

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Service hydrologique

REPUBLIQUE DU NIGER  
MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE RURALE  
Service du Génie Rural

# OBSERVATIONS ET MESURES HYDROLOGIQUES DANS LA VALLÉE DE L'IRHAZER WAN AGADÈS



## Rapport de la campagne 1967

par

P. CHAPERON  
Chargé de Recherches à l'O.R.S.T.O.M.

et  
A. LAFFORGUE  
Chargé de Recherches Stagiaire à l'O.R.S.T.O.M.

DÉCEMBRE 1967

79540

DS  
CHA

OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
OUTRE-MER

Service hydrologique

REPUBLIQUE DU NIGER

MINISTERE DE L'ECONOMIE RURALE

Service du Génie Rural

OBSERVATIONS ET MESURES HYDROLOGIQUES  
DANS LA VALLEE DE  
L'IRHAZER WAN AGADES

Rapport de la campagne 1967

par

P. CHAPERON

Chargé de Recherches  
de l'O.R.S.T.O.M.

A. LAFFORGUE

Chargé de Recherches Stagiaire  
de l'O.R.S.T.O.M.

Décembre 1967



D8  
CHA

20723728  
7959

- S O M M A I R E -

|                                                                                             | Page |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| - <u>INTRODUCTION</u>                                                                       | 1    |
| - <u>CHAPITRE I - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES et CLIMATOLOGIQUES DES BASSINS</u> | 2    |
| 1.1. - <u>Données géographiques</u>                                                         | 2    |
| 1.1.1. - Situation                                                                          | 2    |
| 1.1.2. - Géologie - Sols - Végétation                                                       | 2    |
| 1.1.3. - Relief - Hydrographie                                                              | 3    |
| 1.2. - <u>Données climatologiques</u>                                                       | 4    |
| 1.2.1. - Températures, évaporation, hygrométrie et vents                                    | 4    |
| 1.2.2. - Pluviométrie interannuelle                                                         | 6    |
| 1.2.2.1. - Pluviométrie annuelle                                                            | 6    |
| 1.2.2.2. - Distribution mensuelle                                                           | 7    |
| 1.2.2.3. - Hauteurs journalières                                                            | 8    |
| - <u>CHAPITRE II - EXPOSE SUR LA CAMPAGNE 1967</u>                                          | 9    |
| 2.1. - <u>Déroulement de la campagne</u>                                                    | 9    |
| 2.2. - <u>Equipement pluviométrique</u>                                                     | 10   |
| 2.3. - <u>Equipement hydrologique</u>                                                       | 11   |

|                                                        | Page |
|--------------------------------------------------------|------|
| - <u>CHAPITRE III - ETUDE DE LA PLUVIOMETRIE</u>       | 12   |
| 3.1. - <u>Pluviométrie sur les bassins étudiés</u>     | 12   |
| 3.1.1. - Année 1966                                    | 12   |
| 3.1.2. - Année 1967                                    | 13   |
| 3.2. - <u>Classement des pluviométries annuelles</u>   | 17   |
| 3.3. - <u>Etude des intensités</u>                     | 19   |
| - <u>CHAPITRE IV - OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES</u>     | 20   |
| 4.1. - <u>Station S<sub>I</sub> (Vallée de TOROUF)</u> | 20   |
| 4.1.1. - Etalonnage de la station                      | 20   |
| 4.1.2. - Enregistrement des crues                      | 20   |
| 4.1.3. - Résultats                                     | 21   |
| 4.2. - <u>Station S<sub>II</sub> (TIGERWIT)</u>        | 21   |
| 4.2.1. - Etalonnage de la station                      | 21   |
| 4.2.2. - Enregistrement des crues et résultats         | 23   |
| - <u>CHAPITRE V - TRANSPORTS SOLIDES EN SUSPENSION</u> | 26   |
| 5.1. - <u>Généralités</u>                              | 26   |
| 5.2. - <u>Transport solide en S<sub>II</sub></u>       | 26   |
| 5.3. - <u>Transport solide en S<sub>I</sub></u>        | 28   |

|                                                                     | Page |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| - <u>CHAPITRE VI - SYNTHESE DES RESULTATS</u>                       | 29   |
| 6.1. - <u>Ecoulement annuel</u>                                     | 29   |
| 6.1.1. - Bassin de TOROUF                                           | 29   |
| 6.1.2. - Bassin de TIGERWIT                                         | 30   |
| 6.2. - <u>Crues</u>                                                 | 31   |
| 6.3. - <u>Conclusions</u>                                           | 31   |
| - <u>ANNEXES</u>                                                    |      |
| - A HYETOGRAMMES DES PRINCIPALES AVERSES<br>OBSERVEES EN SI et SII. |      |
| - B HYDROGRAMME 1967 de l'IRHAZER I.                                |      |
| - C HYDROGRAMME 1967 de l'IRHAZER II.                               |      |

Le service du Génie Rural de la République du Niger examinant les possibilités de retenues artificielles dans la région de l'IRHAZER, à la demande du Ministère des Affaires Sahariennes et Nomades, une étude hydrologique a été exécutée en 1967 par la Mission O.R.S.T.O.M. au Niger sur deux sites de retenue.

Les deux bassins correspondants (IRHAZER I et IRHAZER II) avaient déjà été étudiés dans une première campagne lancée en 1966 et effectuée par M. BOUCHARD du Génie Rural. Sur le bassin de l'IRHAZER II avaient été obtenus des résultats favorables, encourageant la poursuite des études.

Le programme de 1967 était donc axé principalement sur l'IRHAZER II et comportait les points suivants :

- Etude de la pluviométrie sur les bassins drainés.
- Mesure des débits aux exutoires des deux bassins et évaluation des apports annuels.
- Mesures de turbidité et évaluation des transports solides en suspension.

L'ingénieur hydrologue, chargé des études, M. A. LAFFORGUE, a été présent sur le terrain du 22 Juillet au 17 Septembre 1967, ce qui lui a permis de contrôler la totalité des écoulements de la saison des pluies. Il était assisté de trois aides hydrologues.

Le présent rapport donne les résultats de la campagne 1967.

- CHAPITRE I -

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES  
PHYSIQUES ET CLIMATOLOGIQUES DES BASSINS

1.1.- Données géographiques

1.1.1. - Situation

Les emplacements choisis par le Génie Rural pour y établir des retenues d'eau sont situés à une vingtaine de kilomètres au Sud du puits d'ASSAOUAS, sur la piste d'AGADES à IN GALL (Carte I).

Les coordonnées des deux sites sont les suivantes :

|                 | <u>Longitude Est</u> | <u>Latitude Nord</u> |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| S <sub>I</sub>  | 7° 31'               | 16° 44'              |
| S <sub>II</sub> | 7° 19'               | 16° 45'              |

Le site de S<sub>I</sub> contrôle la dépression de TOROUF qui collecte les eaux de koris issues du Sud de l'AÏR.

Le site S<sub>II</sub> contrôle la vallée de TIGERWIT qui réunit un certain nombre de koris descendant de la falaise de TIGIDIT au Sud (carte II).

Les deux branches se réunissent en aval de S<sub>I</sub> et, rejointes après la piste d'IN GALL par les eaux résiduelles du Kori TELLOUA, forment l'IRHAZER WAN AGADES qui se dirige vers le NW et se jette dans la vallée de l'AZAOUAK.

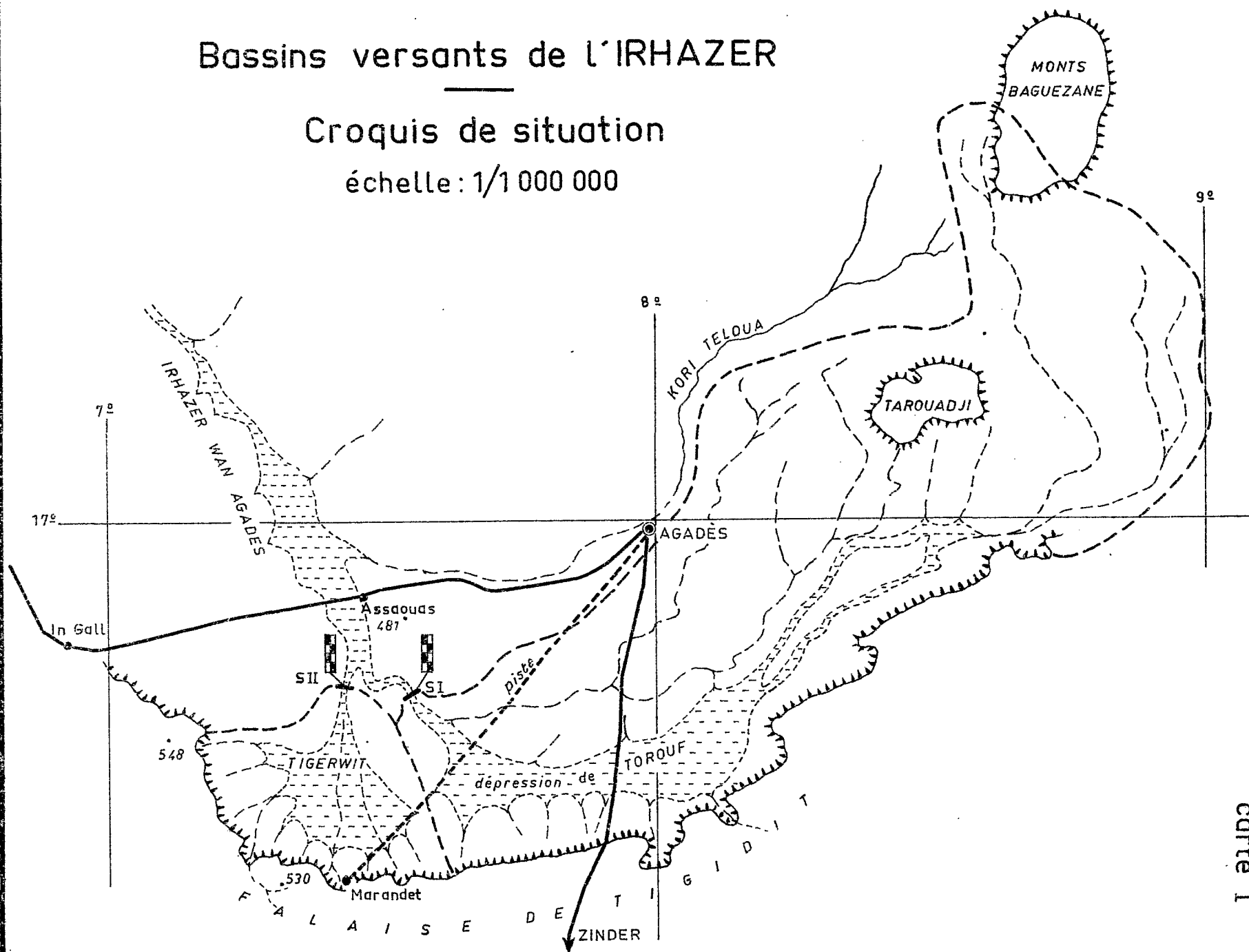
1.1.2. - Géologie - Sols - Végétation

La majeure partie de la dépression de TOROUF et du TIGERWIT est constituée par un ensemble d'argilites rouges, gréseuses ou marneuses, parfois silicifiées, qui forment le groupe des argilites de l'IRHAZER (Continental Intercalaire). Ces argilites reposent sur la série des grès d'AGADES qui réapparaissent parfois en affleurements (GREIGERT). Elles donnent des sols imperméables formant banco en saison des pluies.

# Bassins versants de l'IRHAZER

## Croquis de situation

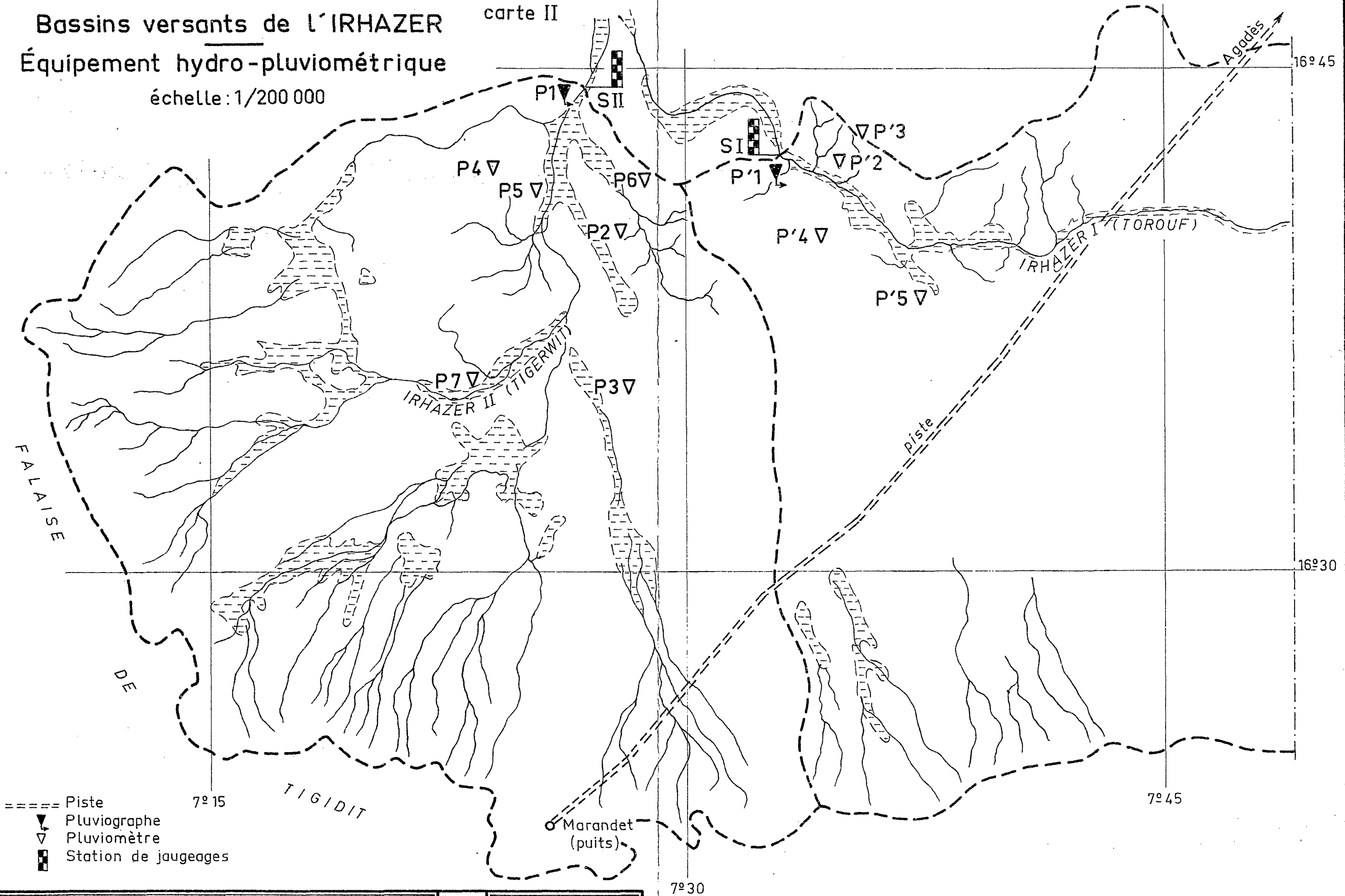
échelle: 1/1 000 000



Bassins versants de l'IRHAZER  
Équipement hydro-pluviométrique

échelle: 1/200 000

carte II



- ==== Piste
- ▼ Pluviographe
- ▽ Pluviomètre
- Station de jaugeages

Les plateaux sont pratiquement dénudés. Les terrasses alluvionnaires portent des épineux rares et des plaques d'herbes en saison des pluies. Les fonds de vallée et les zones inondables portent des massifs de callotropis qui freinent l'écoulement.

### 1.1.3. - Relief - Hydrographie

1.1.3.1. - La partie amont du bassin de TOROUF est caractérisée au Nord du 17ème parallèle par les reliefs accusés du massif de l'AÏR et l'hydrographie active qui en résulte. Les koris qui drainent les monts BAGUEZANE (ABARDAK, TOURAYET, etc...) sont rejoints sur leur rive droite par les koris issus du massif de TAROUADJI. Ces cours d'eau présentent des pentes notables et des lits bien marqués. A l'aval, au Sud-Ouest d'AGADES, commence la dépression de TOROUF caractérisée par une dégradation hydrographique (mares, débordements, etc...) qui va en s'accroissant jusqu'au site S<sub>I</sub>, 120 km plus loin.

Les pentes, mesurées d'après les points cotés sur un bras de la vallée de TOROUF, sont représentatives du profil en long de la dépression.

Successivement, de la piste de ZINDER-AGADES au site S<sub>I</sub>, nous avons :

|      |   |     |                             |
|------|---|-----|-----------------------------|
| 2    | ‰ | sur | 10 km                       |
| 1,8  | ‰ | sur | 11 km                       |
| 1,4  | ‰ | sur | 12 km                       |
| 0,11 | ‰ | sur | 9 km                        |
| 0,5  | ‰ | sur | les 28 derniers kilomètres. |

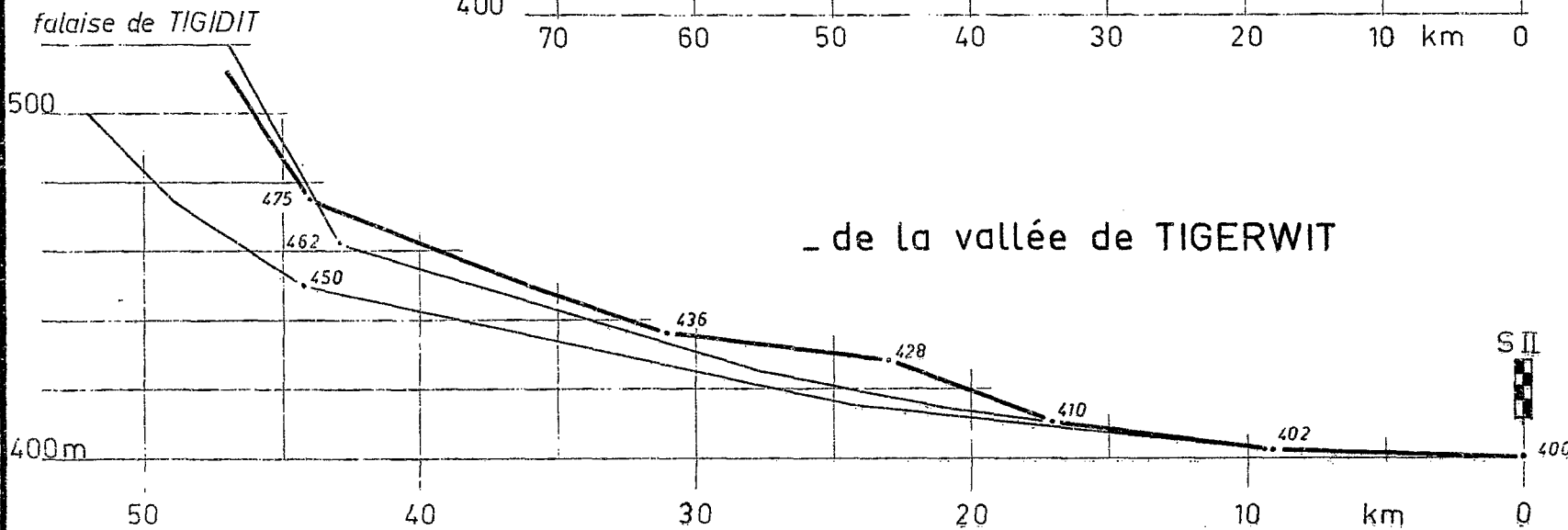
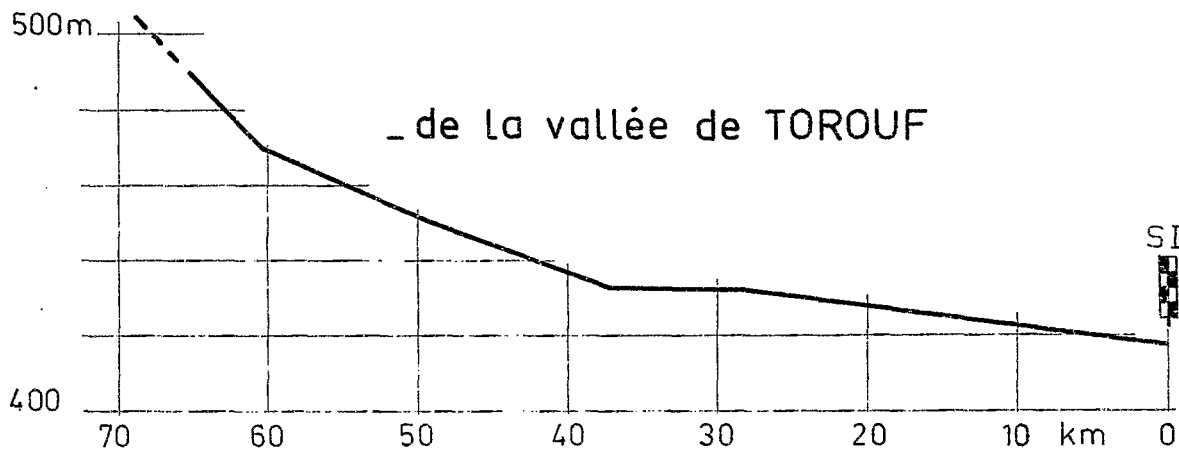
La superficie approximative du bassin du TOROUF est de 4 000 km<sup>2</sup>.

1.1.3.2. - Pour le TIGERWIT, les pentes des koris formateurs ne sont sensibles que sur quelques kilomètres (falaise de TIGIDIT). La dégradation hydrographique se manifeste très vite et une bonne partie des eaux collectées se perd dans des effluents et des mares.

Au site S<sub>II</sub>, le lit mineur, relativement peu profond et large d'une dizaine de mètres, est doublé par une large zone de débordements avec quelques chenaux secondaires.

# L'IRHAZER

## Profils en long



De la falaise de TIGIDIT à la station de contrôle, les pentes sont successivement :

8 à 15 ‰ pour les 3 ou 4 premiers kilomètres.  
1,5 à 3 ‰ pour les 10 à 15 suivants.  
1 ‰ sur 12 à 20 kilomètres.  
0,22 ‰ pour les 9 derniers kilomètres.

Ces pentes sont discontinues et rompues fréquemment par des zones sub-horizontales.

Le bassin, de forme assez compacte, a une superficie voisine de 1 300 km<sup>2</sup>. Ce dernier chiffre que nous conserverons dans la suite du présent rapport est défini par les limites topographiques du bassin. Celui de 800 km<sup>2</sup>, avancé dans le rapport 1966, peut toutefois être valable à condition d'exclure les régions du bassin où sévit un endoréisme total.

## 1.2.- Données climatologiques

La région de l'IRHAZER WAN AGADES est soumise au climat sahélien Nord. (régime sub-désertique des hydrologues) caractérisé par une courte saison des pluies (Juillet-Septembre) et une très longue saison sèche (Octobre à Juin).

Les observations recueillies à la station synoptique d'AGADES permettent d'approcher les caractéristiques climatiques de la région étudiée.

### 1.2.1. - Températures, évaporation, hydrométrie et vents

Le tableau suivant rassemble les données d'observation à la station d'AGADES (1953-1960) :

|             | J    | F    | M    | A    | M    | J    | J    | A    | S    | O    | N    | D    |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\bar{T}_x$ | 29,4 | 32,6 | 36,6 | 40,0 | 41,1 | 41,4 | 38,7 | 36,6 | 38,7 | 37,9 | 34,4 | 29,6 |
| $\bar{T}_n$ | 10,6 | 13,0 | 17,6 | 21,5 | 24,2 | 24,3 | 23,2 | 22,6 | 22,5 | 19,8 | 15,8 | 12,3 |
| $\bar{T}_m$ | 27,8 | 30,9 | 34,9 | 38,4 | 39,4 | 39,1 | 35,9 | 33,8 | 36,8 | 36,8 | 33,4 | 28,2 |
| V %         | 17   | 13   | 12   | 12   | 17   | 22   | 35   | 43   | 25   | 16   | 16   | 18   |
| E mm        | 8,7  | 10,6 | 11,8 | 13,7 | 13,0 | 11,2 | 7,8  | 5,5  | 8,6  | 11,4 | 10,3 | 9,0  |

$\bar{T}_x$  moyenne des températures maximales journalières (en °C) ;

- $\overline{T}_n$  moyenne des températures minimales journalières (en °C).  
 $\overline{T}_m$  moyenne mensuelle des températures journalières à 12 h (en °C).  
V humidité relative - moyenne mensuelle à 12 h.  
E évaporation moyenne journalière (Piche).

L'évolution des températures diurnes est marquée par un maximum en Mai-Juin, en fin de saison sèche (41°) et un minimum en Décembre-Janvier (29° à 30°).

En Août, au coeur de la saison des pluies, on note un léger rafraîchissement (36,5°).

Les températures nocturnes sont maximales en Mai-Juin (24°) et minimales en Janvier (10,5°).

Les écarts sont maximaux en saison sèche (15 à 20°) et minimaux en saison des pluies (14° en Août) mais restent considérables toute l'année.

L'humidité relative est maximale en Août (79 % à 6 h, 43 % à 12 h, 50 % à 18 h) et minimale en Mars-Avril (25 % à 6 h, 12 % à 12 h, 16 % à 18 h).

L'évaporation (Piche), après son maximum d'Avril (13,7 mm/j) décroît régulièrement jusqu'en Août (5,5 mm/j) puis remonte jusqu'en Avril en marquant un fléchissement sensible en Décembre-Janvier. L'évaporation moyenne annuelle est de 3 694 mm (1953-1960). Cette moyenne, établie sur 8 ans est peut-être un peu faible.

Des mesures effectuées à IFEROUANE en 1959-1960, tout en donnant un total annuel nettement supérieur (4 426 mm), montrent que le rapport de l'évaporation sur bac Colorado à l'évaporation sur Piche est de 0,9 en moyenne.

D'autre part, les mesures effectuées par ORSTOM dans des climats comparables permettent d'évaluer à 0,7 le rapport "évaporation sur retenue" à "évaporation sur bac" (effet de micro-climat humide).

L'évaporation sur retenue (région d'AGADES) peut donc être évaluée à 2,10 m par an. Il est probable que, dans l'IRHAZER où les sites sont exposés au vent, l'évaporation annuelle soit proche de 2,50 m par an.

Dans l'Aïr, l'évaporation annuelle avait été évaluée à 2,60 m pour une très grande retenue et à 3 m pour une mare de faible superficie (Etudes d'écoulement dans le Massif de l'Aïr - R. LEFEVRE, ORSTOM 1961).

Les vents soufflent du quart NE en saison sèche (Harmattan). En Juin, la montée du F.I.T. renverse la direction des vents qui viennent du quart SW durant toute la saison des pluies.

### 1.2.2. - Pluviométrie interannuelle

La région étudiée est encadrée par les postes pluviométriques d'AGADES à l'Est (46 années d'observations) et d'IN GALL à l'Ouest (10 ans d'observations).

#### 1.2.2.1. - Pluviométrie annuelle

A AGADES, la pluviométrie moyenne interannuelle est de 167,5 mm.

A IN GALL, la moyenne interannuelle calculée sur 10 ans est de  $238 \text{ mm} \pm 36$ . La moyenne correspondante à AGADES est de 180 mm (P 10 ans AGADES = 1,07 P 42 AGADES). Le coefficient de corrélation IN GALL/AGADES étant de 0,555, une extension des données d'IN GALL n'a pas d'intérêt pratique. Cependant, la dernière décennie ayant une pluviométrie supérieure à la moyenne, il est permis d'estimer la moyenne interannuelle d'IN GALL à 226 mm.

Le tableau suivant rassemble les quantiles caractéristiques des deux stations :

| F       | 0,10  | 0,20 | 0,50 | 0,80 | 0,90  | $K_3$ |
|---------|-------|------|------|------|-------|-------|
| AGADES  | 245   | 214  | 164  | 122  | 103   | 2,38  |
| IN GALL | (310) | 270  | 215  | 180  | (140) | 2,22  |

Note : F fréquence au dépassement  
 $K_3$  coefficient d'irrégularité interannuelle  
 $K_3 = P \ 0,10 / P \ 0,90$

### 1.2.2.2. - Distribution mensuelle

Le tableau ci-dessous rassemble les valeurs moyennes et médianes de la pluviométrie et le nombre moyen de jours de pluie pour chaque mois aux deux stations :

#### AGADES :

|                 | J   | F   | M   | A   | M   | J   | J    | A    | S    | O   | N   | D   |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|
| Moyenne<br>(mm) | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 5,3 | 8,1 | 45,6 | 89,9 | 16,5 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| Médiane<br>(mm) | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 6   | 46   | 86   | 12   | 0   | 0   | 0   |
| N.J.P.          | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 1,4 | 2,9 | 6,5  | 10,5 | 2,8  | 0,2 | 0,0 | 0,0 |

#### IN GALL :

|                 | J   | F   | M   | A   | M   | J    | J    | A       | S    | O   | N   | D   |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|---------|------|-----|-----|-----|
| Moyenne<br>(mm) | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 1,7 | 4,8 | 13,2 | 62,2 | 120,7   | 29,4 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| Médiane<br>(mm) | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 9    | 72   | 101/143 | 34   | 0   | 0   | 0   |
| N.J.P.          | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 1,3 | 2,1  | 7,2  | 9,4     | 2,6  | 0,2 | 0,0 | 0,0 |

La répartition mensuelle des pluies : 90 % en Juillet-Août-Sep-tembre, 80 % en Juillet-Août, 52 à 54 % en Août, est caractéristique du climat subdésertique.

### 1.2.2.3. - Hauteurs journalières

Les effectifs au dépassement par tranches de 10 mm sont donnés dans le tableau suivant :

| Hauteur de pluie<br>supérieure à :<br>(mm) | AGADES * | IN GALL |
|--------------------------------------------|----------|---------|
| 0                                          | 24,9     | 22,9    |
| 10                                         | 5,5      | 7,6     |
| 20                                         | 2,0      | 2,7     |
| 30                                         | 0,9      | 1,3     |
| 40                                         | 0,23     | 0,5     |
| 50                                         | 0,13     | 0,16    |
| 60                                         | 0,06     |         |

Pour les hauteurs de récurrence annuelle, quinquennale et décennale, les valeurs sont les suivantes (en mm) :

|         | 1 fois par an | 1 fois en 5 ans | 1 fois en 10 ans |
|---------|---------------|-----------------|------------------|
| AGADES  | 27,7          | 44,3            | 51,5             |
| IN GALL | 35            | 50              | 57               |

\* NOTE - Les effectifs au dépassement par tranches de 10 mm ont été obtenus à partir d'un classement des données d'observation.

Toutefois, pour AGADES, une loi de Pearson III tronquée a pu être appliquée aux valeurs journalières :

$$F(x) = \frac{M}{365} \frac{1}{\Gamma(\gamma)} \int_x^a (ax)^{\gamma-1} e^{-ax} d(ax)$$

$F(x)$  = fréquence au dépassement.

avec  $M = 20,8$        $\gamma = 0,75$        $1/a = 10,962$  .

Les effectifs au dépassement par tranches de 10 mm extraits de cette loi sont les suivants :

| (mm)     | 0 - 10 | 10 - 20 | 20 - 30 | 30 - 40 | 40 - 50 | 50 - 60 | 60 - 70 |
|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Effectif | 20,8   | 6,0     | 2,15    | 0,80    | 0,30    | 0,12    | 0,05    |

- C H A P I T R E II -

EXPOSE SUR LA CAMPAGNE 1967

2.1. - Déroulement de la campagne

L'effectif de la mission comprenait un ingénieur, trois aides hydrologues et un manoeuvre ; les déplacements étaient assurés au moyen d'un pick-up Land Rover.

L'ingénieur responsable de la mission est arrivé par avion le 20 Juillet à AGADES, tandis que le personnel et la totalité du matériel étaient acheminés par la route sous la direction de M. CHAPERON, chef de la mission hydrologique ORSTOM de Niamey.

Le 21 Juillet, prise de contact avec les autorités et les chefs des principaux services (préfecture, C E A, Travaux Publics, Armée).

Du 22 Juillet au 25 Juillet, reconnaissance des sections de jaugeages, installation des camps en S<sub>I</sub> et S<sub>II</sub>, mise en place des échelles de crue et du pluviographe PE<sub>1</sub>, premier profil en travers de l'IRHAZER II. Le 25 Juillet, M. CHAPERON repart pour NIAMEY.

Du 25 Juillet au 1<sup>er</sup> Août, après une première reconnaissance, la plupart des pluviomètres sont mis en place sur la partie Nord des bassins, les sections de jaugeage sont équipées et un limnigraphe à mouvement journalier posé en S<sub>I</sub>.

Au mois d'Août, la campagne s'est déroulée normalement. L'hydrologue avait installé son camp principal en S<sub>II</sub> où toutes les crues ont pu être observées tandis que deux aides avaient, sous leur surveillance directe, la station S<sub>I</sub> avec son limnigraphe, un pluviographe et les pluviomètres les plus proches de S<sub>I</sub>. Aux deux stations, ont été effectuées régulièrement des jaugeages, des mesures de turbidité ainsi que des profils en travers, afin de contrôler la stabilité des sections. En outre, sur IRHAZER II, ont été fréquemment réalisées des mesures de pente motrice sur délaissées de crue.

Le seul incident notable réside dans une panne de véhicule (différentiel du pont arrière hors d'usage) survenue le 23 Août en plein hivernage. Ce véhicule étant notre seul moyen de liaison avec ACADES, il nous a été impossible de nous ravitailler pendant trois semaines autrement qu'en produits locaux. Autre conséquence : les relevés de pluviomètres, ainsi que les déplacements entre les deux stations ont dû, la plupart du temps, s'effectuer à pied, et la fréquence des observations pluviométriques en a été affectée malgré tous les efforts des hydrologues.

Le 17 Septembre, le matériel était replié sur ACADES et le 19 la mission repartait sur Niamey.

Les échelles et le socle du limnigraphe ont été laissés en place pour d'éventuelles études futures.

## 2.2. - Equipement pluviométrique

L'ensemble des deux bassins a été équipé de dix pluviomètres et de deux pluviographes à mouvement journalier qui ont été distribués comme l'indique la carte II. Nous avons été mis en garde contre des sabotages possibles, c'est pourquoi, lors de l'installation, les appareils ont été soigneusement camouflés. Malgré ces précautions, le pluviomètre P<sub>1</sub> a disparu à deux reprises en fin d'hivernage.

Sur le B.V. I, nous avons conservé, pour les pluviomètres, les mêmes emplacements qu'en 1966. Sur le B.V. II, nous avons tenté d'étendre le réseau par pénétration vers le Sud à partir de SII mais nous n'avons pas gagné ainsi plus d'une douzaine de kilomètres par rapport à l'implantation réalisée l'année précédente. Il n'était guère prudent en effet d'aventurer notre unique véhicule dans une région au sol très accidenté, absolument dépourvue de pistes et d'accès extrêmement laborieux après une averse moyenne. Si une troisième campagne devait être entreprise, il serait donc souhaitable qu'un ou deux pluviomètres totalisateurs soient installés en bordure Sud du bassin, au pied de la falaise de TIGIDIT, cette zone pouvant être atteinte avant les premières pluies, à partir d'ACADES, par la piste de MARANDET. La présence de ces totalisateurs permettrait une meilleure évaluation de la pluie moyenne et par suite du ruissellement sur l'ensemble du B.V. II.

### 2.3. - Equipement hydrologique

Cet équipement, identique à celui de 1966, a été mis en oeuvre aux mêmes emplacements. Pour le repérage des verticales de jaugeage, nous avons conservé le système des fers à béton enfoncés dans le lit à intervalles réguliers. Ce dispositif permet un repérage plus commode du flotteur à son passage dans la section lors de mesures de vitesses superficielles, principalement la nuit.

D'Autre part, comme le programme de la campagne prévoyait une étude de ruissellement "à temps perdu" sur un petit bassin versant d'une trentaine d'hectares situé peu en amont de S<sub>I</sub> et déjà étudié en 1966, nous avons équipé une station de jaugeage et mis en place une échelle limnimétrique à l'exutoire de ce bassin. L'année précédente, l'IRHAZER I avait très peu débité et l'étude de ce petit bassin avait pu s'effectuer en toute quiétude. En revanche, cette année, les crues les plus intéressantes du petit B.V. ont coïncidé avec les hautes eaux de l'IRHAZER I, ces dernières venant perturber l'écoulement de l'affluent et rendant impossible l'établissement d'une loi hauteur-débit. Pour cette raison, les résultats relatifs au petit bassin ne figurent pas dans le présent rapport.

- C H A P I T R E    I I I    -

ETUDE DE LA PLUVIOMETRIE

3.1. - Pluviométrie sur les bassins étudiés

3.1.1. - Année 1966

L'équipement pluviométrique était le suivant :

- Sur le bassin S<sub>I</sub>    - Un pluviographe et deux pluviomètres en Juillet  
et quatre pluviomètres en Août et jusqu'au 4  
Septembre.
- Sur le bassin S<sub>II</sub>    - Un pluviographe et deux pluviomètres en Juillet,  
un pluviographe et cinq pluviomètres en Août.

En raison de la superficie considérable des deux bassins et des difficultés très importantes de déplacement en saison des pluies, il n'avait pas été possible d'assurer au réseau l'extension et la répartition souhaitable. Pour le bassin S<sub>I</sub>, les pluviomètres contrôlaient une superficie d'environ 3 à 400 km<sup>2</sup> (aval du bassin de 4 000 km<sup>2</sup>). Pour S<sub>II</sub>, la superficie contrôlée était d'environ 350 km<sup>2</sup> (aval du bassin).

Les indications recueillies sur la pluviométrie de S<sub>I</sub> sont donc insuffisantes et doivent être corrigées par la prise en compte du poste d'AGADES, représentatif de la partie amont du bassin.

Pour S<sub>II</sub>, la situation est plus satisfaisante. Pour tenir compte du fait que la partie amont du bassin, au Sud, est plus arrosée (gradient pluviométrique), les résultats recueillis sur les pluviomètres doivent être majorés.

Résultats obtenus en 1966 - Pluviométrie mensuelle :

|                 | Juillet | Août  | Septembre            | Total annuel |
|-----------------|---------|-------|----------------------|--------------|
| S <sub>I</sub>  | 9,7     | 81,7  | (3,5) <sup>(1)</sup> | (94,9)       |
| S <sub>II</sub> | 7,2     | 97,1  | (8,8) <sup>(1)</sup> | (113,1)      |
| AGADES          | 10,7    | 35,7  | 21,5                 | 96,8         |
| IN GALL         | 25,3    | 101,0 | 65,5                 | 191,9        |

(1) - du 1<sup>er</sup> au 4-9-66

Pour S<sub>I</sub> il n'est pas possible d'estimer la pluviométrie moyenne mensuelle sur l'ensemble du bassin.

Un indice pluviométrique peut être évalué.

$$I_{66} = \frac{1}{2} \left( \bar{P}_{SI} + P_{AGADES} \right) \simeq \underline{100 \text{ mm}}$$

Pour S<sub>II</sub>, on a observé une pluviométrie de 113,1 mm du 15-7 au 4-9-66.

A IN GALL, la pluviométrie postérieure au 4-9-66 a été de 43 mm. Il est possible d'estimer la pluviométrie 1966 à 150 mm environ.

3.1.2. - Année 1967

L'équipement a été le suivant :

Sur le bassin S<sub>I</sub> - Un pluviographe et quatre pluviomètres.

Sur le bassin S<sub>II</sub> - Un pluviographe et six pluviomètres.

Sur S<sub>I</sub>, le réseau couvrait la même superficie qu'en 1966.

Sur S<sub>II</sub>, le réseau a été étendu vers l'amont (50 % de la surface du bassin).

Les relevés pluviométriques journaliers sont consignés dans les tableaux ci-après :

- TABLEAU I -

- Juillet 1967 -

| Date | N°<br>Averse | P <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | P <sub>3</sub> | P <sub>4</sub> | P <sub>5</sub> | P <sub>6</sub> | P <sub>7</sub> | P <sub>1</sub> <sup>i</sup> | P <sub>2</sub> <sup>i</sup> | P <sub>3</sub> <sup>i</sup> | P <sub>4</sub> <sup>i</sup> | P <sub>5</sub> <sup>i</sup> |
|------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 23-7 |              | ※              |                |                |                |                |                |                |                             |                             |                             |                             |                             |
| 26-7 |              | T              |                |                |                |                |                |                |                             |                             |                             |                             |                             |
| 27-7 | 1            | 0,6:           |                |                |                |                |                |                |                             |                             |                             |                             |                             |
| 28-7 | 2            | 0,7:           |                |                |                |                |                |                | ※ T                         |                             |                             |                             |                             |
| 29-7 | 3            | 0,3:           | ※              | ※              |                |                |                |                |                             |                             |                             |                             |                             |
| 30-7 | 4            | 24,5:          | 38,5:          | 12,8           | ※(30,0):       | ※41,3:         |                |                | (15,0):                     | ※12,3:                      | ※10,3:                      |                             |                             |
| 31-7 | 5            | 0,7:           | -              | -              | -              | -              |                |                | T                           | -                           | -                           |                             |                             |

- TABLEAU II -

- Août 1967 -

| Date | N°<br>Averse | P <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | P <sub>3</sub> | P <sub>4</sub> | P <sub>5</sub> | P <sub>6</sub> | P <sub>7</sub> | P <sub>1</sub> <sup>i</sup> | P <sub>2</sub> <sup>i</sup> | P <sub>3</sub> <sup>i</sup> | P <sub>4</sub> <sup>i</sup> | P <sub>5</sub> <sup>i</sup> |
|------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1-8  | 6            | 7,4:           | -              | -              | 7,6            | 16,4:          |                |                | 6,0                         | 2,5:                        | 3,4:                        | ※0,9:                       | ※-                          |
| 2-8  | 7            | 0,3:           | 13,7:          | 5,6            | 0,0            | 0,0:           |                |                | 0,6                         | 0,0:                        | 0,0:                        | -                           | -                           |
| 4-8  |              | T              | 0,0:           | 0,0            | 0,0            | 0,0:           |                |                | T                           | 1,1:                        | 0,0:                        | 0,7:                        | 4,0:                        |
| 5-8  | 8            | 0,4:           | 0,4:           | 6,6            | 4,2            | 1,5:           | ※              |                | 0,5                         | T                           | T                           | 0,5:                        | -                           |
| 6-8  | 9            | 6,8:           | 3,4:           | 2,7            | 2,7            | ※3,0:          | ※3,5           |                | 2,4                         | 3,4:                        | 3,7:                        | 3,6:                        | 3,1:                        |
| 9-8  | 10           | 32,0:          | -              | -              | (35,0):        | (44,0):        | -              |                | 4,6                         | 3,0:                        | 5,3:                        | 0,2:                        | -                           |
| 10-8 | 11           | 5,7:           | 24,4:          | T              | 2,1            | 0,9:           | (42,0):        | ※              | 3,8                         | 2,7:                        | 4,0:                        | 3,4:                        | 3,6:                        |
| 14-8 | 12           | 8,2:           | -              | -              | 14,8           | 20,5           | 9,6            | ※              | 4,2                         | 41,1:                       | 43,0:                       | 30,1:                       | -                           |
| 16-8 | 13           | 4,3:           | 24,8:          | 4,4            | 5,1            | 5,3            | 7,6            | 3,5:           | 8,1                         | 4,5:                        | 2,7:                        | 4,3:                        | 6,7:                        |
| 18-8 | 14           | 21,4:          | -              | -              | 9,0            | 11,5:          | -              | -              | 10,3                        | 15,4:                       | 15,6:                       | 16,2:                       | 0,0:                        |
| 19-8 | 15           | 6,1:           | 15,2:          | -              | 7,2            | 1,3:           | 10,1           | -              | 0,0                         | T                           | 0,0:                        | T                           | 0,6:                        |
| 21-8 | 16           | 13,2:          | -              | -              | 19,2           | 21,1:          | (20,0):        | -              | 15,4                        | 15,4:                       | 22,1:                       | -                           | -                           |
| 22-8 | 17           | T              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | 0,5                         | -                           | -                           | -                           | -                           |
| 23-8 | 18           | T              | -              | -              | -              | -              | 1,0            | -              | 32,0                        | -                           | -                           | -                           | -                           |
| 24-8 | 19           | T              | -              | -              | 0,4            | 0,6:           | -              | -              | T                           | 16,5:                       | 8,0:                        | 47,3:                       | -                           |
| 25-8 | 20           | 4,9:           | -              | -              | 3,6            | 11,7:          | -              | -              | 16,9                        | 21,4:                       | 15,7:                       | 16,1:                       | -                           |
| 27-8 | 21           | T              | -              | -              | -              | -              | 8,6            | -              | T                           | -                           | -                           | -                           | -                           |
| 28-8 | 22           | T              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | 0,5                         | -                           | -                           | -                           | -                           |
| 29-8 | 23           | 14,4:          | 55,4:          | (35,7):        | 52,9           | (40,0):        | 6,6            | -              | 13,4                        | -                           | -                           | 9,3:                        | -                           |
| 30-8 | 24           | 0,0:           | 0,0:           | 0,0            | 0,0            | 0,0:           | 0,0            |                | 3,1                         | 23,1:                       | 23,0:                       | T                           | 48,6:                       |

- TABLEAU III -

- Septembre 1967 (jusqu'au 18-9-67 inclus) -

| Date | N°<br>Averse | P <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | P <sub>3</sub> | P <sub>4</sub> | P <sub>5</sub> | P <sub>6</sub> | P <sub>7</sub> | P <sup>1</sup> <sub>1</sub> | P <sup>2</sup> <sub>2</sub> | P <sup>3</sup> <sub>3</sub> | P <sup>4</sup> <sub>4</sub> | P <sup>5</sup> <sub>5</sub> |
|------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 7-9  | 25           | 6,2            | -              | -              | 5,1            | Volé           | -              | -              | 34,0                        | 24,2                        | 16,8                        | 38,0                        | -                           |
| 10-9 | 26           | T              | -              | -              | -              | -              | -              | -              | 2,3                         | 4,3                         | 1,8                         | 3,6                         | -                           |
| 12-9 | 27           | 1,8            | -              | -              | 0,2            | -              | -              | -              | 8,2                         | 7,0                         | 8,8                         | 8,3                         | -                           |
| 14-9 | 28           | 5,1            | -              | -              | 1,5            | -              | -              | -              | 0,0                         | -                           | -                           | -                           | -                           |
| 15-9 | 29           | 1,0            | 22,2           | 42,0           | 1,8            | -              | 22,5           | 101,0          | 6,9                         | 5,5                         | 8,2                         | 4,0                         | 30,0                        |

Légende : ( T - Traces ;  
 ) ✕ - date d'installation de l'appareil ;  
 ( - - Non relevé, hauteur cumulée avec celles des averses suivantes.

Les précipitations mensuelles observées en 1967 sont donc les suivantes :

|         | Juillet | Août  | Septembre | Total     |
|---------|---------|-------|-----------|-----------|
| SI      | 12,3    | 137,9 | 42,4      | 192 (1)   |
| SII     | 29,8    | 151,0 | 22,0      | 203 (1)   |
| AGADES  | 57,8    | 67,4  | 26,1      | 155,3 (2) |
| IN GALL | 38,3    | 145,5 | 34,6      | 219,3 (2) |

(1) - du 22-7-67 au 17-9-67.

(2) - Janvier à Septembre 1967.

Pour  $S_I$  Moyenne de  $P'_1$ ,  $P'_2$  et  $P'_3$  pour Juillet.  
Moyenne de  $P'_1$ ,  $P'_2$ ,  $P'_3$ ,  $P'_4$  et  $P'_5$  pour Août et Septembre.

Pour  $S_{II}$  Moyenne de  $P_1$  à  $P_5$  pour Juillet.  
Moyenne de  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$  et  $P_5$  en Août.  
Moyenne  $P_1$  à  $P_4$  en Septembre.

L'indice pluviométrique de  $S_I$  peut être estimée :

$$I_{67} = \frac{1}{2} \left( P_{S_I} + P_{AGADES} \right) = \underline{173 \text{ mm.}}$$

Pour  $S_{II}$ , la pluviométrie moyenne sur le bassin peut être estimée à 210 mm.

Les plus fortes précipitations journalières ponctuelles observées sur les bassins sont les suivantes :

|      |         |            |
|------|---------|------------|
| 44,0 | le 9-8  | ( $P_5$ )  |
| 43,0 | le 14-8 | ( $P'_3$ ) |
| 41,1 | le 14-8 | ( $P'_2$ ) |
| 35,0 | le 9-8  | ( $P_4$ )  |
| 34,0 | le 7-9  | ( $P'_1$ ) |
| 32,0 | le 9-8  | ( $P_1$ )  |

Ces valeurs encadrent la précipitation ponctuelle maximale de fréquence annuelle à IN GALL (35 mm).

### 3.2. - Classement des pluviométries annuelles

A partir des pluviométries annuelles observées à AGADES et IN GALL, il est possible de définir un indice représentatif pour chacun des deux bassins et d'en étudier la distribution statistique. Les valeurs expérimentales recueillies en 1966 et 1967 permettent d'évaluer les "poids" respectifs des stations de référence pour le calcul de la pluviométrie des deux bassins.

Pour  $S_I$ , on a choisi un indice pluviométrique annuel calculé de la façon suivante :

$$I_{SI} = 2/3 P_{AGADES} + 1/3 P_{IN\ GALL} .$$

Pour  $S_{II}$ , l'indice retenu s'exprime par la relation :

$$I_{SI} = 1/3 P_{AGADES} + 2/3 P_{IN\ GALL} .$$

Les distributions statistiques de ces indices ont été étudiées afin d'estimer les récurrences des pluviométries observées en 1966 et 1967. Pour cette étude, les données de la station d'IN GALL (10 ans) ont été étendues à toute la période d'observation d'AGADES (45 ans) de la manière suivante :

$x$  désignant la pluie annuelle à AGADES et  $y$  la pluie annuelle correspondante à IN GALL, les 10 années communes d'observations à ces deux stations ont permis de déterminer l'écart-type de  $y$ ,  $\sigma_y = 70,4$  mm, et la moyenne conditionnelle de  $y$  liée par  $x$ ,  $\bar{y}_x = 226 + 0,66 (x - 167,5)$ .

De cette façon, à toute valeur de  $x$  correspond une valeur de  $\bar{y}_x$  et par suite une distribution normale de  $y_x$ , de moyenne  $\bar{y}_x$  et d'écart-type  $0,83 \sigma_y$  (1). Afin de reconstituer un échantillon de pluies annuelles à IN GALL relatif aux 35 années non observées, on a procédé à des tirages au sort successifs dans les lois normales précédemment définies en utilisant une table de nombres au hasard (M. ROCHE. - Hydrologie de Surface ; page 52).

---

(1). - L'écart-type de la loi conditionnelle est égal à  $\sqrt{1 - \rho^2} \sigma_y$ , soit ici, avec  $\rho = 0,56$ ,  $0,83 \sigma_y$

Un échantillon de 45 indices relatifs à 45 années différentes a ainsi été constitué pour chacun des deux bassins..

Il résulte de l'étude statistique que les indices s'écartent peu des lois normales définies par les paramètres suivants, les moyennes étant données avec un intervalle de confiance à 95 % :

|           | Moyenne<br>(mm)  | Ecart-type<br>(mm) | Coefficient<br>de variation |
|-----------|------------------|--------------------|-----------------------------|
| $I_{SI}$  | $186,3 \pm 15,1$ | 50,5               | 0,268                       |
| $I_{SII}$ | $203,4 \pm 16,5$ | 55,3               | 0,271                       |

On trouvera ci-après les indices calculés correspondant à quelques valeurs caractéristiques de F (fréquence au dépassement) :

| F         | 0,10 | 0,20 | 0,50 | 0,80 | 0,90 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| $I_{SI}$  | 251  | 229  | 186  | 144  | 119  |
| $I_{SII}$ | 275  | 250  | 203  | 156  | 132  |

En 1966. La pluviométrie enregistrée à AGADES avec un total annuel de 96,8 mm (26 jours de pluie dont 2 au-dessus de 10 mm et 1 au-dessus de 20 mm) correspond à la décennale sèche.

Sur  $S_I$ , la hauteur totale enregistrée a été de 94,9 mm (jusqu'au 4 Septembre et avec 14 jours de pluie dont 3 jours au-dessus de 10 mm). L'indice pluviométrique du bassin,  $I_{SI} = 128$  mm, correspond à une fréquence au dépassement  $F = 0,88$ . L'écoulement correspondant doit donc donner la limite supérieure de l'écoulement décennal.

A IN GALL, les résultats suivants ont été enregistrés :

P totale = 191,9 mm (15 jours de pluie dont 8 au-dessus de 10 mm et 3 au-dessus de 20 mm), ce qui correspond à une pluviométrie légèrement au-dessus de la quinquennale sèche.

En 1967. Les résultats d'observation sont les suivants :

|                 | Total annuel<br>(mm)           | Nombre de jours de pluie supérieur à : |    |    |    |       |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------------------|----|----|----|-------|
|                 |                                | (mm)                                   |    |    |    |       |
|                 |                                | 0                                      | 10 | 20 | 30 | 40 50 |
| AGADES          | 155,3                          | 27                                     | 4  | 1  | 1  | 1     |
| IN GALL         | 219,3                          | 23                                     | 8  | 2  | 1  |       |
| S <sub>I</sub>  | IS <sub>I</sub> = 177          | 21                                     | 7  | 2  | 2  |       |
| S <sub>II</sub> | 210 - IS <sub>II</sub> = 198,5 | 21                                     | 5  | 3  | 1  |       |

Pour AGADES, le total est inférieur de 9 mm à la médiane et la distribution mensuelle correspond à un mois d'Août déficitaire encadré par des mois de Juillet et Septembre excédentaires. La répartition dans l'année des pluies journalières ne s'écarte pas sensiblement de la normale.

Pour IN GALL, le total annuel est très proche de la médiane. Le déficit de Juillet est compensé par l'excédent d'Août.

Pour S<sub>I</sub>, l'indice pluviométrique est IS<sub>I</sub> = 177 mm, un peu inférieur à l'indice médian.

Pour S<sub>II</sub>, l'indice IS<sub>II</sub> = 198,5 caractérise une pluviométrie annuelle sensiblement médiane.

### 3.3. - Etude des intensités

On trouvera en annexe les dépouillements des pluviogrammes des principales averses enregistrées au pluviographe P E<sub>1</sub>.

## - CHAPITRE IV -

### OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES

#### 4.1. - Station S<sub>I</sub> (Vallée de TOROUF)

##### 4.1.1. - Etalonnage de la station

Des profils en travers du lit mineur et des débordements au droit de la section de jaugeage ont permis de confirmer la stabilité de la section (Gr. 3).

Le tarage de la station est basé sur :

- 4 jaugeages complets au moulinet entre les cotes 0,88 m et 1,37 m qui viennent compléter les 7 jaugeages effectués en 1966 ;
- un jaugeage partiel à la cote 1,60 m, principalement dans les débordements ;
- une cinquantaine de mesures de vitesses superficielles.

On trouvera sur le graphique 4, avec la courbe d'étalonnage "basses eaux", la liste de tous les jaugeages effectués. La courbe d'étalonnage "hautes eaux" a pu être établie avec une précision acceptable jusqu'à la cote 1,70 m en dépouillant les jaugeages verticale par verticale et en utilisant les jaugeages au flotteur (voir graphique 5).

##### 4.1.2. - Enregistrement des crues

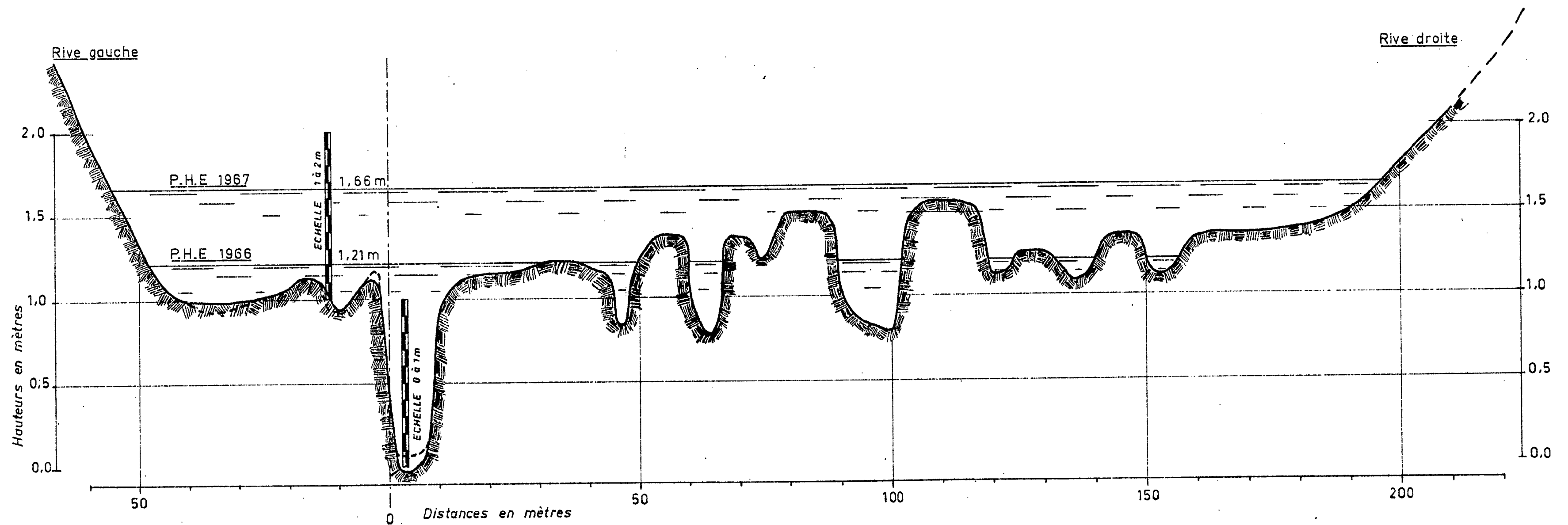
Toutes les crues ont été enregistrées sur limnigraphe avec contrôle par lecture directe. On trouvera en annexe l'hydrogramme complet de la campagne 1967.

Gr. 3

# L'IRHAZER I à S I

## Profil en travers

— le 5 sept. 1967  
- - - le 1<sup>er</sup> août 1967



Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

29  
xi-67

NIG. 71775

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour A0 et A1: ABERPFTLIDOC6QUVWINSZXY  
zsaeocmuvnwxfkhdpgyjt 7142385690  
Pour A2 A3 A4: ABERPFTLIDOC6QUVWINSZXY  
zsaeocmuvnwxfkhdpgyjt 7142385690

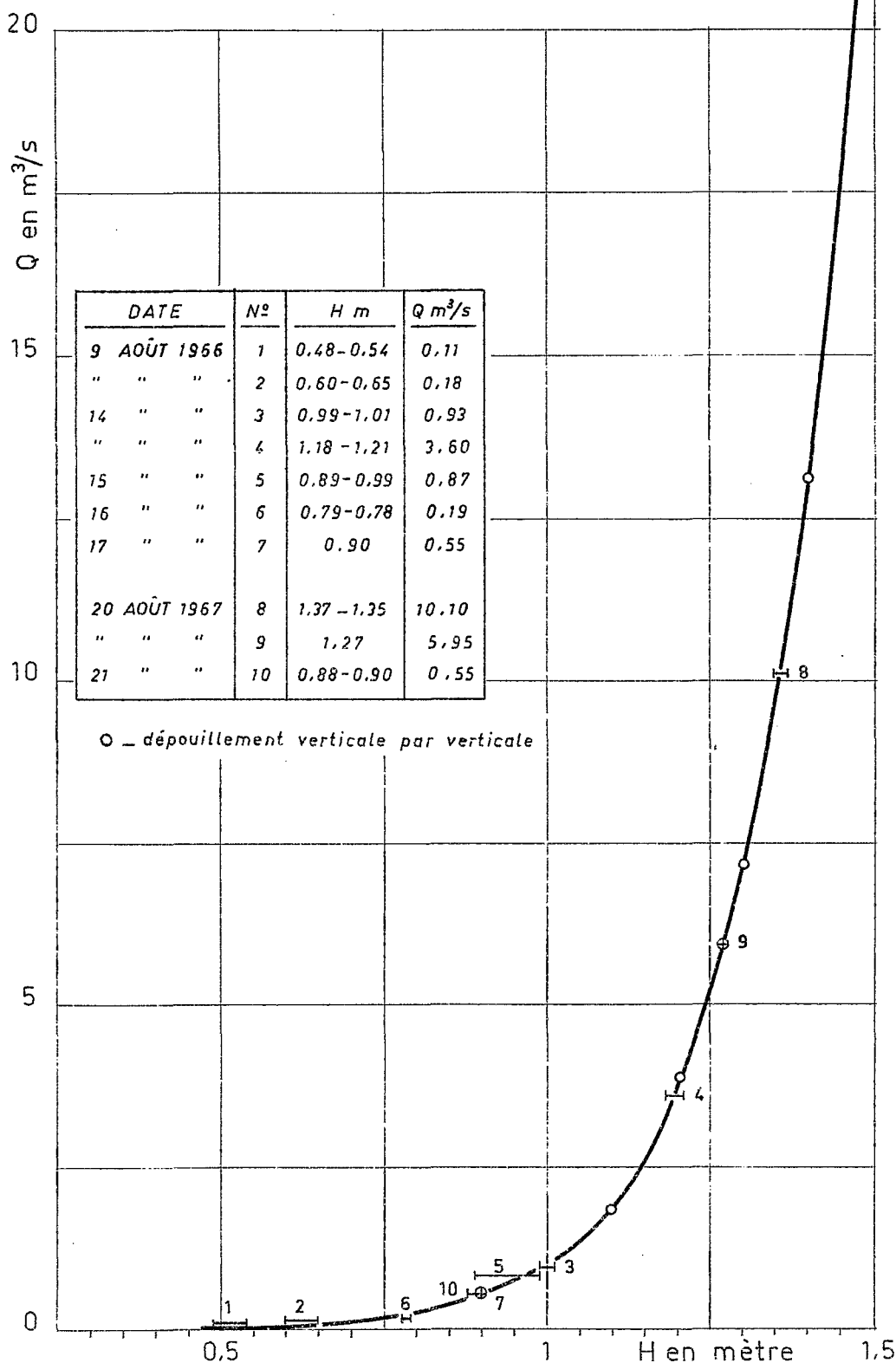
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

GAUT-12  
12 10 03 017

# L'IRHAZERI à SI

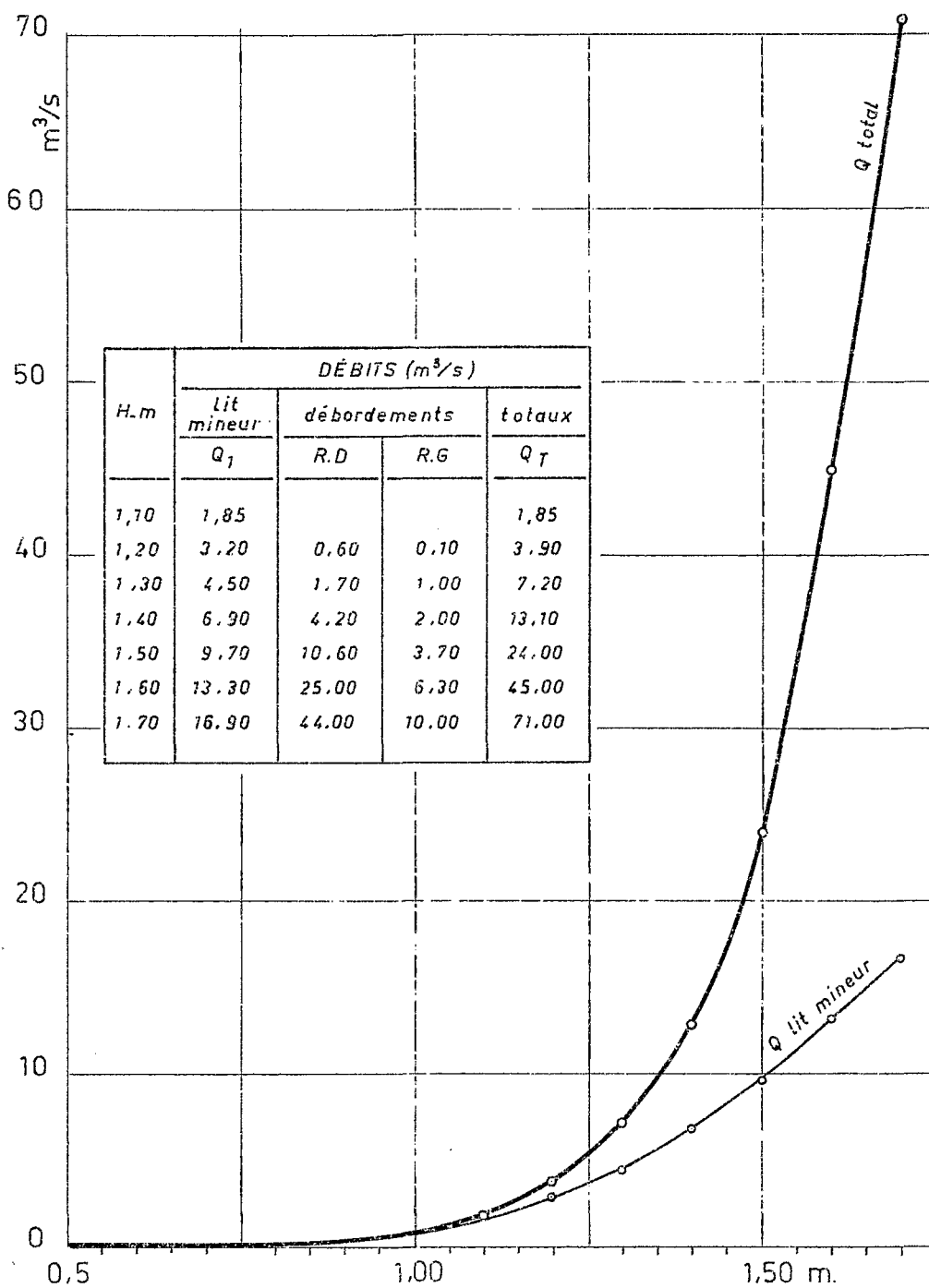
Gr. 4

## Courbe de tarage "basses eaux"



# L'IRHAZER I à SI

## Courbes de tarage "hautes eaux"



#### 4.1.3. - Résultats

Jusqu'au 17 Septembre inclus, 13 crues ont été observées. Il leur correspond un volume écoulé en  $S_I$  de 8 millions de  $m^3$ , ce qui, pour un bassin théorique de 4 000  $km^2$ , représente une lame d'eau de 2 mm.

Le coefficient d'écoulement annuel peut donc être estimé à 1 %. Mais ceci n'est qu'un ordre de grandeur étant donné l'imprécision sur la superficie réellement drainée et la pluviométrie moyenne.

Le tableau IV donne, pour l'ensemble de la campagne, les volumes écoulés journaliers  $V$  en milliers de  $m^3$ , les débits moyens journaliers  $\bar{Q}$  ainsi que les débits maximaux  $Q_M$  des principales pointes de crue.

Il est à remarquer que 82 % de l'apport annuel provient des trois crues principales (crues n° 6, 8 et 10) et 34 % de la seule crue n° 6, la plus forte de l'année qui a atteint un débit de pointe de 62  $m^3/s$  pour un volume de 2,7 millions de  $m^3$ .

#### 4.2. - Station $S_{II}$ (Vallée de TIGERWIT)

##### 4.2.1. - Etalonnage de la station

Des écarts importants ayant été constatés entre les débits en crue et en décrue, deux courbes moyennes de tarage (crue et décrue) ont été déterminées jusqu'à la cote 1,80 m.

L'établissement de ces courbes est basé sur :

- 8 jaugeages complets au moulinet ;

| Date    | N° | Cote<br>(m)  | Débit<br>( $m^3/s$ ) |
|---------|----|--------------|----------------------|
| 31-7-67 | 1  | 0,79         | 0,53                 |
| 31-7-67 | 2  | 1,01         | 2,77                 |
| 6-8-67  | 3  | 1,00         | 2,24                 |
| 6-8-67  | 4  | 0,905        | 1,17                 |
| 9-8-67  | 5  | 1,38 - 1,32  | 7,55                 |
| 17-8-67 | 6  | 0,87         | 0,96                 |
| 22-8-67 | 7  | 1,39         | 7,8                  |
| 22-8-67 | 8  | 1,22 - 1,205 | 3,4                  |

-      TABLEU    IV      -

IRHAZER - ST (Cruet 1967)

| Date  | Juillet    |                |      |      | Août       |                       |         |       | Septembre  |                |       |       |
|-------|------------|----------------|------|------|------------|-----------------------|---------|-------|------------|----------------|-------|-------|
|       | N°         | Q <sub>M</sub> | V    | Q̄   | N°         | Q <sub>M</sub>        | V       | Q̄    | N°         | Q <sub>M</sub> | V     | Q̄    |
|       | Crue: m³/s | 10³ m³         | m³/s |      | Crue: m³/s | 10³ m³                | m³/s    |       | Crue: m³/s | 10³ m³         | m³/s  |       |
| 1     |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                |       |       |
| 2     |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                | 144,0 | 1,667 |
| 3     |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                | 33,5  | 0,387 |
| 4     |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                | 4,3   | 0,050 |
| 5     |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                | 0,3   | 0,003 |
| 6     |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                |       |       |
| 7     |            |                |      |      |            |                       |         |       | (11)       | 9,8            | 141,0 | 1,632 |
| 8     |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                | 140,4 | 1,630 |
| 9     |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                | 12,2  | 0,141 |
| 10    |            |                |      |      | (2)        | Remplissage des mares |         |       |            |                |       |       |
| 11    |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                |       |       |
| 12    |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                |       |       |
| 13    |            |                |      |      |            |                       |         |       | (12)       | 0,3            | 5,6   | 0,065 |
| 14    |            |                |      |      | (3)        | 1,90                  | 22,3    | 0,26  |            |                |       |       |
| 15    |            |                |      |      |            |                       | 12,3    | 0,14  | (13)       | 0,8            | 8,3   | 0,093 |
| 16    |            |                |      |      | (4)        | 0,10                  | 1,3     | 0,01  |            |                | 4,7   | 0,054 |
| 17    |            |                |      |      |            |                       |         |       |            |                |       |       |
| 18    |            |                |      |      | (5)        | 3,30                  | 30,0    | 0,35  |            |                |       |       |
| 19    |            |                |      |      | (6)        | 62,00                 | 1 806,2 | 20,90 |            |                |       |       |
| 20    |            |                |      |      |            |                       | 858,0   | 9,93  |            |                |       |       |
| 21    |            |                |      |      |            |                       | 83,6    | 0,97  |            |                |       |       |
| 22    |            |                |      |      | (7)        | 9,10                  | 442,5   | 5,12  |            |                |       |       |
| 23    |            |                |      |      | (8)        | 25,00                 | 960,0   | 11,11 |            |                |       |       |
| 24    |            |                |      |      |            |                       | 348,5   | 4,03  |            |                |       |       |
| 25    |            |                |      |      | (9)        | 12,20                 | 264,0   | 3,06  |            |                |       |       |
| 26    |            |                |      |      |            |                       | 159,0   | 1,83  |            |                |       |       |
| 27    |            |                |      |      |            |                       | 144,0   | 1,67  |            |                |       |       |
| 28    |            |                |      |      |            |                       | 16,5    | 0,19  |            |                |       |       |
| 29    |            |                |      |      | (10)       | 21,00                 | 384,0   | 4,44  |            |                |       |       |
| 30    | (1)        | 1,20           | 6,5  | 0,07 |            |                       | 1 376,0 | 15,93 |            |                |       |       |
| 31    |            |                | 6,5  | 0,07 |            |                       | 598,0   | 6,92  |            |                |       |       |
| Total |            |                | 13,0 |      |            |                       | 7 506,2 |       |            |                | 494   |       |

Total campagne 1967 : 8 013 000 m³

- 1 jaugeage partiel, principalement des débordements à la cote 1,665 m ;
- environ 200 mesures de vitesses de surface aux flotteurs ;
- profils en travers de la section (graphiques n° 6 et 7) ;
- 6 mesures de pente de la ligne d'eau (de 0,02 à 0,45 m par km) pour différentes cotes à l'échelle. Ces mesures ont été faites sur les traces fraîches déposées au maximum de la crue (voir graphique n° 8).

Jusqu'à 1,60 à l'échelle, les débits ont été mesurés, le dépouillement des jaugeages aux flotteurs et au moulinet verticale par verticale ayant fourni, pour chaque profil, un nuage de points situés entre une courbe de crue et une courbe de décrue. Les courbes de tarage correspondantes sont données sur le graphique n° 9 où l'on a fait figurer les huit jaugeages au moulinet effectués en décrue.

Pour les cote 1,70 m et 1,80 m, les débits ont été calculés en divisant le profil en travers en quatre zones : lit mineur, lit majeur rive droite, lit majeur rive gauche et débordements rive droite. On a utilisé la formule de Kutter donnant la vitesse :

$$U = \frac{100 \sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}} \quad \sqrt{R} \quad \sqrt{i} \quad \text{où } R \text{ et } i$$

sont connus,  $\gamma$  variant de 0,45 à 0,40 entre les cotes 1,70 et 1,80 m.

Le graphique n° 10 donne les courbe de tarage "hautes eaux".

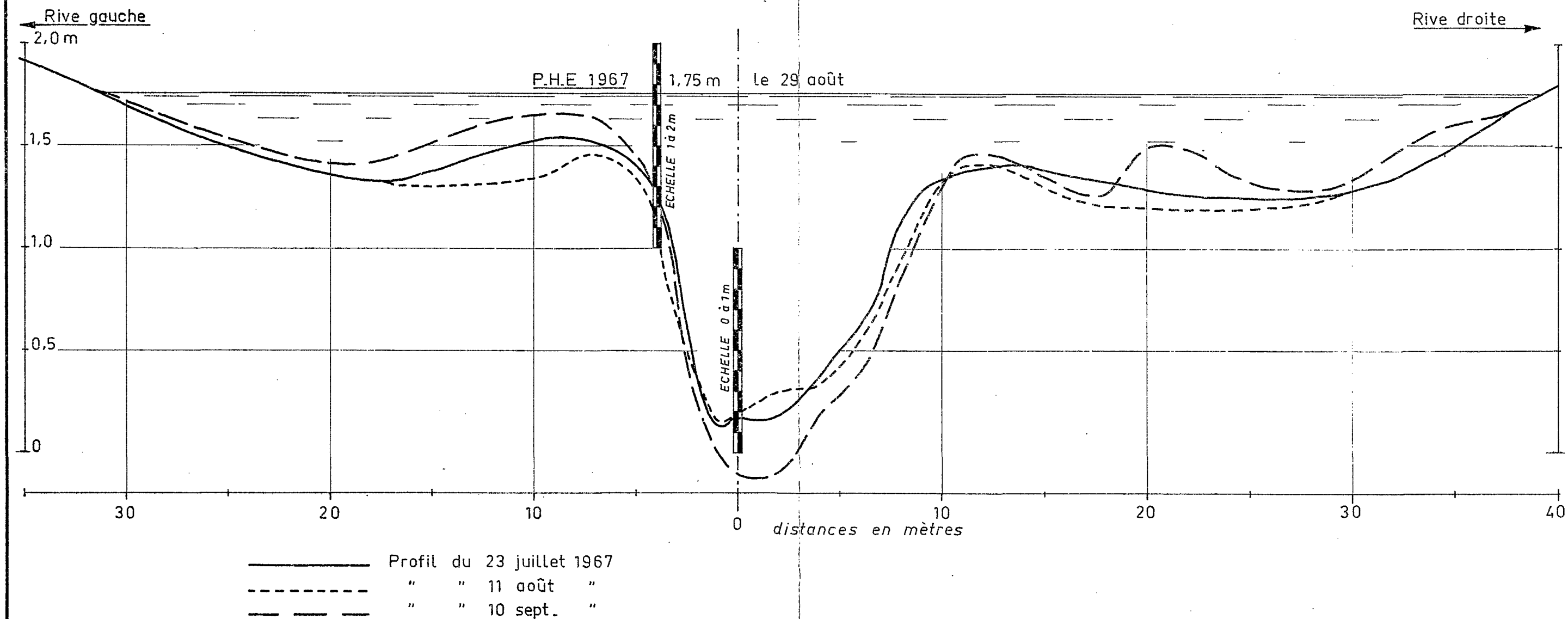
#### 4.2.2. - Enregistrement des crues et résultats

21 crues ont été enregistrées par lecture directe sur les échelles limnimétriques. On trouvera en annexe l'hydrogramme complet enregistré à la station et le tableau n° V donne les caractéristiques principales de ces crues :

- $Q_M$  débit maximal.
- $Q_S$  débit maximal de la pointe de crue secondaire.
- $V$  volume écoulé.
- $\bar{Q}$  débit journalier.

## L'IRHAZER II à SII

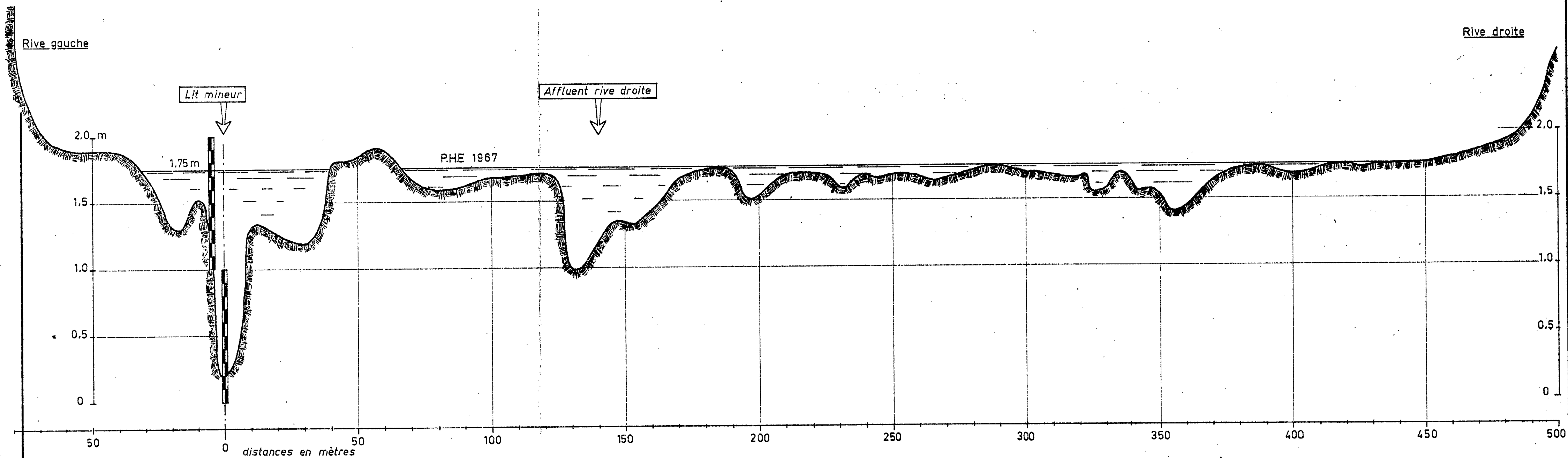
## Profils en travers du lit mineur



Gr. 7

L'IRHAZER II à SII

Profil en travers  
établi le 11 août 1967



Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

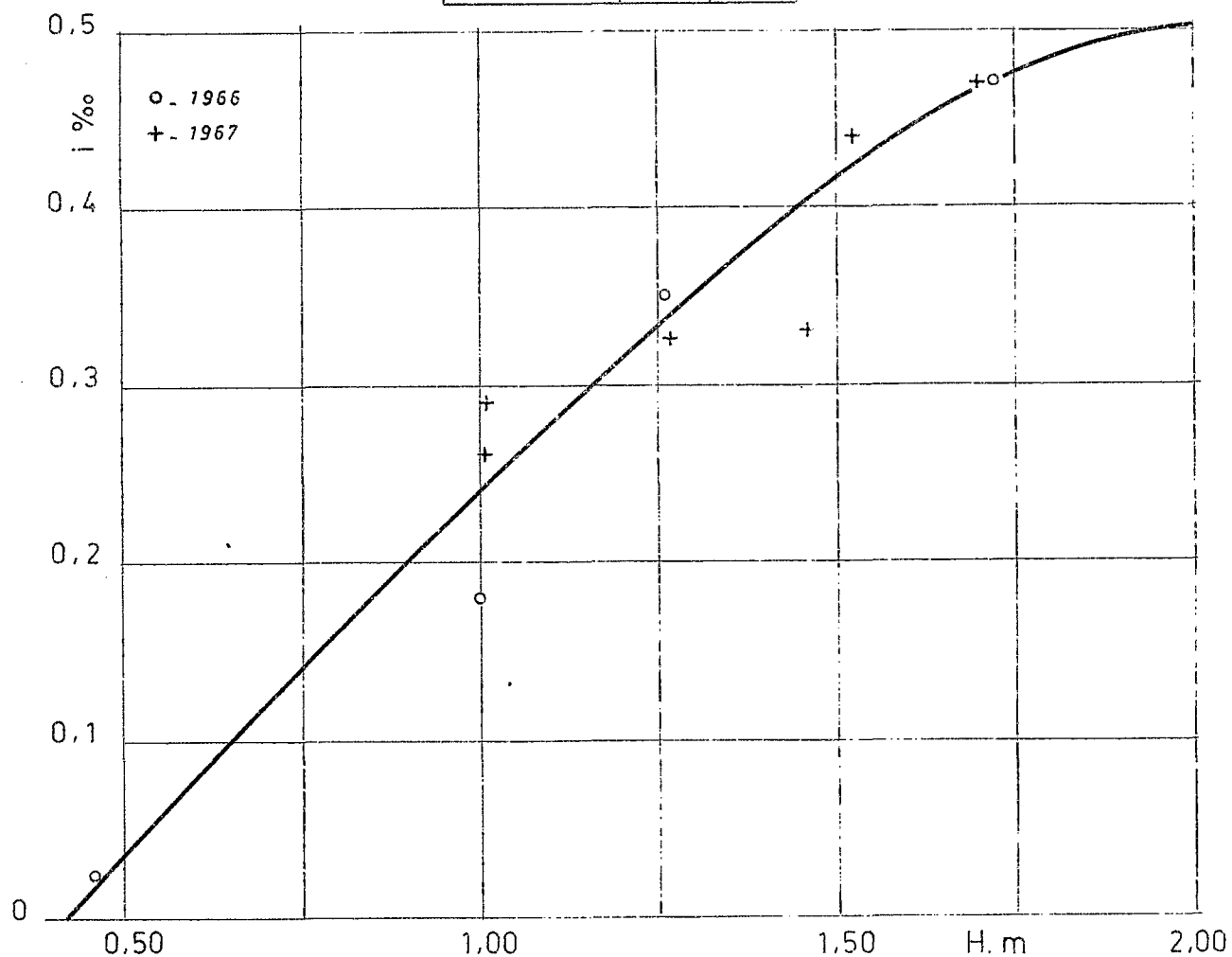
2.4  
XII.62

NIG\_71779

## L'IRHAZERII à SII

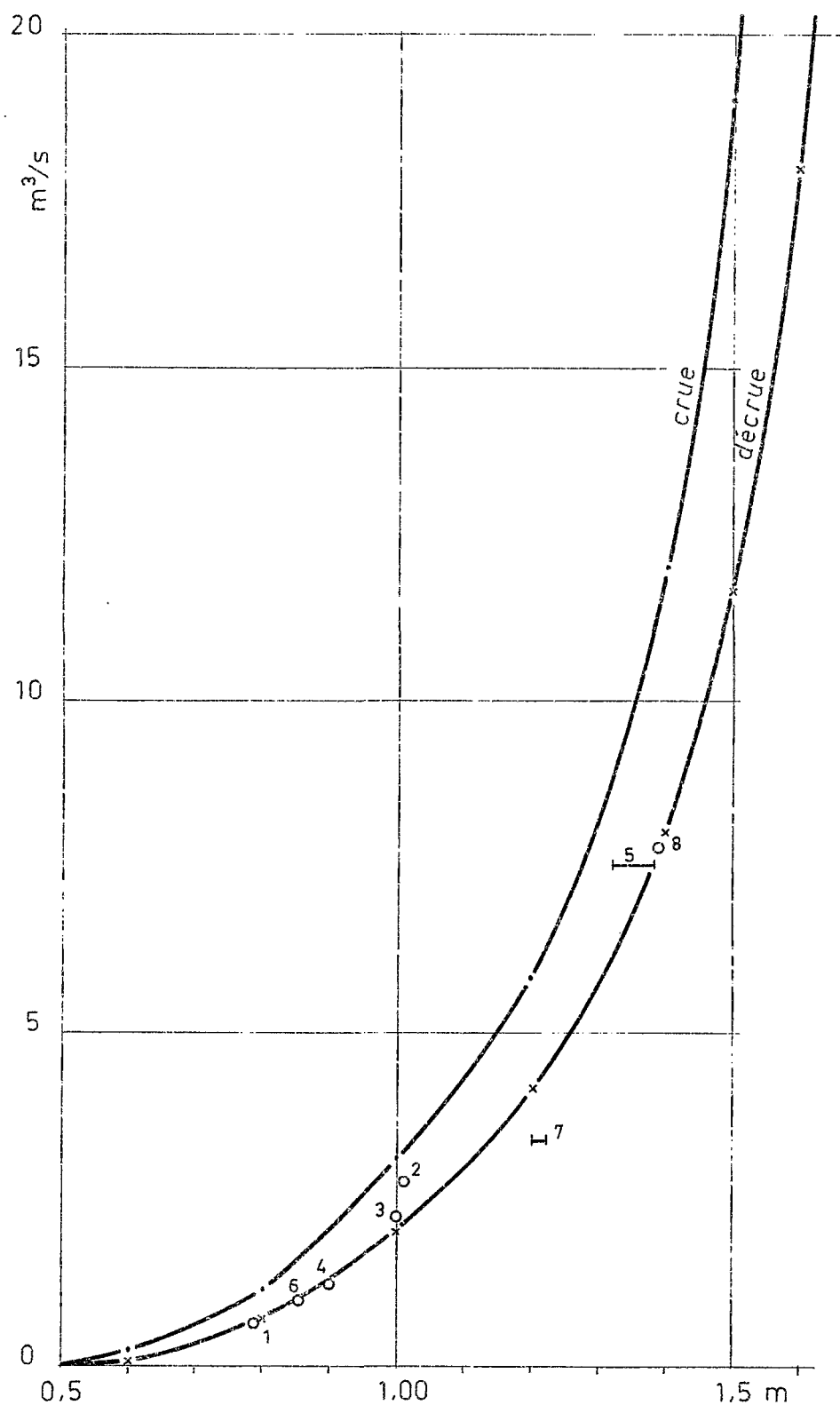
Pente de la ligne d'eau en fonction de la cote

| DATE<br>du profil | Hmax.<br>(m) | i moy.<br>(‰) |
|-------------------|--------------|---------------|
| 6 AOÛT 1966       | 1.00         | 0.18          |
| 19 " "            | 1.72         | 0.45          |
| 26 " "            | 1.26         | 0.35          |
| 3 SEPT. "         | 0.46         | 0.025         |
| 31 JUILLET 1967   | 1.27         | 0.325         |
| 6 AOÛT "          | 1.01         | 0.29          |
| 15 " "            | 1.01         | 0.26          |
| 16 " "            | 1.53         | 0.44          |
| 22 " "            | 1.46         | 0.33          |
| 9 SEPT. "         | 1.70         | 0.47          |

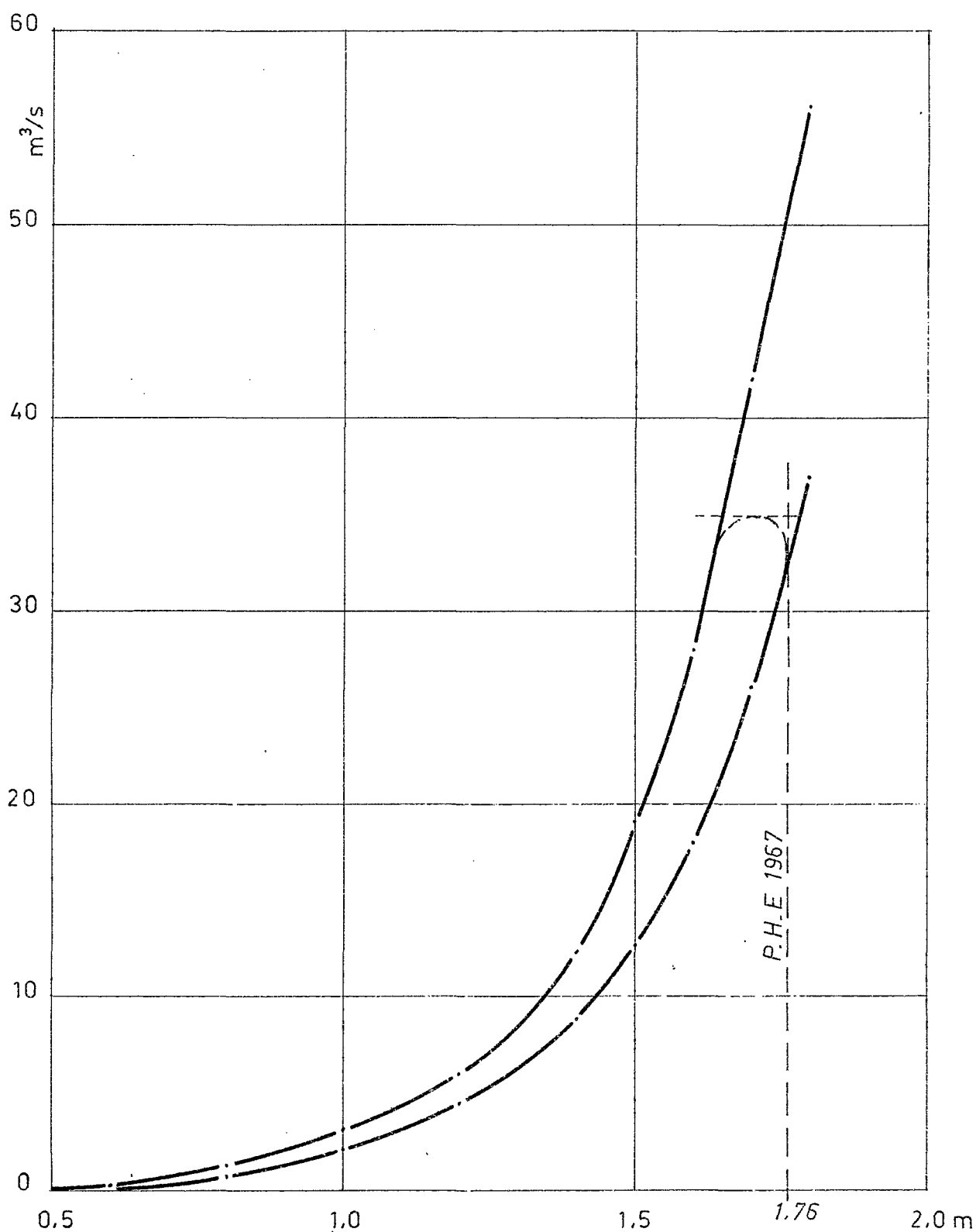


## L'IRHAZER II à S II

## Courbes de tarage "basses eaux"



## Courbes de tarage "hautes eaux"



I R H A Z E R - SII (Crues 1967)

| Date  | Juillet                 |                    |                                  |                    |      | Août                    |                    |                                  |                    |       | Septembre               |                    |                                  |                    |       |
|-------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|-------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|-------|
|       | N°                      | Q <sub>M</sub>     | Q <sub>S</sub>                   | V                  | Q̄   | N°                      | Q <sub>M</sub>     | Q <sub>S</sub>                   | V                  | Q̄    | N°                      | Q <sub>M</sub>     | Q <sub>S</sub>                   | V                  | Q̄    |
|       | Crue:m <sup>3</sup> /s: | m <sup>3</sup> /s: | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> : | m <sup>3</sup> /s: |      | Crue:m <sup>3</sup> /s: | m <sup>3</sup> /s: | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> : | m <sup>3</sup> /s: |       | Crue:m <sup>3</sup> /s: | m <sup>3</sup> /s: | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> : | m <sup>3</sup> /s: |       |
| 1     |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  | 19,5               | 0,23  |                         |                    | 2,5                              | 103,0              | 1,19  |
| 2     |                         |                    |                                  |                    |      | 2                       | 2,0                |                                  | 56,2               | 0,65  |                         |                    |                                  | 31,0               | 0,36  |
| 3     |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  | 5,2                | 0,06  |                         |                    |                                  | 9,4                | 0,11  |
| 4     |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  |                    |       |                         |                    |                                  |                    |       |
| 5     |                         |                    |                                  |                    |      | 3                       | 2,45               | 0,70                             | 64,9               | 0,75  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 6     |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  | 5,9                | 0,07  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 7     |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  |                    |       |                         |                    | 1,6                              | 57,6               | 0,67  |
| 8     |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  |                    |       | 18                      | 28,0               |                                  | 1770,0             | 20,52 |
| 9     |                         |                    |                                  |                    |      | 4                       | 15,2               |                                  | 249,1              | 2,88  |                         |                    |                                  | 271,6              | 3,14  |
| 10    |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  | 83,5               | 0,97  |                         |                    |                                  | 28,8               | 0,33  |
| 11    |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  | 12,3               | 0,14  | 19                      | 4,4                |                                  | 165,8              | 1,92  |
| 12    |                         |                    |                                  |                    |      | 5                       | 0,7                |                                  | 16,2               | 0,19  |                         |                    |                                  | 44,0               | 0,31  |
| 13    |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  | 0,6                | 0,007 | 20                      | 5,4                | 0,75                             | 174,0              | 2,02  |
| 14    |                         |                    |                                  |                    |      | 6                       | 2,8                |                                  | 28,0               | 0,32  |                         |                    |                                  | 99,0               | 1,15  |
| 15    |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    | 2,5                              | 89,4               | 1,03  |                         |                    |                                  | 11,1               | 0,13  |
| 16    |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    | 0,6                              | 17,6               | 0,20  | 21                      | 3,1                |                                  | 93,0               | 1,08  |
| 17    |                         |                    |                                  |                    |      | 7                       | 2,1                | 1,2                              | 68,5               | 0,79  |                         |                    |                                  | 15,0               | 0,17  |
| 18    |                         |                    |                                  |                    |      | 8                       | 2,5                | 1,75                             | 48,4               | 0,56  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 19    |                         |                    |                                  |                    |      | 9                       | 1,05               |                                  | 27,5               | 0,32  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 20    |                         |                    |                                  |                    |      | 10                      | 1,4                |                                  | 48,1               | 0,56  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 21    |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  | 33,8               | 0,39  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 22    |                         |                    |                                  |                    |      | 11                      | 11,3               | 8,8                              | 693,4              | 8,03  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 23    |                         |                    |                                  |                    |      | 12                      | 7,7                |                                  | 361,4              | 4,18  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 24    |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    | 2,5                              | 103,0              | 1,19  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 25    |                         |                    |                                  |                    |      | 13                      | 6,6                |                                  | 352,0              | 4,07  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 26    |                         |                    |                                  |                    |      | 14                      | 11,2               | 10,6                             | 715,0              | 8,28  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 27    |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    |                                  | 129,5              | 1,50  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 28    |                         |                    |                                  |                    |      | 15                      | 6,8                | 6,0                              | 407,0              | 4,71  |                         |                    |                                  |                    |       |
| 29    |                         |                    |                                  |                    |      | (16                     | 27,0               |                                  | 2010,0             | 23,26 |                         |                    |                                  |                    |       |
| 30    |                         |                    |                                  |                    |      | )17                     | 35,0               |                                  |                    |       |                         |                    |                                  |                    |       |
| 31    | 1                       | 5,75               | 3,45                             | 164,5              | 1,90 |                         |                    | 27,5                             | 2106,0             | 23,28 |                         |                    |                                  |                    |       |
|       |                         |                    |                                  |                    |      |                         |                    | 6,7                              | 444,2              | 5,14  |                         |                    |                                  |                    |       |
| Total |                         |                    |                                  | 164,5              |      |                         |                    |                                  | 8196,2             |       |                         |                    |                                  | 2873,3             |       |

Total de la campagne 1967 : 11 234 000 m<sup>3</sup>

Le volume écoulé en S<sub>II</sub> est de 11 234 000 m<sup>3</sup> auxquels il convient d'ajouter l'apport de l'affluent rive droite estimé à 70 000 m<sup>3</sup>. C'est donc un volume total de 11 300 000 m<sup>3</sup> qui s'est écoulé jusqu'au 17 Septembre. Il lui correspond un module de 360 l/s et un module spécifique de 0,28 l/s.km<sup>2</sup>. En admettant une pluviométrie moyenne sur le bassin de 210 mm pour une superficie de 1 300 km<sup>2</sup>, le coefficient d'écoulement est de 4,2 %.

Comme pour le TOROUF, on peut remarquer que 60 % de l'apport annuel proviennent des trois principales crues (16, 17 et 18). La plus forte (n° 17) a fourni un volume écoulé de 2 650 000 m<sup>3</sup> pour un débit maximal de 35 m<sup>3</sup>/s.

- C H A P I T R E   V   -

TRANSPORT SOLIDE

5.1. - Généralités

Les prélèvements effectués en 1966 avaient mis en évidence sur l'IRHAZER I l'importance du transport solide d'argile en suspension et nous nous sommes appliqués à vérifier ces résultats au cours de la deuxième campagne. Afin de faciliter la comparaison, le procédé utilisé a été conservé: prélèvements en bouteilles de 680 cm<sup>3</sup> dans le milieu du cours d'eau. La plupart du temps, pour une même cote à l'échelle, deux échantillons ont été prélevés, l'un en surface et l'autre à proximité du fond. Après avoir été desséchés sur place, ces échantillons ont été ramenés puis pesés à NIAMEY. Dans le tableau VI, nous donnons les concentrations observées ainsi que le débit solide correspondant.

5.2. - Transport solide en S<sub>II</sub>

En S<sub>II</sub>, 22 prélèvements ont été effectués, pour des cotes à l'échelle variant entre 0,80 m et 1,60 m, aussi bien en crue qu'en décrue. Mais l'analyse des résultats bruts (voir tableau VI) ne permet pas d'établir de corrélation entre la turbidité d'une part et l'importance de la crue ou la vitesse moyenne du courant d'autre part. Dans ces conditions, nous avons jugé superflu de tracer une courbe d'étalonnage de T S et avons basé l'estimation des apports solides sur le calcul d'une concentration moyenne (moyenne arithmétique de toutes les concentrations observées). Compte tenu de l'assez grande dispersion des concentrations, on ne peut donner la moyenne  $C_m$  qu'avec une erreur relative de 30 %, soit :

$$C_m = 16,2 \text{ g/l } \pm 5,5 \text{ g/l .}$$

Cette dernière estimation conduit à un transport solide observé pour 1967 en S<sub>II</sub> compris entre 130 000 et 240 000 tonnes.

- TABLEAU VI -

| Date                            | Cote<br>(m) | Débit<br>(m <sup>3</sup> /s) | Concentration en kg/m <sup>3</sup> |       |         | Débit<br>solide<br>(kg/s) | Crue | Maximum | Décru |
|---------------------------------|-------------|------------------------------|------------------------------------|-------|---------|---------------------------|------|---------|-------|
|                                 |             |                              | Surface                            | Fond  | Moyenne |                           |      |         |       |
| Prélèvements en S <sub>II</sub> |             |                              |                                    |       |         |                           |      |         |       |
| 30-7                            | 1,20        | 5,0                          |                                    |       | 25,6    | 128                       |      | +       |       |
| 6-8                             | 0,80        | 0,8                          | 21,7                               | 25,2  | 23,45   | 18,7                      |      |         | +     |
|                                 | 0,85        | 1,2                          | { 32,6<br>21,8                     | 8,1   | 17,65   | 21,3                      |      |         | +     |
| 9-8                             | 1,30        | 8,5                          | 12,65                              | 12,65 | 12,65   | 107,5                     | +    |         |       |
|                                 | 1,52        | 20,5                         | 2,35                               | 17,1  | 9,75    | 200                       | +    |         |       |
| 12-8                            | 0,77        | 0,6                          | 17,35                              |       | 17,35   | 10,4                      |      |         | +     |
| 14-8                            | 1,10        | 4,0                          | 10,6                               | 7,95  | 9,25    | 35                        | +    |         |       |
| 17-8                            | 0,87        | 1,0                          | 7,4                                |       | 7,4     | 7,4                       |      |         | +     |
| 21-8                            | 0,99        | 3,0                          |                                    | 26,5  | 26,5    | 79,5                      | +    |         |       |
| 22-8                            | 1,34        | 8,0                          |                                    |       | 32,8    | 182,5                     |      | +       |       |
| 24-8                            | 0,85        | 1,0                          | 12,9                               | 13,5  | 13,2    | 13,2                      |      |         | +     |
| 29-8                            | 1,55        | 15,0                         |                                    |       | 11,1    | 166,5                     |      |         | +     |
|                                 | 1,58        | 17,0                         |                                    |       | 11,0    | 187                       |      |         | +     |
| 8-9                             | 1,59        | 27,0                         | 20,2                               | 18,1  | 19,15   | 525                       | +    |         |       |
| Prélèvements en S <sub>I</sub>  |             |                              |                                    |       |         |                           |      |         |       |
| 19-8                            | 1,62        | 50                           |                                    |       | 0,30    | 15,0                      |      |         | +     |
|                                 | 1,61        | 48                           |                                    |       | 4,25    | 204                       |      |         | +     |
|                                 | 1,60        | 45                           |                                    |       | 2,20    | 99                        |      |         | +     |
| 20-8                            | 1,35        | 9,5                          |                                    |       | 1,03    | 9,8                       |      |         | +     |
| 31-9                            | 1,10        | 1,8                          |                                    |       | 2,90    | 5,2                       |      |         | +     |

Remarquons que cette évaluation correspond tout à fait aux résultats trouvés en 1966. La concentration moyenne observée était en effet de  $18,8 \text{ kg/m}^3$ , ce qui, appliqué aux apports 1967, donnerait 226 000 tonnes de transport solide.

### 5.3. - Transport solide en S<sub>I</sub>

La turbidité des eaux du TOROUF est beaucoup moins importante que sur IRHAZER II. Cela tient principalement à la nature pédologique du bassin versant où l'on rencontre, surtout en amont, un sol à granulométrie beaucoup plus grossière (sables et graviers en assez forte proportion) que sur le B.V.II.

Les quelques mesures de turbidité faites cette année en S<sub>I</sub> donnent des résultats assez cohérents et tout à fait en accord avec ceux de 1966.

Là encore, pour l'évaluation du transport solide total pour 1967, nous avons utilisé une concentration moyenne :

$$C_m = 2,1 \pm 1,1 \text{ g/l}$$

soit un TS total compris entre 8 000 tonnes et 25 000 tonnes pour  $8\,000\,000 \text{ m}^3$  d'apport liquide.

Remarquons une fois de plus la concordance des résultats obtenus en 1966 et 1967. En effet, si l'on calcule la concentration moyenne à partir des chiffres obtenus l'an dernier, on trouve :

$$C_{m(1966)} = 2,06 \text{ g/l} .$$

## - C H A P I T R E V I -

### SYNTHESE DES RESULTATS

#### 6.1. - Ecoulement annuel

##### 6.1.1. - Station $S_I$ (bassin de TOROUF)

En 1966. L'écoulement annuel a totalisé 300 000 m<sup>3</sup> dus à des ruissellements locaux. La pluviométrie très déficitaire (décennale sèche) a juste assuré le remplissage des mares et des dépressions, sans écoulement général.

En 1967. La pluviométrie, à peine inférieure à la médiane, a été suffisante pour assurer un écoulement général dans la vallée de TOROUF. Le volume écoulé (8 millions de m<sup>3</sup>), avec 1 % de coefficient d'écoulement, correspond à l'écoulement de fréquence médiane.

A partir des données d'observation précédentes, on peut tenter de fournir une estimation grossière des volumes écoulés annuels de différentes fréquences. En effet, fréquemment, lors de nos études sur les relations entre précipitations annuelles et débits annuels, nous avons constaté des corrélations acceptables qui justifient de prendre pour la présente étude les hypothèses suivantes, compte tenu du fait que les données d'observations dont on dispose correspondent à des années de fréquences pluviométriques assez différentes.

- 1° - La régression entre l'écoulement annuel  $E_I$  et l'indice pluviométrique  $I_{S_I}$ , défini au paragraphe 3.2., est linéaire.
- 2° - La droite de régression passe par les points correspondant aux données d'observation de 1966 et 1967.
- 3° - La fréquence de  $E_I$  est celle de l'indice  $I_{S_I}$  correspondant.

Moyennant ces hypothèses, on peut estimer à 2 ou 3 millions de  $m^3$  le volume écoulé de récurrence quinquennale sèche ( $F = 0,80$ ). Pour les années humides, étant donné l'absence d'observations, l'extrapolation est plus hasardeuse, et de toute façon l'ordre de grandeur des écoulements est assez délicat à établir en raison de l'hydrographie très particulière de la vallée de TOROUF et de la forte irrégularité qui caractérise les régimes hydrologiques subdésertiques. Avec ces restrictions, les chiffres de 14 à 16 millions de  $m^3$  pour la quinquennale humide et de 17 à 20 millions de  $m^3$  pour la décennale peuvent être avancés.

#### 6.1.2. - Station S<sub>II</sub> (TIGERWIT)

En 1966. L'écoulement annuel avait été estimé à 7 millions de  $m^3$  du 15 Juillet au 4 Septembre.

Les mesures plus précises effectuées cette année à la station ont permis de montrer que les débits de débordements, et par conséquent les volumes écoulés, avaient été surestimés en 1966. Il faut évaluer à 6 ou 7 millions de  $m^3$  l'écoulement total à S<sub>II</sub> pour l'ensemble de la saison des pluies ( $P_m = 150$  mm), ce qui correspond à un coefficient d'écoulement  $K_e$  de 3 à 3,5 %. Ces chiffres donnent l'ordre de grandeur de l'écoulement à S<sub>II</sub> en année quinquennale sèche.

En 1967. L'écoulement total à S<sub>II</sub> a été de 11,3 millions de  $m^3$  ( $K_e = 4,2$  %) pour une pluviométrie de récurrence médiane. Ce coefficient d'écoulement assez faible caractérise un cours d'eau de régime subdésertique assez fortement dégradé, de pente motrice faible (0,45 % en hautes eaux) (1).

Les ordres de grandeur des écoulements de diverses fréquences peuvent être évalués en conservant vis-à-vis des variables  $E_{II}$  et  $I_{S_{II}}$  les mêmes hypothèses qu'au paragraphe précédent. Des réserves identiques sont donc à formuler pour ce qui concerne le degré de confiance à attribuer à ces ordres de grandeur. Toutefois, la forme assez ramassée du bassin et sa superficie plus réduite font que l'irrégularité interannuelle du TIGERWIT est très probablement moins forte que celle du TOROUF. L'évaluation des écoulements annuels s'en trouve facilitée.

---

(1).- Note : Sur le KORI TELOUA à RAZELMAMOULMI, on avait pu observer un coefficient d'écoulement très supérieur (20 %) dû à l'absence de dégradation spécifique et à l'existence d'une pente motrice sept fois plus forte (3,1 %).

Il est ainsi permis d'estimer à 2 ou 3 millions de  $m^3$  le volume écoulé de récurrence décennale sèche, la décennale humide correspondant à un écoulement de l'ordre de 20 à 25 millions de  $m^3$ .

#### 6.2. - Crues

Pour  $S_I$ , la plus forte crue 1967 a atteint un débit de pointe de 62  $m^3/s$  pour 2,7 millions de  $m^3$ . En l'absence d'autres renseignements, cela fixe l'ordre de grandeur de la crue annuelle maximale en année normale.

Pour  $S_{II}$ , la plus forte crue observée a atteint 35  $m^3/s$  pour un volume écoulé de 3 millions de  $m^3$  et doit être peu différente de la crue annuelle.

#### 6.3. - Conclusions

Alors que les résultats obtenus sur le site  $S_I$  en 1966 étaient nettement défavorables, les résultats de la dernière campagne pourraient laisser supposer qu'un projet d'aménagement de ce site était rentable. En fait, il convient de ne pas perdre de vue la très forte irrégularité qui caractérise les apports annuels.

En zone subdésertique, la forme même du bassin de TOROUF implique la perte de la majeure partie du débit entre la tête du bassin et l'exutoire. En année sèche, les eaux de ruissellement, importantes surtout en amont à cause des pentes notables, sont absorbées par évaporation dès que la dégradation hydrographique se manifeste, c'est-à-dire bien avant d'atteindre l'exutoire. C'est ainsi qu'en 1966 on a pu observer un volume total d'écoulement négligeable dû uniquement à des ruissellements localisés à l'aval.

Pour cette raison, malgré l'importance de l'écoulement enregistré en 1967, le projet d'aménagement du site  $S_I$  ne semble pas devoir être très avantageux.

En revanche, la forme assez ramassée du bassin de TIGERWIT a pour effet de limiter les phénomènes de pertes par évaporation et il s'ensuit une irrégularité interannuelle beaucoup moins marquée ainsi que le montrent les chiffres du paragraphe 6.1.2. Cependant, ces chiffres montrent aussi que la retenue projetée de 20 millions de  $m^3$  ne se remplira totalement qu'une fois tous les 6 ou 7 ans en moyenne.

D'autre part, il y aura lieu de tenir compte de la reprise par évaporation qui, en l'absence de données topographiques ne peut être chiffrée ici de façon précise. On peut être néanmoins assuré qu'avec une évaporation de 2,50 m, cette reprise sera très importante sur une retenue dont la superficie doit atteindre 1 000 hectares à la cote maximale.

Il convient enfin de noter l'importance des transports solides en suspension qui auront pour effet de combler progressivement la retenue, de diminuer sa profondeur moyenne et par conséquent d'augmenter la surface recouverte par les eaux ainsi que la reprise évaporatoire.

- A N N E X E S -

---

C A M P A G N E 1 9 6 7

---

-- A N N E X E A --

---

ANALYSE DES PRINCIPALES AVERSES OBSERVEES EN S<sub>II</sub>

---

(Pluviographe PE<sub>1</sub>)

| Averses |         | Heure   | Pluie<br>cumulée<br>(mm) | Pluie<br>partielle<br>(mm) | Temps<br>partiel<br>(mn) | Intensité<br>(mm/h) |
|---------|---------|---------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| N°      | Date    |         |                          |                            |                          |                     |
| 4       | 30-7-67 | 19 h 35 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 1,5                        | 5                        | 18                  |
|         |         | 19 h 40 | 1,5                      |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 7,0                        | 5                        | 84                  |
|         |         | 19 h 45 | 8,5                      |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 5,5                        | 5                        | 66                  |
|         |         | 19 h 50 | 14,0                     |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 4,0                        | 5                        | 48                  |
|         |         | 19 h 55 | 18,0                     |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 2,0                        | 5                        | 24                  |
|         |         | 20 h 00 | 20,0                     |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 1,0                        | 5                        | 12                  |
|         |         | 20 h 05 | 21,0                     |                            |                          |                     |
| 9       | 6-8-67  | 20 h 25 | 22,0                     | 1,0                        | 20                       | 3                   |
|         |         | 20 h 30 | 22,5                     | 0,5                        | 65                       | 0,5                 |
|         |         | 22 h 10 | 24,5                     | 2,0                        | 40                       | 3                   |
|         |         | 20 h 30 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 1,5                        | 20                       | 4,5                 |
|         |         | 20 h 50 | 1,5                      |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 1,5                        | 5                        | 18,0                |
|         |         | 20 h 55 | 3,0                      |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 1,5                        | 5                        | 18,0                |
|         |         | 21 h 00 | 4,5                      |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 1,5                        | 35                       | 2,6                 |
|         |         | 21 h 35 | 6,0                      |                            |                          |                     |
|         |         |         |                          | 1,0                        | 35                       | 1,7                 |
|         |         | 22 h 10 | 7,0                      |                            |                          |                     |

| Averses |         | Heure   | Pluie<br>cumulée<br>(mm) | Pluie<br>partielle<br>(mm) | Temps<br>partiel<br>(mn) | Intensité<br>(mm/h) |
|---------|---------|---------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| N°      | Date    |         |                          |                            |                          |                     |
| 10      | 9-8-67  | 14 h 50 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         | 14 h 55 | 1,0                      | 1,0                        | 5                        | 12,0                |
|         |         | 15 h 00 | 3,0                      | 2,0                        | 5                        | 24,0                |
|         |         | 15 h 05 | 5,0                      | 2,0                        | 5                        | 24,0                |
|         |         | 15 h 10 | 10,0                     | 5,0                        | 5                        | 60,0                |
|         |         | 15 h 15 | 16,5                     | 6,5                        | 5                        | 78,0                |
|         |         | 15 h 20 | 26,0                     | 9,5                        | 5                        | 114,0               |
|         |         | 15 h 25 | 31,0                     | 5,0                        | 5                        | 60,0                |
|         |         | 16 h 30 | 32,0                     | 1,0                        | 65                       | 0,9                 |
| 11      | 10-8-67 | 19 h 30 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         | 19 h 40 | 1,0                      | 1,0                        | 10                       | 6,0                 |
|         |         | 19 h 48 | 3,0                      | 2,0                        | 8                        | 15,0                |
|         |         | 21 h 35 | 3,0                      | 0,0                        |                          | 0,0                 |
|         |         | 21 h 40 | 4,0                      | 1,0                        | 5                        | 12,0                |
|         |         | 21 h 45 | 5,0                      | 1,0                        | 5                        | 12,0                |
|         |         | 21 h 30 | 6,0                      | 1,0                        | 5                        | 12,0                |

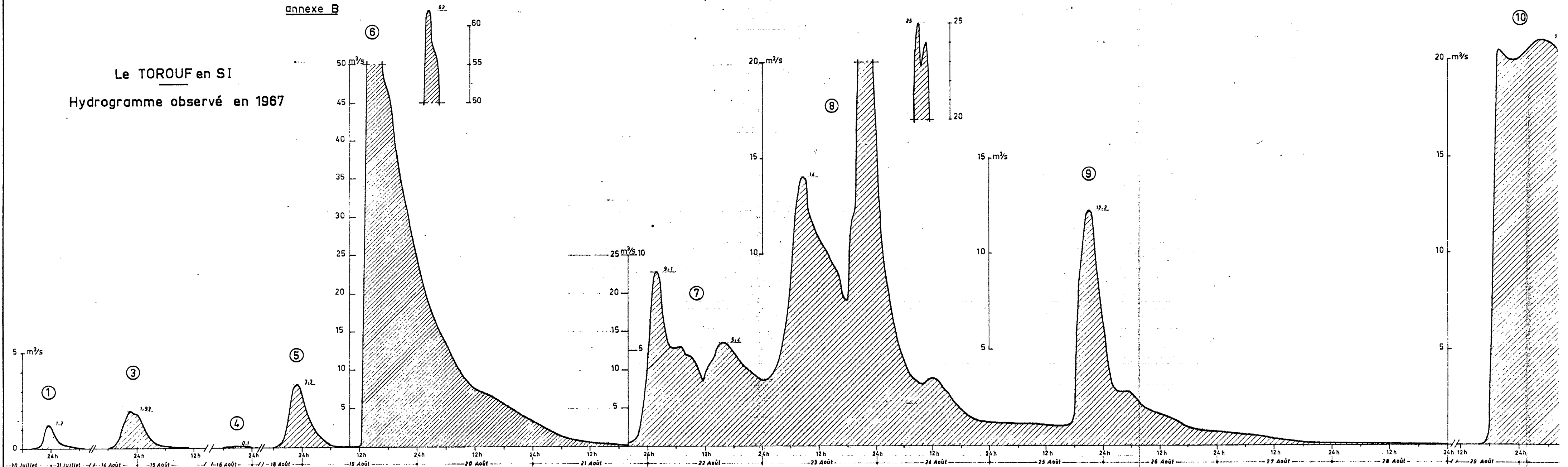
| Averses |         | Heure   | Pluie<br>cumulée<br>(mm) | Pluie<br>partielle<br>(mm) | Temps<br>partiel<br>(mm) | Intensité<br>(mm/h) |
|---------|---------|---------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| N°      | Date    |         |                          |                            |                          |                     |
| 12      | 14-8-67 | 19 h 05 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         | 19 h 10 | 1,0                      | 1,0                        | 5                        | 12,0                |
|         |         | 19 h 15 | 2,5                      | 1,5                        | 5                        | 18,0                |
|         |         | 19 h 20 | 4,0                      | 1,5                        | 5                        | 18,0                |
|         |         | 19 h 25 | 5,5                      | 1,5                        | 5                        | 18,0                |
|         |         | 19 h 30 | 7,0                      | 1,5                        | 5                        | 18,0                |
|         |         | 19 h 35 | 7,5                      | 0,5                        | 5                        | 6,0                 |
|         |         | 19 h 45 | 8,0                      | 0,5                        | 10                       | 3,0                 |
|         |         | 20 h 45 | 8,5                      | 0,5                        | 60                       | 0,5                 |
| 14      | 18-8-67 | 16 h 50 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         | 17 h 05 | 1,5                      | 1,5                        | 10                       | 9                   |
|         |         | 18 h 10 | 1,5                      | 0,0                        | 5                        | 0                   |
|         |         | 18 h 15 | 2,5                      | 1,0                        | 5                        | 12                  |
|         |         | 18 h 20 | 6,0                      | 3,5                        | 5                        | 42                  |
|         |         | 18 h 25 | 11,5                     | 5,5                        | 5                        | 66                  |
|         |         | 18 h 30 | 17,5                     | 6,0                        | 5                        | 72                  |
|         |         | 18 h 35 | 19,0                     | 1,5                        | 5                        | 18                  |
|         |         | 19 h 20 | 20,0                     | 1,0                        | 45                       | 1,3                 |
|         |         | 19 h 50 | 21,5                     | 1,5                        | 30                       | 3,0                 |
|         |         | 21 h 00 | 21,5                     | 0,0                        | 80                       | 0,0                 |
|         |         | 22 h 30 | 22,5                     | 1,0                        | 90                       | 0,7                 |

| Averses |         | Heure   | Pluie<br>cumulée<br>(mm) | Pluie<br>partielle<br>(mm) | Temps<br>partiel<br>(mn) | Intensité<br>(mm/h) |
|---------|---------|---------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| N°      | Date    |         |                          |                            |                          |                     |
| 14      | 18-8-67 | 16 h 50 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         | 17 h 05 | 1,5                      | 1,5                        | 10                       | 9                   |
|         |         | 18 h 10 | 1,5                      | 0,0                        | 5                        | 0                   |
|         |         | 18 h 15 | 2,5                      | 1,0                        | 5                        | 12                  |
|         |         | 18 h 20 | 6,0                      | 3,5                        | 5                        | 42                  |
|         |         | 18 h 25 | 11,5                     | 5,5                        | 5                        | 66                  |
|         |         | 18 h 30 | 17,5                     | 6,0                        | 5                        | 72                  |
|         |         | 18 h 35 | 19,0                     | 1,5                        | 5                        | 18                  |
|         |         | 19 h 20 | 20,0                     | 1,0                        | 45                       | 1,3                 |
|         |         | 19 h 50 | 21,5                     | 1,5                        | 30                       | 3,0                 |
|         |         | 21 h 00 | 21,5                     | 0,0                        | 80                       | 0,0                 |
|         |         | 22 h 30 | 22,5                     | 1,0                        | 90                       | 0,7                 |
| 16      | 21-8-67 | 19 h 50 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         | 20 h 00 | 0,5                      | 0,5                        | 10                       | 3,0                 |
|         |         | 20 h 05 | 2,5                      | 2,0                        | 5                        | 24,0                |
|         |         | 20 h 10 | 3,5                      | 1,0                        | 5                        | 12,0                |
|         |         | 20 h 50 | 3,5                      | 0,0                        | 40                       | 0,0                 |
|         |         | 21 h 00 | 4,5                      | 1,0                        | 10                       | 6,0                 |
|         |         | 22 h 05 | 4,5                      | 0,0                        | 65                       | 0,0                 |
|         |         | 22 h 10 | 11,0                     | 5,5                        | 5                        | 66,0                |
|         |         | 22 h 15 | 12,0                     | 1,0                        | 5                        | 12,0                |
|         |         | 22 h 25 | 12,5                     | 0,5                        | 10                       | 3,0                 |
|         |         | 22 h 40 | 13,5                     | 1,0                        | 15                       | 4,0                 |
|         |         | 22 h 55 | 14,0                     | 0,5                        | 15                       | 2,0                 |
|         |         | 23 h 35 | 14,5                     | 0,5                        | 40                       | 0,7                 |

| Averses |         | Heure   | Pluie<br>cumulée<br>(mm) | Pluie<br>partielle<br>(mm) | Temps<br>partiel<br>(mn) | Intensité<br>(mm/h) |
|---------|---------|---------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| N°      | Date    |         |                          |                            |                          |                     |
| 20      | 25-8-67 | 16 h 44 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         | 16 h 45 | 0,5                      | 0,5                        | 1                        | 30                  |
|         |         | 16 h 50 | 3,0                      | 2,5                        | 5                        | 30                  |
|         |         | 16 h 55 | 4,0                      | 1,0                        | 5                        | 12                  |
|         |         | 18 h 20 | 4,5                      | 0,5                        | 85                       | 0,4                 |
|         |         | 18 h 40 | 5,0                      | 0,5                        | 20                       | 1,5                 |
| 23      | 29-8-67 | 16 h 37 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         | 16 h 40 | 1,5                      | 1,5                        | 3                        | 30                  |
|         |         | 16 h 45 | 3,0                      | 1,5                        | 5                        | 18                  |
|         |         | 16 h 50 | 9,0                      | 6,0                        | 5                        | 72                  |
|         |         | 16 h 52 | 11,0                     | 2,0                        | 2                        | 60                  |
|         |         | 17 h 00 | 12,0                     | 1,0                        | 8                        | 7,5                 |
|         |         | 17 h 11 | 14,0                     | 2,0                        | 11                       | 11                  |
|         |         | 17 h 18 | 14,5                     | 0,5                        | 7                        | 4,0                 |
| 25      | 7-9-67  | 17 h 05 | 0,0                      |                            |                          |                     |
|         |         | 17 h 10 | 1,5                      | 1,5                        | 5                        | 18,0                |
|         |         | 17 h 17 | 4,0                      | 2,5                        | 7                        | 21,5                |
|         |         | 17 h 40 | 5,0                      | 1,0                        | 23                       | 2,5                 |
|         |         | 19 h 10 | 6,5                      | 1,5                        | 90                       | 1,0                 |

annexe B

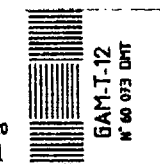
# Le TOROUF en SI Hydrogramme observé en 1967

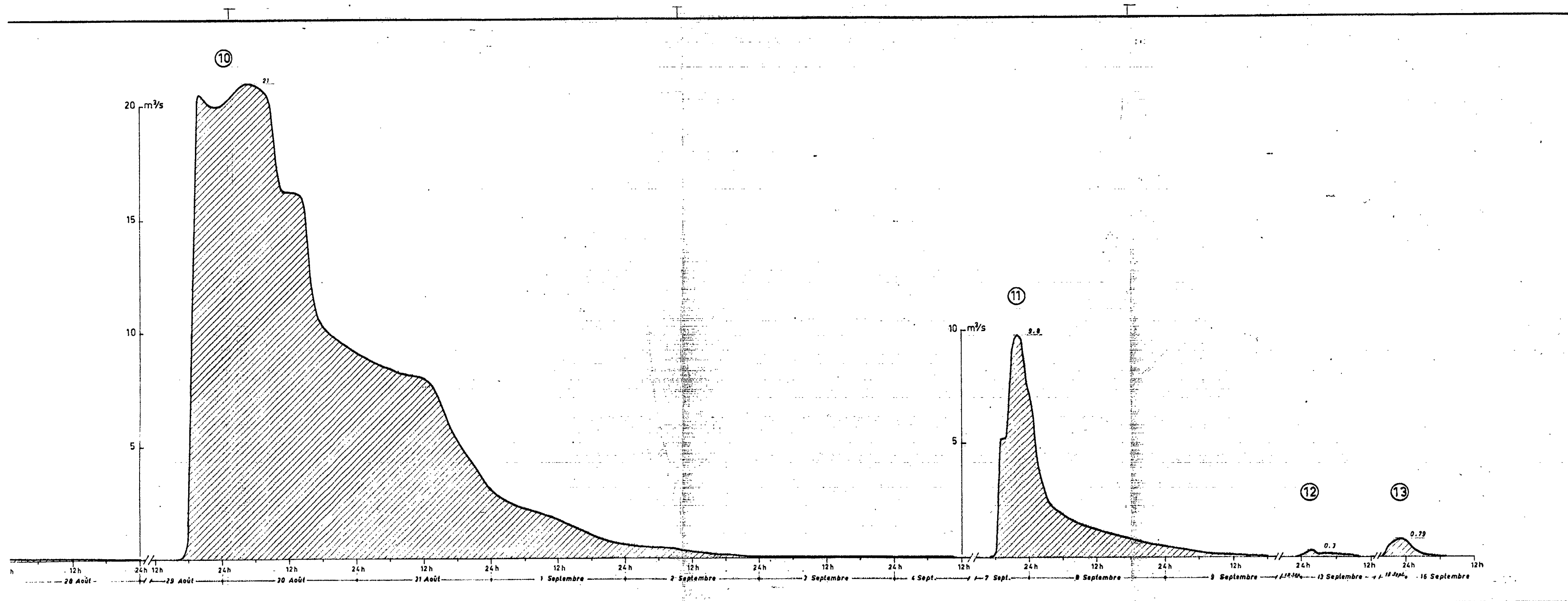


Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer  
NIG-71783

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDQCGQUVWMNSZXY  
zsaeocmuvnwxfkhdppqjlt 7142385690  
Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDQCGQUVWMNSZXY  
zsaeocmuvnwxfkhdppqjlt 7142385690

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20





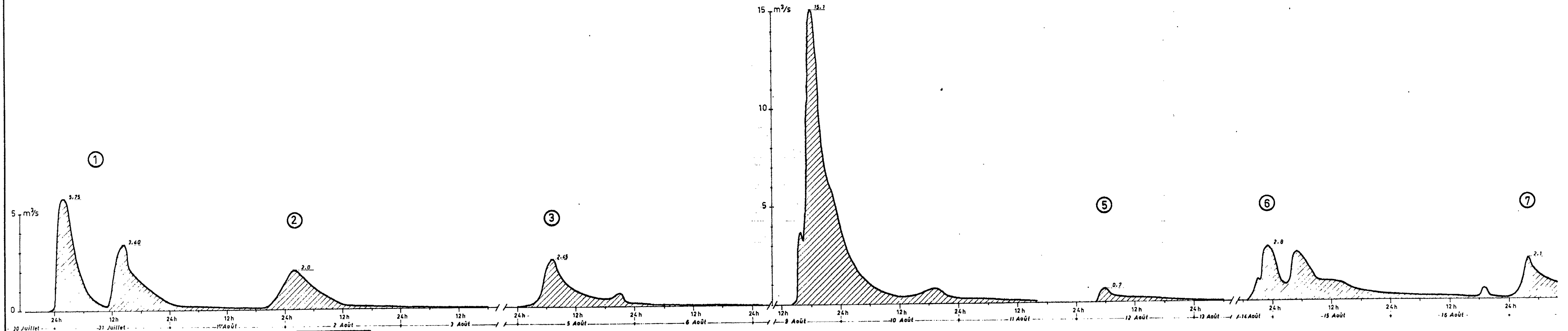
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMSZXXY  
 zsaeocmuvnwixrfkhbdpggyjlt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMSZXXY  
 zsaeocmuvnwixrfkhbdpggyjlt 7142385690

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



annexe C

Le TIGERWIT en S II  
Hydrogramme observé en 1967  
(CRUES 1 à 14)

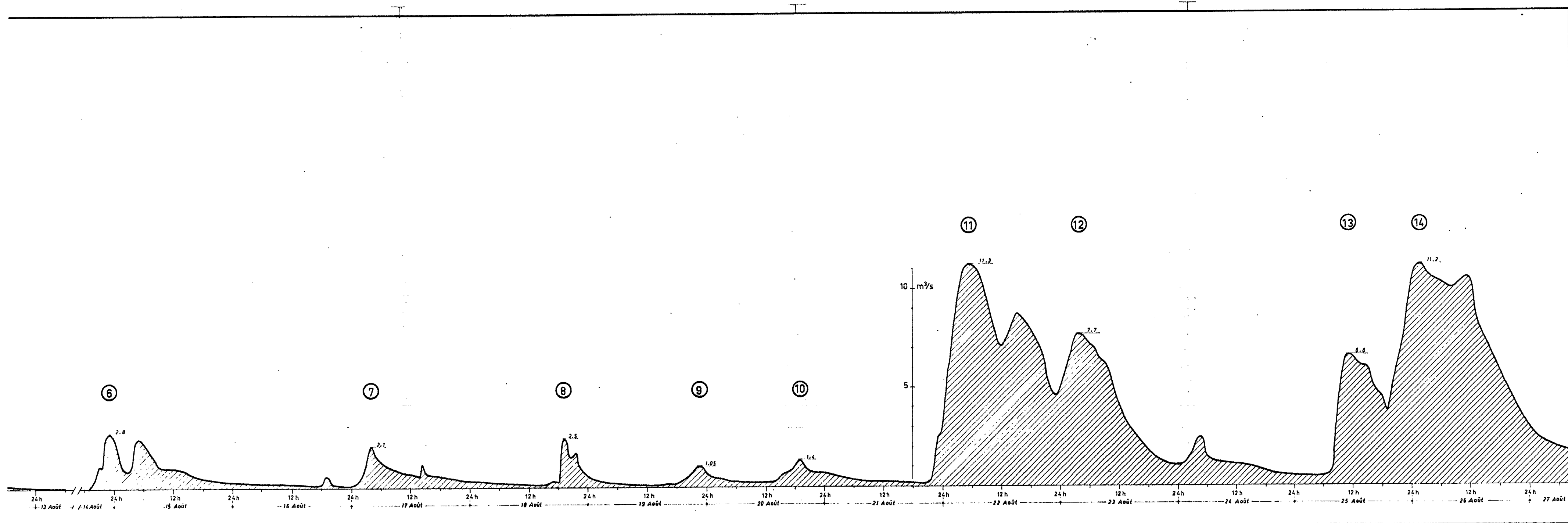


Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer  
NIG-71784

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGQUVWMNSZXKY  
zsaeocmuvnwixirfkhdppqgyjlt 7142385690  
Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGQUVWMNSZXKY  
zsaeocmuvnwixirfkhdppqgyjlt 7142385690

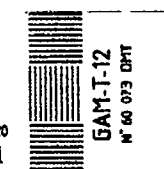
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

GAM-T-12  
N° 60 073 DNT

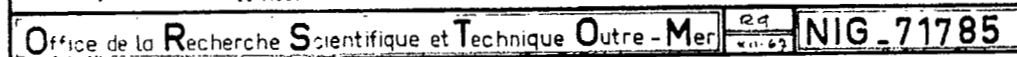


Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGOUVWMNSZXKY  
zsaeocmuvnwxi r fkhbdpggyjlt 7142385690  
Pour A2 A3 A4: ABERPFTHLJDOCGOUVWMNSZXKY  
zsaeocmuvnwxi r fkhbdpggyjlt 7142385690

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

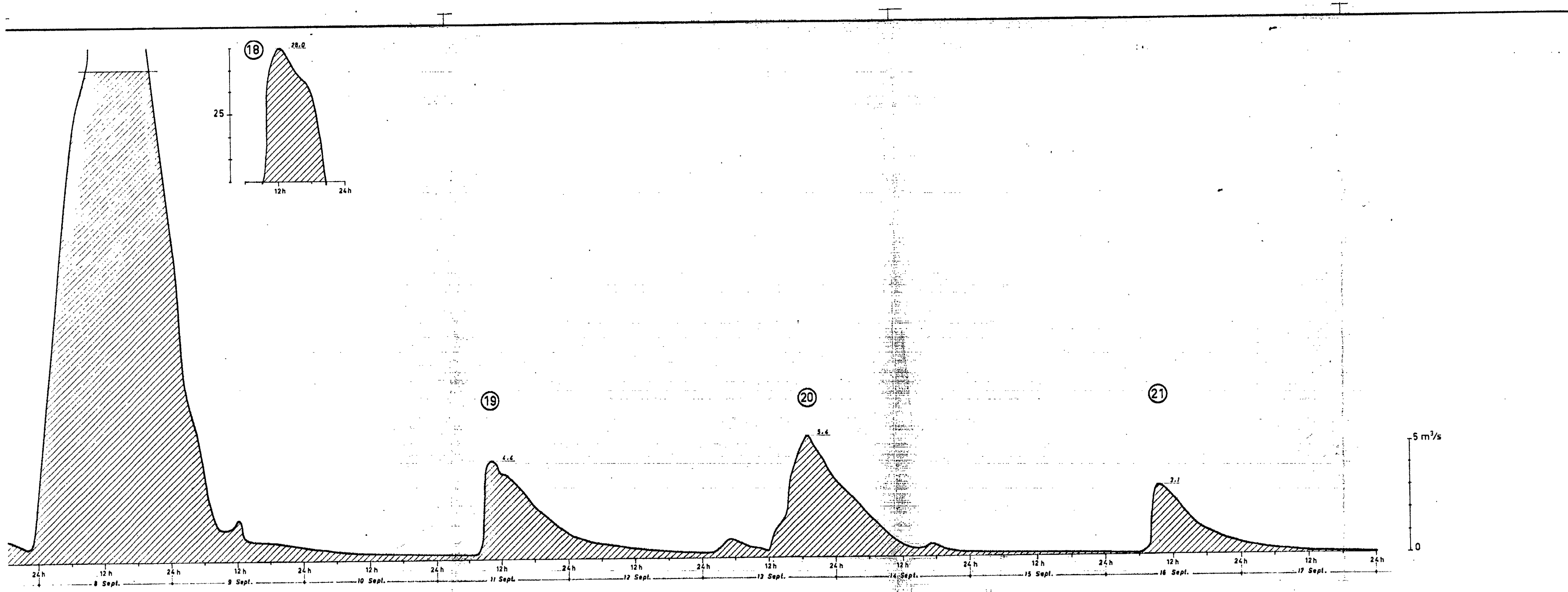


annexe C  
( suite )



A horizontal ruler with markings from 0 to 20 centimeters. The markings are in millimeters, with numbers every centimeter. The ruler is used to measure the length of the line segment.

140 E40 09 J4  
GAM-T-12



Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGQUVWMNSZXKY  
 zsaeocmuvnwxi r f k h b d p q g j l t 7142385690  
 Pour A2 A3 A4: ABERPFTHLJDOCGQUVWMNSZXKY  
 zsaeocmuvnwxi r f k h b d p q g j l t 7142385690

