

Office de la Recherche Scientifique  
et Technique Outre-Mer

RÉPUBLIQUE DU NIGER  
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

ORGANISATION COMMUNE  
DES RÉGIONS SAHARIENNES

Études d'écoulement dans le massif de l'Aïr

---

ALIMENTATION EN EAU  
DE LA ZONE DES GRÈS D'AGADÈS

---

CAMPAGNE 1959

par M<sup>r</sup> R. LEFÈVRE  
Ingénieur hydrologue à l'ORSTOM

JANVIER 1960

OFFICE de la RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE OUTRE-MER

REPUBLIQUE du NIGER  
MINISTERE des TRAVAUX PUBLICS

-----  
ORGANISATION COMMUNE  
des REGIONS SAHARIENNES  
-----

ETUDES d'ECOULEMENT dans le MASSIF de l'AIR  
-----

ALIMENTATION en EAU de la ZONE des GRES d'AGADES  
-----

Campagne 1959

Janvier 1960

## S O M M A I R E

<u>INTRODUCTION</u> -	Pages
Travaux antérieurs	2
Programme et organisation de la campagne	3
Moyens matériels mis en oeuvre	4
<u>CHAPITRE I</u> -	
Exposé géographique sommaire	6
A - GENERALITES -	6
B - GEOLOGIE -	8
C - VEGETATION -	13
D - RESEAUX HYDROGRAPHIQUES -	13
<u>CHAPITRE II</u> -	
Climatologie	26
A - PLUVIOMETRIE -	26
I Aperçu sur la genèse des pluies	26
II Caractéristiques des précipitations	28
III Formation des précipitations dans le Massif de l'AIR	29

	Pages
IV Analyse des relevés pluviométriques antérieurs à 1959	30
V Observation de la campagne 1959	35
B - TEMPERATURE -	50
C - HUMIDITE RELATIVE -	53
D - EVAPORATION -	55
 <u>CHAPITRE III -</u>	
Hydrologie	57
Bassins experimentaux de RAZELMAMOULMI	57
A - DESCRIPTION SOLEILIRE du BASSIN -	58
B - CARACTERISTIQUES CLIMATOLOGIQUES -	59
C - ETALONNAGE des STATIONS -	60
D - ETUDES des CRUES et AVERSES OBSERVEES -	60
E - ESTIMATION des CRUES DECENNALES -	76
F - VOLUMES ANNUELS ECOULES - COEFFICIENTS GLOBAUX d'ECOULEMENT -	77
 <u>CHAPITRE IV -</u>	
Hydrologie	79
A - LE KORI TELOUA -	79
I - Description du bassin	79
II Equipement	83
III Observations des crues	86
IV Bilan de la saison des pluies 1959	90
V Propagation de la crue du TELOUA	91
B - LE KORI d'EL MEKI -	96

	Pages
<u>CHAPITRE V -</u>	
Etude extensive des Koris de l'AIR	103
A - KORI d'IFEROUANE -	104
B - KORI OULDJOU -	109
C - KORI GUERMATT -	110
D - KORI AOUDERER -	111
E - KORI ZILALET -	112
F - KORI ANOU MAKAREN et ses AFFLUENTS -	112
G - KORIS SITUES entre ANOU MAKAREN et TELOUA -	114
H - KORIS DIVERS -	116
<u>CHAPITRE VI -</u>	
Etudes annexes	117
A - DEBITS SOLIDES -	117
B - MESURE des VITESSES de l'INFERO-FLUX -	121
C - EVAPORATION d'une NAPPE d'INFERO-FLUX -	124
D - NIVEAU des PUIITS -	125
<u>CONCLUSION -</u>	
Bilan Hydrologique de l'année 1959	128

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

---

Par conventions passées d'une part avec l'ORGANISATION COMMUNE DES REGIONS SAHARIENNES et d'autre part avec le Ministère des Travaux Publics de la République du NIGER, l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer s'est engagé à effectuer, en 1959, une campagne d'études hydrologiques dans le massif de l'AIR.

Le problème posé est l'étude des écoulements dans le massif et, par suite, l'alimentation de la nappe aquifère de l'Ouest-AIR. Cette nappe se situe dans les séries sédimentaires gréseuses plongeant sous les argilites de l'IRHAZER.

L'alimentation se fait depuis les affleurements gréseux situés au contact du socle précambrien constituant le massif de l'AIR à partir des ruissellements prenant naissance dans le massif.

Le programme établi en accord avec l'O.C.R.S. et le Ministère des Travaux Publics de la République du NIGER était le suivant :

- Etude de la pluviométrie du massif.
- Etude sommaire du réseau hydrographique de l'AIR.
- Etude du ruissellement sur des bassins versants expérimentaux de quelques kilomètres carrés.

- Etude du ruissellement des Koris TELOUA à la sortie du cristallin et EL MEKI au village d'EL MEKI.
- Estimation des volumes ruisselés dans l'ensemble du massif.
- Etudes annexes : débits solides, variation du niveau de quelques puits, mesures d'inféro-flux etc...
- Etude d'évaporation.

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus au cours de la campagne 1959.

#### TRAVAUX ANTERIEURS -

L'hydrologie et la climatologie de l'AIR sont fort peu connues et n'ont fait, jusqu'à présent, l'objet d'aucune étude particulière.

Le Service Météorologique du NIGER a installé des postes pluviométriques, puis climatologiques, à AGADES et à IFEROUANE : nous possédons des relevés pluviométriques de ces stations respectivement depuis 1921 et 1940. Enfin, une station pluviométrique fonctionne depuis 1956 à EL MEKI.

Du point de vue géographique, nous disposons :

- de la feuille d'AGADES au 1/1 000 000
- de la couverture aérienne réalisée par l'Institut Géographique National en 1957 - 1958, élément essentiel de notre documentation.

Du point de vue géologique, nous disposons du "Rapport de mission géologique et minière dans l'AIR" de M. RAULAIS (1951) ainsi que d'une esquisse géologique de l'AIR au 1/1 000 000 et de cartes au 1/200 000.

Nous n'avons malheureusement pu retrouver les autres rapports et publications de M. RAULAIS.

PROGRAMME et ORGANISATION de la CAMPAGNE -

Le programme prévu était le suivant :

- Installation d'un réseau de pluviomètres : enregistreurs "Association" et totalisateurs dans le massif de l'ATR (versant Ouest) et plus particulièrement sur le Bassin Versant du Kori TELOUA.
- Installation et exploitation de trois bassins versants expérimentaux à RAZELMAMOULMI, 30 km au Nord d'AGADES. Les superficies de ces bassins sont de 0,55 km<sup>2</sup>, 1,81 km<sup>2</sup> et 2,11 km<sup>2</sup>. L'étude sur le terrain comporte les relevés simultanés des précipitations et des écoulements.
- Installation de stations hydrométriques sur les Koris TELOUA et EL MEKI : échelles, limnigraphes, sections de mesures.
- Etude extensive des crues sur les principaux réseaux hydrographiques de la partie Ouest de l'ATR : échelles à maximums.
- Mesures d'inféro-flux dans le TELOUA à RAZELMAMOULMI.
- Mesures des débits solides du TELOUA.
- Variation des niveaux dans la plaine alluviale.
- Mesures d'évaporation à IFEROUANE.

L'exécution de ce programme a été confiée à M. LEFEVRE, Ingénieur à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer assisté de M. SABATIER, agent technique hydrologue.

La mission comportait deux équipes :

- Une équipe à poste fixe (M. SABATIER) qui devait assurer l'exploitation des Bassins Versants expérimentaux et le contrôle de la station de RAZELMAMOULMI sur le TELOUA.
- Une équipe volante (M. LEFEVRE) chargée des observations pluviométriques et hydrologiques sur l'ensemble du massif et plus particulièrement sur les Koris de TELOUA et de EL MEKI.

Les deux équipes et le matériel étaient rendus à AGADES le 20 Juin. L'équipement pluviométrique était terminé vers le 1er Juillet tandis que les installations hydrométriques étaient prêtes à fonctionner vers le 15 Juillet.

Les pluies, du moins dans le Sud du massif, ont été abondantes en 1959 et tous les Koris ont coulé un certain nombre de fois. On peut considérer que, compte tenu des moyens disponibles, les résultats obtenus par la mission sont satisfaisants.

Toutefois, par suite de la rareté des précipitations suffisamment fortes pour donner lieu à des écoulements et de la brièveté de ces crues, les hydrologues ont dû opérer très rapidement, ce qui nuit à la précision des mesures effectuées.

La mission était de retour à NIAMEY dans la deuxième quinzaine d'Octobre.

#### MOYENS MATERIELS MIS EN OEUVRE -

##### Véhicules :

La mission disposait pour ses déplacements de deux pick-up "Land-Rover".

Le Land-Rover affecté à M. SABATIER était dans un état médiocre et a nécessité de nombreuses réparations de fortune, qui, si elles n'ont que peu affecté l'exécution de notre programme, ont fait perdre beaucoup de temps à l'hydrologue.

##### Climatologie :

L'observation des pluies était assurée au moyen de cinq pluviographes à augets basculeurs (dont quatre journaliers), dix-huit pluviomètres "Association" et douze totalisateurs (seaux de 20 litres avec entonnoirs de pluviomètre type Association).

Deux bacs d'évaporation d'une surface de  $1\text{ m}^2$  ont été installés à AGADES et IFEROUANE.

Topographie :

Les profils en travers sur le TELOUA étaient effectués au niveau de chantier ZEISS. Toutes les autres opérations, rattachement des points d'eau aux bornes I.G.N., mesures de pente, étaient effectuées par l'équipe volante au moyen d'un niveau WILD N 10.

Hydrologie :

Nous disposions de cinq limnigraphes OTT à mouvement journalier dont quatre ont été installés sur les bassins versants expérimentaux et un sur le TELOUA, à la station de RAZELMAMOULMI.

A partir du 20 Août, un des limnigraphes du B.V. a été retiré et posé en amont d'ALARCES afin de suivre la propagation de la crue du TELOUA.

Une vingtaine d'éléments d'échelles ont été posés aux principales stations. Les mesures de débit ont été effectuées au moulinet OTT monté sur perche.

Lorsque le jaugeage à gué n'était pas possible, nous avons essayé d'utiliser des canots pneumatiques AERAZUR (2 places). Cette embarcation s'est révélée instable et inutilisable pour des vitesses supérieures à 1,50 m/s. Les jaugeages de moyennes et hautes eaux ont dû être effectués au flotteur.

Pour la prochaine campagne, étant donné qu'au moment des hautes eaux les rivières sont dangereuses à pratiquer en bateau (vitesse de 3 à 4 m/s, remous, troncs d'arbres charriés), il serait préférable de prévoir l'installation de transporteurs aériens, au moins sur les Koris de largeur inférieure à 40 mètres.

## CH A P I T R E I

---

### EXPOSE GEOGRAPHIQUE SOMMAIRE sur le MASSIF de l'AIR

---

#### A - GENERALITES (Carte I) -

Le Massif de l'AIR a la forme d'un quadrilatère compris entre les 17° et 21° parallèles Nord d'une part et les méridiens 7° et 10° Est d'autre part.

La superficie de cet ensemble est d'environ 70 000 km<sup>2</sup>. Toutefois, la partie du massif que nous avons étudiée s'arrête approximativement au 19° parallèle et se limite au seul versant Ouest.

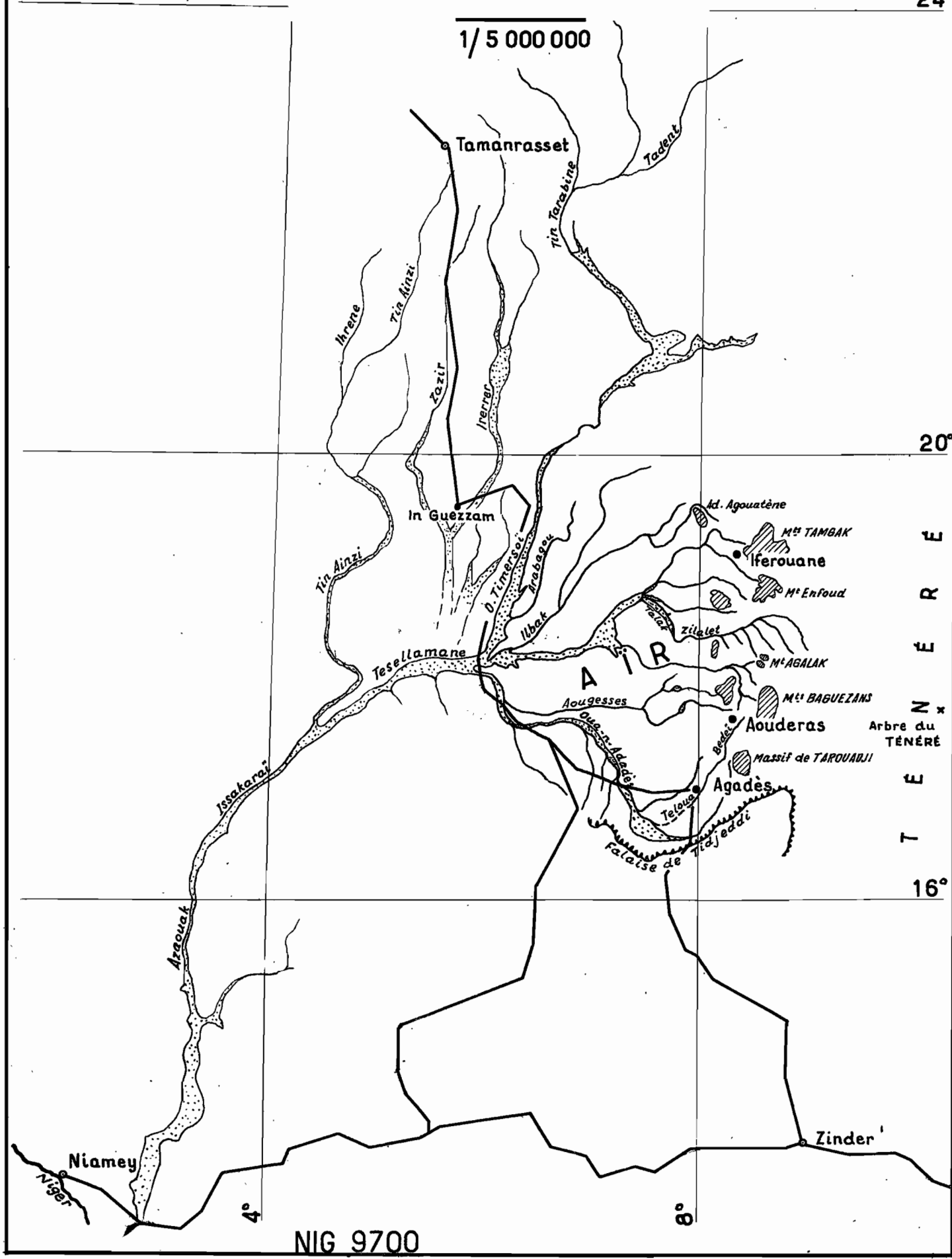
La zone étudiée est sensiblement comprise entre les parallèles 17° et 19° Nord et les méridiens 8° et 9° Est. Sa superficie est d'environ 27 000 km<sup>2</sup>.

L'AIR, en grande partie formé de granites anciens précambriens, présenterait dans l'ensemble des formes assez molles. Toutefois, une série de massifs de jeunes granites, approximativement alignés dans la direction Nord-Sud (TAMGAK, AGALAK, BAGUEZANS et TAROUADJI) est venue donner quelque vigueur à ce relief. Elle constitue les plus hauts sommets qui atteignent l'altitude de 1 900 m. D'assez nombreux volcans donnent au paysage un aspect caractéristique.

# CROQUIS DE SITUATION

24°

1/5 000 000



20°

E  
R  
É  
N  
x

T  
E  
N  
É  
R  
É

16°

Niamey

Tamanrasset

In Guezzam

Ad. Agouatène

Iferouane

M<sup>ts</sup> Enfoud

M<sup>ts</sup> AGALAK

M<sup>ts</sup> BAGUEZANS

Aouderas

Agadès

Zinder

NIG 9700

4°

6°

Niger

Araouak

Issakharou

Tin Ainzi

Ikerere

Zozir

Irerreg

Tin Tarabéine

Tadent

D. Timerset

Ilbak

Aougesses

Massif de TAROUAJI

Falaise de Tadjaddi

Telous

Beché

zilalet

Tadj

Arbre du TENERÉ

Le point culminant se trouve dans les Monts BAGUEZANS (l'IDOUKELENE : alt. 1 900 mètres). C'est un massif de jeune granite surmonté d'un volcan basaltique récent.

A l'Ouest du massif, le socle précambrien est recouvert par la couche des grès d'AGADES, elle-même recouverte par les argilites de l'IRHAZER.

Le versant Ouest est drainé par un nombre important de Koris (rivières) de direction générale Est-Ouest. Ces Koris convergent dans la région d'IN ABANGARIT pour former l'IN AZAOUAK.

Les communications avec AGADES sont assurées par deux routes : TAHOUA-IN GALL - AGADES et ZIDER-TANOUT-AGADES ; ces pistes sont difficilement praticables durant la saison des pluies et particulièrement en Août.

AGADES dispose d'un aérodrome accessible aux avions de moyen tonnage.

A l'intérieur du massif, la circulation automobile est pratiquement impossible en dehors des pistes et des lits de certains Koris.

Si la piste AGADES-IN KAKANE-IFEROUANE, dont une partie emprunte la zone argileuse, est impraticable en Août, il n'en est pas de même des autres pistes : AGADES-TABELOT, AGADES-AOUDERAS-EL MEKI et EL MEKI-TIMIA-IFEROUANE dont les seules coupures sont provoquées par les écoulements intermittents des Koris.

En dehors du Chef-lieu AGADES et du Poste Administratif d'IFEROUANE, il y a peu de villages permanents dans l'AIR. Citons TIMIA, dans les monts AGALAK, TABELOT au Sud-Est des BAGUEZANS, AOUDERAS au Sud-Ouest de TODRA et le village artificiel d'EL MEKI dû à la présence de minerais d'étain dans les Monts EL MEKI et GUISSAT.

En dehors des habitants des quelques villages permanents, la population Touareg de l'AIR est essentiellement nomade.

B - GEOLOGIE -

Pour la description géologique du massif de l'AIR, nous utiliserons de larges extraits du rapport établi en 1951 par Maurice RAULAIS, Ingénieur-Géologue.

Comme lui, nous distinguerons :

- les roches éruptives
  - a) série granitique ancienne
  - b) série granitique ultime
- les roches métamorphiques
- les roches volcaniques

1 - Les Roches Eruptives -

a) Série granitique ancienne

Dans la série granitique ancienne, d'âge précambrien, nous pouvons faire la distinction entre les granites paraissant s'apparenter aux granites BAOULES et ceux que l'on peut rattacher aux granites de MANKONO.

- Le type de granite assimilé aux granites BAOULES sera celui de TIN-TEBORACQ, calco-alcalin à biotite et parfois amphibole.

Le relief est peu marqué.

Le granite est anguleux, très diaclasé, fortement fendillé, craquelé et bourré de filons de pegmatites complexes.

D'énormes filons proéminents de pegmatites ou de micro-granite avec remplissage hydrothermal (quartz) plus tardif, pouvant atteindre 100 km de longueur, avec une puissance de plusieurs mètres, les recourent en bandes parallèles suivant des alignements rectilignes de fractures (NW - SE en général). Ils se sont formés bien après la mise en place du granite.

On rencontre d'autres filons, en général de quartz laiteux, plus tardifs ou contemporains de la phase de silicification des premiers, dont la direction est grossièrement NE - SW.

Ces réseaux de filons sont une des caractéristiques de l'aire de ces granites anciens.

Ce granite semble avoir amorcé l'érection du massif de l'AIR, du Sud au Nord. Il affleure actuellement vers le 8° degré de longitude en particulier au Sud-Ouest et au Nord-Ouest du massif de l'AIR.

#### Granite monzonitique orienté à biotite (type MANKONO)

Pétrographiquement, ce granite est identique au type précédent. Le faciès le plus courant est à biotite avec magnétite ; un faciès secondaire est à amphibole avec ilménite.

Les granites de ce type sont très hétérogènes et semblent s'être mis en place par de nombreuses venues successives. Leur texture est en général gneissique ; le grain est tantôt fin, tantôt grossier. Ils sont peu di-clasés et s'altèrent par exfoliation en gros blocs arrondis.

Ce granite affleure dans la majeure partie de l'AIR. Développée à l'Est des premiers granites, la masse principale se situe approximativement le long du 9ème degré de longitude à l'Est des principaux massifs de jeune granites.

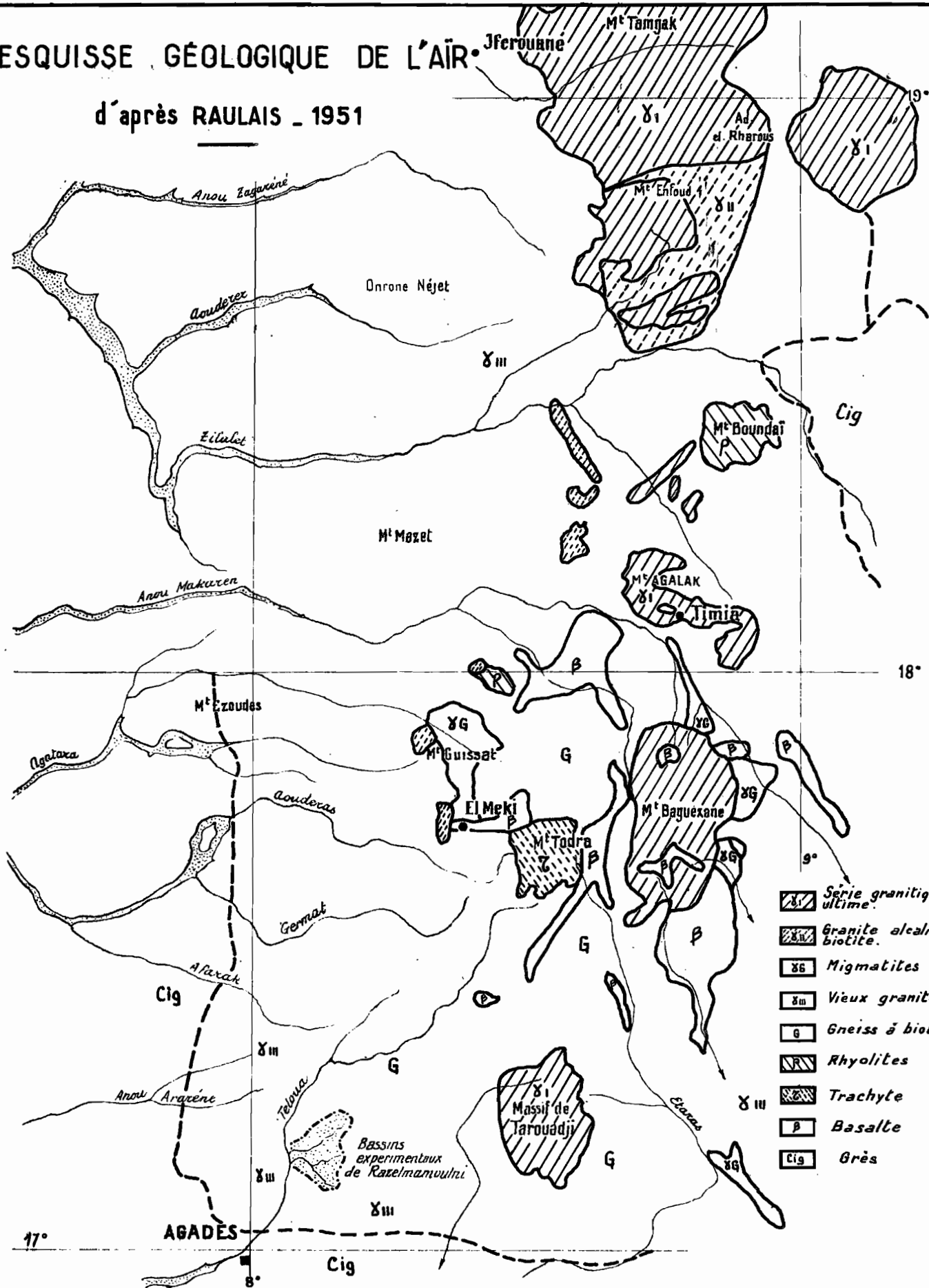
Entre les 17° et 19° de latitude et entre les 8° 30 et 9° 30 de longitude, il est très étalé, sans pointements importants.

#### b) Série granitique ultime (jeunes granites)

La série granitique ultime forme actuellement les plus hauts reliefs de l'AIR, atteignant jusqu'à 1 900 mètres environ (TAMGAK, BAGUEZINS).

# ESQUISSE GÉOLOGIQUE DE L'AÏR

d'après RAULAIS - 1951



- Série granitique ultime.
- Granite alcalin à biotite.
- Migmatites
- Vieux granite
- Gneiss à biotite
- Rhyolites
- Trachyte
- Basalte
- Grès

NIG 9705

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

Les massifs de jeunes granites sont alignés approximativement dans la direction Nord-Sud. Les jeunes granites diffèrent des vieux par l'absence totale d'orientation.

On y distingue le granite à riébéckite et le granite à biotite, généralement alcalin.

#### Granites hyperalcalins à riébéckite

Ce sont les plus représentés : ils sont généralement blancs ou gris, parfois rouges et plus rarement verts ou marrons.

Ils forment les massifs suivants du Sud au Nord :

- Massif de TAROUADJI
- Massif des BAGUEZANS
- Massif d'AGADAK, de TIMIA et d'ANFISSAC
- Massif des TAMGAK.

A ces grands massifs, s'ajoutent des pointements ou des satellites moins importants :

- Filons situés au Sud-Ouest du massif rhyolitique de BOUNDAYE.
- Pointement de TEBOURMA (au Nord de TAROUADJI).

Enfin il existe de petits massifs à faciès très particuliers dont le rattachement à la série jeune paraît probable (AGARAGUEUR, ASSARARA).

#### Granites alcalins à biotite stannifère

Une partie infime de la série granitique ultime comporte le faciès biotitique stannifère.

En 1951, M. RAULIS avait découvert quatre affleurements minéralisés :

- Sud du massif de TAROUADJI
- Massif d'EL MEKI
- Massif de GUISSAT
- Doutchi in TAYNAT.

Ces granites se présentent, comme le faciès hyper-alcalin, sous forme de massifs ou de monts rocheux et dénudés, à bords escarpés.

## 2 - Roches Métamorphiques -

Les roches métamorphiques (orthogneiss non compris), couvrent des surfaces assez réduites dans l'AIR, mais on en trouve des traces un peu partout. Il est certain qu'elles ont recouvert tout l'AIR, mais l'érosion les a fait disparaître en grande partie.

Les témoins les plus importants sont alignés en diagonale du Sud-Ouest au Nord-Est.

### ORTHOgneISS -

L'aire occupée par les orthogneiss est assez importante. Seuls, les granites anciens sont affectés par le métamorphisme régional, en particulier les granites à faciès monzonitique. Toutefois, ces granites calco-alcalins ne présentent pas une gneissification générale dans leur partie supérieure. La topographie de cette dernière au moment de l'intrusion dans les schistes cristallins a dû jouer un rôle essentiel sous la forme de pression et de température.

### MIGMATITES -

Lorsque la tension a été suffisante, les granites calco-alcalins, en particulier les granites du type MANKONO, ont donné des migmatites avec les schistes cristallins.

ECTINITES -

La série des ectinites est assez bien représentée :

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| - Micaschistes supérieurs | - Col ISSAK                                     |
| - Micaschistes inférieurs | - SW GUISSAT                                    |
| - Gneiss supérieurs       | - 9,5 km au sud de TEOURSA<br>confluent EL MEKI |
| - Gneiss inférieurs       | - Sud ADRAR GUERMEZOU                           |

3 - Roches Volcaniques -

L'AIR a été le siège de phénomènes volcaniques nombreux et variés.

La région la plus volcanique se trouve à l'intérieur et autour des BAGUEZANS, en particulier à l'Ouest. Il existe une dizaine de cratères basaltiques dans ce massif et un plus grand nombre autour. Ils appartiennent soit au type strombolien, soit au type vulcanien.

La plupart des volcans basaltiques ont donné lieu à des coulées de plusieurs kilomètres, les produits de projection sont divers : bombes stromboliennes ou vulcaniennes, lapillis pouzzolanes, ponces.

Les massifs de BOUNDAYE et de BILLETT sont deux extrusions rhyolitiques alcalines importantes.

Le Mont TODRA ainsi que de nombreux pointements (TECHBYCHERY, IFAFAN, TAJETT etc...) sont constitués de trachyte alcalin ou hyperalcalin.

Les extrusions trachytiques (Mont TODRA) paraissent antérieures aux laves basaltiques, mais postérieures au précambrien moyen.

Les volcans basaltiques sont postérieurs à toutes les roches précambriennes. Leur état de fraîcheur remarquable permet de supposer qu'ils datent de la fin du tertiaire ou du début du quaternaire. Les rhyolites des massifs de BOUNDAYE et de BILLETT paraissent postérieurs au jeune granite hyperalcalin mais antérieurs aux grès du continental intercalaire.

C - VEGETATION -

La végétation est si clairsemée que, dans le cas général, elle n'offre pas d'obstacle au ruissellement.

Sur les massifs, la roche est presque toujours à nu, seules subsistent quelques plantes herbacées dans les infractuosités et, plus rarement, de petits épineux.

Les zones de piémont sont parfois couvertes de graminées de faible hauteur et faible densité au mois d'Août.

Le long des Koris par contre de très beaux arbres : acacias, palmiers doums, tamaris bordent les berges dans les sections où la dégradation hydrographique ne s'est pas encore fait sentir.

Les grandes plaines d'inondation et les zones particulièrement dégradées sont souvent couvertes d'herbes, on y rencontre également des groupements de callotropis. Il est certain que dans ce dernier cas la végétation contribue à freiner l'écoulement vers l'aval, écoulement qui n'est déjà plus guère vigoureux dans ces zones.

Mais, en conclusion, on peut dire que dans toutes les zones d'alimentation des bassins, l'effet de la végétation est presque négligeable sur l'écoulement.

D - RESEAUX HYDROGRAPHIQUES -

Les Koris qui drainent le versant occidental de l'AIR sont nombreux à leur sortie du massif ; leur direction générale étant sensiblement Est-Ouest, sauf pour la partie Sud de l'AIR où ils coulent suivant une direction variable entre NE-SW et N-S.

Tous ces Koris peuvent être groupés en plusieurs ensembles dont les collecteurs principaux confluent pour former à 200 km à l'Ouest de l'AIR (dans la région d'IN - ABANGARIT) ce qui a été autrefois un grand fleuve : l'AZAOUAK.

L'AZAOUAK reçoit également dans le TAMESNA oriental les Oueds du versant méridional de l'AHAGGAR : le TESSELAMANE, formé par la réunion des Oueds ZAZIR et IGERGHER ; l'Oued

ALOUA qui est la vallée inférieure du Tin AMZI et le Tin TARABIN qui au Sud devient le TIMERSOI.

La vallée inférieure de l'AZAOUAK se poursuit par la dépression du DALLOL BOSSO pour rejoindre le NIGER en aval du "W".

Si aucun des Oueds provenant du versant Sud de l'AHAGGAR n'a, de mémoire d'homme, jamais coulé jusqu'à l'AZAOUAK (J. DUBIEF), il n'en est pas de même pour ses affluents de la rive gauche ; les Koris qui drainent le versant Ouest de l'ATR, ont, en effet, coulé en aval de In ABANGARRIT en 1946 (J. DUBIEF) et en 1958.

Les affluents rive gauche de l'AZAOUAK sont :

1 - L'ANOU ZAGARENE qui draine les eaux des trois grands ensembles suivants :

- Le Bassin des TANGAK et du Nord d'ONRONE NEJET avec les Koris d'IFEROUANE, de TIDEK, RAROUS et au Sud d'ABARAGOUAL, que nous appellerons, improprement d'ailleurs, Bassin d'IFEROUANE.
- Le Bassin du Sud d'ONRONE NEJET, d'AGARAGUEUR, du S-E des TAMGAK et de BOUNDAYE, drainé par l'OUNANKARA, l'ASSELAL, l'AGARAGUEUR, le ZILLET et l'AOUEDERER. A la sortie du massif de l'ATR, tous ces koris déversent leurs eaux dans la plaine de TALAK, puis contournant le TECHILI par le Nord, rejoignent l'ANOU ZAGARENE. Nous donnerons à ce bassin le nom de TALAK.
- Le Bassin formé par les monts AGALAK, Nord BAGUEZANS, Nord TODRA dont le collecteur est l'ANOU MAKAREN qui passe au Sud du TECHILI et, complètement dégradé, rejoint une vaste plaine d'épandage où il "conflue" avec ce qui a été l'ANOU ZAGARENE.

2 - Le SEKKIRETT qui draine les ensembles de bassins suivants :

- Le Bassin formé par les Koris LIEKAT, ARENAT et GUISSAT.
- Le Bassin du TAMASSALAK formé par les Koris EL MEKI, BOUSBOUS, AOUDERAS et EMEREDOU dont les eaux proviennent des monts EL MEKI et Ouest-TODRA.

- Le Bassin du TIDINN formé par les Koris GUERMATT, AGANDAOUINE et TIRSAL.
- Le Bassin du TIZZIGEUR, formé par les Koris AFARAK, TERZAGARAT et TAFADK.

3 - L'IRAZER OU'N AGADES formé par :

- Le Bassin du TELOUA, qui, avec ses affluents BEDEI, AROUAT et OUADJOU draine les monts Sud TODRA, Nord TAROUADJI et AMASKAOUA.
- Le Bassin du TOROUF qui avec les Koris Tin TEBORAK, ENDIGUERRA, TINDAOUINE, TOURAYET, ETARAS et ATT KAKI, draine le massif de TAROUADJI et le Sud des BAGUEZANS.

Dans le stade actuel des études il est impossible de donner de précisions sur le point atteint par les deux premiers ensembles en cas de très fortes crues, il n'est pas sûr qu'ils atteignent l'AZAOUAK.

Il semble que seuls le TELOUA et le TOROUF puissent atteindre et dépasser In ABANGARRIT en année exceptionnelle (une année sur dix par exemple).

### DESCRIPTION SOMMAIRE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU MASSIF

#### DE L'AIR -

Nous reprendrons le schéma hydrographique résumé plus haut en limitant la description des Koris à leur parcours dans le massif de l'AIR. Les surfaces des Bassins versants ont été obtenues : pour la partie au Nord d'EL MEKI, à partir de la carte au 1/1 000 000 et des cartes géologiques (sommaires) de M. RAULAIS; entre EL MEKI et TAROUADJI, à partir de la couverture aérienne au 1/50 000 et des cartes au 1/200 000 que nous en avons tirées.

Les noms des Koris ou des montagnes proviennent des cartes ou des renseignements obtenus auprès des autochtones : aussi leur orthographe est-elle souvent défectueuse.

I - BASSIN d'IFEROUANE -

La superficie de ce bassin, au confluent de l'ANOUE ZAGARENE et de l'Oued RAROUS est d'environ 7 200 km<sup>2</sup>.

Les TAMGAK, grand massif de jeune granite dont le point culminant est à 1 800 mètres d'altitude, est drainé en son milieu par le Kori TAMGAK bassin : 560 km<sup>2</sup> et au Sud par l'IBERKOUUM. Quelques kilomètres en amont de TIN TARODA, village de pierres sèches en ruines, ce dernier reçoit sur sa gauche le Kori FAODET, qui vient du Sud et devient, à partir de ZELOUFLET (confluent avec le Kori TAMGAK) le Kori d'IFEROUANE.

A la traversée du village d'IFEROUANE, le Kori, large de 60 mètres environ, coule entre des berges sableuses de 1,50 mètre de hauteur. (Superficie du Bassin : 1 500 km<sup>2</sup>).

30 kilomètres en aval d'IFEROUANE, il reçoit sur sa droite le TIDEK, grossi par l'ABERKOL.

L'ABARAGOUAL et l'ANIGARENE prennent naissance dans la partie Nord des monts d'ONRONE NEJET, et après un parcours de 75 kilomètres, ils forment avec l'Oued RAROUS, l'Anou ZAGARENE.

II - BASSIN du TALAK -

Le bassin dit du TALAK, dont la superficie prise dans la plaine du TALAK près du village d'ELIK est de 8 500 km<sup>2</sup>, est presque entièrement drainé par le ZILALET. (Longueur : 140 km à son arrivée dans la plaine).

Ce Kori, important surtout par la surface de son bassin (5 800 km<sup>2</sup>), est alimenté par les ruissellements, sur le Sud-Est des monts TAMGAK (Kori ELLABAG) sur le massif de BOUNDAYE (Kori IGOULOLOFF et OUNANKARA) sur les monts du FAODET et d'AGARAGUEUR (Koris AFFIS, ASSARARA et AGARAGUEUR) et sur la partie Nord du massif d'AGALAK (Kori ASSELAL).

Plus en aval, le ZILALET reçoit un grand nombre de petits affluents provenant sur sa rive gauche des monts TATELAFF et AMGUITAT, et sur sa rive droite des monts MARRASET.

Le ZILALET est un des plus beaux exemples, dans l'AIR, de dégradation et de régénération successives. En effet, prenons à l'origine un de ses affluents : le TEGUIRT qui draine le Nord des massifs granitiques de l'AGALAK et de l'AROYAN présente, à la traversée de la piste TIIIA-ASSODE, l'aspect d'une rivière imposante, de près de 100 mètres de largeur. Les délaissés de crues nous indiquent que les plus hautes eaux étaient au moins à 1,50 mètre de hauteur en 1958 ; par ailleurs, les nomades affirment que le courant allait très vite.

A proximité du puits d'ASSELAL, le Kori, qui se nomme alors ASSELAL, sort d'une zone de migmatite par une série de rapides et entre dans une vaste région sableuse à faible pente ; le lit s'élargit, se divise. Le sable du lit, qui était composé de gros éléments dans le TEGUIRT, devient plus fin et est recouvert d'une légère pellicule qui n'est autre que le dépôt des matières en suspension dans les eaux du Kori.

Le Kori entre alors dans une phase de dégradation telle que, à 5 km en aval d'ASSODE, soit à 40 km de son origine, bien qu'il ait reçu les apports de l'OUNANKARA, l'ASSELAL n'a plus que 4 mètres de largeur (Superficie du Bassin 1 000 km<sup>2</sup>).

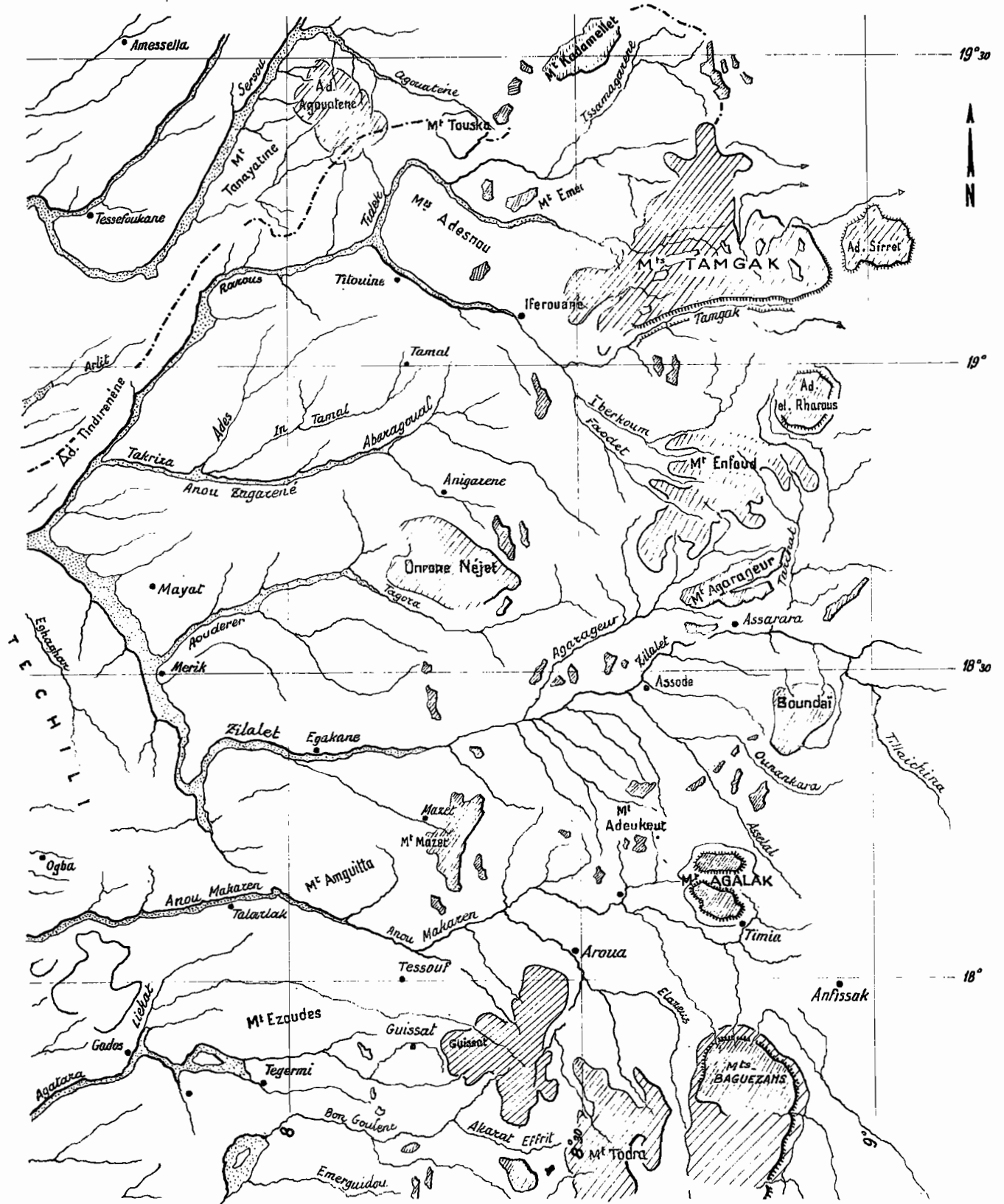
Il en est de même pour le ZILALET, en aval du confluent avec l'ASSELAL, qui, bien qu'ayant un bassin versant de 3 400 km<sup>2</sup> coule dans un lit de 15 mètres de largeur (Pente de 4 m au km).

Plus en aval, le ZILALET reçoit de nombreux affluents et 3 km avant de déboucher dans la plaine de TALAK, son lit est large de 80 mètres (Pente de 3 m au km).

Au Nord du ZILALET, l'AOUDERER qui, en amont s'appelle l'AGUELLAL draine les eaux de ruissellement des massifs ONRONE NEJET et MARRASSET. Son lit a 25 mètres de largeur.

# MASSIF DE L'AÏR

ECHELLE 1/1.000.000<sup>ème</sup>



NIG 9695

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

A1

Entre l'AOUDERER et le ZILALET, plusieurs petits cours d'eau (longueur inférieure à 20 km) se jettent également dans le TALAK. Ce sont du Sud au Nord : ELIK, TIEROZERENE et GOUGARAM.

La plaine, argilo-sableuse de TALAK (Talak veut dire boue en Tamachek) est recouverte par les alluvions déposées par les eaux dans cet immense bassin. Ce réservoir large de quelques kilomètres, s'étire entre le massif de l'ATR et le TECHILI du ZILALET à MADAOUELA.

En 1958, année excédentaire, la hauteur d'eau au village non permanent de GOUGARAM était proche de 1 mètre. En 1959, il y a eu à peine 10 cm. Cette eau ne stagne pas, elle s'écoule lentement vers le Nord et rejoint l'Anou ZAGARENE vers MADAOUELA.

### III - BASSIN de l'ANOU MAKAREN -

Prenant naissance dans le Nord des monts BAGUEZANS, à proximité du point culminant d'IDOUKELENE (1 900 m) l'Anou MAKAREN reçoit sur sa gauche plusieurs affluents qui viennent du Nord TODRA, de l'Est d'EL NEKI et de l'Est BILLET. Quelques kilomètres en aval de cette zone de confluent, l'Anou MAKAREN voit sa vallée, déjà resserrée entre les massifs rhyolithiques de BILLET et les montagnes de vieux granite de l'AROUL, comblée partiellement par d'immenses coulées de basalte.

A 65 kilomètres de son origine, l'Anou MAKAREN reçoit sur sa droite, son principal affluent, le Kori TIMIA. Celui-ci prend naissance dans les monts d'AGALAK dont le sommet est à 1 700 m. Après un parcours orienté NW-SE dans le massif, le Kori dont la vallée est resserrée entre les montagnes de jeune granite, prend la direction SW, juste en amont du village de TIMIA. A 2 km en aval, la vallée est barrée par une coulée de basalte venue du NW. Ce barrage naturel, d'une dizaine de mètres de hauteur, est à l'origine de la création et de la richesse du village de TIMIA.

Le réservoir, situé à l'amont de ce barrage a été comblé par le débit solide du Kori. Le fond du lit du Kori primitif ayant été rehaussé de dix mètres, le remblaiement s'est propagé vers l'amont, jusqu'à ce que le Kori ait atteint son nouveau profil d'équilibre.

Cet énorme masse de sable grossier retient, par suite de sa capacité à saturation élevée (environ 30 %), un volume d'eau considérable.

Autour de TIMIA, qui est d'ailleurs avec AOUDERAS, le seul village important de l'intérieur du massif de l'AIR, de nombreux palmiers-dattiers poussent sur la mince bande de terres alluviales, située entre les monts granitiques et le sable grossier du lit du Kori. On rencontre également des parcelles de blé, de maïs et des jardins potagers (tomates, salades, oignons).

En aval du barrage basaltique, le Kori AOUDERAS Ou'n ADRAR rejoint le Kori TIMIA.

A un kilomètre en aval, au pied d'une cascade, d'une vingtaine de mètres de hauteur s'est formée une aguelman permanente, constamment alimentée par l'écoulement du TIMIA dont le débit en Juin (avant les pluies) est évalué à 5 l/s. L'écoulement, très faible, est permanent sur une longueur de près de 1 km.

Le Kori TIMIA, dont la largeur varie de 30 à 80 mètres, a son cours plusieurs fois dévié par des coulées de basalte.

Ces murailles de basalte sont d'ailleurs fortement érodées à la base, qui a l'aspect d'une saignée horizontale de plusieurs mètres de profondeur dont le fond est partiellement comblé par des blocs de granite charriés par le Kori.

Près des jardins d'OUENISSA, le TIMIA reçoit sur sa gauche, le TERAZER (venant des BAGUEZANS) ; entre les villages d'ABARAKA et de GERIP-GERIP, l'INGALOZAN rejoint le TIMIA. Jusqu'à son confluent avec l'Anou MAKAREN, le TIMIA reçoit de nombreux petits affluents dont le plus important est sur la rive gauche, le TALIRET.

L'Anou MAKAREN reçoit ensuite sur sa rive gauche le TIRAZER et le TILO qui drainent partiellement le massif de BILLET et les monts TILO, puis le Kori MALATASS (TEOUAK à l'Aval) alimenté par les massifs de BILLET et de TABEJARENI et enfin le TESSOUF. Sur la rive droite, l'Anou MAKAREN reçoit l'AGALAK, le TARA et l'Ou'n OUMIL.

La superficie du bassin versant de l'Anou, MAKAREN pris à sa sortie du massif de l'ATR est de 3 150 km<sup>2</sup> (Superficie du Bassin au confluent TIMIA - Anou MAKAREN 2 400 km<sup>2</sup>).

#### IV - BASSIN des KORIS ARENAT et GUISSAT -

Ces deux cours d'eau, dont le parcours dans le massif de l'ATR est de 45 kilomètres environ, drainent les monts de TABEJARENI et le massif de GUISSAT.

L'ADRAR GUISSAT est formé d'une unique masse montagneuse allongée de l'Est à l'Ouest sur 4 kilomètres, au contour abrupt, sauf à l'Est. L'altitude du sommet est de 1 220 mètres.

Séparé du massif d'EL MEKI par un terrain plat, l'ADRAR GUISSAT n'est rattaché à un autre système de montagne que par son versant Est.

Ce massif de jeune granite alcalin est encaissé à l'Est dans les migmatites, à l'Ouest dans des schistes amphibolitiques et au Nord dans des micaschistes, dont les formes accidentées rejoignent les cinq aiguilles d'Arenat formées de granites monzonitiques calco-alcalins (M. RAULAIS 1951).

Le Kori ARENAT qui prend naissance dans le mont TABEJARENI, coule au Nord des monts GANEGUI et, avant la traversée de la route EL MEKI-TIMIA, reçoit sur sa rive gauche les affluents GANEGUI et IN ZERAG qui drainent les monts GANEGUI, le Nord de l'ADRAR IN ZERAG et le Nord Est de GUISSAT.

Au pied du versant Ouest de l'ADRAR GUISSAT, des cônes de déjections ont été formés par les torrents qui dévalent des pentes abruptes du massif.

La réunion des Koris issus de certains de ces cônes de déjections forme le Kori GUISSAT dont le lit, à la traversée de la route d'EL MEKI, c'est-à-dire après un parcours inférieur à 4 kilomètres, a déjà 30 mètres de largeur.

Au km 22, le Kori GUISSAT reçoit sur sa gauche le Kori OFLEL, qui vient des monts basaltiques d'OFLEL situés à 4 km au Sud de l'ADRAR GUISSAT.

Entre les Koris ANOU MAKARENE et ARENAT, le Kori LIEKAT draine la région située au Sud des monts EZAHOF. A la sortie du massif, ce Kori se dégrade rapidement et à la traversée de la route IN KAKANE - IFEROUANE, il n'a plus de lit marqué. Le champ d'épandage rejoint plus à l'Ouest le lit bien dégradé des Koris ARENAT et GUISSAT. La superficie du bassin formée par les Koris ARENAT et GUISSAT est évaluée à 800 km<sup>2</sup>.

#### V - BASSIN du TAMESSALAK -

Le Kori TAMESSALAK est formé par la réunion, dans la zone granitique, des Koris EL MEKI et AOUDERAS.

- Le Kori EL MEKI prend naissance dans le versant Nord du mont volcanique de TODRA.

A proximité du confluent TARARIT- EL MEKI, ce dernier coule au fond d'une gorge d'une vingtaine de mètres de profondeur, taillée dans la nappe basaltique, jusqu'aux granites. Après avoir traversé le massif de jeune granite d'EL MEKI (km 26) le Kori coule dans une pénéplaine recouverte de basalte.

Au km 36, il reçoit à droite le TISSEDRAK qui draine le versant Sud des monts IN ZERAG, le Nord de l'ADRAR EL MEKI et la zone montagneuse intermédiaire caractérisée à l'Est par les Aiguilles de TISSEDAK. Au km 39, il reçoit sur sa gauche, le Kori BOUSBOUS dont le bassin versant, peu important, englobe la zone Sud de l'ADRAR EL MEKI et le versant Nord des monts TEGOUMLAK et AMATASSA.

Au km 54, l'EL MEKI conflue avec le Kori AOUDERAS. La superficie du Kori EL MEKI est, au confluent, de 420 km<sup>2</sup>.

- Le Kori AOUDERAS prend naissance dans le versant Ouest du mont volcanique de TODRA et traverse un filon de quartz près du village d'AOUDERAS (km 13). Il reçoit au km 22, sur sa rive droite, le TEGOUMLAK qui draine les monts TEGOUMLAK et AMATASSA.

Son lit se partage en plusieurs bras dans la plaine éluvionnaire, située au Sud d'EL MEKI.

Au km 35, l'AOUDERAS franchit une chute d'une dizaine de mètres de hauteur dans les basaltes, puis coule au fond d'une gorge taillée dans la nappe basaltique et rejoint l'EL MEKI au km 55 (Superficie du bassin au km 55 : 340 km<sup>2</sup>).

En aval, le TAMASSALAK, sorti du massif de l'AIR, se dégrade et n'est plus qu'un champ d'épandage à la traversée de la route d'AGADES-IN KAKANE-IFEROUANE.

Le Kori EMEROUDOU ou GADAMBO, dont la longueur et la superficie du bassin versant sont bien inférieures à celles du Kori EL MEKI, rejoint le champ d'épandage du TAMASSALAK à l'Ouest de la route d'IFEROUANE. Le Bassin du TAMASSALAK a une superficie évaluée à 1 000 km<sup>2</sup>.

#### VI - BASSIN du TIDINN -

Le TILISDEK, qui devient le Kori GUERMATT dans son cours moyen et le TIDDIN dans son cours inférieur, prend naissance dans les monts TILISDEK, à 6 kilomètres environ au Sud-Ouest du village d'AOUDERAS. Il contourne ensuite les deux pitons de trachyte de l'IFAFAN TAJET par une large boucle vers le Sud.

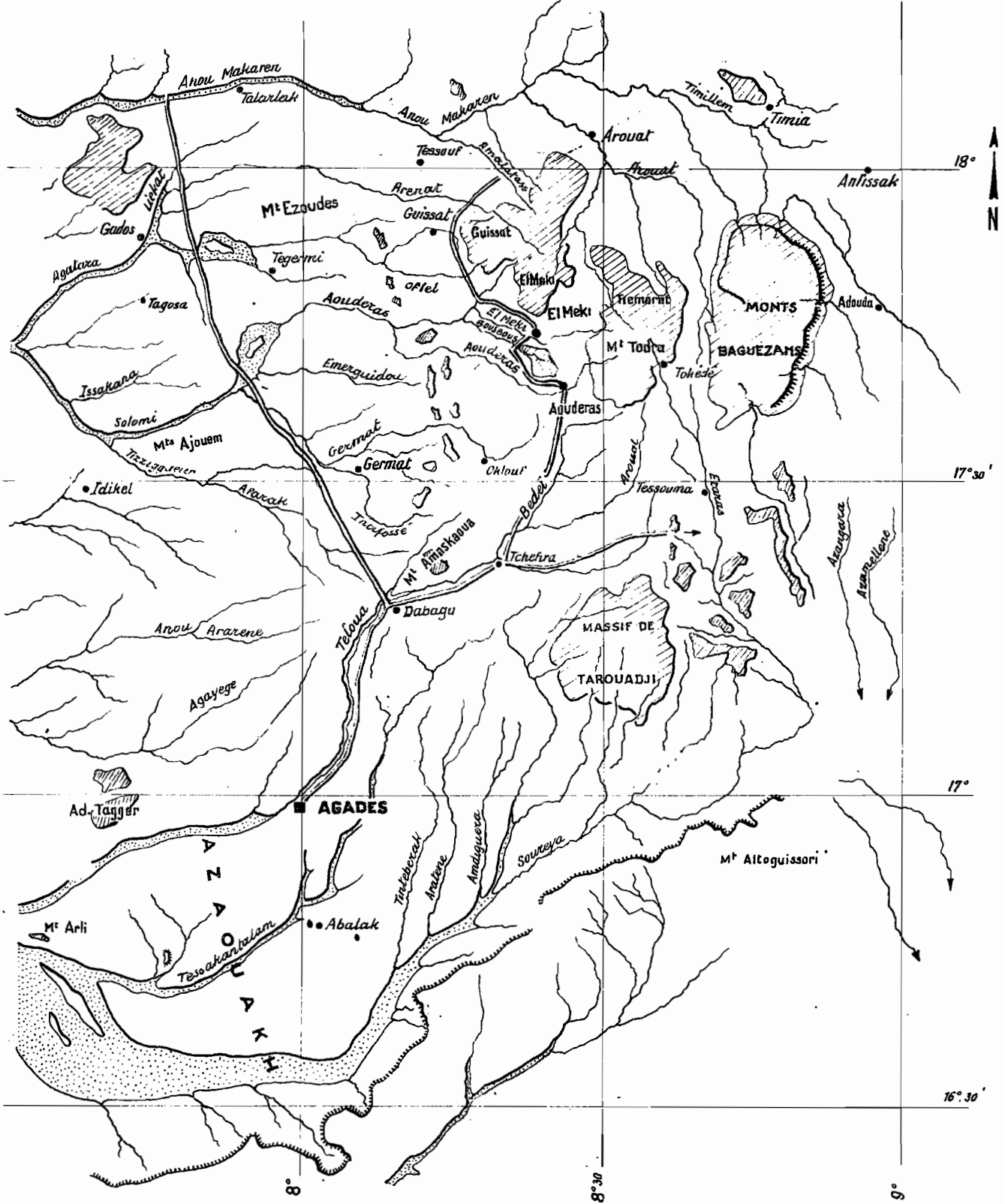
Il reçoit au km 44, son principal affluent rive gauche, l'AGANDAOUINE, dont l'origine est située à quelques kilomètres au Nord-Est de l'ADRAR IN OUIDINEN.

Le Kori INAFOSSE, qui draine le Sud de l'ADRAR IN OUIDINEN, conflue avec l'AGANDAOUINE à un kilomètre en amont de la traversée de la route AGADES-EL MEKI. Le Kori TIRSAL se jette dans le TIDINN au km 50.

A la traversée de la route AGADES-IFEROUANE (km 58) le TIDINN a un lit bien marqué, bordé de tamaris. Quelques kilomètres plus en aval, juste avant de quitter le massif de l'AIR, il reçoit sur sa droite, le Kori EGUEROUEN, dont le cours, long de 15 kilomètres, est parallèle au Kori GADAMBO. (Superficie du Bassin Versant TIDINN : 1 000 km<sup>2</sup>).

# MASSIF DE L'AÏR

ECHELLE 1/1.000.000<sup>ème</sup>



NIG 9696

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

A1

VII - BASSIN du TIZZIGGEUR -

Le Bassin du TIZZIGGEUR, formé par les Koris AFARAK, TERZAGARAT et TAFADÉK est situé à la corne Sud-Ouest du massif de l'ATR, entre les Koris TELOUA et AGANDOUIME-TIDINN.

L'AFARAK, qui prend naissance à 5 kilomètres au Sud-Est de l'ADRAR IN OUIDINEN, sort du massif de l'ATR après un parcours de trente kilomètres environ dans les gneiss à biotite et les vieux granites dont le relief usé est rajeuni par des longs alignements rectilignes de filons de quartz. (Superficie du Bassin Versant du TIZZIGGEUR 400 km<sup>2</sup>).

VIII - BASSIN du TELOUA -

Le TELOUA, ou Kori d'AGADES, le plus important par le volume ruisselé de tous les Koris du massif de l'ATR, prend naissance dans les monts TODRA (point culminant : 1 780 m) par ses deux affluents supérieurs : le BEDEI et l'AROUAT.

Le BEDEI qui, à sa sortie du mont TODRA, coule dans une direction Est-Ouest, passe à 6 kilomètres au Sud du village d'AOUDERAS et contournant les monts BOROGAL par l'Ouest, descend vers TCHEFIRA suivant une direction Sud-Sud-Ouest.

A 2 kilomètres de la traversée de la route AGADES TCHEFIRA-AOUDERAS (km 41) le BEDEI reçoit sur sa gauche l'AROUAT dont le tracé d'abord Nord-Sud, puis Nord-Est-Sud-Ouest passe à l'Ouest des monts TAGOUBI et TINGUERFAN.

Le TCHIMOUZINI se jette dans le BEDEI au km 44 lequel reçoit au km 49 le Kori OUADJOU, dont ses affluents drainent les monts GRIDES (Kori ADDEKIL) et le Nord du massif de TAROUADJI (Koris MENADOU et TEBOURMA). A l'aval du confluent BEDEI-OUADJOU, le Kori traverse une série de rapides.

D'autres rapides (lieu dit à ARAJABAAB ou TAKAYA) perturbent le profil en long du TELOUA au km 60.

Entre TCHEFIRA et DABAGA (km 68) le TELOUA reçoit plusieurs petits affluents : EBELI, ZIRIADA, TAKAYA sur la rive gauche et TCHIAOKATA sur la rive droite.

A partir de DABAGA, jusqu'à sa sortie du massif cristallin près d'ALARCES (km 107) la largeur du bassin du TELOUA diminue considérablement : à 5 kilomètres en aval de SELOUM-SELOUM, elle n'est que de 7 kilomètres.

Hormis le Kori AZZA BELLEN qui se jette dans le TELOUA près d'ALARCES, tous les autres affluents en aval de DABAGA ont un parcours très réduit : l'In TAKA, l'In AZENA, l'In TIZIOUEN ont moins de 5 kilomètres de longueur.

A partir d'ALARCES, le Kori, dont le lit, lors des années à forte hydraulité, est exhaussé par les transports solides, commence à se dégrader, il a construit un immense cône de déjection sur lequel s'est installée la ville européenne d'AGADES.

Ce choix n'est d'ailleurs pas sans danger, car l'on peut supposer que le Kori, qui déborde déjà lors des fortes crues, quittera un jour son lit actuel pour couler sur des terrains en contre-bas, vraisemblablement entre les quartiers africains et européens d'AGADES.

Après AGADES, ayant perdu son caractère de torrent à lit bien marqué et à berges très nettes, il prend l'aspect d'une dépression plus ou moins argileuse et rejoint le TOROUF à 60 km d'AGADES. Il doit couler assez souvent jusqu'à ce confluent ; au cours de l'hivernage de 1958 on aurait noté des hauteurs d'eau de 2m à ASSAOUA peu après le confluent TELOUA-TOROUF.

La superficie du bassin du TELOUA à ALARCES est de 1 350 km<sup>2</sup>.

#### IX - BASSIN du TOROUF -

Ce bassin comprend, d'une part les Koris qui viennent des Monts BAGUEZANS et TODRA et d'autre part, ceux qui descendent du massif de TAROUADJI ou qui drainent la zone comprise entre le Bassin du TELOUA et TAROUADJI.

Le Kori TEOUAR, draine le versant Sud-Ouest des BAGUEZANS. Il s'appelle successivement le Kori TAGAZANZAN, puis ETARAS et ABARDIK. A 10 kilomètres en amont de TESSOUMA, il reçoit sur sa droite le Kori EL ARA qui draine le Sud-Est du TODRA. En aval des Monts TESSOUMA, il reçoit le Kori IN TARAOUEN, dont l'origine est voisine de celle du Kori OUADJOU-ADDEKEL.

L'ABARDAK reçoit ensuite, sur sa rive droite : l'IN TARZAOUINE, l'IN OUALESSA et le TASSINLOUT (ces deux derniers venant du Nord de TAROUADJI) ; sur sa rive gauche : l'AZZA MELLEN, l'IN FOUG, le TAKAKAKI et l'ATTAKI (ce dernier drainant le Sud-Ouest des BAGUEZANS).

Puis l'ABARDAK, dont la direction générale était Sud-Sud-Est, oblique brusquement à 5 kilomètres de la piste AGADES-BILMA et se dirige vers le Sud-Ouest, il reçoit alors le TOURAYET avant d'atteindre la zone des grès du TEGANA.

Le Massif de TAROUADJI est drainé par les Koris IN DILIOUA et TASSOUBA à l'Est, TEZANAT et TIN DAOUINE, au Centre et BENABOU et ENDIGUERRA à l'Ouest.

Les vieux granites calco-alcalins et les orthogneiss de la zone située entre le massif de TAROUADJI, le TELOUA et l'OUADJOU sont drainés par quelques Koris qui, comme ceux qui descendent du Massif, coulent suivant une direction Nord-Sud. Ce sont, d'Est en Ouest : l'ENDIGUERRA et son affluent le TAFARARAT, l'ARATEN, l'ATRI, le TINTEBORAQ et l'ICERCERAM. Tous ces Koris sortent du Massif à la hauteur du 17ème parallèle, avant de rejoindre le collecteur principal (ancien ABARDAK) sur sa rive droite. La dégradation s'accroît, la dépression qui a fait suite au lit du Kori devient de plus en plus large. Elle prend le nom de TOROUF.

La superficie des Bassins des Koris drainant le Sud des BAGUEZANS et l'Est de TAROUADJI est évaluée à 2 200 km<sup>2</sup> ; la superficie totale du Bassin du TOROUF est de 3 900 km<sup>2</sup>.

De façon générale, le réseau hydrographique de la partie occidentale de l'AIR, au Sud du ZILALET, est tout à fait remarquable par sa vigueur : la dégradation hydrographique est assez faible jusqu'à une distance marquée du Massif. L'écoulement en période de forte crue, se prolonge sur de très grandes distances. A notre connaissance, ce réseau est le plus vivant parmi tous ceux que l'on rencontre dans les massifs au Sud du SAHARA. Ceci tient, à notre avis, à la pente forte et régulière des profils en long, à la faible extension des zones très perméables et à la hauteur relativement forte des précipitations annuelles : 100 à 200 mm.

## CHAPITRE II

### CLIMATOLOGIE

#### A - PLUVIOMETRIE -

#### I - APERCU sur la GENESE des PLUIES -

Le régime des précipitations est commandé par deux types de perturbations qui sont à l'origine des précipitations dans ces régions qui se trouvent en limite de la zone d'action de la mousson.

Les plus importantes de ces perturbations sont celles liées au Front Inter-Tropical : une seconde série de perturbations, liées aux dépressions soudano-sahariennes, intervient dans le régime des pluies.

#### 1- Le front Inter-Tropical ou F.I.T. -

Le front Inter-Tropical ou F.I.T. est la limite entre les masses d'air humide dues aux poussées de la mousson et les masses d'air sec saharien (figure 1).

La mousson est provoquée par la dépression thermique d'AFRIQUE Centrale, centrée durant l'été sur le SAHARA, qui produit un appel d'air humide depuis le Golfe de GUINEE.

- Au Nord du F.I.T. temps sec sans pluie sauf très accidentellement en Janvier, Février ou Mars : pluies à peine mesurables dues à des perturbations méditerranéennes. Brume sèche, pas de nuages bas, nuages vers 5 000 m (alto-cumulus). La température est fraîche le matin et chaude l'après-midi. L'évaporation est très forte.
- Au Sud du F.I.T. il y a formations d'importants systèmes nuageux des types cumulus ou cumulo-nimbus. Ces nuages nécessitent, pour se développer, une masse d'air humide suffisamment étendue en altitude, ce qui explique que les tornades ne s'observent en fait qu'au Sud de la trace au sol du F.I.T.
- Sur le F.I.T. on assiste à la prédominance de l'un des deux types de temps et même à leur mélange. Par exemple : possibilité de cumulus dans la brume sèche. Les perturbations d'origine tropico-équatoriales peuvent se déplacer dans la zone du F.I.T.
- Variations du F.I.T.

En Janvier, le F.I.T. est à la cote ; il remonte pour atteindre en Août sa limite septentrionale qui se situe sensiblement vers l'ADRAR des IFORAS et le Nord de l'ATR. Exceptionnellement, le F.I.T. peut remonter jusqu'au Nord du HOGGAR, comme cela s'est produit en 1952 (?) où nous avons eu à BILMA et à AGADES une pluie de mousson non orageuse, de faible intensité mais de très longue durée (plusieurs heures).

Les conséquences en ont été catastrophiques pour les constructions indigènes en banco.

Il faut également signaler les variations diurnes du F.I.T. qui descend le jour et remonte la nuit.

## 2 - Dépressions Soudano-Sahariennes -

"Les dépressions soudano-sahariennes font la liaison entre les zones climatiques tropicale et tempérée, qu'elles relient en décrivant des trajectoires très caracté-

ristiques. Après s'être déplacées d'Est en Ouest, au SOUDAN, dans le sens habituel des tornades soudanaises, les dépressions soudano-sahariennes infléchissent leurs trajectoires vers le Nord-Est, traversant le SAHARA et, parvenues dans la zone des dépressions du front polaire, poursuivent leur chemin vers l'Est, associées ou non à des dépressions européennes" (J. DUBIEF : ESSAI SUR L'HYDROLOGIE SUPERFICIELLE AU SAHARA ).

"Ces dépressions ne peuvent donner de la pluie que si des masses d'air humide leur sont associées. La quantité d'eau précipitable contenue dans un nuage est en effet très faible, et celui-ci ne pourra donner lieu à une précipitation que s'il peut se renouveler en puisant dans l'atmosphère environnante la quantité de vapeur d'eau nécessaire. Faut de air humide, diverses dépressions du SAHARA seront seulement marquées par des vents de sable plus ou moins importants" (J. DUBIEF).

La fréquence maximale de passage de ces dépressions se situe en Mai. C'est ainsi que s'explique le maximum relatif en Mai à IFEROUANE (moyenne : 6,7 mm). Même au Nord de l'ATR il s'agit d'averses de faible importance qui en général ne donnent pas lieu à écoulement.

## II - CARACTERISTIQUES des PRECIPITATIONS -

Les précipitations peuvent être de trois sortes :

a) Les orages locaux sont formés sur place par l'instabilité thermique et alimentés en humidité par les vents au sol humides du Sud et Sud-Ouest. Leur durée est assez brève (30 minutes) et leur intensité très variable. Aux orages locaux on peut rattacher le phénomène des "virgas" où la pluie est évaporée avant d'arriver au sol. Ce phénomène se produit très près du F.I.T., principalement en début de saison.

b) Sous des influences diverses, les orages locaux peuvent s'organiser en lignes de grains orientées sensiblement Nord-Sud, se déplaçant d'Est en Ouest à une vitesse d'environ 50 km/h sur des distances pouvant atteindre plusieurs milliers de kilomètres.

Elles se présentent ainsi : "Zone de calme" à l'avant de la ligne de grain ; puis "coup de vent" (70 km/h) orage avec pluie au passage du cumulo-nimbus avec très forte intensité.

Ce dernier peut être suivi d'un corps nuageux présentant des nimbo-stratus, des alto-cumulus, des alto-stratus, et très rarement des cirro-stratus et des cirrus. L'épaisseur du système peut aller de quelques dizaines de kilomètres à quelques centaines de kilomètres.

Ce type d'averse, qui correspond à la tornade classique des régions soudanaises, est certainement celui qui a l'influence la plus grande sur l'écoulement dans le massif de l'AIR. La longueur Nord-Sud peut atteindre plusieurs centaines de kilomètres.

c) Les pluies de mousson, non orageuses, d'intensité faible à modérée, sont continues durant plusieurs heures. Elles sont favorisées par le passage d'une ligne de grains et ne se produisent que loin, au Sud du F.I.T.

Exceptionnellement, lorsque la limite septentrionale atteinte par le F.I.T. se situe au Nord du HOGGAR, des pluies de cette sorte peuvent se produire dans l'AIR.

La pluie catastrophique à AGADES et BIIMA en 1952 était une pluie de mousson.

### III - FORMATION des PRECIPITATIONS dans le MASSIF de l'AIR -

En saison des pluies, la masse d'air humide venant du Golfe de GUINEE progresse vers le Nord-Nord-Est et s'enfonce comme un coin, dans la masse d'air sec animé d'un mouvement Nord-Est - Sud-Ouest.

Aux basses couches de l'atmosphère, la résistance provoquée par les vents du Nord-Est tend à soulever l'extrémité de la masse d'air humide.

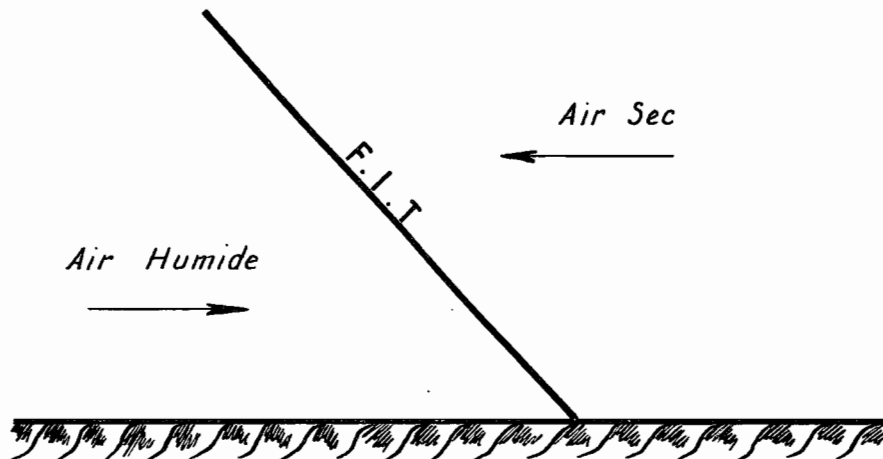
Dans le Massif de l'AIR, il faut ajouter à ce phénomène, l'influence dynamique du Massif. Le Massif se présente, en effet, sous l'aspect d'une barrière orientée Nord-Sud, d'une longueur de 300 kilomètres et dont le point culminant est à 1 900 m (figure 2).

# VARIATION DU FRONT INTER TROPICAL

## A LA DESCENTE DU F.I.T

SUD

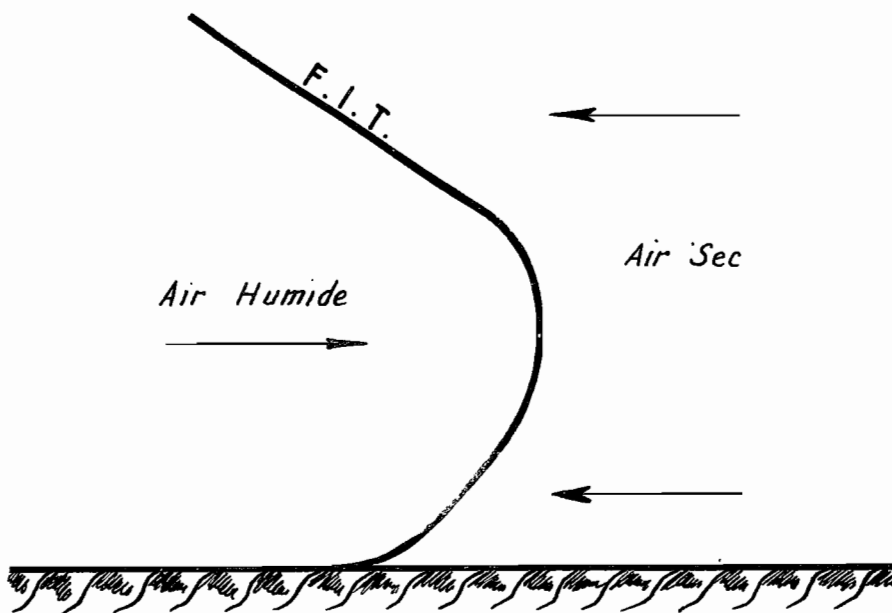
NORD



## A LA MONTÉE DU F.I.T

SUD

NORD



NIG 9709

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

L'air humide, aidé par le relief, s'élève le long du versant Ouest, se refroidit par détente à une altitude d'environ 2 500 - 3 000 m, se sature et forme des cumulonimbus et des cumulus.

Lors de nos tournées, nous avons constaté que les nuages se formaient, en général, au-dessus des massifs, en fin de matinée.

Ceci s'explique par le fait que l'influence solaire, prédominante dans les variations du F.I.T., voit son activité passer de 50 % à 9 heures, à 95 % vers 11 heures, pour atteindre son maximum vers 15 heures.

Par ailleurs, les isothermes de l'air suivent le relief et à 2 000 m d'altitude, la température est plus élevée au-dessus des monts BAGUEZANS qu'au-dessus d'AGADES.

De plus, nous savons qu'il y a un certain mouvement diurne du F.I.T., en particulier le F.I.T. descend au cours de la journée. Dans la matinée, il peut se produire, sur le versant Est du Massif, un courant ascendant d'air humide venant du Nord-Est qui vient confluer au-dessus des monts avec le courant d'air humide provenant du Sud-Ouest et qui contribue, pour une faible part, à la formation des nuages au-dessus des monts (figure 3).

#### IV - ANALYSE des RELEVÉS PLUVIOMETRIQUES ANTERIEURS à 1959 -

Des relevés pluviométriques sont effectués par le Service Météorologique du NIGER à AGADES, IFEROUANE et EL NEKI.

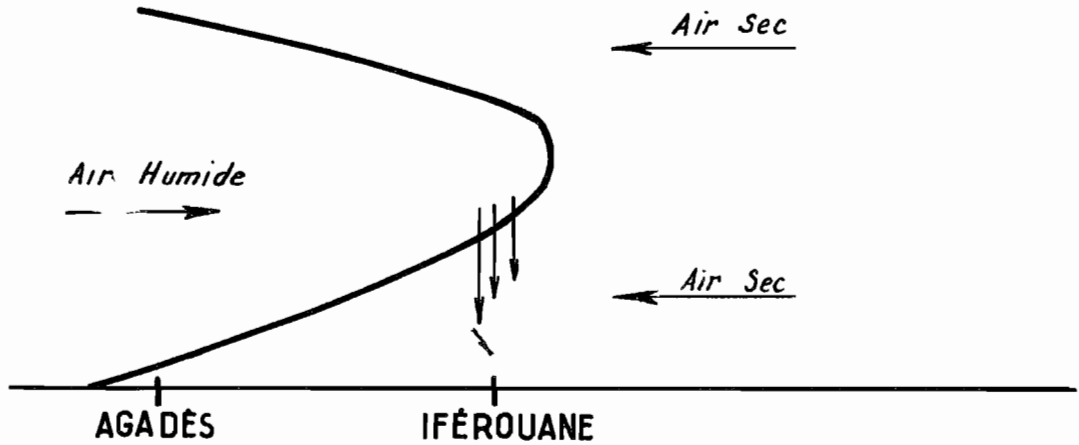
Pour AGADES, nous disposons de 37 années entre 1921 et 1958 (il n'y a pas de relevés en 1942).

Pour IFEROUANE, nous avons utilisé les relevés de la période 1940-1958.

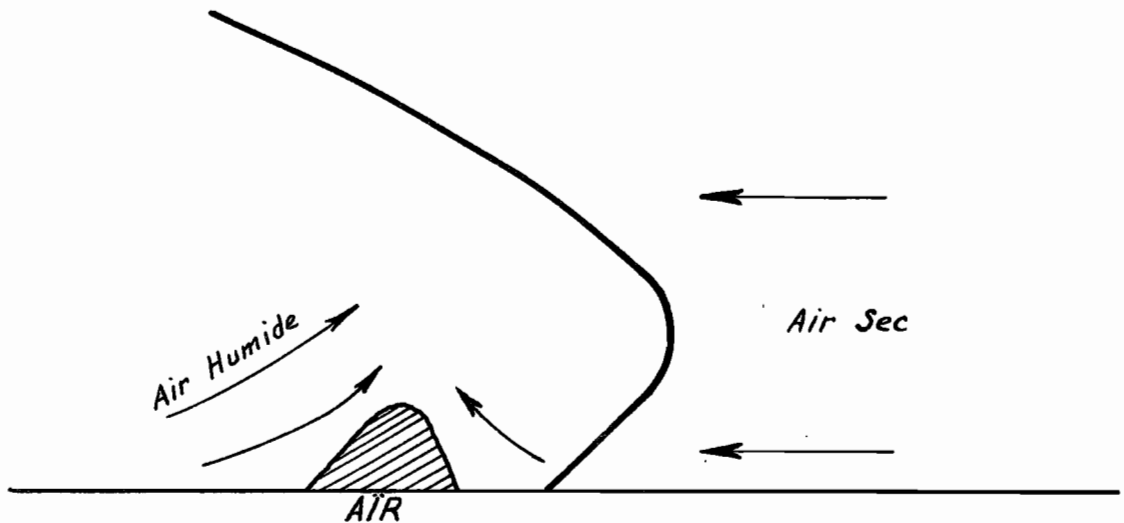
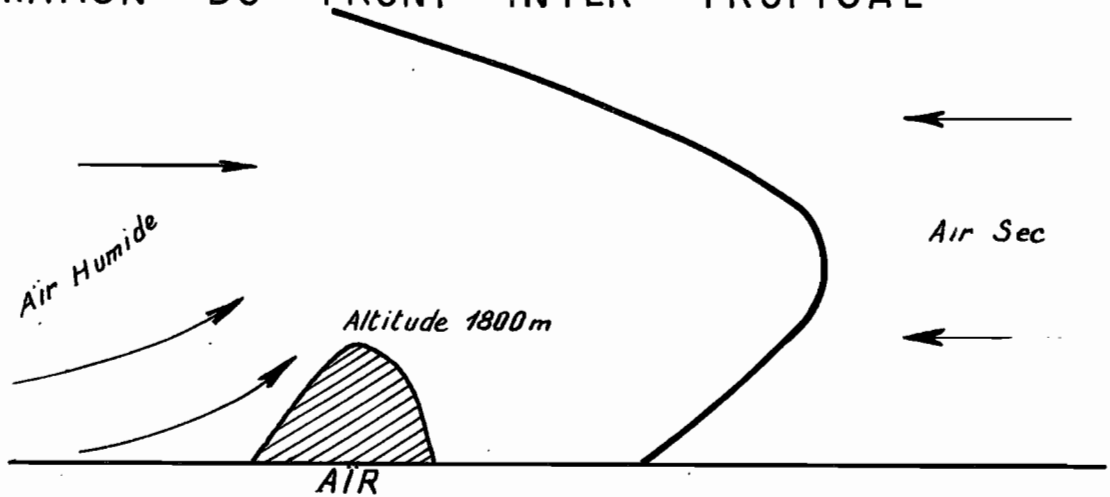
Le poste d'EL NEKI est observé seulement depuis 1956.

# FRONT INTER TROPICAL

PLUIE DU 17 JUIN A IFÉROUANE



## VARIATION DU FRONT INTER TROPICAL



Nous avons pu consulter les documents originaux :

- pour AGADES à partir de 1943
- pour IFEROUANE à partir de 1950
- pour EL MEKI pour les 3 années d'observations.

Pour les périodes antérieures, les relevés journaliers ont pu être obtenus auprès du Service Fédéral à DAKAR.

a) Hauteur de précipitations annuelles -

Les moyennes brutes des observations à AGADES et à IFEROUANE sont les suivantes :

- AGADES            167,2 mm pour 24,1 jours de pluie
- IFEROUANE        63,5 mm pour 13,8 jours de pluie.

Entre les deux stations, le régime saisonnier des pluies est assez comparable comme on le verra plus loin; mais les hauteurs d'eau obtenues sont très différentes : IFEROUANE reçoit deux fois et demi moins d'eau qu'AGADES.

Le poste d'EL MEKI situé entre ces deux stations, semble subir un régime voisin de celui d'AGADES comme le montre le tableau des précipitations annuelles de ces trois dernières années :

	<u>1956</u>	<u>1957</u>	<u>1958</u>
AGADES	162	116	287 mm
EL MEKI	182	188	234 mm
IFEROUANE	48	35	32 mm

Un essai d'ajustement des 37 valeurs de pluie annuelle d'AGADES sur une loi de GAUSS a donné d'assez bons résultats.

Les valeurs caractéristiques sont les suivantes :

Moyenne sur 37 ans (F = 0,50)	H = 167,1 mm
Médiane - - -	H = 156,0 mm
Année humide de fréquence décennale (F = 0,1)	H = 242,5 mm
Année sèche - - - (F = 0,9)	H = 91,7 mm
Ecart type ou écart moyen quadratique $\sigma$	= 58,9 mm

L'irrégularité interannuelle est grande :

Années les plus humides (1953 et 1958)	287 mm
Année la plus sèche (1948)	55 mm
Rapport	= 5,2

Rapports à la moyenne  $\frac{287}{167,1} = 1,71$  et  $\frac{55}{167,1} = 0,33$

Pour IFEROUANE, l'ajustement à une loi de GAUSS est beaucoup moins bon, car nous ne disposons que de 19 années. On trouve les valeurs suivantes :

<u>Moyenne</u>	<u>H = 63,5 mm</u>
Ecart-type	= 41,6 mm
Médiane	H = 53,0 mm
Années les plus humides (1943 et 1953)	148 mm
Année la plus sèche (1955)	15 mm
Rapport	= 9,8

b) Répartition mensuelle des pluies -

L'étude des relevés d'IFEROUANE et d'AGADES a permis de mettre au point le tableau ci-après.

AGADES	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Hauteur d'eau en mm.	0,2	0,1	0,0	1,1	5,7	9,3	44,8	90,0	15,6	0,4	0,0	0,0	167,2
Nombre moyen de jours de pluie	0,2	0,0	0,1	0,2	1,3	2,3	7	10,3	2,5	0,2	0,0	0,0	24,1

IFEROUANE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Hauteur d'eau en mm.	0,3	0,0	0,0	3,5	6,7	4,8	11,0	29,1	7,3	0,7	0,1	0,0	63,5
Nombre moyen de jours de pluie	0,2	-	-	0,2	1	1,3	3,1	5,8	1,9	0,2	0,1	-	13,8

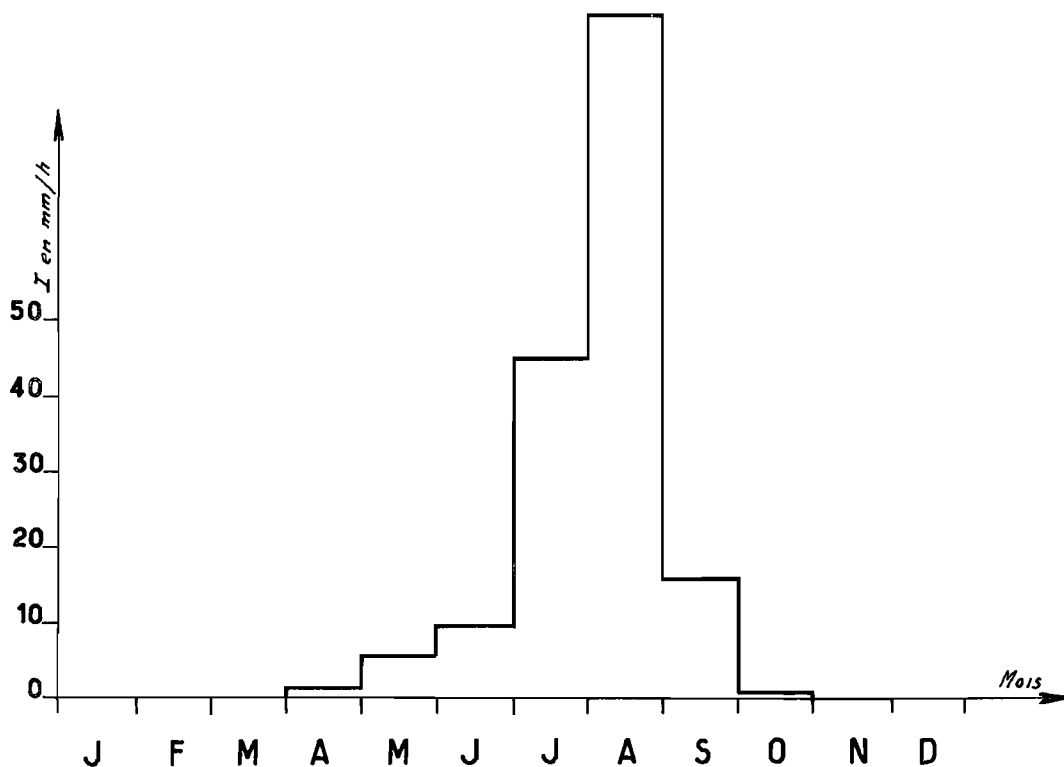
La répartition et l'importance des hauteurs mensuelles telles qu'elles résultent de la figure ci-après sont caractéristiques du climat de type subdésertique. Toutefois, le poste d'IFEROUANE est à la limite des climats de type subdésertique et saharien, puisqu'en année moyenne la hauteur totale est inférieure à 100 mm et aucun mois ne reçoit plus de 50 mm. 90 % de la pluie annuelle tombent en trois mois (Juillet, Août et Septembre) à AGADES, avec le maximum en Août : 55 %. Ce maximum correspond au maximum de la saison des pluies tropicales.

Les pluies sont moins groupées à IFEROUANE et leur répartition mensuelle met en évidence 2 maximums : un maximum principal en Août, et un maximum relatif en Mai : l'influence saharienne se fait sentir.

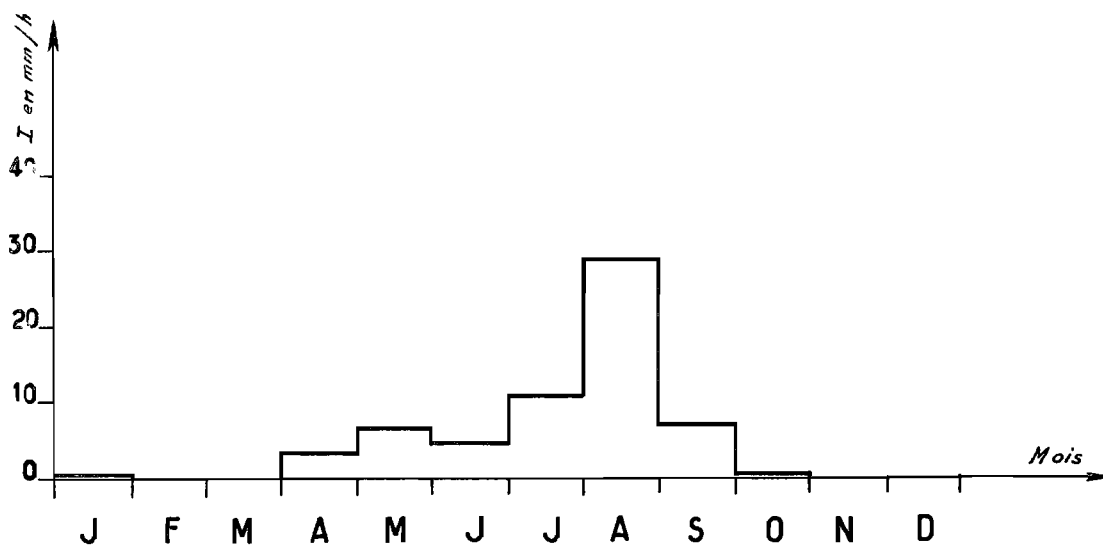
# AÏR

## RÉPARTITION MENSUELLE DE LA PLUVIOMÉTRIE

AGADÈS : PÉRIODE 1921-1958



IFÉROUANE : PÉRIODE 1940-1958



NLG 9708

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

c) Pluviométrie journalière -

Toutes les pluies en 24 heures ont été classées suivant leur hauteur ; on aboutit aux tableaux ci-dessous, donnant les nombres de jours de pluie classés :

	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
AGADES							
Total sur 32 ans	586	121	36	24	4	1	2
Moyenne annuelle	18,3	3,8	1,1	0,75	0,12	0,03	0,06
IFEROUANE							
Total sur 19 ans	232	21	9	1	1		
Moyenne annuelle	12,2	1,1	0,5	0,05	0,05		

La recherche des précipitations exceptionnelles en 24 heures a été tentée en prenant pour AGADES toutes les pluies supérieures à 20 mm. Nous avons gardé les 32 premières valeurs, qui ont été classées, et ajustées suivant une loi de GAUSS. Les caractéristiques de cette étude sont les suivantes :

plus forte pluie de 24 h en 32 ans : 65,6 mm (11 Août 1954)

Valeur moyenne  $P = 38,1$  mm

Ecart type  $\sigma = 8,7$  mm

Pluie de fréquence décennale ( $F = 0,1$ )  $P = 49,2$  mm ~~50~~ mm

Pour IFEROUANE, nous avons dû descendre jusqu'à 10 mm par jour, pour avoir une série suffisante. On trouve :  
Plus forte pluie en 19 ans 47 mm

Pluie de fréquence décennale environ 30 mm

V - OBSERVATIONS de la CAMPAGNE 1959 -

Le Service Météorologique du NIGER possède trois postes pluviométriques (lecture journalière) dans l'AIR : AGADES, IFEROUANE, EL MEKI.

Nous avons augmenté ce réseau par la pose de :

- un pluviographe journalier à AGADES
- - - - - EL MEKI
- - - - - près de SELOUM-SELOUM.
- un pluviographe hebdomadaire à TCHEFIRA à partir du 23 Août.
- un pluviomètre (lecture journalière) à TAROUADJI.
- 18 pluviomètres totalisateurs répartis le long des axes routiers du massif avec une plus forte concentration dans le bassin versant du Kori d'AGADES.

Deux pluviomètres ont disparu durant la campagne.

Tous ces pluviomètres ont été posés avant le début des pluies. La seule pluie antérieure à cette date a eu lieu le 17 Juin à IFEROUANE (H = 11 mm). Il est vraisemblable qu'il s'agissait d'un orage local n'intéressant qu'une très faible région.

Bien que le F.I.T. fut à cette date au niveau d'AGADES, la masse d'air humide était en surplomb à l'altitude de 2 300 m et sur une distance considérable (au moins 300 km ) (figure 4).

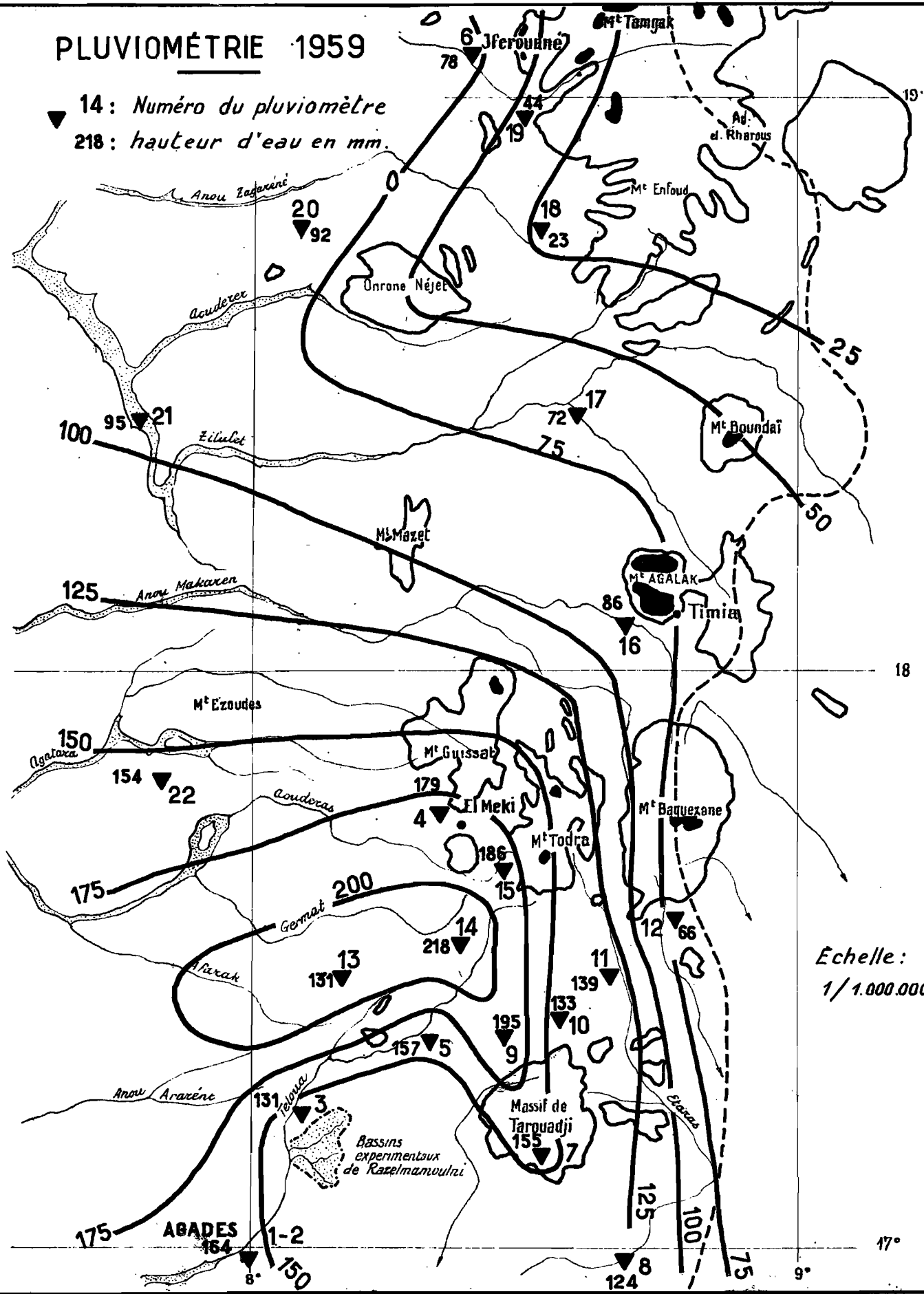
a) Précipitations annuelles -

Nous donnons dans les tableaux ci-après la position géographique et les relevés des pluviomètres du massif de l'AIR : ces relevés ne partent que du 20 Juin mais l'examen des précipitations à AGADES et IFEROUANE montrent que les averses antérieures sont nulles ou insignifiantes.

Les résultats reportés sur une carte au 1/1 000 000 ont permis de tracer le réseau des isohyètes pour la campagne 1959.

# PLUVIOMÉTRIE 1959

▼ 14 : Numéro du pluviomètre  
 218 : hauteur d'eau en mm.



Echelle :  
 1 / 1.000.000 ème

MASSIF de l'AIR

HAUTEUR de PRECIPITATIONS au cours de la SAISON des PLUIES 1959

N°	Stations	Nature	Coordonnées Géographiques		Observations	Précipitations
1	AGADES	Associations	16°59	7°59	METEO depuis 1921	238
2	AGADES	Enregistreur journalier	16°59	7°59	ORSTOM 12/7	164
3	RAZELMAMOULMI	Enregistreur journalier	17°14	8°06	- 10/7	131
4	EL MEKI	Enregistreur journalier	17°45	8°21	- 24/6	179
5	TCHEFIRA	Enregistreur hebdomadaire	17°22	8°20	- 23/8	157
5 bis	TCHEFIRA	Totalisateur	17°22	8°20	- 5/7	(43)
6	IFEROUANE	Association	19°05	8°25	METEO depuis 1940	78
7	TAROUADJI	Association	17°07	8°31	ORSTOM 5/7	155
8	TOURAYET	Totalisateur	16°59	8°41	- 6/7	124
9	OUADJOU	Totalisateur	17°22	8°27	- 5/7	195
10	ADDEKA	Totalisateur	17°24	8°33	- 5/7	133
11	TESSOUMA	-	17°28	8°39	- 5/7	139
12	SUD-BAGUEZANS	-	17°34	8°47	- 5/7	66
13	OUIDINENE	-	17°28	8°09	- 24/6	226
14	BEDEI	-	17°32	8°23	- 4/7	218
15	AOUDERAS	-	17°40	8°27	- 4/7	186
16	GERIP-GERIP	-	18°05	8°41	- 25/6	86
17	ASSODE	-	18°28	8°36	- 26/6	72
18	FAOJET	-	18°47	8°32	- 26/6	23
19	TINTARODA	-	18°59	8°30	- 27/6	44
20	AGUELLAL	-	18°48	8°06	- 27/6	92
21	GOUGARIM	-	18°27	7°48	- 28/6	95
22	IN KAKANE	-	17°50	7°50	- 28/6	154

STATION d'AGADES

Pluviométrie journalière - Année 1959

Date	Station Météo	Station O.R.S.T.O.M.
Avril 27:	1,3 mm	
Mai 18:	1,4 mm	
19:	0,6 mm	
Juin 16:	0,8 mm	
Juillet 4:	0,3 mm	
12:	1,8 mm	
19:	1,9 mm	
23:	33,2 mm	11,7 mm
30:	7,8 mm	3,5 mm
Août 1:	9,6 mm	9,5 mm
2:	0,8 mm	0,5 mm
3:	1,6 mm	1,5 mm
5:	3,4 mm	2,0 mm
6:	1,1 mm	1,0 mm
11:	28,1 mm	20,5 mm
12:	19,3 mm	8,5 mm
13:	35,6 mm	29,5 mm
14:	32,6 mm	30,0 mm
16:	0,6 mm	0,5 mm
17:	0,2 mm	
22:	4,7 mm	5,0 mm
23:	5,1 mm	4,5 mm
Septembre 3:	0,3 mm	
7:	28,4 mm	19,0 mm
8:	11,7 mm	
9:		12,5 mm
11:	5,0 mm	2,0 mm
14:	0,5 mm	1,0 mm
19:	0,7 mm	1,5 mm
Total	238,4 mm	164,2 mm

STATION d'EL MEKI

Pluviométrie journalière - Année 1959

Date	Station O.R.S.T.O.M.
Juillet	18: 1,0 mm
	19: 3,5 mm
	31: 9,0 mm
Août	1: 1,5 mm
	2: 0,5 mm
	3: 15,5 mm
	4: 15,5 mm
	6: 8,0 mm
	7: 3,0 mm
	11: 2,0 mm
	13: 2,5 mm
	14: 25,5 mm
	16: 6,5 mm
	20: 36,5 mm
	21: 12,5 mm
	22: 17,5 mm
25: 1,0 mm	
Septembre	7: 3,5 mm
	11: 2,0 mm
	12: 1,5 mm
	13: 3,5 mm
	14: 0,5 mm
	20: 6,5 mm
Total	179 mm

## STATION d'IFEROUANE

Pluviométrie journalière - Année 1959 -

Date	Station Météo
Juin 17	11,3 mm
Juillet 19	0,6 mm
Août 1	1,3 mm
2	5,5 mm
6	0,4 mm
7	1,9 mm
13	1,8 mm
14	3,0 mm
19	6,3 mm
20	22,3 mm
21	8,5 mm
22	7,0 mm
25	4,9 mm
Septembre 3	2,2 mm
6	1,3 mm
Total	78,3 mm

## STATION de TAROUADJI

Pluviométrie journalière - Année 1959 -

Date	Station O.R.S.T.O.M.
Juillet	27 : 1,2 mm
	30 : 13 mm
Août	1 : 4 mm
	2 : 25 mm
	3 : 7 mm
	4 : 13 mm
	5 : 5 mm
	6 : 13,5 mm
	11 : 3 mm
	13 : 15 mm
	14 : 20 mm
	16 : 4 mm
21 : 16 mm	
Septembre	2 : 9 mm
	19 : 5 mm
Total	153,7 mm

STATION E.V. P 3

Pluviométrie journalière - Année 1959

Date	Station O.R.S.T.O.M.
Juillet 30	1,0 mm
Août 1	9,8 mm
3	7,5 mm
5	2,5 mm
6	33 mm
11	8,5 mm
12	0,5 mm
13	25,5 mm
14	23,5 mm
16	1,5 mm
21	7 mm
22	5 mm
23	2 mm
Septembre 3	0,5 mm
6	3,5 mm
Total	131,3 mm

De l'examen des tableaux ci-dessus, et des isohyètes, il ressort les tendances générales suivantes :

- Variations de la pluviométrie avec la latitude :

Les stations de base ont donné les résultats suivants :

164 mm à AGADES	latitude 16°59
78 mm à IFFEROUANE	latitude 19°05

Les extrêmes enregistrés sont de :

226 mm à P 13	latitude 17°28
	(Route AGADES - EL MEKI)
23 mm à P 18	latitude 18°47
	(35 km Sud d'IFFEROUANE)

De façon générale, la hauteur pluviométrique annuelle décroît avec la latitude, mais, comme on va le voir, l'altitude a également une influence qui n'est pas négligeable.

- Influence des massifs :

Les isohyètes, dont le tracé suit en général les parallèles, s'infléchissent vers le Sud du niveau des massifs.

Le versant Ouest des montagnes est plus arrosé que les versants Nord et Est, l'aridité augmente sensiblement vers le TENERE. On peut constater que les massifs les plus à l'Ouest de l'AIR, tels ceux d'EL MEKI, TODRA et TAROUADJI ont une pluviométrie beaucoup plus forte que ceux d'AGALAK ou des BAGUEZANS.

Nous avons vu que la hauteur moyenne des précipitations est de :

167,2 mm à AGADES (moyenne faite sur 37 années)

63,5 mm à IFEROUANE (moyenne faite sur 19 années)

Pour 1959 nous avons :

164 mm à AGADES (Station O.R.S.T.O.M.)

238 mm à AGADES (Station Météo)

78 mm à IFEROUANE (Station Météo)

Bien que les pluviomètres situés à AGADES soient distants de 500 mètres, nous estimons que la différence des hauteurs d'eau mesurées est beaucoup trop forte. Comme nous avons constaté, lors de la pluie du 23 Juillet, une importante faute de lecture de l'observateur météo, nous préférons ne pas tenir compte de ces observations et de ces relevés.

Si nous ne considérons que les deux stations pour lesquelles nous disposons d'un nombre important de relevés, l'année 1959 peut être considérée comme une année normale. Mais ces stations représentent imparfaitement le massif de L'AIR. Au cours de nos nombreuses tournées, nous avons interrogé longuement les habitants et nous avons, une fois de plus, constaté que les renseignements donnés sont plus exacts lorsqu'il s'agit d'écoulement (nombre de crues et hauteurs d'eau) que lorsqu'il s'agit de précipitations.

A partir de ces renseignements hydrologiques, nous avons essayé de comparer la saison des pluies 1959 à la saison 1958.

De l'avis général, la saison 1958 a été nettement excédentaire. Tous les Koris de l'AIR ont coulé abondamment. C'était une année "exceptionnelle".

Au contraire, si on fait abstraction de la région située près de TAFADÉK et du pluviomètre n° 13, les ruissellements, donc les précipitations sont en 1959 nettement moins importants qu'en 1958. C'est également vrai pour la région d'IFEROUANE bien que la pluviométrie de 1958 soit à peine la moitié de celle de 1959 : en 1958, les précipitations étaient centrées sur le massif des TAMGAK, alors que cette année elles le sont à l'Ouest du massif, sur IFEROUANE en particulier.

A partir des observations que nous avons effectuées en 1959, et des renseignements obtenus auprès de la population, il nous est possible de dégager les caractéristiques de l'année 1959 par rapport à une année moyenne.

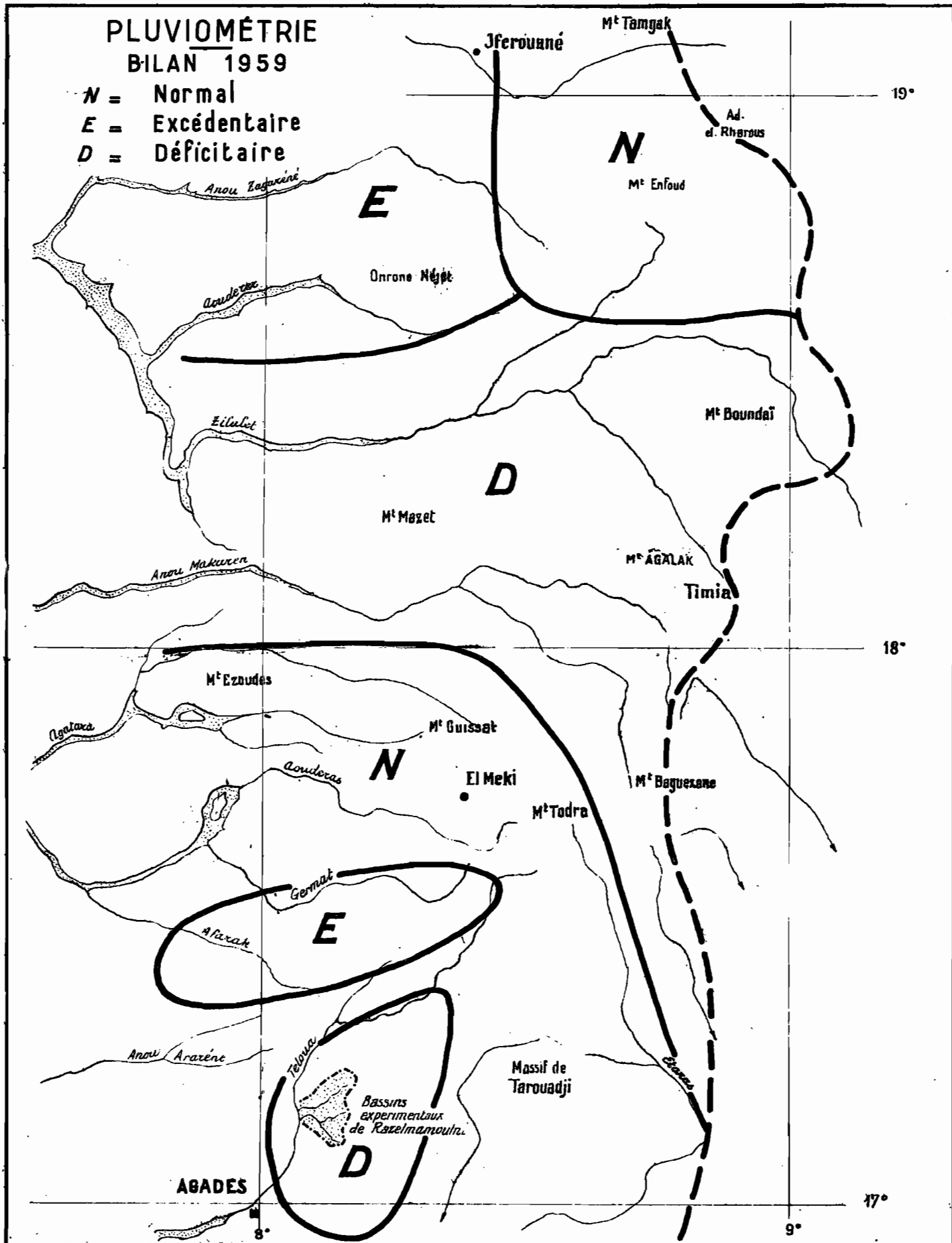
- Zone des TAMGAK : 1959 est une année normale
- Zone IFEROUANE-AGUELLAL : nettement excédentaire
- Zone B.V. de ZILLET, Monts AGALAK, BOUNDAYE, Nord GUISSAT, Nord TODRA et BAGUEZANS : déficitaire.
- Zone B.V. du TELOUA, Sud TODRA, EL NEKI, TAROUADJI : normale.
- Zone B.V. AGANDAOUINE, AFARAK : très excédentaire.
- Zone SELOUM-SELOUM, AZEL : déficitaire.
- Zone Sud BAGUEZANS : déficitaire.

Avec ces quelques indications qualitatives nous avons retouché le réseau d'isohyètes de 1959, pour obtenir une esquisse sommaire du réseau d'isohyètes interannuelles que l'on trouvera ci-après. Le versant occidental des massifs situés à l'Est et au Nord-Est d'AGADES est certainement plus arrosé que ce poste, mais les observations de 1959 semblent indiquer que la hauteur annuelle des précipitations n'est pas très différente sur le massif de celle observée au poste principal. Il n'est pas sûr que la moyenne interannuelle dépasse 200 mm en altitude.

# PLUVIOMÉTRIE

## BILAN 1959

- N = Normal
- E = Excédentaire
- D = Déficitaire



NIG 9703

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO



b) Répartition mensuelle -

La répartition mensuelle est la suivante :

	Jun	Juillet	Août	Septembre	Octobre
AGADES	-	10 %	67 %	23 %	-
EL MEKI	-	8 %	82 %	10 %	-
TAROUADJI	-	9 %	82 %	9 %	-
IFEROUANE	14 %	1 %	80 %	5 %	-

Le tableau et les graphiques ci-dessus indiquent que, pour l'année 1959, 67 % à 82 % des précipitations ont lieu en Août, alors que sur les moyennes interannuelles on trouverait pour le même mois 56 % à AGADES comme à IFEROUANE. Cette forte concentration des pluies est due à une remontée tardive du F.I.T., qui n'atteignit l'AIR qu'à la fin du mois de Juillet.

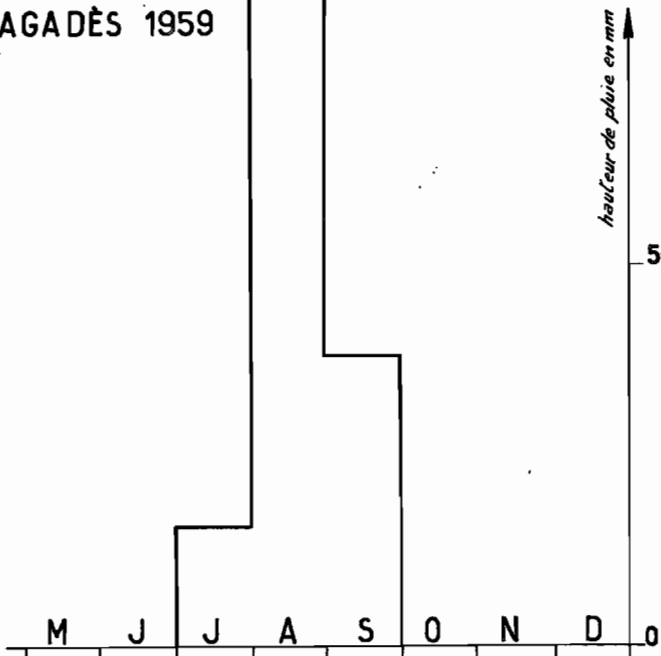
c) Pluviométrie journalière -

La fréquence des pluies pour 1959 est la suivante :

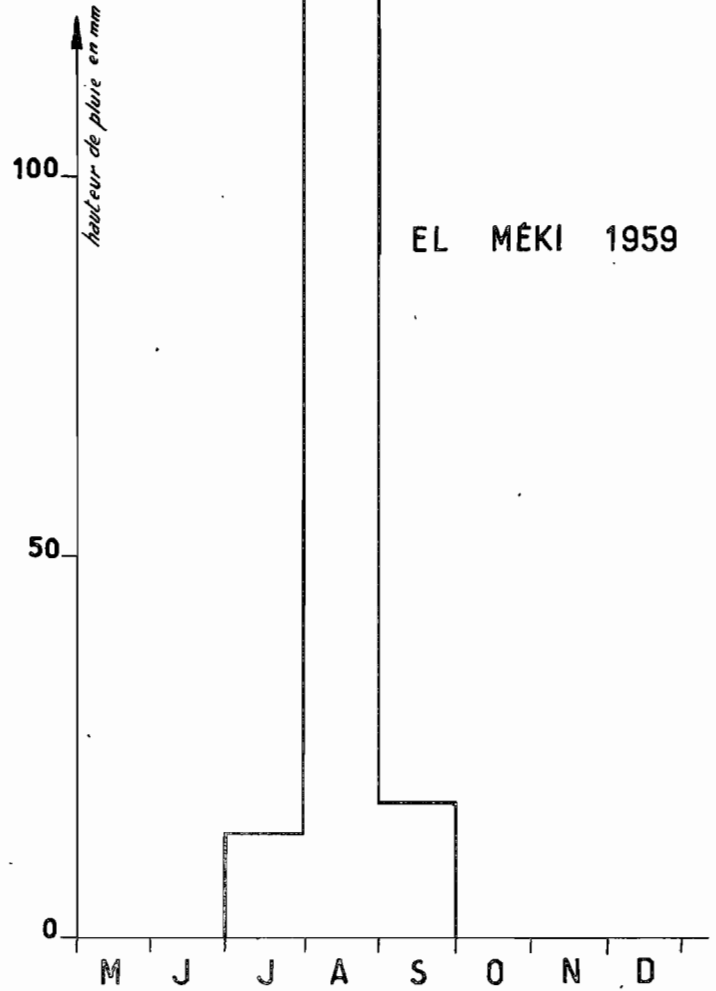
	0-10 mm	10-20 mm	20-30 mm	30-40 mm	Nombre de jours total
AGADES	13	3	2	1	19
EL MEKI	17	4	1	1	25
TAROUADJI	8	5	2	-	15
IFEROUANE	13	1	1	-	15

# PLUVIOMÉTRIE

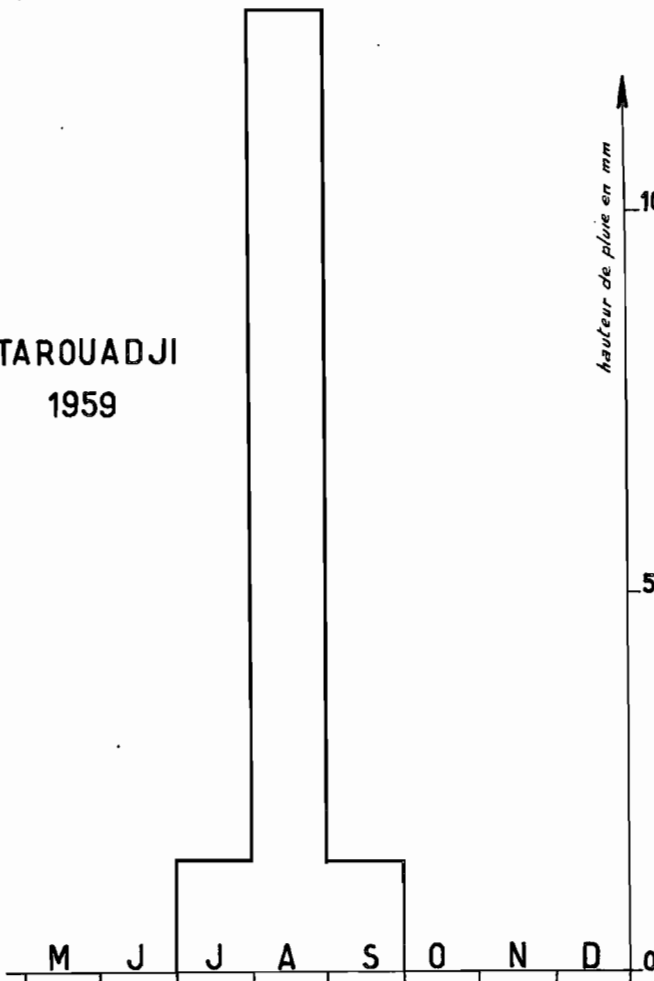
AGADÈS 1959



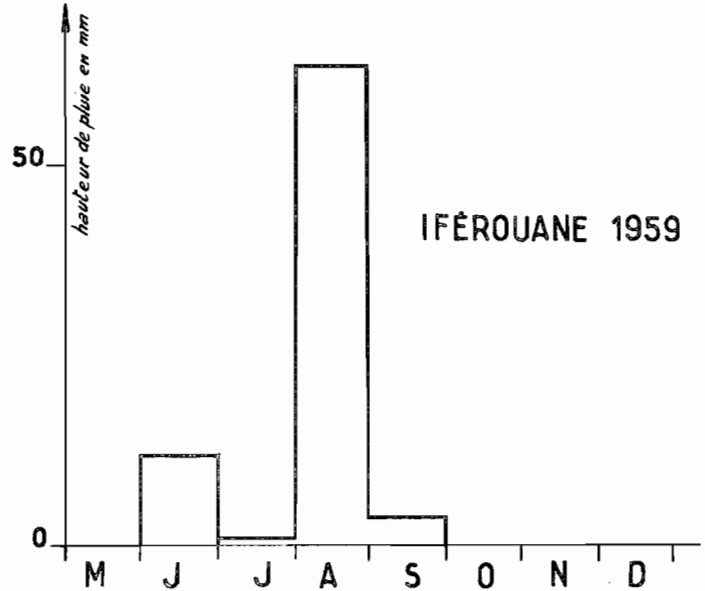
EL MÉKI 1959



TAROUADJI  
1959



IFÉROUANE 1959



NIG 9715

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

La hauteur maximale enregistrée est de 36,5 mm le 20 Août à EL MEKI.

d) Intensité des précipitations -

Nous disposons de quatre pluviographes, situés respectivement à

- un à AGADES
- un à EL MEKI
- deux sur le B.V. de RAZELMAMOULMI (30 km d'AGADES).

Tous ont parfaitement fonctionné.

Nous donnons ci-après les hyétogrammes des principales averses pour les stations d'AGADES et d'EL MEKI. Pour celle de RAZELMAMOULMI, on se rapportera au chapitre : B.V. expérimental.

Nous avons tracé sur le graphique I les courbes intensité-durée des principales averses observées pour des intensités supérieures à 10 mm/h. (Les échelles du graphique I ont été choisies logarithmiques pour faciliter la représentation).

Le répertoire de ces averses est donné ci-dessous :

N°	DATE	STATION	HAUTEUR
1	31 Juillet	EL MEKI	9 mm
2	3 Août	- -	15,5 mm
3	14 Août	- -	24,5 mm
4	20 Août	- -	36,5 mm
5	1 Août	PE 9 RAZELMAMOULMI	13,5 mm
6	6 Août	-	23 mm
7	11 Août	-	8 mm
8	13 Août	-	17,5 mm

NIG 9612

ED:

LE:

DES:

VISA:

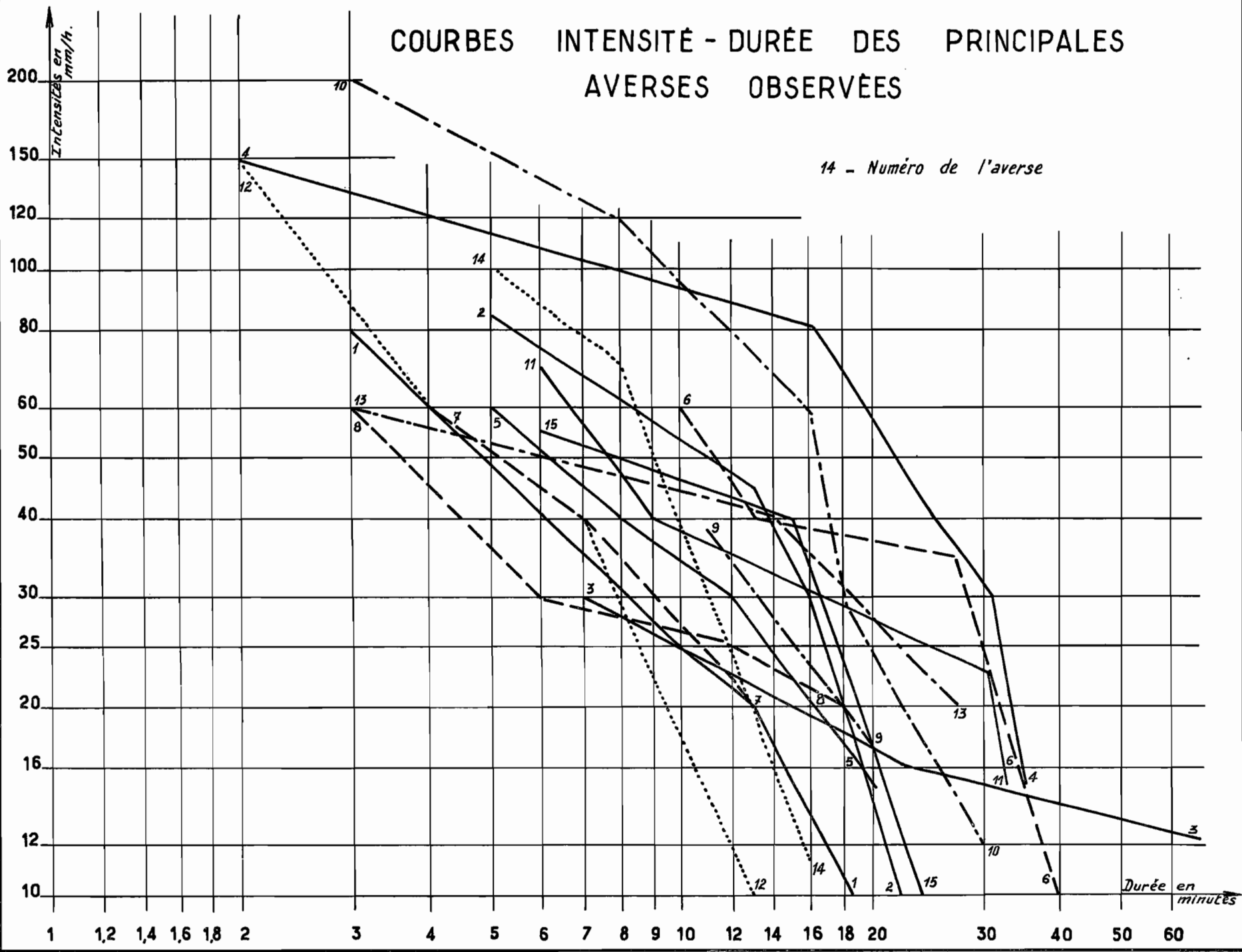
TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# COURBES INTENSITÉ - DURÉE DES PRINCIPALES AVERSES OBSERVÉES

14 - Numéro de l'averse

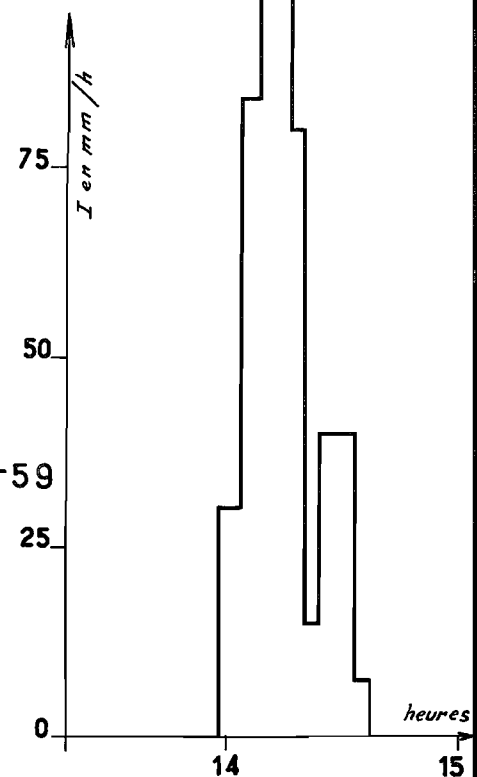
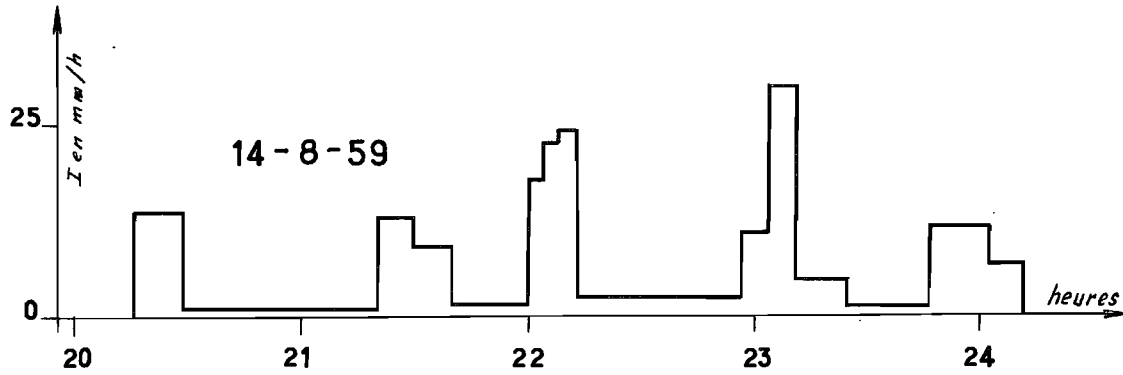
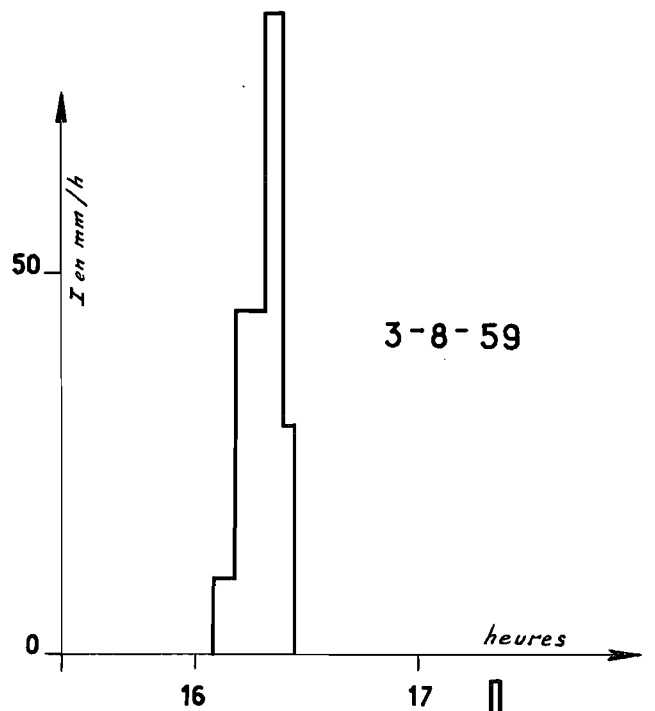
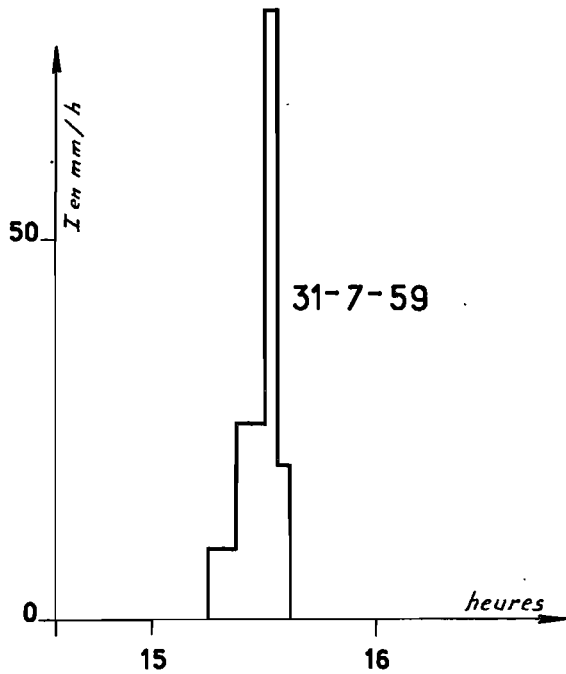


N°	DATE	STATION	HAUTEUR
9	1 Août	PE 3	10 mm
10	6 Août	-	31,5 mm
11	11 Août	AGADES	20 mm
12	13 Août	-	13 mm
13	14 Août	-	16 mm
14	7 Septembre	-	15 mm
15	8 Septembre	-	13 mm

Nous avons ensuite calculé les intensités moyennes maximales pour des durées de 5, 10, 15 et 30 minutes.

Averse n° 4 du 20 Août 1959 à EL MEKI

- Intensité moyenne en 5 minutes : 14 h 12 à 14 h 17  
dh = 10 mm  
Intensité = 120 mm/h
- Intensité moyenne en 10 minutes : 14 h 07 à 14 h 17  
dh = 18 mm  
Intensité = 108 mm/h
- Intensité moyenne en 15 minutes : 14 h 04 à 14 h 19  
dh = 24,5 mm  
Intensité = 98 mm/h



EL MËKI  
HYËTOGRAMMES  
1959

NIG 9716

ELECTRICITÉ DE FRANCE . SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

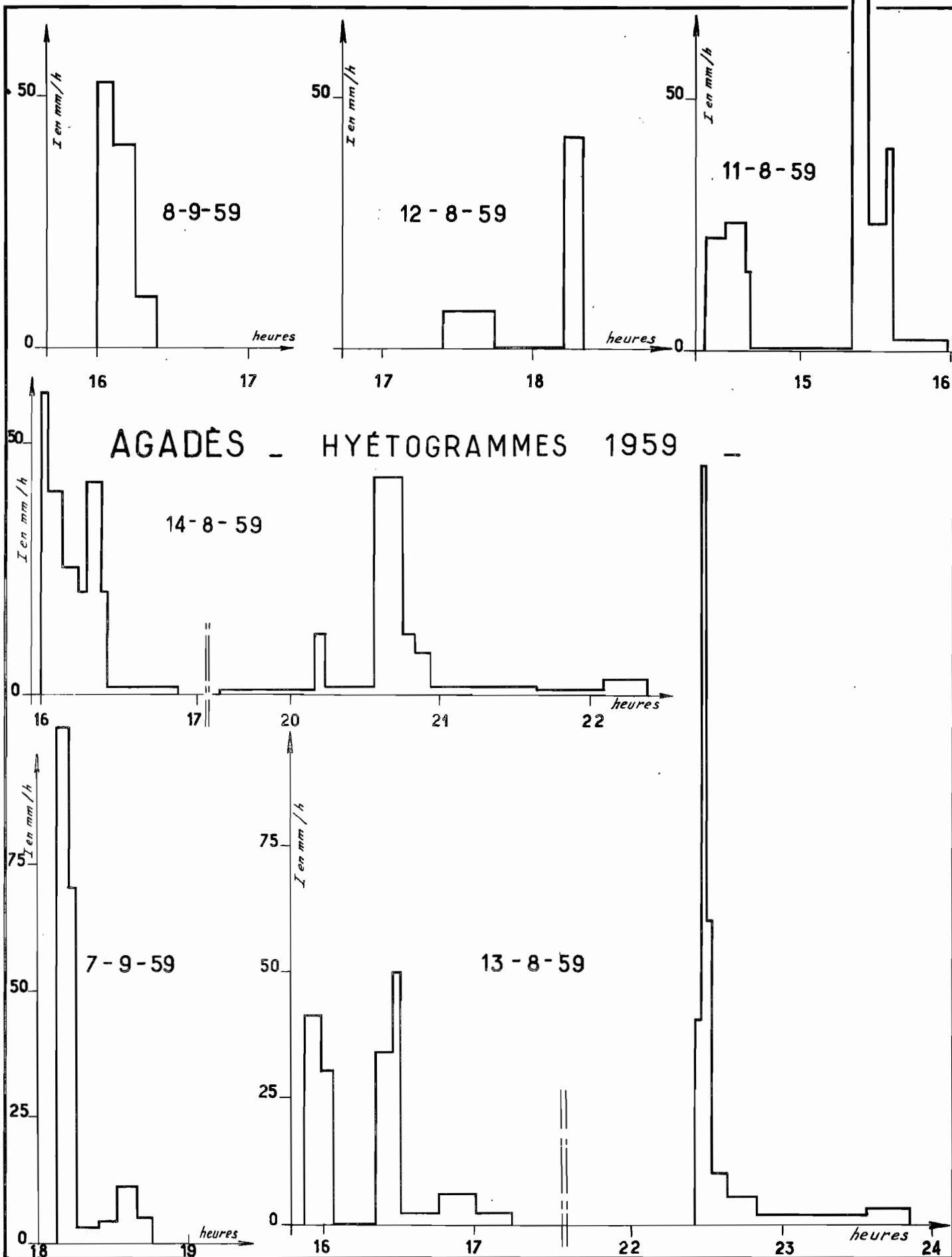
LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO



- Intensité moyenne en 30 minutes : 14 h 03 à 14 h 33  
dh = 33,5 mm  
Intensité = 67 mm/h

Averse n° 10 du 6 Août 1959 à RAZELMAMOULMI

- Intensité moyenne en 5 minutes : 16 h 40 à 16 h 45  
dh = 14 mm  
Intensité = 168 mm/h
- Intensité moyenne en 10 minutes : 16 h 37 à 16 h 47  
dh = 22 mm  
Intensité = 132 mm/h
- Intensité moyenne en 15 minutes : 16 h 37 à 16 h 52  
dh = 27 mm  
Intensité = 108 mm/h
- Intensité moyenne en 30 minutes : 16 h 35 à 17 h 05  
dh = 31,5 mm  
Intensité = 63 mm/h

Averse n° 12 du 13 Août 1959 à AGADES

- Intensité en 5 minutes : 22 h 28 à 22 h 33  
dh = 7,5 mm  
Intensité = 90 mm/h
- Intensité moyenne en 10 minutes : 22 h 26 à 22 h 36  
dh = 9,5 mm  
Intensité = 57 mm/h
- Intensité moyenne en 15 minutes : 22 h 26 à 22 h 41  
dh = 10 mm  
Intensité = 40 mm/h

- Intensité moyenne en 25 minutes : 22 h 26 à 22 h 51  
dh = 13 mm  
Intensité = 31 mm/h

Averse n° 14 du 7 Septembre 1959 à AGADES

- Intensité moyenne en 5 minutes : 18 h 07 à 18 h 12  
dh = 8,5 mm  
Intensité = 102 mm/h
- Intensité moyenne en 10 minutes : 18 h 07 à 18 h 17  
dh = 12 mm  
Intensité = 72 mm/h
- Intensité moyenne en 15 minutes : 18 h 07 à 18 h 22  
dh = 12,5 mm  
Intensité = 50 mm/h
- Intensité moyenne en 30 minutes : 18 h 07 à 18 h 37  
dh = 14 mm  
Intensité = 28 mm/h

Averse n° 2 du 3 Août 1959 à EL MEKI

- Intensité moyenne en 5 minutes : 16 h 19 à 16 h 24  
dh = 7 mm  
Intensité = 84 mm/h
- Intensité moyenne en 10 minutes : 16 h 14 à 16 h 24  
dh = 11 mm  
Intensité = 66 mm/h
- Intensité moyenne en 15 minutes : 16 h 11 à 16 h 26  
dh = 14 mm  
Intensité = 56 mm/h

- Intensité moyenne en 22 minutes : 16 h 05 à 16 h 27  
dh = 15,5 mm  
Intensité = 42 mm/h

Les intensités maximales moyennes observées pendant la campagne 1959 sont les suivantes :

- pour une durée de 5 minutes : Intensité = 168 mm/h  
soit une hauteur de pluie de 14 mm
- pour une durée de 10 minutes : Intensité = 132 mm/h  
soit une hauteur de 22 mm
- pour une durée de 15 minutes : Intensité = 108 mm/h  
soit une hauteur de 27 mm
- pour une durée de 30 minutes : Intensité = 67 mm/h  
soit une hauteur de 33,5 mm

Les observations qui ont servi à établir le graphique sont trop peu nombreuses pour que l'on puisse les exploiter de façon systématique. Plusieurs années d'observations seraient nécessaires pour faire une étude statistique des intensités.

Néanmoins, il ne faut pas oublier que la hauteur de pluie maximale observée en 1959 est de 36,5 mm alors que la plus forte pluie mesurée en 32 ans a été de 65,6 mm à AGADES et que la pluie de fréquence décennale est estimée à 50 mm pour cette station.

## B - TEMPERATURE -

Les températures maximales et minimales sont observées à AGADES et à IFFEROUANE (depuis 1954 pour cette dernière station); les résultats moyens mensuels sont les suivants :

AGADES : période 1951-1955

AGADES	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. maxi.	30°2	33°1	36°9	40°1	41°8	41°3	39°5	36°6	38°6	38°7	33°7	28°8
Temp. mini.	10°9	12°9	17°9	20°7	24°6	24°0	23°6	22°7	22°8	20°5	14°8	10°6
Tx Absolu	35°9	37°9	40°8	43°8	44°8	44°5	43°1	40°2	41°4	41°1	37°4	33°8
Tn Absolu	06°2	07°4	11°3	14°5	19°3	20°8	20°9	19°4	19°3	15°9	09°2	05°8

IFEROUANE : période 1955-1958

IFEROUANE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. Maxi	29°0	31°9	34°7	38°5	39°9	41°1	39°5	39°5	39°1	36°6	34°1	28°9
Temp. mini.	07°5	09°7	14°5	20°9	23°3	24°0	22°9	23°2	22°9	18°9	14°8	09°5
Tx Absolu	33°8	36°6	38°5	40°7	42°9	43°1	42°0	41°5	40°9	40°0	36°7	33°3
Tn Absolu	01°5	04°4	07°2	15°0	17°4	20°2	18°2	17°7	18°7	12°9	09°6	03°5

Le diagramme annuel des températures diurnes admet un minimum très net en Décembre-Janvier, de l'ordre de 10°6 pour AGADES et de 7°5 pour IFEROUANE (température moyenne mensuelle).

Les températures maximales croissent jusqu'à un maximum qui se situe en Mai-Juin de l'ordre de 41°8 pour AGADES et 41°1 pour IFEROUANE. La saison des pluies provoque dans les températures maximales un minimum secondaire, en Août, à AGADES. A IFEROUANE bien entendu, il n'y a à cette époque qu'un simple palier.

En Décembre-Janvier l'effet d'hiver est beaucoup plus marqué à IFEROUANE qu'à AGADES.

L'amplitude des variations diurnes est considérable (de 13 à 20°). Nous donnons ci-dessous les températures aux stations d'AGADES et d'IFEROUANE pour 4 journées-type :

AGADES		TEMPERATURE ° C					
		Tx	Tn	M	6 h	12 h	18 h
1er Janvier	58	29,3	14,1	22	16,2	28,4	24,6
15 Mai	58	40,1	19,8	30	21,9	38,6	35,6
1er Août	58	30,6	21,1	25,9	22,6	28,2	23,7
1er Octobre	58	39,2	21,3	30,5	23,7	38,4	33,6

IFEROUANE		TEMPERATURE ° C					
		Tx	Tn	M	6 h	11 h	16 h
1er Janvier	58	27	07,6	17,3	10	23,2	22,8
15 Mai	58	39	22,2	30,6	27,2	36	37,8
1er Août	58	35	22	28,5	23	31,5	34,5
1er Octobre	58	39,5	19,5	29,5	20,5	36,5	38

C - HUMIDITE RELATIVE -

Les valeurs mensuelles de l'humidité relative pour AGADES (période 1951-1955) et IFEROUANE (période 1955-1958) sont les suivantes :

HUMIDITE MOYENNE en % - 06 h - 12 h - 18 h -												
AGADES	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
U à 06 heures	38	32	28	23	39	48	67	80	65	41	41	42
U à 12 heures	16	12	12	10	20	53	33	45	29	17	17	18
U à 18 heures	21	16	16	13	23	25	36	51	63	23	24	24

HUMIDITE MOYENNE en % - 06 h - 12 h - 18 h -												
IFEROUANE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
U à 06 heures	52	43	35	30	26	36	52	61	47	44	46	53
U à 11 heures	26	23	19	21	16	22	32	33	24	22	25	30
U à 16 heures	23	20	18	20	16	21	27	30	24	22	24	27

Sur les humidités relatives l'influence de la saison des pluies est beaucoup plus nette au Sud, à AGADES qu'à IFEROUANE au Nord.

De même que pour les températures, nous avons choisi les 4 journées-type pour montrer les variations diurnes de l'humidité :

HUMIDITE EN %									
DATE	AGADES					IFEROUANE			
	Ux	Un	6 h	12 h	18 h	6 h	11 h	16 h	
1er Janvier 58	41	08	18	08	10	25	11	11	
15 Mai 58	31	06	19	10	14	11	08	05	
1er Août 58	96	56	79	59	95	83	47	35	
1er Octobre 58	38	13	32	13	16	46	24	22	

Variation de l'Humidité et de la Température durant la fin de la saison des pluies 1959.

Au cours d'un mois de la saison des pluies les fluctuations d'humidité et de température sont importantes d'un jour à l'autre suivant les déplacements du F.I.T. et les précipitations.

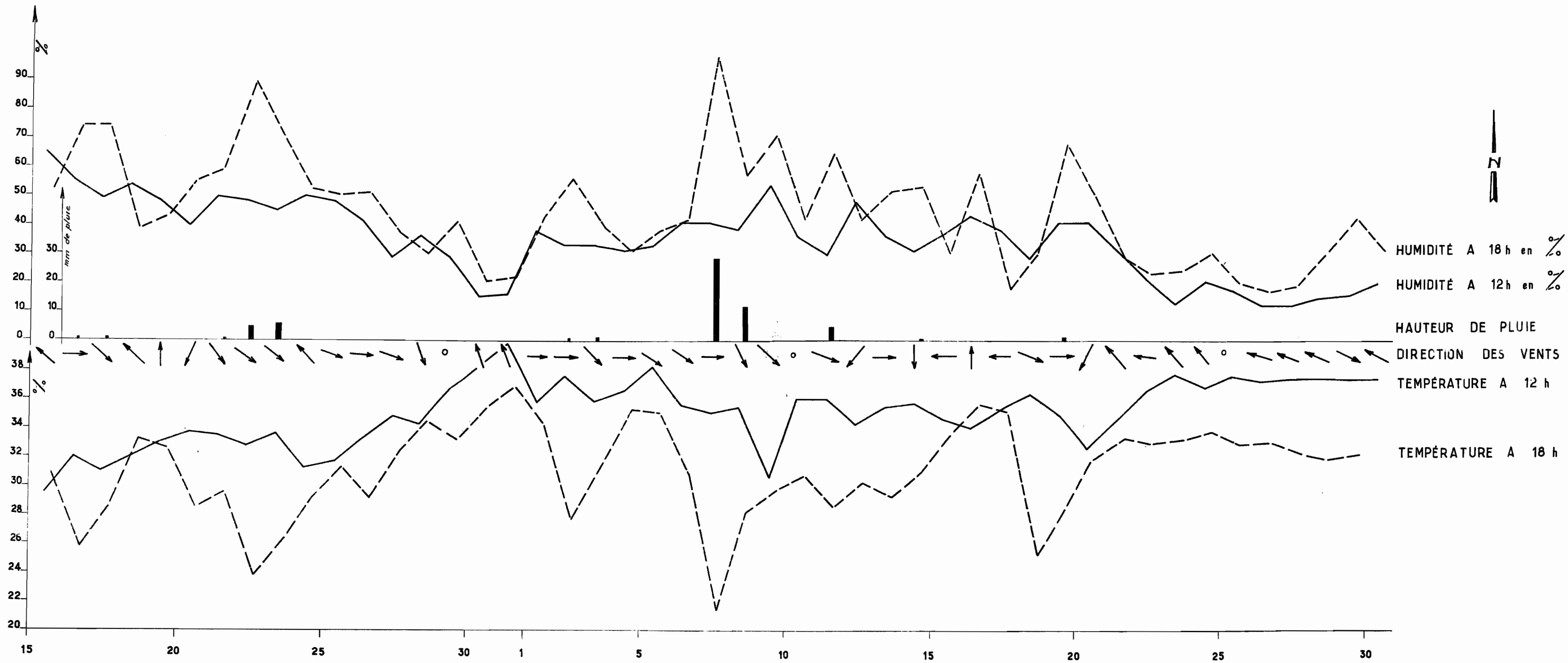
Nous avons porté sur le graphique ci-après, les variations pour le poste du service météo d'AGADES des mesures suivantes :

Température à 12 heures  
- - 18 heures

Humidité à 12 heures  
- - 18 heures

Direction des vents à 12 heures

Hauteur des précipitations.



Nous avons seulement considéré la période du 15 Août au 30 Septembre, période transitoire qui marque la fin de la saison des pluies.

Après quelques faibles chutes de pluie durant la deuxième quinzaine d'Août où l'humidité relative oscille autour de 60 %, nous assistons vers le 30 Août à une descente du F.I.T. vers le Sud. L'humidité est inférieure à 20 % et la température voisine de 40°.

Une nouvelle invasion vers le Nord des masses d'air humide durant la première quinzaine de Septembre est à l'origine des chutes de pluie des 7 et 8 Septembre (28,4 mm et 11,7 mm) ce qui se traduit par un abaissement de la température et une augmentation de l'humidité.

Enfin, à partir du 23 Septembre, le F.I.T. est descendu au Sud d'AGADES ; les vents dominants, sont Est Sud-Est, la température à 12 heures est voisine de 39° et l'humidité varie entre 10 et 20 %. La saison des pluies est terminée.

D - EVAPORATION -

L'évaporation moyenne mensuelle (période 1956-1958) mesurée à l'évaporomètre PICHE par le Service Météorologique aux stations d'AGADES et d'IFEROUANE est la suivante en mm par mois :

STATION	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
AGADES	297	324	417	461	480	388	270	164	299	384	346	308
IFEROUANE	243	273	389	473	529	488	443	353	409	383	304	234

Le total pour AGADES est de 4 137 mm  
 Le total pour IFEROUANE est de 4 521 mm  
 Ce qui nous donne comme évaporation journalière :

STATION	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
AGADES	9,6	11,6	13,4	15,4	15,5	13,0	8,7	5,3	10,0	12,4	11,5	9,9
IFEROUANE	7,8	9,7	12,6	14,0	17,1	16,3	14,3	11,4	13,6	12,4	10,1	7,6

L'évaporation estivale est nettement plus forte à IFEROUANE qu'à AGADES, le minimum d'Août y est beaucoup moins bien marqué ce qui est en relation directe avec les constatations faites plus haut.

Nous avons procédé, fin Juin, à la mise en place, à IFEROUANE, d'un bac enterré, de 1 mètre carré de surface. Les mesures sont assurées, depuis le 1er Juillet, par le Sous-Officier radio du poste d'IFEROUANE.

L'évaporation moyenne journalière est la suivante :

Juillet 1959	: 16,6 mm
Août 1959	: 12,7 mm
Septembre 1959	: 13,1 mm
Octobre 1959	: 10,1 mm
Novembre 1959	: 8,2 mm
Décembre 1959	: 6,9 mm

Il serait nécessaire de disposer des données de l'évaporomètre PICHE à la même période pour chercher les valeurs du coefficient de correction. Il semble qu'il soit supérieur à 1 en été et nettement inférieur en hiver. L'évaporation Colorado annuelle serait un peu supérieure à 4 m.

## C H A P I T R E   I I I

### HYDROLOGIE

#### BASSINS EXPERIMENTAUX de RAZELMAMOULMI -

Le site des trois bassins expérimentaux avait été choisi lors d'une reconnaissance effectuée par IM. RODIER et LEFEVRE, en Avril 1959. Le petit village de RAZELMAMOULMI se trouve sur la piste AGADES-DABAGA (à 30 kilomètres d'AGADES) en bordure du TELOUA. Ce site présentait l'avantage de permettre simultanément le contrôle des bassins versants et d'une station de jaugeages du TELOUA.

Les trois bassins que nous avons étudiés sont :

- l'IN TIZIOUEN à la station principale :  
superficie du bassin versant 1,81 km<sup>2</sup>
- l'IN TIZIOUEN en amont du confluent avec l'OURTOUMEZ :  
superficie du bassin versant 0,55 km<sup>2</sup>
- l'IN AZENA : superficie du bassin versant : 2,11 km<sup>2</sup>

Ces Koris se jettent dans le TELOUA en aval du village.

A - DESCRIPTION SOMMAIRE du BASSIN -

Les bassins d'In TIZIOUEN et d'In AZENA sont situés dans la zone des granites anciens qui caractérisent le Sud-Ouest du Massif de l'AIR.

Ces vieux granites calco-alcalins, à biotite, se sont décomposés sous l'action de l'eau et des variations de température et ont formé, dans les dépressions, des accumulations d'arène granitiques.

Dans le bassin supérieur, on rencontre, en outre, des micaschistes et des gneiss à biotite.

Le relief peu marqué, a été partiellement rajeuni par d'énormes filons de quartz formés bien après la mise en place du granite par remplissage hydrothermal (quartz) des fendillements dus aux fractures du granite. Un de ces filons constitue la limite Sud-Ouest du bassin d'In TIZIOUEN.

Les sols, au sens pédologique du mot, sont inexistants : il en est de même pour la végétation qui est réduite à quelques touffes d'herbe qui, au mois d'Août, poussent sur l'arène et quelques arbustes (principalement du groupe des acacias), que l'on rencontre uniquement dans les thalwegs.

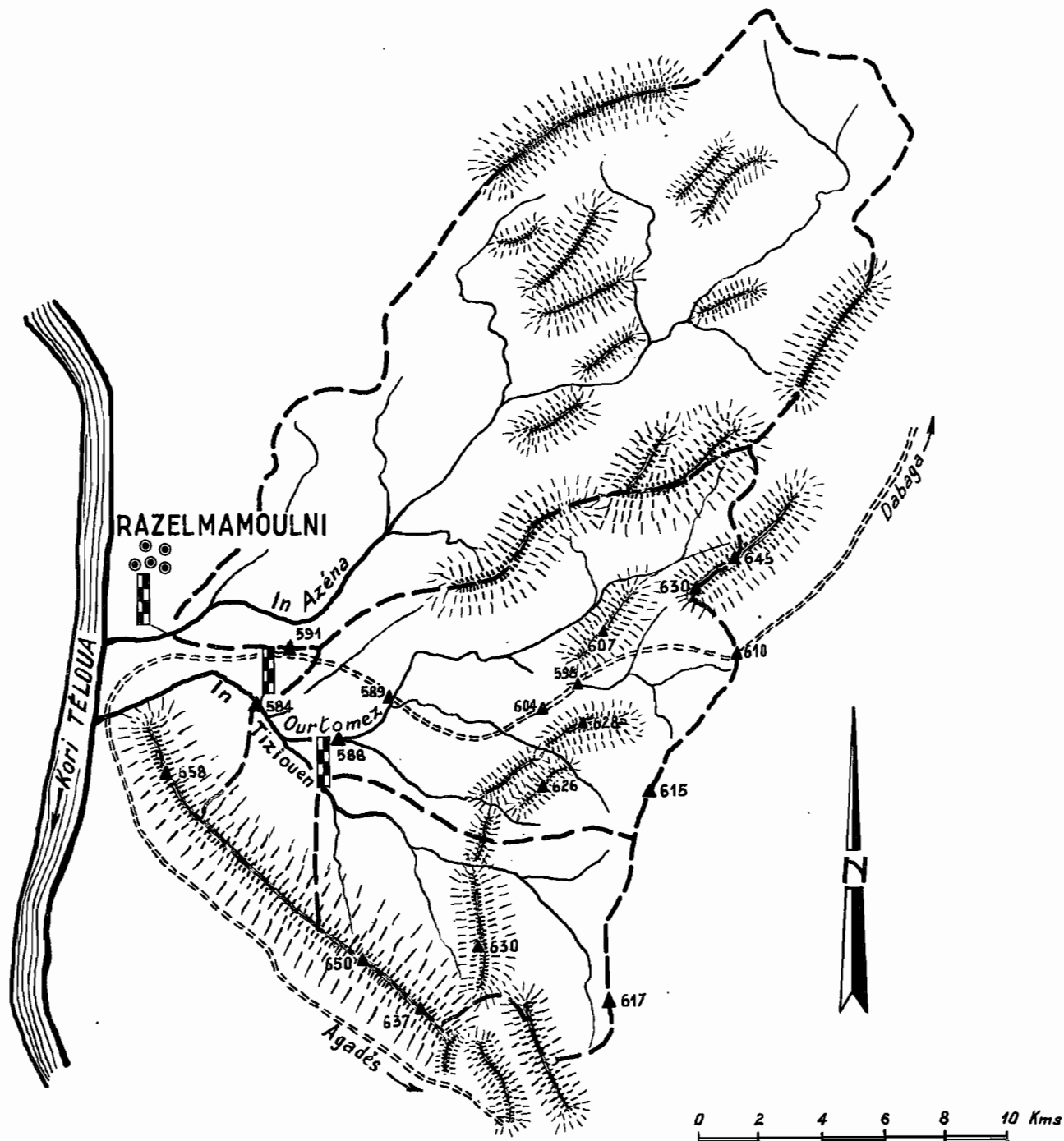
Afin de préciser les caractéristiques hypsométriques du bassin d'In TIZIOUEN, nous avons effectué le nivellement sommaire de quelques points de ce bassin versant.

L'altitude de la station principale est de 584 mètres ; celle de la station secondaire (In TIZIOUEN 2) est de 588 mètres. L'altitude de la ligne de partage des eaux (bordure Est du B.V.) varie entre 610 et 620 mètres. Quelques pointements (altitude moyenne 630 mètres) marquent la limite entre les hauts plateaux schisteux du bassin supérieur et le bassin inférieur recouvert d'arènes.

Le point culminant de ce bassin se trouve sur la grande arête qui le borde vers le Sud-Ouest à l'altitude approximative de 660 m.

L'altitude moyenne des hauts-plateaux se situe à la cote de 605 mètres et celle du bassin inférieur à la cote de 590 m.

# Bassins Versants Expérimentaux de RAZELMAMOULNI



NIG 9600

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

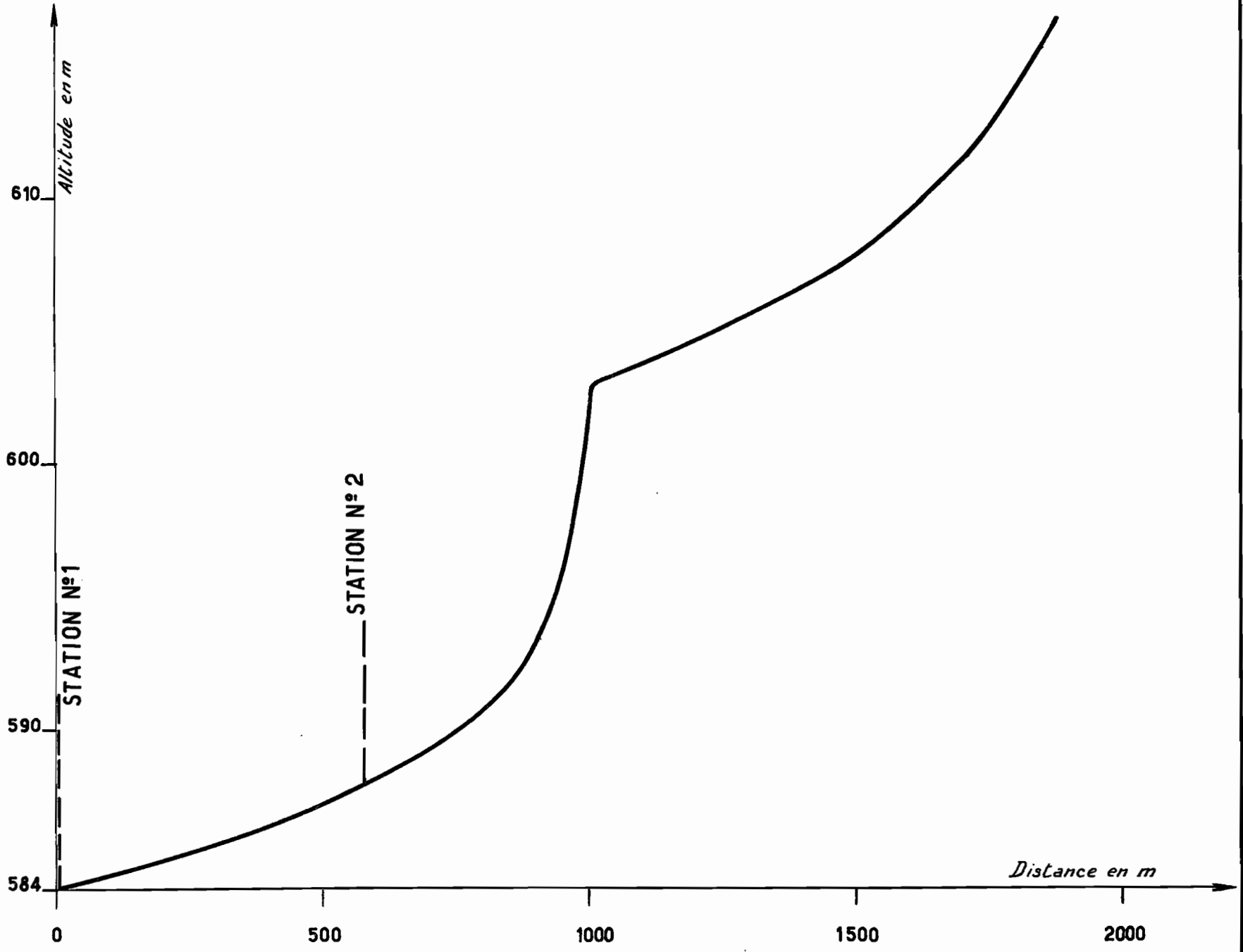
TUBE N°:

AO

NIG 9611

ED: ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER  
LE: DES: VISA: TUBE N°: AO

# PROFIL EN LONG DU IN TIZIOUEN



Le réseau hydrographique est net et l'on n'observe aucune dégradation des rivières à l'amont de la station principale.

Le profil en long de l'In TIZIOUEN, montre bien la différence de niveau entre les bassins supérieurs et inférieurs que l'In TIZIOUEN franchit par une série de petites chutes, au pied desquelles se trouvent quelques aguelmans non permanentes.

L'affluent principal rive droite, l'OURTOUMEZ plus important que l'In TIZIOUEN, quitte également les hauts-plateaux par une succession de petites chutes et conflue avec l'In TIZIOUEN à 100 mètres en amont de la station principale.

#### B - CARACTERISTIQUES CLIMATOLOGIQUES -

Les caractéristiques climatologiques des bassins versants de RAZELMAMOULMI sont celles d'AGADES, à savoir :

- Pluviométrie moyenne annuelle	167 mm
- Année humide de fréquence décennale	242,5 mm
- Année sèche de fréquence décennale	91,7 mm
- Hauteur de pluie de fréquence décennale	50 mm

Par suite de la faible superficie des bassins versants étudiés, l'équipement pluviométrique des bassins a pu être complet. Il comportait :

- Un pluviographe situé au centre du B.V. d'In TIZIOUEN 1
- Un pluviographe situé au centre du B.V. d'In AZENA
- Neuf pluviomètres "Association" avec une forte concentration dans les B.V. d'In TIZIOUEN.

On trouvera un croquis au 1/25 000 des bassins avec l'emplacement des pluviomètres sur chacun des dépliants des averses étudiées.

C - ETALONNAGE des STATIONS -

Les profils en travers des sections de jaugeages sont représentés sur les graphiques ci-après.

Chaque section de jaugeage avait été stabilisée, avant la saison des pluies, par une ligne de gabions, afin d'éviter des modifications du profil dans la partie sableuse du lit. Chacune des trois sections comportait :

- Un limnigraphe OTT type X ou XV
- Une échelle limnimétrique
- Un câble gradué en travers de la section
- Une base de mesure de vitesses superficielles.

Tous les jaugeages ont été effectués à gué. Les pentes superficielles des cours d'eau sont les suivantes :

IN TIZIOUEN 1	0,00415
IN TIZIOUEN 2	0,0052
IN AZENA	0,005

On trouvera ci-après la liste des jaugeages ainsi que les coefficients K de MANNING.

L'extrapolation des débits a été faite au moyen de la formule de MANNING :

$$U = Kr \frac{2}{3} \quad I \frac{1}{2}$$

D - ETUDE des CRUES et des AVERSES OBSERVEES -

Nous indiquons, dans ce paragraphe, les résultats relatifs à toutes les averses qui ont donné un ruissellement non négligeable.

L'écoulement consécutif à une averse est étudié pour chacun des bassins : la récapitulation est effectuée par bassin sur les tableaux de caractéristiques habituels.

B. V. I N T I Z I O U E N 1								Observations
H	S	L	R	Q	U	K		
0,25	-	3	-	0,19	-	-		Moulinet
0,36	1,25	5	0,25	1,07	0,86	33,7		-
0,39	1,45	5,4	0,27	1,35	0,93	34,4		-
0,56	2,50	8	0,31	2,80	1,12	37,8		-
0,85	5,80	12	0,48	8,7	1,50	38		Calculé
1,00	7,80	13	0,60	13,6	1,74	38		-

B. V. I N T I Z I O U E N 2								Observations
H	S	L	R	Q	U	K		
0,12	0,71	5,30	0,135	0,70	0,99	31,8		Moulinet
0,14	0,82	5,50	0,15	0,875	1,07	31,3		-
0,32	2,40	7	0,34	3,30	1,38	39,2		-
0,55	4,16	8,30	0,50	7,6	1,82	40		Calculé

B. V. I N A Z E N A								Observations
H	S	L	R	Q	U	K		
0,125	0,8	11	0,07	0,31	0,39	32,2		Moulinet
0,17	-	-	-	0,97	-			Section différente
0,23	2,4	15	0,16	2,02	0,84	40		Moulinet
0,34	4,3	16	0,27	5,65	1,31	43,9		-
0,42	5,6	16,5	0,34	8,60	1,53	44		Calculé

NIG 9609

ED:

LE:

DES:

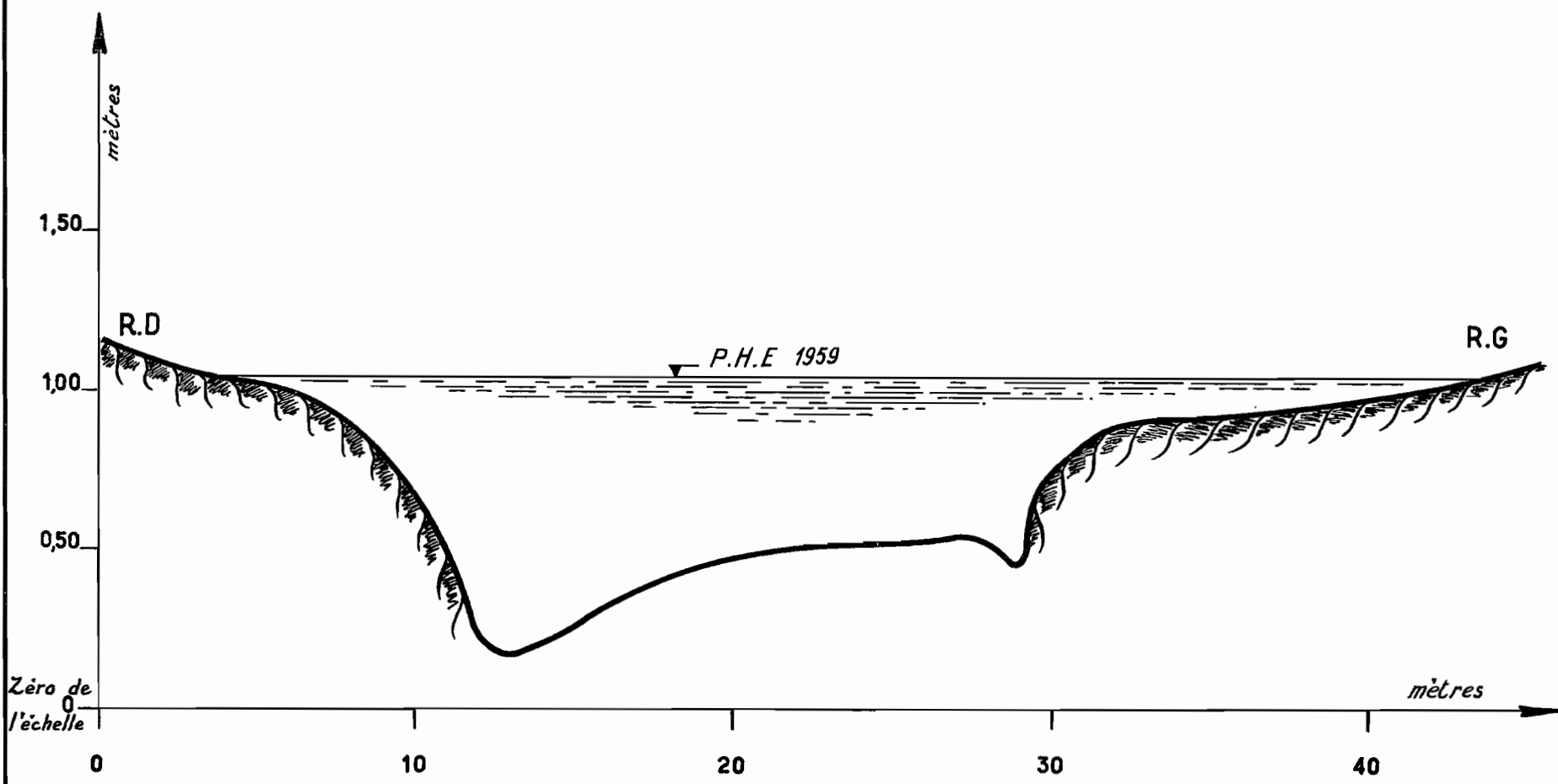
VISA:

TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Profil en travers de l'IN TIZIOUEN à la section de jaugeages n° 1



NIG 9610

ED:

LE:

DES:

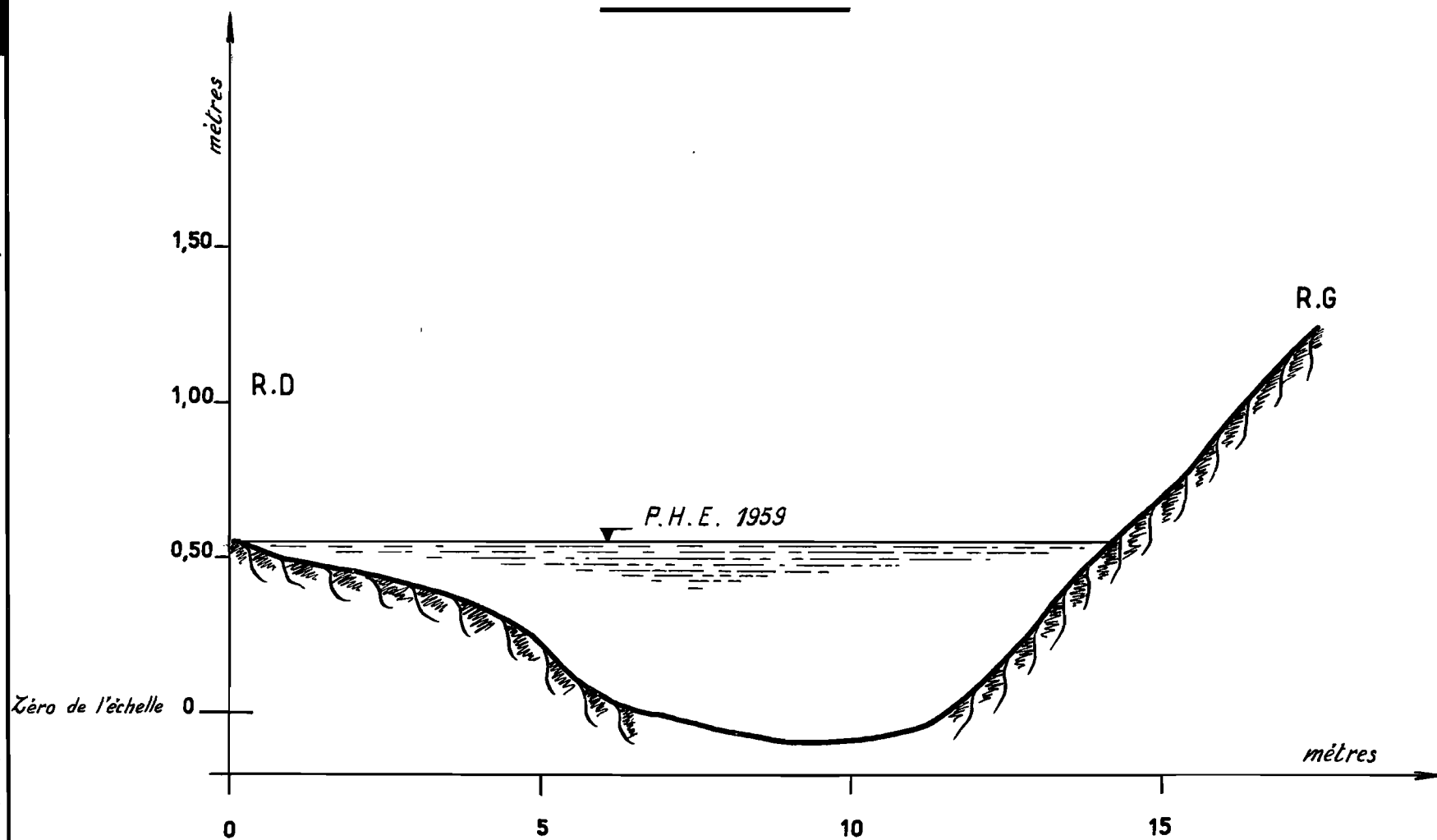
VISA:

TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Profil en travers de l'IN TIZIOUEN à la section de jaugeages n° 2



NIG 9608

ED:

LE:

DES:

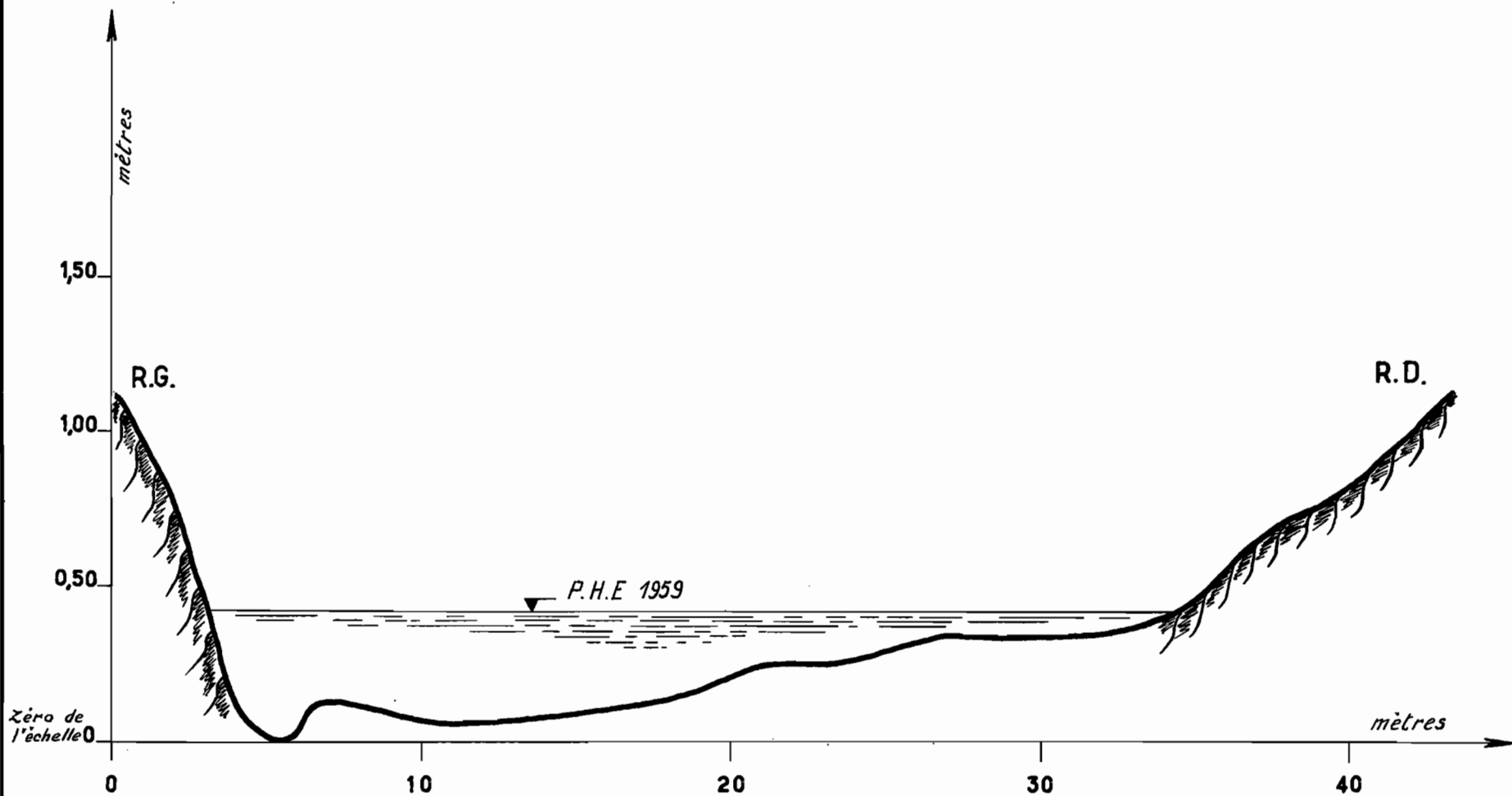
VISA:

TUBE N°:

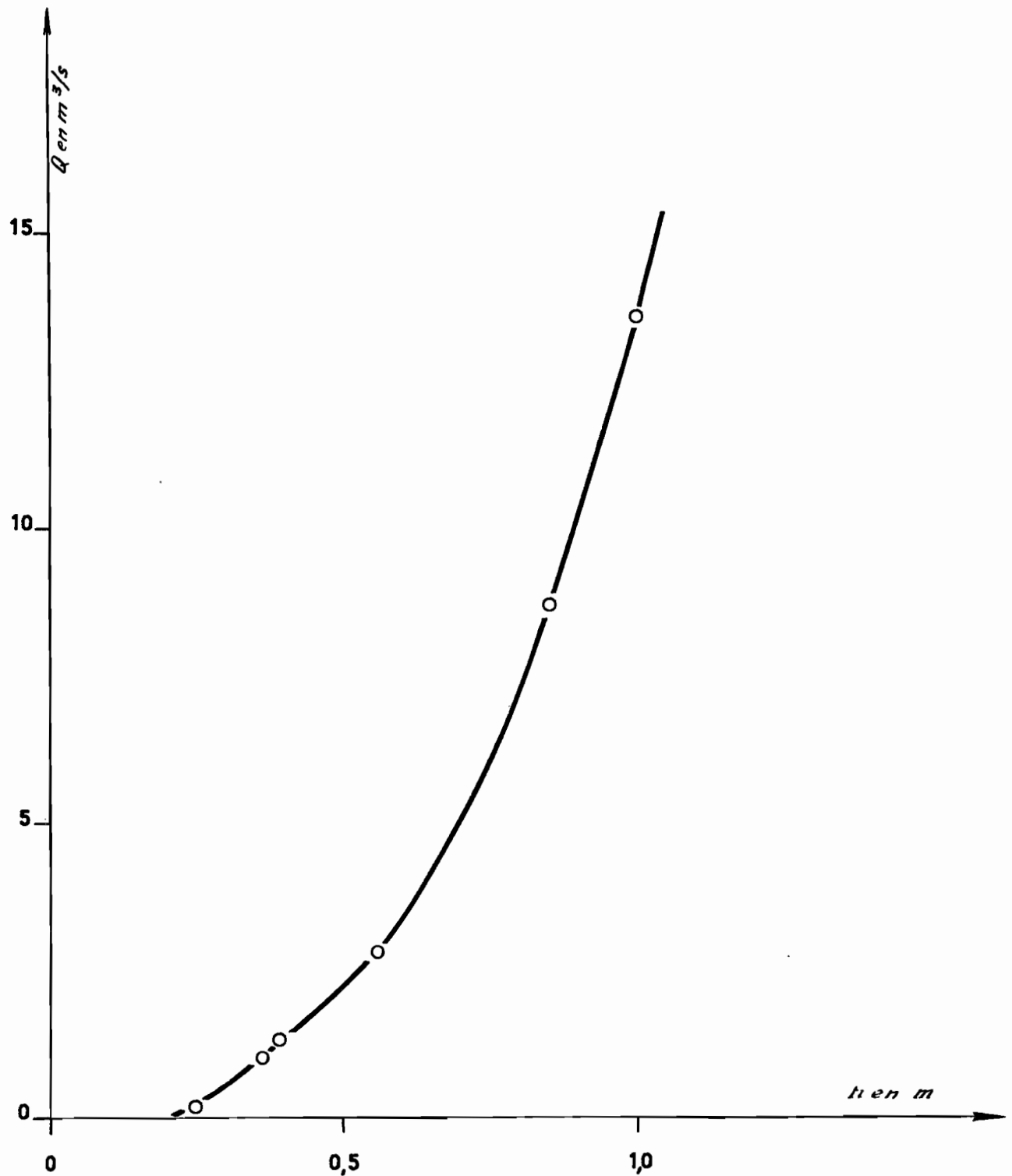
AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# Profil en travers de l'IN AZENA à la section de jaugeages



IN TIZIOUEN I  
COURBE DE TARAGE



NIG 9607

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

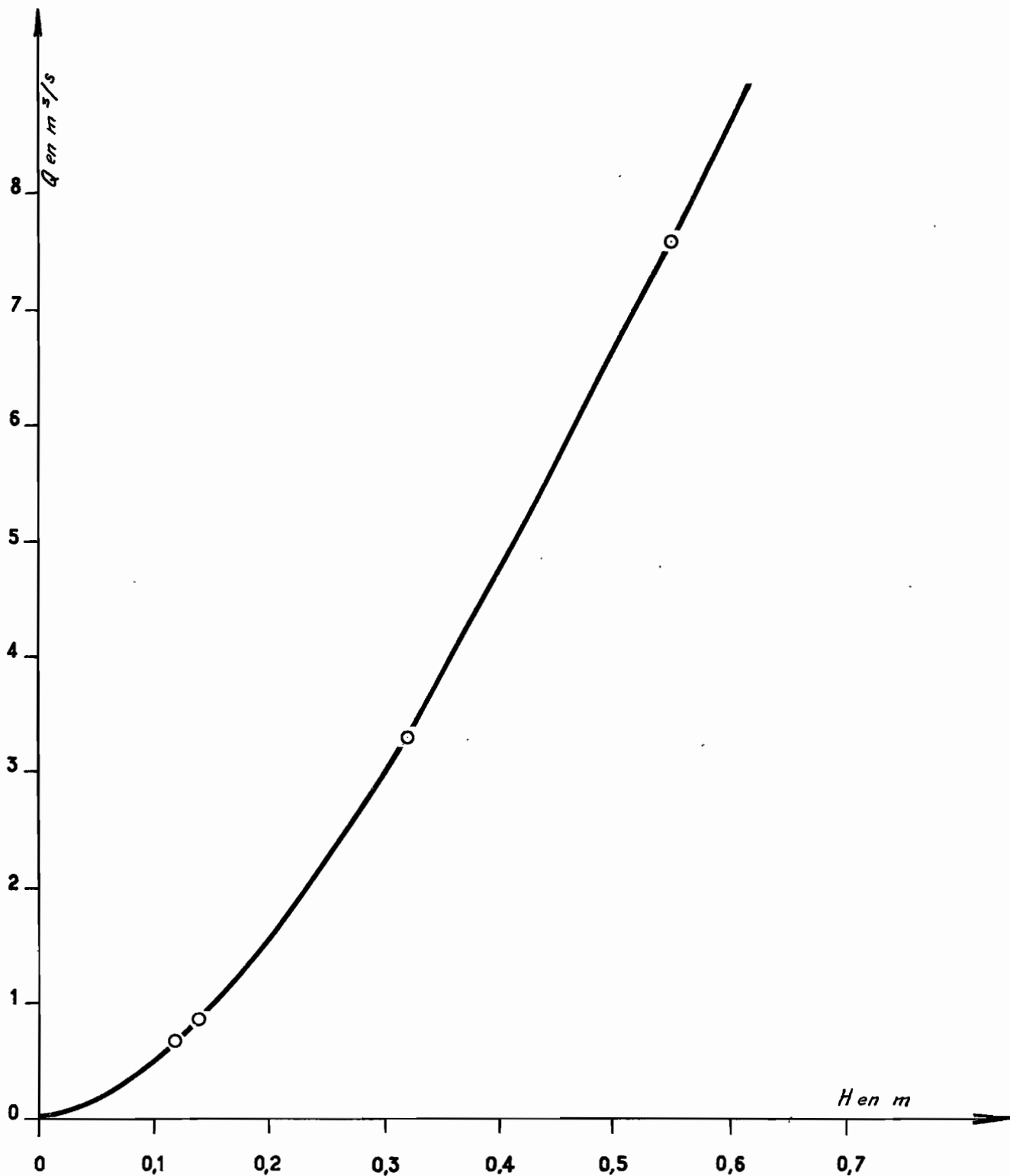
VISA:

TUBE N°:

AO

# IN TIZIOUEN II

## COURBE DE TARAGE



NIG 9606

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

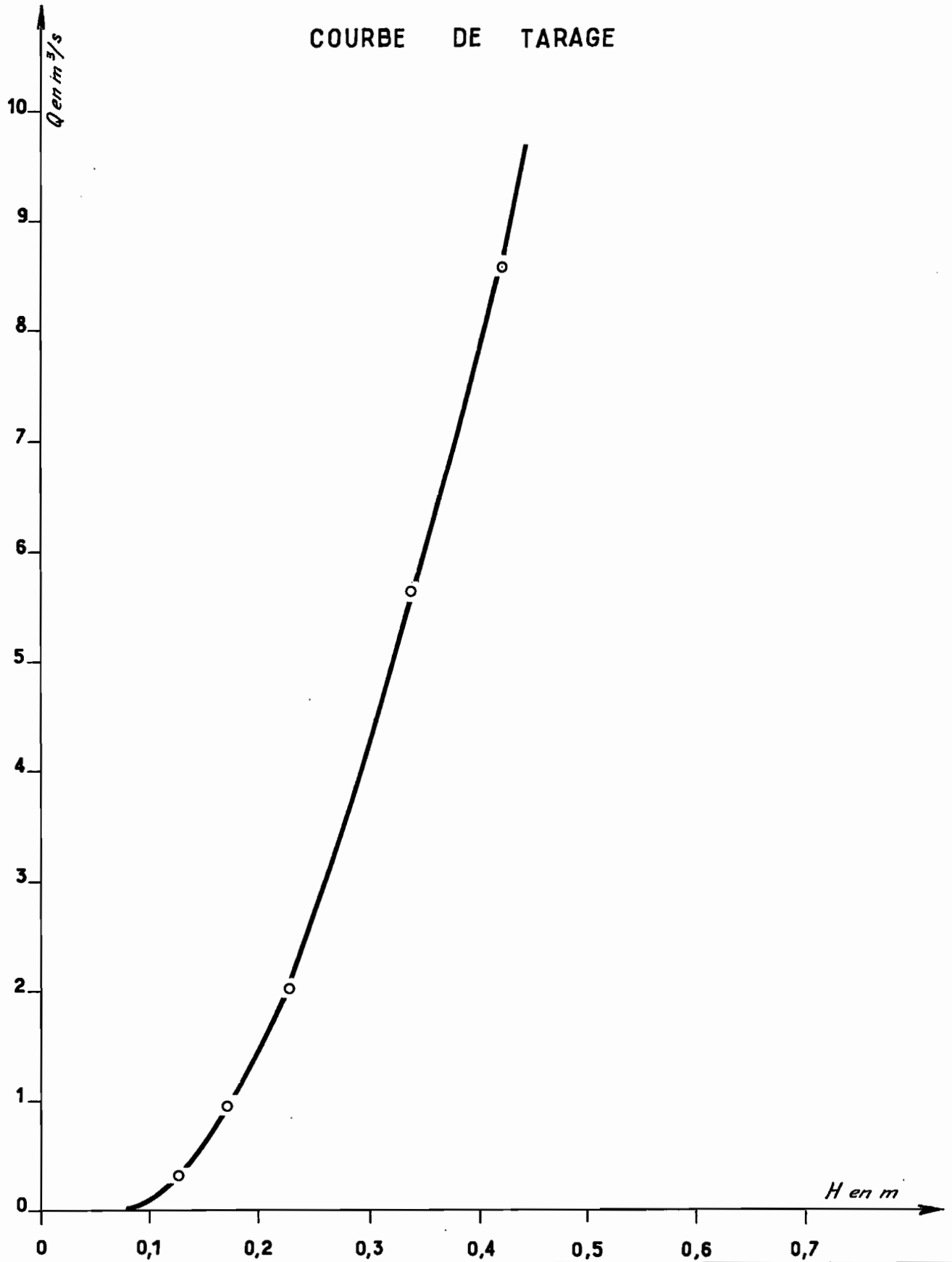
VISA:

TUBE N°:

AO

# IN AZENA

## COURBE DE TARAGE



NIG 9605

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

Par suite de la brièveté des écoulements, l'hydrogramme de crue est assimilé à l'hydrogramme de ruissellement pur.

Les hyétogrammes moyens ont été établis à partir du hyétogramme original de l'enregistreur intéressant le bassin, multiplié par le rapport :  $\frac{P_m}{PE}$

PE

$P_m$  étant la hauteur moyenne d'une averse sur le bassin.

Nous donnons ci-dessous quelques définitions de termes employés dans les paragraphes suivants.

#### Pluie efficace -

Partie de l'averse qui a effectivement donné lieu à ruissellement. Elle correspond à la fraction de la pluie totale dont les intensités sont supérieures à la capacité d'infiltration du sol.

Kr Coefficient de ruissellement par rapport à la pluie totale

Kre Coefficient de ruissellement par rapport à la pluie efficace.

#### La capacité d'absorption -

La capacité d'absorption est la vitesse d'infiltration dans le sol en mm/h. En réalité, la capacité d'absorption n'est constante ni dans le temps, ni dans l'espace ; aussi est-on amené à définir une capacité d'absorption apparente moyenne pour une pluie donnée.

Le temps de réponse (lag) est le délai qui s'écoule entre le centre de la pluie efficace et le centre de gravité de l'hydrogramme de crue.

Le temps de montée (rise) est le temps qui s'écoule entre le début du ruissellement et le débit maximal.

Le débit spécifique maximal -

Le débit spécifique maximal correspond au débit maximal rapporté à la surface du bassin. Il s'exprime en litres/secondes.km<sup>2</sup>.

BASSIN VERSANT de IN TIZIOUEN

Averse du 3 Août 1959

	IN TIZIOUEN 2	IN TIZIOUEN 1
Pluie moyenne	9,4 mm	8 mm
Pluie à l'enregistreur	7,5 mm	7,5 mm
Pluie antérieure	plus de 24 h	2 jours avant
Volume ruisselé	1 600 m <sup>3</sup>	4 080 m <sup>3</sup>
Lame d'eau équivalente	2,9 mm	2,2 mm
Déficit d'écoulement	6,5 mm	5,8 mm
Pluie efficace	9 mm	7,4 mm
Kr	31 %	28 %
Kre	32 %	30 %
Capacité d'absorption	70 mm/h	63 mm/h
Temps de ruissellement	33'	2 h 18'
Lag	41'	57'
Rise	5'	9'
Durée de la pluie efficace	6'	6'
Débit maximal	2,650 m <sup>3</sup> /s	2,045 m <sup>3</sup> /s
Débit spécifique maximal	4 820 l/s.km <sup>2</sup>	1 130 l/s.km <sup>2</sup>

BASSINS VERSANTS d'IN TIZIOUEN et d'AZENA

Averse du 6 Août 1959

	IN TIZIOUEN 2	IN TIZIOUEN 1	IN AZENA
Pluie moyenne	27,8 mm	26 mm	20 mm
Pluie à l'enregistreur	31,5 mm	31,5 mm	23 mm
Pluie antérieure	2,5 mm	plus de 24 h	1,5 mm
	24 h avant		24 h avant
Volume ruisselé	12 000 m <sup>3</sup>	26 400 m <sup>3</sup>	20 400 m <sup>3</sup>
Lame d'eau équivalente	21,8 mm	14,6 mm	9,7 mm
Déficit d'écoulement	6 mm	11,4 mm	10,3 mm
Pluie efficace	25,8 mm	23,2 mm	17,4 mm
Kr	78 %	56 %	48 %
Kre	85 %	63 %	56 %
Capacité d'absorption	13 mm/h	36 mm/h	17 mm/h
Temps de ruissellement	1 h 25'	2 h 18'	1 h 50'
Lag	20'	24'	31'
Rise	14'	20'	16'
Durée de la pluie efficace	18'	16'	27'
Débit maximal	7,600 m <sup>3</sup> /s	15,100 m <sup>3</sup> /s	8,6 m <sup>3</sup> /s
Débit spécifique maximal	13 800 l/s.km <sup>2</sup>	8 350 l/s.km <sup>2</sup>	4 070 l/s.km <sup>2</sup>

BASSIN VERSANT d'IN TIZIOUEN

Averse du 11 Août 1959

	IN TIZIOUEN 2	IN TIZIOUEN 1
Pluie moyenne	8,4 mm	8,4 mm
Pluie à l'enregistreur	7,5 mm	7,5 mm
Pluie antérieure	plus de 4 jours	plus de 4 jours
Volume ruisselé	2 125 m <sup>3</sup>	4 730 m <sup>3</sup>
Lame d'eau équivalente	3,9 mm	2,6 mm
Déficit d'écoulement	4,5 mm	5,8 mm
Pluie efficace	7,9 mm	7,9 mm
Kr	46 %	31 %
Kre	49 %	33 %
Capacité d'absorption	30 mm/h	39 mm/h
Temps de ruissellement	48'	2 h 20'
Lag	27'	54'
Rise	6'	6'
Durée de la pluie efficace	8'	8'
Débit maximal	2,05 m <sup>3</sup> /s	2,25 m <sup>3</sup> /s
Débit spécifique maximal	3 730 l/s.km <sup>2</sup>	1 240 l/s.km <sup>2</sup>

BASSINS VERSANTS d'IN TIZIOUEN et d'IN AZENA

Averse du 13 Août 1959

	IN TIZIOUEN 2	IN TIZIOUEN 1	IN AZENA
Pluie moyenne	13,8 mm	14,4 mm	19,8 mm
Pluie à l'enregistreur	16 mm	16 mm	17,5 mm
Pluie antérieure	3 mm 5 h avant et 7 mm 6 h 20' avant	3 mm 5 h avant et 7 mm 6 h 30' avant	10 mm 5 h avant
Volume ruisselé	3 960 m <sup>3</sup>	7 920 m <sup>3</sup>	20 000 m <sup>3</sup>
Lame d'eau équivalente	7,2 mm	4,4 mm	9,5 mm
Déficit d'écoulement	6,6 mm	10 mm	10,3 mm
Pluie efficace	12 mm	6,7 mm	13,6 mm
Kr	52 %	31 %	48 %
Kre	60 %	66 %	70 %
Capacité d'absorption	4,5 mm/h	10 mm/h	8 mm/h
Temps de ruissellement	2 h	2 h 50'	3 h
Lag	28'	50'	47'
Rise	14'	20'	10'
Durée de la pluie efficace	65'	15'	41'
Débit maximal	2,05 m <sup>3</sup> /s	2,450 m <sup>3</sup> /s	7 m <sup>3</sup> /s
Débit spécifique maximal	3 730 l/s.km <sup>2</sup>	1350 l/s.km <sup>2</sup>	3 320 l/s.km <sup>2</sup>

BASSINS VERSANTS d'IN TIZIOUEN et d'IN AZENA

Averse du 14 Août 1959 (1ere crue)

	IN TIZIOUEN 2	IN TIZIOUEN 1	IN AZENA
Pluie moyenne	10 mm	10,5 mm	8 mm
Pluie à l'enregistreur	10 mm	10 mm	8 mm
Pluie antérieure	plus de 24 h	24 h avant	31 mm 24 h avant
Volume ruisselé	2 040 m <sup>3</sup>	4 800 m <sup>3</sup>	3 500 m <sup>3</sup>
Lame d'eau équivalente	3,7 mm	2,6 mm	1,7 mm
Déficit d'écoulement	6,3 mm	7,9 mm	6,3 mm
Pluie efficace	7 mm	4,5 mm	7 mm
Kr	37 ‰	25 ‰	21 ‰
Kre	53 ‰	58 ‰	24 ‰
Capacité d'absorption	10 mm/h	16 mm/h	12 mm/h
Temps de ruissellement	1 h	2 h 5'	2 h 26'
Lag	26'	31'	1 h 10'
Rise	18'	20'	15'
Durée de la pluie efficace	7'	7'	24'
Débit maximal	1,100 m <sup>3</sup> /s	2,650 m <sup>3</sup> /s	1,1 m <sup>3</sup> /s
Débit spécifique maximal	2 000 l/s.km <sup>2</sup>	1 460 l/s.km <sup>2</sup>	520 l/s.km <sup>2</sup>

BASSINS VERSANTS d'IN TIZIOUEN et d'IN AZENA

Averse du 14 Août 1959 (2ème crue)

	IN TIZIOUEN 2	IN TIZIOUEN 1	IN AZENA
Pluie moyenne	10 mm	10 mm	15 mm
Pluie à l'enregistreur	10 mm	10 mm	13 mm
Pluie antérieure	1,5 mm 1 h avant et 10 mm 4 h avant	1,5 mm 1h avant et 10 mm 4 h avant	8 mm 3 h avant et 31 mm 24 h avant
Volume ruisselé	3 600 m <sup>3</sup>	8 710 m <sup>3</sup>	25 200 m <sup>3</sup>
Lame d'eau équivalente	6,5 mm	4,8 mm	11,9 mm
Déficit d'écoulement	3,5 mm	5,2 mm	3,1 mm
Pluie efficace	8,3 mm	8 mm	13,9 mm
Kr	65 %	48 %	79 %
Kre	78 %	60 %	86 %
Capacité d'absorption	5 mm/h	8 mm/h	3,5 mm/h
Temps de ruissellement	1 h 20'	3 h 10'	3 h 45'
Lag	20'	30'	45'
Rise	16'	25'	16'
Durée de la pluie efficace	21'	21'	34'
Débit maximal	2,060 m <sup>3</sup> /s	3,150 m <sup>3</sup> /s	7,75 m <sup>3</sup> /s
Débit spécifique maximal	3 745 l/s.km <sup>2</sup>	1 740 l/s.km <sup>2</sup>	3 670 l/s.km <sup>2</sup>

BASSIN VERSANT d'IN TIZIOUEN 1

N°	Date	ta en heure	P moyen	P enregistrée	I max et durée à PE	Q max	Q max spécifique	Rise	Lame puisclée	KR %	KRe %	Cam	Pourcentage de pointe
1:	1-8:		9,8	10	38/7'	0,360	200	5	0,1	1	1,6	34	-
2:	3-8:	48 h	8	7,5	84/5'	2,045	1 130	9	2,2	28	30	63	30
3:	6-8:	+ de 24h	26	31,5	200/3'	15,100	8 350	22	14,6	56	63	36	33
4:	11-8:	+ de 96h	8,4	7,5	52/8	2,250	1 240	6	2,6	31	33	39	27
5:	13-8:	5 h	14,4	16	60/3	2,450	1 350	20	4,4	31	66	10	18
6:	14-8:	24 h	10,5	10	38/7	2,650	1 460	20	2,6	25	58	16	31
7:	14-8:	4 h	10	10	54/5	3,15	1 740	25	4,8	48	60	9	21
8:	22-8:		4,8	3,5	90/2	0,24	132	6	0,2	4	5	84	-

ta = 48 h après une pluie inférieure à 10 mm

24 h - - - supérieure à 10 mm

BASSIN VERSANT d'IN AZENA

N°	Date	ta en heure	P moyen	P enregistree	I max et durée à PE	Q max	Q max spécifique	Rise	Lame ruisselée	K <sub>R</sub> %	K <sub>Re</sub> %	Cam	Pourcentage de pointe
6-8		24 h	20	23	60/10'	8,6	4 070	16'	9,7	48	56	17	25
13-8		5 h	19,8	17,5	60/3'	7	3 320	10'	9,5	48	70	8	21
14-8		24 h	8	8	30/2	1,1	520	15'	1,7	21	24	12	-
14-8		3 h	15	13	37/12	7,75	3 670	16'	11,9	79	86	3,5	18

ta = 48 h après une pluie inférieure à 10 mm

24 h - - - supérieure à 10 mm

BASSIN VERSANT d'IN TIZIOUEN 2

N°	Date	ta en heure	Pm en mm	PE en mm	I max et durée à PE	Q max Q max:spécifique	Lame Rise:ruisselée	K <sub>R</sub> %	K <sub>Re</sub> %	Cam	Pourcentage de pointe	
3-8	+ de 24h	9,4	7,5	84/5'	2,65	4 820	5	2,9	31	32	70	46
6-8	24 h	27,8	31,5	200/3'	7,6	13 800	14	21,8	78	85	13	19
11-8	+ de 96h	8,4	7,5	52/8'	2,05	3 730	6	3,9	46	49	30	29
13-8	5 h	13,8	16	60/3'	2,05	3 730	14	7,2	52	60	5	15
14-8	24 h	10	10	38/7'	1,1	2 000	18	3,7	37	53	10	18
14-8	7 h	10	10	54/6'	2,06	3 745	16	6,5	65	78	5	18

ta = 48 h après une pluie inférieure à 10 mm

24 h - - - supérieure à 10 mm

IN TIZIOUEN 1

Diagramme de distribution

Intervalles : 10 minutes

N°	Date	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	3 Août			17	30	15	12	8	5	4	3	2	2	1	1	(1)	(1)	(1)	(1)
3	6 Août		2	27	<u>33</u>	16	7	5	3	2	2	1	1	1					
6	14 Août			15	<u>31</u>	15	11	9	7	5	3	2	1	1					
7	14 Août		4	15	21	17	11	7	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1
	11 Août			3	27	20	13	8	6	5	4	4	3	2	2	1	1	1	

N.B. Sont soulignés les pourcentages de pointe des crues vraisemblablement unitaires.

(1) Crue trop molle.

IN AZENA

Diagramme de distribution

Intervalles de 10 minutes

Intervalle de base	- 3	- 2	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6 Août			16	<u>25</u>	18	15	10	6	4	3	2	1	0	
13 Août			6	21	18	14	9	6	5	4	3	3	3	2
14 Août (n° 2)			15	18	16	11	9	7	5	3	3	2	2	2

N.B. Est souligné le pourcentage de pointe le plus proche de celui d'une crue unitaire.

IN TIZIOUEN 2

Diagramme de distribution

Intervalles de 5 minutes

Date	- 3	- 2	- 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3 Août			9	<u>46</u>	23	11	6	4	1					
6 Août		9	17	19	16	12	9	6	4	3	2	1	1	1
11 Août			10	<u>29</u>	23	16	10	6	3	2	1			
13 Août				15										
14 Août	3	13	15	18	16	14	9	6	3	2	1			
14 Août		6	15	18	17	13	10	8	5	4	2	1	1	

N.B. Sont soulignés les pourcentages de pointe des crues les plus proches de la crue unitaire très difficile à observer sur un si petit bassin.

Les tableaux des caractéristiques des crues et des diagrammes de distribution permettent de faire les constatations suivantes :

- Il y a écoulement lorsque la pluviométrie moyenne est supérieure à 8 mm.

Toutefois, l'écoulement du 1er Août a été très faible pour les 3 bassins par suite de l'extrême sécheresse du sol et surtout l'absence de nappe dans les alluvions des Koris. Après le 1er Août, la nappe se trouvait en moyenne à 0,25 m. de profondeur de sorte que la capacité de saturation des matériaux du Kori était négligeable par rapport au volume écoulé.

- Le débit spécifique maximal est élevé : nous avons pour la crue du 6 Août (pluviométrie moyenne entre 20 et 28 mm) :

B.V. d'IN TIZIOUEN 1 (S = 1,81 km <sup>2</sup> )	Q = 8 350 l/s.km <sup>2</sup>
B.V. d'IN TIZIOUEN 2 (S = 0,55 km <sup>2</sup> )	Q = 13 800 l/s.km <sup>2</sup>
B.V. d'IN AZENA (S = 2,11 km <sup>2</sup> )	Q = 4 070 l/s.km <sup>2</sup>

- Le Rise ou temps de montée de la crue est bref :

Pour IN TIZIOUEN 1 il varie entre 6' et 9' quand il s'agit de petites pluies donnant lieu à des crues partielles et entre 20 et 25' pour des crues généralisées dues à des pluies suffisantes.

Pour IN TIZIOUEN 2, il semble que les temps très courts de 5 à 6' correspondent aux crues unitaires, les temps de 14' à 18' s'appliquent aux averses un peu longues.

Pour IN AZENA de 10 à 16' pour des crues généralisées.

- Le coefficient de ruissellement global Kr est très élevé ; il atteint la valeur maximale de 78 % pour IN TIZIOUEN 2 et IN AZENA et 56 % pour IN TIZIOUEN 1. Le Kre par rapport à la pluie efficace atteint 85 et 66 % pour les mêmes bassins.
- Le coefficient d'absorption apparente moyenne, très variable suivant l'état de saturation du sol, peut atteindre des valeurs très faibles : 3,5 mm/h.

Sa valeur moyenne pour la lère quinzaine d'Août  
est de :

22 mm/h pour IN TIZIOUEN 2

30 mm/h pour IN TIZIOUEN 1

13 mm/h pour IN AZENA

- Pour les crues unitaires, ou tout au moins celles qui s'en rapprochent le plus, c'est-à-dire qui sont dues à des averses très courtes et généralisées sur tout le bassin, les pourcentages moyens de pointe sont les suivants :

32 % pour IN TIZIOUEN 1 (intervalles de 10 minutes)

25 % pour IN AZENA ( - - 10 - )

37 % pour IN TIZIOUEN 2 ( - - 5 - )

#### E - ESTIMATION des CRUES DÉCENNALES -

Dans l'étude statistique de la pluviométrie d'AGADES, nous avons trouvé que la hauteur d'une pluie de fréquence décennale est de 50 mm.

Si cette pluie est précédée (moins de 12 h avant) d'une faible averse de 2 ou 3 mm, comme c'est le cas de l'averse du 6 Août, nous avons des conditions idéales de ruissellement et le coefficient d'écoulement, par suite, peut être estimé légèrement supérieur à ceux que nous avons trouvés.

Ainsi pour le B.V. d'IN TIZIOUEN 2 et pour une averse de 50 mm, le volume écoulé peut être calculé ainsi :

coefficient d'abattement : 0,95

coefficient d'écoulement : 90 %

$$V_e = 0,55 \cdot 10^6 \times 0,050 \times 0,95 \times 0,90 = 23\ 500 \text{ m}^3$$

On admettra que l'averse décennale dure trop longtemps pour être unitaire ; elle sera scindée en 3 averses unitaires dont on composera les hydrogrammes résultant, espacés de 5' entre eux. Le débit maximal obtenu est environ de 25 m<sup>3</sup>/s, c'est-à-dire de 45 000 l/s.km<sup>2</sup>.

Pour le B.V. d'IN TIZIOUEN 1, le coefficient d'écoulement plus faible, est égal à 75 %, ce qui nous donne :

$$V_e = 1,81.10^6 \times 0,050 \times 0,90 \times 0,75 = 61\ 000\ m^3$$

Le pourcentage de pointe étant de 32 % pour un intervalle de 10 minutes, nous avons :

$$\text{Débit maximal } Q = 32\ m^3/s$$

$$\text{Débit spécifique maximal } Q = \underline{17\ 500\ l/s.km^2}$$

F - VOLUMES ÉCOULÉS EN LITRES - COURS POINTS GLOBE ET D'ÉCOULEMENT -

Bien que la saison des pluies se soit étendue sur une période allant du 30 Juillet au 6 Septembre, la répartition des pluies a été maximale dans la lère quinzaine d'Août et, hormis une très faible crue le 22 Août, tous les écoulements ont eu lieu durant cette période.

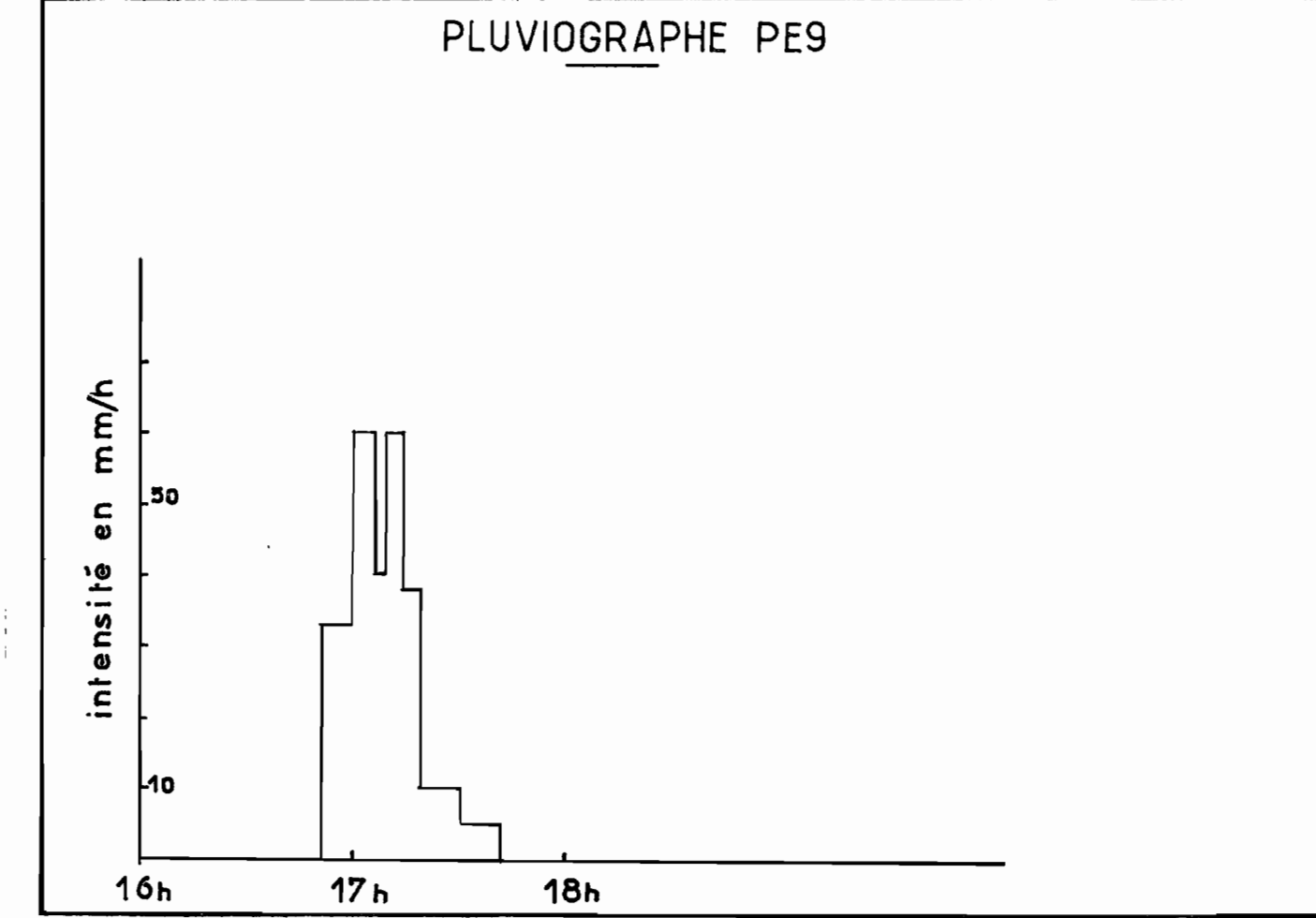
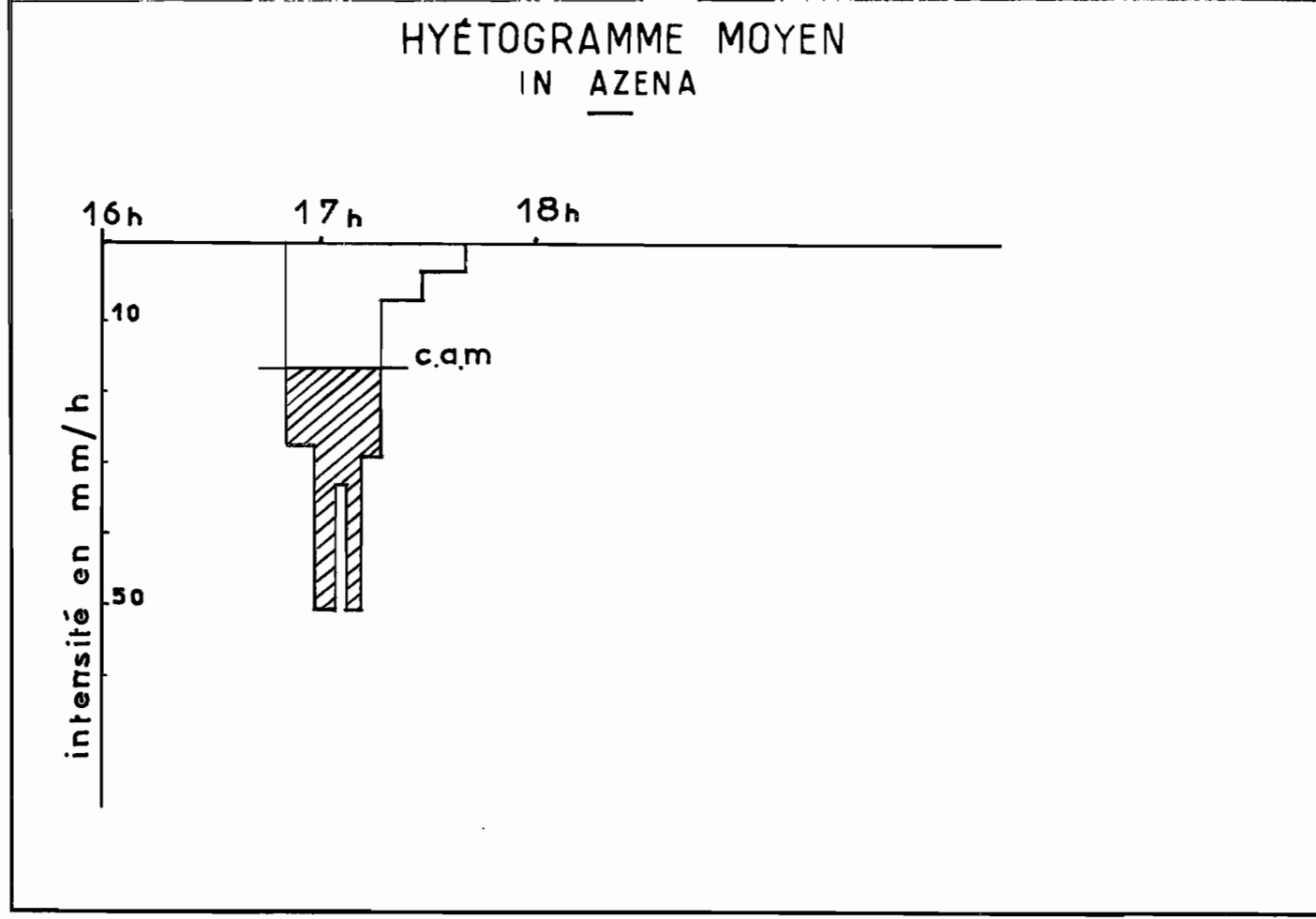
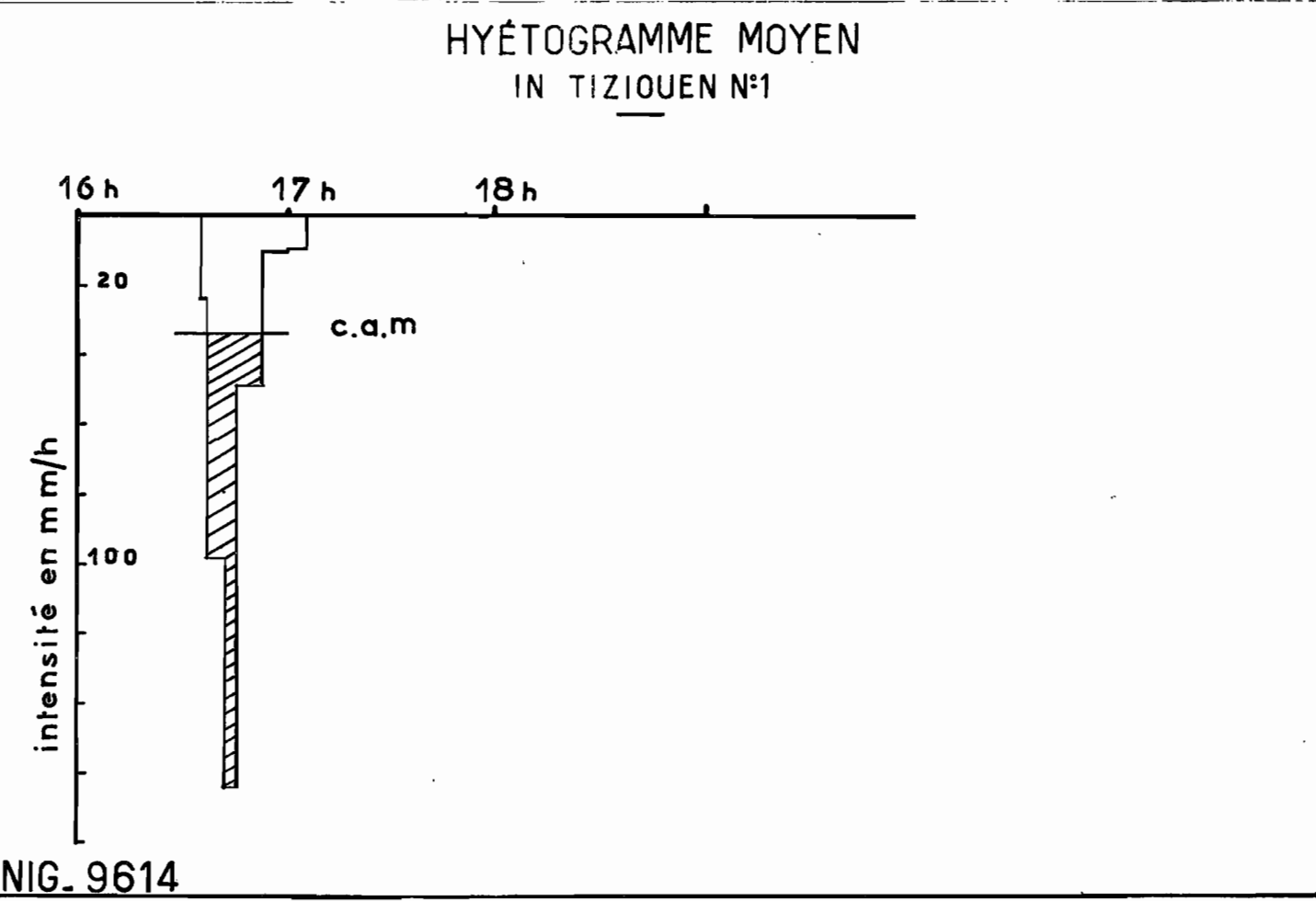
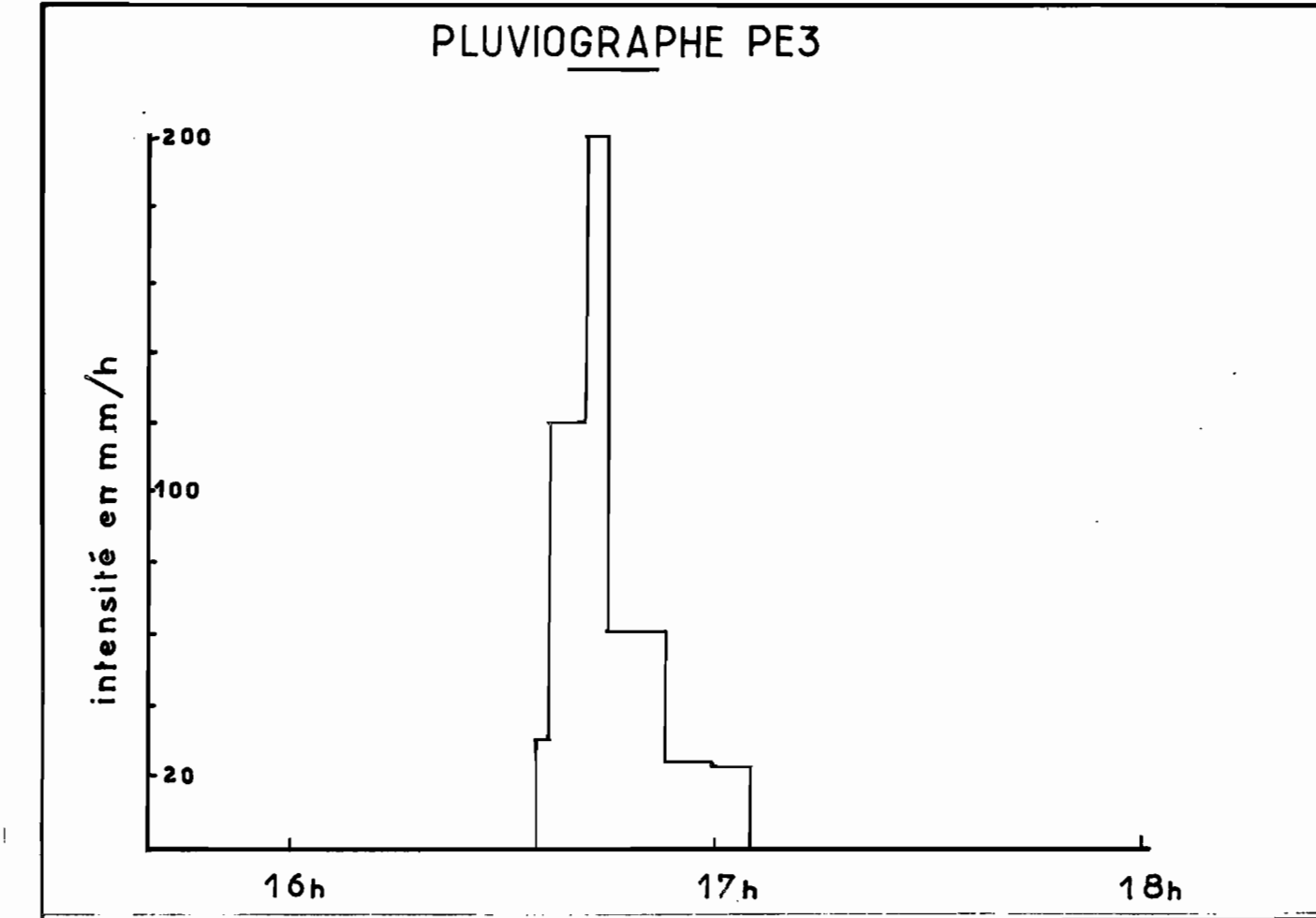
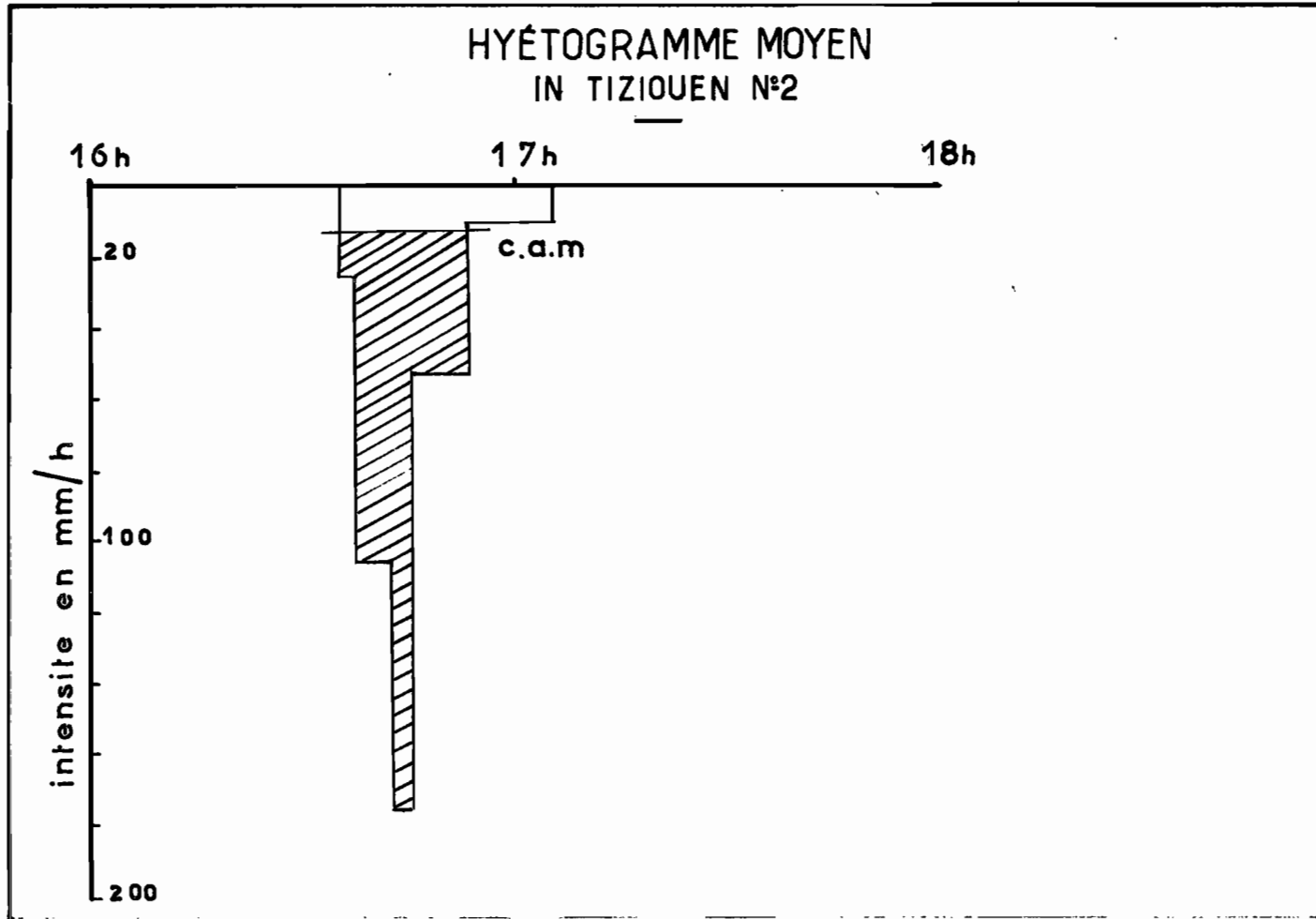
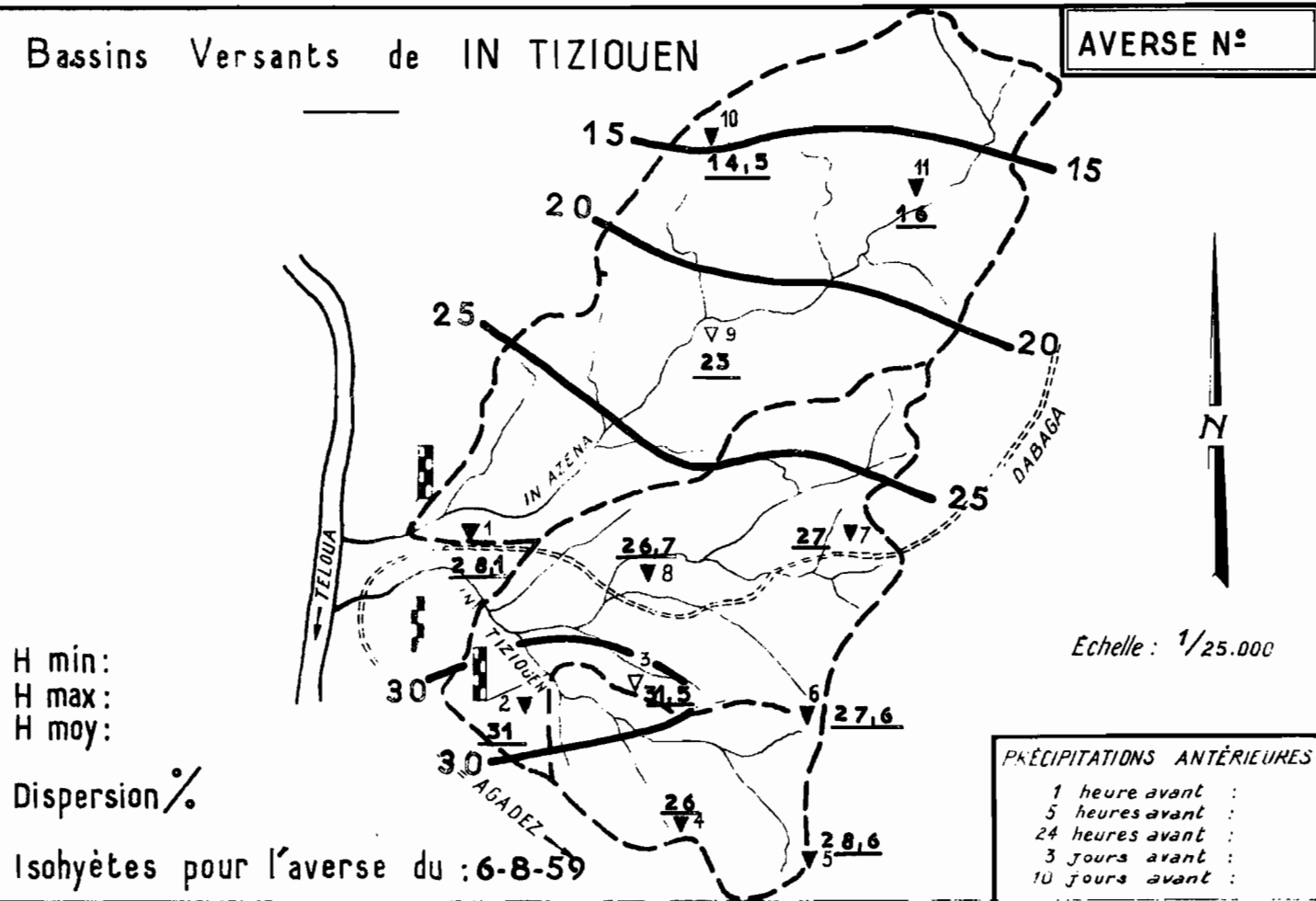
Les volumes écoulés sont les suivants :

Date	IN TIZIOUEN 1	IN TIZIOUEN 2	IN AZENA
1er Août	180 m <sup>3</sup>	écoulement négligeable	3 500 m <sup>3</sup> (1)
3 Août	4 080	1 600 m <sup>3</sup>	pas d'écoulement
6 Août	26 400	12 000	20 400 m <sup>3</sup>
11 Août	4 730	2 120	pas d'écoulement
13 Août	7 920	3 960	20 000 m <sup>3</sup>
14a Août	4 800	2 040	3 500
14b Août	8 710	3 600	25 200
22 Août	130	écoulement négligeable	pas d'écoulement
	56 950 m <sup>3</sup>	25 320 m <sup>3</sup>	72 600 m <sup>3</sup>
soit une lame d'eau équivalente de :			
	32 mm	46 mm	34 mm

(1) Par suite du mauvais fonctionnement du limnigraphe ce volume a été estimé.

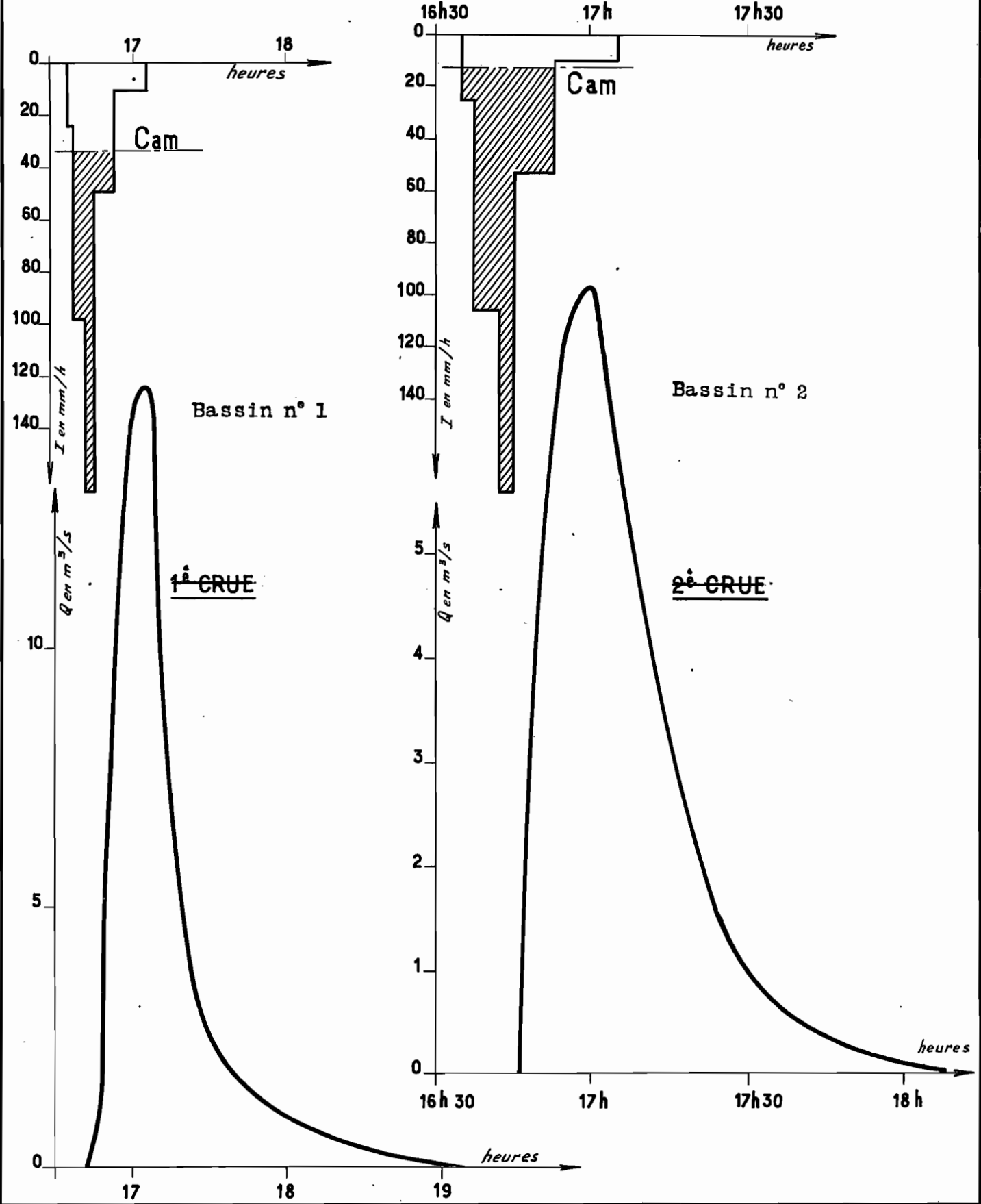
La pluviométrie moyenne annuelle ayant été de 130 mm pour les B.V. d'IN TIZIOUEN et de 125 mm pour celui d'IN AZENA, les coefficients globaux d'écoulement sont les suivants :

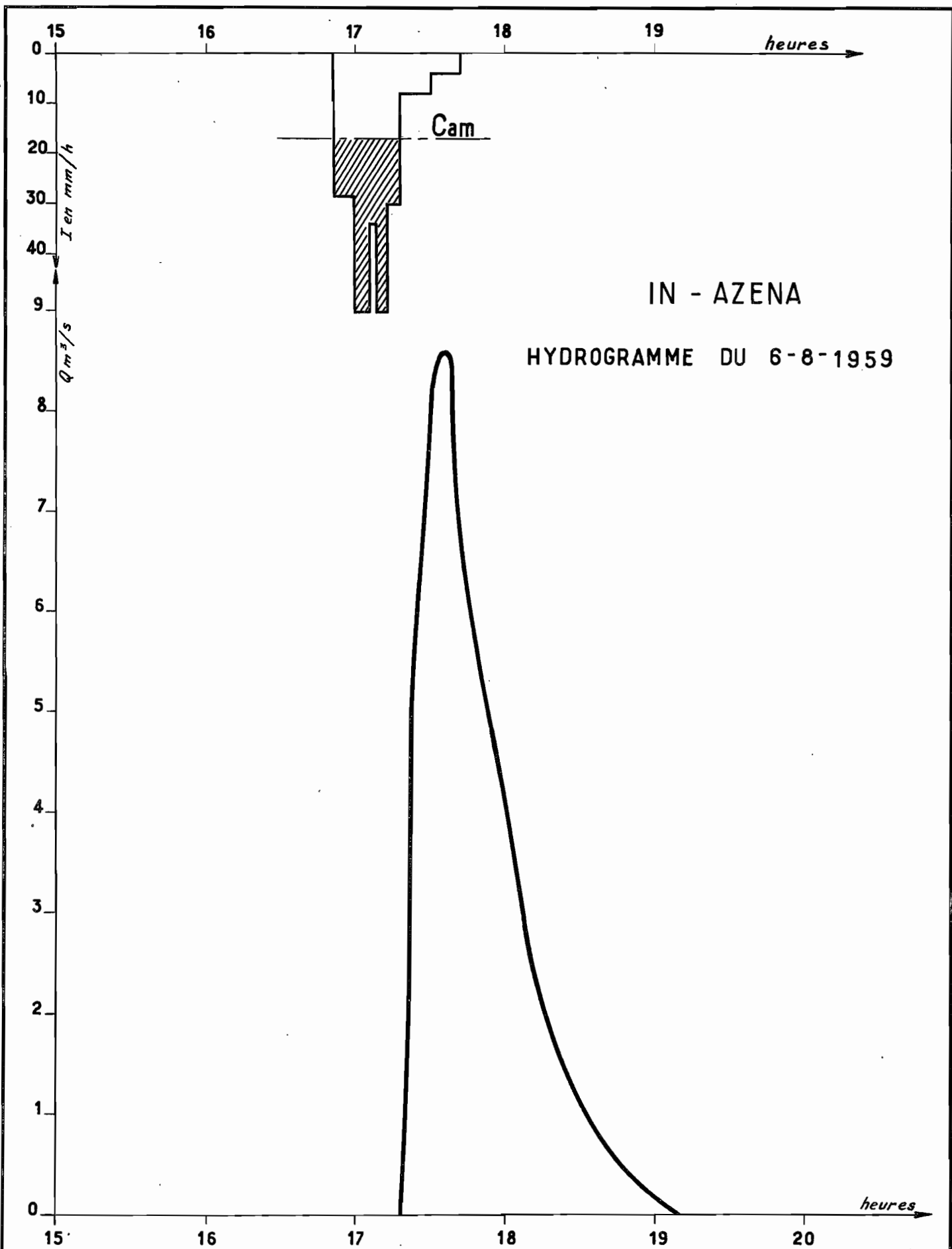
B.V. d'IN TIZIOUEN 1	:	25 %
B.V. d'IN TIZIOUEN 2	:	35 %
B.V. d'IN AZENA	:	27 %

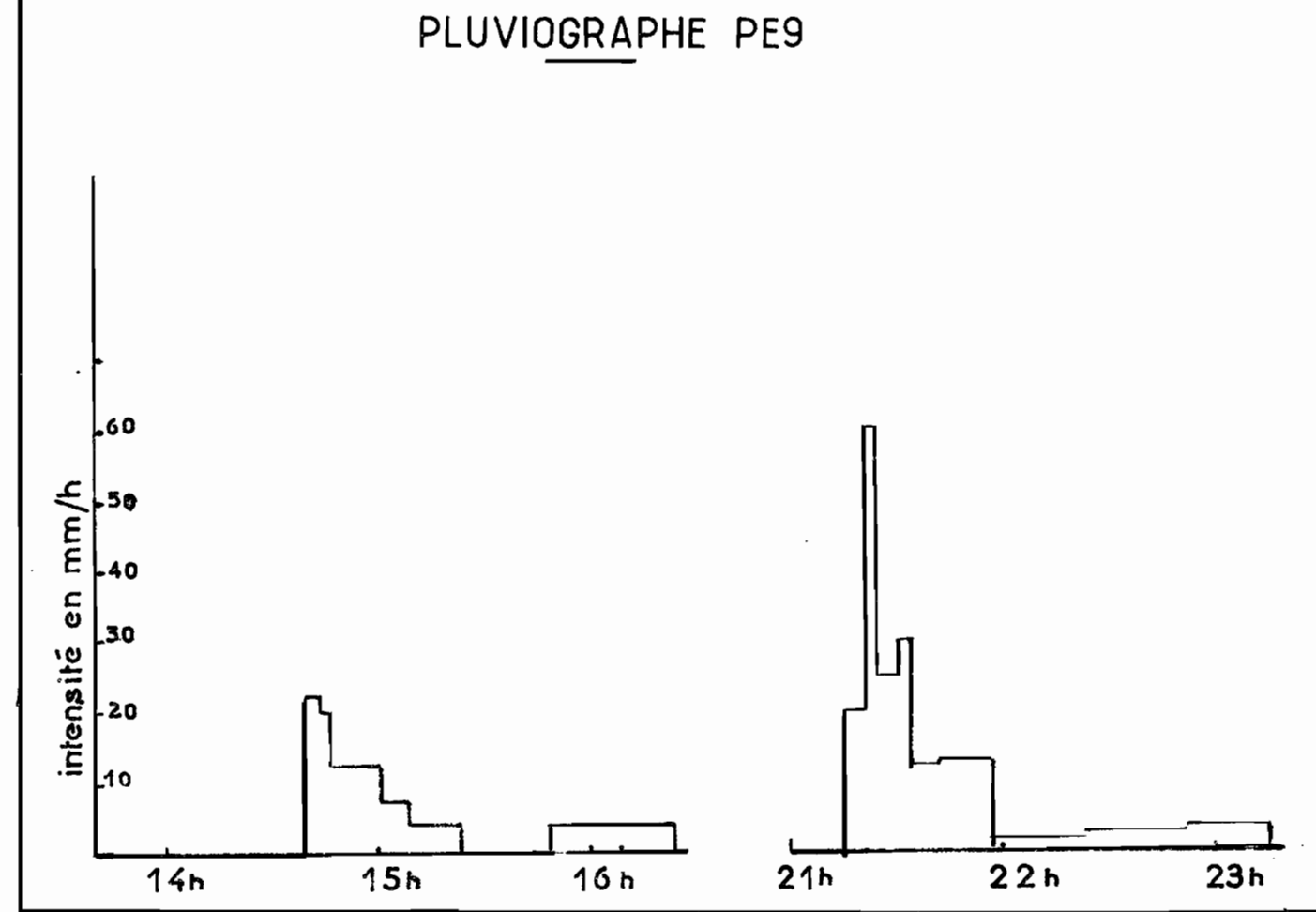
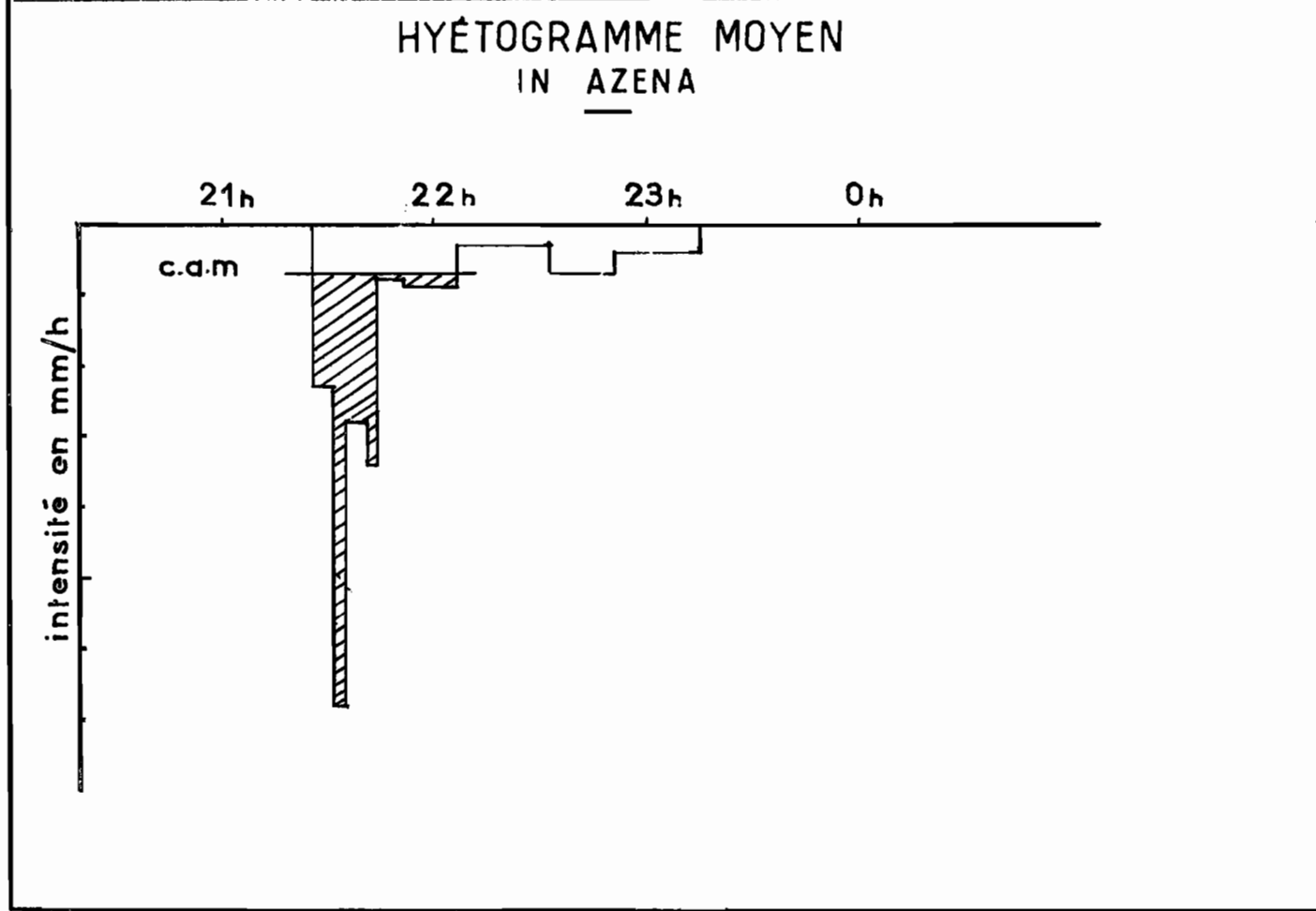
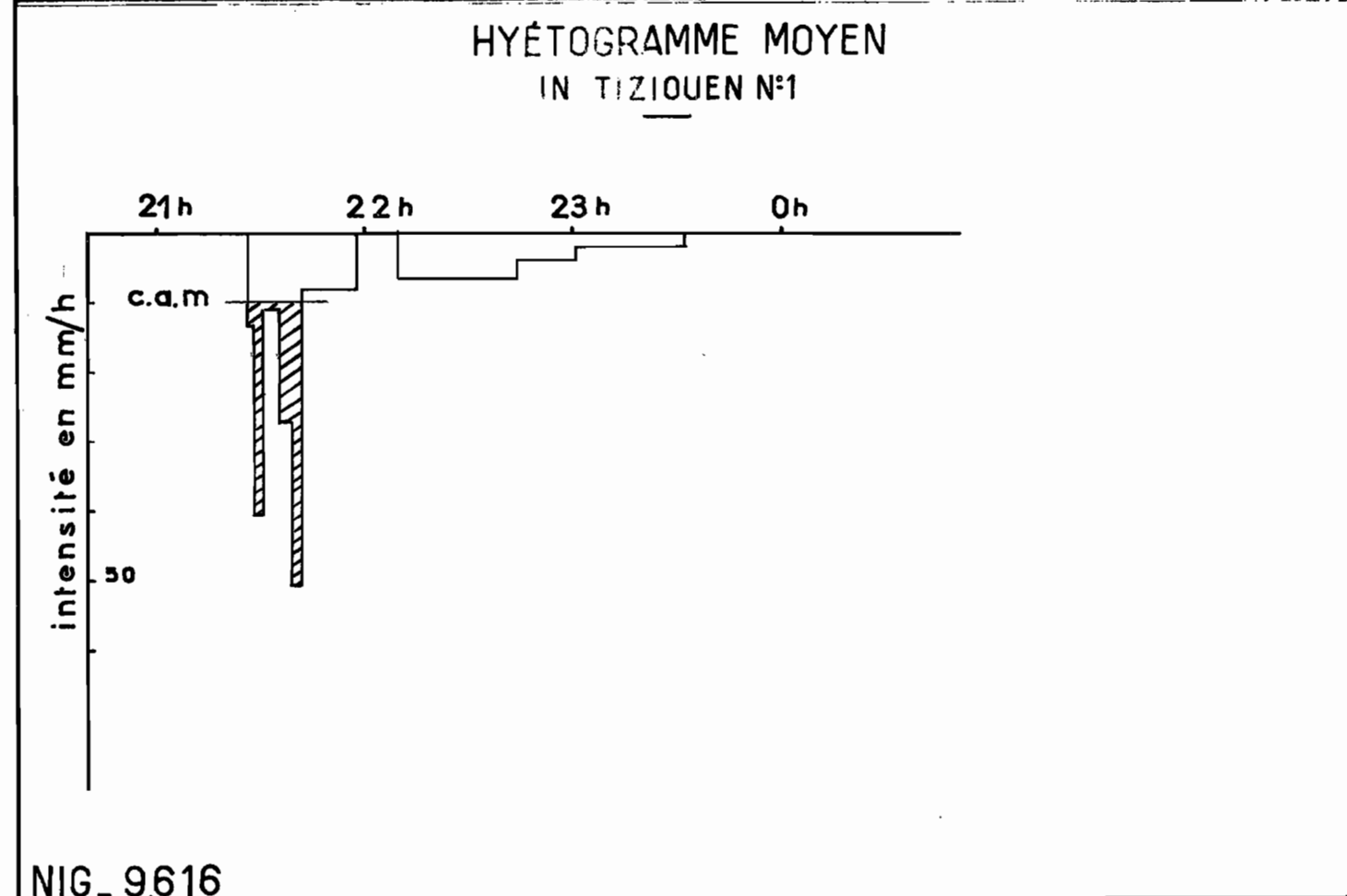
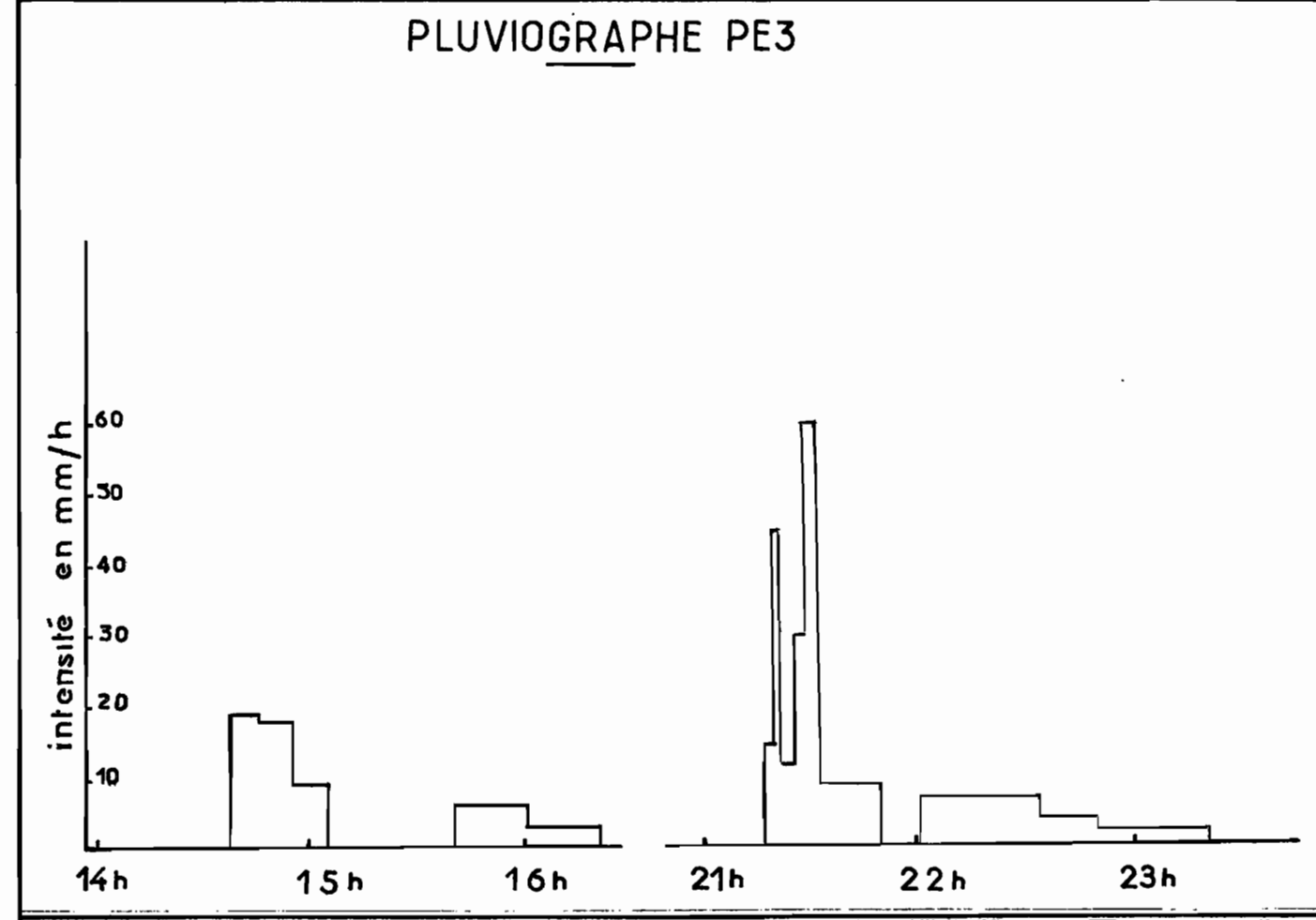
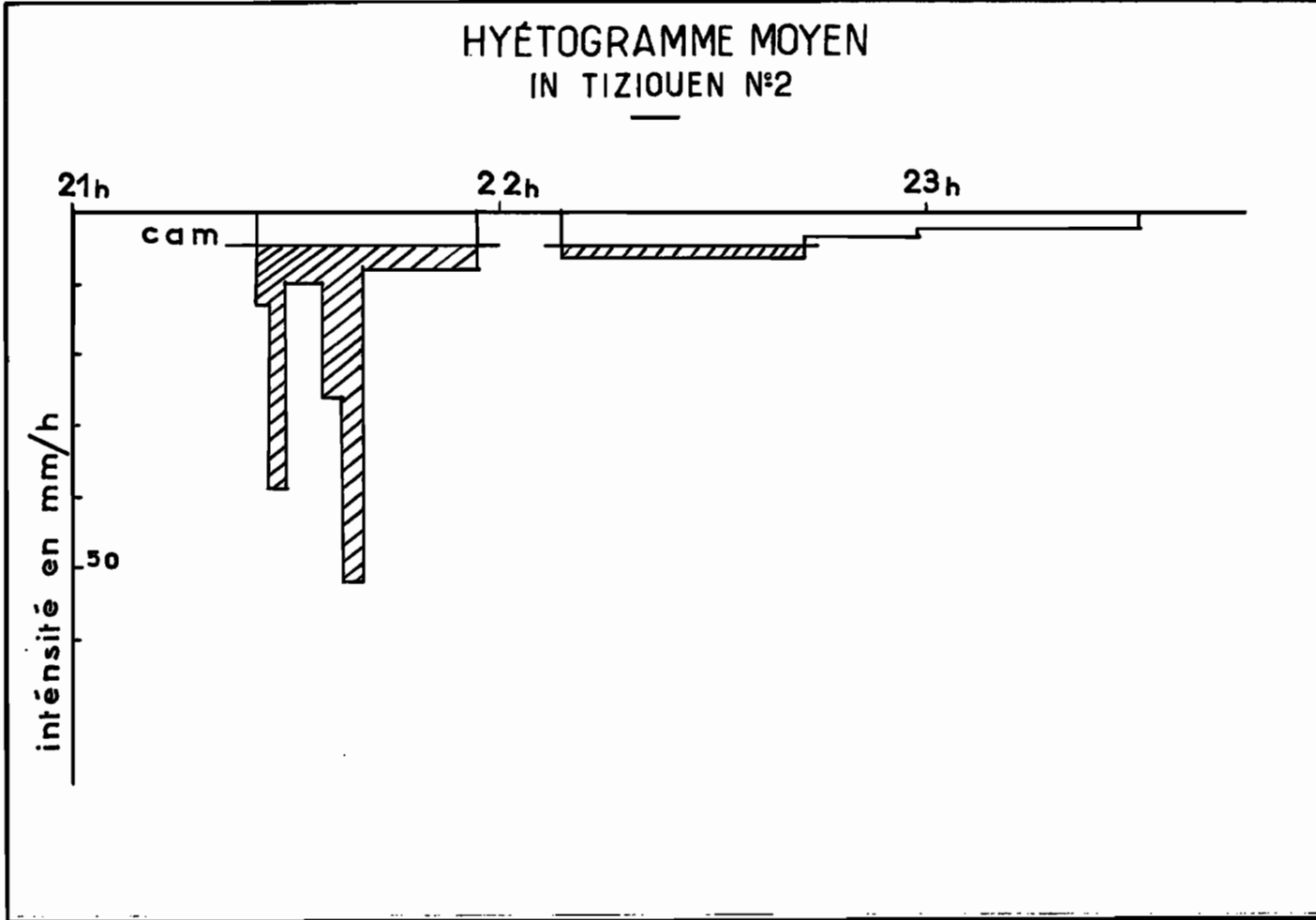
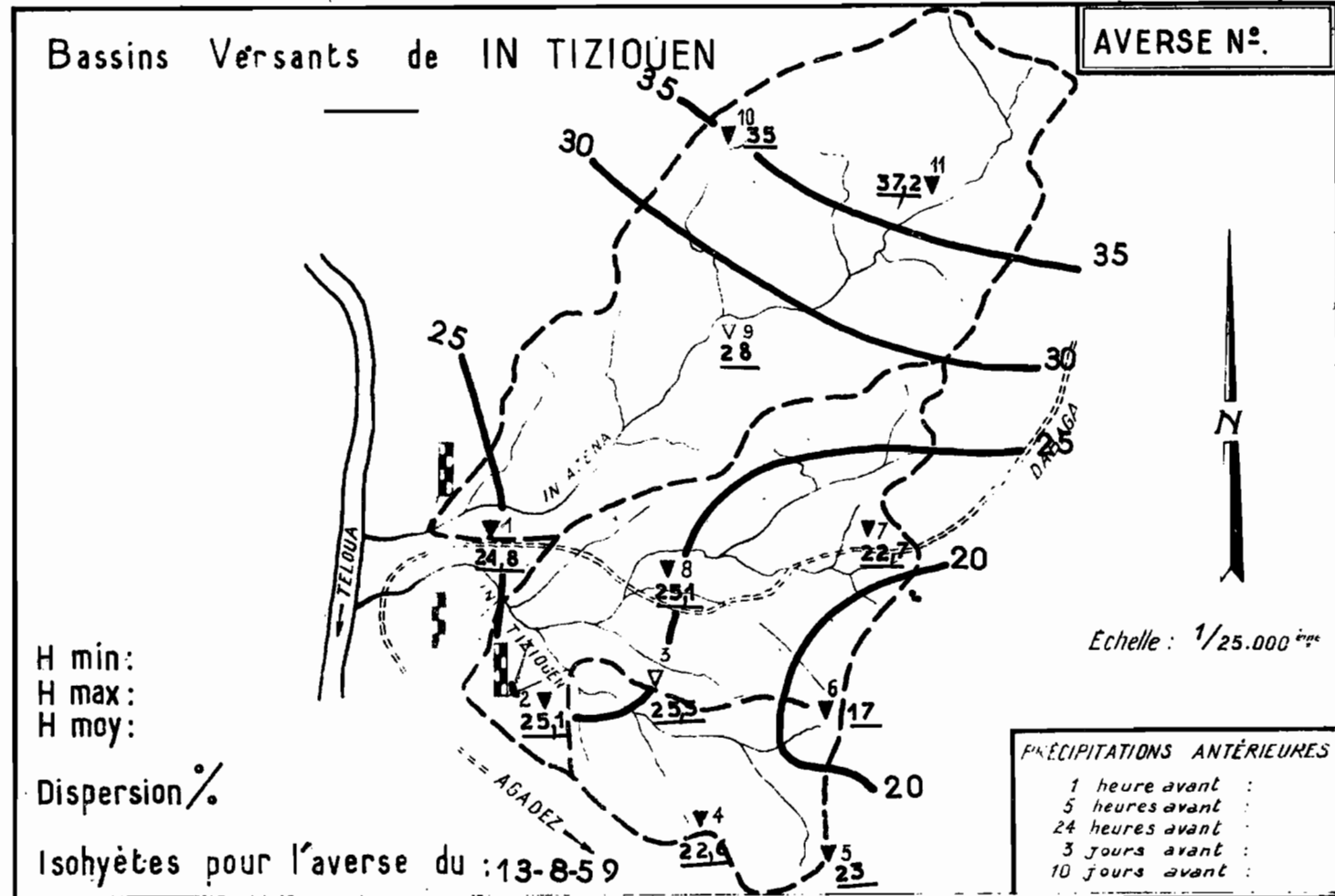


# IN TIZIOUEN

## HYDROGRAMMES DU 6-8-1959

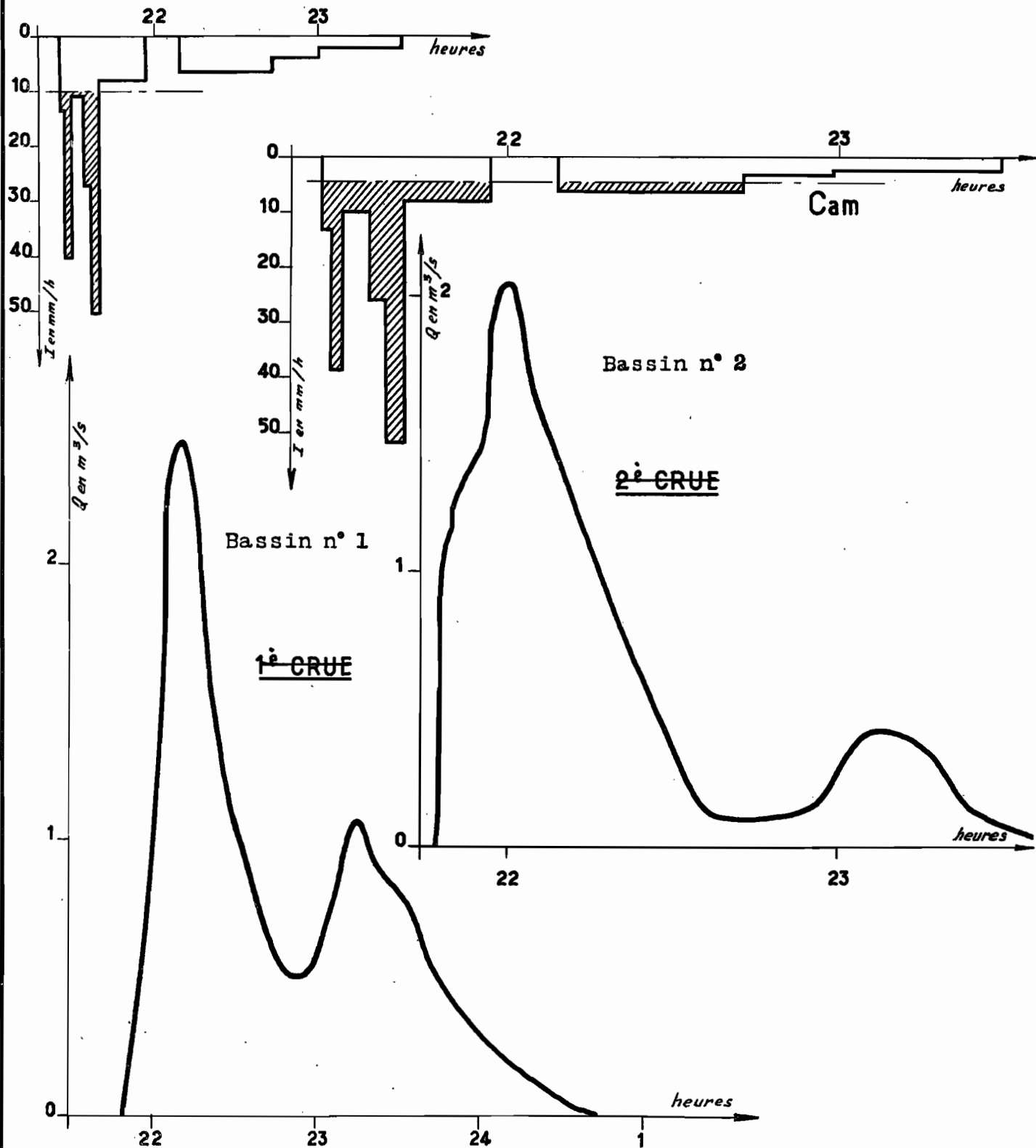






# IN TIZIOUEN

HYDROGRAMMES DU 13-8-1959



NIG 9721

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

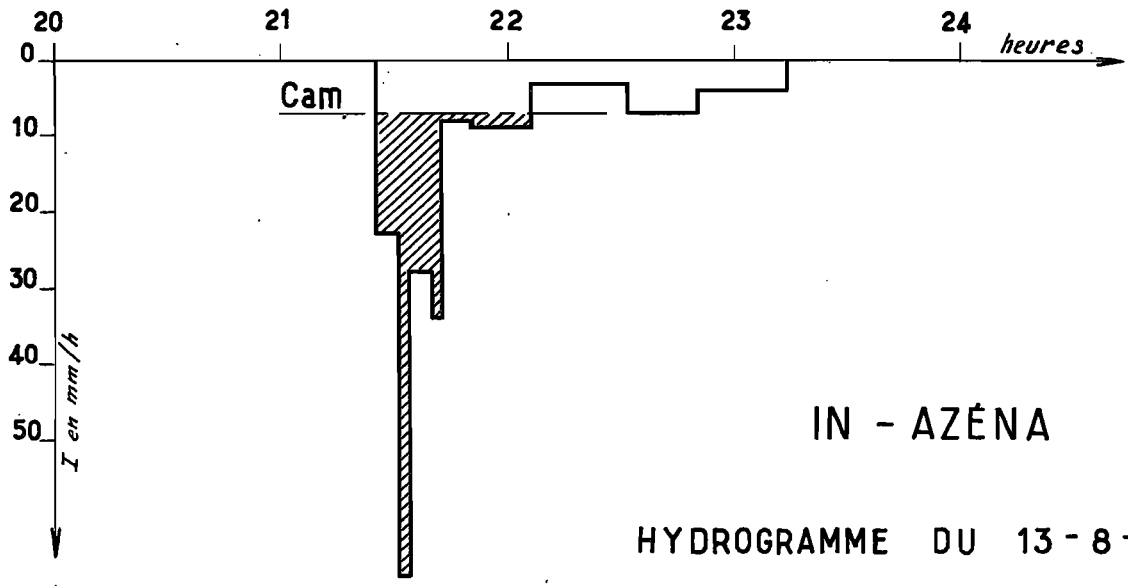
LE:

DES:

VISA:

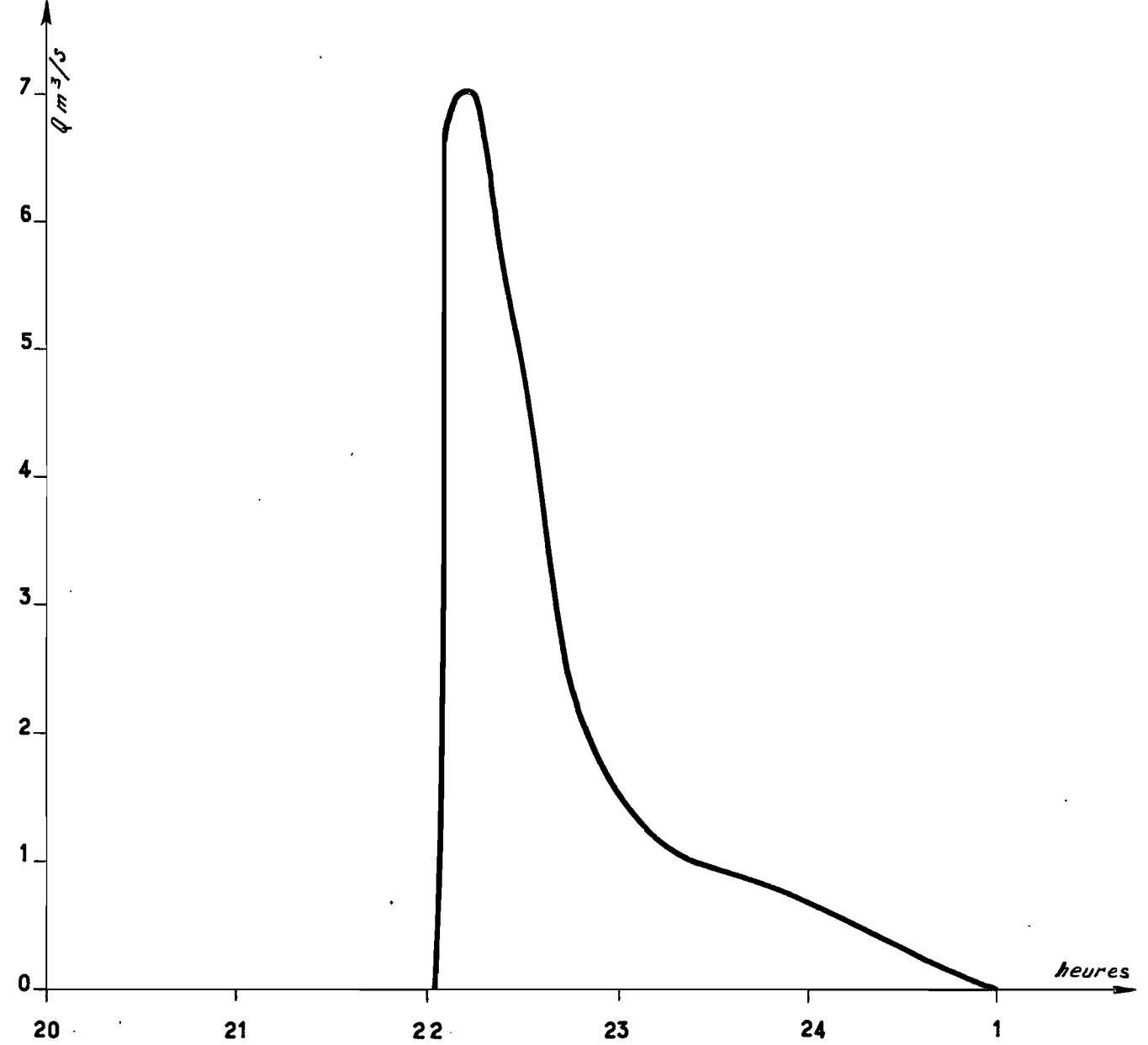
TUBE N°:

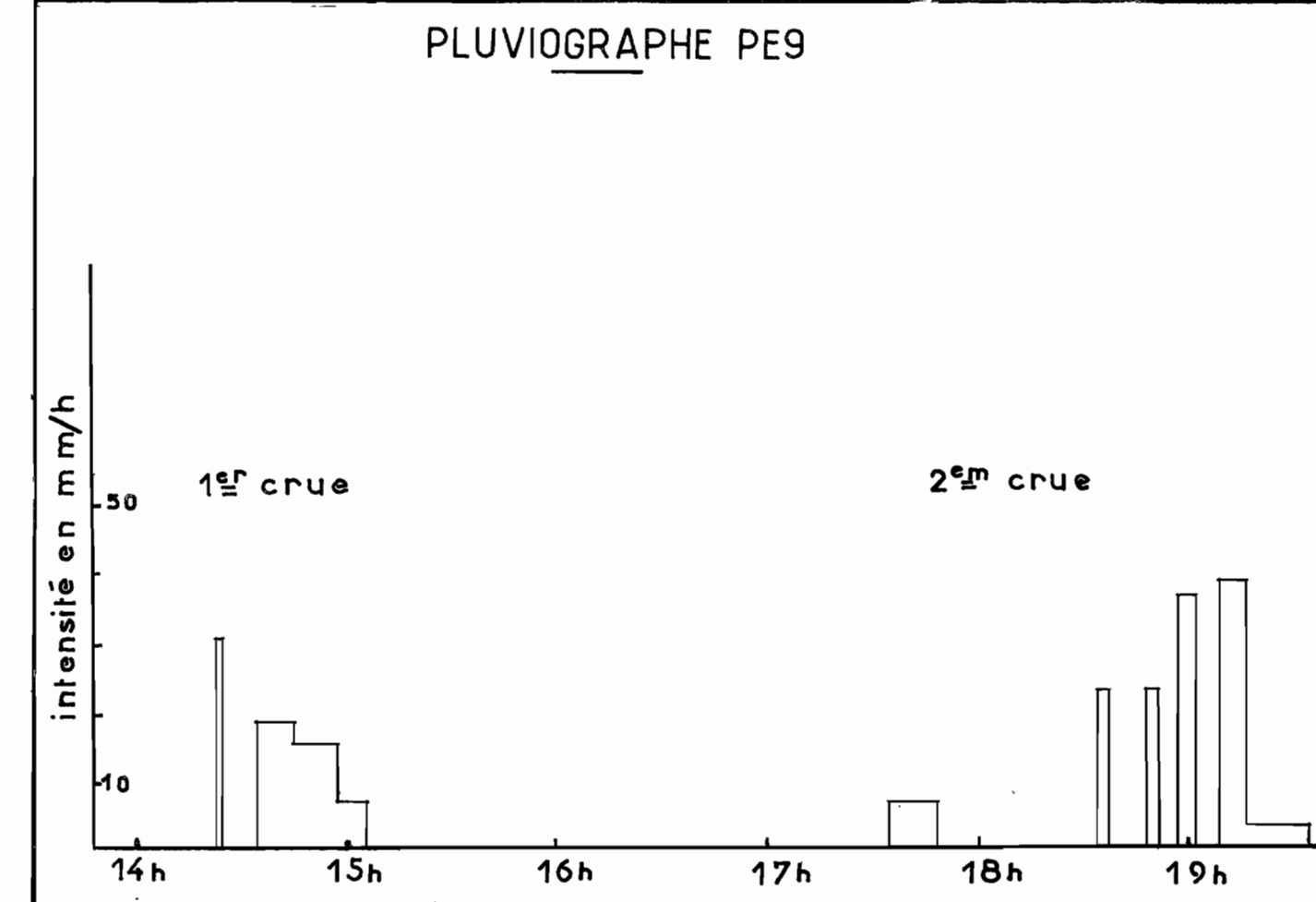
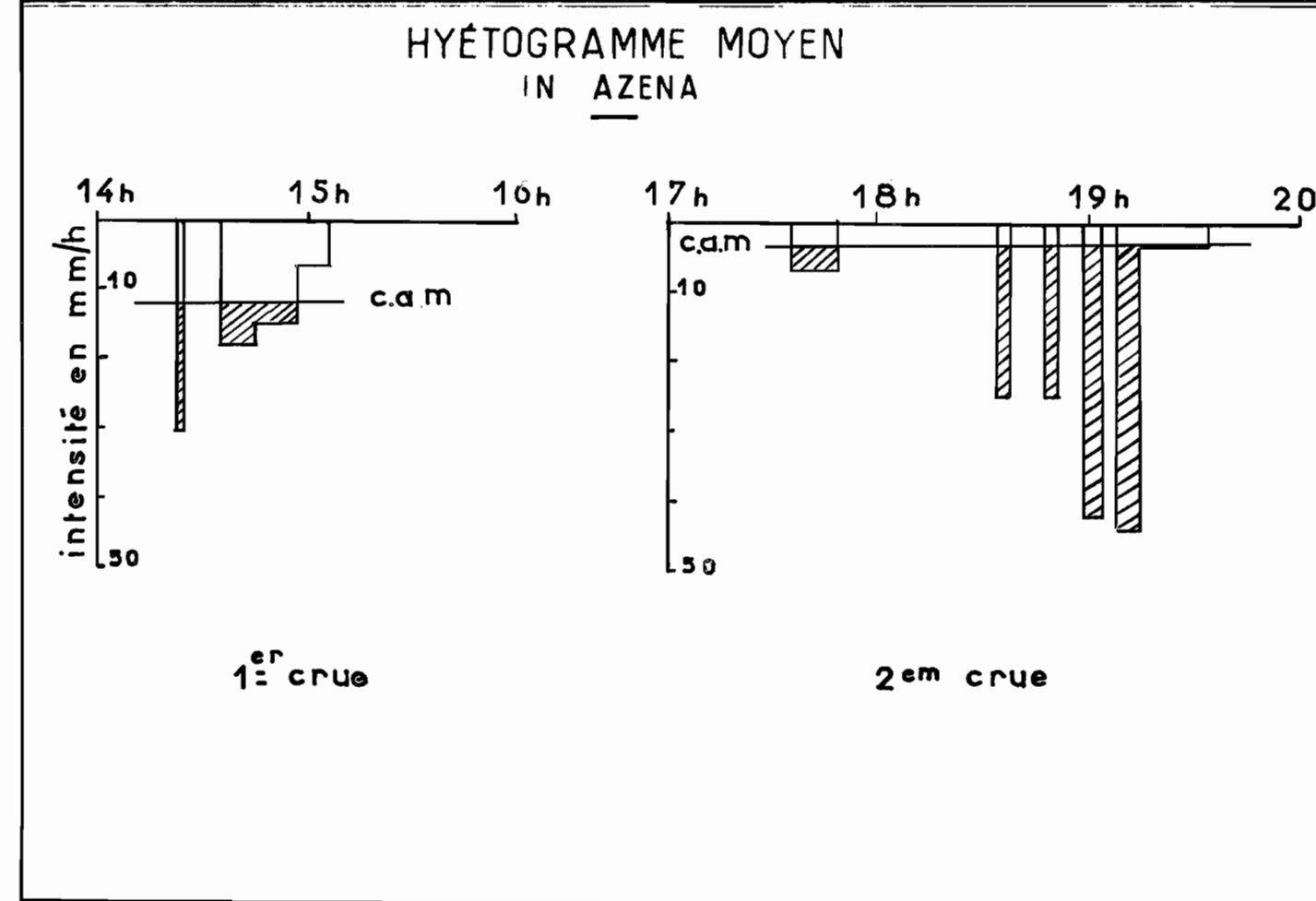
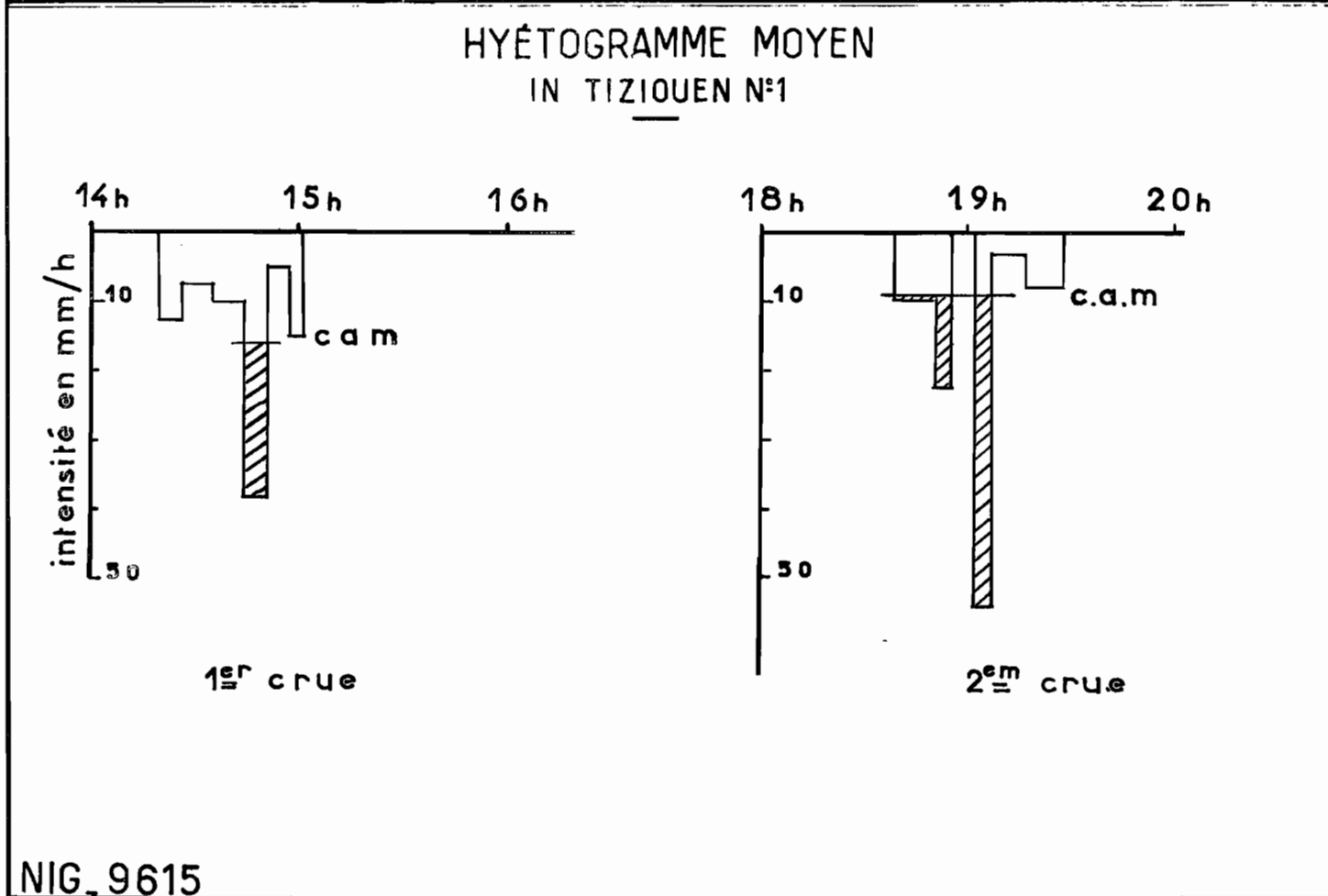
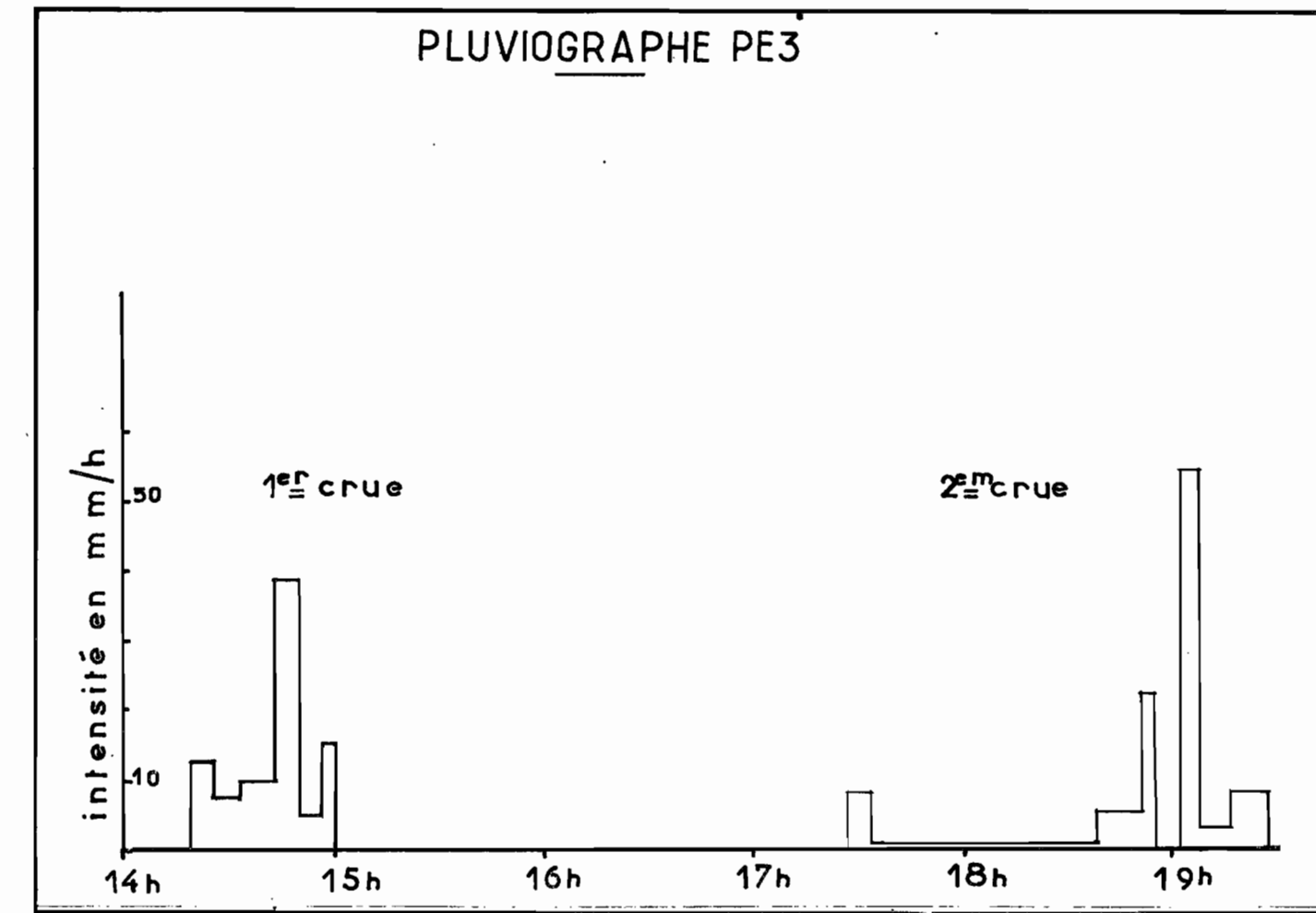
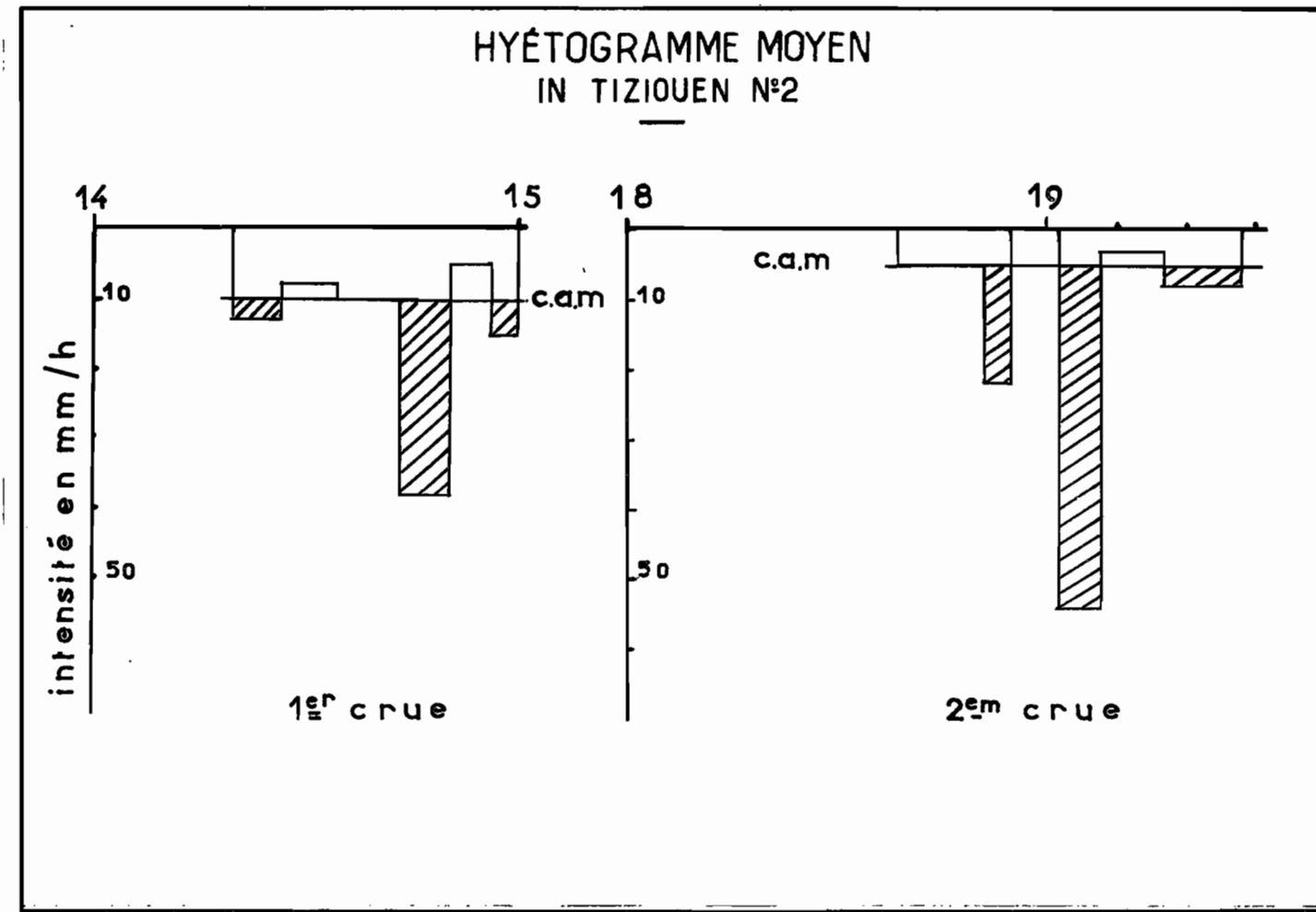
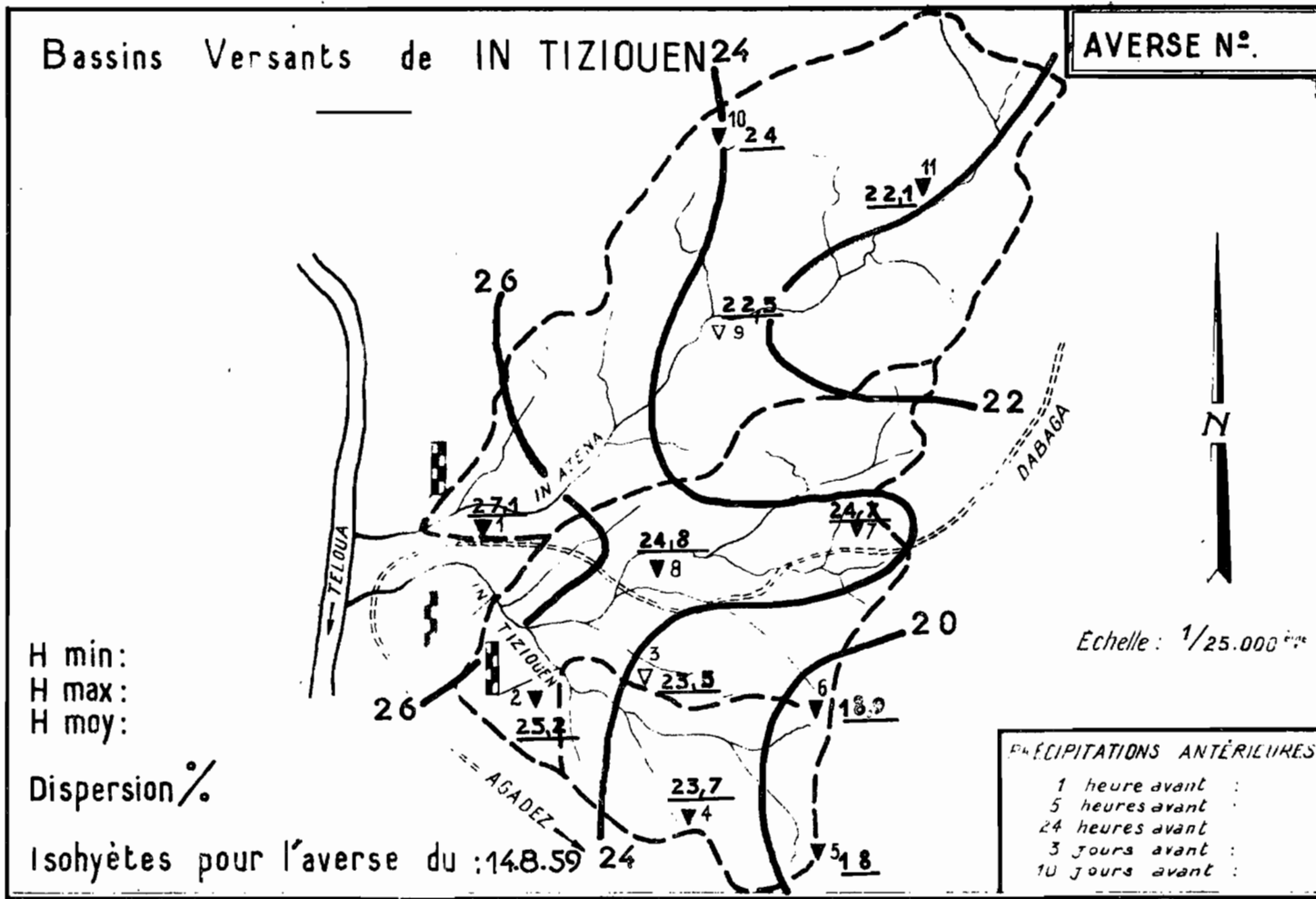
AO



IN - AZÉNA

HYDROGRAMME DU 13 - 8 - 1959

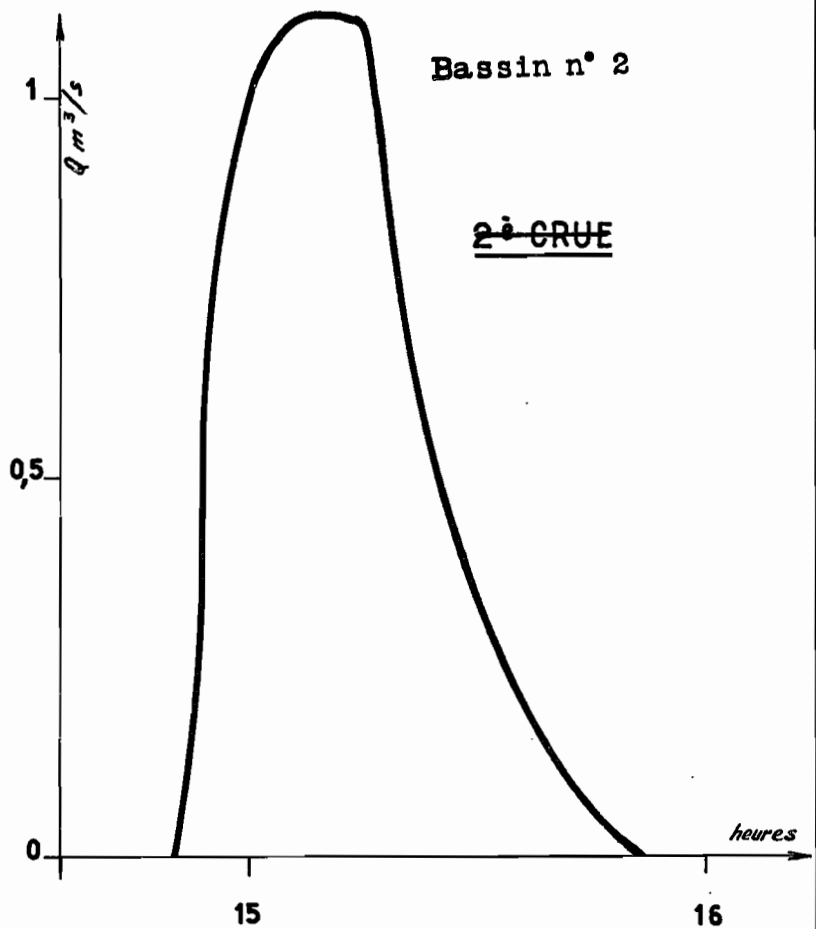
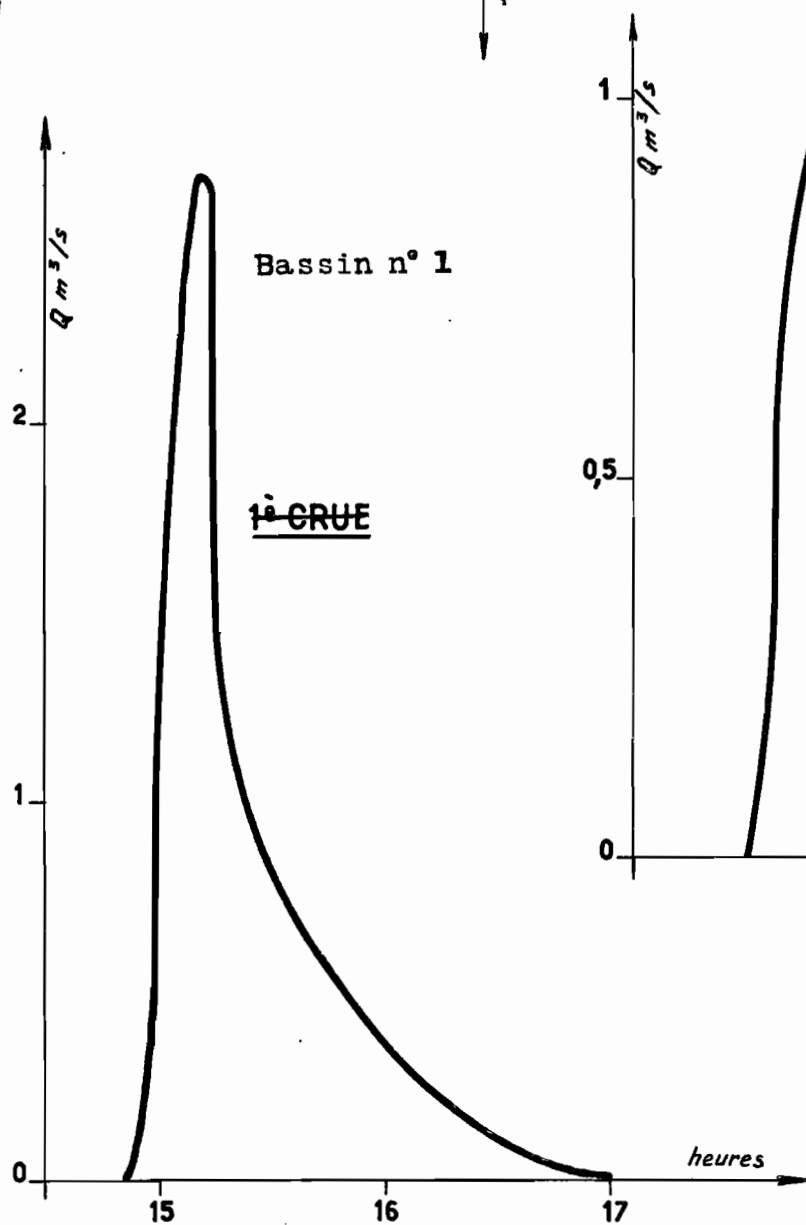
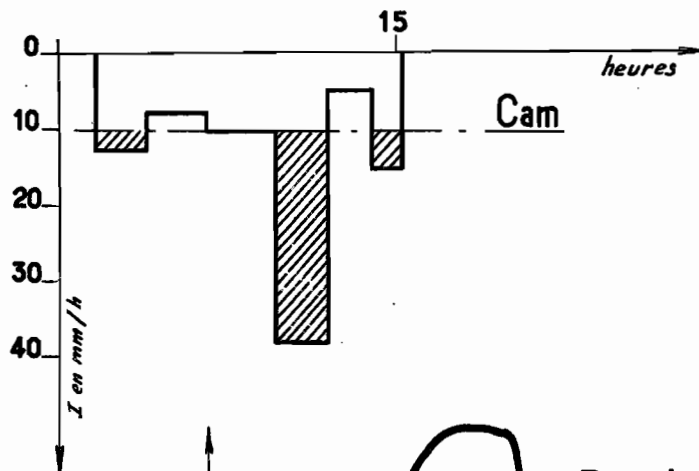
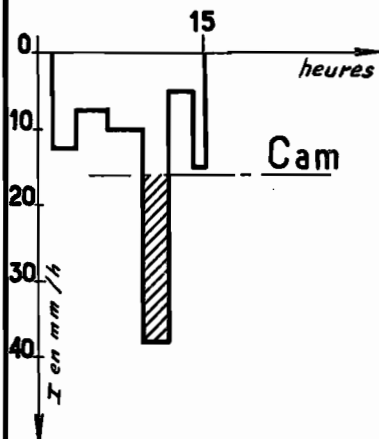




# IN TIZIOUEN

HYDROGRAMMES DU 14-8-1959

1<sup>o</sup> CRUE



NIG 9720

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

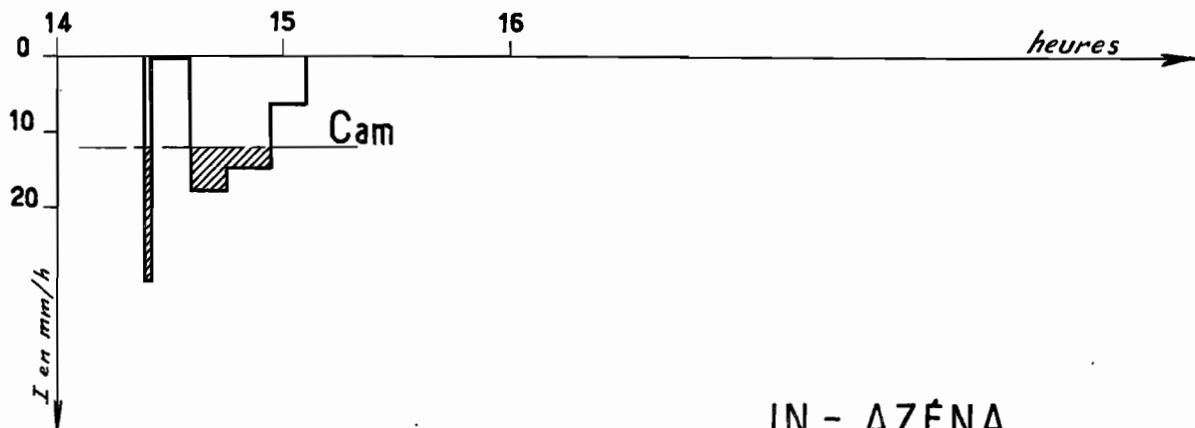
LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

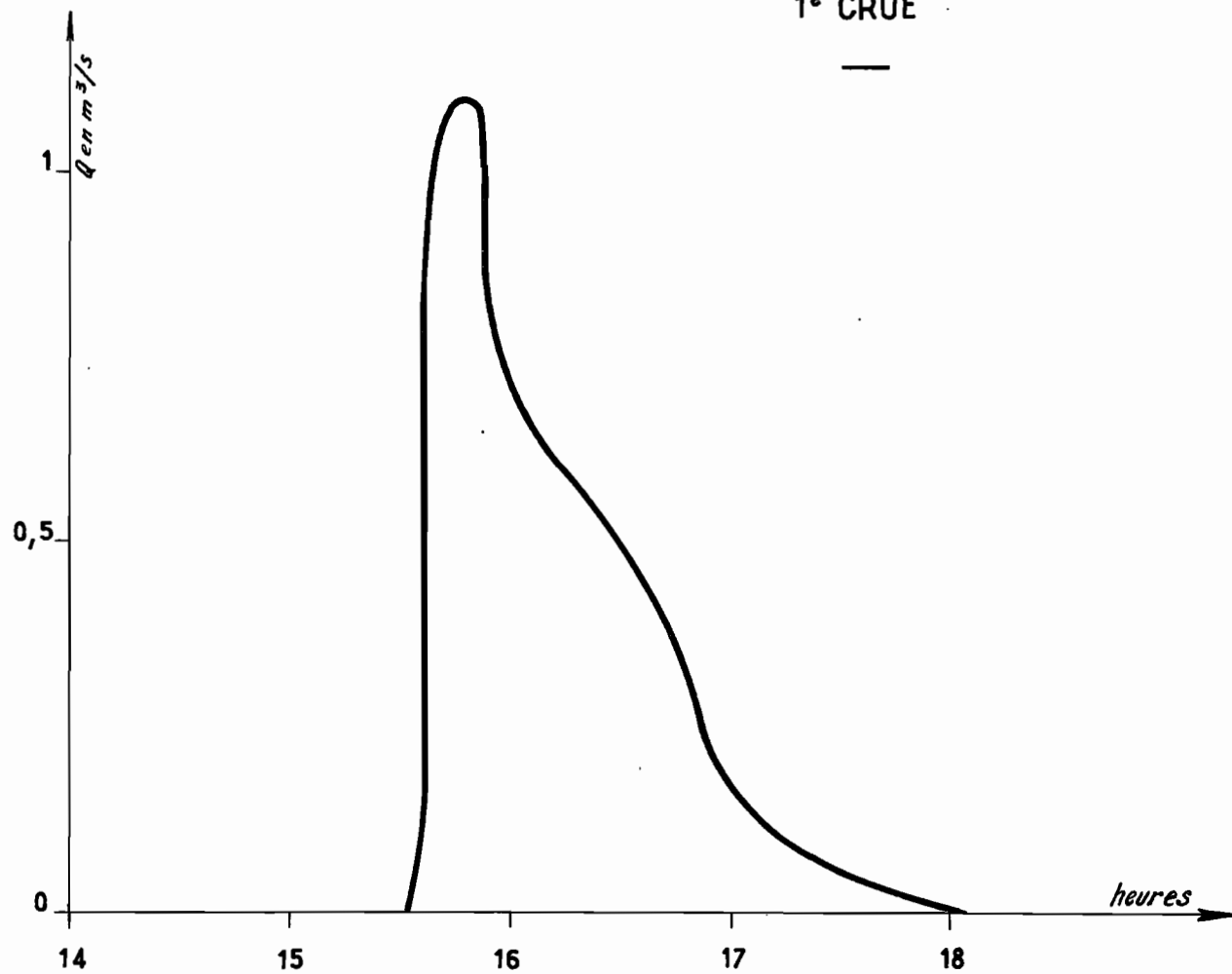
AO



IN - AZÉNA

HYDROGRAMME DU 14 - 8 - 1959

1<sup>re</sup> CRUE



NIG 9713

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

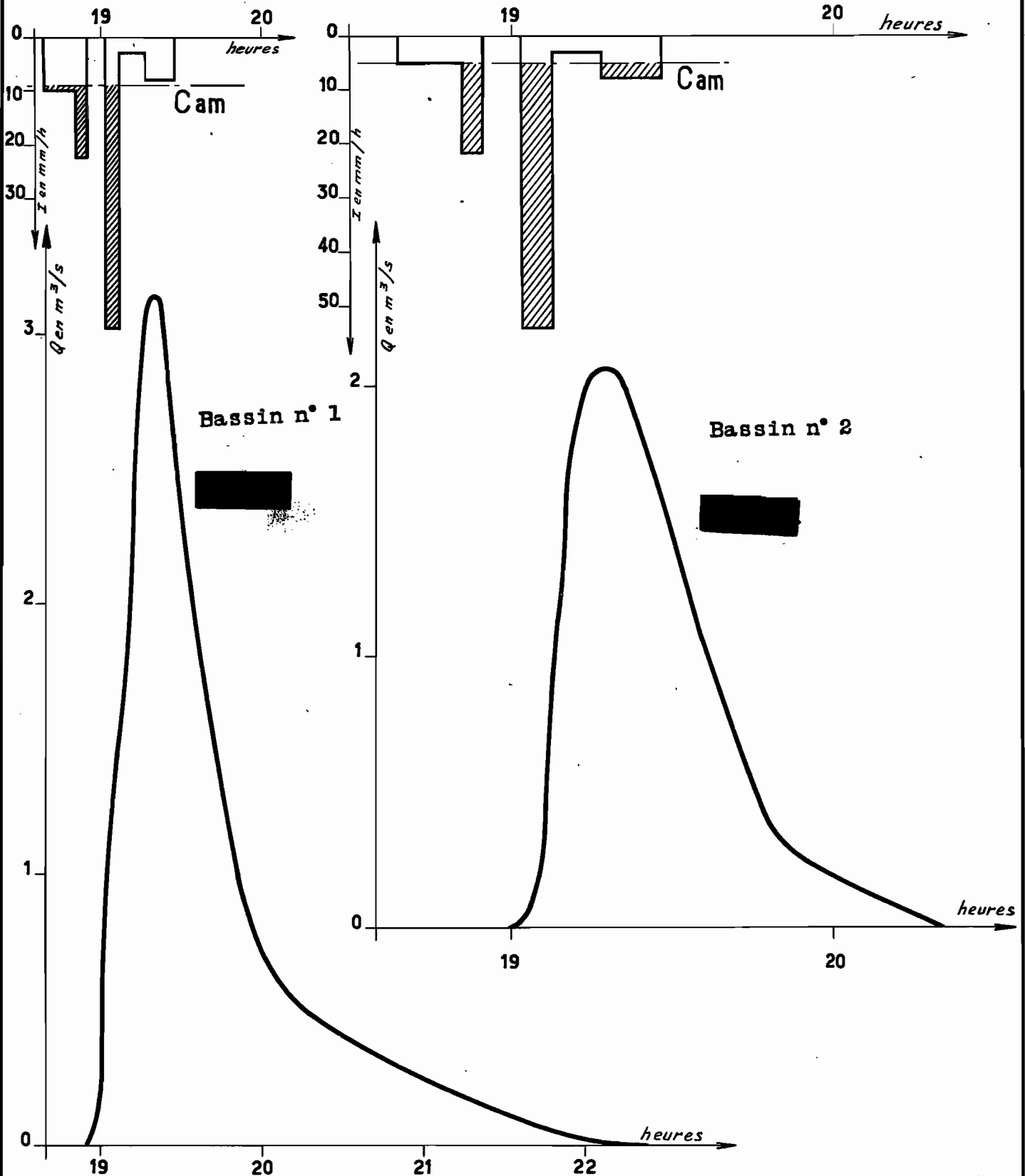
TUBE N°:

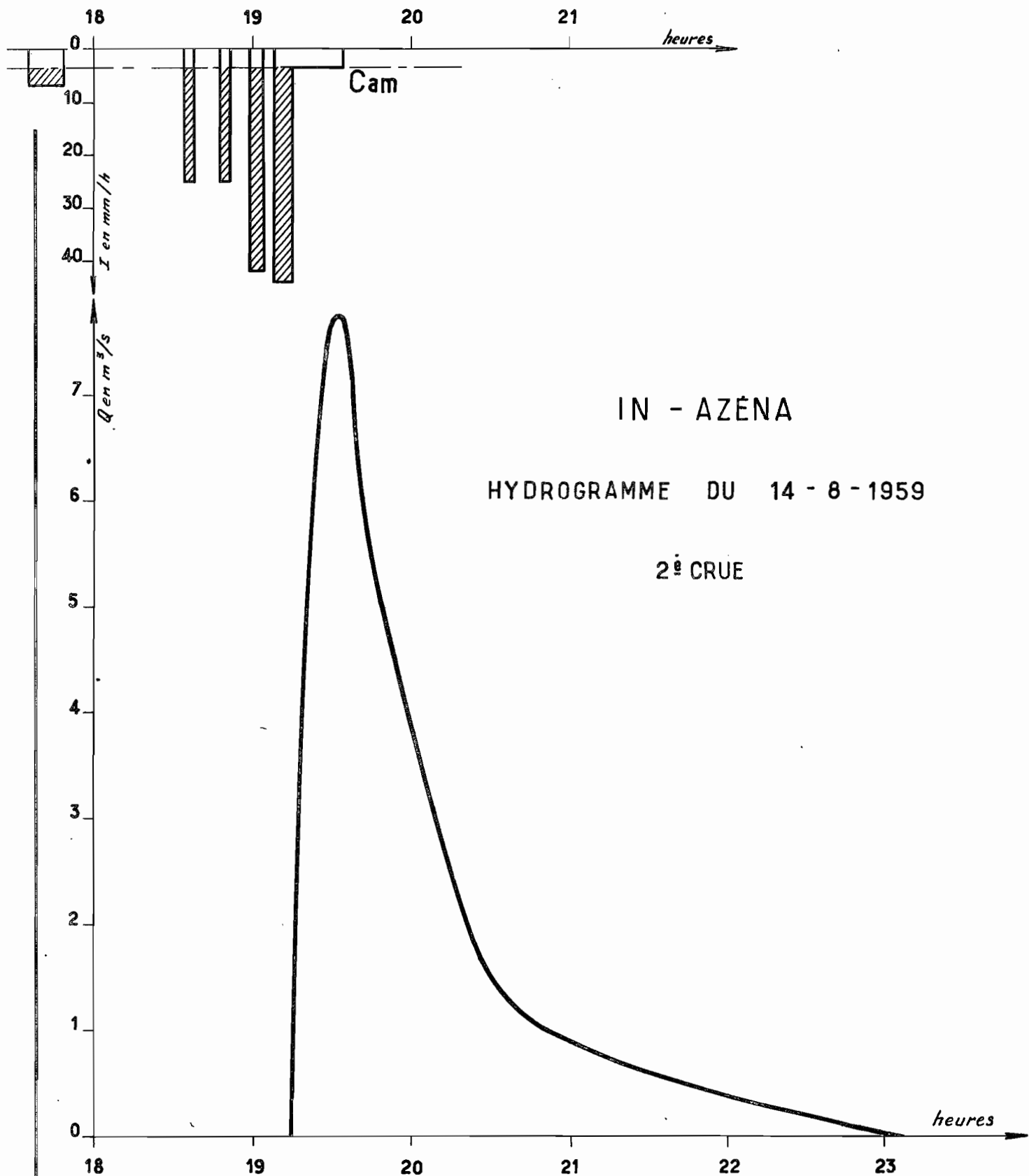
AO

# IN TIZIOUEN

2<sup>e</sup> CRUE

## HYDROGRAMMES DU 14-8-59





IN - AZÉNA

HYDROGRAMME DU 14 - 8 - 1959

2<sup>e</sup> CRUE

NIG 9714

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

C H A P I T R E I V

A - LE KORI TELOUA -

I - DESCRIPTION du BASSIN -

Nous avons vu, dans un chapitre précédent, que le TELOUA et ses affluents BEDEI, AROUAT et OUADJOU drainent le Sud des Monts TODRA; le Nord du Massif de TAROUADJI et la vaste pénéplaine qui s'étend entre les deux massifs. A partir de DABAGA (km 68) le TELOUA ne reçoit plus que de très petits affluents ; son bassin se resserre pour atteindre par endroit une largeur de 7 kilomètres.

Près d'ALERCES (km 107), le TELOUA quitte le massif de l'AIR pour entrer dans la zone des grès d'AGADES.

- Géologie -

La majeure partie du bassin est occupée par les granites anciens et les orthogneiss , ces derniers provenant

du métamorphisme des vieux granites calco-alcalins. Ceux-ci, fortement érodés, présentent un relief usé et se sont décomposés sous l'action de la pluie et des variations de température, pour former des arènes granitiques dans les dépressions.

Hormis le massif de TAROUADJI, constitué de jeune granite, les autres pointements caractéristiques du bassin sont d'origine volcanique. Ainsi le Mont TODRA est constitué de trachyte.

La pénéplaine qui s'étend entre TODRA et TAROUADJI est parsemée d'extrusions trachytiques et de monts basaltiques TECHBICHERY, TCHINGUERFA.

- Altitude moyenne -

Par suite de l'absence de cartes avec courbes de niveau, l'altitude moyenne du Bassin du TELOUA ne peut être déterminée.

Signalons cependant que le Mont TODRA culmine à 1 780 m et que la barrière Nord du massif de TAROUADJI atteint 900 m.

Par ailleurs, le lit du TELOUA est à l'altitude de 637 m à DABAGA (km 68) et à 500 m à AGADES (km 112).

On peut estimer sommairement l'altitude moyenne du bassin entre 700 et 750m.

- Superficie -

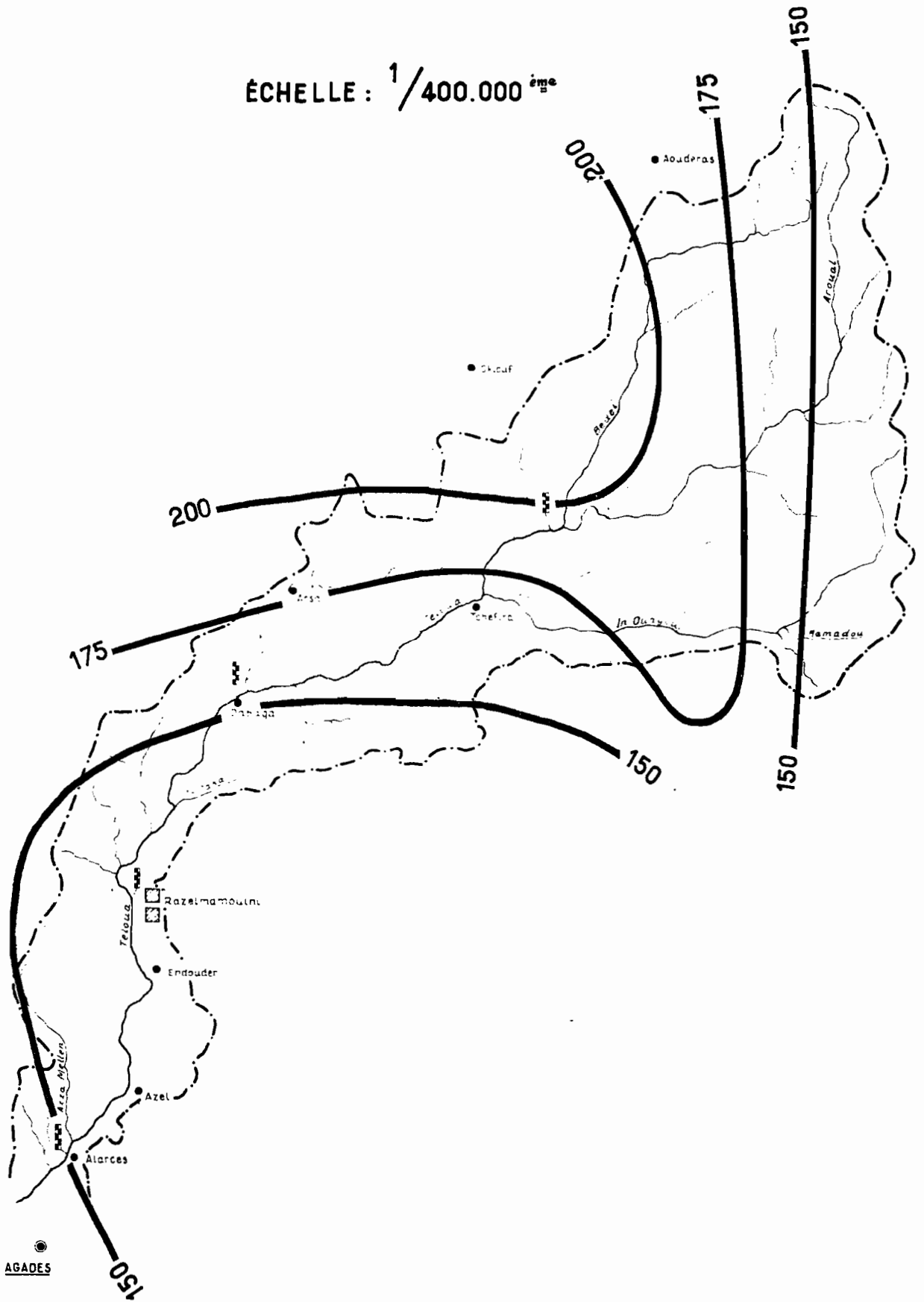
Les superficies ont été planimétrées sur la carte au 1/200 000 que nous avons établie à partir des photos aériennes au 1/50 000.

La superficie du bassin versant du TELOUA dans le massif de l'AIR, c'est-à-dire prise sensiblement à la station d'ALARCES, est de 1 345 km<sup>2</sup>.

L'ensemble peut se décomposer ainsi :

# BASSIN VERSANT DU TÉLOUA

ÉCHELLE : 1/400.000<sup>ème</sup>



- Bassin du BEDEI, au confluent BEDEI-AROUAT	S =	221 km <sup>2</sup>
- Bassin de l'AROUAT, - - -	S =	274 -
- Bassin de l'OUADJOU, au confluent BEDEI-OUADJOU	S =	237 -
- Bassin du TELOUA, au confluent BEDEI-OUADJOU (km 50)	S =	810 -
- Bassin du TELOUA à DABAGA (km 68)	S =	1 045 -
- Bassin du TELOUA à RAZELMAMOULMI (km 86)	S =	1 170 -
- Bassin du TELOUA à ALARCES (km 107)	S =	1 345 -

Les valeurs ci-dessus mettent bien en évidence la forte disproportion entre les bassins supérieurs, moyens et inférieur du TELOUA. En effet, le TELOUA, a, à mi-parcours (km 50), un bassin dont la surface représente 60 % du bassin total.

- Profil en long du TELOUA -

Nous donnons dans le tableau ci-après, la cote des basses eaux du TELOUA, c'est-à-dire la cote du fond du lit, entre DABAGA (km 68) et AGADES (km 112).

Par suite de l'absence de nivellement I.G.N. en amont de DABAGA, il ne nous a pas été possible de déterminer le profil du TELOUA depuis son origine jusqu'à DABAGA.

La pente moyenne entre DABAGA et ALARCES est de 3,1 m par kilomètre.

## Pente du TELOUA

STATION	Kilomètre		Altitude
DABAGA	68	Borne I.G.N. n° 9	633.70
		Zéro échelle	637.34
		Basses eaux	637.40
Prés de SELOUM- SELOUM	78	Borne I.G.N. n° 8	620.22
		Basses eaux	610.00
RAZELMAMOULMI	86	Borne I.G.N. n° 6	590.96
		Zéro échelle	580.24
		Basses eaux	580.50
ENDOUDOU	91	Borne I.G.N. n° 5	581.08
		Basses eaux	563.50
-	95	Borne I.G.N. n° 4	559.94
		Basses eaux	553.50
-	100	Borne I.G.N. n° 3	548.05
		Basses eaux	540.20
-	104	Borne I.G.N. n° 2	540.49
		Basses eaux	526.20
ALARCES	107	Borne I.G.N. n° 1	512.62
		Zéro échelle	515.13
		Basses eaux	515.30
AGADES	112	Borne I.G.N. n° 83	496.17
		Basses eaux	499.40

II - EQUIPEMENT -

- Stations limnimétriques -

Plusieurs stations limnimétriques ont été installées sur le TELOUA :

km 50	OUADJOU	en amont du confluent
	TELOUA	en aval du confluent
km 68	DABAGA	
km 86	RAZELMAMOULMI	
km 107	ALARCES	
km 112	AGLDES	

La station de RAZELMAMOULMI, équipée d'un limnigraphe, a été observée durant toute la campagne.

Les autres stations comportaient seulement une échelle limnimétrique lue uniquement lors du passage d'une des équipes.

A partir du 20 Août, un limnigraphe fut installé à la station d'ALARCES, mais, par suite de son mauvais fonctionnement, nous n'avons pu enregistrer qu'une crue.

- Tarage des stations -

Quelques jaugeages de basses eaux ont été effectués à chacune de ces stations, mais seule, celle de RAZELMAMOULMI peut être considérée comme entièrement étalonnée.

Dans le paragraphe suivant, nous étudierons uniquement la station de RAZELMAMOULMI.

Les autres observations que nous avons faites, en particulier celles sur le Kori OUADJOU, seront exposées dans le chapitre - ETUDE EXTENSIVE -.

- Station de RAZELMAMOULMI -

La station de RAZELMAMOULMI comprenait :

- une échelle limnimétrique
- un limnigraphe OTT type X (Rapport 1/10)
- un câble gradué à la section de jaugeage
- une base pour jaugeage au flotteur

Le zéro de l'échelle a été rattaché au nivellement général :

- |                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| - borne I.G.N. n° 6 : cote du repère | : 590,96 m |
| - cote du zéro de l'échelle          | : 580,24 m |

Plusieurs profils en travers à la station de jaugeage ont été effectués au cours de cette campagne afin de suivre les variations du lit.

On peut en déduire que celui-ci, formé de sables grossiers, varie à chaque crue.

Le lit mineur, qui était près de la rive gauche, en Juillet 1959, se trouve près de la rive droite à la fin de la saison des pluies, après avoir occupé différentes positions durant le mois d'Août.

D'autre part, le lit, creusé lors des fortes crues, est ensuite remblayé lors de crues à énergie de transport trop faible pour assurer le charriage des éléments grossiers.

Mais pour des hauteurs d'eau supérieures à 1,20 m on peut admettre que la section mouillée reste la même.

- Etalonnage de la station -

La courbe de tarage a été établie au moyen de sept jaugeages au moulinet et d'un jaugeage au flotteur.

NIG 9589

ED:

LE:

DES:

VISA:

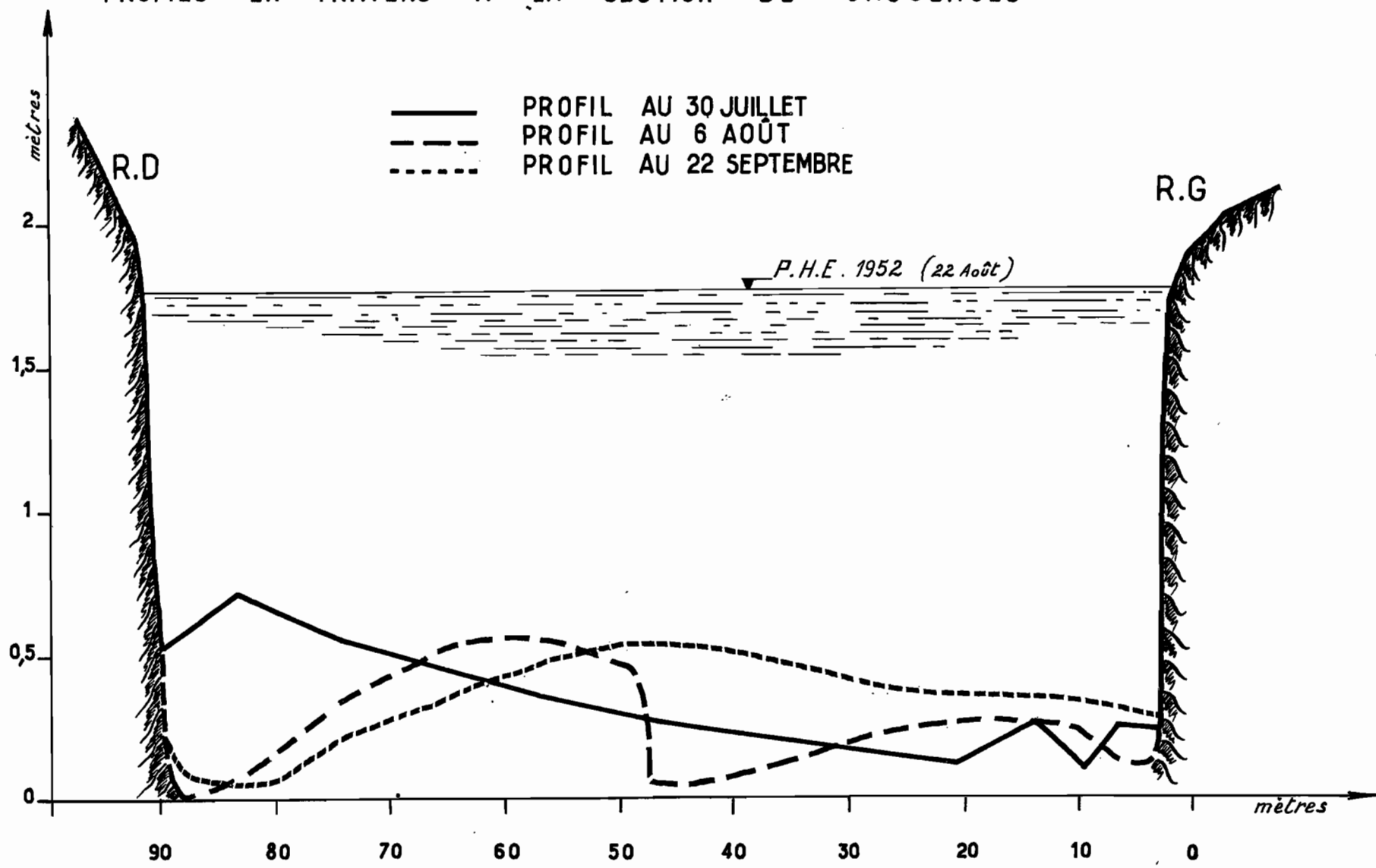
TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# TELOUA A RAZELMAMOULNI

## PROFILS EN TRAVERS A LA SECTION DE JAUGEAGES



La pente superficielle du TELOUA, mesurée lors de plusieurs crues est :

2,6 m/km pour les basses et moyennes eaux

3 m/km pour les hautes eaux (H = 1,50 à l'échelle)

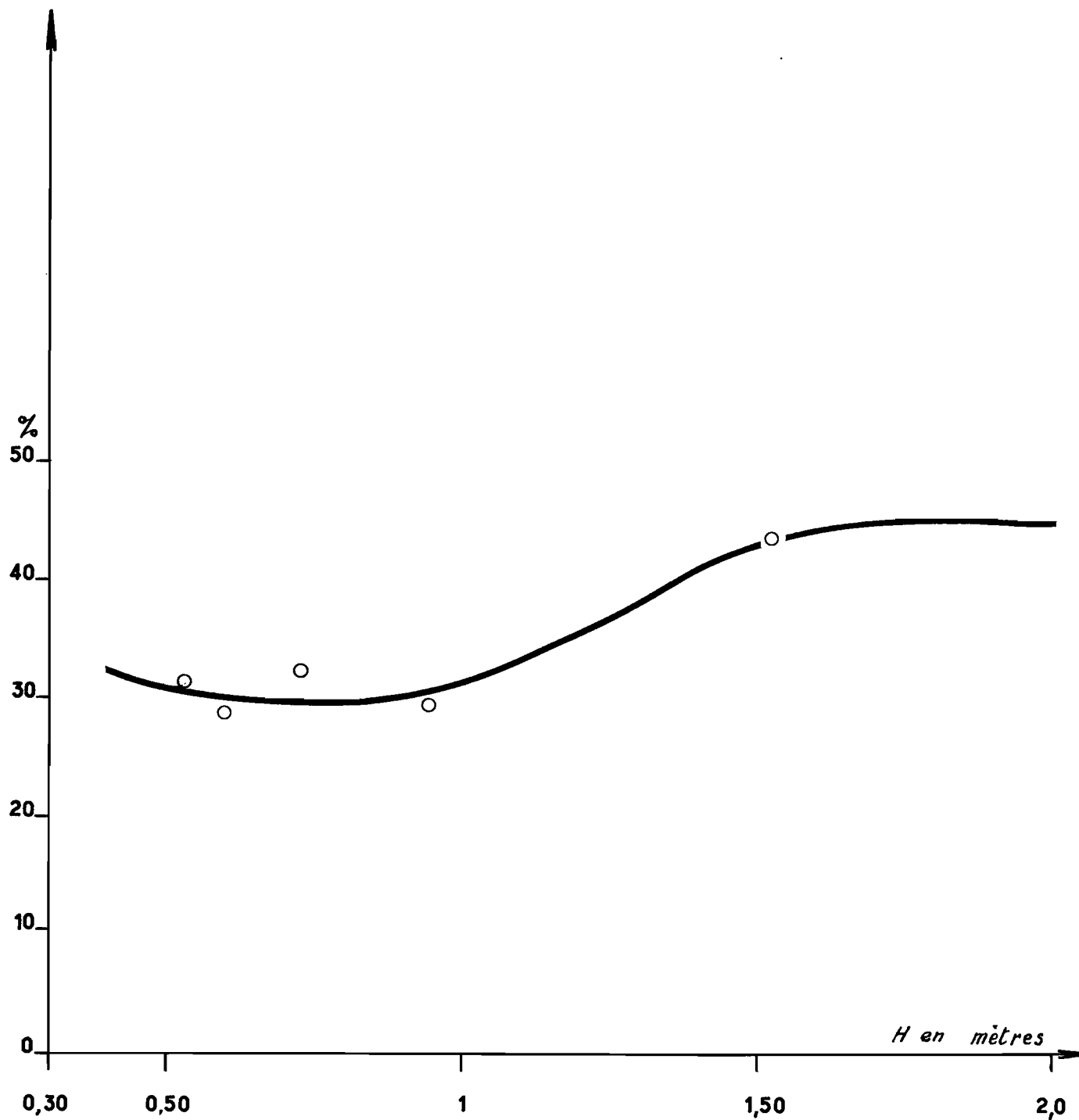
Les caractéristiques des jaugeages sont les suivantes :

H	L	S	R	Q	U	K	I	Observations
0,34	-	-	-	<u>0,35</u>	-	-	-	Moulinet
0,42	60	13,4	0,22	<u>3,9</u>	0,29	15,6	0,0026	-
0,53	81	21	0,26	<u>13,6</u>	0,65	31,3	-	-
0,60	86	27	0,31	<u>18,5</u>	0,68	29	-	-
0,73	86	40	0,47	<u>40</u>	1,00	32,5	-	-
0,95	88	58	0,66	<u>66</u>	1,14	29,5	-	-
1,52	90	110	1,22	<u>300</u>	2,73	43,7	0,003	Flotteur

Pour l'estimation des débits correspondant à une hauteur à l'échelle supérieure à 1,60 m, nous avons utilisé la formule générale d'écoulement

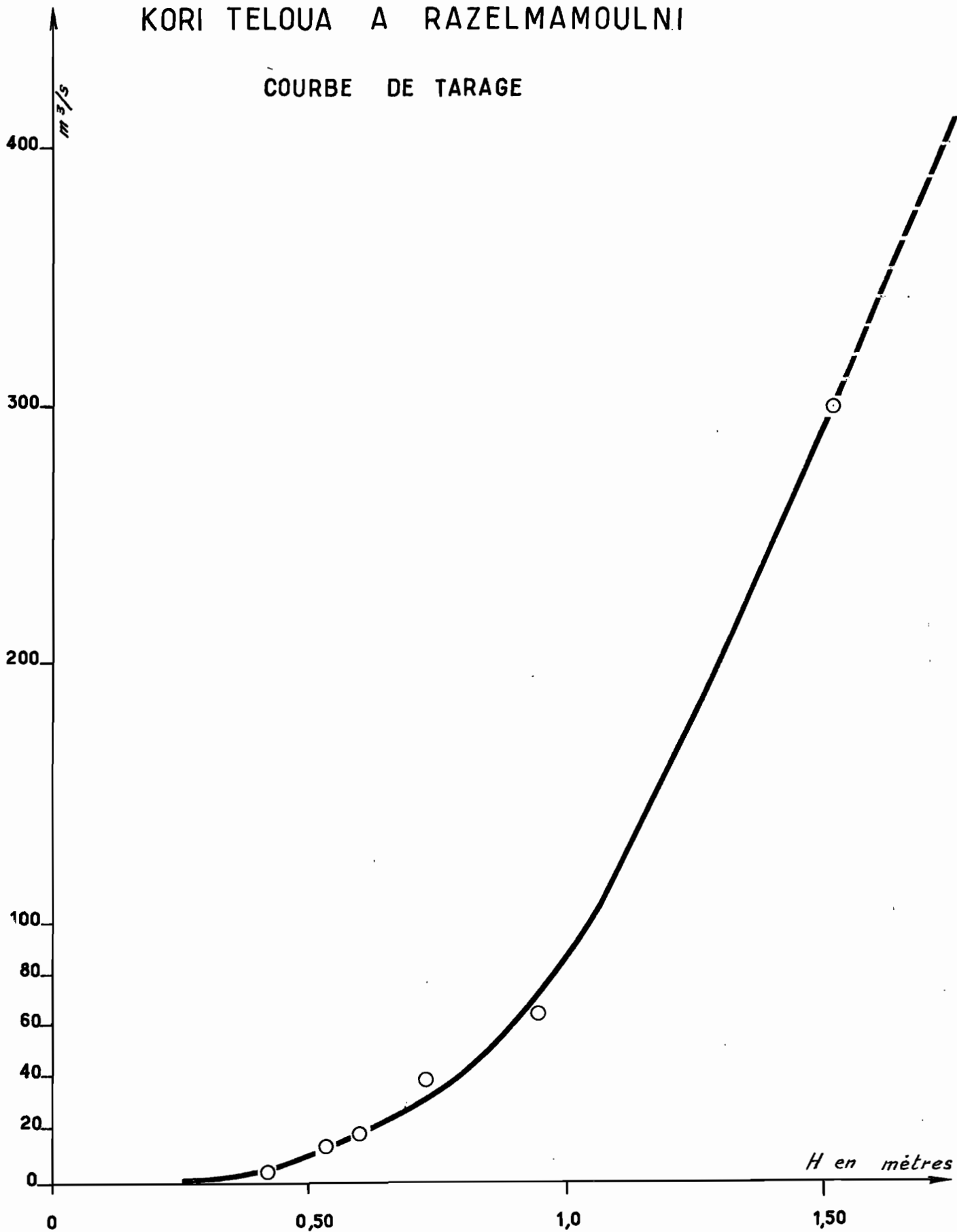
$$U = K \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

# VARIATIONS DU COEFFICIENT K DE STRICKLER-MANNING A RAZELMAMOULNI



# KORI TELOUA A RAZELMAMOULNI

## COURBE DE TARAGE



NIG 9585

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

en prenant K égal à 45, ce qui donne pour H = 2,00 m

$$U = 3,40 \text{ m/s} \quad \text{et} \quad Q = 510 \text{ m}^3/\text{s}$$

III - OBSERVATIONS des CRUES -

Toutes les crues du TELOUA, à la station de RAZELMAMOULMI ont été enregistrées. Toutefois, lors de la très forte crue du 22 Août, le limnigraphe et l'échelle ont été emportés peu après le maximum, et la courbe de décrue a été reconstituée à partir de repères sur la berge.

Dans le tableau ci-après, nous donnons la hauteur maximale, le débit maximal et le volume écoulé des 18 crues de la saison 1959.

N°	Date	Hauteur maximale en m	Débit maximal en m <sup>3</sup> /s	Volume écoulé en milliers de m <sup>3</sup>
1	1er Août 1959	0,73	33	300
2	2 -	0,74	34	810
3	3 -	0,50	9,5	78
4	5 -	0,53	12	234
5	6 -	0,71	30	481
6	6-7 -	1,56	318	5 660
7	12 -	0,57	15	540
8	13 -	0,61	19	1 066
9	13-14 -	1,38	239	5 026
10	14-18 -	1,42	257	11 100
11	20-21 -	0,98	80	2 766
12	22 -	0,54	12,5	460
13	22-25 -	1,77	411	11 350
14	2 Septembre 1959	0,46	6,5	50
15	8 -	0,69	27	347
16	9 -	0,60	18	1 072
17	11-12 -	0,65	23	1 140
18	13 -	1,20	160	3 520
				Total 46 000

- Caractéristiques de l'écoulement -

1°) Arrivée brutale du front d'eau

2°) Première pointe plus ou moins marquée une demi-heure après le début de l'écoulement, due aux petits affluents situés immédiatement à l'amont de la station (cours moyen entre DABAGA et RAZELMOULMI).

3°) Parfois légère décrue, due au fait que les affluents du moyen bassin, ont un temps de ruissellement très court (15 à 30 minutes) et que la crue des trois importants affluents : BEDEI, AROUAT et OUADJOU ne s'est pas encore propagée jusqu'à la station.

- Augmentation très rapide du débit, due à l'arrivée des eaux des trois rivières ci-dessus.

Le maximum étant atteint entre 1 et 3 heures après le début de l'écoulement :

- L'écoulement se maintient à la cote maximale pendant un temps variant entre 15 minutes et 1 h  $\frac{1}{2}$ .

- Décrue rapide pendant les deux premières heures puis décroissance lente et régulière des débits.

- Ecoulement hypodermique avec faible débit pouvant durer 48 heures.

- Caractéristiques de quelques crues -

- Crue du 2 Août 1959

Volume écoulé	810 000 m <sup>3</sup>
Débit maximal	34 m <sup>3</sup> /s
Maximum spécifique	29 l/s.km <sup>2</sup>
Durée de l'écoulement	17 heures
Rise	2 heures
Pourcentage de pointe (temps de base : 1 heure)	15,5 %

NIG 9598

ED:

LE:

DÉS:

VISA:

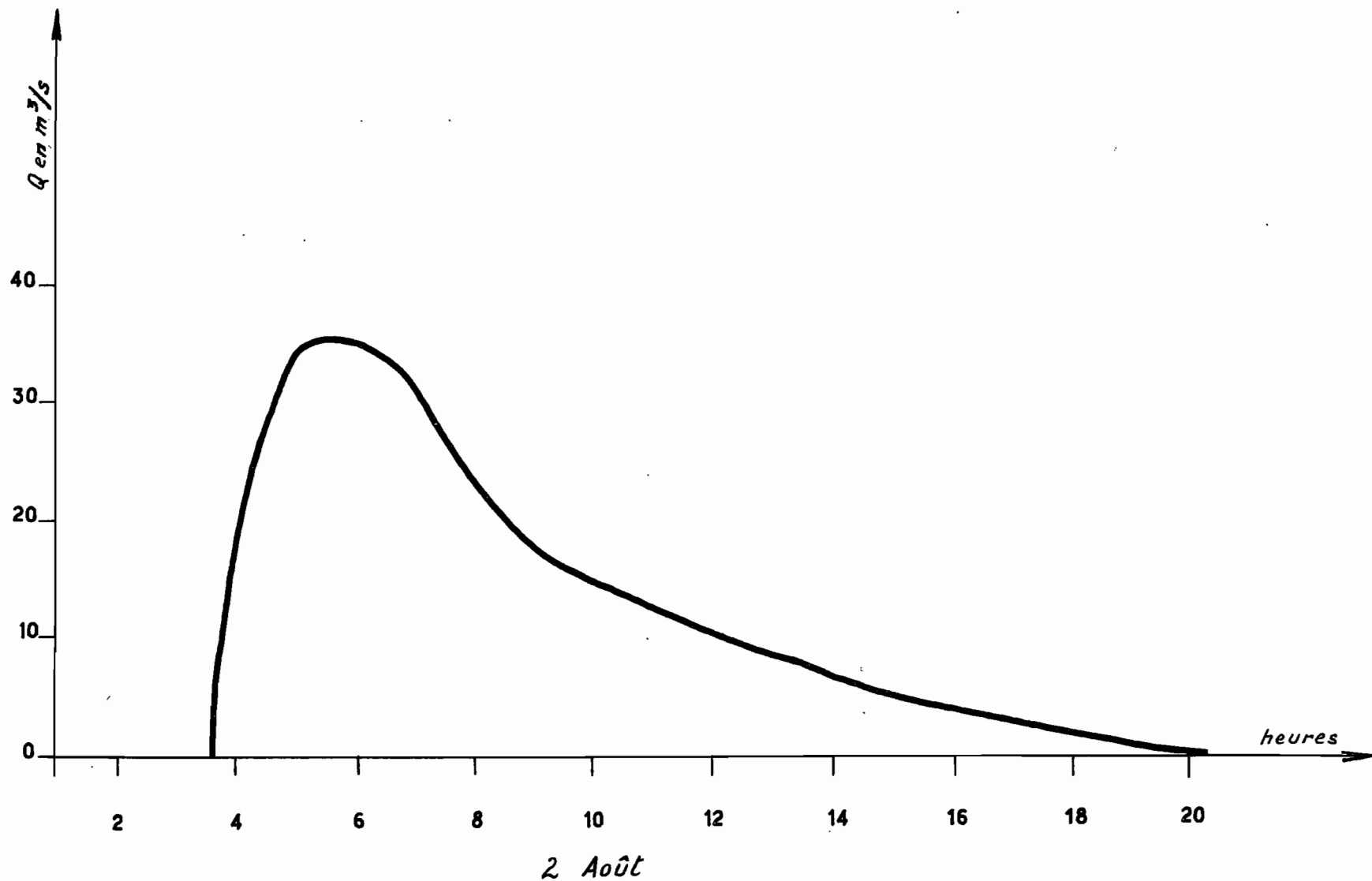
TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# KORI TÉLOUA A RAZELMAMOULNI

## HYDROGRAMME DE LA CRUE DU 2 AOÛT 1959



- Crue du 13 Août 1959

Volume écoulé	5 026 000 m <sup>3</sup>
Débit maximal	239 m <sup>3</sup> /s
Maximum spécifique	220 l/s.km <sup>2</sup>
Durée de l'écoulement	24 heures
Rise	2 heures
Pourcentage de pointe (temps de base : 1 heure)	15,7 %

- Crue du 20 Août 1959

Volume écoulé	2 766 000 m <sup>3</sup>
Débit maximal	82 m <sup>3</sup> /s
Maximum spécifique	70 l/s.km <sup>2</sup>
Durée de l'écoulement	29 heures
Pourcentage de pointe (temps de base : 1 heure)	10,5 %

Le pourcentage de pointe est le rapport du volume ruisselé pendant une période donnée (temps de base) autour du maximum au volume ruisselé total.

Le rise est le temps qui s'écoule entre le début du ruissellement et le débit maximal.

- Débit maximal observé en 1959 et débit maximal probable -

Nous avons enregistré la cote maximale lors de la crue du 22 Août, soit 1,77 m à l'échelle, ce qui correspond à un débit de 411 m<sup>3</sup>/s.

Le débit spécifique maximal est, pour la saison des pluies 1959 de : 350 l/s.km<sup>2</sup>.

NIG 9596

ED:

LE:

DES:

VISA:

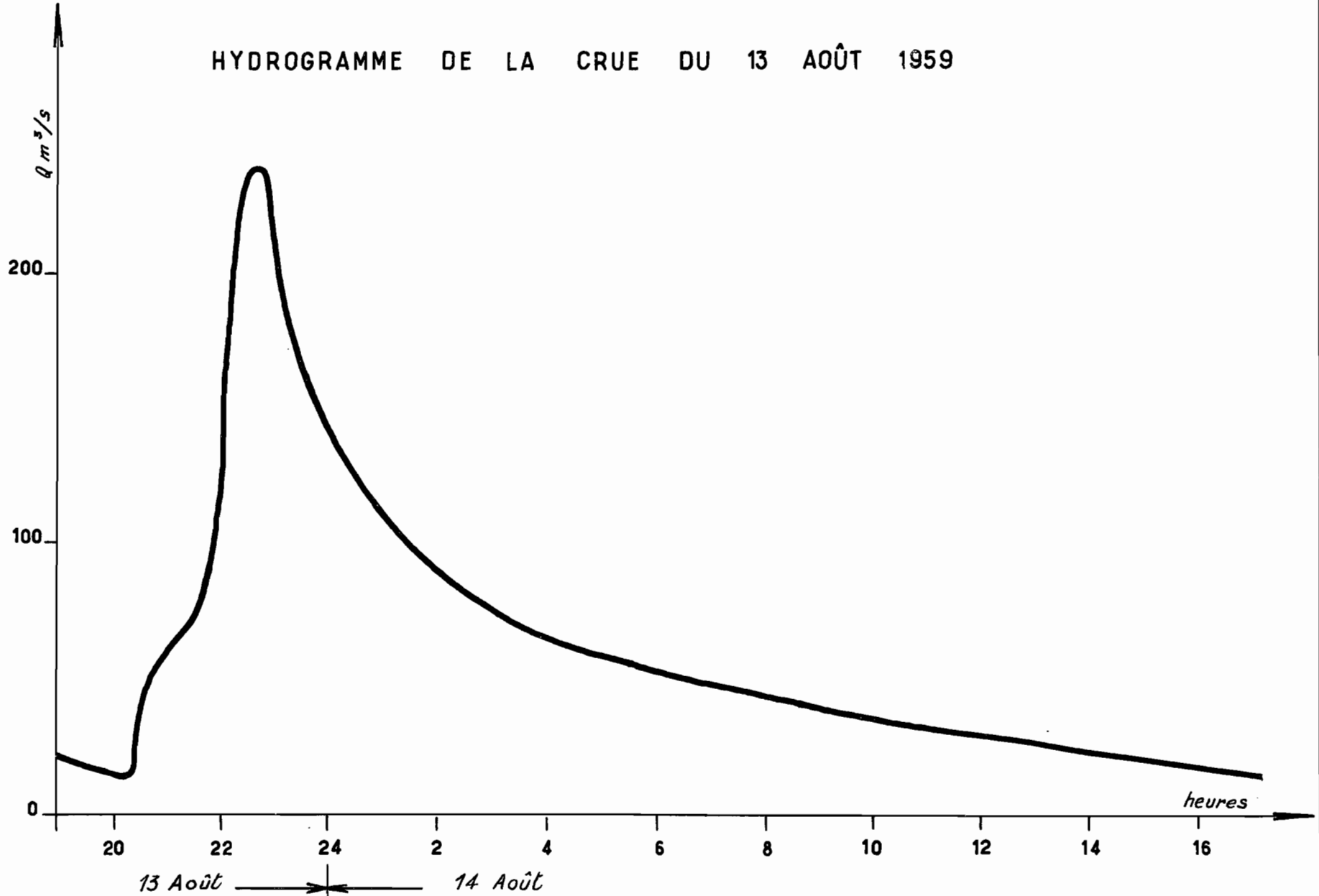
TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# KORI TELOUA A RAZELMAMOULNI

## HYDROGRAMME DE LA CRUE DU 13 AOÛT 1959



NIG 9597

ED:

LE:

DES:

VISA:

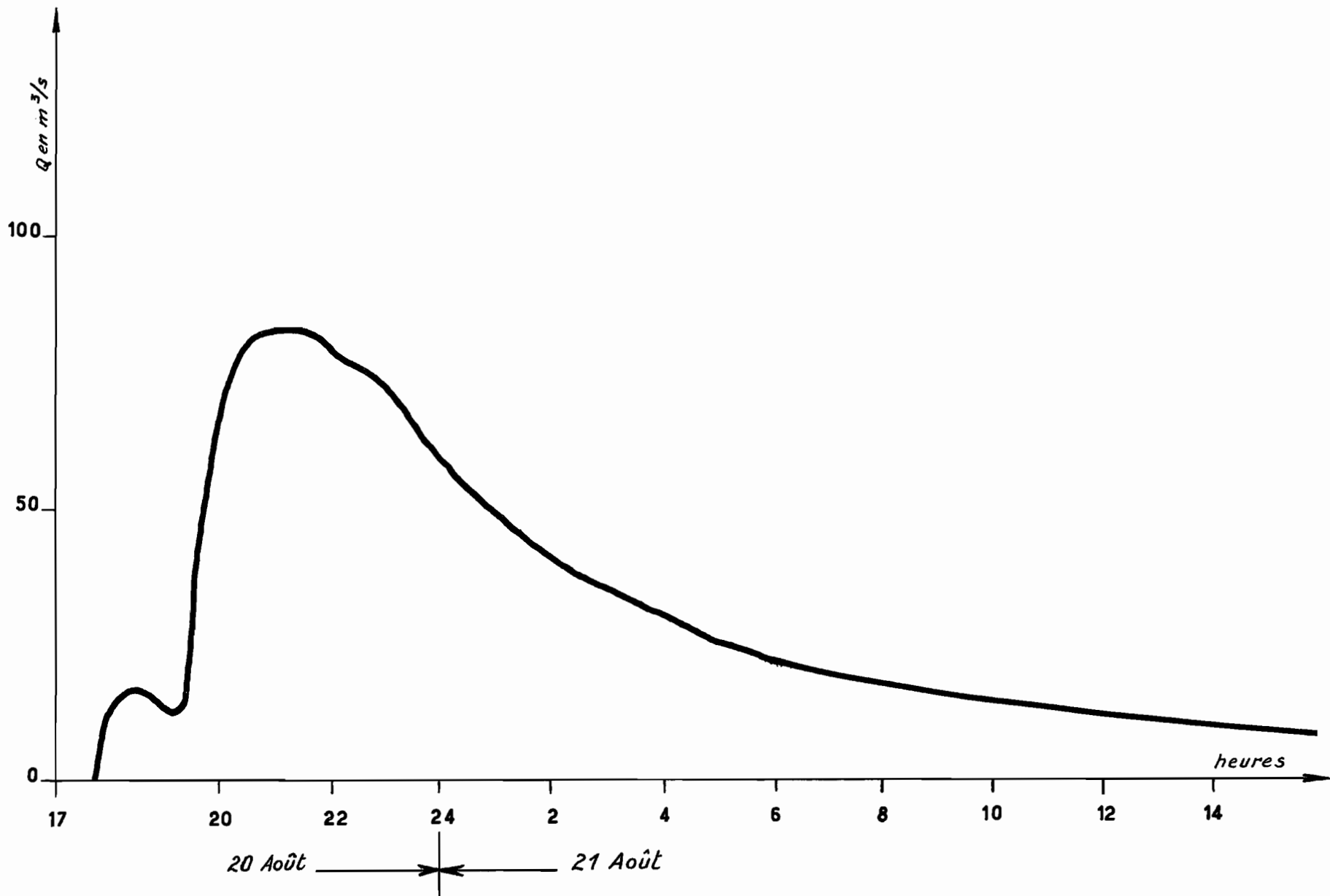
TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# KORI TÉLOUA A RAZELMAMOULNI

## HYDROGRAMME DE LA CRUE DU 20 AOÛT 1959



NIG 9583

ED:

LE:

DES:

VISA:

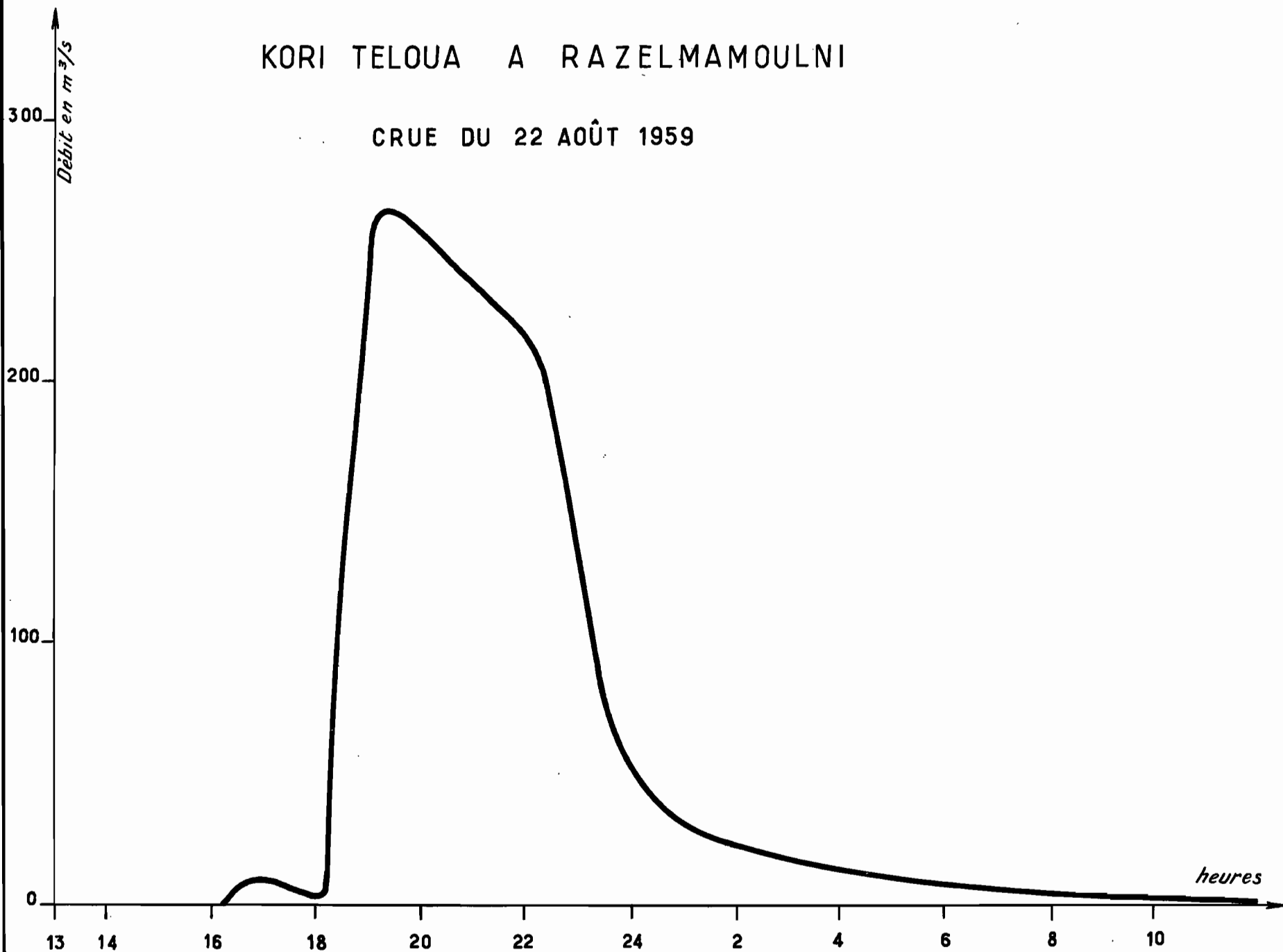
TUBE N°:

AO

ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

KORI TELOUA A RAZELMAMOULNI

CRUE DU 22 AOÛT 1959



En 1958, année à hydrologie excédentaire, la plus forte crue du TELOUA aurait, selon les renseignements glanés chez les indigènes, atteint le sommet des berges, soit une hauteur de deux mètres à l'échelle. L'extrapolation de la courbe de tarage donne pour cette cote un débit de  $510 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit un débit spécifique de  $437 \text{ l/s.km}^2$ .

- Amortissement des crues -

Les matériaux constituant le lit du Kori, contiennent principalement des éléments grossiers et sont, par suite, très perméables.

Les expériences que nous avons faites avec des échantillons du sable du TELOUA (fût de 200 litres) nous ont permis d'évaluer la porosité à 33 % en moyenne. La largeur du lit étant de 100 mètres, nous estimons la capacité à saturation des matériaux du Kori et pour une épaisseur de 1 mètre à  $33 \text{ m}^3$  au mètre linéaire de lit.

Suivant l'épaisseur de sable sec, on conçoit qu'une partie plus ou moins importante du volume écoulé soit absorbée.

Fin Juillet, avant la première crue, la nappe du Kori était à 1,50 m de profondeur à RAZELMAMOULMI et à SELOUM-SELOUM, laissant disponible une capacité de saturation d'environ  $50 \text{ m}^3$  au mètre linéaire. La première crue du TELOUA à RAZELMAMOULMI (1er Août) doit alors être créditée du volume d'eau absorbé par le lit, depuis son origine jusqu'à la station. On peut estimer ce volume à environ 1 000 000 de  $\text{m}^3$ , d'après les éléments donnés ci-dessus et la largeur moyenne du lit.

Le calcul du coefficient de ruissellement pour l'averse du 1er Août devrait donc être effectué en prenant la somme du volume écoulé à la station de RAZELMAMOULMI et du volume absorbé par le lit.

Jusqu'au 6 Août, les crues ont été journalières (sauf le 4) et la nappe d'eau du Kori entre deux crues affleurerait la surface du lit. Il en résulte que pour ces crues, le sable du lit étant saturé, le volume absorbé par le lit a été pratiquement nul.

La crue suivante (n° 7) a eu lieu le 12 Août et l'épaisseur de sable sec était, au début de l'écoulement, de 0,20 m.

Pour les crues du 20 Août et des 2, 8 et 11 Septembre, la nappe était aux profondeurs respectives de 0,10, 0,30, 0,20 et 0,20 m.

On peut déduire de ce qui précède que le volume d'eau absorbé par les matériaux du lit du Kori pendant la saison des pluies peut être sommairement évalué à 1 700 000 m<sup>3</sup>.

Il est évident que le volume absorbé est fonction de la profondeur de la nappe du Kori, elle-même fonction de l'intervalle de temps séparant deux crues.

L'importance de la capacité à saturation du lit du Kori explique également le fait que de petites crues dans le bassin amont du TEBOUA soient entièrement absorbées avant d'arriver à ALARCES.

Toutefois, ce volume absorbé peut contribuer indirectement à l'alimentation des nappes aquifères de la zone des grès d'AGIDES et nous devons en tenir compte dans l'estimation du bilan annuel.

#### IV - BILAN de la SAISON des PLUIES 1959 -

Le volume écoulé pour l'année 1959 est estimé, pour la station de RAZELMAMOULMI, à 46 000 000 de m<sup>3</sup> soit une lame d'eau équivalente à 39,3 mm.

La hauteur moyenne des précipitations, calculée à partir des isohyètes annuelles, est de 170 mm. Le coefficient d'écoulement est par suite de 23 %. Si l'on ajoute au volume total écoulé le volume absorbé dans le lit, nous obtenons un coefficient de ruissellement de 24 %.

Des valeurs aussi élevées en zone subdésertique sont tout à fait remarquables, elles sont à rapprocher des résultats obtenus sur les bassins expérimentaux de RAZELMAMOULMI.

Sur d'autres terrains on trouve généralement des valeurs ne dépassant guère 10 %. Il semble que ces caractéristiques correspondent à la morphologie particulière des cours d'eau qui présentent une forte pente continue jusqu'à la sortie du massif, alors que, dans d'autres régions montagneuses au Sud du SAHARA, les lits principaux des cours d'eau sont constitués par des biefs très plats espacés parfois par des chutes avec pertes très importantes dans les zones à faible pente.

#### V - PROPAGATION de la CRUE du TELOUA -

L'averse du 22 Août sur le bassin versant du TELOUA et la crue consécutive ont fait l'objet d'observations pluviométriques et limnimétriques en plusieurs points du bassin, ce qui a permis d'en suivre la propagation.

La crue du 22 Août est d'ailleurs la plus forte crue que l'on ait enregistrée à NAZELMAMOULMI lors de la campagne 1959.

#### - Pluviométrie -

L'équipe volante campait près du confluent du BEDEI et de l'OUADJOU, sur une petite colline d'où l'on pouvait voir les monts EL MEKI, AMATASSA, TODRA, BAGUEZANS, ainsi que l'ensemble du bassin supérieur du TELOUA.

Le 22 Août, vers 11 heures, des nuages blancs commençaient à se former au-dessus des massifs de TODRA et BAGUEZANS.

Ceux-ci devenaient de plus en plus sombres et formaient à 13 heures une muraille noire de plus de 40 km de largeur. Il semble que la pluie ait débuté sur les monts TODRA peu après 13 heures.

A 30 km au Sud-Ouest de TODRA, nous suivions la progression de cette masse noire avec intérêt et aussi avec une certaine appréhension pour notre tente. Le vent arriva brutalement à notre camp à 13 heures 15 et les premières gouttes tombèrent à 13 heures 30, la direction générale du vent étant Sud-Ouest.

L'intensité de la pluie était forte jusque vers 13 h 50. Le vent diminua alors rapidement de vitesse et la pluie cessa à 14 h 05. Nous n'avons pu enregistrer la hauteur et l'intensité de la pluie, l'entonnoir du pluviographe que nous avions installé la veille ayant été enlevé par les rafales de vent au début de la tornade (nous l'avons retrouvé à plus de 100 m du camp).

Il ne nous a pas été possible d'évaluer la hauteur moyenne de cette averse, les pluviomètres installés dans le bassin du TELOUA étant des totalisateurs que l'on relève à la fin de la saison des pluies.

Signalons qu'à EL MEKI (40 km au Nord de notre camp et en dehors du B.V.) la hauteur de pluie a été de 17,5 mm (de 13 h 45 à 14 h 10) avec une intensité moyenne de 53 mm/h durant 18 minutes.

Les autres postes pluviométriques donnent les résultats suivants :

Au km 42 (Route d'AGADES) près de SELOUM-SELOUM -

Hauteur de pluie : 12 mm

A RAZELMAMOULMI -

Rafales de vent à 13 h 45  
Pluie de 13 h 50 à 14 h 05  
Hauteur de pluie : 4 mm

A AGADES -

Pluie de 15 h 00 à 15 h 10  
Hauteur de pluie : 5 mm

A TAROUADJI -

Pas de pluie.

NIG 9599

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

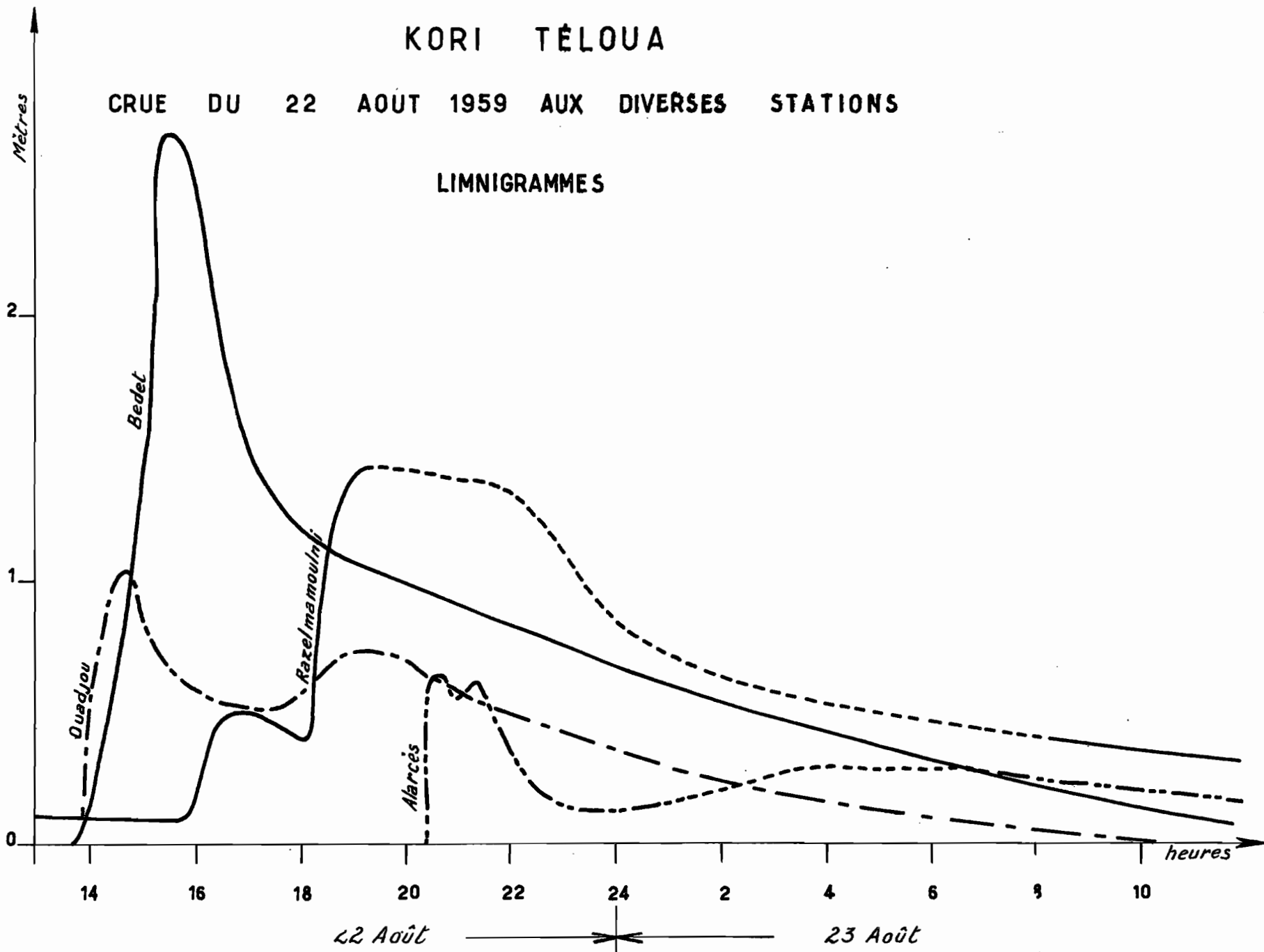
AO

ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# KORI TÉLOUA

## CRUE DU 22 AOÛT 1959 AUX DIVERSES STATIONS

### LIMNIGRAMMES



Des observations visuelles que nous avons effectuées du camp et des résultats des pluviomètres ci-dessus, il ressort que la tornade, partie des Monts TODRA et EL MEKI et suivant une direction Sud-Ouest, a particulièrement arrosé la zone Ouest du bassin supérieur du TELOUA (Kori BEDEI) et le Nord du bassin moyen (Mont AMASKAOUA) ; les précipitations ont été faibles, dans le bassin inférieur.

- Limnimétrie -

Au moyen de repères nivelés et d'échelles de crue provisoires, l'équipe volante a pu suivre correctement les variations de hauteurs d'eau :

- du Kori OUADJOU à 1 km en amont du confluent avec le BEDEI
- du Kori BEDEI à 100 mètres en aval du confluent.

a) Kori OUADJOU en amont du confluent

Début de l'écoulement à 13 h 50  
Hauteur maximale à 14 h 45 ( H = 1,06 m)  
Deuxième pointe à 19 h 20 (H = 0,72 m)  
Fin de l'écoulement le 23 Août à 8 heures.

b) Kori BEDEI en aval du confluent

Début de l'écoulement à 13 h 55  
Hauteur maximale à 15 h 30 (H = 2,70 m)  
Décrue rapide jusqu'à 17 h 30  
Fin de l'écoulement le 23 Août à 14 heures

L'équipe basée à RAZELMAMOULMI a pu suivre les variations des hauteurs d'eau du TELOUA à RAZELMAMOULMI et à ALARCES au moyen de deux limnigraphes.

Toutefois à la première station, le courant très violent (vitesse maximale superficielle supérieure à 4 m/s) a profondément rongé la berge, ce qui a entraîné la chute du limnigraphe dans le Kori, peu après le maximum.

Des repères sur la berge ont néanmoins permis de reconstituer la courbe de décrue.

c) Kori TELOUA à RAZELMAMOULMI

Début de l'écoulement à 16 heures

Première pointe à 16 h 55 (H = 0,85 m)

Décrue jusqu'à 18 h 20 (H = 0,75 m)

Seconde pointe à 19 h 15 (H = 1,77 m)

Faible écoulement le 23 Août à 17 h 00 (H = 0,56)

d) TELOUA à ALARCES

Début de l'écoulement à 20 h 25

Hauteur maximale à 20 h 35 (H = 0,86 m)

Décrue jusqu'à 23 h (H = 0,46 m)

Seconde pointe le 23 à 03 h (H = 0,50 m)

Écoulement très faible le 23 à 17 h (H = 0,32 m)

En résumé, la crue du 22 Août du TELOUA s'est propagée de la façon suivante :

- Pluie entre 13 h 30 et 14 h dans le bassin supérieur
- Maximum de la crue du OUADJOU, près du confluent à 14 h 45
- " " " " du BEDEI, au confluent à 15 h 30 (km 50)
- " " " " du TELOUA à RAZELMAMOULMI, à 19 h 15 (km 86)
- Maximum de la crue du TELOUA à ALARCES à 20 h 30 (km 107)

Ce qui nous donne :

- Débit maximal au km 50 : 2 heures après le début de la pluie
- Débit maximal au km 107 : 7 heures après le début de la pluie

La vitesse de propagation de l'onde de crue est la suivante :

- Cours moyen (km 50 au km 86) 9,6 km/h
- Cours inférieur (km 86 au km 107) 16,8 km/h

Les temps de concentration et de propagation sont très courts, ce qui est en liaison avec les forts coefficients de ruissellement observés, la forte pente du lit principal et l'absence des dégradations hydrographiques.

L'importante différence entre les vitesses de propagation de la crue dans le cours moyen et le cours inférieur du TELOUA appelle la remarque suivante :

- En principe, la vitesse du front de crue décroît avec la distance ; or, nous observons le phénomène inverse. La variation de la pente entre les km 50 et 107 peut expliquer cet accroissement de la vitesse de crue.

Nous ne connaissons le profil en long du TELOUA qu'entre les km 68 et 107.

- du km 68 au km 86 : I = 3,2 m par km
- du km 86 au km 107 : I = 3,1 m par km

Il faut donc supposer qu'entre les km 50 et 68 la pente moyenne est bien inférieure à 3 m/km, ce que pourra confirmer un nivellement.

B - LE KORI D'EL MEKI -

L'équipe volante s'est particulièrement intéressée à l'observation des crues du Kori d'EL MEKI. En effet, près des monts d'EL MEKI se trouvent d'importants gisements de cassitérite, et le traitement de cet oxyde d'étain par voie humide exige d'importantes quantités d'eau. D'où la nécessité de stocker un certain volume. C'est donc dans le but d'évaluer l'importance de l'écoulement du Kori, à proximité de l'emplacement d'un barrage éventuel que nous sommes restés pendant plusieurs jours, en Août, au village d'EL MEKI. Nous avons installé, là, sur le Kori, une station de jaugeage.

Le Kori d'EL MEKI, prend naissance dans les monts TODRA. Outre la partie Nord de ces monts, il draine également la zone montagneuse de TARARIT et le Sud des monts d'EL MEKI.

Au km 26, le Kori traverse les monts d'EL MEKI par une série de rapides. Le lit, déjà resserré entre les massifs de jeune granite, est partiellement obstrué par une coulée de basalte et voit, par endroits, sa largeur réduite à 5 m.

Au km 29, à 100 m en aval de ces rapides, le Kori fait un coude. Les violents tourbillons provoqués par ce brusque changement de direction, ont créé un creux profond de 6 mètres environ et par suite un aguelman, c'est-à-dire un point d'eau permanent.

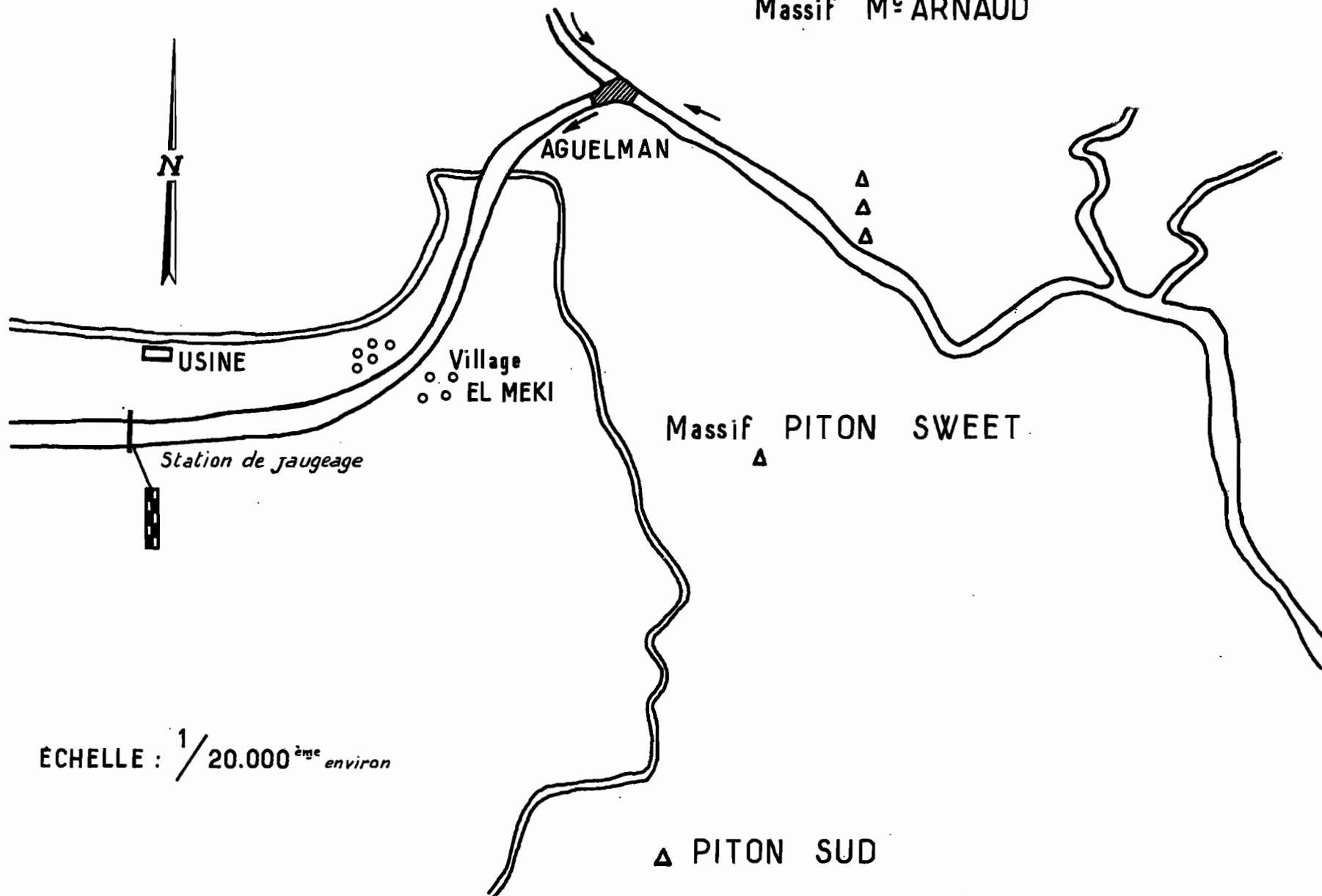
La section de jaugeage a été choisie à près de 2 km en aval de l'Aguelman et à un kilomètre en aval des rapides qui marquent la limite Ouest des monts d'EL MEKI. Elle contrôle un bassin versant de 165 km<sup>2</sup>.

Le Kori coule alors dans une vaste pénéplaine recouverte de laves basaltiques. Le lit est large d'environ 30 m ; il est constitué de sables grossiers et présente une certaine régularité. Les berges, dont la hauteur varie entre 2 et 3m, sont bordées de quelques arbres.

La pente du Kori, mesurée à partir de la ligne des moyennes eaux de la crue du 20 Août, est de 2,5 mètres au kilomètre.

STATION DE JAUGEAGE D'EL MEKI  
IMPLANTATION

Massif M<sup>t</sup> ARNAUD



ECHELLE : 1 / 20.000<sup>ème</sup> environ

NIG 9704

ED:

LE:

DES:

VISA:

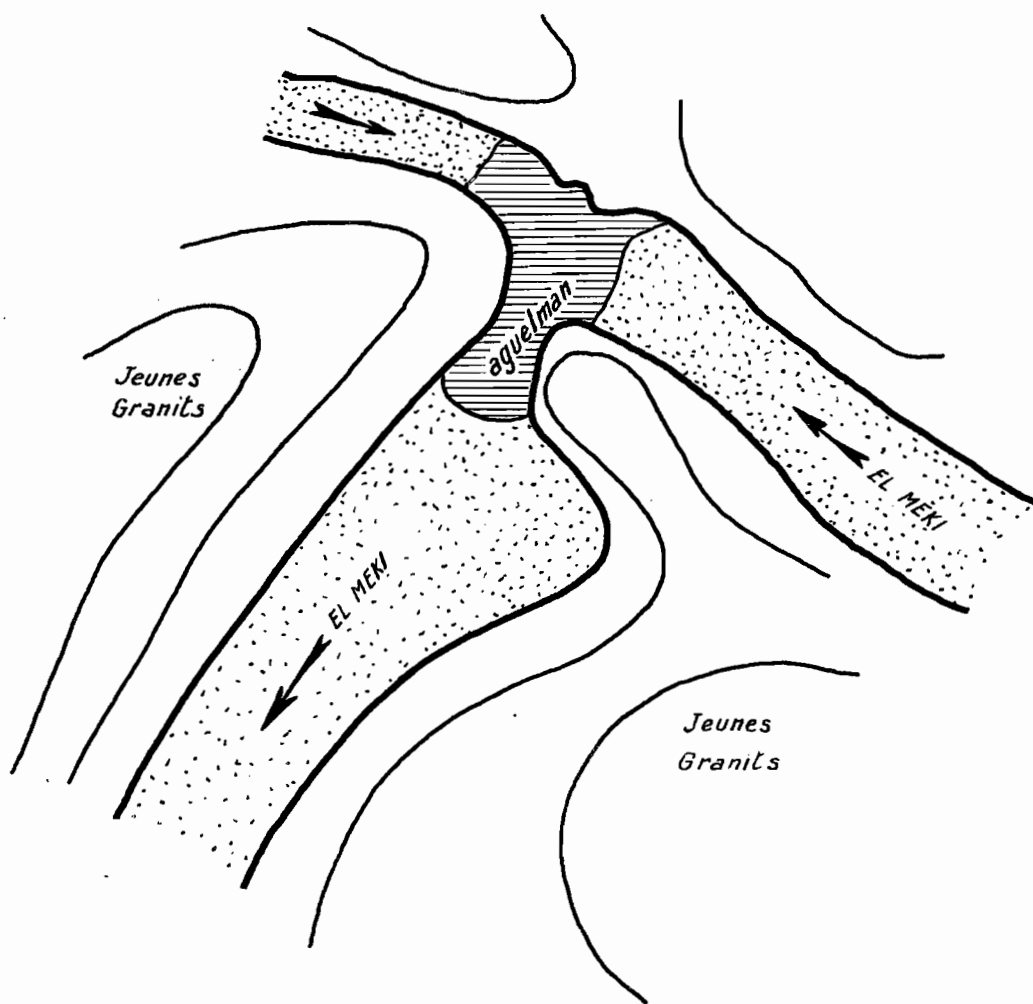
TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# SITE DE L'AGUELMAN D'EL MÊKI

ÉCHELLE :  $\frac{1}{1000}$ <sup>ème</sup>



NIG 9591

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

L'équipement de cette station comprenait :

- une échelle limnimétrique
- un cable à la section de jaugeage
- une base pour les jaugeages au flotteur.
- Etalonnage de la station -

La station d'EL MEKI a été provisoirement étalonnée par 5 jaugeages dont deux au flotteur.

Les caractéristiques sont les suivantes :

H	S	R	Um	Q	K	Observations
en mm	m <sup>2</sup>	m	m/s	m <sup>3</sup> /s		
0,23	9	0,32	0,72	6,5	30,6	moulinet
0,34	12,2	0,42	0,82	10	29,3	-
0,56	18,8	0,61	1,17	22	32,5	-
0,70	23,2	0,74	1,98	46	48,3	flotteur
0,85	28	0,86	2,60	73	57,4	-

Pour l'établissement de la courbe de tarage à des hauteurs supérieures à 0,85, nous avons utilisé la formule générale d'écoulement :

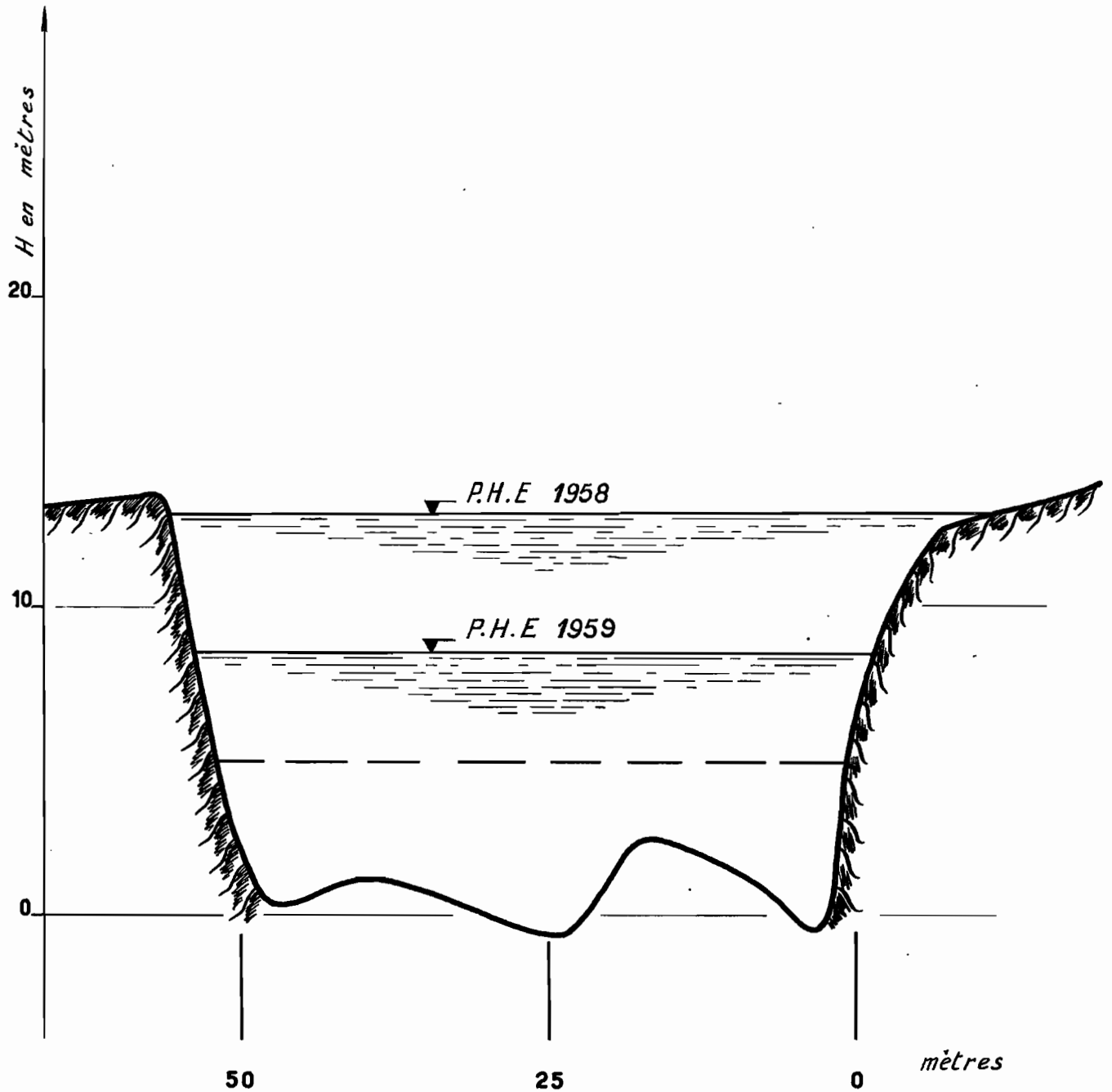
$$U = K_R \frac{2}{3} I^{\frac{2}{3}}$$

La valeur du coefficient K a été obtenue à partir de nos jaugeages. Pour une hauteur de 1 m à l'échelle et en prenant K = 60 on trouve

$$U = 2,94 \text{ m/s et } Q = 98 \text{ m}^3/\text{s}$$

# KORI IFÉROUANE

PROFIL EN TRAVERS A LA SECTION DE JAUGEAGE  
(ÉCHELLE AVAL)



NIG 9590

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

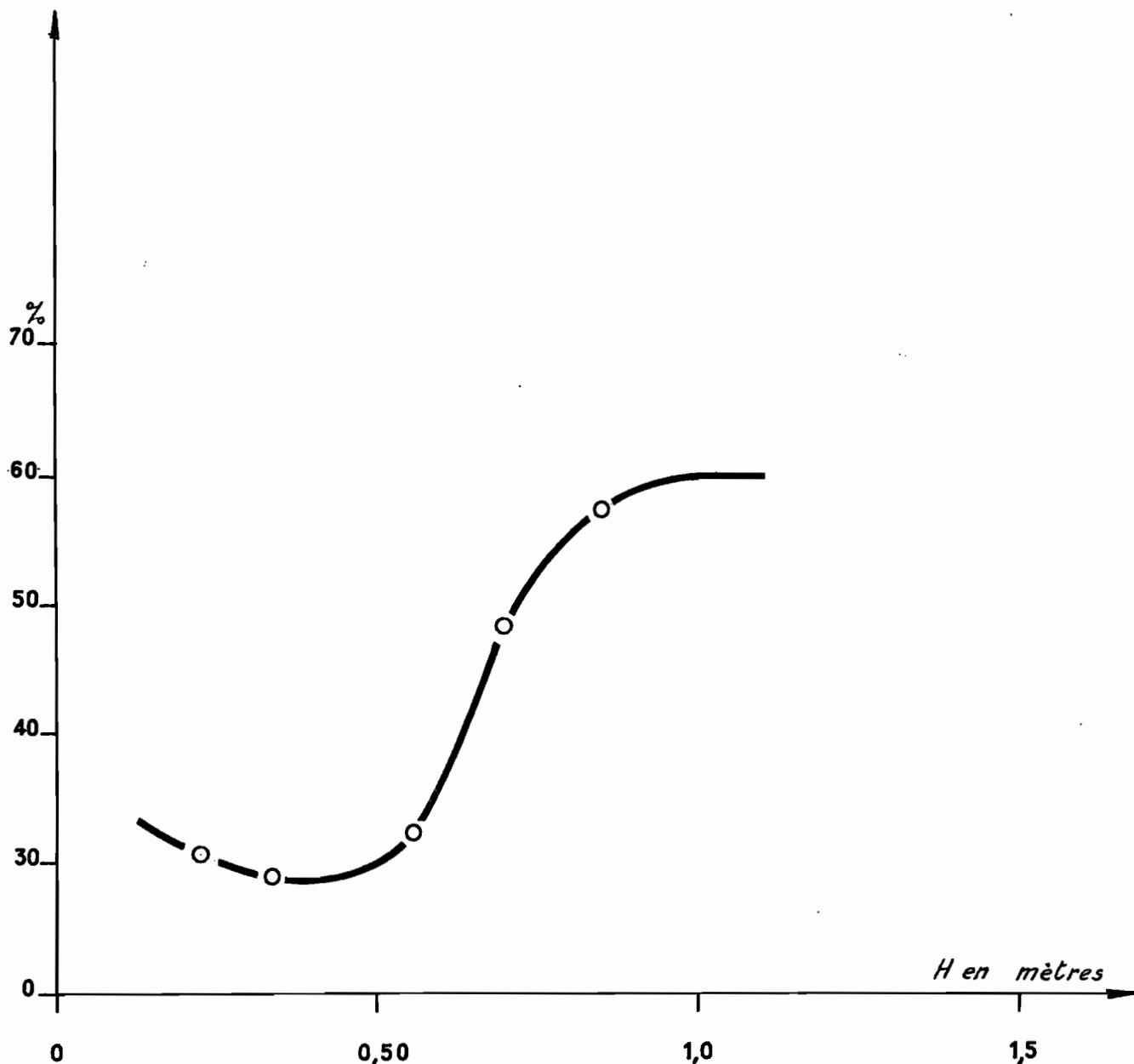
DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

# VARIATIONS DU COEFFICIENT K DE STRICKLER-MANNING A LA STATION D'EL MEKI



NIG 9586

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

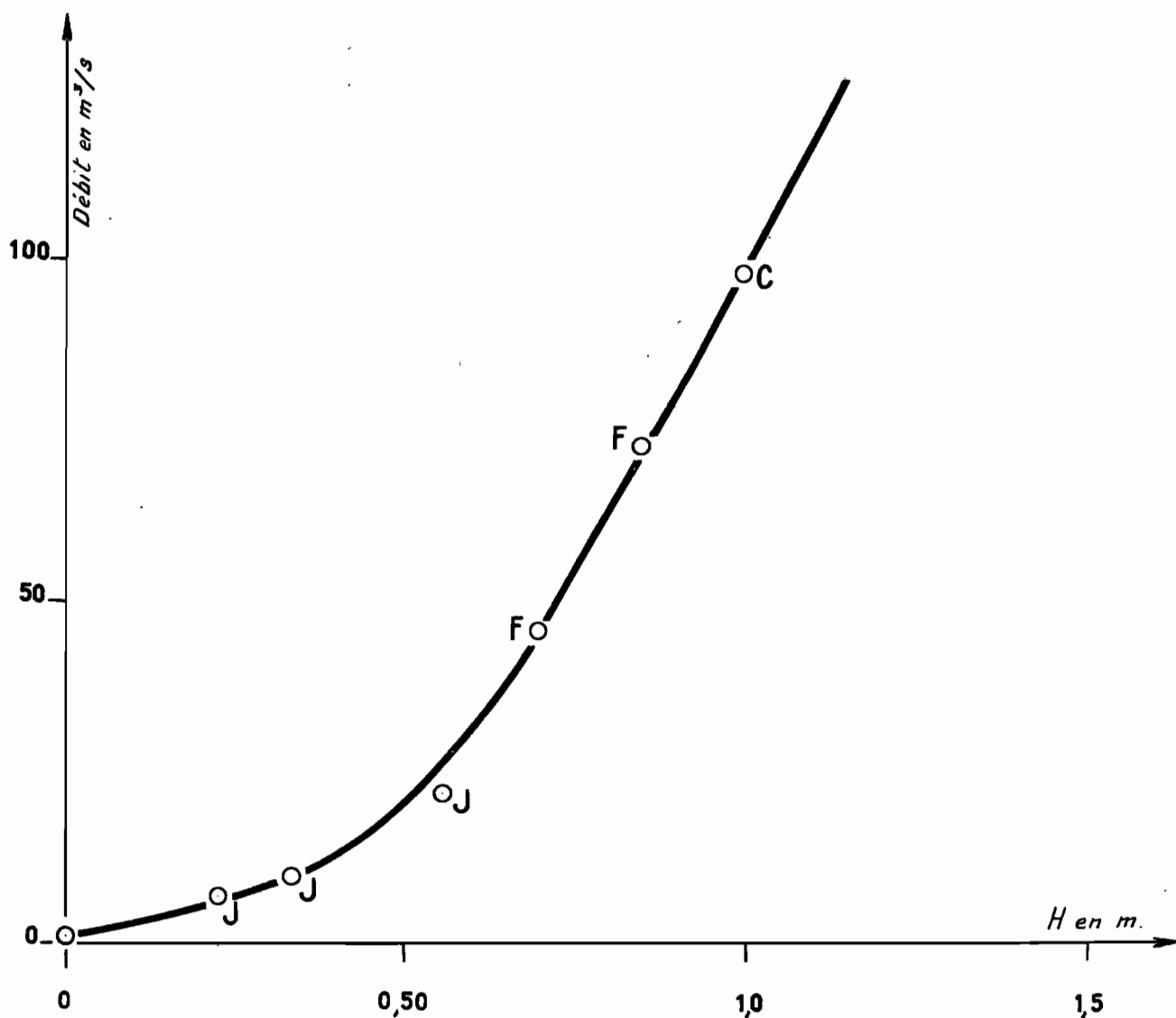
VISA:

TUBE N°:

AO

# STATION D'EL MEKI

## COURBE DE TARAGE



NIG 9587

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

A.O.

Observations -

La première crue a eu lieu le 6 Août et la hauteur maximale était de 0,35 m, la durée totale de l'écoulement d'environ 4 heures.

Dans la nuit du 13 au 14 Août, un léger écoulement s'est produit : cote maximale à l'échelle : 0,09.

L'écoulement du 15 Août, que nous avons suivi, est consécutif à une averse de longue durée qui a eu lieu dans la soirée du 14.

Le pluviographe situé à EL MEKI indique que la hauteur de la pluie a été de 24 mm avec une intensité maximale de 30 mm/h durant 7 minutes et une intensité moyenne de 6 mm/h.

L'écoulement a commencé le 15 Août à 2 heures c'est-à-dire plusieurs heures après le début de la pluie, ce qui est normal, étant donné les faibles intensités de l'averse.

La cote maximale de 0,70 a été atteinte à 3 heures du matin. A 6 heures, la cote était de 0,38. L'écoulement a cessé à 13 heures.

La crue du 20 Août que nous avons entièrement observée est consécutive à l'averse de 36,5 mm qui a eu lieu de 13 h 58 à 14 h 37 à EL MEKI. Averse très violente puisque nous avons enregistré des intensités supérieures à 82 mm/h durant 16 minutes. L'intensité moyenne étant de 56 mm/h.

Le début de l'écoulement se situe à 14 h 40 soit 42 minutes après le début de la pluie.

Une première pointe vers 14 h 50 (H = 0,45) due aux ruissellements sur la partie aval du B.V., c'est-à-dire sur les monts d'EL MEKI ; ensuite une légère décrue et à partir de 15 h 10 une seconde crue arrive brutalement. La cote maximale de 0,90 m est atteinte à 15 h 30.

La hauteur d'eau décroît rapidement jusqu'à 16 h 40, se stabilise à la cote de 0,60 m pendant une heure et diminue régulièrement pour devenir nulle le 21 vers 6 h du matin.

NIG 9588

ED:

LE:

DES:

VISA:

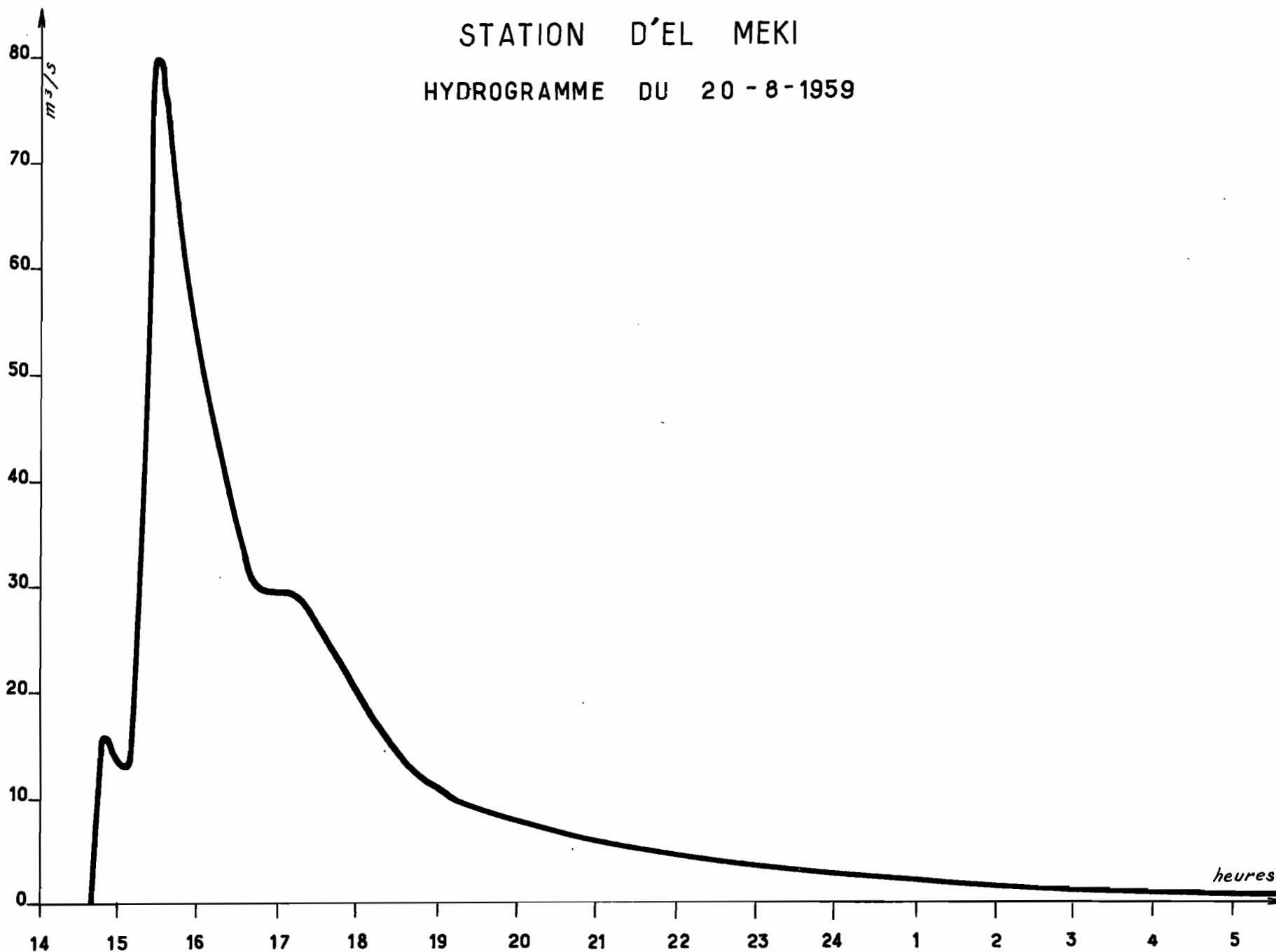
TUBE N°:

AO

ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# STATION D'EL MEKI

HYDROGRAMME DU 20 - 8 - 1959



Deux écoulements ont eu lieu le 21 et le 22 Août. Malheureusement il n'y avait personne pour en suivre les variations.

Toutefois, l'examen des délaissés de crues et les renseignements glanés auprès des villageois nous ont permis de déduire les cotés maximales atteintes qui furent de 0,65 le 21 et de 0,85 le 22 Août. Les débits maximaux ont donc été inférieurs à celui de la crue du 20 Août.

- Hydrogramme - Volume ruisselé-

Nous donnons ci-après les caractéristiques des hydrogrammes des crues que nous avons observées, celles du 15 et 20 Août.

Pour les autres crues, nous ne possédons que la hauteur maximale. A partir de cette valeur et en admettant que la forme des hydrogrammes soit sensiblement la même que celle de la crue du 20 Août, nous en avons déduit les volumes écoulés.

- Crue du 6 Août : PHE 0,35 débit maximal =  $10 \text{ m}^3/\text{s}$   
Volume ruisselé estimé à  $40\ 000 \text{ m}^3$
- Crue du 13 - 14 Août : PHE 0,09 débit maximal =  $2 \text{ m}^3/\text{s}$   
Volume ruisselé négligeable
- Crue du 15 Août : PHE 0,70 débit maximal =  $46 \text{ m}^3/\text{s}$   
Débit maximal spécifique  $280 \text{ l/s.km}^2$   
Durée de l'écoulement : 11 heures  
Volume ruisselé :  $450\ 000 \text{ m}^3$
- Crue du 20 Août : PHE 0,90 débit maximal  $80 \text{ m}^3/\text{s}$   
Débit maximal spécifique :  $485 \text{ l/s.km}^2$   
Volume ruisselé :  $620\ 000 \text{ m}^3$   
Lame d'eau équivalente : 3,8 mm  
Hauteur de la pluie à EL MEKI : 36,5 mm  
Centre de gravité de la pluie à  
EL MEKI 14 h 14

Début de la montée de la crue	14 h 40
Lag	2 h 30
Rise	50 minutes
Durée de l'écoulement	16 heures
Pourcentage de pointe	
Temps de base 30 minutes	20,3 %

=====

DIAGRAMME de DISTRIBUTION  
temps de base : 30 minutes

N° de l'inter- valle	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pourcentage	1	6,2	20,3	15,1	10,8	8,7	7,6	5,5	3,8	3,1	2,6	2,3

=====

- Crue du 21 Août. PHE 0,65 m Débit maximal 38 m<sup>3</sup>/s  
Volume ruisselé estimé à 400 000 m<sup>3</sup>

- Crue du 22 Août PHE 0,85 m. Débit maximal 71 m<sup>3</sup>/s  
Volume ruisselé estimé à 580 000 m<sup>3</sup>

La pluviométrie journalière du B.V. d'EL MEKI est très mal connue puisque nous ne disposons que d'un pluviographe à l'extrémité aval du bassin et il serait tout à fait illusoire d'en déduire pour chaque écoulement le coefficient de ruissellement.

- Bilan sommaire de la campagne 1959 -

Le volume total écoulé durant la saison des pluies est estimé à 2 100 000 m<sup>3</sup> soit une lame d'eau équivalente de 12,7 mm.

La pluviométrie à EL MEKI a été de 179 mm.

La pluviométrie d'AOUDERAS, situé à 7 km au Sud du bassin, a enregistré une hauteur de 186 mm. Compte tenu de l'allure générale des isohyètes dans le massif de l'AIR, on peut estimer la pluviométrie moyenne sur le B.V. d'EL MEKI à 170 mm.

Le coefficient global de ruissellement est, par suite, de 7,5 %.

- Crues antérieures à 1959 -

Nous avons trouvé sur les fiches pluviométriques établies par un employé de la Société Minière DAHOMEY-NIGER, installé à EL MEKI, certains renseignements concernant les crues du Kori en 1956 et 1957.

- En 1956 : le Kori a coulé une fois fin Juillet  
6 fois en Août (les 8, 19 et 25, "à plein régime").  
(les 20, 21 et 26 à "demi-régime").  
une fois en Septembre (le 6)
- En 1957 : le Kori a coulé les 12 et 17 Juin, les 4 et 28 Juillet, les 1, 5 et 11 Août.

La pluviométrie à EL MEKI a été de 182 mm en 1956 et de 188 mm en 1957, donc sensiblement la même qu'en 1959.

Nous avons essayé de retrouver les plus hautes eaux pour 1958 qui, de l'avis général, a été une année à forte hydraulité.

La pluviométrie a été à EL MEKI de 234 mm avec une hauteur journalière maximale de 24 mm. Les délaissés de crue, que nous avons essayé de retrouver lors d'une tournée en Avril et ensuite plus longuement en Juin, sont trop peu apparents pour pouvoir être pris en considération.

Seuls les renseignements que nous avons pu obtenir auprès des autochtones nous ont permis de déterminer approximativement les plus hautes eaux en 1958.

Le niveau maximal aurait été à 0,40 m au-dessus des PHE 1959, ce qui correspondrait à une hauteur à l'échelle de 1,30 m.

En extrapolant la courbe de tarage, nous pouvons estimer le débit pour cette cote à 155 m<sup>3</sup>/s. Ce qui correspond à une valeur spécifique

$$Q = 940 \text{ l/s.km}^2$$

Comparé aux débits spécifiques du Kori TELOUA, ce chiffre ne paraît pas invraisemblable.

## C H A P I T R E    V

### ETUDE EXTENSIVE des KORIS de l'AIR

#### Estimation des écoulements en 1959 -

Nous grouperons dans ce chapitre les renseignements que nous avons obtenus auprès des autochtones de l'AIR et les observations effectuées au cours de nos tournées.

Hormis le Kori d'IFEROUANE, pour lequel nous avons reconstitué les débits et les volumes écoulés et les Koris OUADJOU et GUERMAT, où nous avons observé et mesuré un écoulement, nous ne pouvons fournir pour les autres Koris de l'AIR que des renseignements d'ordre souvent qualitatifs concernant le nombre et l'importance des crues. Nous les comparerons, dans la mesure du possible, avec les écoulements qui ont eu lieu en 1958. Mais en général ces renseignements indiquent de façon concordante que les débits spécifiques de crue sont élevés dans le massif et que la dégradation hydrographique n'intervient qu'assez tardivement pour réduire ces débits.

Il est difficile, au cours d'une étude extensive, de préciser la fréquence des crues repérées, mais il semble que les crues de périodes de retour comprises entre 5 et 20 ans peuvent atteindre entre 500 et 3 000 l/s.km<sup>2</sup> pour des bassins de superficie comprise entre 120 et 200 km<sup>2</sup> et entre 200 et 1 000 l/s.km<sup>2</sup> pour des bassins de superficie comprise entre 200 et 600 km<sup>2</sup>. Bien entendu les cours d'eau manifestement dégradés doivent présenter des débits de crues très inférieurs.

A - KORI d'IFEROUANE -

Caractéristiques du bassin -

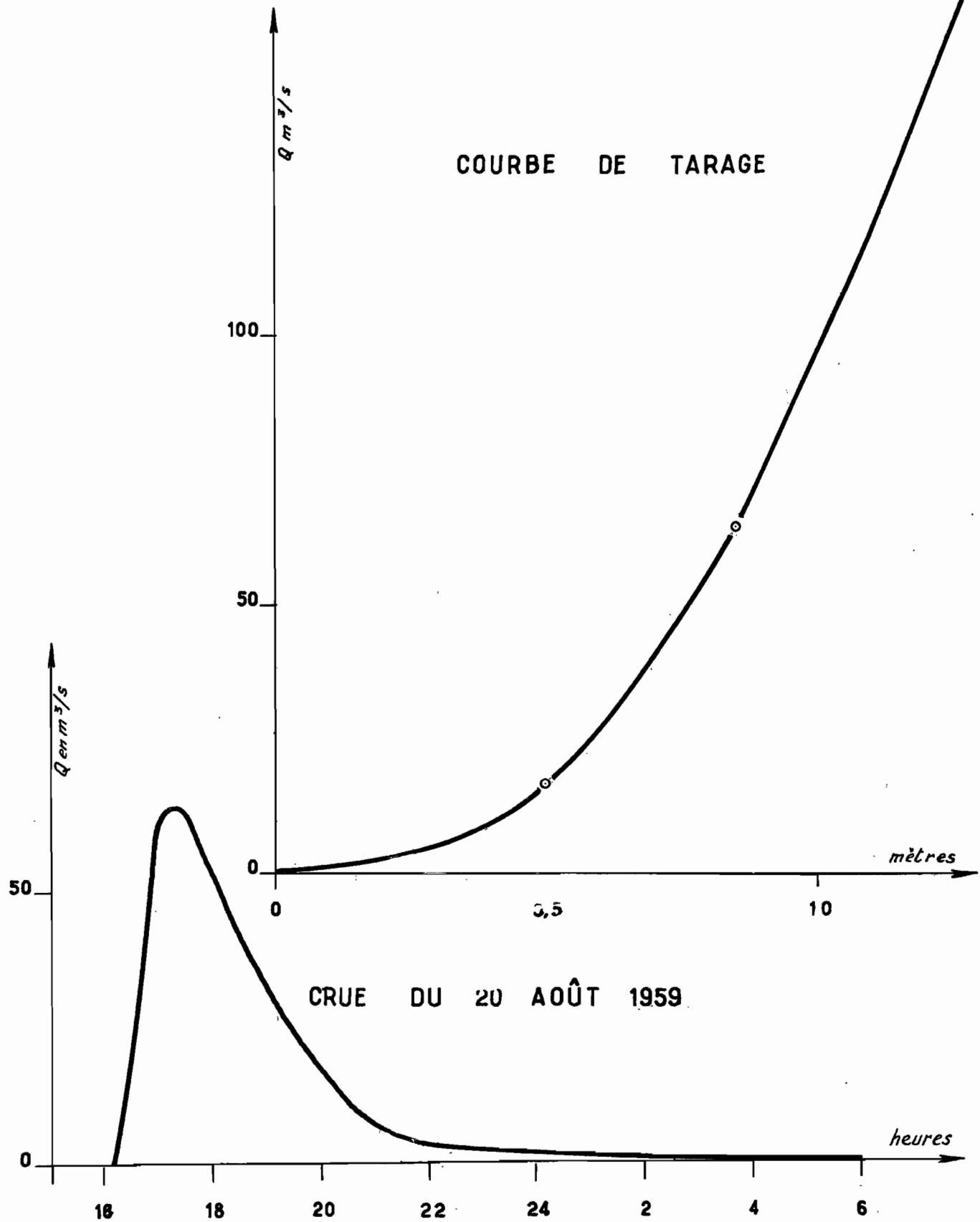
Le Kori d'IFEROUANE, dont le bassin versant à la station de jaugeages d'IFEROUANE a une superficie de 1 500 km<sup>2</sup>, est constitué par la réunion de deux koris aux bassins différents.

- Le Kori TAMGAK prend naissance dans les monts TAMGAK (point culminant 1 800 mètres) et draine la majeure partie de ce massif de jeune granite. Son bassin, mesuré au confluent, est d'environ 560 km<sup>2</sup>. De par la nature de son bassin, la pente du Kori dans la partie montagneuse est forte et le ruissellement important.
- Le Kori TINTARODA est formé d'une part du Kori IBERKOUM qui draine la bordure Sud et Sud-Est du massif de TAMGAK, d'autre part du Kori FAODET qui prend naissance dans les monts FAODET à 30 kilomètres au Sud des TAMGAK.

Le relief de ce bassin, composé principalement de vieux granites, est peu marqué et le réseau hydrographique se dégrade rapidement à la sortie du massif des TAMGAK.

A TINTARODA, village de pierres sèches en ruines, au confluent des Koris IBERKOUM et FAODET, le lit, à peine marqué encombré d'arbres, ne se distingue que par un fossé de moins de 2 mètres de largeur.

# KORI d'IFÉROUANE à IFÉROUANE



NIG 9604

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

Son bassin a une superficie d'environ 900 km<sup>2</sup>. Près de ZILOUFLET, à 5 km en amont d'IFEROUANE, les Koris TAMGAK et TINTARODA se réunissent pour former le Kori d'IFEROUANE.

L'écoulement du Kori TINTARODA étant très faible, les crues du Kori d'IFEROUANE proviennent uniquement de son affluent montagneux, le Kori TAMGAK.

Pour la station d'IFEROUANE, nous donnerons les débits spécifiques et les coefficients d'écoulement d'une part pour le bassin complet, d'autre part pour un bassin réduit, limité au bassin du Kori TAMGAK.

- Écoulement du Kori d'IFEROUANE en 1959 -

A la traversée de la palmeraie, le Kori présente un lit bien marqué, large de 80 mètres environ avec des berges hautes de 1,50 mètre .

La pente superficielle du cours d'eau est à la station de 2,6 m par kilomètre.

Nous n'avons pu observer aucun écoulement en 1959 ; mais le sergent-radio du poste, qui fait également les relevés de la station météo, a noté les heures et les hauteurs (par rapport à 2 échelles) des principales crues.

La vitesse n'a pu être évaluée, mais lors de la crue du 20 Août le Kori coulait suffisamment vite pour qu'il ne soit pas possible de le traverser.

Partant de l'hypothèse que les conditions d'écoulement sont identiques à celles observées sur le TELOUA et l'EL MEKI, il nous a paru intéressant de reconstituer les débits et les hydrogrammes des crues. Ces résultats, très approximatifs, permettent de donner un ordre de grandeur du coefficient d'écoulement.

Pour l'estimation des débits, nous avons utilisé la formule de MANNING :

$$U = K_R \frac{2}{3} I^{\frac{1}{3}}$$

en prenant comme valeur du coefficient K :

- 30 pour les basses eaux
- 40 pour les moyennes eaux
- 50 pour les hautes eaux.

H	L	S	R	U	K	I	Q
0,50	51	20,5	0,40	0,83	30	0,0026	<u>17</u>
0,85	55	39,5	0,72	1,64	40	-	<u>65</u>
1,30	66	66	1,0	2,55	50	-	<u>170</u>

On en déduit la courbe de tarage hypothétique suivante ; il y a eu quatre crues en 1959 à IFEROUANE.

- Crue du 7 Août 1959

Début de l'écoulement	vers 19 heures
Maximum	H = 0,30 à 20 heures
Débit maximal	6 m <sup>3</sup> /s
VOLUME écoulé	20 000 m <sup>3</sup>

- Crue du 20 Août

Début de la pluie à IFEROUANE	14 heures H = 22,3 mm
Début de l'écoulement	16 heures
Maximum	H = 0,85 à 17 h 15
Débit maximal	65 m <sup>3</sup> /s

Maximum spécifique	43 l/s.km <sup>2</sup>
Débit spécifique maximal (rapporté au bassin des TAMGAK)	116 l/s.km <sup>2</sup>
Fin de l'écoulement le 21 à 7 heures	
Volume écoulé évalué à	620 000 m <sup>3</sup>

- Crue du 21 Août

Hauteur maximale	0,15 m
Volume écoulé	5 000 m <sup>3</sup>

- Crue du 25 Août

Hauteur maximale	0,15 m
Volume écoulé	5 000 m <sup>3</sup>

Le volume total écoulé pour l'année 1959 serait égal à 650 000 m<sup>3</sup>.

- Pluviométrie moyenne -

Nous disposons de trois pluviomètres :

- un journalier à IFFROULNE
- deux totalisateurs à TINTARODA et FAODET.

La pluie pour 1959 est de

78 mm à IFFROULNE  
44 mm à TINTARODA  
23 mm à FAODET

Les hauteurs moyennes, calculées d'après les isohyètes annuelles, sont les suivantes :

25 mm	B.V. de TINTARODA
35 mm	B.V. de TANGAK
28 mm	B.V. d'IFEROUANE

L'absence de pluviomètres à l'intérieur du bassin et particulièrement dans les monts TANGAK, apporte une grande imprécision dans l'estimation des hauteurs moyennes et par suite dans le calcul des coefficients d'écoulement.

Le coefficient d'écoulement est pour 1959 :

B.V. d'IFEROUANE	1,5 %
B.V. des TANGAK	3,3 %

Ces coefficients d'écoulement, et particulièrement celui du B.V. des TANGAK où le ruissellement dans les montagnes doit être important, sont très faibles.

Cependant, comme nous l'avons vu pour le TELOUA, il ne faut pas sous-estimer l'importance du volume absorbé dans le lit des Kori en amont d'IFEROUANE qui, loin d'être perdu, sert à alimenter les nappes souterraines.

Nous ne pouvons chiffrer ces apports indirects qui peuvent dépasser de beaucoup le volume écoulé à IFEROUANE.

#### - Crues antérieures -

Nous avons obtenu les renseignements suivants sur l'écoulement en 1958. Il y aurait eu :

- 4 grosses crues où le Kori aurait coulé à ras-bord avec de très fortes vitesses.
- 5 petites crues.

L'écoulement des deux plus importantes crues aurait duré deux jours.

Le débit maximal en 1958 peut être estimé à 170 m<sup>3</sup>/s, ce qui donnerait un débit maximal spécifique de 113 l/s.km<sup>2</sup> pour l'ensemble du bassin 304 l/s.km<sup>2</sup> pour le B.V. de TAMGAK.

La hauteur des précipitations était en 1958 de 32 mm à IFEROUANE, soit deux fois moins qu'en 1959 ; or, le volume écoulé, que l'on ne peut chiffrer, a été plusieurs fois supérieur à celui de 1959.

Ceci vient uniquement du fait que les pluies étaient en 1958 centrées sur le massif des TAMGAK, alors qu'en 1959 seule la bordure Ouest était arrosée.

B - KORI OUADJOU -

Le Kori OUADJOU, au confluent avec le BEDEI-TELOUA (km 50) a un bassin d'une superficie de 237 km<sup>2</sup>.

La section de jaugeage était à un kilomètre en amont du confluent et à 500 mètres environ en amont des rapides. Les variations du plan d'eau aval, c'est-à-dire du BEDEI, n'ont aucunement influencé l'écoulement de l'OUADJOU en amont des rapides.

A la section de jaugeage le lit du Kori est large de 50 mètres et ses berges ont un mètre de hauteur. La pente superficielle mesurée aux moyennes eaux est de 2,5 mètres par kilomètre. Quatre jaugeages ont été effectués lors de la crue du 22 Août et permettent de tracer une courbe de tarage provisoire.

H en mètres	U en m/s	Q en m <sup>3</sup> /s	Observations
0,00	-	0,5	Moulinet
0,60	0,98	24	Moulinet
0,69	1,26	35	Flotteur
1,00	2,50	110	Flotteur

# KORI OÜADJOU (AMONT CONFLUENT BÈDEÏ)

NIG 9603

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

$Q$  en  $m^3/s$

100

50

0

14

18

22

2

6

10

CRUE DU 22 AOÛT 1959

$Q$  en  $m^3/s$

100

50

0

0

0,50

mètres

1,00

COURBE DE TARAGE

heures

- Observations des crues -

La crue du 22 Août a été observée entièrement. Les caractéristiques en sont les suivantes :

Volume écoulé	1.100 000 m <sup>3</sup>
Lame d'eau équivalente	4,6 mm
Débit maximal	135 m <sup>3</sup> /s
Maximum spécifique	570 l/s.km <sup>2</sup>
Rise	55 minutes
Durée de l'écoulement	16 heures
Pourcentage de pointe (temps de base 30 minutes)	19,6 %

- Débit maximal probable -

Les délaissés de crues de 1958, indiquent que les plus hautes eaux auraient atteint la cote de 1,30 m à l'échelle. Le débit maximal serait alors d'environ 200 m<sup>3</sup>/s et le débit maximal spécifique de 845 l/s.km<sup>2</sup>.

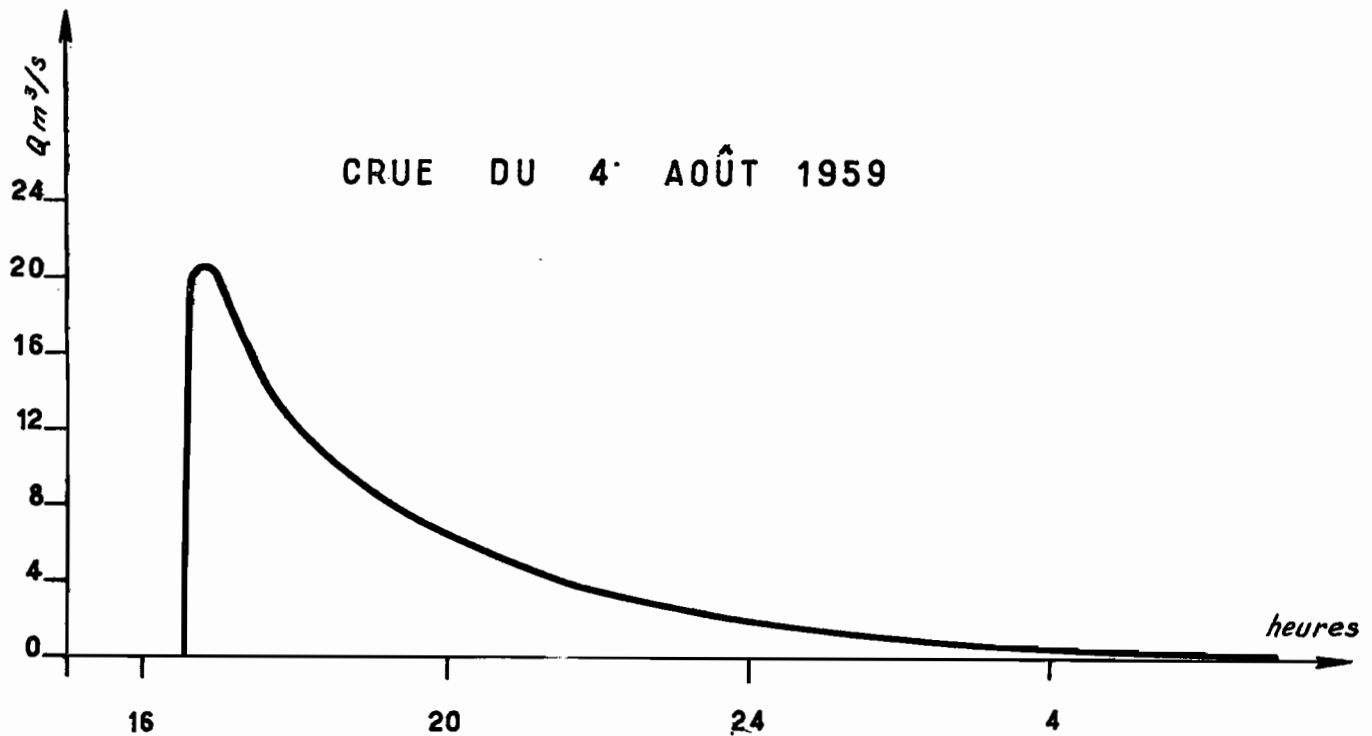
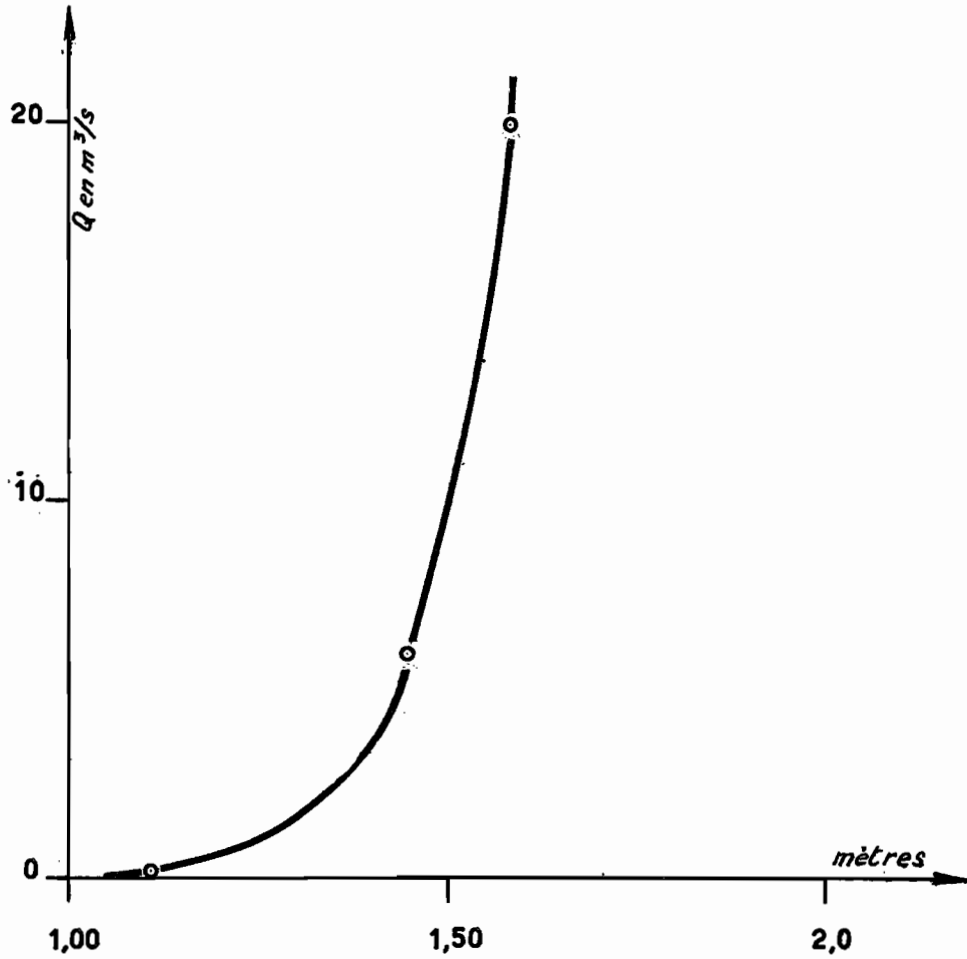
L'année 1958 ayant été une année à hydrologie excédentaire, il n'est pas impossible que le débit spécifique de 845 l/s.km<sup>2</sup> corresponde à une crue de fréquence rare.

0 - KORI GUERMATT -

Nous avons entièrement observé la crue du Kori GUERMATT le 4 Août 1959. La station choisie se trouve à un kilomètre en aval des rapides qui servent de radier à la route AGADES-EL MEKI.

La superficie du bassin versant est de 165 km<sup>2</sup>. La pente mesurée à partir de la ligne des plus hautes eaux de la crue du 4 Août est de 0,0036.

KORI GUERMAT  
 COURBE DE TARAGE



NIG 9602

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:	LE:	DES:	VISA:	TUBE N°:	AO
-----	-----	------	-------	----------	----

La courbe de tarage pour les basses eaux a été établie par trois jaugeages :

H = 0,11 m	Q = 0,2 m <sup>3</sup> /s
H = 0,45 m	Q = 6 m <sup>3</sup> /s
H = 0,58 m	Q = 20 m <sup>3</sup> /s

ce qui donne , pour la crue du 4 Août :

Débit maximal	20 m <sup>3</sup> /s
Maximum spécifique	121 l/s.km <sup>2</sup>
Volume écoulé	230 000 m <sup>3</sup>
Lame d'eau équivalente	1,4 mm

La hauteur des PHE a été de 1,20 à l'échelle pour 1959 et de 1,65 pour 1958.

Le profil de la section de jaugeage se prête mal à une extrapolation de la courbe de tarage et à la reconstitution des débits maximaux.

#### D - KORI AOUDERER -

La section choisie est à 500 mètres en amont de la traversée de la route AGADES-IN KAKANE-IFEROUANE. Le lit, large de 20 mètres, a des berges de 2 mètres de hauteur.

Il y a eu 4 crues en 1959 et la hauteur maximale a été de 0,60 mètre .

Nous ne possédons aucun renseignement sur le nombre des crues en 1958. Toutefois, il est absolument certain que la hauteur maximale d'une des crues a été de 2,50 m au-dessus du fond du lit.

La route d'IFEROUANE, qui longe la rive droite de l'AOUDERER, a été recouverte d'eau et détériorée.

E - KORI ZILALET -

1°) Au confluent des Koris ZILALET et ASSELAL, à quelques kilomètres du village en ruines d'ASSODE, le ZILALET est large d'environ 15 mètres. Sa pente a pu être évaluée à 0,004 à partir d'un profil en long encadrant la section.

Il semble qu'il n'y ait eu que trois crues en 1959 contre une dizaine en 1958. La hauteur maximale aurait été de 0,40 m en 1959 et de 1,30 en 1958.

2°) A 3 kilomètres de la plaine de TALAK, alors qu'il est encore dans le massif de l'ATR, le ZILALET a un lit bien marqué, large de 80 mètres avec des berges de 2 mètres de hauteur. D'après les délaissés de crues, on peut estimer que les plus hautes eaux 1959 sont inférieures de 0,70 m à celles de 1958.

F - KORI ANOU MAKAREN et ses AFFLUENTS -

1°) Kori TIMIA -

- Au village de TIMIA, il y aurait eu en 1959 cinq écoulements, dont un très faible, contre environ une quinzaine l'an dernier. La profondeur moyenne est de 0,50 m et le courant est fort. Comme dans tous les Koris d'ailleurs, la phrase-type que nous avons entendue est la suivante : "Les hommes, les chameaux et les vaches sont emportés".
- Au confluent des Koris TIMIA et TERAZER, soit à 10 kilomètres en aval du village de TIMIA, l'eau serait venue une fois du Kori TIMIA (Mont AGALAK) et trois fois du Kori TERAZER (Nord des BAGUEZANS).

Ceci nous est confirmé par les habitants du village de GERIP-GERIP, situé à 5 kilomètres en aval du confluent, qui nous ont dit qu'il y avait eu trois crues dont une avec deux pointes dans la nuit. La crue du TERAZER est en effet plus longue que celle du Kori TIMIA.

La pente superficielle du Kori TIMIA est, au confluent, de 0,006.

2°) ANOU MAKAREN (supérieur) -

La station est située à deux kilomètres en amont de la traversée de la route EL MEKI-TIMIA. A cet endroit, l'ANOU MAKAREN qui coule entre les Monts BILETT et AROUAT, a son lit resserré par une coulée de basalte.

Il n'y a eu que deux crues en 1959, dont une le 13 Août avec une hauteur maximale de 0,20 m, alors que nous avons relevé des délaissés de crues 1958 à 1,20 m.

La pente superficielle est de 5,3 m par km.

3°) Kori MAL TISS -

La station se trouve sur la partie de la piste EL MEKI-TIMIA qui emprunte le lit du Kori pour franchir les Monts KADINGUA.

La pente superficielle est de 0,007.

Deux crues en 1959 (le 8 et le 13 Août) avec une hauteur maximale de 0,25 m. La hauteur maximale était de un mètre en 1958.

Un vieux pasteur nous a affirmé avoir vu, il y a plus de 20 ans, l'eau monter à un mètre au-dessus des PHE 1958.

4°) Kori ANOU MAKAREN (Inférieur) -

Nous n'avons obtenu aucun renseignement sur le nombre des écoulements. Les PHE semblent être à 0,50 m pour 1959 et 1,30 m pour 1958.

G - KORIS SITUES entre ANOU MAKAREN et TELOUA -

1°) Kori ARENAT -

La station se trouve à 300 mètres en amont de la traversée de la route EL MEKI-TIMIA.

Il ya eu trois écoulements en 1959 : le 8 Août, le 13 Août et fin Août.

La hauteur maximale en 1959 est de 0,60 m et en 1958 de 0,80 m.

2°) Kori GUISSAT -

La station est située à huit kilomètres à l'Est des Monts GUISSAT.

La largeur du lit est de 30 mètres et les PHE 1959 sont à 1,50 m.

3°) Kori AMEZINE -

Ce Kori est la réunion des Koris ARENAT, TAGEIT, GUISSAT et TEGUIRME. A la traversée de la route AGADES-IFEROUANE, au Nord du puits d'IN KAKANE, l'AMEZINE a coulé trois fois en 1959.

4°) Kori TAMASSALAK -

Le TAMASSALAK aurait coulé 15 fois en 1959. Ce chiffre semble élevé, car ses affluents EL MEKI et AOUDERAS n'ont coulé que six fois.

5°) Kori GUERMAT - (Voir plus haut au § C)

6°) Kori EGUEROUEN -

Il y eut 10 écoulements dont cinq faibles.

7°) Kori TIDINN -

- Il y a eu en 1959 environ une quinzaine de crues dans le Kori TIDINN (station à la route AGADES-IFEROUANE). Une de ces crues, très violente et bien supérieure à celles de 1958, provient d'un de ses affluents, l'AGANDAOUINE.
- Le Bassin Versant de l'AGANDAOUINE, à la traversée de la route AGADES-EL MEKI, a une superficie de 140 km<sup>2</sup>. Les délaissés de crues à la station sont très nets et nous indiquent la hauteur maximale de la crue soit : 2,20 m. Il y avait plus de 0,50 m d'eau sur les berges.

De l'avis de tous les autochtones, cette crue est exceptionnelle et il nous semble intéressant de chiffrer, même approximativement, quelques-unes des caractéristiques de cet écoulement. Pour cela, nous avons utilisé la formule de MANNING en prenant  $K = 40$  (valeur inférieure à celles que nous avons trouvées aux Koris TELLOUA et EL MEKI).

La pente superficielle est de 0,003 ce qui nous donne :

Débit maximal 380 m<sup>3</sup>/s (zones de débordement comprises)

Débit spécifique maximal 2 700 l/s.km<sup>2</sup>

- L'autre principal affluent du TIDINN, le Kori GUERMATT, a, comme nous l'avons vu plus haut, eu des PHE en 1958 inférieures de 0,45 m à celles de 1958.

8°) Kori AFARAK -

Comme l'AGANDAOUINE, l'AFARAK a une crue exceptionnelle en 1959 ; n'ayant pas la hauteur de la pluie qui lui a donné naissance, il n'est pas possible de préciser si la fréquence de cette crue est d'ordre décennal ou plus.

Nous sommes passés vingt-quatre heures après l'écoulement et les délaissés de crues étaient trop apparents pour qu'il y ait la moindre erreur sur la trace des PHE.

A la deuxième traversée de la Route d'AGADES-IFEROUANE, à proximité du carrefour des routes d'IFEROUANE et d'EL MEKI, l'AFARAK, dont le bassin couvre environ 100 km<sup>2</sup>, est large de 80 mètres. La pente superficielle est de 0,0038 et la hauteur des PHE en 1959 a été : 2 mètres.

A partir de la formule de MANNING (avec K = 40) nous avons évalué le débit maximal à 500 m<sup>3</sup>/s ; soit un débit spécifique maximal de 5 000 l/s.km<sup>2</sup>.

Nous rappelons que la hauteur maximale de pluie mesurée dans le massif de l'AIR, a été de 225 mm au pluviomètre n° 13, situé à 5 kilomètres à l'Ouest de l'ADRAR IN OUIDINEN, entre les Koris AGANDAOUINE et AFARAK, ce qui tend bien à indiquer qu'une très forte averse s'est produite sur ces deux bassins.

#### H - KORIS DIVERS -

##### Kori TIN DAOUINE

Il y a eu neuf écoulements dans le TIN DAOUINE à la station située près des bâtiments de la Société Minière ; la hauteur maximale aurait été de 1,80 m le 21 Août.

##### Kori ETARAS

En amont de la traversée de la route AGADES-TABELOT, le Kori ETARAS ou TASSOUNA, large de 100 mètres, a eu trois écoulements en 1959 ; la hauteur maximale étant de 0,30 m.

C H A P I T R E     V I

ETUDES ANNEXES

A - DEBIT SOLIDE -

Les matériaux arrachés aux montagnes par le ruissellement des eaux de pluies, sont transportés par les cours d'eau à des distances plus ou moins longues.

Tandis que les matériaux fins sont transportés à l'état de troubles en suspension à de grandes distances, même pour de faibles écoulements, les éléments grossiers ne sont charriés **que** par les forts courants qui les font bondir ou rouler sur le fond du lit.

Au cours de cette campagne, nous avons tenté d'évaluer l'importance de ces transports solides, d'une part par la mesure des matières en suspension lors des crues du Kori TELOUA, d'autre part, pour le charriage par des relevés du fond du lit au début et en fin de campagne. Si cette dernière opération ne permet pas d'évaluer le volume des matériaux charriés à un endroit donné, elle nous indique, néanmoins, s'il y a eu creusement ou surélévation du lit en différents points du cours du Kori et plus particulièrement à la sortie du massif de l'AIR.

1°) Mesure du Charriage -

Les graphiques ci-après donnent les profils en travers pris au début et à la fin de la saison des pluies, de quatre stations du TELOUA dont deux sont situées sur le cône de déjection formé par le Kori à sa sortie du massif de l'AIR.

Les résultats sont les suivants :

Station du DABAGA	km 68	:	creusement du lit de 9 cm
Station de RAZE L'NAMOULMI	km 86	:	exhaussement du lit de 1,5 cm
Station d'AGADES (Amont)	km 110	:	exhaussement du lit de 4,5 cm
Station d'AGADES (Aval)	km 112	:	exhaussement du lit de 1 cm

Ces valeurs sont très faibles et compte tenu de la précision des opérations topographiques pour la détermination de la cote moyenne du lit, on peut estimer que le lit n'a pratiquement pas varié au cours de cette saison des pluies.

Pour 1958, l'exhaussement du lit sur le cône de déjection avait été évalué à un mètre.

Au cours d'une succession d'années à hydrologie déficitaire, les petites crues, absorbées avant leur sortie du massif, déposent leur débit solide en amont du cône. Ces matériaux sont ensuite repris et transportés jusqu'au cône de déjection lors d'une année de fortes crues, ce qui est le cas pour 1958.

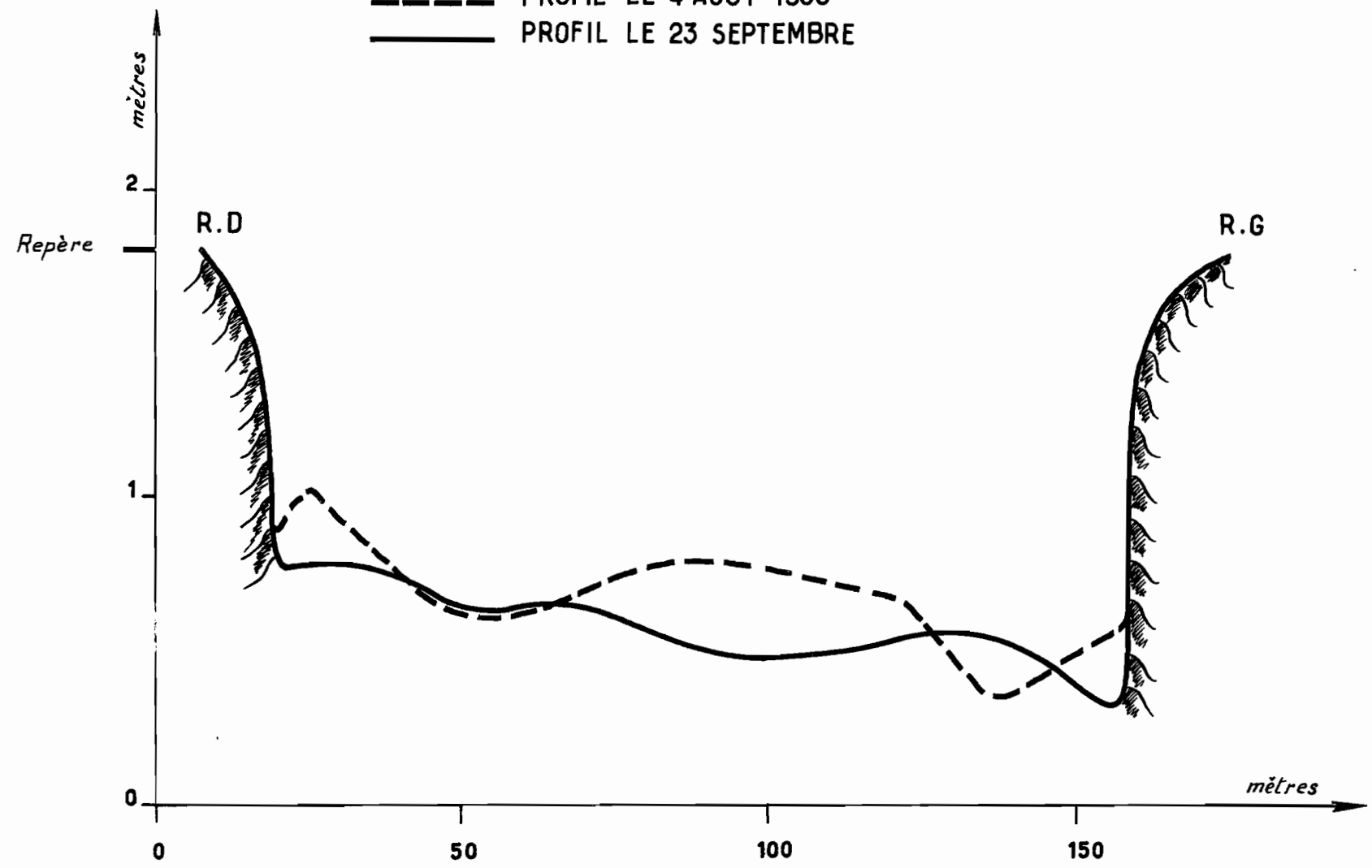
2°) Mesure des Matières en suspension -

La méthode consiste à prendre des échantillons d'eau du Kori (vingt litres) et après décantation à l'acide chlorydrique, puis dessiccation, à en peser les matières solides.

# KORI TÉLOUA A DABAGA Km 68

## PROFILS EN TRAVERS SUCCESSIFS

--- PROFIL LE 4 AOÛT 1959  
— PROFIL LE 23 SEPTEMBRE



NIG 9594

ED: ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER  
LE:  
DES:  
VISA:  
TUBE N°:  
AO

NIG 9595

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

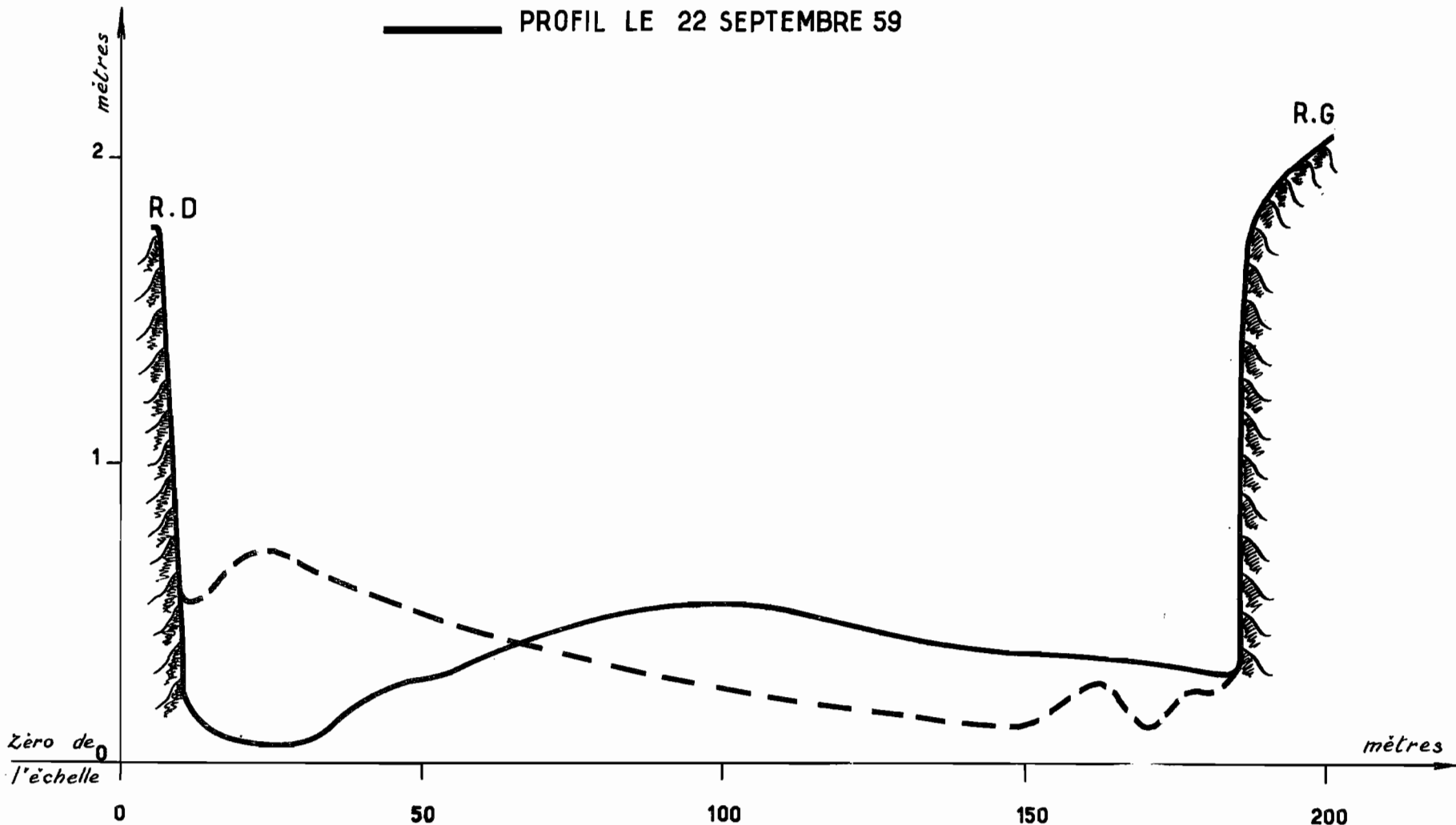
AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# KORI TÉLOUA A RAZELMAMOULNI - Km 86 -

## PROFILS EN TRAVERS SUCCESSIFS

----- PROFIL LE 30 JUILLET  
————— PROFIL LE 22 SEPTEMBRE 59



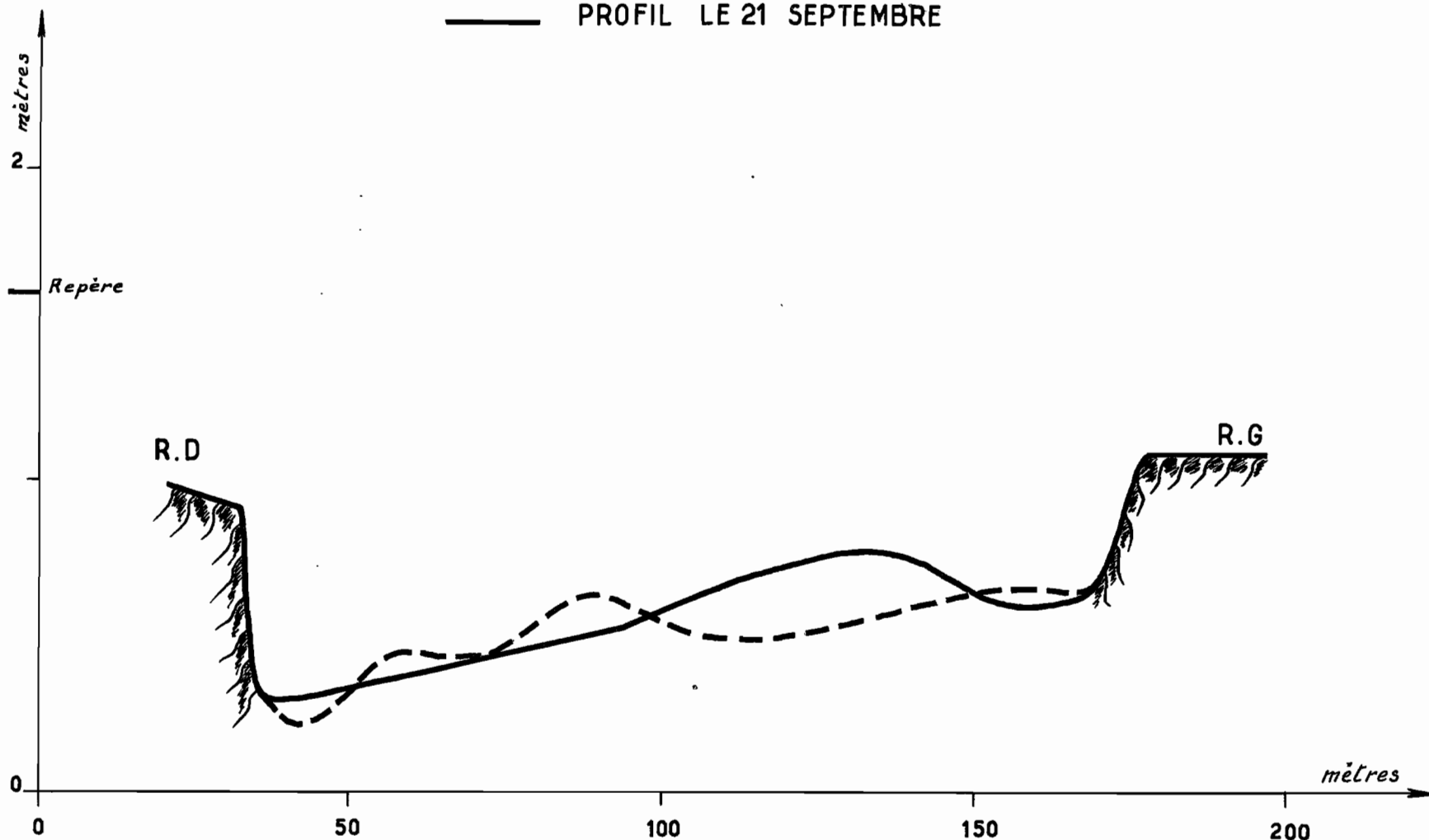
NIG 9592

ED: ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER  
LE:  
DES:  
VISA:  
TUBE N°:  
A O

# KORI TÉLOUA A AGADÈS

PROFILS EN TRAVERS AU VILLAGE 2 km EN AMONT DE L'ÉCHELLE T.P KM 110

--- PROFIL LE 3 AOÛT  
— PROFIL LE 21 SEPTEMBRE



NIG 9593

# KORI TÉLOUA A AGADÈS (ÉCHELLE T.P) Km 112

## PROFILS EN TRAVERS SUCCESSIFS

ED:

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

LE:

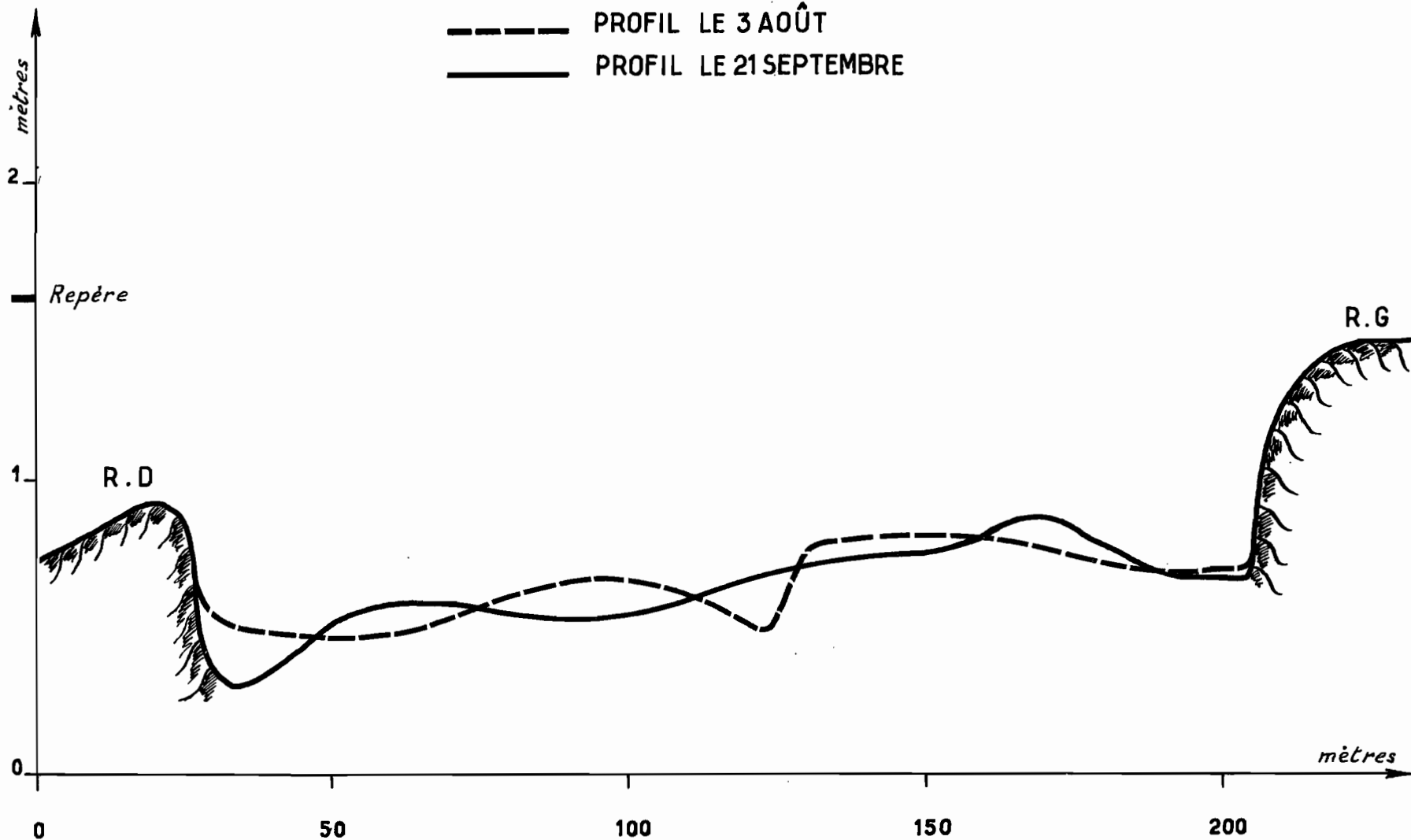
DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

----- PROFIL LE 3 AOÛT  
————— PROFIL LE 21 SEPTEMBRE



Au cours de cette campagne, nous avons effectué 18 prélèvements dans le Kori TELOUA à RAZELMAMOULMI. Par suite de la faible hauteur d'eau de chaque crue, les échantillons d'eau ont été prélevés en surface.

Les résultats sont les suivants :

Echantillon N°	Hauteur à l'échelle	Type d'écoulement	Distance de la Rive Gauche	Poids en grammes des matières en suspension dans 20 litres d'eau
1	1,00	crue	10	27,6 grammes
2	1,00	crue	30	34,8 -
3	0,55	crue	40	23,3 -
4	0,52	décru	5	14,9 -
5	0,52	décru	20	13,6 -
6	0,52	décru	40	15,6 -
7	0,52	décru	60	22,6 -
8	0,52	décru	80	16,5 -
9	0,55	début de la	20	19,6 -
10	0,55	décru	40	19,5 -
11	0,55	-	60	19,0 -
12	0,55	-	80	20,7 -
13	0,40	hypodermique	20	3,6 -
14	0,40	-	60	4,4 -
15	0,68	décru	5	13,4 -
16	0,68	décru	15	14,9 -
17	0,68	-	25	16,1 -
18	0,68	-	40	15,5 -

Des résultats ci-dessus, il ressort que le poids des matières en suspension dans l'eau du Kori varie avec le débit. Bien entendu, pour un même débit, le poids est plus élevé à la crue qu'à la décru. D'autre part, lorsque l'écoulement est hypodermique, le débit solide est faible.

Bien que le nombre de prélèvements et de mesures effectués durant cette campagne soit faible, il nous a semblé possible d'estimer les valeurs moyennes et d'en déduire, à partir des hydrogrammes, un ordre de grandeur du poids total transporté par le TELOUA en suspension durant la campagne 1959.

Cette valeur quoique très approximative, n'est valable que pour la station de RAZELMAMOULMI.

1°) A la crue -

a) débit inférieur à 50 m<sup>3</sup>/s

Le poids des matières en suspension est estimé à 23 grammes pour 20 litres soit 1,150 kg par m<sup>3</sup> d'eau.

b) débit supérieur à 50 m<sup>3</sup>/s

Le poids des matières en suspension est estimé à 30 grammes par 20 litres d'eau soit 1,500 kg par m<sup>3</sup> d'eau (1).

2°) A la décrue -

Au début, le poids des matières en suspension est estimé à 20 grammes par 20 litres d'eau soit 1 kg par m<sup>3</sup> d'eau.

Deux heures environ après le débit maximal le poids des matières en suspension est estimé à 15 grammes pour 20 litres d'eau soit 0,750 kg par m<sup>3</sup> d'eau.

3°) Ecoulement hypodermique -

Le poids est d'environ de 4 grammes pour 20 litres d'eau soit 0,200 kg par m<sup>3</sup> d'eau.

Ce qui nous donne, pour la station de RAZELMAMOULMI et pour l'année 1959, le poids total approximatif de 30 000 tonnes.

---

(1) Il s'agit d'une valeur moyenne : les premières crues doivent donner des valeurs plus fortes, les dernières des valeurs plus faibles.

B - MESURE des VITESSES de l'INFERO-FLUX -

- Principe de la Méthode -

La solution que nous avons employée pour mesurer la vitesse de l'INFERO-FLUX consiste à suivre le déplacement d'un écran de sel dans la nappe d'eau qui s'écoule dans les alluvions du KORI.

Dans un puits PI de faible diamètre, on verse au temps  $t_1$  une solution d'eau fortement salée.

Un ou plusieurs puits sont creusés à l'aval du point d'injection et à des intervalles de temps plus ou moins longs, on prélève des échantillons d'eau dans chacun de ces puits, P2, P3 ... et on mesure la salinité. On suit les variations de la salinité et l'intervalle entre le temps  $t_1$  et  $t_2$ , qui correspond aux salinités maximales mesurées aux puits PI et P2, nous donne le temps de déplacement de cet écran de sel et par suite la vitesse de l'INFERO-FLUX.

Les variations de la salinité des échantillons d'eau prélevés dans les puits s'obtiennent en mesurant la résistivité de ces liquides, la résistivité minimale correspondant à la concentration maximale.

Pour cette opération, l'échantillon d'eau est versé dans une petite cuve dont les bornes sont reliées à un pont de KOHLRAUSCH qui nous donne immédiatement la résistivité du liquide.

- Résultats -

Le matériel nécessaire ne nous étant parvenu qu'à la fin de la saison des pluies, les premières mesures n'ont pu être effectuées que le 6 Octobre dans le TELOUA à RAZELMAMOUMI. La nappes d'eau était alors à 0,50 m de profondeur. Après quelques tâtonnements pour le prélèvement des échantillons d'eau, nous avons préféré, plutôt que d'enfoncer des tubes, creuser des puits de 0,30 m de diamètre pour l'injection de la solution salée et à 2 mètres et 4 mètres à l'aval, nous avons creusé une tranchée de 2 m de long perpendiculairement au courant.

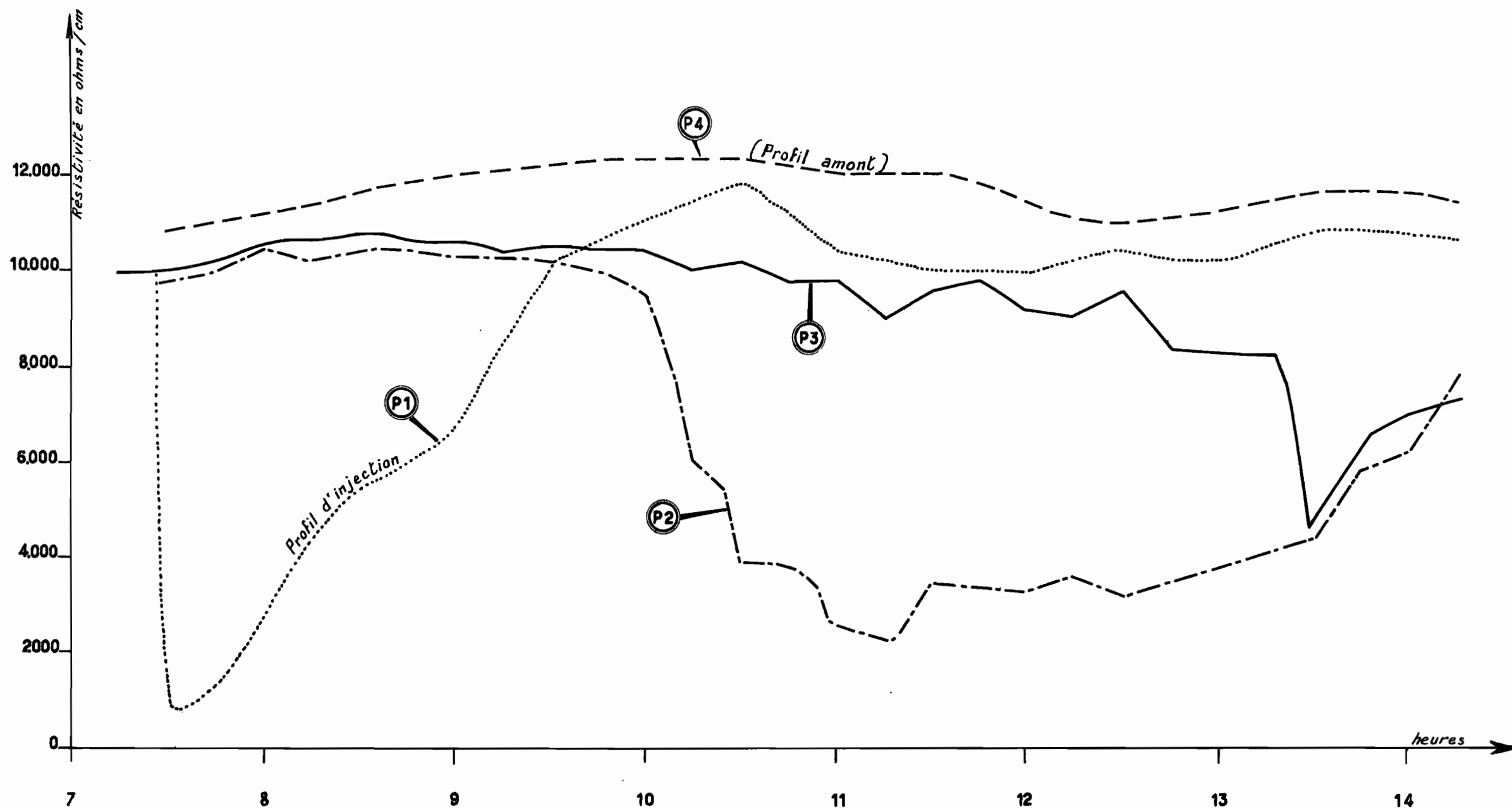
Enfin, 4 mètres à l'amont du point d'injection, nous avons creusé un puits-témoin pour suivre les variations de résistivité de l'eau de la nappe. La résistivité d'un liquide est fonction de la température de celui-ci ; toutefois les variations de température d'une nappe d'eau à 0,50 m de profondeur sont faibles et les écarts entre les valeurs obtenues doivent plutôt être attribués à des erreurs de mesure.

Les mesures de salinité ont été effectuées toutes les 15 minutes et toutes les 7 minutes lorsqu'il y avait un importants accroissements de la résistivité.

A 7 h 30	- Injection de la solution salée dans PI		
A 7 h 45	- Résistivité dans PI :	1 200	ohms/cm
	- P2 :		
	(2 m aval de PI) :	10 000	-
	Résistivité dans P3 :		
	(4 m aval de PI) :	10 200	-
	Résistivité dans P4 :		
	(4 m amont de PI) :	11 200	-
A 9 h 30	- Résistivité dans PI :	10 000	ohms/cm
	- P2 :	10 200	-
	- P3 :	10 500	-
	- P4 :	12 200	-
A 11 h 15	- Résistivité dans PI :	10 200	ohms/cm
	- P2 :	2 200	maximum de P2
	- P3 :	9 000	ohms/cm
	- P4 :	12 000	-

# MESURE DE VITESSE DE L'INFERO - FLUX

VARIATION DE LA RÉSISTIVITÉ DANS LES PROFILS P1 - P2 - P3 - P4 -



A 13 h 30	- Résistivité dans PI :	10 800 ohms/cm
	- P2 :	4 400 -
	- P3 :	4 800 maximum de P3
	- P4	11 600 ohms/cm

A 14 h 15	- Fin de l'expérience -	
	- Résistivité dans PI :	10 600 ohms/cm
	- P2 :	7 800 -
	- P3 :	7 400 -
	- P4 :	11 400 -

L'écran de sel a mis 3 heures 45 pour aller de PI à P2 et 2 heures 15 pour aller de P2 à P3, ce qui nous donne respectivement comme vitesse de l'INFERO-FLUX :

0,53 m et 0,90 m à l'heure

La différence entre les deux valeurs obtenues pourrait provenir d'un mauvais brassage de la solution saline dans PI ou d'un mauvais emplacement pour le prélèvement d'échantillons dans la tranchée P2.

Pour une étude plus complète des vitesses de l'INFERO-FLUX, il serait nécessaire d'effectuer un grand nombre de mesures à des profondeurs différentes et en des points différents de la tranchée, les prélèvements étant opérés à des distances variables du point d'injection.

Cette expérience nous donne, néanmoins, un ordre de grandeur. Pour une nappe d'eau à 0,50 m de profondeur, d'un Kori dont la pente est de 2,5 m par kilomètre, la vitesse de l'INFERO-FLUX est d'environ 0,75 m par heure. Pour une section mouillée de 60 m<sup>2</sup> le débit correspondant serait de 45 m<sup>3</sup>/heure (1) ou 12,5 l/s.km<sup>2</sup>.

---

(1) Hauteur moyenne de sable intéressée par l'inféroflux supposée égale à 2 mètres avec une porosité de 33 %.

C - EVAPORATION d'une NAPPE d'INFERO-FLUX -

Parmi les moyens de protection de la ville d'AGADES contre les débordements du Kori de TELOUA, on a suggéré la construction d'un barrage en enrochements de faible hauteur (5 m) qui permettrait de retenir les débits solides et de stocker un volume d'eau important dans les alluvions du Kori.

Dans des régions où l'évaporation des nappes d'eau libre est importante (plus de 3 m par an) la solution du stockage de l'eau dans les sables d'un Kori peut sembler séduisante. Il nous a paru intéressant de voir dans quelle mesure l'évaporation était diminuée.

Nous avons utilisé un fût cylindrique de 0,65 m de diamètre et de 0,90 m de hauteur. Ce fût a été rempli de sable grossier pris dans le lit du TELOUA, puis d'eau jusqu'à affleurement du sable.

Pour un volume de 200 litres de sable, nous avons mis 65 litres d'eau. La porosité est de 33 %. Les mesures du niveau de l'eau étaient faites au moyen d'un tube percé de trous sur toute sa hauteur.

Les résultats sont représentés sur le graphique ci-contre.

- Entre le 8 Août (mise en eau) et le 25 Août la nappe a baissé de 17,5 cm soit d'un cm par jour en moyenne, la profondeur moyenne de la nappe étant de 8 cm.
- Entre le 25 Août et le 25 Septembre, la nappe a baissé de 12 cm soit 0,39 cm par jour pour une profondeur moyenne de 23 cm.
- Entre le 25 Septembre et le 25 Octobre, la nappe a baissé de 7 cm soit 0,23 cm par jour à une profondeur moyenne de 33 cm.

Les observations ont été malheureusement arrêtées le 25 Octobre. L'extrapolation de la courbe d'évaporation journalière en fonction de la profondeur de la nappe indique que l'évaporation qui est de 2 mm par jour à une profondeur de 35 cm diminue ensuite progressivement : à une profondeur de 40 à 50 cm, sa valeur est inférieure à 1,5 mm, c'est-à-dire environ le 1/10 ème de l'évaporation journalière d'une nappe d'eau libre.

NIG 9699

ED:

LE:

DES:

VISA:

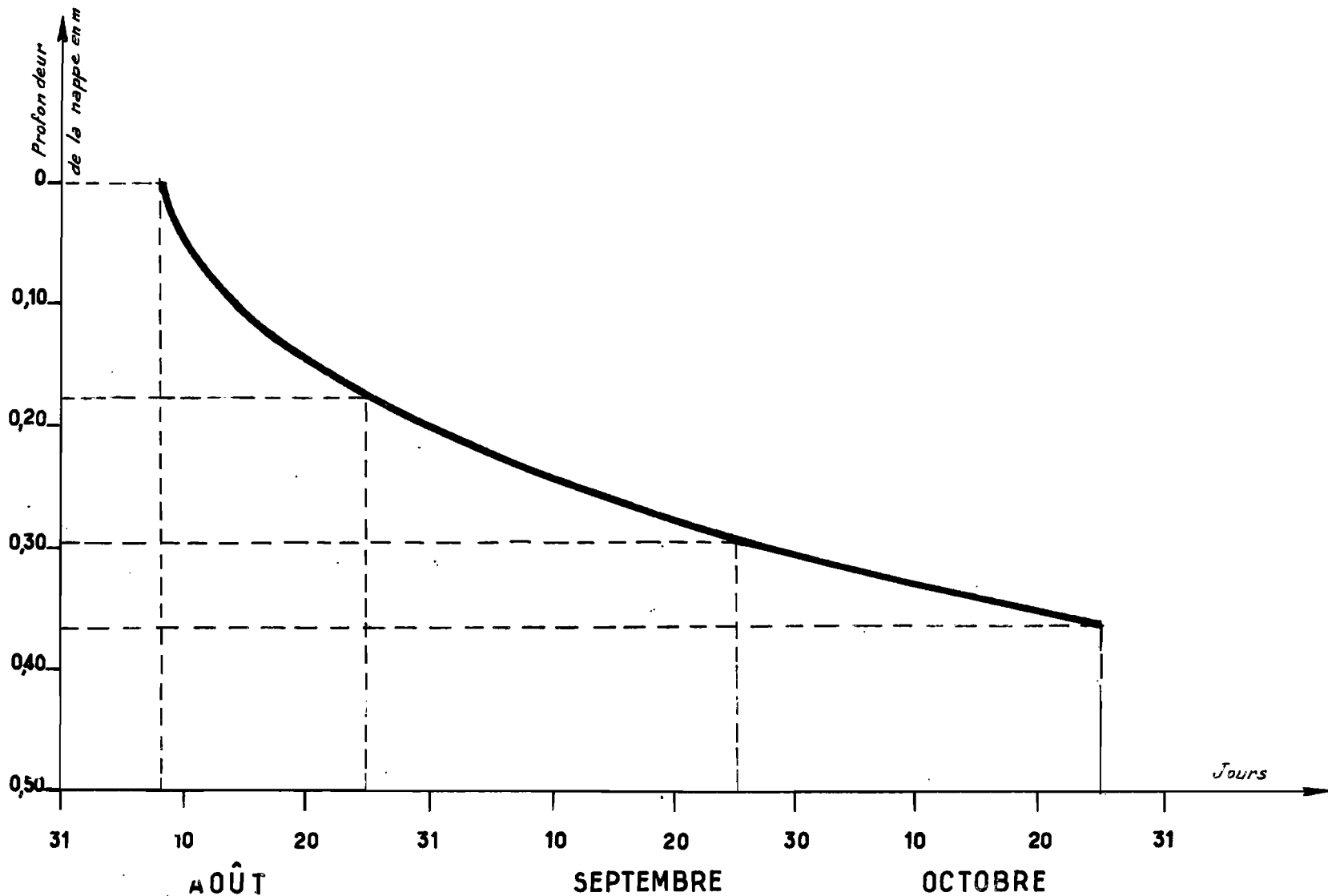
TUBE N°

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

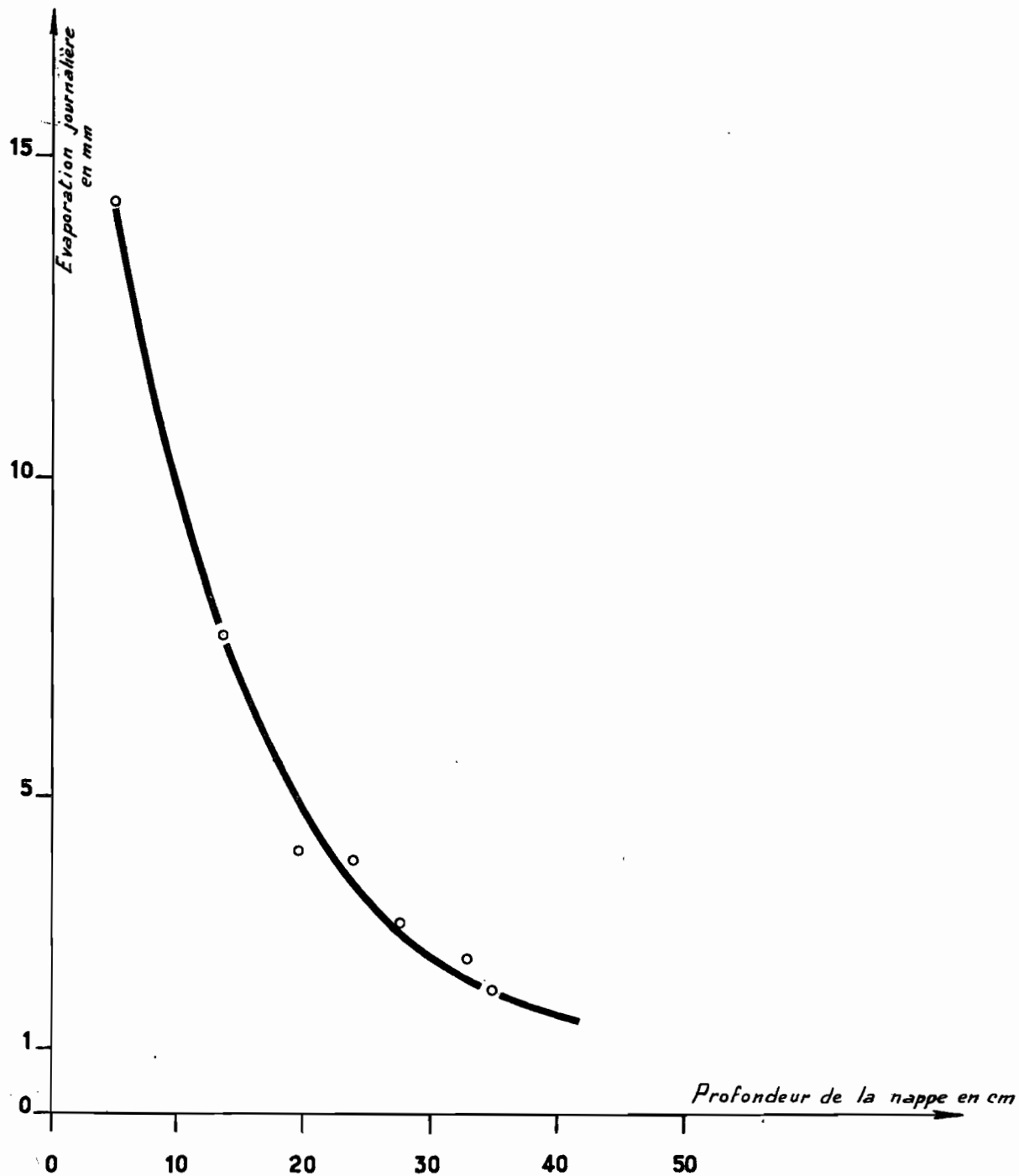
# ÉVAPORATION D'UNE NAPPE D'INFÉRO FLUX

## VARIATION DU NIVEAU DANS LA CUVE D'OBSERVATION



# ÉVAPORATION D'UNE NAPPE D'INFÉRO FLUX

VARIATION DE L'ÉVAPORATION AVEC LA PROFONDEUR D'UNE NAPPE



NIG. 9617

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

On voit donc que, même à une profondeur de 0,50 m, la nappe est relativement préservée de l'évaporation. Mais il est bon de noter que, dans les conditions d'expérimentation, aucun arbre, arbuste ou végétal quelconque n'était alimenté par la nappe, ce qui n'est pas précisément le cas dans un Kori. En plus, on doit admettre des pertes latérales par les plaines alluviales qui bordent le Kori.

#### D - NIVEAU des PUIITS -

Nous avons suivi les variations du niveau des puits de RAZELMAMOULMI et d'ALARCES, de Juillet à fin Octobre.

Ces deux puits sont situés le long du Kori TELOUA (RAZELMAMOULMI est à 25 km en amont d'ALARCES) ; étant à une distance très proche du lit (environ 10 m), ils sont en relation étroite avec la nappe d'eau qui se trouve dans les alluvions du Kori (1). Au puits RAZELMAMOULMI, nous avons trouvé, comme l'indique le croquis une différence de niveau importante entre les plans d'eau de la nappe du puits et de celle du Kori.

Aux plus basses eaux, vers le 20 Juillet, l'écart est de 1,50 m ; puis il diminue lorsque la nappe du Kori monte et le 31 Août, par exemple, soit 8 jours après une crue du TELOUA, la nappe du Kori est à l'altitude de 580,20 et celle du puits à 579,82 soit une différence de 38 cm seulement.

Par suite de la brièveté des crues du TELOUA, et d'un décalage de temps notable entre le passage de la crue du Kori et la montée consécutive du niveau du puits, il semble bien que la cote des plus hautes eaux du puits, soit toujours, en année moyenne, inférieure à la cote du lit du Kori.

---

(1) Toutefois, la terre qui forme la berge du TELOUA a une porosité et une perméabilité très différentes de celles des alluvions du Kori de sorte qu'il en résulte une perte de charge notable.

NIG 9701

# PUITS DE RAZELMAMOULNI

ED:

LE:

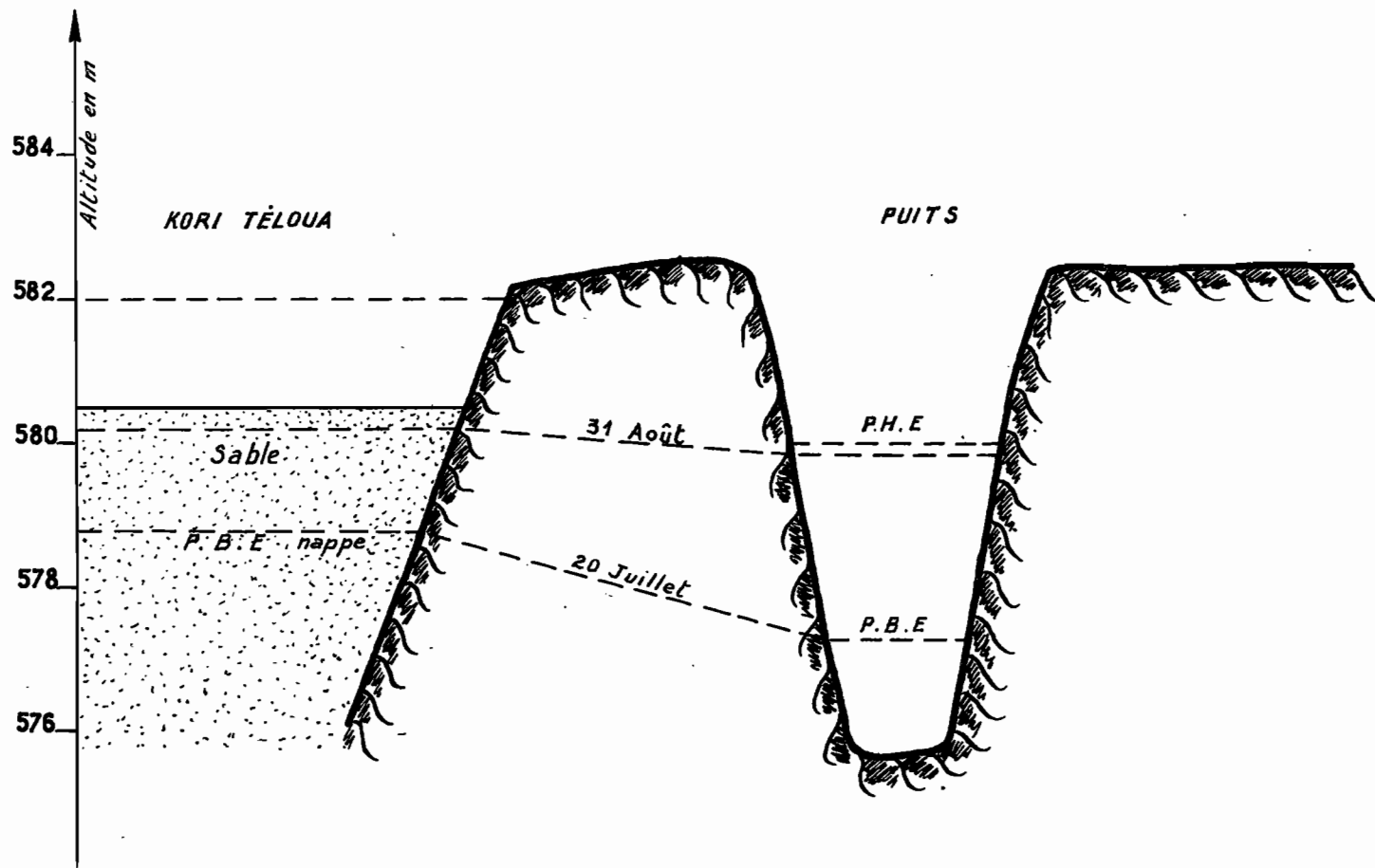
DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER



NIG 9698

ED:

LE:

DES:

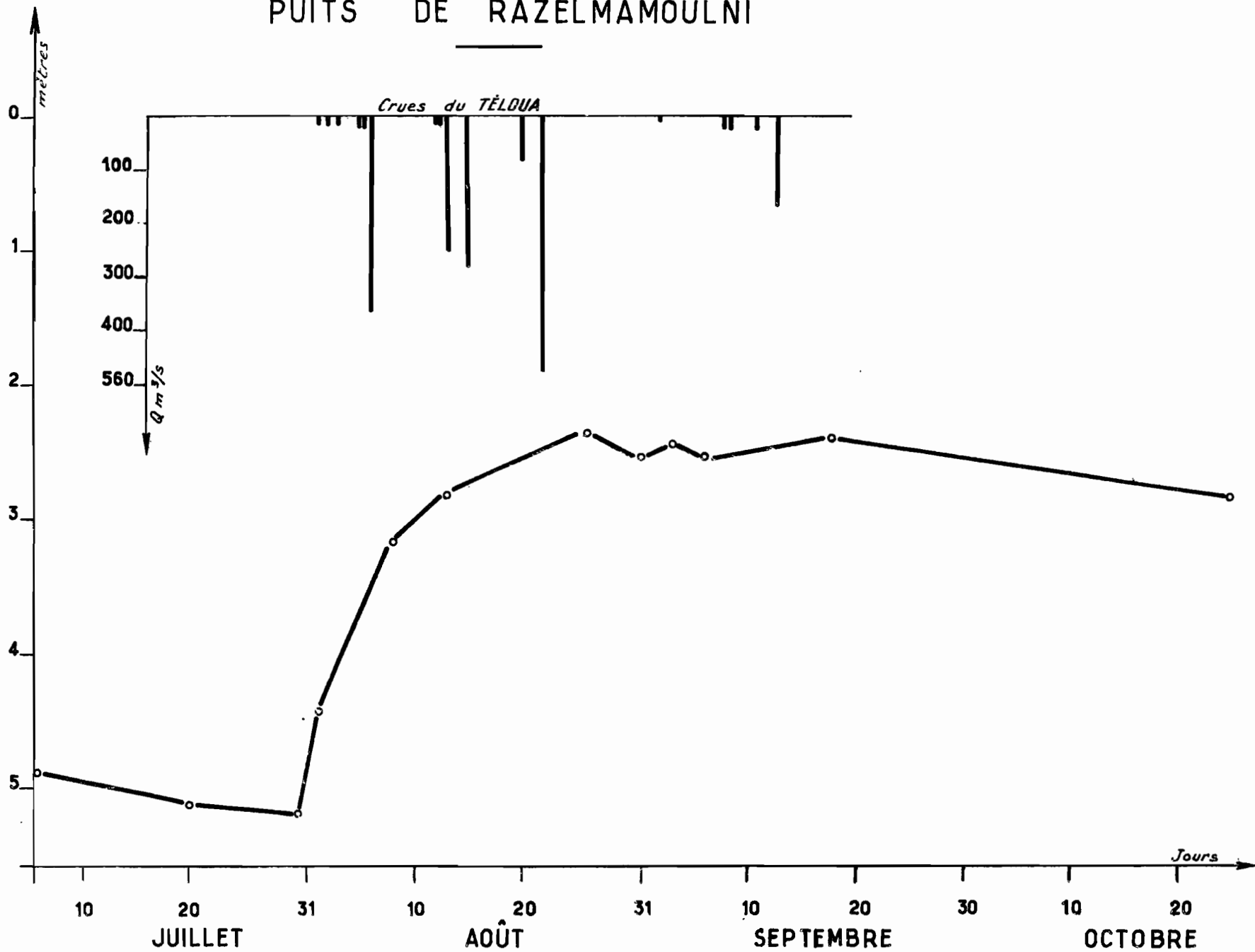
VISA:

TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# PUITS DE RAZELMAMOULNI



L'écart s'accroît d'ailleurs avec l'éloignement du puits au Kori par suite des pertes de charges.

En année excédentaire, s'il y a un écoulement permanent du Kori pendant plusieurs jours, il est possible que les PHE du puits soient à une cote supérieure à celle du fond sableux de la rivière.

- Puits de RAZELMAMOULMI -

Par suite de l'arrivée tardive des pluies dans l'AIR, la première crue du TELOUA a lieu le 1er Août. A partir de cette date, le niveau du puits monte plus ou moins rapidement suivant la fréquence des crues, pour atteindre sa cote maximale le 26 Août, c'est-à-dire 4 jours après la plus forte crue du TELOUA. L'écart entre PBE et PHE est pour 1959 de 2,84.

Quelques crues, dans la première quinzaine de Septembre permettent de maintenir le niveau à une cote voisine des PHE. A partir du 18/9, le niveau baisse régulièrement à la vitesse de 1 cm par jour environ.

- Puits d'ALARCES -

Le volume des crues du TELOUA passant à la station d'ALARCES, qui se trouve à 25 km en aval de RAZELMAMOULMI est beaucoup moins élevé qu'à cette dernière station ; certaines crues n'atteignent même pas ALARCES. Ceci explique la montée tardive des eaux du puits d'ALARCES. Il faut, en effet, attendre la grosse crue du 6 Août (débit maximal à RAZELMAMOULMI : 365 m<sup>3</sup>/s) pour que le niveau du puits monte (le 8 Août).

Au 14 Août, le niveau a monté de 3,12 m. Les crues suivantes, même celle du 22 Août (débit maximal à RAZELMAMOULMI : 470 m<sup>3</sup>/s) ne feront que varier légèrement le niveau du puits. L'écart entre les PBE et les PHE est pour 1959 de 3,40 m.

NIG 9742

ED:

LE:

DES:

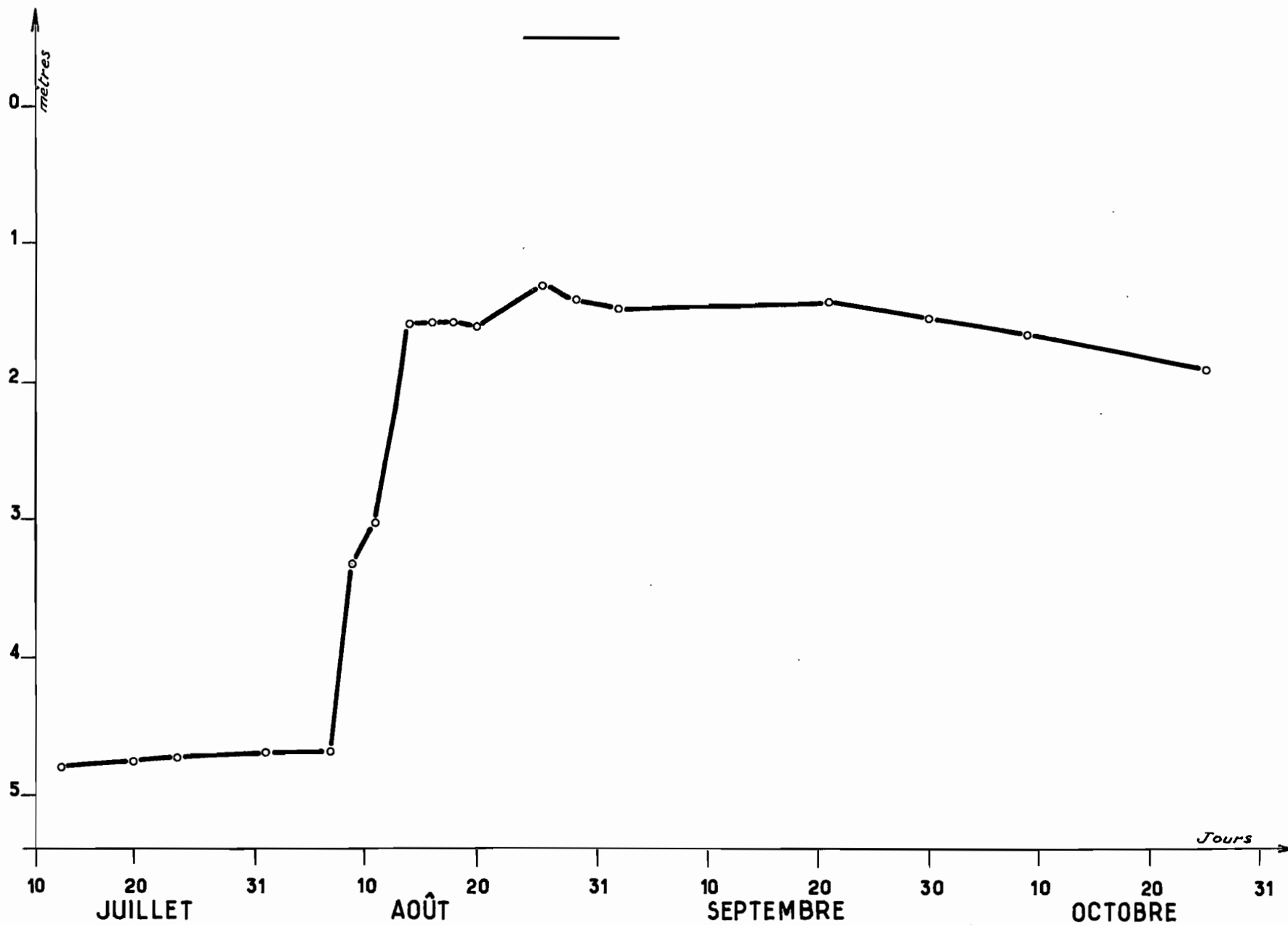
VISA:

TUBE N°:

AO

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

# PUITS D'ALARCES



Pour que la nappe d'ALARCES soit normalement alimentée par les eaux du TELOUA, il n'est pas besoin d'avoir une année à forte hydraullicité. Il suffit seulement qu'une ou deux grosses crues parviennent à ALARCES après que le sable des alluvions du Kori soit pratiquement saturé par quelques petites crues (débit maximal d'environ 5 m<sup>3</sup>/s à ALARCES).

- Mesure de Pression au Forage d'IN GITANE -

Les variations de la hauteur manométrique du forage d'IN GITANE ont été mesurées au manomètre métallique. Toutefois, la précision de cet appareil est à peine suffisante (à  $\pm$  20 cm près) et les mesures effectuées ne sont valables que si les variations de la hauteur manométrique sont de l'ordre du mètre.

Les résultats obtenus sont les suivants :

le 31 Juillet	1959	Hauteur d'eau	6,10 m
le 9 Septembre	1959	Hauteur d'eau	6,20 m
le 21 Octobre	1959	Hauteur d'eau	6,00 m

Compte tenu de la faible sensibilité de l'appareil, on peut estimer que la hauteur manométrique est restée constante durant la saison des pluies. Il serait nécessaire de poursuivre ces opérations pendant la saison sèche 1960 - 1961.

CONCLUSION

Les observations de la campagne 1959 ont permis de dégager un certain nombre de caractéristiques hydrologiques sur l'ensemble des Koris qui drainent le versant occidental de l'AIR.

Les principales ont été portées sur le tableau ci-dessous. Les débits s'affaiblissant de façon générale de l'amont vers l'aval, les stations ont été classées dans l'ordre des superficies croissantes.

Station	Surface du bassin	Crue spécifique maximale en 1959	Coefficient d'écoulement annuel en 1959	Crue spécifique dé-cennale
	km <sup>2</sup>	l/s.km <sup>2</sup>	%	l/s.km <sup>2</sup>
IN TIZIOUEN 2	0,55	13 800	35 %	27 000
IN TIZIOUEN 1	1,81	8 350	25 %	18 350
KORI AFARAK	100			5 000
KORI AGANDAOUINE	150			2 700
KORI EL MEKI	165	485	7,5 %	940 (1958)
KORI TAMGAK	560		3,3 % (1)	
KORI TELOUA	1 170	350	23 %	437 (1958)
KORI IFEROUANE	1 500		1,5 % (1)	

(1) Bassins septentrionaux peu arrosés  
Précipitations moyennes annuelles 50 mm (?)

L'hydraulicité de l'année 1959 étant un peu supérieure à la moyenne, on doit admettre que les chiffres de la quatrième colonne sont légèrement plus forts que les moyennes interannuelles du coefficient d'écoulement. Malgré cette réduction, débits de crues et coefficients d'écoulement restent très élevés, bien supérieurs à ceux qui avaient été constatés jusqu'ici dans le massif de l'ENNEDI ou en MAURITANIE. Ceci est surtout net pour le TELOUA favorisé par des précipitations relativement abondantes : 150 mm par an, en moyenne, l'AFARAK et l'AGANDAOUINE. Jamais dans l'ENNEDI un bassin de 1 000 km<sup>2</sup> n'admettrait un coefficient d'écoulement de l'ordre de 20 %, tout au plus trouverait-on de 2 à 5 %. Ici les cours d'eau du massif fournissent à l'extérieur des apports non négligeables.

Les débits de crues sont également élevés : il semble que, pour le bassin standard de 25 km<sup>2</sup>, la crue décennale pour des terrains du genre de l'AFARAK ou de IN TIZIOUEN atteindrait facilement 10 000 l/s.km<sup>2</sup>.

Ce fort ruissellement tient à des terrains un peu moins perméables que ceux qui ont été étudiés jusqu'ici, à une forte pente du sol et surtout à la nature morphologique particulière des vallées : leur profil en long au lieu de présenter des paliers et des marches comme c'est le cas souvent dans des grès genre tassili, présente une pente continue et assez forte : la dégradation hydrographique est faible. Elle est pratiquement inexistante sur le TELOUA jusqu'aux abords d'AGADES, alors que souvent sur des cours d'eau de cette importance coulant dans d'autres régions désertiques, on rencontre des deltas intérieurs où les crues des parties amont se perdent en grande partie.

Quelle quantité d'eau ces Koris peuvent-ils apporter dans la plaine et dans les nappes souterraines de cette plaine ?

Nous avons vu que l'alimentation des nappes aquifères situées à l'Ouest du massif de l'AIR se fait depuis les affleurements de grès (d'AGADES) situés au contact du massif, à partir des ruissellements qui prennent naissance dans le massif.

Il est difficile d'estimer le bilan hydrologique de la campagne 1959 pour ce massif. Le grand nombre de Kori qui drainent le massif et la diversité tant de la pluviométrie que des conditions d'écoulement dans cette vaste zone de 27 000 km<sup>2</sup> ont rendu la tâche particulièrement difficile aux deux hydrologues. Précisons également que les écoulements se sont produits durant une période très courte qui s'est étendue du 1er au 31 Août.

Pour l'année 1959, le volume écoulé dans le Kori TELOUA à la station de RAZELMAMOULMI, c'est-à-dire à 30 km en amont d'AGADES, a été évalué à 46 millions de m<sup>3</sup> ; on peut admettre que le volume d'eau, à la sortie du massif, a été sensiblement le même qu'à RAZELMAMOULMI.

Pour les autres bassins de l'AIR, les volumes écoulés seront calculés à partir des observations qualitatives et quantitatives que nous avons effectuées. Il est évident que ces résultats sont loin d'être précis, mais nous pensons néanmoins donner des valeurs acceptables, eu égard à la précision recherchée.

Bassin	Superficie en km <sup>2</sup>	Précipitation annuelle en mm	Coefficient d'écoulement en %	Volume écoulé en milliers de m <sup>3</sup>
TELOUA	1 350	168	20	46 000
TIZZIGEUR	400	210	20	16 800
TIDINN	1 000	210	20	42 000
TAMESSALAK	1 000	178	5	8 900
ARENAT-GUISSAT	800	147	5	5 900
ANOU MAKAREN	3 150	110	2	6 900
TALAK	8 500	63	1	5 400
IFEROUANE	7 200	62	0,5	2 250
TOROUF-A BARDAK	2 200	117	1	2 600
TAROUADJI et OUEST	1 700	140	5	11 900
				148 650

L'écoulement global qui a contribué à l'alimentation des nappes aquifères de la zone sédimentaire à l'Ouest de l'AIR peut donc être estimé à 150 millions de m<sup>3</sup> d'eau environ.

Quelle est la part de cette masse d'eau qui s'est infiltrée ? Il est impossible de le dire, étant donné que la majeure partie reste étalée en couche très mince ou vient imbiber les couches superficielles du sol, il est certain que la majeure partie est perdue par évaporation.

Dans quelle proportion varient ces apports ? En année très abondante il n'est peut-être pas exagéré de prétendre que 500 000 000 de m<sup>3</sup> sortent du massif.

Pour une année sèche il est impossible d'avancer un chiffre. Il ressort de cette étude :

1°) Que le versant occidental de l'AIR présente un fort coefficient de ruissellement donnant lieu à des crues dangereuses, mais susceptibles d'alimenter les nappes de façon importante et de permettre dans l'intérieur du massif des aménagements hydrauliques tels que barrages souterrains, grands barrages à sable, sous réserve bien entendu de la possibilité d'utilisation de l'eau ainsi mise en réserve pour une production agricole rentable.

2°) Que la part des apports infiltrés dans le grès reste inconnue. Elle ne pourrait être déterminée que par des études conjointes des hydrogéologues et des hydrologues.

3°) Qu'une seconde campagne d'étude serait particulièrement utile pour donner une base plus sûre aux données de ce premier rapport et pour tenter d'obtenir des chiffres relatifs à une année sèche.

L'AIR, comme on vient de le voir, est une des régions du SAHARA présentant les meilleures conditions d'écoulement, il serait dommage de ne pas chercher à obtenir une meilleure connaissance de ces importantes ressources et de leurs possibilités pratiques d'utilisation.



# AÏR

ECHELLE: 1/200.000

DRESSÉ D'APRÈS LES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES  
DE L'INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL