposition des différentes pointes (voir figures 6 et 7). Pour ces crues l'amortissement se traduit en gros par une diminution de moitié du débit de pointe. Pour les crues simples l'amortissement apparaît plus sévère dans l'ensemble, la réduction de valeur du maximum pouvant atteindre par exemple 250 à 300 m³/s pour un débit de pointe à KHANGUET ZAZIA de l'ordre de 400 m³/s (exemple de la crue du 8/9/79).

4.2 Durée de transfert de l'onde de crue

Une comparaison graphique des valeurs de T_1 et de T_2 (voir figure 10) montre que pour 23 crues observées aux deux stations il n'y a que 4 valeurs de T_1 supérieures à celle de T_2 . Cela signifie qu'en général le temps de montée augmente en cours de trajet, cette augmentation pouvant être estimée à 1h 45 en moyenne.

Quant aux durées de propagation des pointes de crues, d'après les données recueillies, elles varient entre 9 heures et 31 heures avec 90 % des valeurs comprises entre 10 et 28 heures.

Comparaison des temps de base des crues à KHANGUET ZAZIA et BLED LASSOUED

tb (NE)
(Heures)

30

20

10

0

24/9/75
(+)

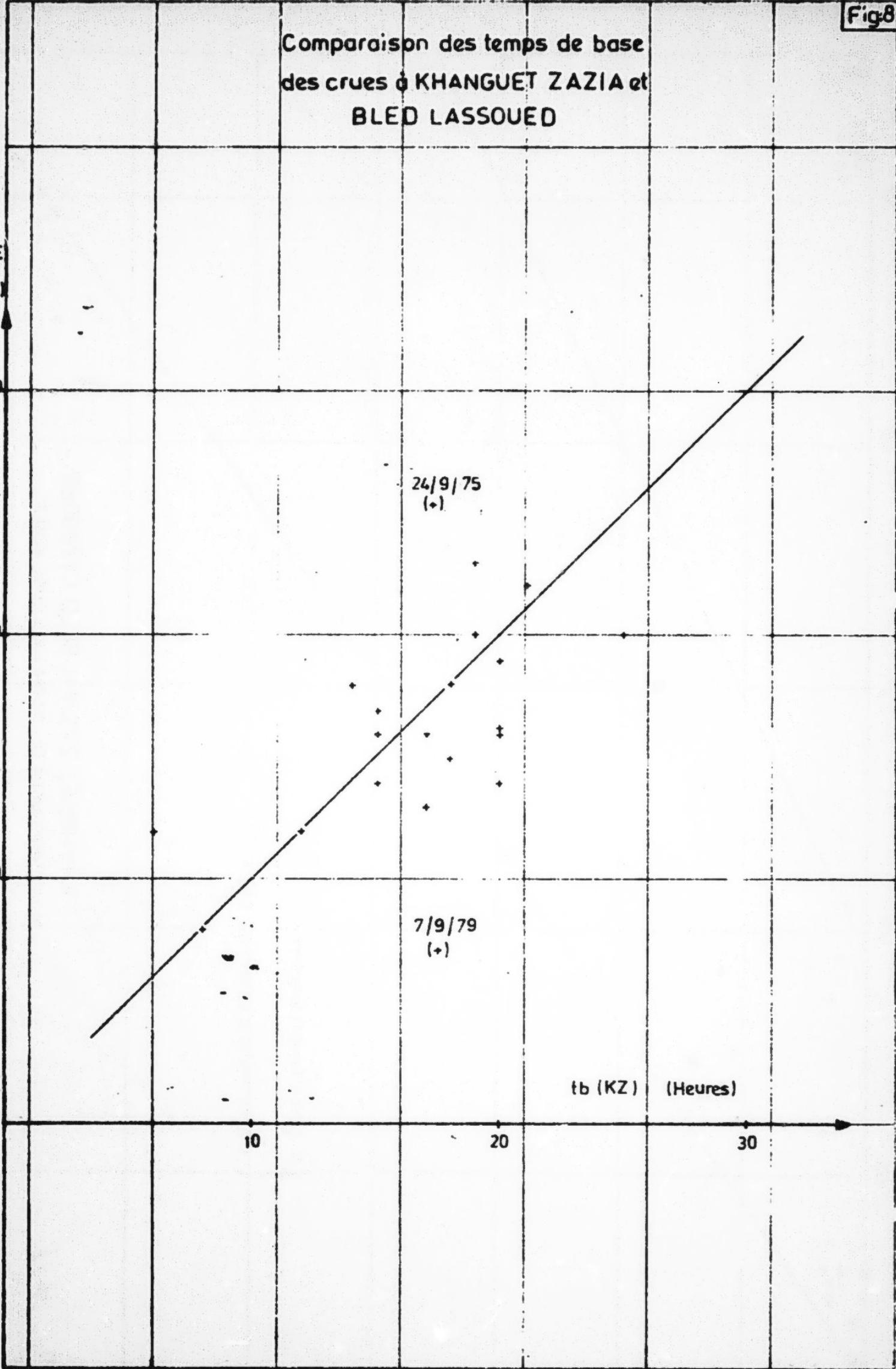
7/9/79
(+)

tb (KZ) (Heures)

10

20

30



Q x NE
(m³/s)

Amortissement du débit maximal entre
KHANGUET ZAZIA et BLED LASSOUED

Q x Z
(m³/s)

+ Crue simple à KHANGUET ZAZIA

⊙ Crue à pointes multiples

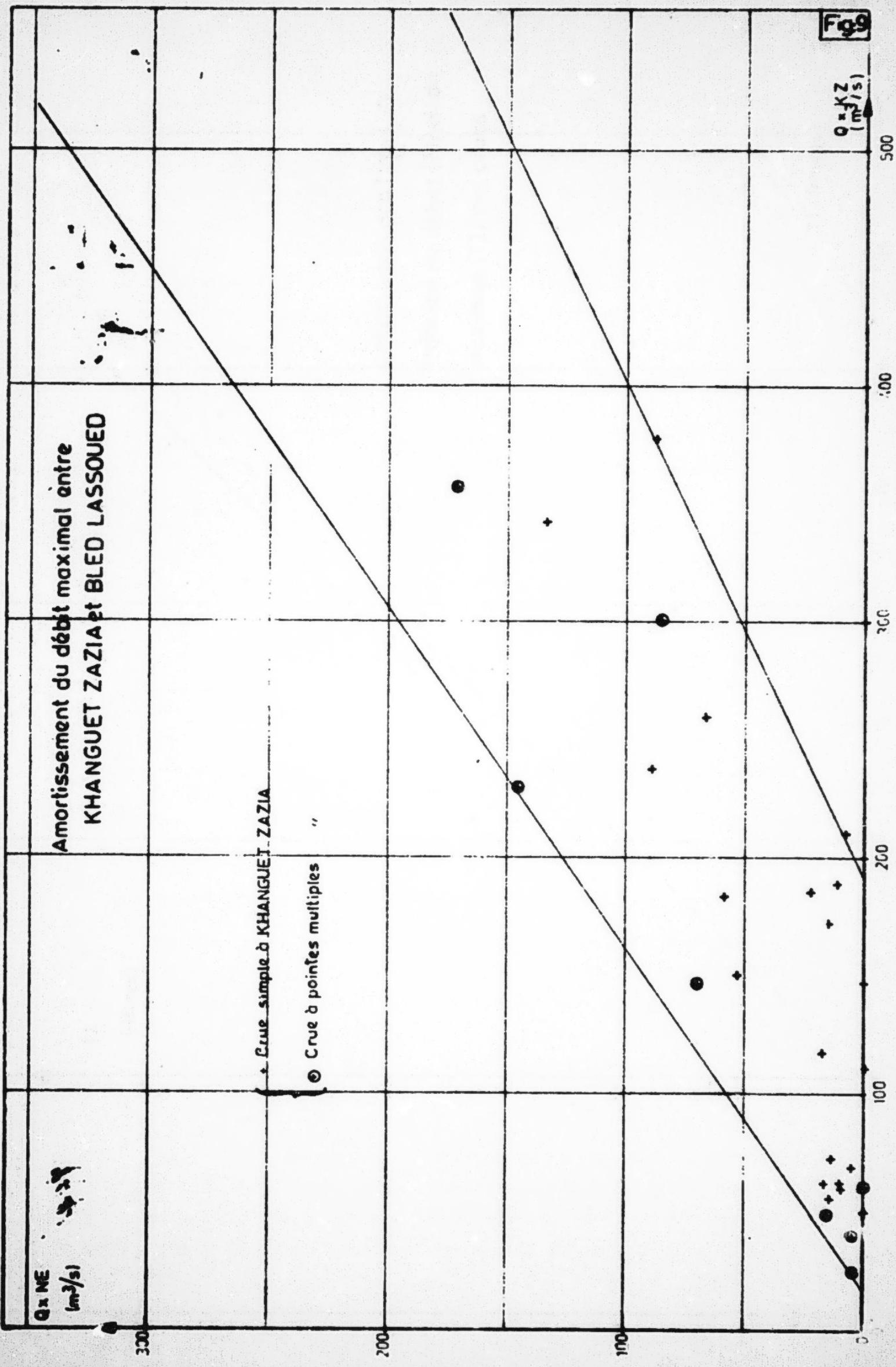
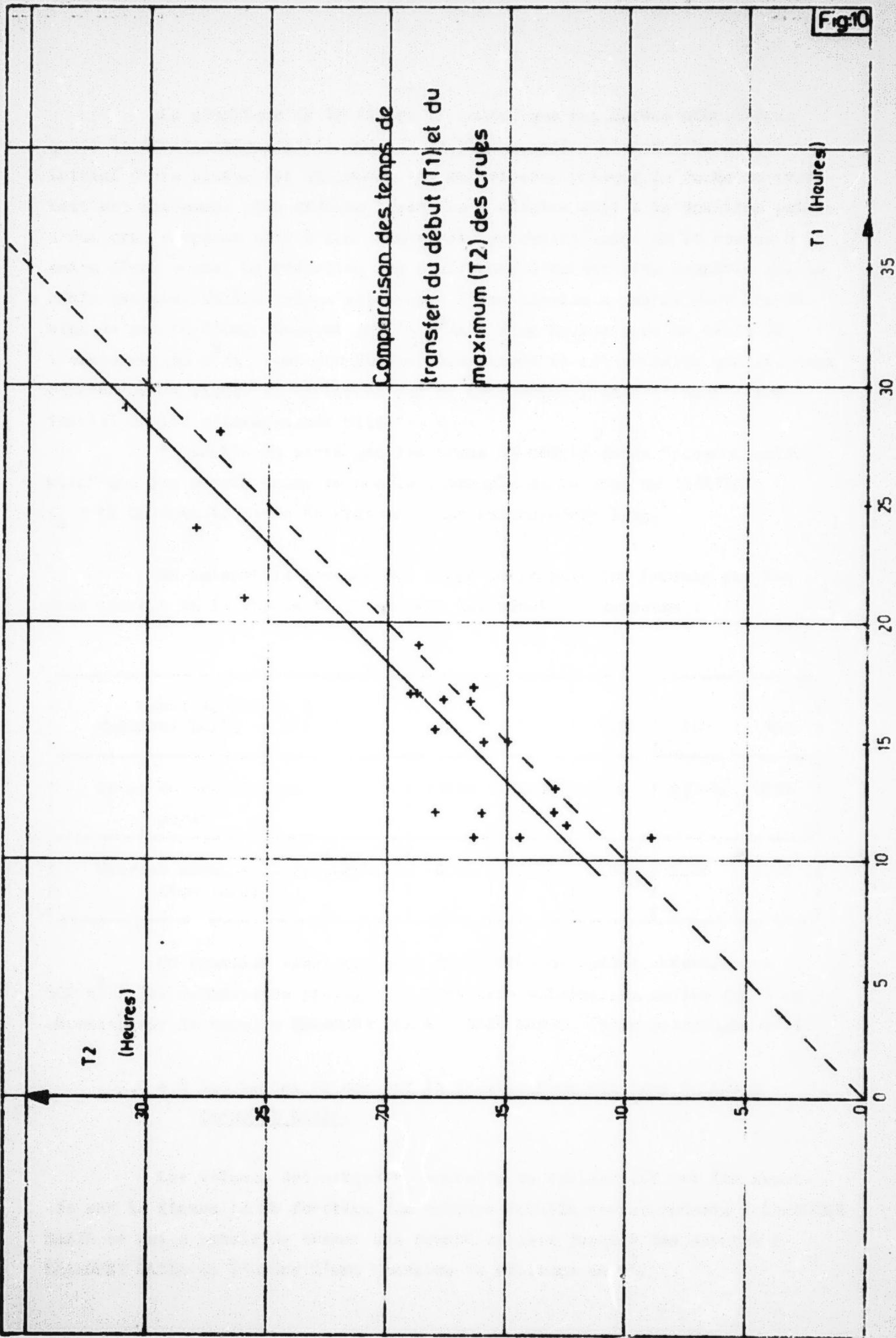


Fig.10



Le graphique de la figure 11 montre que ces durées décroissent quand le débit maximum à l'entrée de la plaine croît. L'état d'humectation initial de la plaine est également mis en évidence puisque la durée du transfert est nettement plus réduite lorsqu'on a affaire soit à la deuxième pointe d'une crue complexe soit à une crue simple survenant moins de 24 heures à la suite d'une autre. La réduction est d'ailleurs d'autant plus sensible que le débit est plus faible puisqu'elle passe d'une dizaine d'heures pour les débits de pointe d'une cinquantaine de m^3/s à deux heures pour un débit de l'ordre de $350 m^3/s$. Pour des débits plus élevés il est probable que les deux courbes de la figure 11 finissent par se confondre, l'état d'humectation initial du lit n'intervenant plus.

Il semble en outre que les crues de courte durée "passent moins bien" que les autres comme le montre l'exemple de la crue du 25/6/76 ($t_p = 6H 00$) dont le temps de transfert est anormalement long.

En faisant la moyenne des temps de propagation fournis par les deux courbes de la figure 11 on obtient les résultats suivants :

| Débit de pointe à KHANGUET ZAZIA (m^3/s) | 30 | 50 | 100 | 250 | 500 |
|--|-------|-------|-------|-------|------|
| Temps de propagation moyen | 25H10 | 22H00 | 17H40 | 13H00 | 9H50 |
| Vitesse moyenne de propagation (m/s) | 0,66 | 0,76 | 0,94 | 1,20 | 1,69 |

On constate ainsi que pour des débits de pointe inférieurs à $500 m^3/s$ les vitesses de propagation sont très voisines de celles que l'on obtenait sur le tronçon KHANGUET ZAZIA - OUED HADJEL (voir paragraphe 3-1).

4.3 Les pertes en eau sur le tronçon pour une crue donnée à KHANGUET ZAZIA.

Les volumes des pertes V_p extraits du tableau III ont été reportés sur la figure 12 en fonction des volumes écoulés correspondants à KHANGUET ZAZIA ce qui a permis de tracer une courbe valable jusqu'à des apports à KHANGUET ZAZIA de l'ordre d'une douzaine de millions de m^3 .

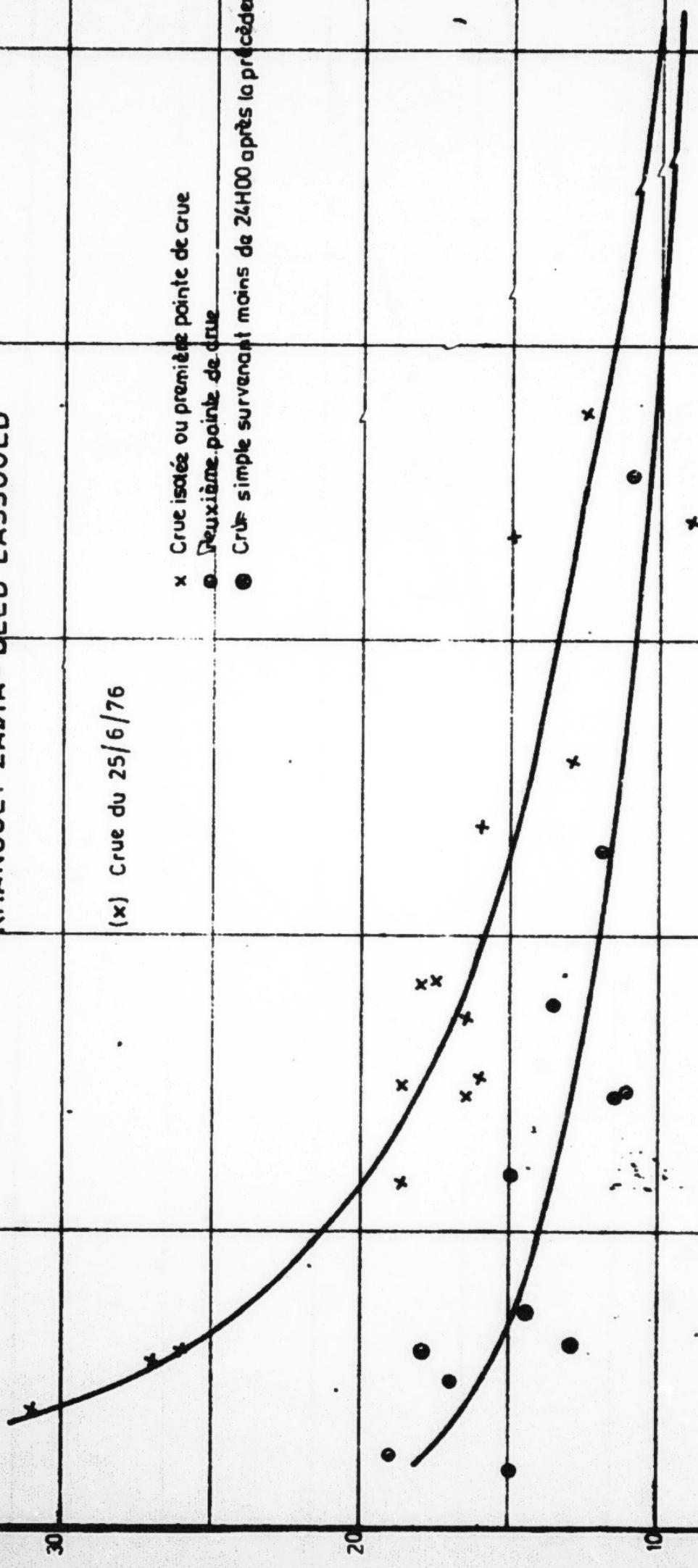
Temps de transfert des crues sur le tronçon KHANGUET ZAZIA - BLEED LASSOED

(x) Crue du 25/6/76

- x Crue isolée ou première pointe de crue
- o Deuxième pointe de crue
- Crue simple survenant moins de 24H00 après la précédente

T₂ (Heures)

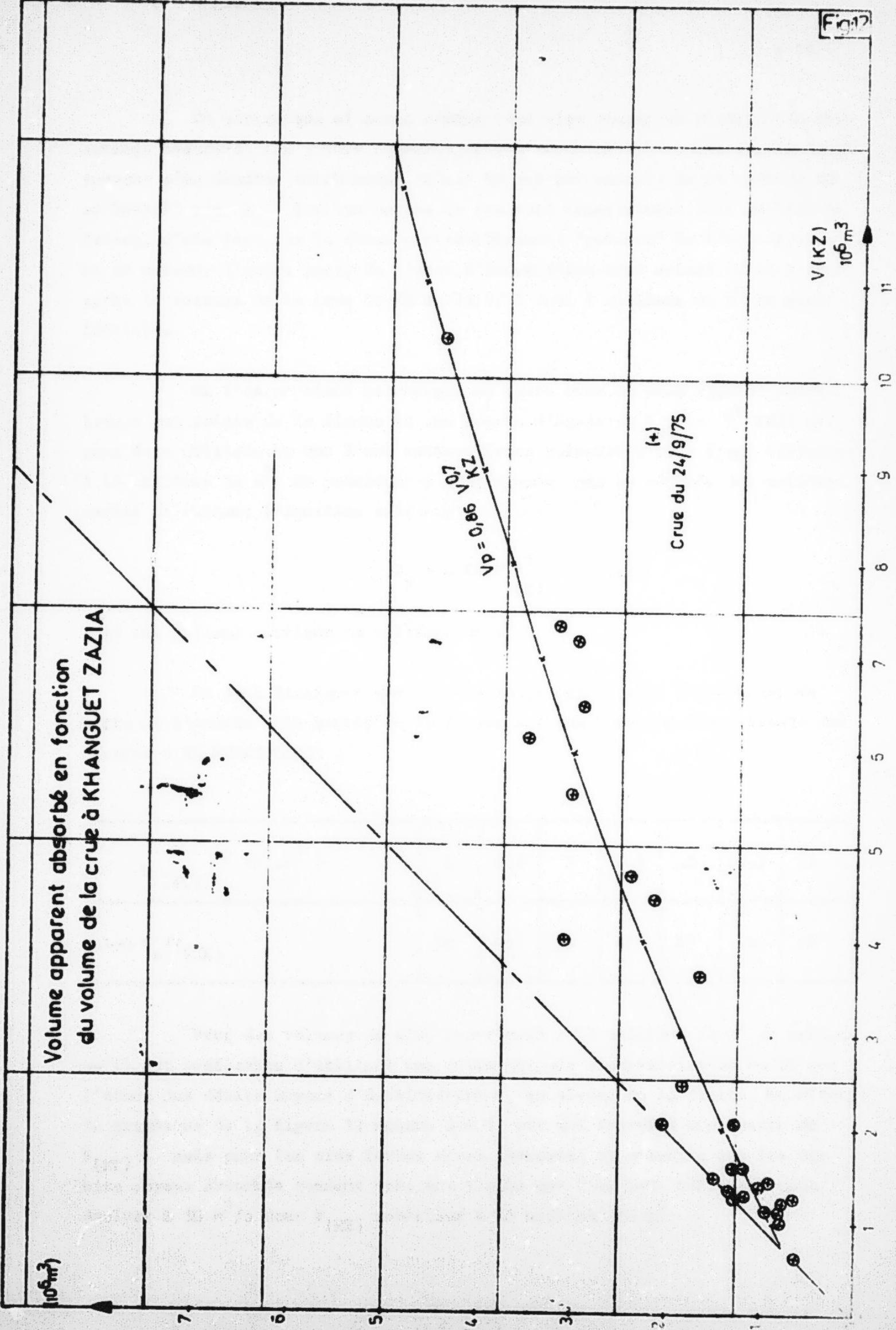
Q_x (K.Z)
(m³/s)



100 200 300 400

Fig 12

Volume apparent absorbé en fonction
du volume de la crue à KHANGUET ZAZIA



On notera que si cette courbe rend bien compte en général des phénomènes observés, les points correspondant à certains événements particuliers peuvent s'en écarter notablement. C'est le cas par exemple de la crue du 24 au 26/9/75 pour laquelle les pertes en eau sont relativement très faibles en raison, d'une part, de la forme particulièrement "pointue" de l'hydrogramme et en raison, d'autre part, de l'état d'humectation très accusé de la plaine après le passage de la crue du 22 au 23/9/75 dont 3 millions de m³ se sont infiltrés.

Si l'on ne tient pas compte de cette crue on peut ajuster valablement aux points de la figure 12 une courbe d'équation $V_p = a \cdot V^{0,7} (KZ)$ qui peut être utilisée en vue d'une extrapolation raisonnable pour $V(KZ)$ inférieur à 15 millions de m³. En procédant à l'ajustement par la méthode des moindres carrés on obtient l'équation suivante :

$$V_p = 0,86 V^{0,7} (KZ) \quad (1)$$

avec des volumes exprimés en millions de m³.

On peut remarquer que d'après cette relation le pourcentage de perte de l'entrée à la sortie de la plaine est une fonction décroissante des apports à KHANGUET ZAZIA :

| | | | | | | | |
|---------------------------------|----|-----|----|-----|----|------|----|
| $V (KZ) \quad (10^6 \cdot m^3)$ | 1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 12,5 | 15 |
| $100 V_p / V (KZ)$ | 86 | 65 | 53 | 47 | 43 | 40 | 38 |

Pour des volumes de crue supérieurs à 15 millions de m³ on estime qu'il est préférable d'utiliser une autre méthode d'extrapolation basée sur l'étude des débits moyens d'infiltration Q_p au niveau de la plaine. En effet, le graphique de la figure 13 montre que Q_p est une fonction croissante de $V(KZ)$ mais pour les plus fortes crues observées on constate que les débits moyens absorbés tendent vers une limite que l'on peut raisonnablement évaluer à 50 m³/s pour $V(KZ)$ supérieur à 15 millions de m³.

Débit moyen absorbé en fonction du volume
de la crue à KHANGUET-ZAZIA

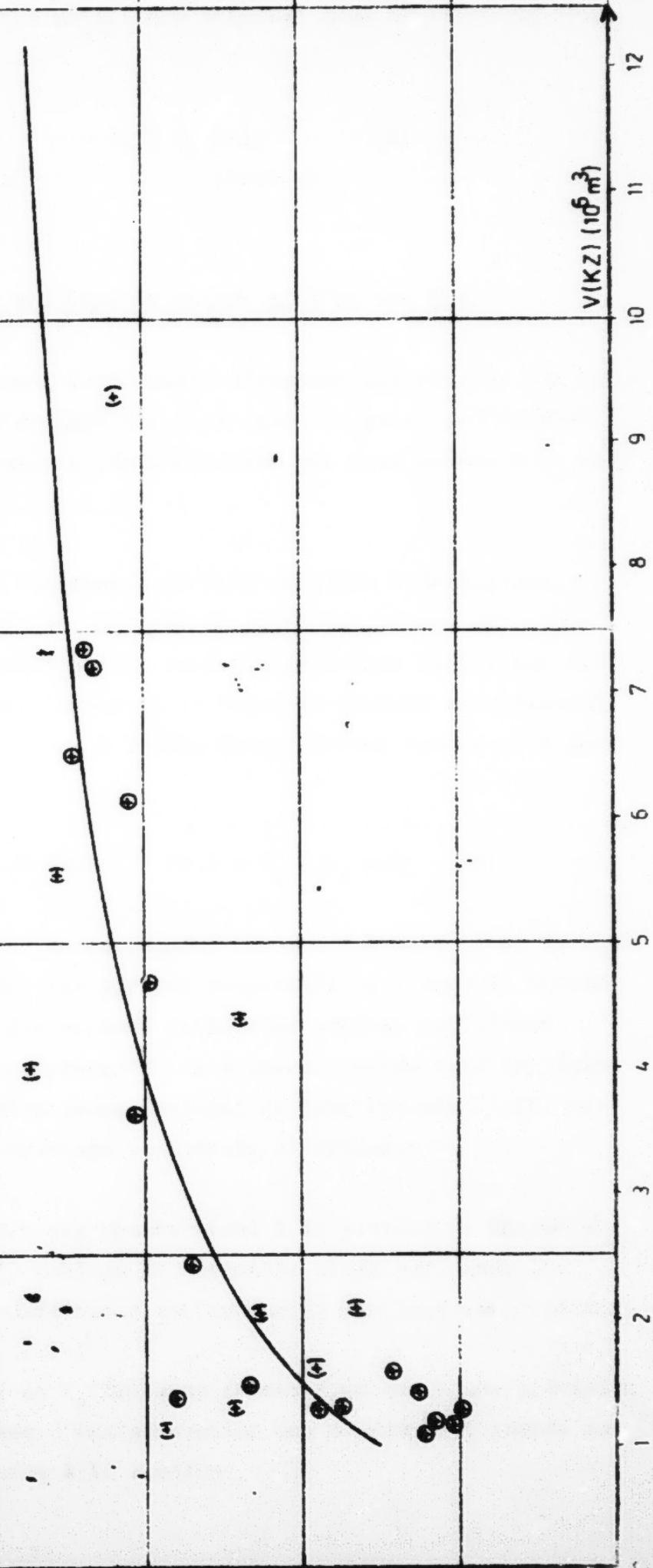


Fig. 13

Si l'on exprime le temps de base t_b (KZ) en heures et les volumes absorbés V_p en millions de m^3 , la relation à utiliser dans ce cas s'exprime simplement par :

$$\begin{matrix} V_p & = & 0,18 t_b & \text{(KZ)} & (2) \\ (10.6 \text{ m}^3) & & & \text{(heures)} & \end{matrix}$$

V RECONSTITUTION DES PERTES EN EAU DANS LA PLAINE DE SIDI BOU ZID.

Il est particulièrement intéressant d'évaluer les volumes qui s'infiltrant dans la plaine afin d'obtenir une estimation du gain qu'entraînerait la construction d'un ouvrage de régularisation des eaux de crues au site de KHANGUET ZAZIA.

A cet effet on peut chercher à établir un bilan hydrologique approché de la plaine de SIDI BOU ZID. Si l'on ne tient pas compte des apports directs par la pluie, en admettant qu'ils sont intégralement repris par évapotranspiration avant d'atteindre la nappe, le bilan se traduit sommairement pendant un intervalle de temps donné à l'aide de six termes connus avec plus ou moins de précision :

$$V_c \text{ (KZ)} + V_B \text{ (KZ)} + V \text{ (HC)} + V \text{ (HL)} - V_S - V_I = 0 \quad (3)$$

V_c (KZ) et V_B (KZ) représentent respectivement les volumes de crue et de base de l'oued HATAB, V (HC) et V (HL) les apports respectifs de l'oued EL HACHIM et de l'oued EL HALLOUF et V_S les volumes drainés en surface par l'oued NEGADA. Quant au terme V_I , il représente les volumes stockés dans la plaine au niveau du réseau hydrographique sans préjuger de leur devenir, infiltration, reprise évaporatoire ou drainage souterrain ultérieur.

Pour toute la période des observations à la station de KHANGUET ZAZIA, de 1957-58 à 1979-80, le tableau IV rassemble année par année les résultats d'évaluation de ces différents termes établis de la façon suivante :

- Les termes V_c (KZ) et V_B (KZ) sont connus avec une bonne précision puisqu'ils résultent directement d'une séparation des écoulements opérée sur les volumes totaux V_T (KZ) mesurés à la station

- La différence $V_c(KZ) - V_S$ n'est autre que le terme V_p défini au paragraphe précédent et qui peut être déterminé facilement pour une crue donnée par les relations (1) ou (2) dans le cas d'un volume $V_c(KZ)$ supérieur à 0,7 million de m^3 . Lorsque $V_c(KZ)$ est inférieur à cette valeur seuil, on considère que $V_S = 0$ (absorption totale). Le calcul de V_p a été effectué systématiquement pour toutes les crues observées à KHANGUET ZAZIA et les résultats cumulés à l'échelle de l'année.

- Les apports de l'oued EL HACHIM peuvent être également estimés sur la base des données recueillies à la station du barrage en admettant, comme le montre le graphique de la figure 14, que ces apports sont proportionnels aux apports de crue de l'oued HATAB à l'échelle de l'année ($V_{HA} = 0,142 V_{KZ}$). Cependant, dans l'hypothèse d'un bon fonctionnement des ouvrages de dérivation du barrage, d'après les conclusions de l'étude de cette station, le tiers seulement des apports de l'oued parviennent jusqu'à la plaine, ce qui ramène à 4,7 % la valeur du coefficient de proportionnalité.

- L'évaluation des apports de l'oued EL HALLOUF est bien plus délicate et imprécise car on ne dispose d'aucune donnée d'observation. On peut toutefois estimer qu'en raison d'un relief très peu marqué et d'une pluviométrie moyenne très faible les apports moyens interannuels correspondent à une lame ruisselée d'environ 3 mm, ce qui représente un volume de 2 millions de m^3 . Ce volume réparti annuellement proportionnellement aux valeurs de $V_c(KZ)$ représente 6% des apports de ruissellements de l'oued HATAB.

Les moyennes des différents termes ont été effectuées sur 22 ans sans tenir compte de l'année 1969-70 pour laquelle de nombreuses données sont trop imprécises. Ces moyennes sont récapitulées en dernière ligne du tableau IV et permettent de calculer la part des apports de l'oued HATAB à KHANGUET ZAZIA qui se perdent dans la plaine : les volumes de crues perdus peuvent être évalués à 18,1 millions de m^3 , soit 53,6 % du ruissellement et si l'on ajoute les 8,8 millions de m^3 correspondant au débit de base on obtient une perte totale de 26,9 millions de m^3 , soit 63 % des apports totaux. On retiendra par ailleurs que le volume total interannuel V_I susceptible de s'infiltrer en conditions naturelles est de 30,6 millions de m^3 alors que l'infiltration V_I dans l'hypothèse d'un coefficient de régularisation égal à 1 pourrait être de 46,3 millions de m^3 , soit un gain moyen V_S/V_I de 51 % après construction d'un barrage.

Relation entre les volumes ruisselés
annuels de l'oued EL HACHIM(VHA)
et ceux de l'oued HATAB à
KHANGUET ZAZIA (VKZ)

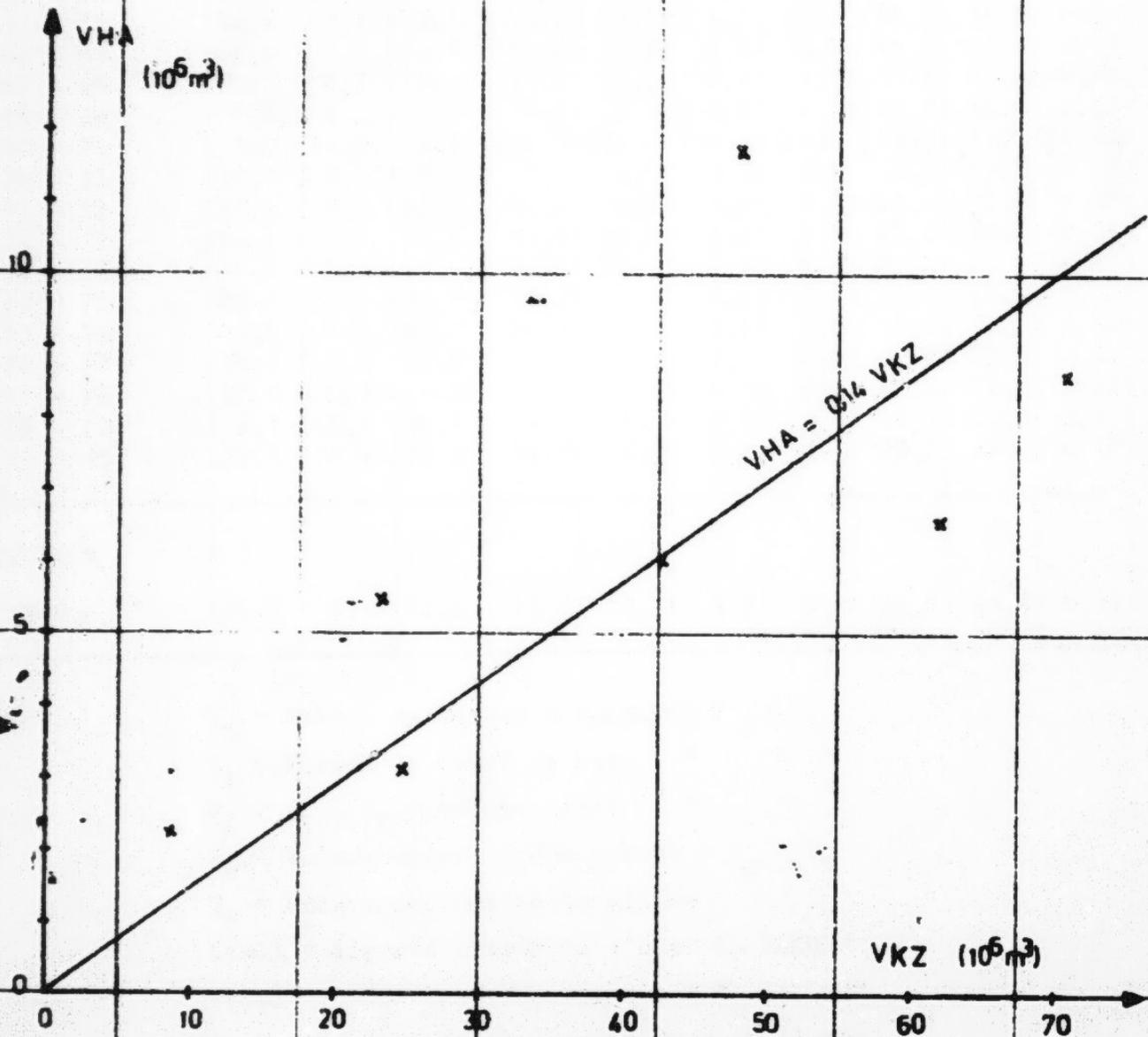


Tableau IV - Bilan hydrologique sommaire de la plaine de SIDI BOU ZID
(Volumes exprimés en millions de m³)

| Année | V _C | V _B | V _T | V _P | V _S | V(HC) | V(HL) | V _I | V' _I | V _S /V _I |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|----------------|-----------------|--------------------------------|
| | (KZ) | (KZ) | | | | 3 | | | | |
| 1957 - 58 | 166,6 | 7,9 | 174,5 | 20,0 | 46,6 | 3,2 | 4,0 | 35,1 | 81,7 | 1,33 |
| 58 - 59 | 156,7 | 6,9 | 163,6 | 29,7 | 27,0 | 2,7 | 3,4 | 42,7 | 69,7 | 0,63 |
| 59 - 60 | 129,5 | 6,5 | 136,0 | 18,2 | 11,3 | 1,4 | 1,8 | 27,9 | 39,2 | 0,40 |
| 60 - 61 | 113,1 | 5,8 | 118,9 | 9,4 | 3,7 | 0,6 | 0,8 | 16,6 | 20,9 | 0,22 |
| 61 - 62 | 117,1 | 4,6 | 121,7 | 10,7 | 6,9 | 0,8 | 1,0 | 16,6 | 23,5 | 0,42 |
| 62 - 63 | 123,4 | 5,8 | 129,2 | 16,6 | 6,8 | 1,8 | 1,4 | 25,6 | 32,4 | 0,27 |
| 63 - 64 | 148,4 | 11,8 | 160,2 | 28,1 | 20,3 | 3,9 | 2,9 | 46,7 | 67,0 | 0,43 |
| 64 - 65 | 142,7 | 12,0 | 154,7 | 17,7 | 25,0 | 2,0 | 2,6 | 34,3 | 59,3 | 0,72 |
| 65 - 66 | 124,8 | 8,7 | 133,5 | 16,7 | 8,1 | 1,1 | 1,5 | 28,0 | 36,1 | 0,29 |
| 66 - 67 | 162,0 | 8,5 | 170,5 | 31,8 | 30,2 | 2,2 | 3,7 | 46,2 | 76,4 | 0,65 |
| 67 - 68 | 170,7 | 8,7 | 179,5 | 37,1 | 33,6 | 2,9 | 4,2 | 53,0 | 86,6 | 0,63 |
| 68 - 69 | 18,6 | 6,5 | 115,1 | 6,7 | 1,9 | 0,8 | 0,5 | 14,5 | 16,4 | 0,33 |
| 69 - 70 | 310 | 13,0 | 323 | (90,0) | (220) | (70,2) | (20) | (193) | (413) | (1,14) |
| 70 - 71 | 110,0 | 8,1 | 118,1 | 7,5 | 2,5 | 0,5 | 0,6 | 16,7 | 19,2 | 0,15 |
| 71 - 72 | 122,1 | 9,0 | 131,1 | 12,7 | 9,4 | 1,0 | 1,3 | 24,0 | 33,4 | 0,39 |
| 72 - 73 | 164,9 | 9,7 | 174,6 | 31,9 | 33,0 | 3,1 | 3,9 | 48,6 | 81,6 | 0,68 |
| 73 - 74 | 154,5 | 8,9 | 163,4 | 26,4 | 28,1 | 2,6 | 3,3 | 41,2 | 69,3 | 0,68 |
| 74 - 75 | 129,0 | 10,2 | 139,2 | 19,3 | 9,6 | 1,4 | 1,7 | 32,7 | 42,3 | 0,29 |
| 75 - 76 | 143,6 | 8,9 | 152,5 | 24,4 | 19,2 | 2,1 | 2,6 | 38,0 | 57,2 | 0,50 |
| 76 - 77 | 114,1 | 9,8 | 123,8 | 6,8 | 7,3 | 0,7 | 0,8 | 18,0 | 25,3 | 0,41 |
| 77 - 78 | 110,0 | 10,9 | 120,9 | 7,6 | 2,4 | 0,5 | 0,6 | 19,6 | 22,0 | 0,12 |
| 78 - 79 | 9,2 | 11,3 | 20,6 | 6,1 | 3,1 | 0,4 | 0,6 | 18,5 | 21,6 | 0,17 |
| 79 - 80 | 123,1 | 12,4 | 135,5 | 14,8 | 8,3 | 1,1 | 1,4 | 29,7 | 38,0 | 0,28 |
| Moyennes | | | | | | | | | | |
| Sans 1969 - 70 | 133,8 | 8,8 | 142,6 | 18,2 | 15,7 | 1,7 | 2,0 | 30,6 | 46,3 | 0,51 |

V_C = Volume des crues à KHANGUET ZAZIA

V_B = Volume du débit de base " "

V_I = V_C + V_B = Volume total " "

V_P = Volume apparent des pertes = V_C - V_S

V_S = Volume sortant de la plaine

V(HC) = Apports totaux de l'oued EL HACHIM

V(HL) = " " de l'oued EL HALLOUF

V_I = Volume total absorbé dans la plaine

V'_I = V_I + V_S

Ces conclusions partielles doivent toutefois être nuancées en fonction des remarques suivantes :

1°) Un ouvrage de régularisation au site de KHANGUET ZAZIA ne permettrait pas de récupérer la totalité du volume V_g sortant actuellement de la plaine puisqu'une part de ces volumes provient des oueds EL HALOUF et EL HACHIM. Pour un apport total de ces deux oueds estimé à 3,7 millions de m^3 il semble que l'on puisse estimer à 20 % soit $0,7.10^6 m^3$ la part des débits non absorbés, ce qui fait passer le gain en volume pour la recharge de la valeur $15,7.10^6 m^3$ à la valeur $15.10^6 m^3$.

2°) Le volume moyen des apports rejoignant la nappe en conditions naturelles d'alimentation n'est qu'une fraction du volume V_I de 30,6 millions de m^3 calculé ci-dessus. En effet, un bon nombre de fortes crues vont actuellement remplir des zones d'inondation dans lesquelles les eaux séjournent suffisamment longtemps pour qu'une part appréciable en soit reprise par évaporation. Cette perte qui demanderait cependant à être précisée a été évaluée en moyenne à 10 millions de m^3 annuels dans un rapport D.R.F de Mars 1980 cité en bibliographie. Elle pourrait être évitée ou du moins considérablement limitée dans l'éventualité d'une régularisation sans débordements ce qui entraînerait une amélioration globale de la recharge de $15 + 10 = 25$ millions de m^3 , soit un gain de $100 \times \frac{15 + 10}{306 - 10} = 121$ % par rapport aux conditions actuelles d'alimentation de la nappe.

3°) Le volume supplémentaire régularisé de 25 millions de m^3 est évalué dans l'hypothèse d'un suoch temporaire des crues ordinaires ne nécessitant pas un volume de retenue supérieur à 40 à 50 millions de m^3 . En effet, la plus forte crue observée sur les 22 années prises en compte dans les calculs était de $50.10^6 m^3$ (le 12/12/73) suivie en importance par la crue du 26/3/73 ($34.10^6 m^3$). En revanche, un aménagement de protection contre les inondations correspondant à une retenue de l'ordre de 300 millions de m^3 permettrait d'augmenter considérablement les possibilités de régularisation par le stockage de crues exceptionnelles comme celles de 1969.

**VI EFFET DE LA TRAVERSE DE LA PLAINE DE SIDI BOU ZID SUR LA
QUALITE DES EAUX DE CRUES.**

Parmi toutes les crues ayant traversé la plaine sans apports intermédiaires, il en existe deux pour lesquelles les mesures de qualité des eaux ont été faites en nombre suffisant pour permettre un calcul assez précis des salinités et turbidités moyennes aux deux stations de KHANGUET ZAZIA et de BLED LASSOUED. On donne ci-après les résultats obtenus :

| <u>Crue du 18/11/76</u> | à KHANGUET ZAZIA | à BLED LASSOUED |
|--|------------------|-----------------|
| Volume de la crue (10^6 m^3) | 10,4 | 5,98 |
| Salinité moyenne (g/l) | 1,75 | 2,0 |
| Apport en sel (10^3 T) | 18,2 | 12,0 |
| Taux de matières en suspension (g/l) | 44,0 | 48,9 |
| Transport solide (10^3 T) | 458 | 79 |
| <hr/> | | |
| <u>Crue du 15/4/79</u> | | |
| Volume (10^6 m^3) | 6,13 | 2,63 |
| Salinité (g/l) | 1,77 | 1,90 |
| Apport en sel (10^3 T) | 10,9 | 5,0 |
| Taux de matières en suspension (g/l) | 48,8 | 59,0 |
| Transport solide (10^3 T) | 299 | 155 |

6.1 Effet sur la salinité.

On constate dans les deux cas observés une tendance assez nette à l'augmentation de la concentration moyenne à la traversée de la plaine. Ceci peut s'expliquer par une remise en solution des dépôts de sel laissés en surface au cours de la reprise évaporatoire qui a succédé à la crue précédente. Il est probable que le phénomène se reproduit à chaque crue mais il est impossible de chiffrer son ampleur car celle-ci doit dépendre étroitement de la durée et de l'intensité de la reprise évaporatoire. Il est même possible à la limite que certaines crues voient leur salinité diminuer si un intervalle de temps très court les sépare de la crue précédente.

En effet, une grande partie des eaux les plus chargées en sel s'infiltrer au passage du début de la crue et il n'existe pas dans ce cas de dépôt superficiel à remettre en solution pour compenser cette perte. Cette dernière situation doit cependant survenir assez rarement et la salinité moyenne augmente très certainement dans le cas général.

6.2 Effets sur le transport solide en suspension.

Si l'on compare les tonnages solides totaux transportés aux deux stations on constate une perte importante à la traversée de la plaine pour les deux crues observés. Ces pertes sont de 166 milliers de tonnes pour le premier et de 144 pour la seconde, ce qui représente respectivement 36 % et 48 % des transports solides évalués au passage à KHANGUET ZAZIA. On peut donc conclure à un dépôt par sédimentation au niveau de la plaine. Mais on remarquera que le taux de matières en suspension ne diminue pas pour autant et qu'il aurait même plutôt tendance à augmenter. Ceci peut s'expliquer par le fait que les volumes transitant par la plaine correspondent à la pointe des hydrogrammes et donc aux concentrations les plus élevées. Les eaux qui s'écoulent dans le lit mineur conservent par conséquent un taux important de matières en suspension et la sédimentation ne s'opère que dans les zones de débordement où les vitesses deviennent très faibles.

Là encore, comme pour les problèmes de salinité, il n'est pas possible de sortir du domaine qualitatif dans le cadre de cette étude. On espère toutefois pouvoir apporter les solutions aux problèmes quantitatifs lorsqu'on disposera des résultats d'estimation des apports solides et en sel à la station de KHANGUET ZAZIA, ce qui permettra d'effectuer des bilans à l'échelle pluriannuelle entre cette station et celle de BLED LASSOUD.

BIBLIOGRAPHIE

- DRES - CRSTOM - Etude hydrologique préliminaire des oueds ZEROUUD et MERGUELIL (1975)

- R.KOASCHEL, - M.ZARROUK - Etude hydrogéologique préliminaire de la nappe phréatique de SIDI BOU ZID. D.R.E.S. (1976)

- G.GIRARD, - S.BOUZAIANE - Note préliminaire sur les pertes en eau entre la station hydrométrique de KHANGUET ZAZIA et celle de NEGADA. DRES - CRSTOM 1978

- S.BOUZAIANE - Les écoulements de la branche sud de l'oued ZEROUUD, transfert des eaux de l'oued HATAB à KHANGUET ZAZIA jusqu'à ZEROUUD à SIDI SAAD (D.R.E.S - 1979)

- A.LAFFORGUE - Note sur les données recueillies à la station hydrométrique de l'oued HADJEL PVF et leur utilisation pour une étude de propagation des crues sur l'oued HATAB (DRES - CRSTOM - 1980)

- S.BOUZAIANE - Note hydrologique sur l'oued HATAB à la station de barrage CHAMBI. (DRE, 1980)

- A.LAFFORGUE, A. GHORBEL - Note hydrologique sur l'oued EL HACHIM au niveau du barrage (DRES - CRSTOM 1981)

- A.LAFFORGUE - Etude hydrologique de l'oued NEGADA à BLED LASSOUED (DRES - CRSTOM 1981)

- S.BOUZAIANE - Etude hydrologique de l'oued HATAB à KHANGUET ZAZIA (DRES 1981).

FIN

41

VUES