

OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE, OUTRE-MER

---

Commission Scientifique  
du LOGONE et du TCHAD

# Études d'écoulement en régime désertique

---

Massif de l'ENNEDI et région nord du MORTCHA

CAMPAGNE 1957

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----  
Commission du LOGONE et du TCHAD  
-----

ETUDES d'ECOULEMENT en REGIME DESERTIQUE

-----  
Massif de l'ENNEDI et région Nord du MORTCHA

CAMPAGNE 1957

Présentées par M. R. BRAQUAVAL  
Ingénieur à l'Electricité de France  
sous la direction de M. J. RODIER  
Chef du Service Hydrologique de la Commission

1957

## S O M M A I R E

-----

Introduction -	Page	1
Travaux antérieurs		4
Organisation générale de la campagne		5
Chapitre I - Exposé géographique sommaire		7
Chapitre II - Réseau hydrographique		12
- Bassin du Nil		13
- Bassin du MOURDI		13
- Bassin du DJOURAB		15
Chapitre III - Météorologie		28
Pluviométrie		28
Température - Evaporation		41
Chapitre IV - Ruissellement et Ecoulement		47
Principaux Enneri observés		47
Bassin Versant de KOURIEN-DOULIEN		69
Essai d'interprétation		81
Conclusion -		87

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----

Commission du LOGONE et du TCHAD

-----

E N N E D I

-----

HYDROLOGIE SUPERFICIELLE

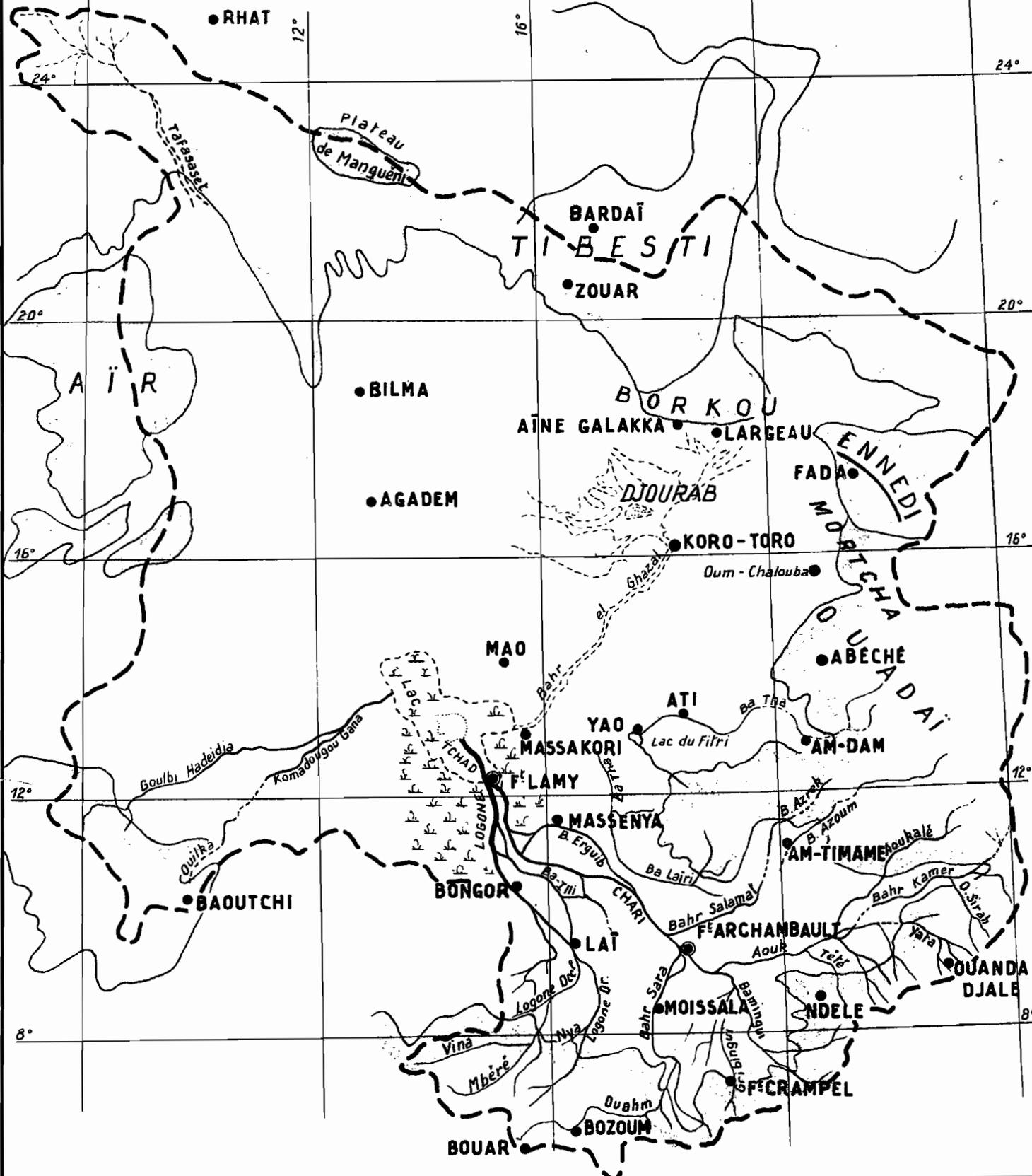
-----

INTRODUCTION

- Travaux antérieurs
- Organisation générale de la campagne

# Bassin versant du LAC TCHAD

1/10 000 000



TCH. 7049

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

ED:

1 E. NOV. 57

DES: METAYER

VISA:

TUBE N°:

AO

Le Bassin Versant du Lac TCHAD, d'une superficie totale de l'ordre de 2.270.000 km<sup>2</sup>, présente une situation hydrologique tout à fait particulière d'abord, d'une part, à son caractère de bassin fermé et, d'autre part, à la grande diversité des conditions climatiques qui s'y rencontrent.

Schématiquement, la partie du bassin située au Sud du 11ème parallèle est soumise au régime tropical, avec une pluviométrie comprise entre 1.500 et 750 mm.

Les écoulements y sont permanents, avec des étiages accusés en Avril-Mai et des crues de Juillet à Octobre. Bien entendu, la période de hautes eaux est nettement décalée par rapport au schéma type des grands cours d'eau à faible pente tels que le CHARI, le BAHR-SALAMAT etc.... Au fur et à mesure que l'on remonte vers le Nord, la période au cours de laquelle des crues peuvent être observées, se réduit pour se limiter aux mois d'Août et Septembre, parallèlement l'écoulement cesse en basses eaux.

En zone sahélienne, comprise entre les isohyètes 750 et 300 mm, l'écoulement est réduit à une durée d'un ou de deux mois : en Août et Septembre, la dégradation du réseau hydrographique devient systématique et on y rencontre de nombreuses zones d'inondation qui sont, dans certains cas, l'aboutissement final de l'écoulement qui prend alors un caractère d'endoréisme local. Remontant plus au Nord encore, on pénètre dans les zones subdésertiques et désertiques : ici, la pluviométrie peut descendre en dessous de 50 mm/an et, s'il est pratiquement certain qu'il peut pleuvoir en n'importe quel point de ces régions désertiques, il est possible également d'observer en un lieu donné des périodes sans pluie d'une ou, exceptionnellement, de plusieurs années. L'écoulement ne se produit que dans des zones privilégiées et quelques jours par an en moyenne.

A la suite des importantes études qui ont été effectuées depuis 1948 par la Commission Scientifique du LOGONE-TCHAD, l'hydrologie des grands ensembles des zones tropicales et sahélienne (CHARI et LOGONE pour la zone tropicale - BAHR-AZOUUM pour la zone sahélienne) est bien connue.

Ces études se poursuivent actuellement et ont été étendues au BA-THA et aux ouadi du OUADAI, ce qui permettra une analyse des écoulements et du ruissellement en zone sahélienne.

Par contre, les connaissances, tant climatologiques qu'hydrologiques pour les régions subdésertiques et désertiques, sont extrêmement réduites et les rares observations qualitatives, qu'il avait été possible de recueillir jusqu'ici sur les ouadi (1) de l'ENNEDI, du TIBESTI et du versant oriental de l'AIR, n'ajoutaient pratiquement rien à celles rapportées par M. Jean DUBIEF dans son "Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara".

Pourtant, la connaissance des conditions d'écoulement de ces régions dépasse le simple intérêt scientifique que l'on peut y attacher; ces écoulements constituent le facteur dominant de la vie dans le désert puisqu'ils concentrent, en quelques régions privilégiées, les apports d'eau météoriques permettant ainsi le maintien de la végétation et parce qu'ils alimentent les nappes souterraines (2)

---

(1) Dans la suite du texte, nous avons adopté conformément à un usage ancien, pour le MORTCHA le terme ouadi employé par les populations de langue arabe du OUADAI et pour l'ENNEDI, le terme gorane Enneri.

(2) En dehors, bien entendu, des nappes fossiles.

Tout projet d'aménagement ou d'exploitation minière en régions désertiques est lié aux possibilités d'approvisionnement en eau, et la connaissance des volumes d'eau qu'il est possible de prélever sur les différents types de réserve, sans rompre leur équilibre, est essentiel.

En vue de l'obtention de renseignements plus précis relatifs au phénomène d'écoulement en zones désertiques et subdésertiques, la Commission Scientifique du LOGONE-TCHAD a décidé d'effectuer une première campagne en 1957.

Le but de cette campagne étant, avant tout, de définir les conditions et les méthodes de travail à adopter. Soulignons dès maintenant que, par suite du caractère d'exception que revêt le phénomène de ruissellement dans les régions désertiques et de l'impossibilité pratique d'y établir des réseaux d'observation serrée, il n'est pas permis d'espérer des résultats aussi complets et aussi précis que ceux obtenus dans les régions à écoulement permanent. L'objet sera ici d'établir l'allure des phénomènes et de rechercher des ordres de grandeur.

Cette campagne d'information a eu lieu de Juin à Septembre 1957 dans la région de l'ENNEDI, choisie en raison des conditions favorables qui s'y rencontrent : l'assurance de pouvoir y observer des précipitations pendant une période de courte durée qui s'étend de Juillet à Septembre, laquelle se trouve liée avec l'avancée septentrionale du front inter-tropical à cette époque, et des liaisons relativement aisées avec ABECHE, centre des études hydrologiques du OUADAI. De plus, la pluviométrie de l'ENNEDI et celle du OUADAI étant commandées par les mêmes facteurs, il n'est pas exclu que l'on puisse raccorder les résultats obtenus dans l'ENNEDI en zone subdésertique à ceux du OUADAI situé en zone sahélienne.

Le présent Rapport expose les résultats obtenus au cours de cette campagne.

TRAVAUX ANTERIEURS -

L'hydrologie et la climatologie de l'ENNEDI sont fort peu connues et n'ont fait, jusqu'ici, l'objet d'aucune étude particulière. Le remarquable ouvrage de M. Jean DUBIEF donne une synthèse de l'ensemble des résultats climatologiques connus pour le Sahara et rassemble la presque totalité des observations qualitatives qui ont pu être effectuées concernant le réseau hydrographique de ces régions; mais cet ouvrage ne contient que très peu de données concernant le Nord du territoire du TCHAD. Les travaux du Gal J. TILHO, du Lt. Bl. GROSSARD, donnent des précisions sur le réseau hydrographique et rapportent quelques observations d'écoulement pour l'ENNEDI. La récente étude de M. C. PERRIN de BRICHAMBAUT parue dans le numéro de Juillet 1956 de la revue "Météorologie", sous le titre "Note sur les pluies en A.E.F." fait la synthèse des observations pluviométriques pour l'ensemble du TCHAD.

Pour être complets, ajoutons les observations effectuées par les autorités militaires et consignées aux archives du poste de FADA. Ces observations portent essentiellement sur les différents points d'eau de la région, puits et gueltas, et sur les erreurs de tracé du réseau hydrographique figurant sur la carte au 1/1.000.000°.

Du point de vue géographique, nous disposons :

- de la feuille LARGEAU,
- du croquis de l'Afrique au 1/1.000.000°, document réalisé à partir de levés itinéraires et qui, de ce fait, est assez imprécis,
- de la couverture aérienne réalisée par l'I.G.N. en 1954/55, élément essentiel de notre documentation.

Du point de vue géologique, nous disposons des documents de la Direction des Mines et de la Géologie de l'A.E.F. :

- la carte générale au 1/2.000.000°,
- les communications effectuées aux Académies à la suite de la Mission géologique BORKOU-ENNEDI-TIBESTI.

Depuis la parution de ces derniers, ce Service a assuré plusieurs Missions dans ces régions; malheureusement, par suite de leurs dates récentes, elles n'ont pas encore fait l'objet de publication. Nous avons pu, toutefois, obtenir directement les renseignements complémentaires qui nous intéressaient.

#### ORGANISATION GENERALE de la CAMPAGNE -

L'objet étant de rechercher les conditions dans lesquelles des études hydrologiques de surface pouvaient être entreprises en zone subdésertique, le programme laissait une large part d'initiative à l'équipe hydrologique chargée de cette campagne.

Celle-ci était composée de M. BRAQUAVAL, Ingénieur du Service Hydrologique d'ELECTRICITE de FRANCE, Inspection Générale pour l'Union Française et l'Etranger, mis à la disposition de la Commission Scientifique du LOGONE et du TCHAD et de M. DOUNIE, Agent technique appartenant à cette dernière.

Après la reconnaissance préliminaire de la région de FADA, les opérations suivantes ont été effectuées :

#### 1°) Dans la zone de FADA :

- La mise en place à FADA d'un poste d'observations climatologiques visant plus particulièrement les études d'évaporation.

- la mise en place d'un Bassin Versant Expérimental à KOURIEN-DOULIEN situé dans la butte gréseuse d'ERISIGUE à 12 km. au Sud de FADA.
- la mise en place de sections de jaugeages et d'un limnigraphe sur l'Enneri ACUALI qui se trouve être le collecteur principal de cette région.
- la mise en place de pluviomètres totalisateurs en plusieurs points de la cuvette de FADA en vue de compléter les observations pluviométriques.

2°) En dehors de la Région de FADA :

- une reconnaissance générale du réseau hydrographique et la mise en place de pluviomètres totalisateurs.

Par suite de la courte durée de cette Mission, cette reconnaissance s'est limitée, pour le Massif, au Bassin Versant des Enneri : N'DOU, ARCHEI, NOHI. Pour la région cristalline, située au Sud-Ouest du Massif gréseux, quelques itinéraires ont été effectués entre FADA, OUM-CHALOUBA et la mare d'ELLELA. Les différents itinéraires effectués ont été reportés sur le croquis général joint à la présente note. Les déplacements se sont effectués pour la zone en dehors du Massif, en véhicule automobile, pour l'intérieur du Massif, à dos de chameau.

L'Agent technique a assuré la surveillance, les lectures et les mesures de débit dans la zone de FADA, ainsi que la tournée de "ramassage" des pluviomètres totalisateurs.

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----  
Commission du LOGONE et du TCHAD  
-----

E N N E D I

-----  
HYDROLOGIE SUPERFICIELLE  
-----

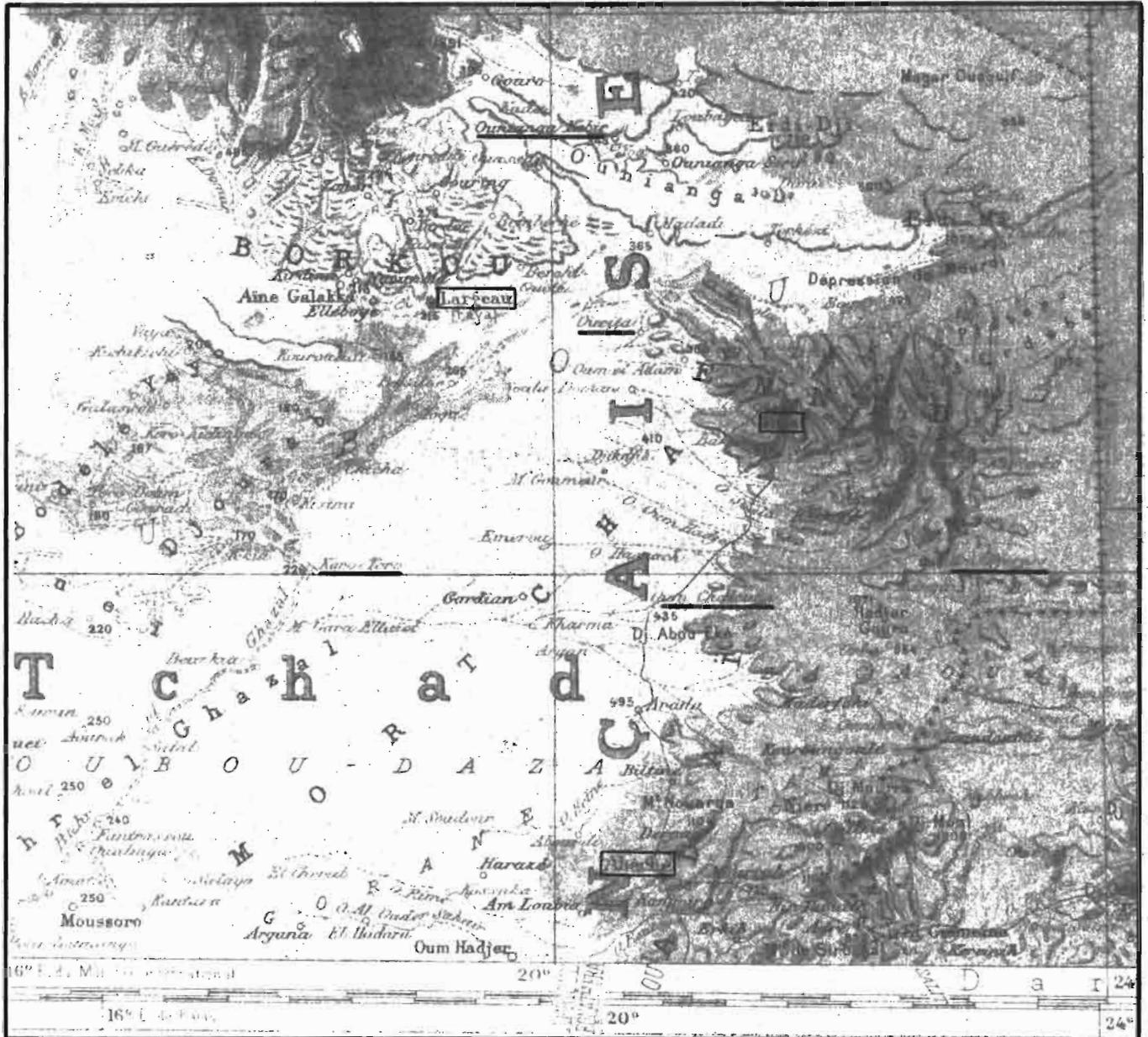
C H A P I T R E I

- Exposé géographique sommaire

ENNEDI - HYDROLOGIE

CARTE DE SITUATION

1/5 000 000



Extrait de la carte de l'Afrique au 1/5000000 - Document I.G.N.

TCH. 7050

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

ED:

LE: NOV. 57

DES:

VISA:

TUBE N:

AO

L'ENNEDI, situé au Nord-Est de la cuvette tchadienne, fait partie de la région BORKOU-ENNEDI-TIBESTI, dont le chef-lieu se trouve à FAYA-LARGEAU et dont l'Administration a été déléguée aux autorités militaires. L'ENNEDI constitue un district, ayant FADA pour chef-lieu, et qui comporte deux postes administratifs à OUNIANGA-KEBIR et OUM-CHALOUBA.

Le dernier recensement accuse une population de 19.000 habitants répartie entre différentes tribus appartenant toutes au groupe gorane. Toute cette population, sans exception, est nomade.

Les communications sont assurées avec la région du OUADAI par une voie carrossable Nord-Sud qui joint ABEICHE à FADA et, avec la région du BORKOU, par une piste rejoignant LARGEAU. Durant la saison des pluies, c'est-à-dire de fin Juillet à Septembre, la piste d'ABEICHE est généralement impraticable au Sud d'OUM-CHALOUBA. FADA dispose d'un aérodrome accessible aux avions de moyen tonnage. En dehors des deux pistes précitées, la circulation automobile est relativement aisée dans la bordure Sud du Massif. Elle est pratiquement impossible à l'intérieur même du Massif.

Le district de l'ENNEDI comporte deux ensembles :

- le Massif proprement dit,
- la pénéplaine du MORTCHA au Sud-Ouest.

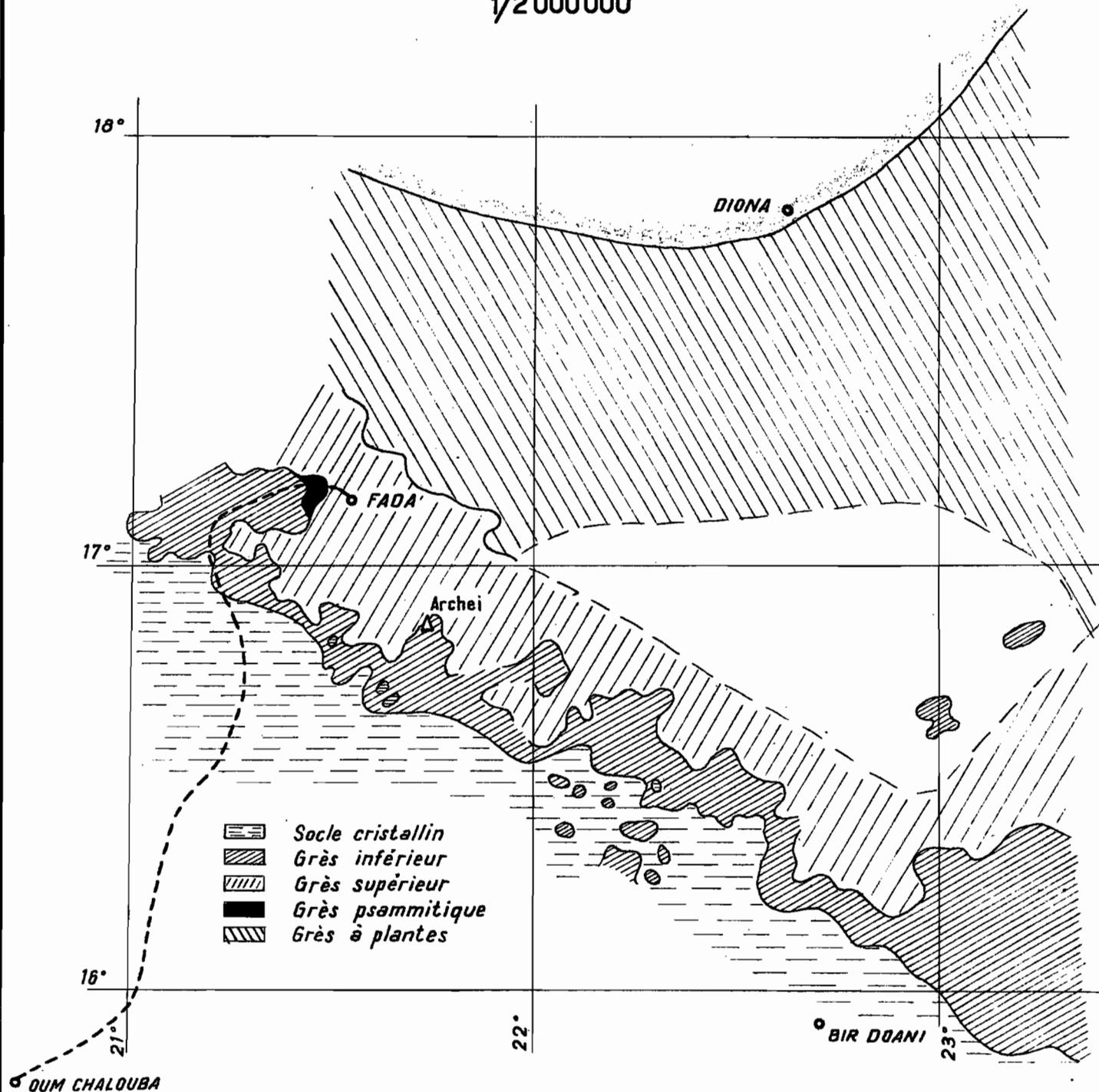
Le Massif est constitué par une succession de plateaux gréseux s'étageant les uns au-dessus des autres et présentant un léger pendage vers le Nord.

La forme générale du Massif est celle d'un triangle-rectangle dont la base orientée Sud-Est -Nord-Ouest se développe depuis AM-DJERES, au Nord des HADJER-DOURE; à la pointe septentrionale du Massif du OUADAI jusqu'à OUEITA sur une distance de 350 km. environ.

ENNEDI \_ HYDROLOGIE

Croquis géologique

1/2 000 000



D'après les documents de la Direction des Mines et de la Géologie d'A.E.F.

TCH 7052

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

ED:

LE: NOV. 57

DES: GROTTARD

VISA:

TUBE N°:

AO

Le Massif est limité au Nord par la dépression du MOURDI qui le sépare de la ligne des reliefs des ERDI et des plateaux Jef-Jef constituant la limite entre le bassin du TCHAD et le bassin LYBIEN. A l'Est, les reliefs du plateau d'ERDEBE, extrémité orientale du Massif, sont progressivement envahis et disparaissent sous les sables du désert lybico-soudanais. La superficie totale du Massif, appartenant au bassin du TCHAD, peut-être estimée à 43.000 km<sup>2</sup>.

Une coupe géologique Nord-Sud du Massif montre qu'il est constitué par une importante masse gréseuse reposant sur le socle précambrien, essentiellement gneissique, et qui affleure largement au Sud.

La pénéplaine du MORTCHA se présente comme un vaste plateau au relief peu accusé avec quelques buttes généralement granitiques, vestige d'un relief ancien, qui prennent l'aspect d'amoncellement de pierres par suite d'une décomposition poussée de la roche (décomposition en boules). Signalons, parmi celles-ci, les buttes de SOBOK, DAHOULOUK, SOULEYMANI, DIRE-MADI, ARCHEIBEDO et DERBE. Partout ce socle est profondément altéré et la roche décomposée sur plusieurs mètres de profondeur. Le plateau est sillonné par un réseau hydrographique relativement dense, la végétation se concentrant en bordure des lits des Enneri et dans quelques dépressions, ce qui contribue à donner au paysage l'aspect d'une succession de reg encerclés par un cordon de végétation arbustive xérophile comportant essentiellement des acacias et des mimosées.

Lorsqu'on se déplace vers l'Ouest, les zones ensablées sont de plus en plus fréquentes et l'on aboutit finalement dans la région de dunes du DJOURAB.

La pente générale de la pénéplaine du MORTCHA est Est-Ouest; toutefois, nous pensons qu'il existe une rupture de pente qui s'effectuerait selon une ligne dont l'origine serait située dans la région de coordonnées  $x = 21^{\circ}25$   $y = 16^{\circ}30$  et dont l'orientation serait sensiblement Nord-Ouest, la pente du socle au Nord de cette ligne étant orientée vers le Nord, le socle plongeant ainsi sous le Massif de l'ENNEDI. Seul, un nivellement

relativement étendu de cette région peut permettre de confirmer cette hypothèse. D'une façon générale, l'aspect morphologique est celui d'un relief ancien, ennoyé dans des remblais quaternaires et il n'est pas impossible que l'on soit en présence d'une superposition de réseaux hydrographiques correspondant à des périodes fluviales successives comme cela a pu être mis en évidence par Messieurs FRANCK et GUICHARD dans les régions situées plus au Sud (OUADAI).

Notons également qu'en limite Ouest, sous les formations dunaires récentes du DJOURAB, apparaissent des affleurements d'une série continentale terminale datant du tertiaire récent, dont l'extension dans le BORKOU est considérable.

Pour le Massif proprement dit, les géologues distinguent une succession de séries gréseuses reposant en discordance sur le socle précambrien et s'étageant de l'ordovicien au dévonien avec, à la limite Nord du Massif, dans la dépression du MOURDI, des affleurements de grès ferrugineux de la base du carbonifère ainsi que des calcaires bleutés du dinantien.

Les géologues distinguent parmi les séries gréseuses les plus anciennes :

- les grès inférieurs (ordovicien)
- les grès supérieurs (gothlandien)
- les grès à plantes (dévonien)

En ce qui concerne l'ENNEDI, les grès inférieurs et supérieurs ayant le même aspect morphologique nous reprendrons, pour plus de commodité, les dénominations utilisées par la carte géologique au 1/2.000.000° à savoir : série des Tassilis groupant les terrains siluriens, série continentale post-tassilienne par la série des grès à plantes formant la partie culminante du Massif.

Reg du MORTCHA



\_ OUADI CHILI \_

Lit mineur au radier de la piste

\_ DELI \_  
Cirque des sources



Région de FADA  
ENNERI OHOUKA

La série des Tassilis est constituée par un grès massif blanc, à stratifications entrecroisées et dont la cohésion interne est faible : il s'effrite sous le marteau. L'altération de surface lui donne une teinte rouille. La granulométrie n'est pas uniforme et on y relève fréquemment des phénomènes de stratification torrentielle avec des lits de galets; le plus remarquable exemple que nous avons pu observer étant celui de la gorge amont de la mare BIGUER (Enneri NOHI), où nous avons relevé des galets de plusieurs centimètres de diamètre. Cette masse est traversée par plusieurs niveaux constants de grès en dalles, présentant souvent des caractères de schistosité et où on peut voir de nombreux gisements à HARLANIA. Ces dalles présentent un faible pendage vers le Nord, 2 à 3°.

En bordure Sud du Massif, cette série gréseuse a laissé de nombreuses buttes témoin, reposant directement sur le socle cristallin : OUAGIF, DELI, TERKET etc... en avant d'une falaise dont le sommet est constitué d'une série de plateaux comportant de grandes surfaces de dégagement déblayées au niveau d'importantes dalles ferrugineuses et où l'on retrouve le relief en buttes témoin constituant des Massifs isolés d'autant plus étendus que l'on se déplace vers l'intérieur de l'Ennedi en direction du Nord-Est. Parmi les plus importantes de ces surfaces de dégagement, signalons celles de FADA, OFFRO et de NOHI.

La série continentale présente une succession de hautes plaines : DOINGA, BITI, BASSO qui, toutes, présentent une pente générale vers le Nord. Sur la bordure Sud-Ouest de ces plaines, l'érosion a découpé un relief en digitation. Cette série est composée de grès tendres micacés à stratifications horizontales avec, toutefois, un léger pendage vers le Nord. Ils sont profondément fracturés et on observe généralement des cônes d'éboulis à la base du relief qui, de ce fait, apparaît beaucoup moins abrupt que celui de la zone précédemment décrite. En limite de cette série à l'Ouest de l'AOUE, on rencontre fréquemment des grès à faciès psammitique avec une morphologie très semblable à celle décrite ci-dessus; mais les vallées prennent alors une extension plus grande au détriment de la partie supérieure du relief, le caractère ...

hautes plaines étant ici totalement absent. Cette zone constitue ainsi une transition dans l'aspect morphologique, qui passe de la surface de dégagement avec des massifs en buttes témoins à la haute plaine plus ou moins profondément entaillée par le réseau hydrographique.

Au cours de nos itinéraires, nous nous sommes efforcés de relever la toponymie. Il y a lieu de remarquer que la toponymie dans ces régions n'a pas un sens aussi précis que celui qu'on lui accorde généralement. Tous les noms sont des noms de "lieux-dits" et ils désignent généralement pour un même centre : l'Enneri, la plaine et les rochers avoisinants. Les lieux qui possèdent une dénomination constante correspondent généralement à ceux où l'on trouve un point d'eau ou un rocher remarquable longeant une piste chamelière. En dehors de ces points particuliers, le même lieu a généralement plusieurs dénominations selon la fantaisie de ceux qui y nomadisent.

Pour toute la région située en bordure du Massif et à l'Ouest d'ARCHEI, nous avons retenu les dénominations qui avaient été relevées avant notre passage par M. BAILLOUD, Archéologue, en mission pour le compte du Musée de l'Homme.

D'autre part, au cours de nos itinéraires, nous avons effectué des mesures de nivellement barométrique. Un baromètre altimétrique, du type Paulin, relevait journallement la marée barométrique à FADA. Un deuxième baromètre, du même type, permettait de relever la pression au cours de nos déplacements.

L'altitude de base adoptée pour FADA est de 540 m au poste.

Il est certain que les résultats obtenus sont d'autant plus imprécis que l'on s'écarte de la station de base. Les principaux résultats ont été reportés sur le croquis général joint à la présente note.

Le Tableau I, ci-joint, donne la liste récapitulative des points cotés.

T A B L E A U I

ENNEDI - HYDROLOGIE

Points cotés (Nivellement barométrique)

LIEUX	ALTIUDE
<u>MORTCHA</u>	
Radier O SAALA	440
Radier O CHILT	440
Radier O OUM-HADJER	455
<u>LIMITE SUD-OUEST du MASSIF</u>	
TERKET-ILIBA	515
ERIMEMEME	490
<u>BASSIN de N'DOU</u>	
<u>Région de FADA</u>	
FADA	540
KOURIEN-DOULIEN Echelle	608
KOURIEN-DOULIEN Pluviomètre totalisateur S.E.	680
KOURIEN-DOULIEN " " Sud	671
Confluent SAO, KOURIEN-DOULIEN	575
OHOU-DAHON radier	521
OHOU-DAHON borne	523
KOMA	561
KOMA-MENA	585
ETERTEKOILE	569
<u>Bassin supérieur</u>	
BORDODENGA	670
TOURBA	710
NARGAO	885

T A B L E A U I (Suite)

ENNEDI - HYDROLOGIE

Points cotés (Nivellement barométrique)

LIEUX	ALTITUDE
<u>BASSIN d'ARCHEI</u>	
ARCHEI grotte	530
ARCHEI plateau	650
AOUE guelta	910
AOUE sommet	1020
MAYA guelta	887
MAYA sommet	1130
MAYA plateau	960
MAYA haut de la chute	930
<u>BASSIN de NOHI</u>	
NOHI rivière	570
NOHI-BIGUER	625
NOHI-OHEBA	565
NOHI-TERGUE	645
OFFRO	840
HEHOU-HAGENE	800
BAABA	720
IHI-FACHEREN grotte	610
<u>HAUTES-PLAINES</u>	
BITI-BEIDA	1060
BITI-TEHI	1110
ETEHICHEGUI	1225
KOUROUNI	1025

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----

Commission du LOGONE et du TCHAD

-----

E N N E D I

-----

HYDROLOGIE SUPERFICIELLE

-----

C H A P I T R E II

Réseau hydrographique

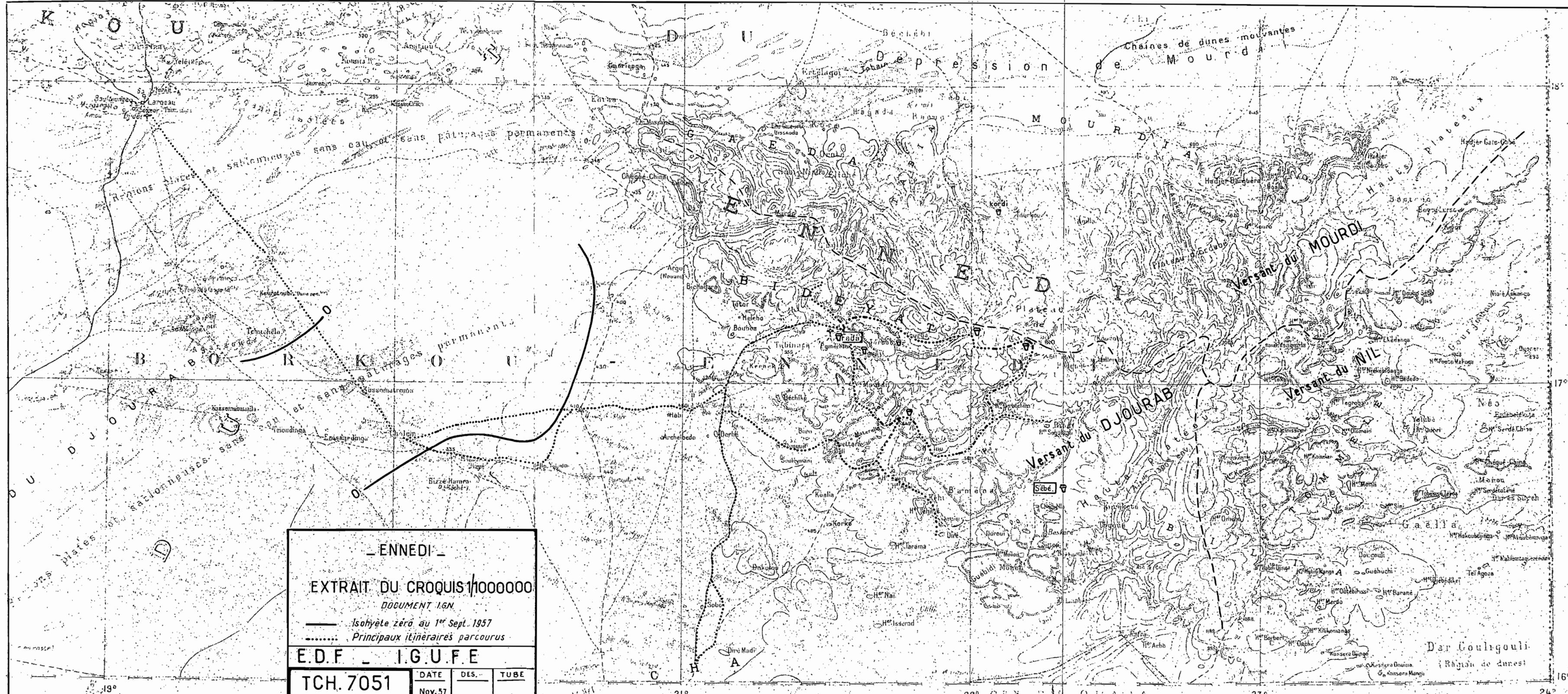
- Bassin du NIL
- Bassin du MOURDI
- Bassin du DJOURAB
  - Groupe de la SAALA
  - Groupe du MORTCHA

Lorsqu'on aborde la description d'un réseau hydrographique en zone subdésertique ou désertique, on se heurte à l'utilisation inévitable de termes ayant un sens bien défini tels que : affluent, tributaire, bras principal, chute etc... qui, dans le cas particulier, ont perdu une grande part de leur signification et risquent de faire illusion.

Le caractère exceptionnel des écoulements qui présentent, dans le cas le plus général, des solutions de continuité, fait que telle branche peut apparaître au cours d'une crue comme l'artère principale, alors qu'en d'autres occasions, elle ne donne lieu à aucun écoulement. Les écoulements observés sur les différentes alimentations ne parviennent pas toujours au bras principal; dans certaines sections, on voit s'établir d'importantes zones d'épandage constituant des sortes de deltas intérieurs où les pertes considérables diminuent d'autant le débit du cours d'eau. De ce fait, les débits diminuent fréquemment vers l'aval où leur alimentation principale est essentiellement assurée par les apports des affluents inférieurs.

A cette difficulté s'ajoute celle d'une toponymie de lieux-dits qui, à quelques distances d'intervalle, attribue à la même rivière des noms différents. A cet égard, nous nous sommes efforcés d'attribuer aux différents éléments le nom le plus répandu ou relatif à une des régions caractéristiques de cet élément.

Enfin, signalons qu'il ne nous a pas été possible, dans le cours délai qui nous a été imparti, d'effectuer une reconnaissance complète du réseau. Aussi, notre description favorisera-t-elle les bassins que nous avons parcourus, par rapport à ceux que nous avons simplement étudiés à partir de photos aériennes et de la documentation existante.



- ENNEDI -

EXTRAIT DU CROQUIS 1/1000000  
DOCUMENT I.G.N.

—— Isohyète zéro au 1<sup>er</sup> Sept. 1957  
..... Principaux itinéraires parcourus

<b>E.D.F - I.G.U.F.E</b>			
<b>TCH. 7051</b>	DATE	DES.	TUBE
	Nov. 57		

Dar Gouligouli  
(Région de dunes)

Les différents Enneri constituant le réseau hydrographique de l'ENNEDI peuvent être groupés en trois ensembles, selon les bassins auxquels ils appartiennent : NIL, DJOURAB, MOURDI, ces deux derniers entrant dans le Bassin Versant du Lac TCHAD. (Voir croquis 1/1.000.000° joint).

1°/- BASSIN du NIL :

Celui-ci groupe l'ensemble des Enneri du Versant Est du plateau d'ERDEBE. Nous n'avons pas parcouru cette région et nos connaissances se limitent aux observations et tracés effectués par le Lt.Cl.GROSSARD, au cours de la Mission de délimitation de frontières. Les principaux d'entre eux sont : l'Enneri BAO, l'Enneri KAPTERKO, l'Enneri EBETRETI, auxquels on peut ajouter l'Enneri HOVA, en notant toutefois que la partie Sud de son Bassin Versant est alimentée par les reliefs du OUADAI.

Le Lt.Cl.GROSSARD a signalé qu'à la suite de précipitations "moyennes", pendant la période s'étendant du 11 au 17 Août, l'ensemble des Enneri de la région d'AM-DJERES, et plus particulièrement ceux appartenant au bassin de la HOVA, ont coulé "plein bord" en Août 1922: profondeur 0,50 m, la durée d'écoulement n'étant pas précisée. Il signale, en outre, qu'au delà du méridien 24° le réseau hydrographique est totalement inexistant. La tradition locale rapporte que l'Enneri d'AM-DJERES, tributaire de l'Enneri HOVA, coule pratiquement tous les ans; ce fait étant beaucoup plus rare pour tout le reste du bassin du NIL.

2°/- BASSIN du MOURDI :

Les principaux Enneri appartenant à cet ensemble sont, d'Ouest en Est : l'Enneri DOUGOURO, l'Enneri KORDI et l'ensemble des Enneri DROSSOU-ASSORO. Ces Enneri drainent les hautes plaines et la partie occidentale des plateaux d'ERDEBE.

Nous n'avons pu, au cours de cette première Mission, parcourir entièrement ce bassin et nous sommes bornés à sa limite Sud entre NURE, au Nord-Ouest de FADA, et BASSO. Il ressort nettement des observations que nous avons pu faire et de l'examen des photos aériennes, que la totalité des hautes plaines de la série continentale appartient à ce Versant. En particulier la zone du BASSO, située en bordure Sud-Est du BITI et celle qui la prolonge, au Sud de la chaîne des sommets tabulaires qui constituent les points les plus hauts de l'ENNEDI, appartient, en fait, au bassin du MOURDI, alors que jusqu'ici cette zone était attribuée au bassin du DJOURAB.

Ces hautes plaines, au relief généralement peu accusé, présentent de nombreuses dépressions plus ou moins vastes constituant souvent de petits bassins fermés où l'eau s'accumule après la pluie, sans toutefois constituer des mares permanentes; les plus importantes d'entre elles sont les mares de BITI et celle de MEKECHENA situées sur le BASSO. Le sol de celles-ci est argileux, imperméable; la profondeur des mares n'excède jamais, lorsqu'elles sont en eaux, plus de 50 cm, pour autant que nous avons pu en juger.

L'Enneri prenant naissance dans ces hautes plaines voit son lit se préciser au voisinage et au franchissement des zones rocheuses où il coulent souvent dans des gorges profondes, tandis qu'il subit une dégradation rapide dans les traversées des plaines. Un exemple typique est donné par la branche supérieure de l'Enneri SAGOURBI (KORDI) qui présente une dégradation poussée au lieu-dit BARABA, après son confluent avec l'Enneri MOEKROU, tandis qu'il traverse, par une gorge large de 10 à 20 m. et d'une profondeur de 30 m environ, l'affleurement gréseux de KOUROUMI.

La végétation se concentre le long des Enneri et s'étend un peu plus largement dans les zones d'épandage à la faveur d'un sol sablonneux susceptible de constituer une réserve d'eau suffisante pour l'entretien. Après la pluie, partout où le rocher n'affleure pas, on peut voir de très beaux pâturages. Toutefois, ces plaines ne présentent que fort peu de points d'eau . .

permanents et ceux-ci sont insuffisants à l'alimentation de troupeaux importants, aussi ces hautes plaines sont-elles très généralement inhabitées en saison sèche et utilisées uniquement en tant que pâturages temporaires en fin de saison des pluies (1)

3°/ - BASSIN du DJOURAB :

Pour ce bassin, nous distinguerons deux groupes :

- Les Enneri ayant leur origine à la bordure Sud-Ouest des hautes plaines et qui, en définitive, aboutissent tous à l'Ouadi SAALA et que nous désignons par groupe de la SAALA.

- Le groupe des Enneri du Sud, Ouadi du MORTCHA, dont l'origine se situe dans les plateaux Biliyas et auxquels nous rattacherons les différents Ouadi qui, sans avoir leur origine dans le Massif de l'ENNEDI, drainent la partie Nord de la plaine du MORTCHA, entre les bassins des Ouadi OUM-CHALOUBA et SAALA.

- GROUPE de la SAALA :

Les différents Enneri constitutifs du réseau hydrographique appartenant à ce groupe aboutissent sur la falaise terminale, dominant la plaine précambrienne en quatre points principaux qui sont, d'Ouest en Est, les lieux-dits : N'DOU, ARCHET, NOHI et SINI. Les Bassins Versants de ces différents exutoires sont figurés sur le croquis général joint à la présente note. Nous avons adopté ces dénominations pour désigner les quatre bassins principaux correspondants.

---

(1) Signalons néanmoins que le Guide nous ayant fourni la toponymie locale, y séjourne toute l'année avec son bétail, en se repliant, les années de grande sécheresse, sur la guelta permanente de KOUBE.

On remarquera :

- de notables différences dans le tracé des branches principales avec ceux figurés sur le croquis au 1/1.000.000° du Service Géographique, en particulier, l'important point d'eau permanent d'AOUE appartient au bassin d'ARCHEI et non à celui de N'DOU (TOURBA)

- de nombreuses divergences quant à la toponymie qui s'expliquent par le fait que les noms portés sur la carte sont généralement ceux qui ont été donnés par des Guides arabes, non originaires de l'ENNEDI.

a) Description sommaire des différents bassins :

A la chute de HOHOU située 15 km à l'Ouest de FADA, l'Enneri N'DOU draine un Bassin Versant de 1300 km<sup>2</sup> limité au Nord par le rebord méridional de la haute plaine de DOINGA qui, elle, fait partie du bassin du MOURDI, et à l'Est par la grande cassure orientée Nord-Sud qui va sensiblement d'ARCHEI à la limite des plaines de DOINGA et de BITI (voir croquis ci-joint).

L'amont du Bassin Versant se développe dans les systèmes gréseux du Tassilis et comprend plusieurs ensembles :

- l'ensemble Nord, qui comporte une série de petits bassins dont les plus importants dépassent 50 km<sup>2</sup> et qui draine le relief entre la limite méridionale de DOINGA et la dépression de FADA, Parmi ceux-ci, signalons ceux de NURE, BETELENGA, WARI et ETERTEKOILE (40 km<sup>2</sup>).

- l'ensemble Est, qui débouche dans la dépression de FADA au lieu-dit OHOUKA et qui est formé de plusieurs branches se réunissant quelques kilomètres seulement en amont de OHOUKA. La principale est celle de TOURBA drainant la dépression du même nom et dont le Bassin Versant est de 220 km<sup>2</sup> environ.

- l'ensemble Sud, ou Bassin Versant de l'Enneri SAO, d'une superficie de 200 km<sup>2</sup> qui alimente la nappe phréatique de la palmeraie de FADA.

Le Bassin Versant Expérimental de KOURIEN-DOULIEN situé dans la butte d'ERISIGUE, 12 km au Sud de FADA, appartient à ce Bassin Versant.

A l'aval de FADA, un cordon dunaire peu élevé ferme la vallée entre les rochers de DARKO et de KAYA-ADINILLIA, ce qui confère au bassin un caractère autonome, les écoulements en surface de l'Enneri SAO ne parvenant plus jusqu'à l'artère principale.

Dans la traversée de la dépression de FADA, l'artère principale qui prolonge l'ensemble Est et reçoit théoriquement les apports de l'ensemble Nord, prend successivement les noms de CHOUKA, CHOUKA-KEBI, AOUALI et CHOU-DAHON. AOUALI constitue une zone d'épandage où la végétation arbustive est relativement abondante.

A l'aval des chutes de CHOU, l'Enneri aboutit immédiatement à un important delta intérieur où la végétation arbustive est assez dense, c'est ce delta qui est plus spécialement désigné par N'DOU. Les écoulements ne dépassent que tout-à-fait exceptionnellement ce point pour rejoindre l'Enneri SAALA; à l'Est de DOMANE aucun des affluents inférieurs n'aboutit au lit principal.

#### Bassin Versant d'ARCHEM -

Aux gorges d'ARCHEM, ce bassin couvre une superficie de 800 km<sup>2</sup> qui draine au Nord la limite méridionale de la haute plaine de BITI, ainsi que la bordure Sud-Ouest du BASSO.

Le réseau hydrographique de ce Bassin comprend essentiellement une artère Nord-Sud qui, dans sa partie aval, traverse la dépression d'AROUÉ. Ses principaux affluents sont des affluents Rive Gauche dont l'orientation générale est d'Est-Ouest.

En remontant vers le Nord, les principaux d'entre eux sont : ELI, TOGOLY, MAYA, AOUÉ.

Schématiquement, toute la partie du bassin située au Sud de KOSSOMABA-ONOUKO est située dans la série des Tassilis, la partie supérieure étant découpée dans le relief post-tassilien.

Des quatre bassins principaux constituant le groupe de la SAALA, le Bassin Versant d'ARCHEI est celui pour lequel l'extension des zones ensablées est la plus réduite.

A l'aval des gorges d'ARCHEI, l'Enneri ARCHEI alimente, après une courte traversée dans la dépression d'EDIE, la branche principale du Ouadi SAALA, branche que nous avons désignée par Enneri KORATEKE du nom qu'elle prend au Sud du Massif de DELI.

#### - Bassin Versant de NOHI -

Le Bassin Versant de NOHI aboutit à l'aval dans la mare d'EDIE au Sud d'ARCHEI, mais les écoulements qui dépassent la grande dépression intérieure de NOHI située à 20 km à l'amont de cette mare et qui constitue un véritable delta, sont tout-à-fait exceptionnels. Le Bassin Versant à l'amont de ce delta intérieur est de 1500 km<sup>2</sup>. La branche maitresse de ce système est orientée Est-Ouest et reçoit ses principaux affluents en Rive-Droite, la partie amont de cette branche principale prend le nom de Enneri KEECHI. Les affluents Rive Droite drainent la bordure méridionale du plateau de BASSO. Le plus important d'entre eux est l'Enneri OFFRO qui franchit la dépression du même nom et rejoint NOHI, en amont du delta intérieur après la traversée en gorges très encaissées de l'effondrement de BAABA.

La totalité du Bassin Versant de NOHI, en dehors d'une faible partie située juste à la limite du BASSO, est constituée par des grès de la série des Tassilis.

**\_BASSO\_  
Mare de MÉKÉCHENA**



**\_MAYA\_  
Relief en digitation**

**\_HATEHAYE - OFFRO\_  
Plaine de dégagement avec de  
nombreuses buttes témoins**



Bassin Versant de l'Enneri SINI -

Nous n'avons pas pu parcourir celui-ci. Signalons simplement qu'il aboutit à l'aval dans la mare de TEHIME au Sud de la butte témoin du même nom. Que cette mare présente deux défluent : un défluent principal vers le Nord en direction de la mare d'EDIE, un défluent secondaire orienté Sud-Ouest et alimentant la branche méridionale du ouadi SAALA.

b) Description morphologique :

Lorsque, d'amont vers l'aval, on parcourt les différents bassins du groupe de la SAALA, divers types de vallées sont rencontrés selon la nature géologique du terrain.

- Série continentale post-tassilienne :

Après un parcours plus ou moins long, mais jamais très développé, sur le rebord méridional des hautes plaines avec un paysage semblable à celui des hauts bassins du système du MOURDI déjà décrit, l'enneri s'est creusé de profondes vallées dans la masse gréseuse ce qui a conduit au relief en digitation signalé plus haut. Pour toute cette partie, le réseau hydrographique est très nettement marqué et s'est conservé pratiquement dans son intégrité. Dans le lit de l'Enneri, la roche affleure largement, les parties ensablées sont peu étendues, les pentes fortes. Par suite de l'irrégularité du profil, le lit apparaît après une pluie comme une succession de mares ou de gueltas. La végétation est uniquement concentrée dans le fond de la vallée, sur les bords du lit où elle forme un cordon qui suit fidèlement les contours du torrent. L'exemple type de ce paysage est celui de la vallée de BEIBA, branche extrême d'ARCHET en amont de MAYA.

La falaise, à la limite du relief en digitation qui domine la série inférieure, est franchie par une chute située au front même de celle-ci (AOUE, ETEGNIA), ou rejetée au fond d'une gorge entaillant profondément le relief; c'est le cas à MAYA qui offre le magnifique spectacle d'une gorge profonde de 70 à 100 m, d'une largeur presque uniforme de 200 m aux parois verticales, taillée à la base du relief en digitation.

Au fond de la gorge, un cordon d'éboulis aboutit jusqu'au lit du torrent. Lorsqu'il coule, celui-ci se précipite au milieu d'un indescriptible chaos de blocs erratiques. Une végétation fossile, avec de nombreux palmiers dattiers et palmiers doums, a réussi à subsister en ces lieux privilégiés. En ces points de franchissement, on relève de nombreux points d'eau, marmites de géants creusées à la base des chutes et remplies par l'eau de ruissellement (gueltas); sources dont plusieurs sont permanentes : AOUE, MAYA, nous reviendrons plus loin sur le problème que posent ces dernières.

Les cours d'eau aboutissent ainsi à la série des Tassilis.

- Série continentale post-tassilienne à faciès psammitique :

Dans d'autres cas, la série continentale prend le faciès psammitique et la morphologie est différente de celle décrite plus haut.

Ici l'Enneri déroule les méandres d'un lit de sable dans de larges vallées, les premiers indices de dégradation du réseau apparaissent.

La végétation xérophile reste concentrée en bordure de l'Enneri, les zones sableuses sont couvertes de pâturages appréciés par les nomades qui y viennent en fin de saison des pluies. Les rigoles de drainage du relief encadrant la vallée constituent de petits affluents dont le réseau est plus ou moins diffus. Ces affluents parviennent rarement jusqu'à l'émissaire principal. Le paysage type est celui de la dépression d'AOUE.

- Série des TASSILIS -

Les Enneri présentant un bassin suffisamment développé dans la zone précédente, abordent les grandes zones de déblaiement, caractéristiques de cette série, après un parcours profondément creusé en gorges dans la masse rocheuse. Signalons les gorges de la branche amont de l'Enneri AROUE (ARCHEI) et celles de l'Enneri NOHI. L'Enneri NOHI présente, dans sa partie inférieure, avant de déboucher dans le delta, une splendide gorge de plus de 20 km. de long, encaissée parfois de près de 100 m. dans le relief. Le lit de sable blanc est bordé sur chaque rive d'une végétation étonnamment verte où l'on remarque de nombreux palmiers doums et des groupes de grands Térélis séculaires formant de ci de là des îles d'ombre.

Lorsqu'un plateau de faible développement se trouve juste à l'amont d'une importante plaine de déblaiement, comme c'est le cas pour les Enneri TOURBA à TOURBA et OFFRO à BAABA, l'Enneri s'est profondément encaissé dans le plateau en creusant une gorge étroite aux parois verticales. Aucune végétation ne marque la gorge qui est souvent découpée à bords francs dans le rocher; aussi, ne découvre-t-on celle-ci que lorsque l'om ne s'en trouve plus éloigné que de quelques mètres.

Dans la plaine, l'Enneri principal est, tout d'abord, une belle rivière de sable blanc dont la largeur peut atteindre quelques centaines de mètres (NOHI 300 m., OHOUKA 120 à 150 m), mais bientôt les premiers indices de désagrégation apparaissent, formation de défluent; puis la rivière se divise en plusieurs bras et forme une sorte de delta situé généralement dans une zone de confluent où la végétation, entretenue par une nappe phréatique, est abondante. Ces deltas sont des zones de puits (NOHI, ACUALI). En aval de la plaine où généralement la roche affleure, le lit se reforme moins puissant qu'à l'origine et draine les rares eaux qui parviennent encore jusqu'à lui, vers les Talwegs fossiles profondément creusés dans la roche. C'est le cas de l'Enneri NOHOU-DAHON

qui, à l'aval d'AOUALI, draine les eaux vers la gorge de HOHOU. Ainsi la végétation, dont la croissance dans le lit du fleuve ne peut plus être empêchée par les crues devenues trop peu fréquentes et trop peu violentes, apparaît comme le facteur principal de la désagrégation du système hydrographique. Elle provoque, en outre, un ralentissement notable du courant favorisant les dépôts limoneux et la formation d'une nappe étendue, créant ainsi par réaction, si cette expression nous est permise, un milieu relativement favorable qui permet son maintien.

Dans les zones de déblaiement, les effluents qui se sont formés sur les buttes gréseuses n'atteignent pas l'Enneri principal et on relève même de nombreux bassins versants fermés, la fermeture étant généralement réalisée par un cordon dunaire comme c'est le cas pour l'Enneri SAO de la région de FADA.

Les buttes ont été profondément travaillées par le ruissellement, de nombreuses fractures sont ouvertes jusqu'au niveau de base formant dans le rocher des entailles étroites aux parois verticales : ADI-LEBO (NOHI).

Lorsque ces massifs gréseux sont suffisamment étendus, les ruissellements qui y prennent naissance arrivent à constituer des réseaux hydrographiques, nettement marqués dans les zones rocheuses, plus ou moins bien conservées dans les petites dépressions sablonneuses intérieures; c'est le cas de KOURIEN-DOULIEN dans le Massif d'ERISIGUE, sur lequel nous aurons à revenir à l'occasion de son étude particulière.

En dehors des buttes isolées et du Massif d'OROGOHOU au Nord-Est de OUAGUIF, nous n'avons pu observer l'érosion désertique en pédiment, telle qu'elle est généralement décrite avec le glacis qui se développe largement à la base du relief tectonique formant, à son contact, une ligne de rupture de pente (knick). Une série de Ouadi au lit peu marqué et parallèles entre eux parcourent le glacis pour aboutir à la PLAYA ou zone d'accumulation.

**\_ BARAKATRA \_**  
Erosion en morille



**\_ BAABA \_**  
Erosion éolienne

**\_ DÉLI - BOROTOTOU \_**  
Erosion en pédiment à la base  
d'un témoin isolé



A OROGOHOU, le relief peu développé est en forme de croissant; le pédiment caillouteux, d'une profondeur de 2 km. environ, converge vers la zone de dépôts où une mare temporaire se forme à la suite d'une saison exceptionnellement pluvieuse.

Toutefois, l'ensemble des Enneri ARCHEI-NOHI et SINI offre, en aval du Massif, une morphologie apparentée à ce type. Le lit pratiquement disparu, est surtout révélé par les photos aériennes et la végétation. Lorsqu'il y a écoulement, de nombreuses rigoles communiquant fréquemment entre elles, parcourent une bande très large ou parfois se rassemblent dans un lit sableux aux berges peu marquées. Elles alimentent une série de mares très peu profondes au sol sablo-argileux, où la végétation absente indique une salinité relativement élevée. La plus importante d'entre elles est celle d'EDIE au "confluent" des Enneri ARCHEI - NOHI et TEHIME (SINI). Cette mare serait, selon la tradition locale, en eau au moins quelques jours par an. Au cours de cette campagne, elle l'a été à la suite des pluies des 7, 9 et 11 Août pour une durée que nous n'avons pu déterminer.

La branche principale du Ouadi SAALA, généralement désignée sous le nom de Enneri KORATEKE, est alimentée par l'Enneri ARCHEI et le défluent de la mare d'EDIE. Après un parcours en région gréseuse, où il présente un large lit sableux aux berges mal définies, il rejoint le socle cristallin au Sud de DELI où il prend l'aspect des Ouadi du MORTCHA. En année exceptionnelle (1956), il peut couler jusqu'à environ 50 km. à l'aval du puits de SOALA-DOMANE, soit sur une distance totale d'environ 330 km. depuis l'origine de l'Enneri SINI.

B/ - GROUPE des OUADI du MORTCHA :

Du Nord au Sud, ce groupe comprend :

- la branche méridionale de l'Ouadi SAALA, son origine se situe vers la butte de TEHIME et qui conflue avec l'Enneri KORATEKE, 3 km. environ en amont du radier de la piste d'OUM-CHALOUBA - FADA.

- l'Oued CHILI ou KOCHILI. Le tracé du cours moyen et supérieur de cet Oued, figurant sur le croquis au 1/1.000.000° du Service Géographique, est sensiblement exact. Par contre, il n'alimente pas la "mare" d'ELLELA, son cours, au méridien de GOUMEUR, ne s'infléchissant pas vers le Sud, mais se poursuivant sensiblement vers l'Ouest en direction de la zone dunaire de CHELIM où il se perd.

- les Ouadi HAOSSIDINGA-HADIANGA. Cet ensemble constitue le Bassin Versant actuel de la mare de GOUMEUR. Ils prennent leur source en bordure du Massif de DAHOLOUK. HAOSSIDINGA passe par OUARGALA, puits qui se situe en bordure Nord d'une série de pointements granitiques; il prend ce nom en aval du puits.

- l'Oued OUM-HADJER. Contrairement au tracé figurant sur le croquis au 1/1.000.000°, son origine ne se situe pas dans les hauts plateaux Bilias, mais il descend de la butte de KAWALIE et alimente la "mare" d'ELLELA après avoir traversé toute une série de zones d'épandage, entre autres, en amont de la butte de BIZE.

- l'Oued HAOUACH. Le plus méridional du groupe qui nous intéresse et aussi le plus important; il se forme dans les hauts-plateaux Bilias où il reçoit, en Rive Droite, l'Enneri ITO et, en Rive Gauche, l'Enneri KOFOURA. Son tracé, en aval de la piste d'OUM-CHALOUBA est extrêmement dégradé. Il nous a, toutefois, été signalé qu'en année exceptionnelle la crue pouvait atteindre le 19° méridien.

A ces principaux ensembles, il y a lieu d'ajouter le bassin de la mare de DJIKDJIK alimenté depuis la butte d'ARCHEIBEDO.

Comme nous l'avons décrit plus haut, le MORTCHA offre l'aspect d'une succession de regs encerclés par des lignes de végétation avec, au voisinage des Ouadi dans les "plaines d'inondation", de nombreux pâturages. Le lit des Ouadi parcourt le fond de faibles ondulations qui contournent les buttes granitiques. On observe généralement un lit mineur au tracé discontinu qui peut, sur quelques km, être bien marqué avec des berges franches de 0,50 à 1 m pour disparaître dans des zones d'épandage en se divisant en une multitude de petites rigoles. Dans d'autres cas, les zones d'épandage sont . . . . .

limitées par deux branches principales du lit mineur faisant figure de drain (mare de TOROBOUL (?) sur l'Oued HAOUACH). En crue, l'eau déborde largement de part et d'autre du lit mineur, dans une plaine, dont la largeur totale peut dépasser 1 km. et où la végétation essentiellement composée de graminées, de pastèques et de Thalassidroma, trouve assez d'eau pour se maintenir.

La délimitation des Bassins Versants est difficile, elle serait pratiquement impossible sans le concours des photos aériennes. Il existe, en particulier, de nombreuses zones de confusion. Nous citerons les deux plus typiques :

- HAOUACH-GOROT. L'Oued GOROT, affluent d'OUM-HADJER, est essentiellement alimenté depuis une zone d'épandage située sur l'Oued HAOUACH, 25 km environ à l'Est de la piste d'OUM-CHALOUBA - FADA. La zone de capture, nettement visible sur le terrain, est très apparente sur les photos aériennes; il nous a été donné de voir "en eau" cette zone. Nous nous sommes trouvés en présence d'une multitude de flaques d'eau éparpillées dans une zone de potopoto. En l'absence d'écoulement, il ne nous a pas été possible d'estimer une répartition des débits entre HAOUACH et GOROT.

- TEHIME-DIRE. L'Enneri SINI, dont le lit dans la traversée de la partie aval du Massif est très dégradé et mal défini, franchit une succession de mares dont la plus importante se situe au Sud du Massif de TEHIME. Celle-ci présente deux défluent. Le défluent Nord contourne le Massif par l'Ouest pour rejoindre la mare d'EDIE, le défluent Sud-Ouest alimente la branche méridionale de l'Oued SAALA. En fin de saison sèche, les traces de ruissellement sont peu marquées et il est difficile de juger lequel des deux défluent est le plus important; toutefois, notre guide et les nommades de la région estiment que l'Oued SINI rejoint la mare d'EDIE située au Nord.

En outre, l'examen des photos aériennes indique une "zone de capture" entre l'Ouadi CHILI et l'Ouadi SAALA, au voisinage d'une plaine d'inondation située à l'aval de la précédente. Ne disposant sur le terrain que de la mosaïque photo, qui ne nous avait pas révélé cette particularité, nous ne nous sommes pas rendus en ce point.

RENSEIGNEMENTS QUALITATIFS sur le RUISSELLEMENT :

Nous n'avons pu obtenir aucun renseignement précis concernant les écoulements dans les Enneri de l'ENNEDI et les Ouadi du MORTCHA.

Il est admis, par tous ceux qui ont été amenés à séjourner dans cette région, que les Enneri de l'ENNEDI coulent plusieurs fois par an, en général en Août tout au moins dans la partie rocheuse du Bassin Versant, que les Ouadi du MORTCHA coulent au moins une fois par an en Août, mais pas toujours de façon continue et il peut y avoir des années sans eau dans les diverses mares sur le cours aval des Oueds; ce fait serait relativement rare pour DJIKJIK, HEDJILIDJ et GOUMEUR, et beaucoup plus fréquent pour ELLELA. En année exceptionnelle, des écoulements continus sont observés sur les principaux Enneri du Massif : KORDI, DOUGOURO, N'DOU, ARCHET et SINI. L'Oued SAALA peut couler jusqu'au delà du puits de DOMANE, il est alors essentiellement alimenté par ARCHET et, dans une moindre proportion, par SINI.

L'Oued KOCHILI coulerait jusqu'à la limite de CHELIM; ELLELA alimenté par des "déversements" de GOUMEUR et OUM HADJER peut atteindre la même limite tandis que HAOUACH et plus au Sud l'Oued OUM-CHALOUBA couleraient jusqu'au 19<sup>ème</sup> parallèle dans la région de KORO-TORO.

En 1956, année exceptionnelle comme nous le verrons plus loin, le radier de HOHOU-DAHON sur la piste de FADA (N'DOU) (1) a été noyé pendant plusieurs jours

---

(1) Pour permettre une localisation plus facile, nous indiquons entre parenthèses le système auquel appartient l'Enneri dont il est fait mention.

tandis que pendant la même période, des écoulements continus auraient été observés à ARCHEI et sur tous les Oueds du MORTCHA. Divers recoupements nous permettent de préciser cette période de ruissellement qui, pour le MORTCHA, aurait eu lieu du 7 au 26 Août environ, du 11 au 24 Août pour ARCHEI, et du 16 au 21 Août pour l'Enneri AOUALI à HOHOU-DAHON (N'DOU)

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----  
Commission du LOGONE et du TCHAD  
-----

E N N E D I  
-----

HYDROLOGIE SUPERFICIELLE  
-----

C H A P I T R E III

METEOROLOGIE

I - Pluviométrie

A/ Analyse des observations antérieures à 1957

B/ Observations de la campagne 1957

II - Température - Evaporation

T A B L E A U II

ENNEDI - HYDROLOGIE

Pluviométrie

FADA - Hauteurs mensuelles

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1950							9,9	124,2	30,2				154,3
1951							3,6	11,3	64,3				79,2
1952								136,9	3,3				140,2
1953					28,3		43,9	69,5	2,0				143,7
1954		t <sub>r</sub>			17,5		50,1	123,9					191,5
1955						10,9	36,0	27,8	17,0				91,7
1956							9,4	142,5	2,0				153,9
1957			t <sub>r</sub>			2,0	35,4	25,0	-				(77,9)
Moyenne					5,6	1,6	23,6	82,7	15,5				129
Extrêmes en 24 h. pour la période 1950-1957:					10,2	6,0	24,1	50,2	39,4				

I - PLUVIOMETRIE -

A/ ANALYSE des OBSERVATIONS ANTERIEURES à 1957 :

Des relevés pluviométriques ont été effectués à FADA avec plus ou moins de continuité dès la mise en place du poste militaire. Les observations sont pratiquement continues depuis 1934.

Nous avons pu, à FADA et à FORT-LAMY, consulter les documents originaux pour la période 1950-1957, le tableau ci-contre donne les relevés mensuels et les moyennes pour cette période.

Pour la période antérieure, nous nous sommes référés aux résultats publiés dans les annales des Services Météorologiques de la France d'Outre-Mer et re-produits ci-dessous :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes pour la période 1935-1949 (1)				0,6	3,0	0,2	13,8	44,2	9,9				71,7
Extrêmes pour 1935-1949				8,0	34,0	2,3	41,3	158,5	42,2				
Maximum en 24 heures					3,9	0,8	9,2	73,3	39,4				

(1) Les Annales 1952 indiquent, pour ces mêmes chiffres, la période 1935-1952 par suite d'une erreur d'impression.

Ces Tableaux mettent en évidence une grande irrégularité de la pluviométrie et font apparaître la période 1950-1956 comme particulièrement humide.

L'irrégularité peut être chiffrée par le rapport  $v = \frac{\Delta \text{ Moy.}}{\text{Moy.}}$  ou  $\Delta \text{ Moy}$  est la moyenne des écarts absolus à la moyenne. Ce chiffre a l'avantage d'être celui utilisé par M. DUBIEF, ce qui permet des comparaisons avec les autres stations sahariennes.

Sur la période 1935-1948, M. DUBIEF donne pour  $v$  la valeur :

$v = 0,47$  pour une hauteur moyenne annuelle de l'ordre de 75 mm.

Sur la période 1935-1957, nous obtenons :

$v = 0,39$  pour une hauteur moyenne annuelle de l'ordre de 90 mm.

Ces chiffres sont du même ordre de grandeur que ceux observés pour les stations sahariennes dont la pluviométrie moyenne interannuelle est voisine de celle enregistrée à FADA :

DELIBAT (Sahara Tunisien)  $H_{\text{moy}} = 96,0$        $v = 0,43$

ATAR (Sahara A.O.F.)       $H_{\text{moy}} = 101,2$        $v = 0,62$

La courbe  $v/H$  publiée par M. DUBIEF donne d'ailleurs pour 90 mm. une valeur de  $v$  qui s'élève à :

$v = 0,41$

Il subsiste néanmoins une différence importante entre le régime pluviométrique de l'ENNEDI et les autres Stations Sahariennes, en particulier celles du Massif Central Saharien.

Pour l'ENNEDI, la pluie essentiellement influencée par la mousson est concentrée sur une période de courte durée 15 Juillet - 15 Septembre, alors que pour les Stations non soumises à cette influence, les précipitations ont lieu sur une période beaucoup plus étendue, l'hiver et le printemps pour le Massif Central Saharien.

Cette concentration dans le temps des précipitations est de nature à faciliter grandement les études d'Hydrologie de surface.

Sur les bases définies précédemment, nous avons calculé les chiffres généraux sur la période 1934-1957. Les moyennes obtenues doivent être considérées comme des valeurs probables permettant de mettre en évidence les caractères marquants de la pluviométrie à FADA et de situer cette station par rapport aux stations voisines.

Les résultats sont les suivants :

- Hauteur moyenne annuelle : 91 mm.
- Hauteur maximum annuelle enregistrée : 191,5 mm en 1954
- Hauteur minimum enregistrée : 1 mm en 1948.

La répartition mensuelle s'établit comme suit :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
:	:	:	0,4	3,9	0,7	17,2	57,6	11,2	:	:	:

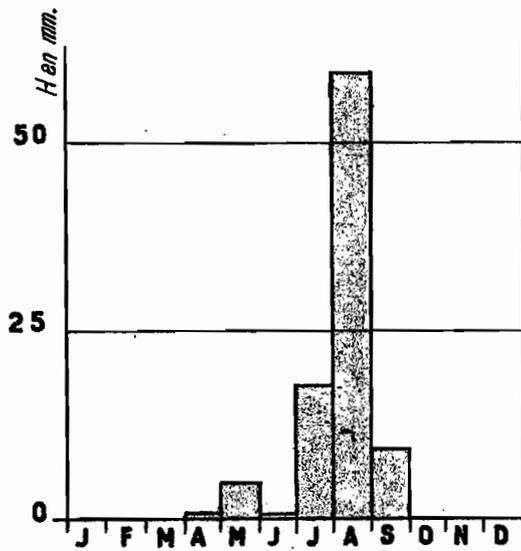
EN NEDI - HYDROLOGIE

Bassin du Tchad

Pluviométrie Répartition annuelle

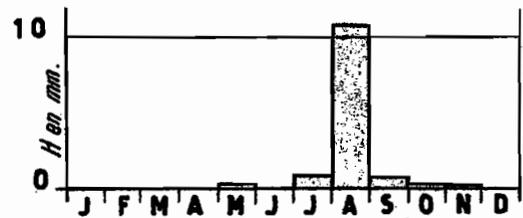
FADA

Période 1935-1956



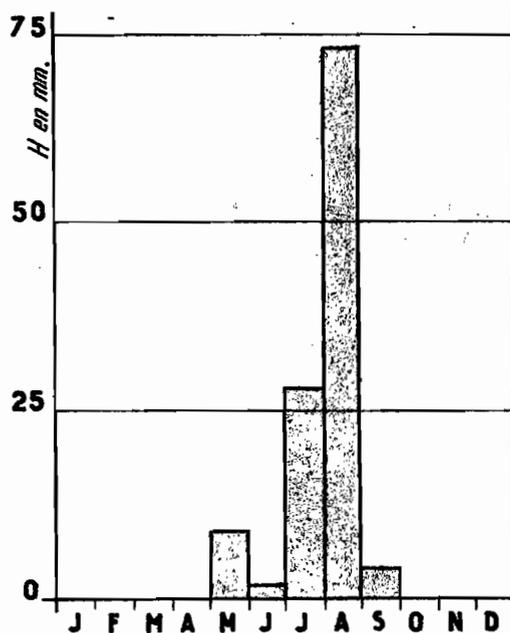
FAYA - LARGEAU

Période 1942-1952



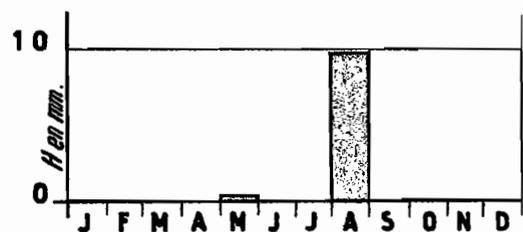
FADA

Période 1952-1956



FAYA - LARGEAU

Période 1952-1956



TCH 7056

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

ED:

LE: 27 Nov 57.

DES: J-P Heeblich

VISA:

TUBE N°:

AO

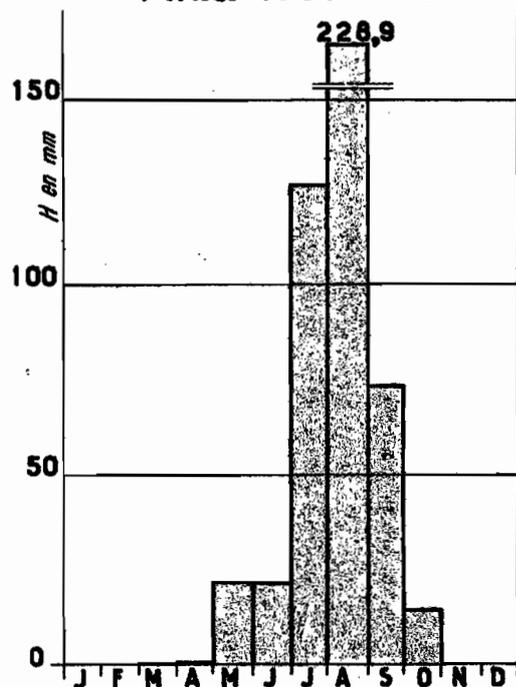
ENNEDI-HYDROLOGIE

Bassin du Tchad

Pluviométrie Répartition annuelle

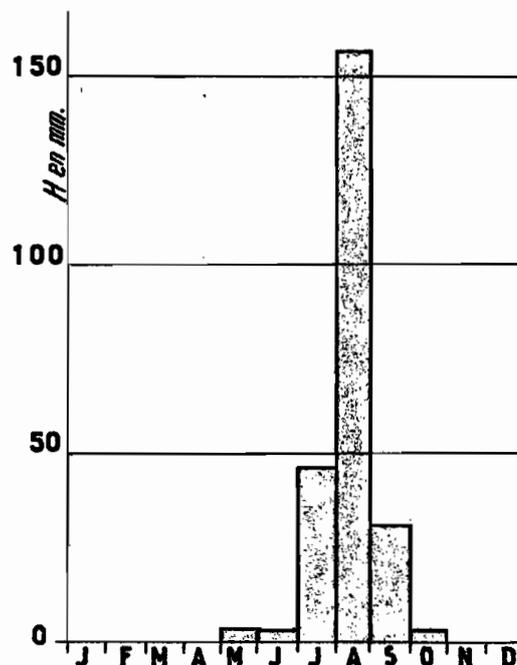
ABECHER

Période 1935-1952

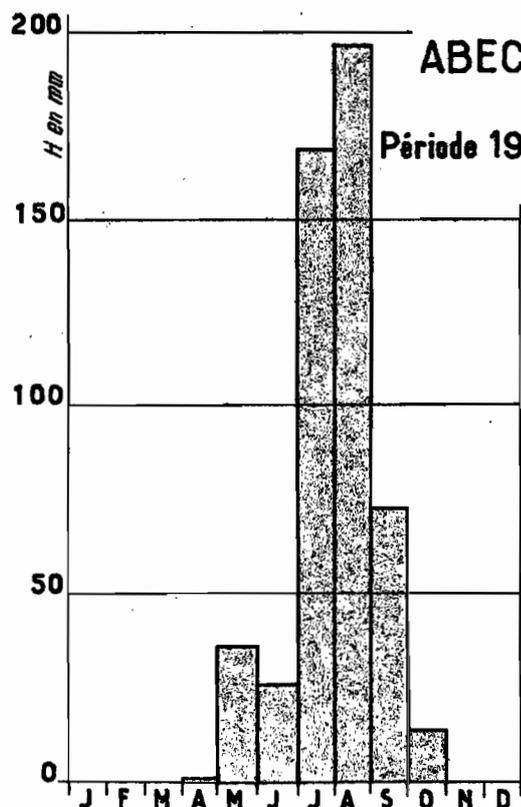


ARADA

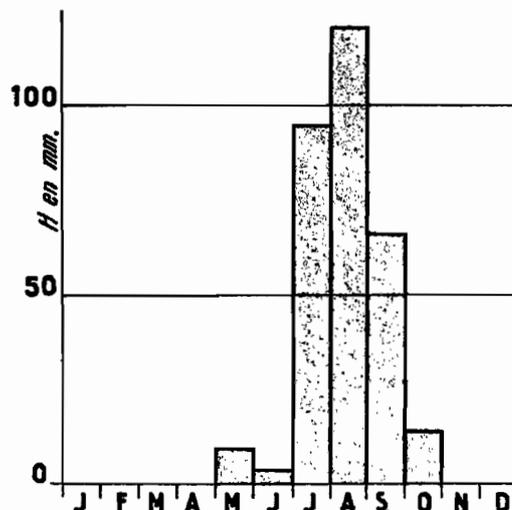
Période 1952-1956



ABECHER  
Période 1952-1956



BILTINE  
Période 1951-1956  
(Sans 1954)



TCH. 7058

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

ED:

LE: 27 Nov. 57

DES: J.-P. Haeltlich

VISA:

TUBE N°:

AO

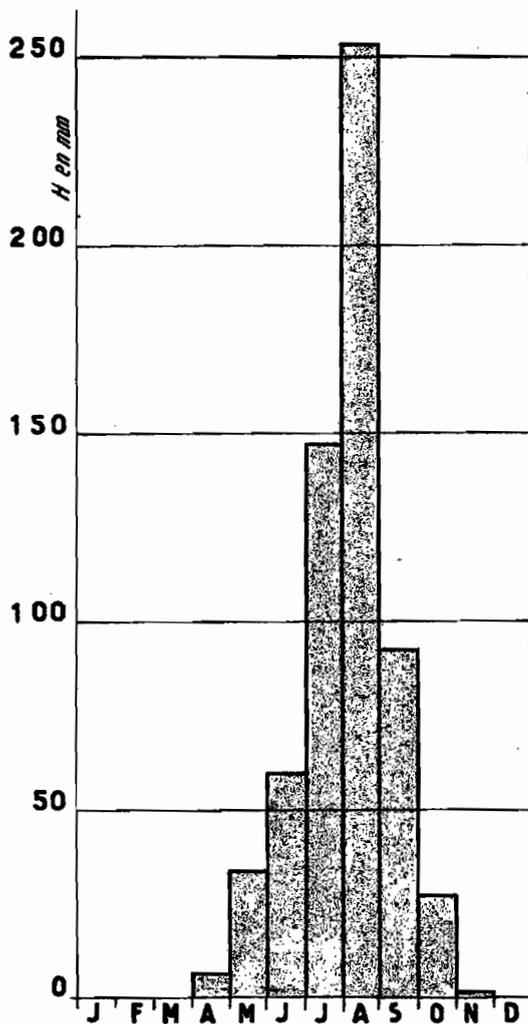
ENNEDI-HYDROLOGIE

Bassin du Tchad

Pluviométrie Répartition annuelle

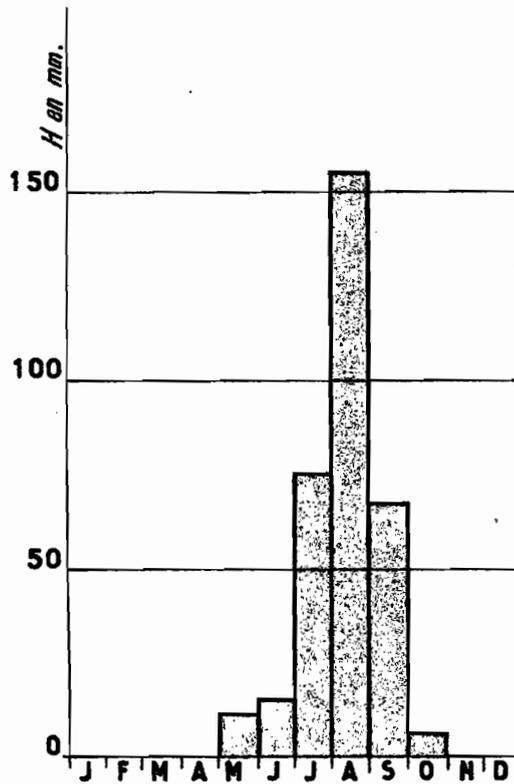
FORT-LAMY

Période 1935-1952



MOUSSORO

Période 1946-1952



TCH 7057

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

ED:

LE: 27 Nov 57

DES: J.P. Haettlich

VISA:

TUBE N°:

AO

Cette répartition mensuelle met en évidence deux maxima : 1 maximum principal en Août et 1 maximum relatif en Mai.

Par comparaison avec les graphiques de répartition pour différentes stations du TCHAD, on remarquera que le maximum d'Août se retrouve pour toutes les stations. Il correspond au maximum de la saison des pluies tropicales. Lorsqu'on remonte vers le Nord, ce maximum, toujours très accentué, intéresse une période de plus en plus réduite pour, à FAYA-LARGEAU, se limiter au seul mois d'Août. Le maximum relatif du mois de Mai fait son apparition avec les stations soumises au climat sahélien : ABEICHE, BILTINE, ARADA.

Ces caractéristiques du diagramme de distribution mensuel de la pluviométrie s'expliquent par les deux régimes distincts de perturbation qui sont à l'origine des pluies dans les régions qui se trouvent en limite de la zone d'action de la mousson soudanienne. Les plus importantes de ces perturbations sont celles liées au front intertropical et celles liées aux dépressions soudano-sahariennes.

Le front intertropical est la surface de discontinuité entre la masse d'air tropical continental chaud et sec de l'Harmatan<sup>(1)</sup> et la masse d'air frais et humide de la mousson; l'Harmatan souffle sur le versant méridional de l'anti-cyclone qui, en été, est centré sur la Méditerranée. La mousson est provoquée par la dépression thermique d'Afrique centrale centrée durant l'été boréal sur le Sahara et qui provoque un appel d'air humide depuis le golfe de GUINEE. La mousson joue, par rapport à l'Harmatan, le rôle de masse froide ce qui explique que lorsque le front intertropical se déplace vers le Nord, il y a formation d'importants systèmes nuageux responsables de tornades.

Ces systèmes nuageux du type cumulus-nimbus 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 FIT.

---

(1) En hiver l'Harmatan est relativement froid.

La limite septentrionale des "tornades de mousson" englobe l'ENNEDI, le BATHA, l'AIR, l'ADRAR-des-IFORAS et l'ADRAR de MAURITANIE. L'avancée maximum a lieu en Août pour la zone située à l'Ouest du Massif de l'ENNEDI. Exceptionnellement, cette limite peut être reportée beaucoup plus au Nord et des orages prenant naissance au sein de la mousson peuvent être observés au BORKOU (FAYA-LARGEAU) et même au TIBESTI (ZOUAR).

Les dépressions soudano-sahéliennes "font la liaison entre les zones climatiques tropicales et tempérées qu'elles relient en décrivant des trajectoires très caractéristiques. 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, traversent le Sahara et, parvenues dans la zone de dépression du front polaire, poursuivent leur chemin vers l'Est, associées ou non à des dépressions européennes" (DUBIEF). Lorsque ces dépressions sont associées à des invasions importantes d'air humide, elles peuvent donner lieu à des précipitations. Pour la partie septentrionale du bassin du TCHAD, la fréquence maximum du passage de ces dépressions se situe en Mai. Les pluies de Mai observées dans cette région auraient ainsi une origine identique à celle observée au printemps dans le Massif Central Saharien et l'ADRAR-des-IFORAS.

#### CARACTERISTIQUES des PRECIPITATIONS :

Les seules valeurs moyennes ne sont pas suffisantes pour expliquer les phénomènes d'hydrographie superficielle, l'intensité de la précipitation a une influence prépondérante. Celle-ci est directement liée à la nature même de la précipitation. Dans le cas particulier de l'ENNEDI, où on ne se trouve jamais très en arrière du front intertropical, les précipitations sont susceptibles de se présenter sous deux des formes qu'elles revêtent en région tropicale et sahélienne. Ce seront, soit des orages locaux de faible extension, d'une durée de vie brève et dont les déplacements sont lents, soit des lignes de grain constituées d'orages semblant avoir chacun leur vie propre, mais dont le déplacement est régulier et relativement rapide. A ces deux types de précipitations, il y a lieu d'ajouter les pluies en marge des systèmes orageux.

Par suite de leur faible intensité, ces dernières n'interviennent que très peu dans les phénomènes d'hydrologie de surface.

Du point de vue intensité, on peut admettre les chiffres suivants qui correspondent aux cas les plus fréquents :

- orage moyen 12 mm en 10 minutes
- ligne de grains 20 mm en 15 minutes  
(C.PERRIN de BRICHAMBAULT)

Ces observations, ainsi que les quelques éléments que nous pourrions tirer d'un examen des précipitations en 24 heures, permettent de se faire une idée, a priori, des précipitations observables dans l'ENNEDI.

PRECIPIATIONS en 24 heures :

Nous disposons des chiffres pour la période 1950-1957. Le classement fréquence-hauteur, donnant le nombre moyen annuel des jours où la pluie a été supérieure à une limite donnée, est le suivant :

Hauteur limite inférieure	0,1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Nombre moyen de jours par an	12,7	7,4	4,4	2,5	1,6	0,8	0,7	0,3	0,2	0,1	0	

La période de référence est trop courte pour qu'on puisse, du tableau précédent, extraire des renseignements statistiquement valables. Néanmoins, nous considérerions comme valables les ordres de grandeur suivants :

- Précipitation maxima décennale en 24 h. : 50 mm
- Précipitation maxima annuelle en 24 h. : 25 mm

Par ailleurs, notons le chiffre de 73,3 mm (Août 1947) donné comme précipitation maximum en 24 heures sur la période 1935-1949 (Annales de la Météorologie 1951). Bien que les relevés originaux du mois d'Août 1947 n'aient pu être retrouvés, ce chiffre ne semble pas absurde, par rapport à d'autres exemples connus.

En nous référant aux documents originaux, nous avons pu nous rendre compte que toutes les précipitations connues, supérieures à 30 mm, étaient le résultat de deux orages tombés à un intervalle de plusieurs heures et dont l'importance était de 15 à 25 mm chacun. Ce résultat, et les observations rapportées précédemment, permettent de définir une précipitation standard (précipitation susceptible d'être rencontrée une ou deux fois par an) comme la précipitation d'une durée de 20 à 30 minutes avec des intensités de 10 mm en 10 minutes (60 mm/h). Ce type de précipitation de courte durée et d'intensité notable, généralement précédée par de forts vents pré-orageux surprennent en pays aride, ce qui justifie le qualificatif de trombe d'eau que les observateurs leur ont généralement attribué.

B/ OBSERVATIONS de la CAMPAGNE 1957 :

Les observations de la Mission ont eu lieu du 15 Juin au 15 Septembre, elles ont porté sur 16 Stations. Les observations de deux d'entre elles, SEBE et KORDI-DJOKOBE ont été assurées grâce à l'obligeance de l'autorité militaire, FADA-poste est normalement suivi par le B.E.T.

Schématiquement, les postes d'observations étaient distribués comme suit :

- 4 postes régulièrement espacés entre FADA (540 m) et le plateau du BASSO (1025m), situés sur le parallèle de FADA.
- 4 postes régulièrement espacés entre ARCHEI et FADA situés sensiblement à la même altitude (600 m) sur un alignement Sud-Est - Nord-Ouest, soit un alignement sensiblement parallèle à la limite méridionale du Massif et perpendiculaire à la direction des vents dominants.
- 1 poste SEBE, dans la région Sud du Massif,
- 1 poste KORDI dans la région Nord du Massif,
- 1 poste SAALA dans la plaine du MORTCHA légèrement au Sud des premières lignes de relief.

Ces dispositions avaient été adoptées comme celles devant donner le plus de renseignements généraux quant à la répartition des précipitations.

En dehors de la région de FADA et des postes de SEBE et de KORDI-DJOKOBE, il a été utilisé des pluviomètres totalisateurs. Par suite des dates de mise en place, les périodes d'observations diffèrent d'un totalisateur à l'autre et il n'a pas été possible d'obtenir des résultats complets pour la pluviométrie du mois de Juillet. Pour le mois d'Août, les renseignements sont pratiquement complets. Pour la période du 15 Juin au 15 Septembre, nous avons complété les observations à partir des renseignements recueillis sur place et par comparaison avec les précipitations observées directement.

T A B L E A U III

ENNEDI - PLUVIOMETRIE

Postes d'observations

Lieux	Altitude (1)	Nature	Date de mise en service	Observations
FADA poste	540	Association		Exploité par le B.E.T.
ETERTEKOILE	570	Totalisateur	15 Juillet	
OHOUKA	570	"	"	
HOHOU-DAHON	523	"	"	
KOURIEN-DOULIEN	615	Enregistreur	10 Juillet	Voir étude particulière bassin expérimental
BASSO-KOUROUMI	1025	Totalisateur	1er Août	
AOUE	935	Totalisateur	26 Juillet	Volé en cours de campagne
TOUBA	710	"	24 Juillet	
ARCHEI (Ht. de la gorge)	650	"	8 Août	
ADIAMADIME	630	"	10 Août	
SEBE		Association	20 Juillet	Observations assurées par le peloton méhariste
KORDI-DJOKOBE		"	"	-d°-
SAALA		Totalisateur	26 Juillet	

(1) Les altitudes ont été déterminées par des observations barométriques

- BASSO-KOUROUMI, AOUE, TOUBA, et FADA se situent sensiblement sur le même parallèle
- ARCHEI, ADIAMADIME, KOURIEN-DOULIEN et FADA se situent sensiblement sur un alignement Nord-Ouest - Sud-Est.

T A B L E A U I V

ENNEDI - PLUVIOMETRIE

Relevés

Désignation	Lecture	Période de réf érence	Périodes		
			Juillet	Août	15-6 à 15-9
FADA poste			35,4	25,0	61,5
ETERTEKOILE	33,0	29-7 à 15-9	(27)	33,0	(60)
OHOUKA	33,8	29-7 à 15-9	(27)	33,8	(60)
HOHOU-DAHON	51,0	26-7 à 15-9	16,5	32,0	51,0
KOURIEN-DOULIEN					
- Enregistreur		15-7 à 15-9	24,0	41,0	65,0
- Association 1		"	25,0	36,8	61,8
- Association 2		"	30,4	47,4	77,8
- Totalisateur 1	95,7	"			70,7
- Totalisateur 2	55,5				55,5
BASSO-KOUROUMI	54,9	1-8 à 15-9	(15)	54,9	(70)
TOURBA	50,0	24-7 à 15-9	(20)	(30)	50,0
ARCHEI	57,9	8-8 à 15-9	(15)	57,9	(80,0)
ADIAMADIME	28,7	9-8 à 15-9	(25)	50	(75,0)
SEBE	107,1	20-7 à 1-9	46,1	61,0	107,1
KORDI-DJOKOBE	10,6	20-7 à 1-9	0	10,6	10,6
SAALA	49,0	26-7 à 15-9	0	49,0	49,0
AOUE	(volé)		28,2		

T A B L E A U V/a

ENNEDI - PLUVIOMETRIE

Précipitations isolées

Lieux	Date	Durée	Hauteur mm	Intensité en			Observations
				5 mm	10 mm	15 mm	
TOURBA	23-7	30'	3				
TOURBA	24-7	14'	1				
NARGAO	24-7	30'	15				Orage isolé
AOUE	26-7	18' (15 h)	13,5	75 mm/h	66 mm/h	50 mm/h	Ligne de grain, I moyen 45 mm/h
	26-7	3' (19 h)	1	20	"	"	
	27-7	17' (1 h)	13,7	69	" 60	" 50	Orage isolé, I moyen 48 mm/h
MAYA	28-7	32' (14 h)	17,1	66	" 57	" 48	Ligne de grains, 15 mm en 22', soit 41 mm/h d'intensité moyenne
ARCHET	8-8	19' (18h.45)	12,0	48	" 45	" 40	Ligne de grain, I moyen 38 mm/h
		20' (19h.30)	12,7	45	" 42	" 40	Ligne de grain, I moyen 38 mm/h
KORDI- DJOKOBE	7-8	12h.55-13h.05	5,5				
		13h.10-13h.30	2,5				
		17h.55-18h.10	2,6				
SEBE	23-8	17h.15-17h.45	0,8				
	26-8	17h.10-18h.30	42,6				
	27-8		2,7				
	7-8	14h.30-16h.30	5,6				
	8-8		13,7				
	9-8		37,1				
	11-8	14h.30-17 h.	4,6				

T A B L E A U V/d

ENNEDI - PLUVIOMETRIE

Précipitations isolées

Lieux	Date	Durée	Hauteur				Intensité en			Observations
			mm	5 mm	10 mm	15 mm	5 mm	10 mm	15 mm	
KOURIEN	26-7	14h.35-14h.45	2							
DOULIEN		17h.00-17h.11	2,5							
(1)		17h.30-19h.45	2							
		19h.45-21h.45	14,5	28 mm/h	24 mm/h	22 mm/h				Voir diagramme - pluie de marge orageuse
	28-7	16h.30-16h.50	3							
	7-8	17h.05-17h.25	2,5							
		vers 16 h.40								averse n'intéressant que la partie amont du Bassin Versant
	8-8	18h.00-18h.45	2,0							
		18h.45-18h.59	12,0				50 mm/h			Intensité moyenne en 14' : 51,5mm/h ligne de grain
	11-8		4							
	15-8	17h.05-17h.09	3,5							
		17h.10-17h.20	1,0							
		17h.20-19h.10	0,5							
		19h.25-19h.30	1,0							
		20h.35-20h.50	2,0							
	30-8	vers 15 h.								averse n'intéressant que la partie amont du Bassin Versant
		16h.30-16h.45	10,5	43 mm/h	40 mm/h	38 mm/h				Voir diagramme, grain de fin d'acti-
		16h.46-20h.00	2,0							té.

(1) Relevé au pluviographe

T A B L E A U VI

ENNERI - PLUVIOMETRIE

Caractéristiques générales

Stations	Superficie du B.V. en km <sup>2</sup>	Largeur du lit (sable) en m	Pente en m/m	Caractéristiques du Bassin Versant
ETERTEKOTILE	40	40	2,05 10 <sup>-3</sup>	Gréseux, végétation et sol nuls, dépression intérieure réduite, forme d'érosion en morille et gorges encaissées. Draîne la limite méridionale du plateau de DOINGA
OHOUKA	550	80	1,42 10 <sup>-3</sup>	Gréseux, végétation et sol nuls, formé de trois bras principaux (TOURBA). Draîne un vaste bassin au Sud de DOINGA, à l'Ouest de la dépression d'AOUE et du plateau de NARGAO. Vaste dépression intérieure (TOURBA). Extension des zones ensablées relativement réduite
HOHOU-DAHON	1000	45	1,84 10 <sup>-3</sup>	Se situe à l'aval d'OHOUKA après la traversée de la dépression de FADA. La zone intermédiaire est essentiellement constituée par le delta d'AOUALI sableux avec une végétation abondante.
SAALA	-	-	-	Exutoire dans le MORTCHA des bassins de SINI, NOHI et ARCHEI

Les Tableaux III, IV et V donnent :

- Tableau III : renseignements généraux relatifs aux diverses stations,
- Tableau IV : pluviométrie enregistrée aux diverses stations,
- Tableau V : renseignements concernant des précipitations individuelles ayant pu être observées directement,

De l'examen du Tableau IV, il ressort les tendances générales suivantes :

- Influence très nette de la latitude, on relève :
- 107 mm à SEBE, latitude 16° 38'
- 10,6 mm à KORDI-DJOKOBE, latitude 17° 37'

ainsi que les valeurs suivantes :

- 80 mm à ARCHET, latitude 16° 54'
- 70 mm à KOURIEN-DOULIEN, latitude 17° 07'
- 60 mm à FADA, latitude 17° 10'

Notons tout de suite que, selon la tradition locale, les précipitations sont rares dans le MOURDI et plus encore dans les ERDI. Pour cette dernière zone, les dernières précipitations auraient eu lieu en Mai de cette année, après plusieurs années de sécheresse. Ceci laisse penser que l'avancée septentrionale des pluies, provoquées par la mousson, dépasse rarement l'ENNEDI.

- Pour ce qui est de l'influence de l'altitude, un résultat plutôt négatif :

- le BASSO (1025 m) a enregistré 70 mm
- TOURBA (710 m) " 50 mm
- FADA (541 m) " 61 mm

Ces trois stations étant sensiblement situées sur le même parallèle ( $17^{\circ}10'$ ).

Par contre, ARCHET (plateau) situé plus au Sud ( $16^{\circ}56'$ ) et à une altitude de 650 m, a enregistré une hauteur de 80 mm.

Les précipitations de Juillet ont été plus fortes dans la région de FADA que dans celle d'AOUE - MAYA et du BASSO. Au contraire, celles d'Août ont été plus élevées pour les stations d'altitude.

D'une façon générale, pour la région du Massif que nous avons étudiée, la pluviométrie enregistrée aux différentes stations est du même ordre de grandeur avec un minimum de 50 mm à TOURBA et un maximum de 80 mm pour ARCHET.

En particulier, pour la région de FADA, les valeurs enregistrées, tant pour les mois de Juillet et Août, pris individuellement, que pour la période allant du 15 Juin au 15 Septembre, sont du même ordre de grandeur, bien qu'individuellement les différentes stations aient été intéressées par des orages indépendants. Ce résultat, qui nous semble pas devoir être attribué au seul hasard, donne à penser que les précipitations en ENNEDI ne présentent pas le caractère anarchique et singulier qu'on leur attribue généralement.

Enfin, pour toutes les stations de la région de FADA, la pluviométrie est nettement inférieure aux moyennes interannuelles. Pour la même période (15 Juin - 15 Septembre) cette moyenne est à FADA de 80 mm contre 61 mm enregistrés en 1957 (1)

La saison étudiée ne présente aucun caractère exceptionnel et serait plutôt faible. Il est probable que des averses en 24 heures, plus importantes, puissent être observées dans ces régions en année plus abondante.

---

(1) Au sujet de la validité des moyennes pluviométriques dans les régions désertiques, on se reportera à l'étude de M. DUBIEF.

CARACTERE des AVERSES -

1°) OBSERVATIONS QUALITATIVES :

Toutes les averses que nous avons pu observer appartenaient aux trois types signalés plus haut. Nous n'examinerons pas le cas des pluies de marge orageuse qui n'engendrent que de faibles intensités et, par suite, n'interviennent pas dans le phénomène de ruissellement de surface. Les pluies du 26 Juillet enregistrées à KOURIEN-DOULIEN appartiennent à cette catégorie.

a) Orages isolés :

Il nous a été donné qu'une seule fois d'observer un orage isolé, le 24 Juillet à NARGAO. D'après le relevé des traces laissées au sol, l'extension Nord-Sud a été d'environ 3 km. et celle Est-Ouest de 5 km. La masse orageuse semblait animée d'un léger déplacement vers l'Ouest, la hauteur de pluie enregistrée était de 15 mm en plusieurs rafales successives. Nous n'avons pu faire d'observations quant à l'intensité de celle-ci.

b) Ligne de grains :

Toutes les autres averses observées directement (en dehors de celles de SEBE et de KORDI-DJOKOBE, pour lesquelles nous n'avons pas de renseignements qualitatifs) entrent dans ce groupe.

Nous avons pu observer, avec assez de détails, celles des 26 et 28 Juillet à AOUE et MAYA. Dans les deux cas, le début des formations nuageuses a eu lieu dans la matinée, aux environs de 10 heures, la masse orageuse immobile arrivait à un développement pratiquement continu vers midi. Le front de cette masse était en arrière d'une ligne sensiblement orientée Est-Est-Sud, le ciel, au Nord de ce front, étant relativement très dégagée. L'orage était précédé d'un souffle violent orienté Sud-Est et, dès les premières précipitations, on pouvait observer un déplacement général des centres actifs, dans cette même direction.

Il est à remarquer que dans tous les cas observés en 1957, la hauteur de précipitation était de l'ordre de 14 mm (12 à 17,1 mm), les intensités enregistrées très élevées, puisque, en 15 minutes, nous avons enregistré des intensités de 50 mm/h, pour les précipitations des 26 et 27 Juillet à AOUE, 28 Juillet à MAYA, 8 Août à KOURIEN-DOULIEN, 40 mm/h en 15 minutes pour les précipitations du 8 Août à ARCHEI et du 30 Août à KOURIEN-DOULIEN.

Le 8 Août à ARCHEI nous avons pu observer les passages successifs à un intervalle de 3/4 d'heure, de deux grains orageux.

Pour le mois de Juillet, les formations nuageuses semblaient se développer de préférence à la hauteur des premières lignes de relief (bordure Sud, MENA). En Août, les développements les plus importants se situaient sur la ligne de relief qui va d'AOUE à TOGOLY. Par contre, pour la fin du mois d'Août, et le début de Septembre, des formations nuageuses se sont développées régulièrement, sur la bordure méridionale du Massif sans généralement aboutir à des précipitations. Les vents de Nord-Est, qui soufflaient pendant cette période sur l'ENNEDI, provoquaient une dislocation du système nuageux en direction du MORTCHA et du DJOURAB.

En particulier, du 23 au 26 Août, nous avons pu observer ce phénomène. Les nuages, arrachés des sommets de l'ENNEDI, se dissolvaient dans l'atmosphère au-dessus du MORTCHA jusque vers 5 heures de l'après-midi; après 5 heures, ils se maintenaient et pouvaient même donner lieu à de faibles précipitations locales à la tombée de la nuit. Nous avons, entre autre, observé de telles précipitations le 23 Août au Nord de HEDJILIDJ, le 27 Août à l'Ouest de GOUMEUR, dans la région de OUARGALA, et à DJIKDJIK; et le 28 dans la région de l'Oued KANDOR. Les hauteurs de précipitations étaient extrêmement faibles et nous n'avons pu les mesurer.

2°) OBSERVATIONS QUANTITATIVES :

Celles-ci sont rassemblées dans les Tableaux n° V. La plus forte précipitation en 24 heures a été enregistrée à SEBE le 26 Août : 42,6 mm.

Les précipitations les plus importantes, celles relatives aux orages isolés ou aux lignes de grains, ont toutes une hauteur relativement faible allant de 12 à 17 mm, mais présentent des intensités très élevées pour des précipitations d'une aussi faible importance. Ce sont ces intensités qui expliquent l'importance relative du ruissellement dans les zones rocheuses.

Les observations relatives à une période de référence extrêmement faible ne nous permettent aucune conclusion définitive quant aux précipitations. Il est néanmoins remarquable de constater que les résultats obtenus sont en accord avec les résultats des études de M. PERRIN de BRICHAMBAULT, qui nous avaient conduits à considérer la pluie standard de l'ENNEDI comme une précipitation orageuse de faible hauteur et de faible durée : 12 mm en 10 minutes, avec des intensités maxima en 15 minutes de l'ordre de 60 mm/h. Ces résultats nous conduisent, en outre, à admettre que l'hypothèse d'une précipitation en 24 heures, d'ordre décennal de 50 mm, est probable et qu'elle serait la résultante de deux ou de trois précipitations orageuses intervenant avec un intervalle d'une ou plusieurs heures. Ce résultat et ceux obtenus par l'étude du Bassin Versant de KOURIEN-DOULIEN doivent nous permettre une première approximation des ruissellements pour les zones rocheuses du Massif.

TEMPERATURE - EVAPORATION

II - TEMPERATURE -

Les températures maximum et minimum ont été observées à FADA depuis Décembre 1955. Les résultats moyens mensuels sont les suivants :

Mois	Tx		Tn		Mois	Tx		Tn	
	1956	1957	1956	1957		1956	1957	1956	1957
Janvier	29,3	29,4	17,2	13,1	Juillet	40,4	39,3	16,1	26,0
Février	37,6	30,0	22,1	14,7	Août	38,6	38,4	18,8	25,7
Mars	42,1	33,9	24,5	19,1	Septembre	40,9	40,0	20,2	26,3
Avril	40,1	38,0	20,7	22,5	Octobre	36,3		20,1	
Mai	41,6	40,8	20,4	26,5	Novembre	34,8		20,1	
Juin	42,1	40,9	21,2	26,7	Décembre	30,3		14,5	

Les extrêmes observés sont :

- 1956 : Température maximum : 45,5 le 7 Juin  
 Température minimum : 9,4 le 16 Décembre
- 1957 : Température maximum : 43,4 le 26 Juin  
 Température minimum : 6,3 le 13 Janvier

Le diagramme annuel des températures diurne admet un minimum très net début Janvier de l'ordre de 13° (température moyenne mensuelle). Les températures maximum croissent vers un maximum théorique qui serait situé en Août, mais l'influence de la nébulosité et des précipitations conduit à abaisser les températures de quelques...

degrés, si bien que le maximum se produit en Juin : 42,1 et 40,9 pour les moyennes mensuelles 1956 et 1957, alors que le maximum d'Août a donné une moyenne de 38,5 environ. Cette influence modératrice cesse dès Septembre où nous retrouvons 40°.

Les températures minima mettent très nettement en évidence l'effet d'hiver, les moyennes de Décembre et Janvier sont voisines de 14°, alors que la moyenne de Juin est de 24°.

L'amplitude des variations diurnes est considérable et assez peu variable de 12,7 à 21°. On remarquera que le maximum des variations diurnes observées en Janvier, dans les régions situées plus au Sud, est remplacé ici par un minimum du fait des températures diurnes plus faibles en hiver. Des écarts moyens de 20° sont observés durant toute la période allant d'Août à Septembre, période pendant laquelle dans la région de FORT-LAMY, par exemple, l'écart diurne est minimum par suite de l'importance de la nébulosité et des précipitations.

Bien entendu, les températures journalières donnent lieu à des écarts beaucoup plus grands. En Juin, la température maximum peut, sans doute, atteindre 50°. La température minimum journalière pouvant descendre jusqu'à 5° en Décembre ou Janvier. Cet examen, bien que ne portant sur une courte période d'observations, montre la continuité des variations des caractéristiques des diagrammes de température, lorsque des régions tropicales on remonte vers le Nord. L'affaïssement des températures en été intéresse une période de plus en plus courte et est de moins en moins accentué, l'effet d'hiver étant lui, au contraire, plus prononcé.

#### HUMIDITE RELATIVE :

Des observations psychrométriques sont effectuées par les soins du poste de FADA depuis Septembre 1956, nous ne disposons donc que d'une année d'observations.

ENNEDI - HYDROLOGIE  
 B.V de KOURIEN DOULIEN

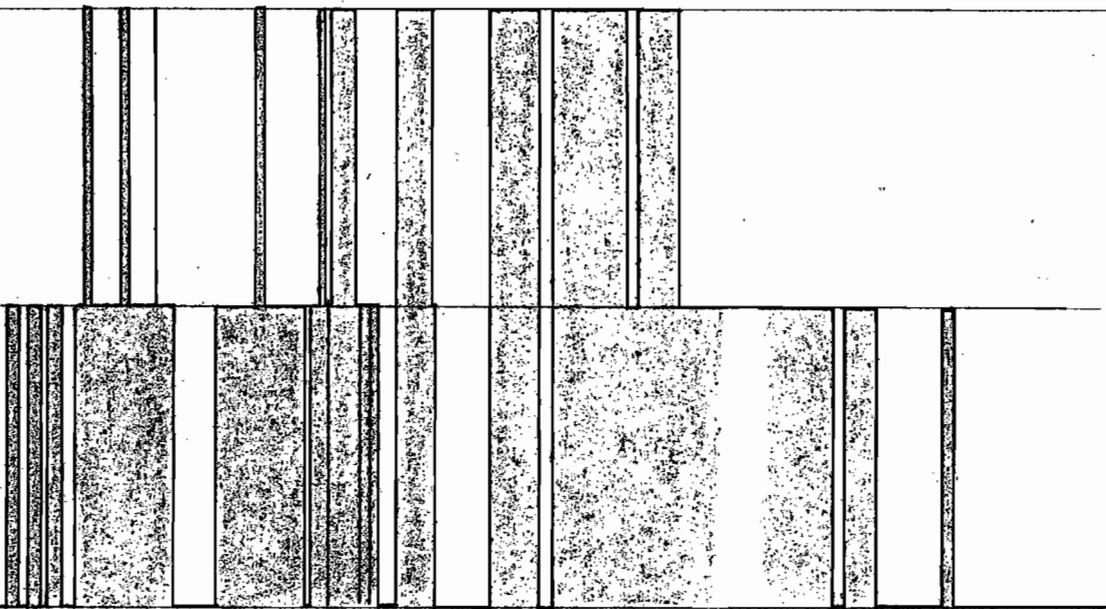
Variations schématiques  
 d'humidité à FADA

Air humide  
 (20 mb)

Air moyen  
 (15 mb)

Air sec  
 (10 mb)

Janv. Fév. Mars Avril Mai Juin Juil. Août Sept. Oct. Nov. Déc.



TCH. 7059

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

ED:

LE: NOV. 57

DES: GROTARD

VISA:

TUBE N°:

AO

Par analogie avec ce qui a été observé dans les stations plus méridionales (ABECHE), on devrait observer pour l'humidité relative maximum  $U_x$  (à 6 heures du matin), un maximum en Août, mois qui reçoit les plus fortes précipitations. L'humidité relative  $U_x$  devrait décroître rapidement d'Août à Octobre, croître à nouveau jusqu'en Décembre-Janvier, par suite des faibles températures nocturnes à cette époque, puis décroître jusqu'à un minimum en Avril-Mai, pour croître à nouveau.

L'humidité relative minimum sera toujours faible ou très faible, même au mois d'Août.

Le Tableau des valeurs mensuelles observées donné ci-dessous, confirme pour  $U_x$  le maximum d'Août qui présente une valeur relativement basse 55 %, on retrouve également le second maximum de Décembre, mais un troisième maximum apparait en Avril. Il est possible que ce maximum d'Avril ne soit pas exceptionnel, mais qu'il soit en relation avec des invasions d'air humide consécutif aux dépressions soudano-sahariennes, dont la fréquence est maximum en Avril et Mai.

On vérifie également que l'humidité relative  $U_m$  est toujours très faible. Le mois d'Août, époque de maximum annuel, présente une valeur de 27 % en 1956. Des valeurs inférieures à 20 % sont, sans aucun doute, d'observations courantes. Par suite de l'importante variation de la température diurne, l'écart entre maximum et minimum journaliers sera, lui aussi, très important.

Humidité relative U %

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6 h. $U_x$ :	34,6	33,7	35,6	44,0	25,5	31,2	39,4	55,6	53,0	36,0	29,6	36,8
12 h. $U_m$ :	22,4	17,8	25,5	30,5	16,6	18,4	21,1	27,1	24,8	21,0	17,2	24,6
18 h.	31,4	23,0	31,8	41,8	25,4	29,5	30,1	38,8	37,6	28,6	23,3	34,9

Des renseignements plus intéressants peuvent être obtenus à partir de la tension de vapeur effective de l'atmosphère, f. En effet, celle-ci, en relation directe avec la quantité d'eau contenue dans l'air ambiant varie moins au cours d'une journée et présente, au contraire, de brusques variations sous l'influence des perturbations, accompagnées d'invasions d'air sec ou d'air humide. Sur l'année d'observations, dont nous disposons, on relève trois groupes de valeurs :

1°) Des valeurs de l'ordre de 20 millibars et supérieures à 20 millibars (maximum 25 millibars)

2°) Des valeurs de l'ordre de 10 millibars et inférieures à 10 millibars.

3°) Des valeurs intermédiaires assez bien groupées autour de 13 à 17 millibars.

Il est évident que le premier groupe correspond à des invasions d'air humide, le second à des invasions d'air sec.

En été les invasions d'air humide sont en relation avec une position septentrionale du FIT. Pour 1957, il semble que le FIT ait présenté une position au Nord de FADA du 10 au 16 Juin, du 26 Juin au 3 Juillet, du 21 Juillet au 11 Septembre avec des reculs du 3 au 6 Août et du 27 au 30 Août.

Les pluies observées sur l'ensemble de la partie méridionale de l'ENNEDI les 26 Juillet, 8 Août et 1er Septembre, seraient donc bien en relation avec une remontée vers le Nord du FIT.

Des invasions d'air humide, en relation avec des perturbations soudano-sahariennes, se seraient produites trois fois en Avril et une fois en Mai. Ces observations confirmeraient les précipitations suivies de ruissellement qui nous ont été signalées à AOUE en Avril et Mai.

Des invasions d'air sec se produiraient pendant tout l'hiver, de Novembre à Mars. Il est à remarquer que c'est durant cette période que les vents de Nord-Est sont les plus fréquents et les plus violents.

En Annexe 1, nous donnons les relevés psychrométriques effectués à la fronde, au cours de nos itinéraires. La comparaison de ces relevés avec ceux du poste de FADA (1) fait apparaître une homogénéité de la variation de  $f$  dans la zone parcourue.

### III - EVAPORATION -

L'évaporation PICHE a été observée à la station de FADA depuis Janvier 1957.

Nous avons procédé à la mise en place à FADA d'un bac Colorado le 5 Juillet, on ne dispose donc pas d'observations suffisantes permettant de déterminer l'évaporation.

### ESTIMATION des EVAPORATIONS MENSUELLES -

Les études de M. André BOUCHARDEAU ont montré que la loi de DALTON sous la forme  $E = 0,33 (F - f)$  où :

- $F$  est la tension de vapeur saturante relative à la température moyenne mensuelle  $\frac{(T_x + T_n)}{2}$ , température voisine de la température moyenne superficielle de l'eau du Bac,
- $f$  la tension de vapeur moyenne effective de l'air ambiant,

donnait une approximation suffisante des évaporations

(1) Les relevés psychrométriques de FADA sont conservés dans les Archives de la Météorologie à FORT-LAMY.

moyennes journalières. A partir de cette formule et des résultats de la psychrométrie, nous avons calculé les évaporations mensuelles sur 1 an, le total annuel s'élèverait à 3.400 mm. Il est à remarquer que les chiffres ainsi obtenus donnent probablement des valeurs inférieures de l'évaporation, surtout en période d'hivernage à cause des vents importants qui sévissent en cette saison.

Dans le même ordre d'idée, nous avons estimé à partir des premiers résultats obtenus sur le Piche, les évaporations en nappe d'eau libre. On sait, en effet, que le coefficient Kp rapport des deux évaporations présente une variation continue, de forme sinusoïdale présentant un maximum en Août de l'ordre de 1,4 et un minimum en Février de l'ordre de 0,6.

Le Tableau ci-dessous rassemble les différentes valeurs obtenues :

	1956				1957				1 an					
	S	O	N	D	J	F	M	A		M	J	J	A	S
Bac Colorado												12,2	10,8	12,0
Calculées	9,1	8,6	9,1	5,9	5,9	6,9	7,8	8,6	13,3	12,8	11,6	9,8	12,1	3400
Etche					8,9	9,8	12,7	10,9	10,6	9,8	7,7			
Coefficient de correct			0,5		0,6	0,65	7,5	9,5	1,1	1,3	1,4			
Piche corrigé					5,4	6,4	9,5	10,3	11,7	12,7	10,8			

Les mesures de l'évaporation sur bac, à FADA, sont actuellement poursuivies grâce à l'obligeance des autorités militaires locales.

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----  
Commission du LOGONE et du TCHAD  
-----

E N N E D I  
-----

HYDROLOGIE SUPERFICIELLE  
-----

C H A P I T R E IV

Ruissellement et Ecoulement

- I - Principaux Enneri observés
- II - Bassin Versant de KOURIEN-DOULIEN
- III - Essai d'interprétation

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----

Commission du LOGONE et du TCHAD

-----

E N N E D I

-----

HYDROLOGIE SUPERFICIELLE

-----

C H A P I T R E IV

I - Principaux Enneri observés

Le présent Chapitre comprend deux parties. Dans la première, nous rapporterons les observations effectuées au cours des tournées, dans la seconde, celles effectuées au Bassin Versant de KOURIEN-DOULIEN où les études ont été conduites en vue d'une analyse selon la méthode des hydrogrammes unitaires.

Pour faciliter les observations, un équipement sommaire avait été mis en place avant les premières pluies de la saison. Cet équipement comprenait :

- Sur l'Enneri N'DOU :

a) - OHOUKA - Débouché dans la dépression de FADA de l'Enneri N'DOU (B.V. 550 km<sup>2</sup>)

- une échelle limnimétrique à maximum
- un câble à la section de jaugeage
- une base pour jaugeage au flotteur

b) - ETERTEKOILE - Affluent de OHOUKA, confluent 200 m en amont de la section de jaugeage (B.V. 20 km<sup>2</sup>)

- une échelle limnimétrique à maximum
- un câble à la section de jaugeage
- une base pour jaugeage au flotteur

c) - HOHOU-DAHON - Défluent à la sortie de la dépression de FADA (B.V. 1000 km<sup>2</sup>)

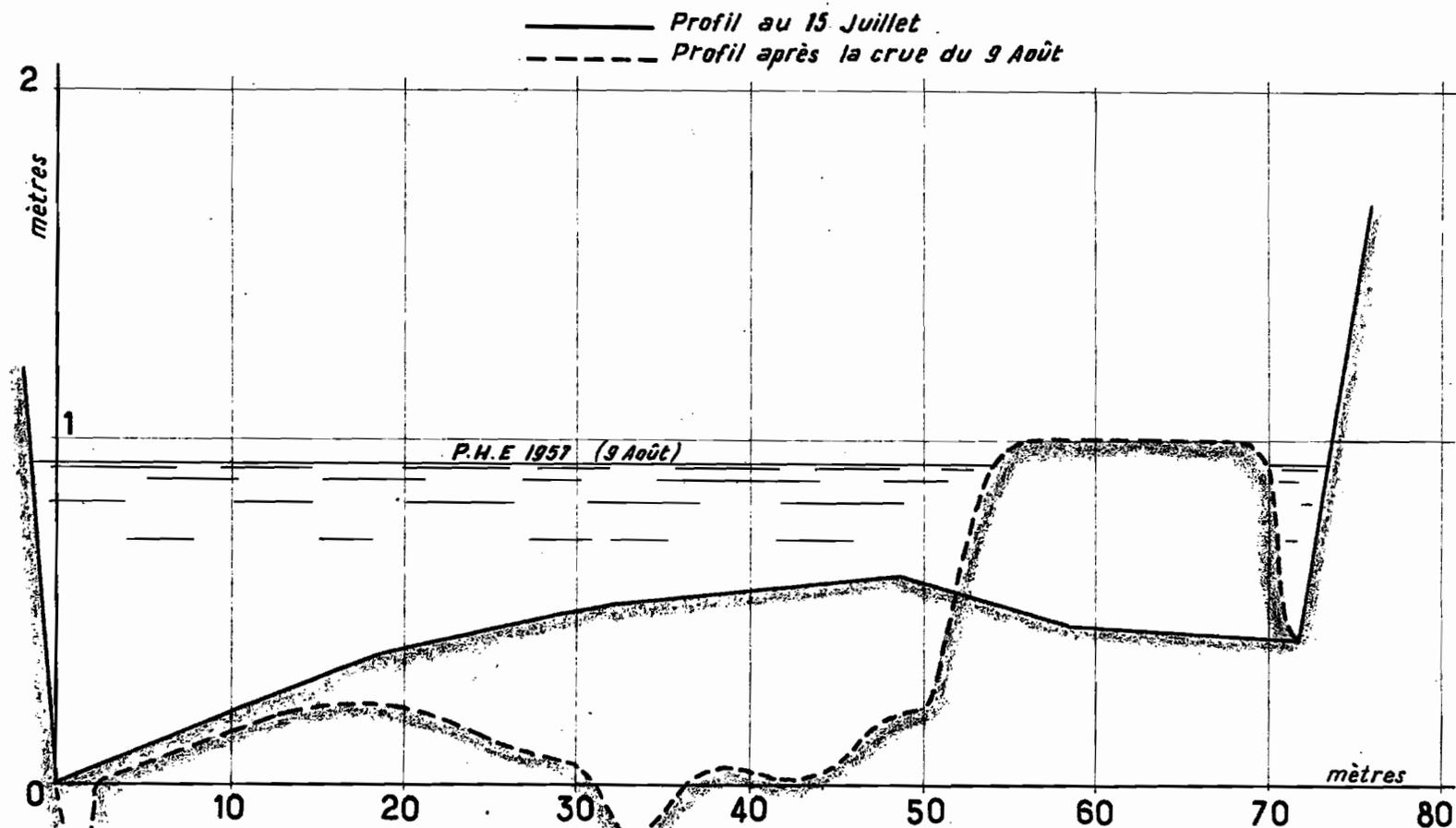
- une échelle limnimétrique
- un câble à la section de jaugeage
- un limnigraphe OTT XV, rapport d'échelle 1/10<sup>e</sup>
- une base pour jaugeage au flotteur

ENNEDI - HYDROLOGIE

ENNERI N'DOU

OHOUKA

### Profil en travers à la section de jaugeages



La différence de niveau entre le repère sur gros arbre R.D et le zéro de l'échelle est de :  $\Delta = 1,17$  m  
" " " la borne R.D " " " " " :  $\Delta = 1,42$  m

TCH. 7060

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

TCH. 7061

FD.

LE: NOV. 57

DES: GROTARD

VISA:

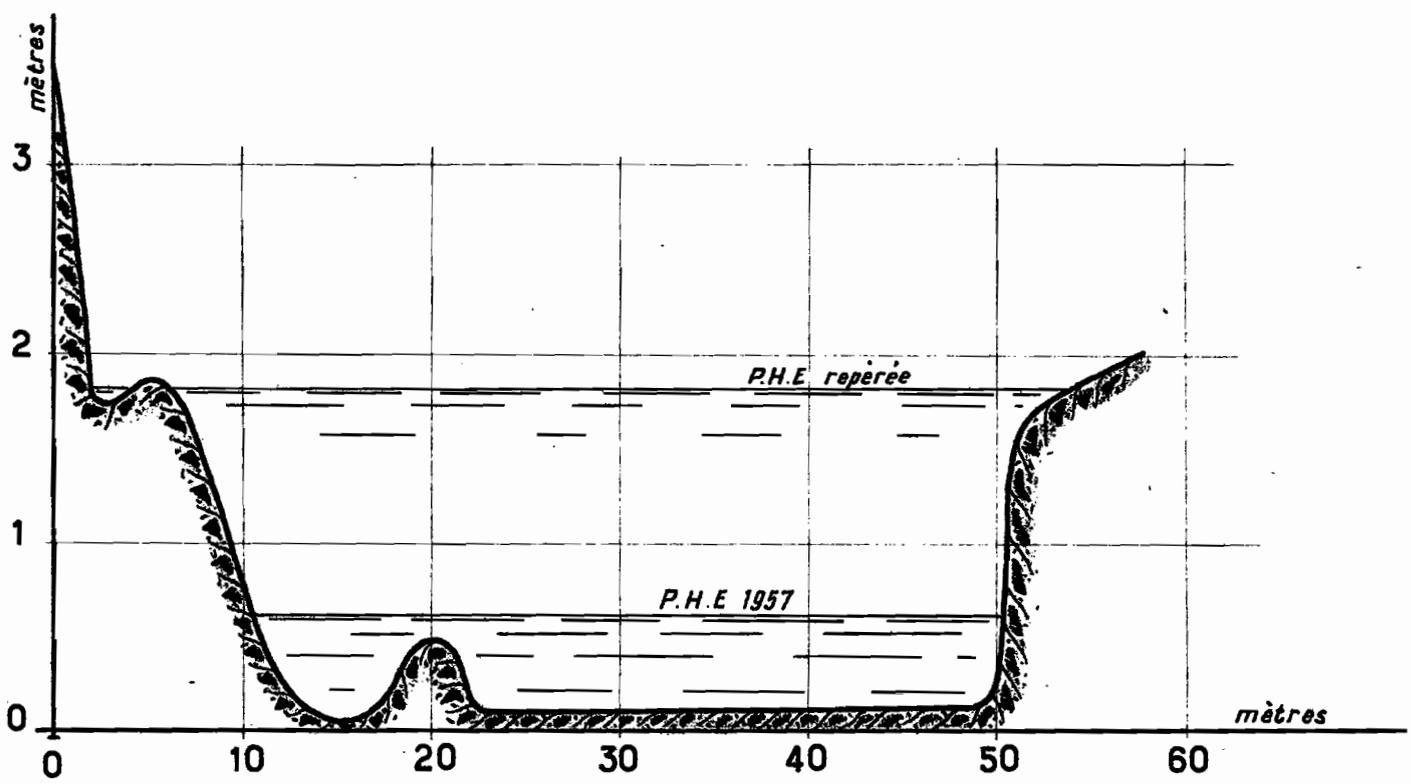
TUBE N°:

AO

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

ENNEDI - HYDROLOGIE  
ENNERI N'DOU  
ÉTERTÉKOÏLÉ

Profil en travers à la section de jaugeages



La différence de niveau entre la croix gravée R.D et le zéro de l'échelle est de :  $\Delta = 3,34$  m.

Les sections de jaugeages ont été relevées, le zéro de l'échelle repéré par rapport à une borne en béton située à proximité, à l'abri des plus hautes eaux éventuelles.

- Sur l'Oued SAALA :

- une échelle à maximum

Le Tableau ci-contre donne les caractéristiques générales des Bassins Versants ainsi contrôlés.

En dehors de ces points particuliers, des observations ont été effectuées à AOUE, MAYA, BAABA et ARCHEI.

I°/ OBSERVATIONS sur l'ENNERI N'DOU -

A/ OHOUKA - ETERTEKOILE

- L'Enneri ETERTEKOILE a coulé trois fois cette année, le 29 Juillet, dans la nuit du 8 au 9 Août, dans la nuit du 11 au 12 août.

- L'Enneri OHOUKA a coulé 5 fois, les 25 et 29 Juillet, nuit du 8 au 9 Août, nuit du 11 au 12 Août, le 15 Août.

L'écoulement du 25 Juillet est consécutif à la pluie tombée dans la nuit du 24 au 25 sur le Bassin Versant de TOURBA (orage isolé), la cote maximum à l'échelle sur OHOUKA a été de 0,22 m, la durée approximative de l'écoulement 5 heures, la largeur maximum du plan d'eau à la section de jaugeage, 20 m.

L'écoulement du 29 Juillet est consécutif à un orage localisé centré sur le Bassin Versant d'ETERTEKOILE qui, seul, a alimenté OHOUKA, la cote maximum à l'échelle d'ETERTEKOILE a été de 0,45 environ, la cote maximum à l'échelle de OHOUKA a été de 0,40 m.

L'écoulement des 8 et 9 Août est consécutif aux précipitations observées à cette date sur la presque totalité du Massif situé au Sud de DOINGA. C'est à cette date que les cotes maxima, pour cette année, ont été enregistrées.

ETERTEKOILE : 0,60 m

OHOUKA : 0,93 m

Du point de vue de la durée, le seul renseignement que nous possédons est qu'elle a été inférieure à 18 heures.

L'écoulement dans la nuit du 11 au 12 Août est consécutif à des précipitations continues sur TOURBA et qui ont intéressé la totalité du Bassin Versant. Nous n'avons aucune précision sur cet écoulement.

L'écoulement du 15 Août est consécutif à des précipitations localisées sur la partie aval du bassin de OHOUKA. ETERTEKOILE n'a pratiquement pas été touché par ces précipitations et n'a donné lieu qu'à un très faible écoulement qui, d'ailleurs, n'a pas atteint le confluent.

Pour OHOUKA, la cote maximum à l'échelle a été de 0,30 m, la durée de l'écoulement de 8 heures (20 h.10 à 4 h), la largeur maximum du plan d'eau, 38 m.

Du point de vue qualitatif, ces écoulements présentent les caractères généraux suivants :

- décalage important entre la pluie et le début de l'écoulement : 3 heures pour la pluie du 15 Août à OHOUKA.

- arrivée brutale du front d'eau, la cote maximum étant observée dès le début de l'écoulement, et s'y maintenant pendant un temps relativement long, suivi par une décroissance lente et régulière des débits.

Trois jaugeages ont pu être effectués à la station de OHOUKA :

Date	Hauteur	Débit
29 Juillet	0,12	400 l/s
9 Août	0,22	2000
15 Août	0,28	3500

ESTIMATION des DEBITS MAXIMA :

Nous ne disposons que de très peu de jaugeages pour l'établissement d'une courbe de tarage. De plus, les variations du lit sont telles que même si nous avons disposé d'un nombre suffisant de mesures, le résultat eut certainement été décevant. Dans ces conditions, nous préférons estimer les débits de pointe à partir de la formule générale d'écoulement :  $U = K \times R^{2/3} \times i^{1/2}$ .

Dans le cas particulier, nous avons pour

$$\text{OHOUKA} : i = 1,42 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{ETERTEKOILE} : i = 2,05 \cdot 10^{-3}$$

Les jaugeages effectués donnent pour le coefficient K les valeurs suivantes :

Dates	Hauteur	Débit	U m/s	K
29 Juillet	0,12	400	0,31	40
9 Août	0,22	2000	0,42	40
15 Août	0,28	3500	0,47	37

Valeurs situées dans la fourchette admise pour des écoulements sur lit de sable avec une lame d'eau de faible épaisseur.

Dans ces conditions, nous adopterons pour les faibles débits, un coefficient  $K = 40$ . Pour un débit moyen  $K = 35$  et pour les forts débits  $K = 30$ .

1° OHOUKA -

a) - Crue du 25 Juillet. H maximum : 0,22

Section : 3 m<sup>2</sup>; Profondeur moyenne : 0,15 m;  $K = 40$

$U = 0,42$ ;  $Q = 1,25$  m<sup>3</sup>/s

b) - Crue du 29 Juillet. H maximum : 0,40

Section : 6,3 m<sup>2</sup>; Profondeur moyenne: 0,28 m;  $K = 35$

$U = 0,57$ ;  $Q = 3,6$  m<sup>3</sup>/s

a) - Crue du 9 Août. H maximum : 0,93

Section :  $\frac{48,5}{4,85}$  m<sup>2</sup>; Profondeur moyenne : 0,80 m; K=35

U = 1,14 m/s; Q = 55,0 m<sup>3</sup>/s

d) - Crue du 15 Août. H maximum: 0,28

Q = 3, 5 m<sup>3</sup>/s (jaugeage au flotteur)

Pour les crues des 29 Juillet et 9 Août, le profil en travers de la section a pu être estimé avec assez de précision. On voit que le débit maximum de 1957 a été relativement fort puisqu'il correspond à une valeur spécifique de :

$$q = 1001/s \times km^2$$

DEBIT MAXIMUM PROBABLE :

A OHOUKA, ce débit est extrêmement difficile à estimer. En effet, les délaissées de la crue 1956 et les renseignements que nous avons pu obtenir établissent de façon certaine que des débordements ont lieu en Rive droite bien avant que ce débit soit atteint. De plus, l'instabilité certaine du lit ne permet pas une approximation suffisante de la section principale.

2°/ ETERTEKOILE -

La cote maximum de l'année a été de 0,60 environ dans la nuit du 8 au 9 Août, la section de jaugeages étant pratiquement stable (affleurements rocheux), nous avons pu estimer le débit pour cette cote.

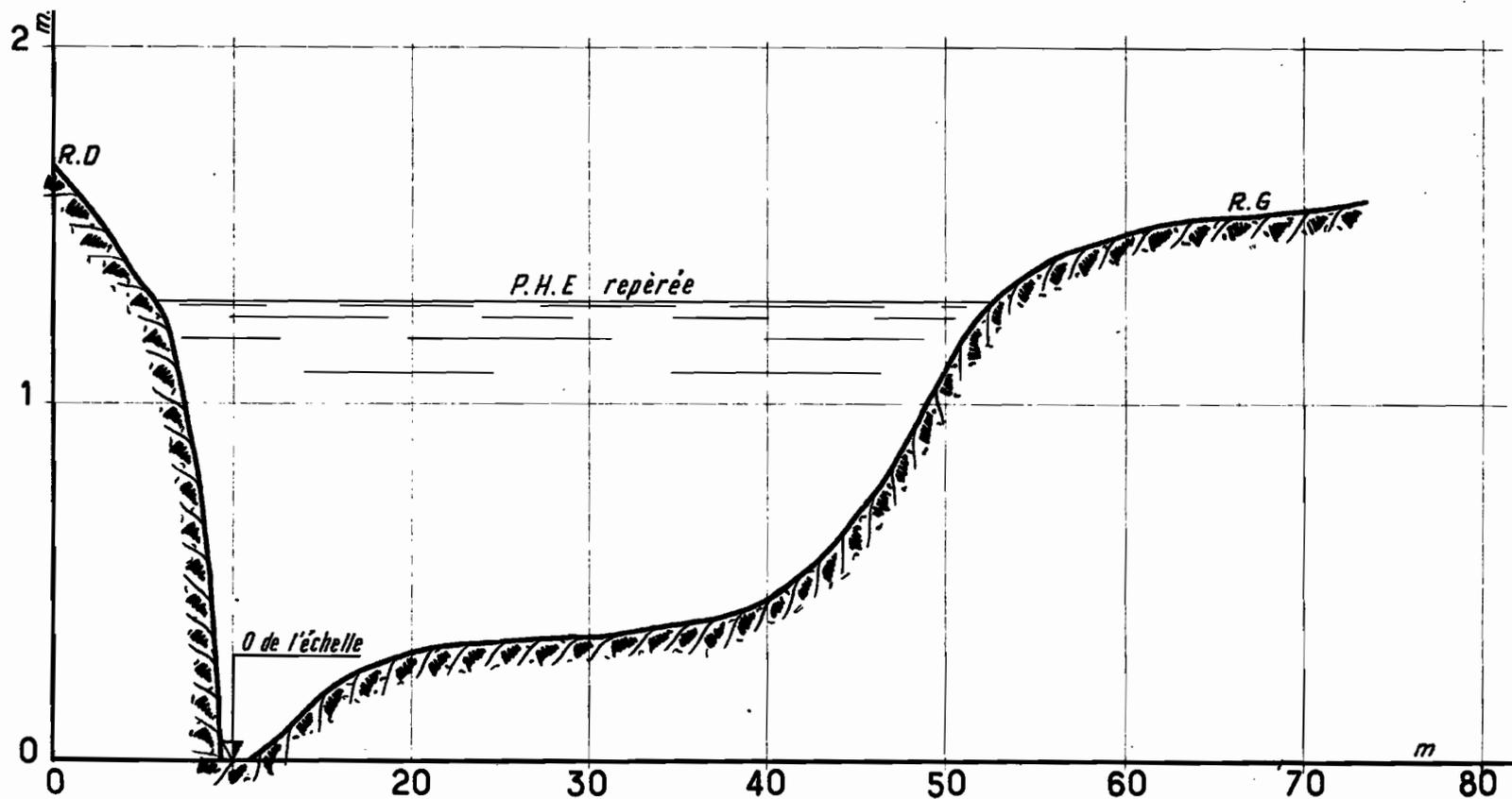
TCH 7062

ENNEDI - HYDROLOGIE

ENNERI N'DOU

HOHOU DAHON

## Profil en travers à la section de jaugeages



La différence de niveau entre la borne R.D et le zéro de l'échelle est de :  $\Delta = 1,73$  m.

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

ED:

LE: NOV. 57

DES: GROTTARD

VISA:

TUBE N°:

AO

- Crue du 8 au 9 Août. H maximum : 0,60

Section = 16,6 m<sup>2</sup>; Profondeur moy.: 0,44 m; K = 35

U = 0,92 m/s; Q = 15 m<sup>3</sup>/s

Crue du 29 Juillet : H 0,40 S 9,4 Q = 7 m<sup>3</sup>/s

L'importance relative de ce débit par rapport au maximum enregistré à OHOUKA, les deux stations n'étant distantes que de 1 km, montre l'importance considérable des pertes par le lit dès que l'écoulement à la sortie des massifs rocheux entre dans les zones de dégagement fortement ensablées.

Remarquons qu'il y a un décalage dans le temps entre l'arrivée à la section de jaugeages de OHOUKA, des maxima en provenance des différentes branches amont.

DEBIT MAXIMUM PROBABLE :

Des traces très nettes sur les rochers et des délaissées de crue permettent d'estimer la cote maximum à 1,80 m, à cette cote et pour un coefficient K = 30, correspond un débit de Q = 120 m<sup>3</sup>/s, soit un débit spécifique :

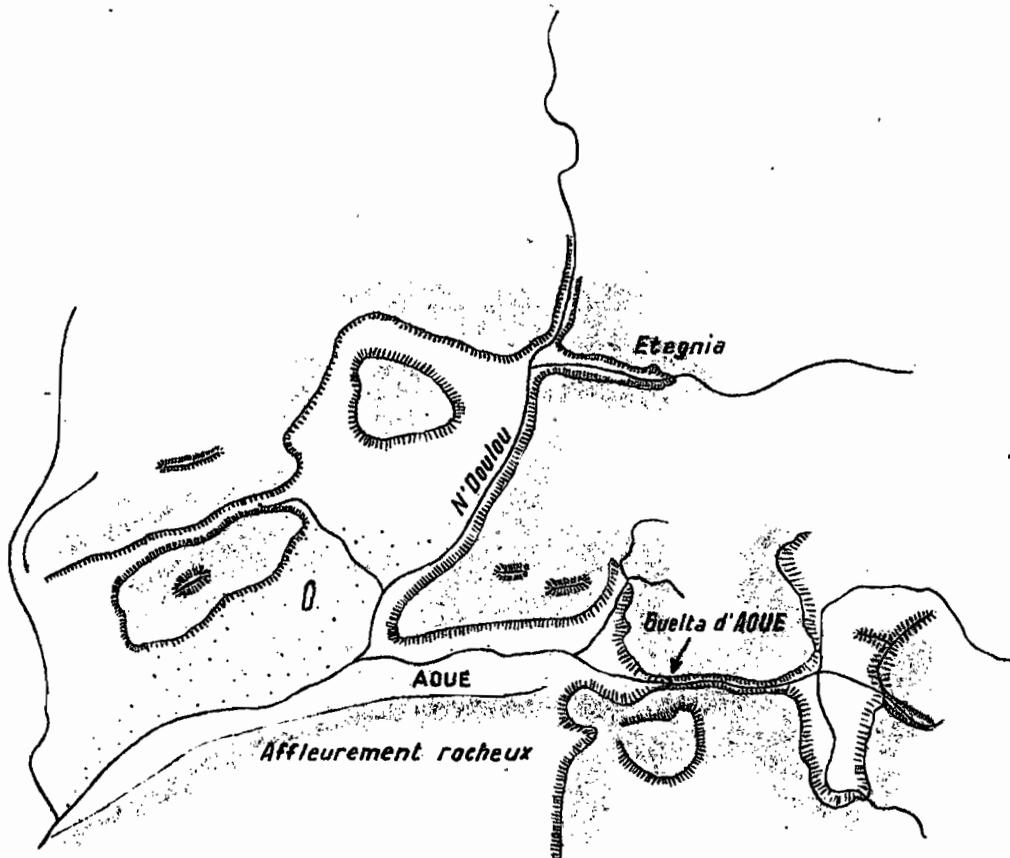
$$q = 3.000 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

B/ HOHOU-DAHON -

Aucun écoulement n'a été observé cette année au droit de la section située juste à l'amont du radier de la piste OUM-CHALOUBA - FADA. Tout au plus le limnigraphe a enregistré de légers relèvements après les principales tornades.

ENNEDI - HYDROLOGIE

Site d'AOUÉ



Des oglats creusés dans le lit ont montré que ce relèvement correspond à un drainage local et non à un passage de la nappe phréatique correspondant à un écoulement sous-jacent.

DEBIT MAXIMUM PROBABLE :

Nous avons pu estimer la cote des plus hautes eaux, en 1956, à 1,75 m environ, la section étant relativement stable par suite de la présence du radier, une évaluation du débit correspondant a pu être effectuée :

Débit maximum  $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit

$$q = 50 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

2°/ OBSERVATIONS sur l' ENNERI AOUE (Bassin d'ARCHET) -

Des renseignements que nous avons recueillis, l'Enneri AOUE a coulé 7 fois en 1957 :

- 1 fois en Avril
- 1 fois en Mai, probablement au cours du passage des dépressions sahariennes
- 1 fois en Juin (le 12)
- 1 fois en Juillet (les 26 et 27)
- 3 fois en Août (8-9, 15, 30, probablement)

De passage à AOUE, nous avons observé directement la crue des 26 et 27 Juillet. Cette crue est consécutive aux précipitations déjà décrites et dont nous rappelons les principales caractéristiques.



\_ HOHOU DAHON \_

Limnigraphe et échelles à maximum

\_ AOUÉ \_

Crue du 26 juillet 1957



\_ a \_

\_ MAYA \_

Crue du 28 juillet 1957

\_ a \_ Au déversoir

\_ b \_ En amont de la chute



\_ b \_

Date	Durée	Hauteur	Intensité		
			5 mm	10 mm	15 mm
26-7	15h.30-15h.48	13,5	75	66	50
26-7	19h.15-19h.18	1	20		
27-7	1h.10- 1h.27	13,7	69	60	50

Au cours de cette crue, nous avons effectué des observations (voir annexe n°2)

1°) Au droit du déversoir naturel :

- hauteur de la lame d'eau
- vitesse d'approche

2°) En amont du confluent des Enneri AOUE et N'DOULOU

- jaugeage au flotteur

Ces mesures nous ont permis d'estimer les débits aux différents stades de la crue et de dresser approximativement le diagramme de celle-ci.

Les résultats sont les suivants :

- Débits à AOUE-chute

Heure	Débits en l/s
15 h. 15	1200
19 h.	775
1 h. 30 (1)	1200
8 h. 15	80
10 h. 30	65
18 h.	< 50

En dépit des multiples causes d'erreurs susceptibles d'affecter la forme du diagramme :

- erreur sur les débits (les vitesses d'approche sont très difficiles à estimer)

- erreur de tracé, par suite du nombre relativement réduit des observations

---

(1) A 1 h.30, il nous a été impossible d'évaluer les vitesses d'approche, néanmoins, l'épaisseur de la lame d'eau sur le déversoir n'étant pas sensiblement différente de celle observée à 15 h.15, nous avons admis le même débit.

Nous avons, néanmoins, évalué le volume total écoulé au cours de cette crue. Il s'élève à :

$$V = 40.000 \text{ m}^3$$

La pluviométrie étant supposée uniforme sur la totalité du Bassin Versant dont la superficie est de 10 km<sup>2</sup> au droit de la chute, le volume d'eau s'élève à 272.000 m<sup>3</sup>. Il en résulte un coefficient d'écoulement

$$k_e = 0,15$$

Ce coefficient est relatif à un bassin dont les caractéristiques générales sont les suivantes :

- Superficie : 10 km<sup>2</sup>
  - Sol rocheux (grès à plantes, largement fracturés)
  - Végétation inexistante
  - Relief en digitation avec vallées assez larges
  - Réseau très peu dégradé, quelques indices de dégradation dans les vallées les plus larges,
  - Pluies de faible hauteur, mais de forte intensité, 13 mm en 18 minutes.
- Débits à AOUE, au confluent avec N'DOULOU

Deux jaugeages ont été effectués, les résultats sont les suivants :

- 17 h.50 : 300 l/s
- 18 h.30 : 450 l/s

Ce dernier débit correspond au débit maximum qui s'élève, en valeur spécifique à :

$$q = 37,5 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

Deux éléments ont attiré notre attention :

1°) Décalage notable dans le temps du passage du front de crue au déversoir à la sortie du massif et au confluent : 2 h.20 pour un parcours de 2 km.

2°) Faiblesse relative du volume écoulé, les faibles débits observés ne sont pas compensés par un étalement notable dans le temps de la crue.

Ajoutons à ces deux remarques, le fait que l'écoulement n'est guère parvenu très au-delà du confluent la distance totale parcourue étant de 6 km.

On peut en conclure que la totalité des eaux de ruissellement parvenant à la limite de la zone rocheuse, ont concouru à l'alimentation de la nappe phréatique locale.

- N'DOULOU au confluent d'AOUE

Le N'DOULOU est un affluent Rive droite qui présente des caractéristiques indéniables et intéresse un Bassin Versant de 35 km<sup>2</sup>.

Les jaugeages effectués ont donné les résultats suivants :

- 17 h.30 : 2.000 l/s

- 18 h.10 : 2.800 l/s

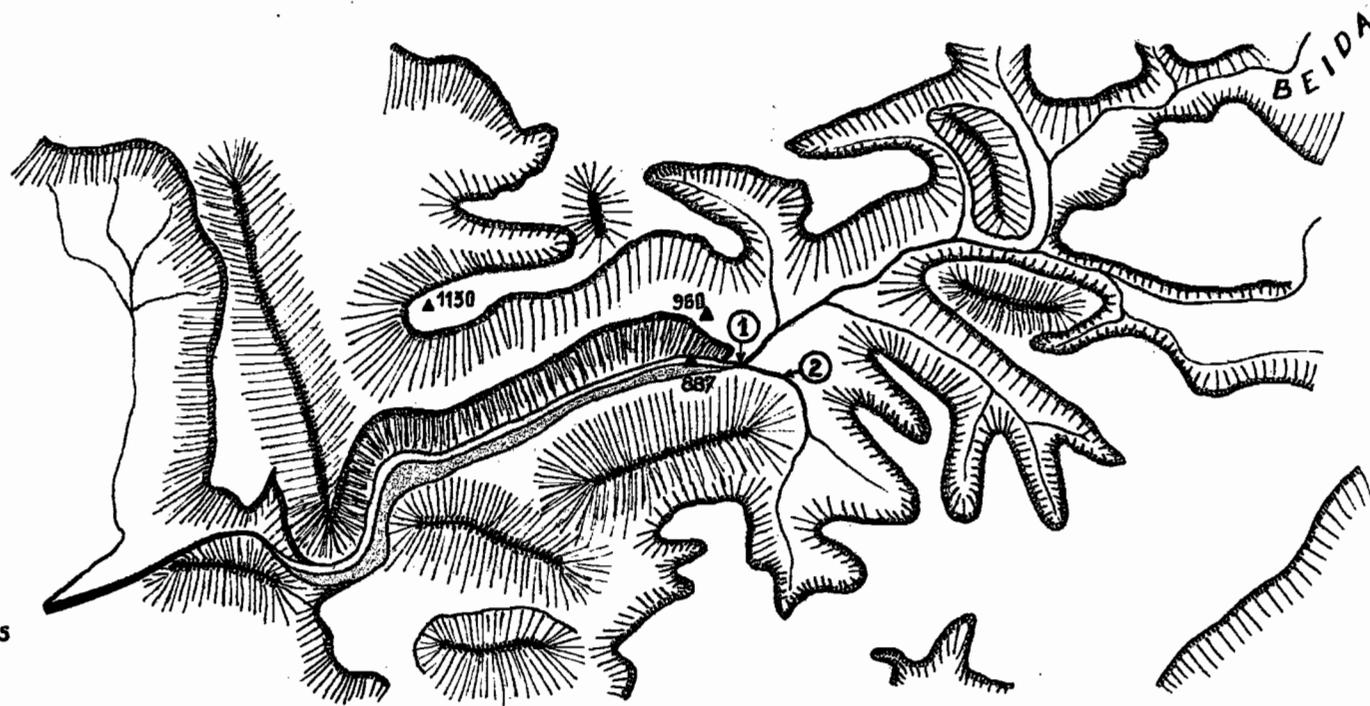
Ce dernier débit correspond au débit maximum enregistré qui, en valeur spécifique, s'élève à :

$$q = 80 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

Ainsi, en dépit d'une superficie plus importante, nous obtenons un débit spécifique plus élevé que pour AOUE. Nous trouvons l'explication de cette analogie dans le fait qu'il n'existe pas, sur les différentes alimentations de N'DOUNOU, de gueltas aussi importantes que celles situées à la base des chutes d'AOUE et surtout qu'on y rencontre pas, comme à l'aval de l'oasis d'AOUE, de zones d'épandage relativement étendues.

HYDROLOGIE ENNEDI

SITE DE MAYA



Points de Mesures

- ① → Chute
- ② → Affluent R.G
- ▲ Point coté barométrique

Croquis Echelle  $1/50.000^{\text{ème}}$  environ d'après photo I.G.N

TCH 7064

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

DEC. 1964

VISA.

TITRE N°.

AO

3°/ OBSERVATIONS sur l'Enneri MAYA (Bassin Versant d'ARCHET)

Le Bassin de MAYA, en amont des gorges et de la guelta du même nom, draine une superficie de 85 km<sup>2</sup>. Le Bassin Versant a son origine à la limite Sud du plateau de BITI et se trouve pratiquement entièrement situé dans la zone de relief en digitation découpée à la bordure méridionale des hautes plaines. Le sol, est entièrement rocheux (grès à plante), les pentes très fortes, la végétation pratiquement nulle et uniquement concentrée aux abords immédiats du lit des Enneri, le réseau hydrographique est intact; les vallées larges, relativement plates et partiellement ensablées, sont inexistantes.

Ce Bassin présente donc des conditions idéales de ruissellement.

Aucune nomadisation n'ayant pratiquement lieu dans cette région, nous n'avons pu recueillir de renseignements relatifs aux écoulements antérieurs à notre passage (1).

Nous avons pu observé la crue consécutive aux précipitations du 28 Août. Nous rappelons ci-dessous les caractéristiques générales de cette précipitation.

Date	Durée	Hauteur	Intensité		
			5 mm	10 mm	15 mm
29-7	14h.17-14h.49	17,1	66	57	48

Les débits relevés ont été estimés à partir de mesures effectuées au déversoir de la chute de MAYA. Ils ne sont donnés qu'en tant qu'ordre de grandeur (voir Annexe n° 3)

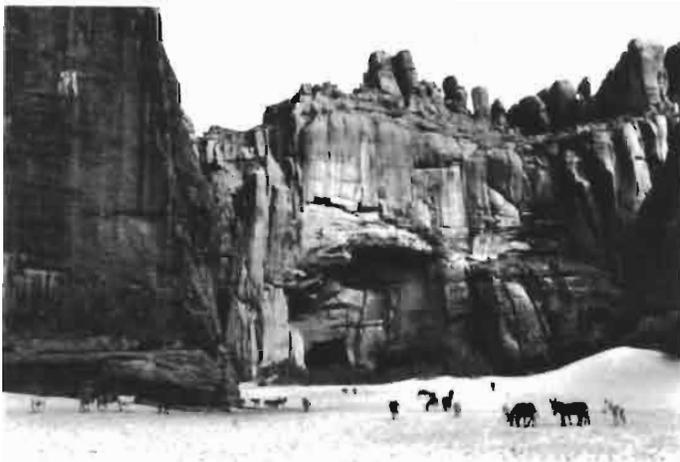
---

(1) Le site de MAYA a été reconnu pour la première fois par un européen en 1956 par le Capitaine NUTY.



Gorges de MAYA

\_ NOHI \_  
Guelta de NOHI BIGUER

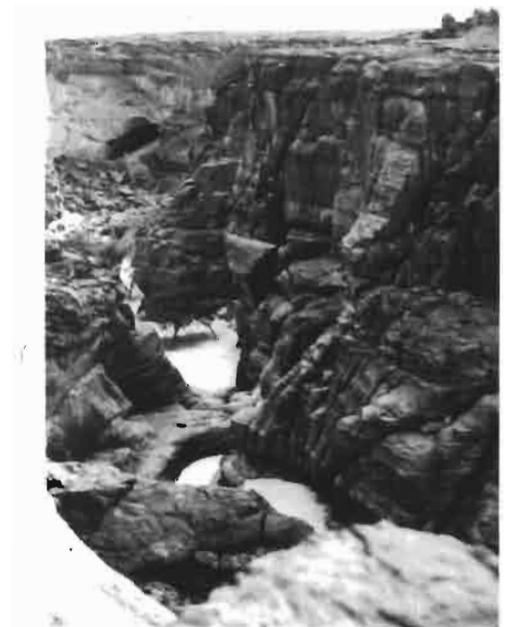


\_ a \_

\_ ARCHEÏ \_

\_ a \_ Grotte principale à l'aval des gorges

\_ b \_ Défilé amont des gorges



\_ b \_

Le débit maximum a été estimé à  $Q = 26 \text{ m}^3/\text{s}$  le 28 Juillet 1956 à 16 h.40, à 18 heures ce débit était pratiquement inchangé.

Le 29 Juillet 1957 à 6 heures, nous avons relevé un débit de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  et à 12 heures, un débit de l'ordre de  $200 \text{ l/s}$ , à 18 heures l'écoulement avait pratiquement cessé.

Le débit spécifique de la crue s'élève à :

$$q = 305 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

Le volume total écoulé a été estimé comme précédemment et s'élève à :

$$V = 800.000 \text{ m}^3$$

Le volume précipité, en supposant une pluviométrie uniforme ( $17,1 \text{ mm}$ ), s'élève à  $1.450.000 \text{ m}^3$ , ce qui nous conduit à un coefficient d'écoulement

$$k_e = 0,55$$

Ce chiffre est particulièrement élevé, mais rappelons qu'il est relatif à un Bassin Versant présentant des conditions idéales de ruissellement.

Signalons, d'autre part, un décalage notable entre la pluie qui, au point d'observations, est tombée de 14 h.17 à 14 h.49, tandis que l'onde de crue n'est arrivée au déversoir qu'à 16 h.14, soit un décalage de 2 heures.

Notons encore que l'onde de crue a présenté deux accroissements successifs, schématiquement, nous avons observé :

- à 16 h.14 l'arrivée brutale d'un front d'eau

- 16 h.20 cote pratiquement égale
- 16 h.40 accroissement brutal du débit
- 16 h.45 cote maximum pratiquement égale

Cette particularité doit trouver son explication dans le fait que le Bassin présente deux branches principales dont les temps "Lag" (1) doivent être sensiblement différents.

La brutalité de l'onde de crue trouve son explication, comme nous le verrons plus loin, dans la nécessité du remplissage de la mouille, le lit étant pratiquement à sec avant la précipitation. Il y a lieu de remarquer que si cette crue avait été suivie dans les 24 à 48 heures d'une précipitation du même ordre, la forme de l'onde de crue était susceptible d'être fortement modifiée. L'essentiel de la mouille étant alors encore en eaux, comme nous avons pu le constater en remontant le bras principal de BEIDA.

Par suite du décalage important entre le ruissellement dans le bras principal et sur les petits affluents, nous avons pu mesurer le débit maximum sur un petit affluent Rive Gauche aboutissant dans le bras principal, juste à l'amont de la chute.

- Bassin Versant : 1,6 km<sup>2</sup>
- Débit maximum : 15 h.30 Q = 980 l/s

soit en valeur spécifique :

$$q = 610 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

Ce chiffre est en harmonie avec celui de 305 l/s observé sur le grand Bassin Versant.

---

(1) En première approximation le Lag est l'intervalle de temps entre la pluie et le débit maximum de la crue.

4°/ OBSERVATIONS à ARCHEI -

Le 8 Août, nous avons enregistré les précipitations suivantes :

Date	Durée	Hauteur	Intensité		
			5 mm	10 mm	15 mm
8-9	18h.45-19h.04	17,0	48	45	40
	19h.30-19h.50	12,7	45	42	40

Ces précipitations ont intéressé la totalité du Bassin Versant d'ARCHEI au Sud de MAYA, le haut Bassin d'ELI n'ayant toutefois pas été touché.

Nous avons pu observer un ruissellement important et immédiatement consécutif à la pluie dans toute la zone rocheuse, à proximité des gorges d'ARCHEI dans les mêmes conditions que ceux déjà observés à MAYA et à AOUE.

L'Enneri principal n'a par contre présenté qu'un faible écoulement le 9 Août vers 16 heures, avec un débit maximum de l'ordre de 10 m<sup>3</sup>/s.

Dans le même temps, M. BAILLOUD notait :

"Le 8 Août vers 16 h.30, à AOUE-GUEGARENGA, forte pluie, ruissellement sur toute la falaise,

"Le 9 Août à 9 heures, à AOUE-GUEGARENGA, écoulement sur toute la largeur du lit de l'Enneri avec des vitesses relativement faibles (la SEINE à PARIS)".

Le 9 Août, à 17 heures, à AROUE-CRIBI, "un faible écoulement sur une largeur de 6 m, avec des vitesses très faibles".

AOUE-GUEGARENGA se situe à environ 20 km en amont de la chute.

AROUE-CRIBI se situe à environ 10 km en amont de la chute.

L'ensemble de ces observations montre une fois de plus l'importance des pertes dans les grandes plaines de dégagement telle que celle d'AROEUE.

5°/ AUTRES OBSERVATIONS -

1°) ARCHEI. Evaluation du débit maximum.

Pour 1957, le relevé des délaissées de crue à l'aval de la gorge d'ARCHEI permet d'estimer le débit maximum à 25 m<sup>3</sup>/s.

Pour le débit maximum probable des années antérieures, aucune des estimations que nous avons tentées à partir des mesures de pente, des délaissées de crue, des lames déversantes, nous ont donné satisfaction. Nous pensons, néanmoins, à la suite de ces calculs, qu'un débit de 500 m<sup>3</sup>/s correspondant à un débit spécifique de 600 l/s x km<sup>2</sup>, ne serait pas anormal.

2°) BAABA-NOHI (voir croquis général)

Dans les gorges de BAABA, nous avons pu, à la faveur d'un plan d'eau d'une longueur de 300 m, effectuer des mesures de pente et un lever satisfaisant des profils en travers. La superficie du Bassin Versant rocheux, avec d'importantes plaines de déblaiement (OFFRO) est de 400 km<sup>2</sup>.

Nous avons relevé pour la crue des 28 et 29 Juillet :

- Pente  $i = 0,9 \cdot 10^{-3}$

- Section d'eau  $S = 15,2 \text{ m}^2$

- Hauteur moyenne  $H = 1,3 \text{ m}$ , en admettant un coefficient de STRICKLER de 30, nous obtenons :

$$Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dans les mêmes conditions, nous avons estimé le débit maximum probable à :

$$Q = 175 \text{ m}^3/\text{s}$$

Soit en valeur spécifique :

$$q = 440 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

### 3°) Oued SAALA

La cote relevée à l'échelle à maximum placée dans le lit mineur de l'Oued à l'aval du radier de la piste d'OUM-CHALOUBA-FADA est de 0,20 m cette cote correspond au remplissage de la mouille.

On peut donc conclure qu'il n'y a pas eu d'écoulement en ce point en 1957, la mouille ayant, sans aucun doute, été remplie par des précipitations locales.

### Conclusion

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau qui figure en tête du 3ème paragraphe du présent Chapitre : essai d'interprétation.

Les principaux renseignements qui en découlent sont également exposés dans ce paragraphe.

Les SOURCES :

Pendant toute la saison sèche, on trouve l'eau en surface dans des gueltas, des mares ou des sources, ces dernières pouvant, dans certains cas, alimenter les gueltas ou les mares.

Les gueltas permanentes ou non sont nombreuses, les mares permanentes sont très rares, leur profondeur étant, en général, insuffisante pour compenser les pertes par évaporation. Parmi les mares permanentes, signalons celles de FADA et ARCHET, cette dernière, située à l'aval des gorges du même nom, est alimentée en permanence par des sources.

Dans ce qui suit, nous n'étudierons que les sources.

Elles sont situées, en général, au voisinage immédiat du lit d'un Enneri ou dans le lit même. Il ne semble pas toutefois que l'écoulement de ces sources soit en relation directe avec l'écoulement superficiel de saison des pluies, sauf lorsqu'une barrière rocheuse fait reparaître au jour la nappe phréatique constituée au cours des crues. Dans le cas le plus général, il s'agit de drainage de Massif gréseux fissuré. Nous avons cependant observé directement l'alimentation d'une de ces fissures, par un petit affluent à AOUE (voir photo ci-contre).

Nous avons pu observer des sources aux différents points suivants :

- DELI, à la limite Sud-Ouest du Massif,

- NOHI

NOHI-BIGUER  
NOHI-DAIBA

- ARCHET

- AOUE

- MAYA

- DELI

Les sources de DELI sont un exemple typique de sources de contact à la limite des grès ordoviciens et du socle précambrien. Elles sont situées dans une butte témoin qui se dresse en limite Sud-Ouest du Massif entre TERKEI et OUAGUIF. A la date où nous les avons visitées (fin Juillet) une seule des trois sources débitait, sous forme de goutelettes suintant depuis le plafond d'une petite cavité ouverte à la base de la butte. Celle-ci révèle la présence d'une nappe locale dont l'alimentation a probablement pour origine la faible nappe phréatique qui s'est développée dans le réseau des cassures au contact du cristallin.

- NOHI-BIGUER

La guelta de NOHI-BIGUER, située à la limite Est de la branche principale de NOHI est une guelta permanente alimentée par une source qui sourd dans le lit encombré de roches erratiques d'un petit affluent secondaire qui draine une importante dune située juste à l'amont. Celle-ci est particulièrement visible sur la photo aérienne N.E. 34 X 490. Nous pensons que cette dune constitue le réservoir alimentant cette source. La nappe phréatique de la guelta se prolonge à faible profondeur assez loin vers l'aval, dans le lit de l'Enneri, comme le montrent les nombreux affleurements que l'on peut observer jusqu'au confluent avec le bras Rive Droite de EKOHE.

- NOHI-DATBA

Cette guelta s'est formée à la faveur d'une barrière rocheuse qui traverse le lit de BAABA au droit d'une faille un peu en amont du confluent avec NOHI. Une profondeur relativement faible du rocher, des berges de sable font apparaître cette guelta comme l'affleurement d'une nappe phréatique localisée dans le lit de l'Enneri et qui serait alimentée depuis la dune Rive Gauche de BAABA. Cette dune est drainée par un petit affluent qui rejoint BAABA à la guelta.

- ARCHEI

Le site d'ARCHEI présente plusieurs points d'eau permanents. Les points d'eau amont sont situés dans des marmites de géant creusées au pied des différentes chutes. La guelta aval est constituée par une mare, affleurement de la nappe phréatique qui se prolonge sous le lit de l'Enneri, dans la partie aval de la gorge. Cette mare est alimentée par plusieurs sources, les unes situées dans le lit principal de l'Enneri, les autres dans le lit de petits affluents secondaires. Il est difficile d'attribuer une origine bien définie à la réserve d'eau qui alimente ces sources, nous pensons qu'il faut la chercher soit dans le drainage de la nappe phréatique d'AROUÉ à la faveur des cassures du Massif gréseux qui aboutissent dans la gorge d'ARCHEI, soit à l'eau qui s'est accumulée dans la zone de fracture de la faille d'ARCHEI.

Signalons que les deux gueltas de NOHI et celle d'ARCHEI donnent asile à quelques crocodiles de petite taille témoins d'une faune qui a dû se retirer vers le Sud, au cours de la période d'assèchement du Sahara.

- AROUÉ

AROUÉ présente plusieurs sources :

La source principale qui alimente la grande mare d'AROUÉ, se situe à la base d'un éboulis Rive Gauche. Au 26 Juillet, par conséquent avant les premières pluies de la saison, le débit de cette source a été évalué à 12 l/mn. Le 12 Septembre, c'est-à-dire après les pluies, ce débit a été évalué à 19,5 l/mn. Ces deux chiffres montrent que cette source est sensible aux précipitations. A la suite des pluies des 26 et 27 Juillet, la source a été noyée, aussi il ne nous a pas été possible de nous rendre compte si l'effet de la pluie sur le débit de la source était immédiat ou retardé.

De nombreuses autres petites sources sont constituées par de faibles écoulements au niveau des fissures qui affleurent dans le lit à sec de l'Enneri, sur ses berges ou même à la base de la falaise franchie par la chute principale. L'écoulement de ces sources à lieu, en été, uniquement la nuit et dans le début de la matinée. Ceci s'explique facilement : dès que le rayonnement solaire chauffe la roche, celle-ci voit sa température augmenter rapidement et le faible débit de ces suintements est immédiatement évaporé.

Nous ne pensons pas qu'il y ait de différence sensible dans l'alimentation de la source principale et des petits suintements. La source principale est sans doute la somme d'un grand nombre de ces suintements, à la faveur de l'éboulis rocheux.

- MAYA

Les gorges de MAYA présentent de nombreuses sources. Certaines d'entre elles imbibent le sol sur lequel reposent les cônes de déjection des petits torrents qui ont raviné les lèvres de la gorge. Elles fournissent l'eau nécessaire à la vie des palmiers (palmiers dattiers et palmiers doums) qui y poussent. Ces sources ne sont pas apparentes, en général. La source principale se situe dans une grotte ouverte à la hauteur de la guelta. L'eau s'écoule avec une abondance relative du plafond et des parois où s'est accrochée une importante végétation .

Ici comme à AOUE, l'alimentation de la source a certainement son origine dans l'eau accumulée dans le réseau de fractures très développé du Massif gréseux.

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

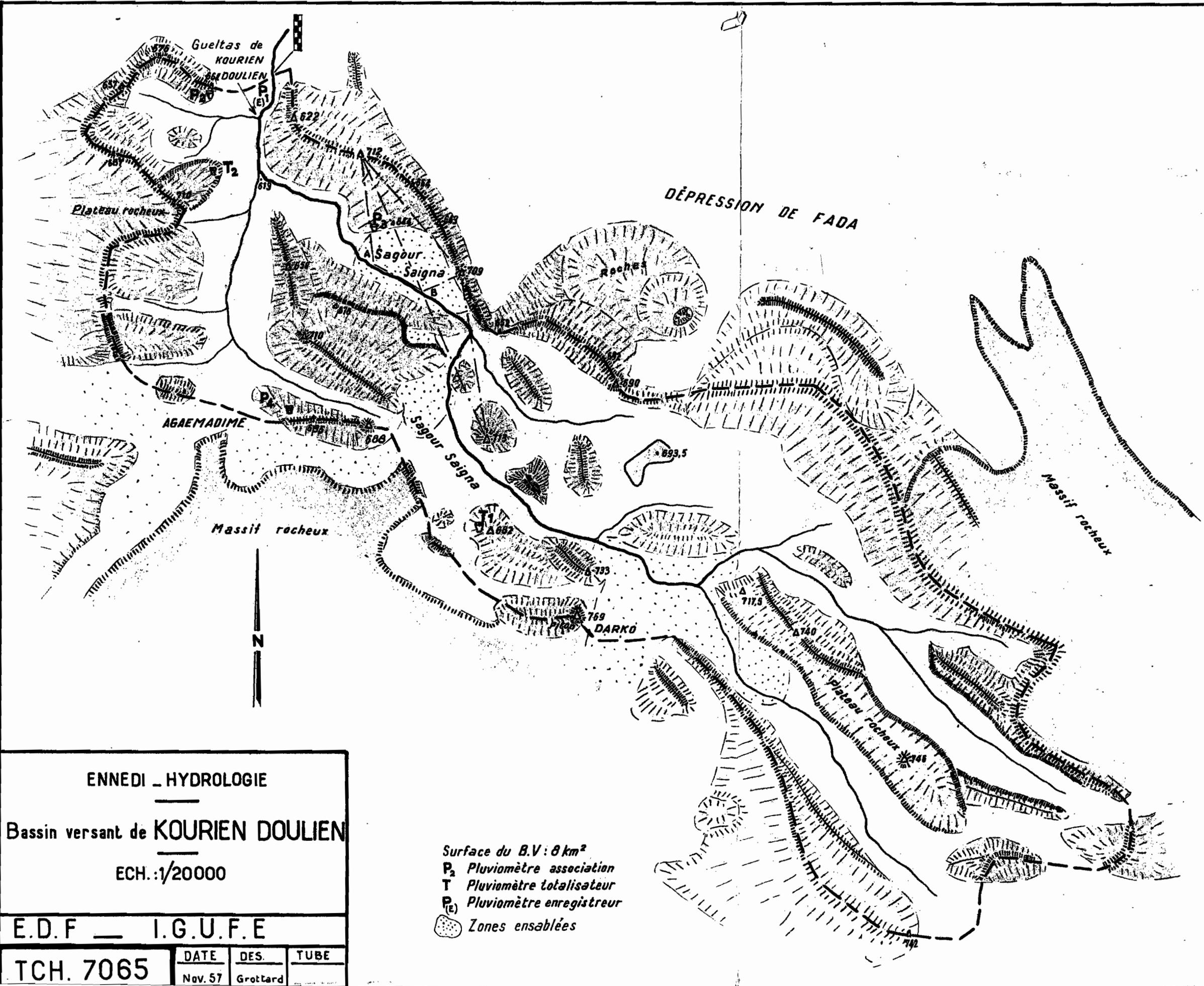
-----  
Commission du LOGONE et du TCHAD  
-----

E N N E D I

-----  
HYDROLOGIE SUPERFICIELLE  
-----

C H A P I T R E IV

II - Bassin Versant de KOURIEN-DOULIEN



ENNEDI - HYDROLOGIE

Bassin versant de KOURIEN DOULIEN

ECH.: 1/20000

E.D.F — I.G.U.F.E

TCH. 7065	DATE	DES.	TUBE
	Nov. 57	Grotlard	

Surface du B.V: 8 km<sup>2</sup>  
 P<sub>2</sub> Pluviomètre association  
 T Pluviomètre totalisateur  
 P<sub>(E)</sub> Pluviomètre enregistreur  
 (shaded symbol) Zones ensablées

A/ DESCRIPTION SOMMAIRE du BASSIN :

L'Enneri de FOURIEN-DOULIEN appartient au groupe des Enneri qui se sont développés dans les buttes gréseuses de la série des Tassilis, que l'on rencontre en bordure et dans les grandes plaines de dégagement. Il draine, au droit de la station de jaugeages, une superficie de 8 km<sup>2</sup> entièrement située dans la butte d'ERISIGUE, en bordure Sud de la dépression de FADA.

Afin de préciser les caractéristiques hypsométriques du bassin, nous avons effectué le nivellement barométrique d'un certain nombre de points de celui-ci.

L'altitude de la station est de 608 m. La partie haute du Bassin, constituée par des plateaux rocheux est à une cote un peu supérieure à 700 m. Deux dépressions intérieures se sont formées aux cotes respectives de 625 et 670 m. L'altitude moyenne du Bassin Versant se situe à la cote 650.

Du point de vue orographique, on y rencontre les différentes formes classiques du relief de l'ENNEDI, à savoir :

- des plateaux gréseux présentant des falaises abruptes dominant les petites dépressions intérieures et découpées en gorges par le réseau hydrographique (essentiellement zone amont du Bassin Versant)
- des reliefs en "terril" constitués par des collines présentant de fortes pentes latérales recouvertes d'un éboulis rocheux; le sommet est réduit à une arête, l'éboulis rocheux a une importance relativement faible, la roche en place étant immédiatement sous-jacente.

# Bassin versant de KOURIEN DOULIEN



Seuil à la section de jaugeages



Plaine de SAGOURSAIGNA



Relief tabulaire



Relief en terril

Le sol est constitué essentiellement de grès gothlandiens (grès supérieurs, gisements à harlania à la station de jaugeages) avec probablement une variante psamitique pour les reliefs en terrils bordant ce Bassin vers l'Est. L'extension des zones ensablées y est assez faible et limitée aux deux plaines intérieures déjà citées de SARGOURSAIGNIA. L'épaisseur du sable y est toujours faible et l'on y observe des affleurements rocheux en plaques importants. On rencontre aussi, comme partout dans ces régions, de nombreuses fractures plus ou moins déblayées par l'érosion qui, en bordure des falaises des plateaux, a découpé un relief ruiniforme. Comme on le voit, les sols au sens pédologique du mot, sont inexistant; il en est de même pour la végétation qui est réduite à quelques touffes d'herbe poussant à SARGOURSAIGNIA et à quelques arbustes (du groupe des mimosées ou palmiers doux) qui poussent de de-ci de-là en bordure de l'Enneri.

Le réseau hydrographique est assez net. Aucune dégradation notable n'est observée dans les dépressions de SARGOURSAIGNIA.

La forme du réseau hydrographique est malheureusement étirée dans une direction Sud-Est Nord-Ouest, sensiblement perpendiculaire à la direction privilégiée des déplacements des tornades. Plusieurs gueltas de moyenne importance se rencontrent au pied de petites chutes, aucune d'entre elles n'est permanente.

La station de jaugeages est située juste à l'amont d'une petite chute créée par la présence d'un affleurement de grès en plaques relativement plus dur. Cette situation présente l'avantage de permettre éventuellement des jaugeages par mesures sur le déversoir.

#### B// - CARACTERISTIQUES CLIMATOLOGIQUES :

Les caractéristiques climatologiques du Bassin de KOURIEN-DOULIEN sont celles de FADA avec peut-être une pluviométrie légèrement plus élevée, compte tenu de sa position plus méridionale. Rappelons les principales caractéristiques climatologiques :

- Pluviométrie moyenne annuelle 90 à 100 mm
- Répartition mensuelle avec un maximum en Août : 60 mm
- Température moyenne en Juillet, Août et Septembre de l'ordre de 30° (Tx = 39° Tn = 21°)
- Evaporation annuelle de l'ordre de 3500 mm, avec une évaporation moyenne journalière en Juillet, Août et Septembre de 10 à 12 mm.

C/ EQUIPEMENT du BASSIN :

Par suite du caractère de cette première campagne, l'équipement du bassin n'a pu être complet et il est un peu faible pour permettre des analyses complètes selon la méthode des hydrogrammes unitaires. Cet équipement comportait :

- 1 pluviographe situé à la station de mesures
- 3 pluviomètres Association situés sur la partie aval du Bassin Versant et relevés, pluie par pluie
- 2 pluviomètres totalisateurs situés vers l'amont du Bassin Versant.

La station de mesures comportait :

- 1 échelle limnimétrique
- 1 limnigraphe enregistreur type X
- 1 câble en travers de la section de jaugeage (1)
- 1 base de mesure des vitesses superficielles.

---

(1) A la suite de la crue du 8 Août, un deuxième câble a été mis en place pour permettre d'assurer la sécurité de l'opérateur dans l'éventualité d'un jaugeage à une cote supérieure à 0,50 m à l'échelle.

Le lit a été débarassé des quelques arbustes qui y poussaient sans subir d'autres aménagements.

Dans l'impossibilité de trouver du personnel compétent sur place, nous n'avons pu installer localement une station d'observations météorologiques.

Comme on le voit sur le croquis du Bassin, la répartition des pluviomètres n'est pas très homogène et se trouve concentrée vers l'aval. A cela, il y a deux raisons : voie d'accès inexistante, nécessité de pouvoir surveiller facilement le matériel mis en place (1). Dans le cas où les études seraient poursuivies sur ce Bassin Versant, des aménagements importants du lit seraient nécessaires pour permettre un étalonnage satisfaisant de la station.

D/ - AVERSES OBSERVEES :

On trouvera ci-contre le Tableau des averses observées.

Seules quatre de ces averses ont donné lieu à un écoulement. Ce sont celles du 26 Juillet à 19 h.45, du 8 Août à 16 h.40 qui ont donné lieu à un écoulement hypodermique et celles du 8 Août à 19 h.45 et du 30 Août à 16 h.30 qui ont donné lieu à du ruissellement.

On trouvera en Annexe 4 les fiches correspondant aux averses ayant donné lieu à du ruissellement et donnant la répartition des précipitations dans le temps et dans l'espace.

Pour l'estimation des coefficients de ruissellement et d'écoulement, il a été nécessaire d'estimer la pluviométrie moyenne sur le Bassin Versant pour ces deux précipitations.

---

(1) En dépit des précautions prises, un des pluviomètres Association nous a été volé.

Nous avons pris pour ce chiffre la valeur moyenne donnée par le pluviographe et les deux pluviomètres Association, corrigée par un coefficient égal au rapport de la moyenne sur la période d'observations, 15 Août-15 Septembre, des trois pluviomètres utilisés à la moyenne, sur cette même période, de l'ensemble des pluviomètres équipant le Bassin Versant. Ce procédé comporte évidemment une part d'arbitraire, mais il est justifié par la régularité des résultats obtenus aux différentes stations et par le caractère très homogène sur un espace aussi restreint que le Bassin Versant de KOURIEN-DOULIEN des précipitations observées en ENNEDI. D'autant plus que de par sa forme allongée dans le sens perpendiculaire des déplacements des lignes de grains, le Bassin Versant se trouvait pratiquement intéressé, simultanément et pendant la même durée, par les précipitations.

Les deux précipitations ayant donné lieu à ruissellement sont du type orage en ligne de grains décrit précédemment.

L'examen des fiches d'averses montre que ces deux averses ont un caractère nettement unitaire et les fortes intensités observées, pendant toute leur durée, permet de les considérer comme efficaces pour leur presque totalité. Ces intensités, eu égard à la faible hauteur de la précipitation, sont considérables puisqu'on enregistre en 15 minutes des intensités de 50 à 40 mm/h. Par suite d'un incident mécanique (blocage du levier de rappel à la suite du vent de sable précédant la tornade) l'enregistrement de la pluie du 8 Août n'a pas été obtenu.

Par suite de la faible densité et de la mauvaise répartition des postes d'observations (pluviographes et pluviomètres Association) nous n'avons pas tracé le réseau des isohyètes. Ces précipitations peuvent d'ailleurs être considérées comme pratiquement uniformes, compte-tenu de leur caractère. Les chiffres les plus élevés sont, sans aucun doute, observés sur les parties hautes du relief et en bordure de ceux-ci, c'est-à-dire sur des zones à fort ruissellement.

E/ - CRUES OBSERVEES :

1°) Etalonnage de la station :

La fréquence et la durée trop faibles des écoulements, un matériel insuffisant, ne nous ont pas permis un étalonnage régulier de la station. Trois jaugeages seulement ont pu être effectués. Par suite de la rapidité de la variation du plan d'eau, ils ne correspondent pas à une cote déterminée. Ils ont été dépouillés selon la méthode des jaugeages continus. De ce dépouillement, nous avons extrait les débits pour trois hauteurs au limniographe :

Hcm	7,5	10	15
Qm <sup>3</sup> /s	0,6	1,1	2,8

Les résultats obtenus à partir des jaugeages effectués ne peuvent être valablement extrapolés, au delà de la cote 15.

ESTIMATION des DEBITS MAXIMA :

Pour les débits élevés, les vagues importantes n'ont pas permis des mesures de vitesses d'approche correctes au déversoir, aussi sommes-nous réduits, pour l'estimation du débit maximum observé, à avoir recours à la formule générale de l'écoulement (STRICKLER - MANNING)

La pente, au droit de la section de jaugeages, est de 9 m/km :

$$i = 9 \cdot 10^{-3} \text{ m/m}$$

Les trois jaugeages effectués conduisent aux valeurs suivantes de K :

H liminigraphe	Q m <sup>3</sup> /s	U m/s	Largeur (m)	Section m <sup>2</sup>	K
7,5	0,60	0,59	8,8	0,75	33
10	1,1	0,90	1,75	1,23	38
15	2,8	2,20	11,3	2,3	36,5

Ces valeurs conduisent à adopter pour K la valeur moyenne de 35 en ce qui concerne des hauteurs d'eau variant de 5 à 30 cm et 38 au delà de 30 cm. Ces coefficients sont élevés, rappelons qu'ils sont relatifs à un lit rocheux de faible rugosité qui n'est encombré ni par la végétation, ni par des galets ou des blocs erratiques.

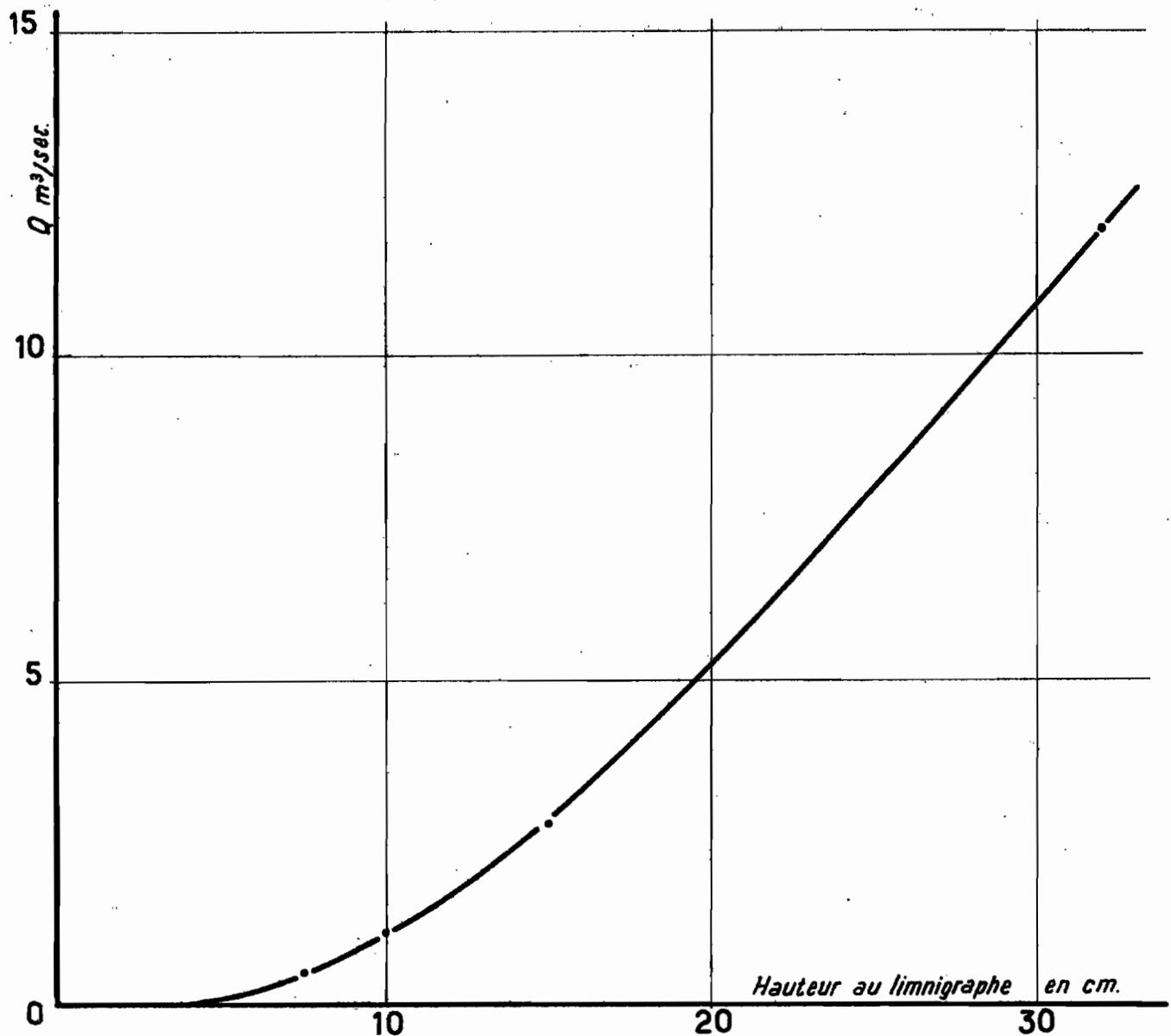
Pour le débit maximum, la section d'eau est bien connue et donne :

- Section  $S = 6,6 \text{ m}^2$
- Largeur  $L = 18,45 \text{ m}$

d'où l'on déduit :

- Vitesse moyenne dans la section  $U = 1,67 \text{ m}$
- $Q = 12 \text{ m}^3/\text{sec}$ , soit  $1500 \text{ l/s} \times \text{km}^2$

ENNEDI - HYDROLOGIE  
B.V de KOURIEN DOULIEN  
COURBE D'ÉTALONNAGE  
(Provisoire)



TCH 7067

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

ED:

LE: NOV. 57

DES: GROTTARD

VISA:

TUBE N°:

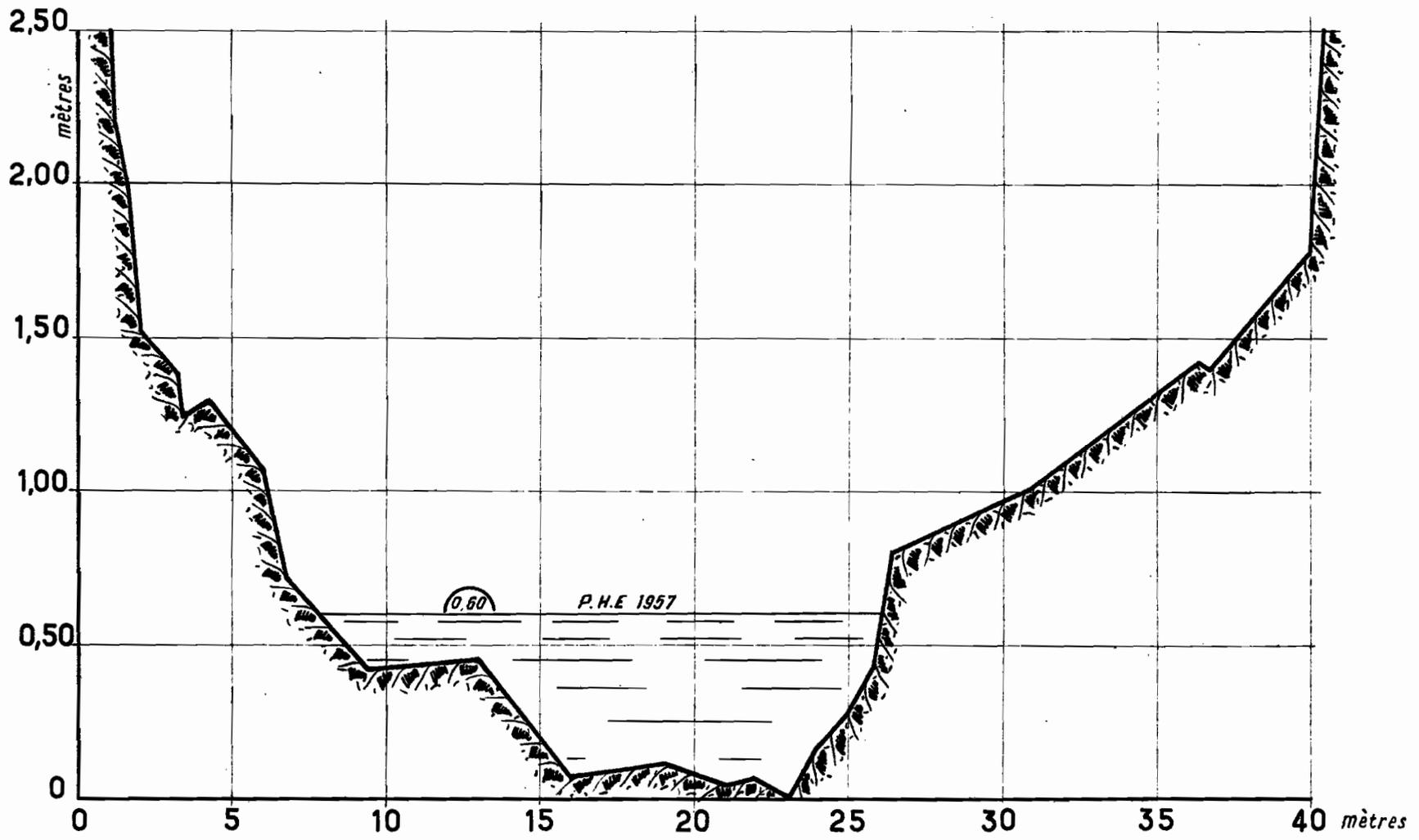
AO

TCH. 7066

ED: ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER  
LE: NOV. 57 DES: GROTARD VISA: TUBE N°: AO

ENNEDI - HYDROLOGIE  
KOURIEN DOULIEN

Profil en travers à la section de jaugeages



T A B L E A U VII

ENNEDI - PLUVIOMETRIE

B.V. de KOURIEN-DOULIEN

Tableau des caractéristiques

Ref.	Averse				Pluie effic.			Ruissellement		Absorp- tion		Ecoulement hypodermique		Hydrogramme			
	P1	P2	P3	H. : moy.	I maxi. : mm/h.	He : mm	Te : min	Ie : mm/h	V2 : m3	Kr% :	Kre% :	Cam : mm/h	Vhm3 :	Kh % :	Lag : h.	Rise : H.	Q maxi : m3/s
8-8	14,0	12,0	15,1	13,2	(80mm/h)	12	14	51,5	33.000	31%	33 %	34mm/h	27.200	26	1,05	0,33	12
30-8	12,5	8,5	9,0	9,6	40mm/h	9,0	18	30	24.000	32%	34 %	25mm/h	19.500	26	1,10	0,45	8,4

A partir de ces quatre valeurs Q/H, nous avons tracé une courbe de tarage qui nous a permis une conversion en débits des enregistrements limnimétriques.

Soulignons le caractère approximatif des chiffres ainsi obtenus.

## 2°) Crues :

Les précipitations du 26 Juillet à 19 h.45, du 8 Août à 16 h.40, n'ont donné lieu qu'à un faible écoulement (crues hypodermiques); par suite d'incidents, elles n'ont pu être enregistrées.

Par contre, les deux seules crues ayant donné lieu à ruissellement, celles des 8 et 30 Août, ont donné un enregistrement exploitable à partir duquel l'hydrogramme a pu être tracé. Ces hydrogrammes figurent sur la fiche d'averse correspondante.

En nous inspirant de la méthode de travail utilisée pour le dépouillement selon le procédé des hydrogrammes unitaires, nous avons établi le Tableau ci-joint (1).

Ce Tableau met en évidence les caractéristiques suivantes :

a) - L'importance des coefficients de ruissellement et d'écoulement hypodermique :

$$k_r = 32 \%$$

$$k_h = 26 \%$$

ce qui donne un coefficient d'écoulement global :

$$K = 58 \%$$

(1) Pour la définition des différents termes adoptés, on pourra se reporter à l'exposé de la "Méthode des Hydrogrammes unitaires", Introduction à l'étude analytique du Bassin Versant du MAYONKOURE, ELECTRICITE de FRANCE, I.G.U.F.E. Mars 1957.

coefficient très élevé compte-tenu de l'importance relativement faible des précipitations.

b) - La grande similitude des deux hydrogrammes de ruissellement.

Les courbes de décrues sont parfaitement affines dans le rapport des volumes ruisselés.

Les pourcentages de pointe (peak-pourcentage) sont très comparables :

- crue du 8 Août : 19,6 % pour un temps de base de 10 mn.

- crue du 30 Aout: 18,4 % pour un temps de base de 10 mn.

- Temps de ruissellement faible, identique pour les deux crues. Ce temps de ruissellement s'élève à lh.35.

- Les débits hypodermiques sont faibles, mais les débits maxima sont considérables eu égard à la faible valeur des précipitations 9 à 15 mm.

- Le temps d'écoulement total très important, plus de 10 heures dans les deux cas, ce qui entraîne un volume hypodermique non négligeable.

On notera, toutefois, une différence notable dans la forme de la courbe ascendante de l'hydrogramme pour les deux crues. Cette différence doit trouver son explication dans une répartition différente de la pluie dans l'espace, le petit affluent Rive Gauche ayant été mieux alimenté au cours de la deuxième tornade.

Enfin, notons un fait dont les conséquences ne sont peut-être pas négligeables :

Dans les deux cas, une première précipitation, dont malheureusement l'importance n'est pas connue (pluie de marge orageuse), est tombée sur la partie amont du Bassin Versant, quelques heures avant la pluie principale, en intéressant des dépressions de SARGOURSAIGNIA. Le 8 Août, cette précipitation avait été suffisamment importante pour donner lieu à une première onde de crue (débit maximum 400 l/s, vers 17 h.30).

Une étude analytique complète à partir des éléments obtenus n'est guère possible. Deux crues observées constituent une référence très insuffisante pour permettre une extrapolation des résultats.

Néanmoins, nous avons tenté d'estimer le débit maximum probable à partir des différents éléments déjà obtenus.

Nous admettrons, en premier lieu, que l'hydrogramme, pour une crue beaucoup plus importante, présente des caractéristiques inchangées par rapport à celles observées. Rappelons que c'est là l'hypothèse de base de la méthode des hydrogrammes unitaires.

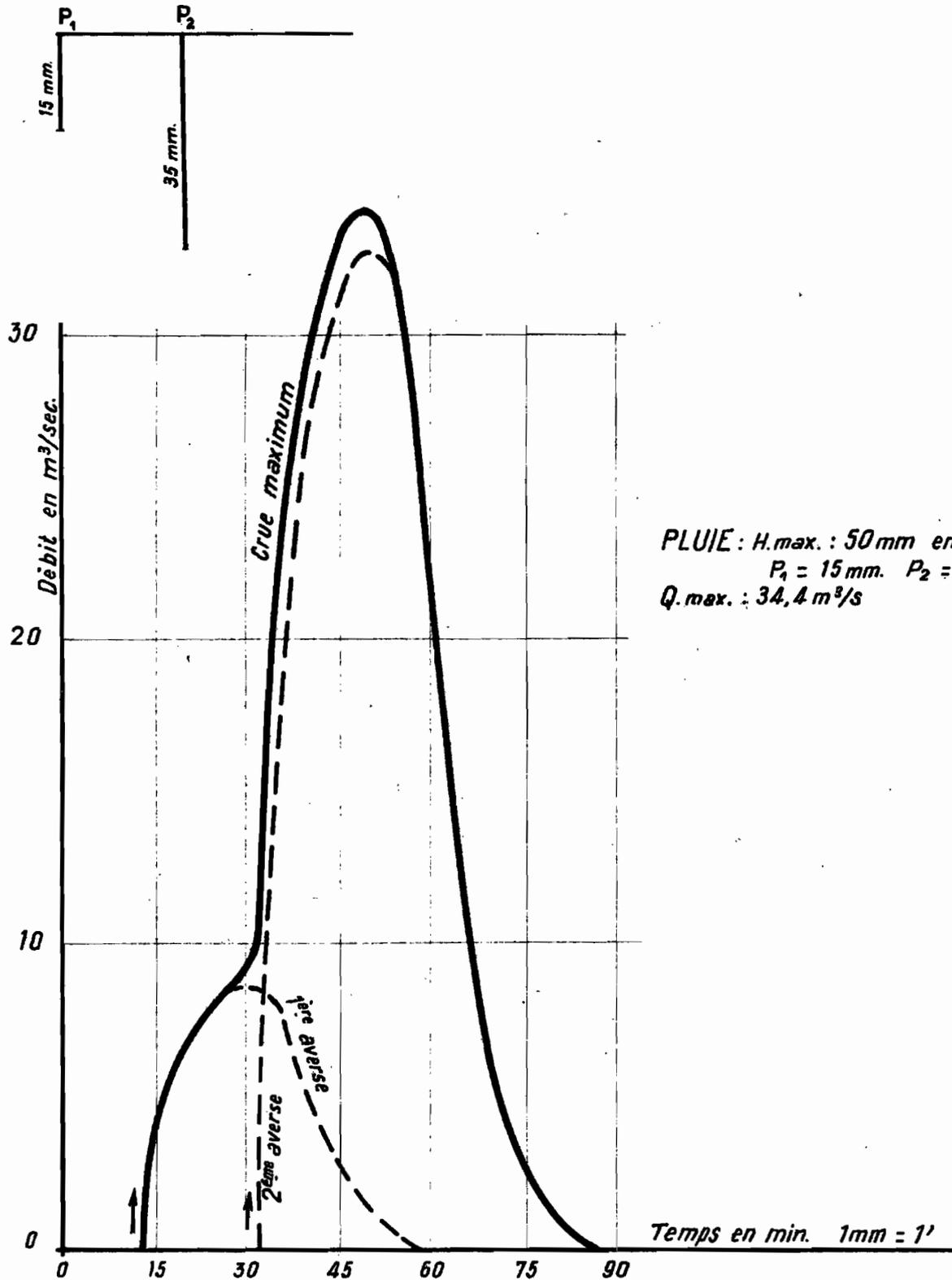
D'autre part, nous nous référerons à la pluie maximum en 24 heures observée sur la période 1950/1957, soit 50 mm.

Par suite du régime pluviométrique de l'ENNEDI, nous avons vu qu'une telle précipitation est généralement le résultat de plusieurs averses. Nous admettrons deux averses successives de 15 et 35 mm.

Pour un petit Bassin Versant tel que celui de KOURIEN-DOULIEN, le chevauchement de deux ondes de crues consécutives est peu probable. Néanmoins, les deux averses observées à ARCHET et qui sont intervenues à 3/4 d'heure d'intervalle, c'est-à-dire en un temps inférieur au temps de ruissellement à KOURIEN-DOULIEN, nous conduisent à envisager un tel chevauchement. Nous avons admis un intervalle de 40 minutes entre les deux averses.

ENNEDI — HYDROLOGIE  
B.V de KOURIEN DOULIEN

Reconstitution de la crue maximum



PLUIE : H.max. : 50 mm en 2 averses  
P<sub>1</sub> = 15 mm. P<sub>2</sub> = 35 mm.  
Q.max. : 34,4 m<sup>3</sup>/s

Enfin, nous ne pensons pas que les coefficients de ruissellement et d'écoulement soient sensiblement modifiés pour des précipitations plus importantes; en effet, le Bassin Versant est constitué essentiellement de trois types de surface.

1°) Des surfaces rocheuses et à fortes pentes donnant un ruissellement pratiquement total.

2°) Des surfaces ensablées avec de faibles pentes donnant lieu à un ruissellement pratiquement nul. Ces surfaces ne représentent qu'une faible partie du Bassin.

3°) Des surfaces rocheuses à faibles pentes (partie supérieure des plateaux), donnant lieu à un ruissellement partiel.

Quelle que soit la pluie préliminaire, les deux premiers types de surface qui représentent la majorité de l'ensemble auront un comportement identique, seul le troisième type peut donner lieu à un ruissellement plus important, les mouilles (flaques d'eau dans les petites dépressions, rigoles) étant au moins partiellement remplies par les précipitations préliminaires au début de l'averse principale.

Remarquons en outre que pour les crues observées les 8 et 30 Août, cette condition de remplissage des mouilles était au moins partiellement réalisée par suite des pluies préliminaires tombées sur la partie amont du Bassin Versant qui est celle où l'on rencontre ce type de relief. Nous avons donc adopté les coefficients suivants :

$$k_r = 25 \% \text{ pour la 1ère précipitation}$$

$$k_r = 40 \% \text{ pour la 2ème précipitation}$$

Le graphique ci-joint donne le diagramme de la crue résultant de la précipitation de 50 mm. Il accuse un débit de ruissellement maximum de 33 m<sup>3</sup>/s correspondant à un débit maximum de crue de l'ordre de 35 m<sup>3</sup>/s, soit en valeur spécifique :

$$q = 4.400 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

Une autre approximation de ce débit maximum peut être obtenue par l'application de la formule de STRICKLER, comme nous l'avons déjà fait à plusieurs reprises.

Les cotes des plus fortes crues des années précédentes n'ont pu être relevées avec beaucoup de précision. Les berges sont découpées dans le rocher et les délaissées de crue rencontrées sur de petits replats à diverses cotes, peuvent y avoir été apportées par le ruissellement sur les pentes latérales de la vallée. Les marques d'érosion sur les berges sont des indices plus probants et nous nous sommes arrêtés, finalement, à la cote de 1,10 m à l'échelle, cote située un peu en-dessous de celle qui nous avait été indiquée par notre guide. A cette cote, et pour un coefficient de STRICKLER pris égal à 30 (1) par analogie avec ce que l'on peut observer pour des torrents en crue de pente semblable, le lit étant relativement déblayé, nous avons obtenu un débit de 46 m<sup>3</sup>/s, soit en valeur spécifique :

$$q = 5.750 \text{ l/s} \times \text{km}^2$$

Ce débit, compte-tenu de la précision que l'on peut escompter pour de telles estimations, est du même ordre que celui déjà calculé.

---

(1) On sait que le coefficient K croît avec la hauteur d'eau tant que l'écoulement reste dans le chenal principal. Au delà, il décroît par suite de l'influence de la rugosité relativement plus forte des zones latérales du lit. De plus, dans le cas présent, par suite de la forme du déversoir, il est probable que des phénomènes de contraction latérale entrent en jeu. Ces observations expliquent le choix d'un coefficient inférieur à celui utilisé précédemment.

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----  
Commission du LOGONE et du TCHAD  
-----

E N N E D I

-----  
HYDROLOGIE SUPERFICIELLE  
-----

C H A P I T R E IV

III - Essai d'interprétation

ENNEDI - PLUVIOMETRIE

Campagne 1957

Résumé des observations

RÉFÉRENCES	Nature du bassin versant	Surface du B.V km <sup>2</sup>	Débit spécifique max. probable l/s/km <sup>2</sup>	Crues observées					
				Date	Pluie mm	Débit spécif. de pointe l/s/km <sup>2</sup>	Débit maximum m <sup>3</sup> /s	K <sub>2</sub> %	K %
AOUÉ (Chute)	Sol: grès à plantes - largement fracturé. Ensemblement réduit	10		26.27.7	13,5	120	1,2		15
				26.27.7	13,7	120	1,2		15
AOUÉ au confluent de N'DOULO	Pour l'amont: voir ci-dessus Pour l'aval: plaine de dégagement	12		26.27.7	13,5	37,5	0,45		
N'DOULO au confluent d'AOUÉ	Comme pour AOUÉ mais plaine de dégagement essentiellement constituée d'affleurements rocheux.	35		26.27.7	13,5	80	2,80		
MAYA (Chute)	Rocheux - grès à plantes. Pas de zone ensablée	85		28.7	17,1	305	26		55
ARCHEÏ (Chute supérieure)	Rocheux - grès à plantes pour l'amont gothlandien pour l'aval Deux plaines de dégagement AOUÉ peu ensablée AROUÉ ensablée	800	(600)			310 <sup>(1)</sup>	25 <sup>(1)</sup>		
BAABA	Comme pour ARCHEÏ. Une très vaste plaine de débâlement, très ensablée: OFFRO	450	175						
OHOUKA	Grès gothlandien Plaines de débâlement importantes (Tomba)	550		9-8		100	55,0		
ÉTERTÉKOÏLÉ	Grès gothlandien Dépressions intérieures réduites	40	3000	8-8		375	15		
HOUOU DAHON	Grès gothlandien pour l'amont Plaine de débâlement ensablée pour l'aval	1000	50		(10)	0	0	0	0
KOURIEN DOULIEN	Grès gothlandien	8	6000	8-8	13,2	1400		30	56
				30-8	9,6	1000		32	57

<sup>(1)</sup> Maximum pour 1957

TCH. 7074

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

ED: LE: NOV. 57 DES: GROTARD VISA: TUBE N°: 0.15

Les principaux résultats hydrologiques obtenus au cours de la campagne 1957 sont résumés dans le Tableau ci-contre.

Ce Tableau met en évidence une très nette discordance des valeurs spécifiques et des coefficients selon la nature du sol du Bassin Versant auquel ils se rapportent. Les chiffres obtenus pour les Bassins Versants entièrement développés dans les grès sont très élevés, tandis qu'ils sont faibles pour les Bassins Versants comportant des zones ensablées importantes.

1°) - COEFFICIENTS de RUISSELLEMENT et d'ECOULEMENT en ZONE ROCHEUSE -

Les valeurs élevées de ces coefficients, dans les zones rocheuses, sont en relation avec :

- a) - les fortes intensités des précipitations
- b) - une couverture végétale et un sol inexistant
- c) - une faible capacité d'absorption des zones rocheuses.

a) - Fortes intensités des précipitations :

Comme nous l'avons déjà remarqué à plusieurs reprises, les intensités enregistrées pour les précipitations orageuses, sont très élevées eu égard à la hauteur totale de la pluie. Nous avons observé des valeurs de 50 mm/h en 15 minutes pour des précipitations de 15 mm. En régime tropical, des intensités semblables ne s'observent pratiquement que pour des averses de hauteurs supérieures à 25 mm.

Ces pluies, bien groupées et intenses, participent pour leur totalité au ruissellement; pour reprendre la terminologie utilisée dans la méthode des hydrogrammes unitaires, elles sont totalement efficaces.

b) - Couverture végétale et sol inexistant :

Pour les Bassins Versants qui se développent dans les systèmes rocheux, la végétation et les sols sont limités à quelques rares zones d'extension restreintes et partiellement ensablées où poussent quelques graminées, ainsi qu'aux abords des gueltas où l'on rencontre quelques arbustes (Talas ou Palmiers Doums).

Cette absence de végétation et de sol confère, au Bassin Versant de type rocheux, un très faible pouvoir de rétention, caractère accentué par les pentes relativement fortes en dehors des sommets des reliefs tabulaires. Pratiquement, le pouvoir de rétention est limité au remplissage des mouilles, le lit de la rivière étant à sec en dehors des crues.

Cette particularité explique, sur les Bassins étendus, la formation du front de crue.

En effet, les mouilles les plus importantes se situent dans le lit principal et demandent, pour être remplies, un certain temps. Tant qu'elles ne sont pas remplies, la vitesse de propagation dans le lit principal, est faible; mais elle devient beaucoup plus rapide dès que ce remplissage est réalisé. Dans ces conditions, les eaux venant des parties amont du Bassin "rattrapent" vers l'aval du lit, celles des parties basses.

Ainsi, en un point donné du Bassin, l'arrivée des débits se trouve retardée, l'onde de crue étant amputée de sa partie initiale. La partie ascendante de la courbe est raidie, ce qui se traduit par un temps Lag long et un temps Rise court.

Il n'y a pas lieu de surestimer le volume total de ces mouilles.

A titre indicatif, en admettant pour le bras principal de MAYA (BETDA) un volume de 20.000 m<sup>3</sup>, cela représente, sur les 8 km de développement de cette vallée, un plan d'eau uniforme de 5 m de large et d'une profondeur de 0,50 m, ce qui est nettement supérieur à ce que nous avons pu observer en parcourant cette vallée après la pluie du 28 Août. Or, 20.000 m<sup>3</sup> ne représentent que 0,7 % du volume total de cette pluie.

Par contre, si ce volume est faible vis-à-vis du volume précipité et du volume écoulé, il nécessite, pour son remplissage, un temps non négligeable. Ainsi, dans le cas précédent, en admettant pour le remplissage, un débit moyen égal à 40 % du débit maximum de la crue, soit 10 m<sup>3</sup>/s, le temps de remplissage s'élève à plus de 30 minutes.

Rappelons que tout ceci est relatif à un lit rocheux. On comprendra aisément que l'écoulement sur un lit perméable est rapidement stoppé.

c) - Faible capacité d'absorption :

Du point de vue géologique, les ensembles gréseux sont généralement considérés comme perméables, l'absorption de l'eau étant favorisée par la présence de failles et de fractures et surtout par la présence de niveau à sable non cimenté. La vitesse d'absorption pour la roche elle-même est limitée et ne doit pas, pour les grès qui nous intéressent, dépasser 20 mm/h. Dans le cas particulier de l'ENNEDI, les fractures sont nombreuses, mais au moins partiellement colmatées, ce qui limite leur pouvoir absorbant. Les failles y sont relativement peu nombreuses et nous n'avons pas observé dans la masse gréseuse de niveau sableux, une faible capacité d'absorption est donc normale.

Les nombreuses flaques d'eau qui séjournent plusieurs jours après la pluie sur les petites plateformes horizontales, ainsi que les mares plus ou moins importantes, mais peu profondes que l'on rencontre dans les dépressions locales des hautes plaines, montrent qu'il peut y avoir un colmatage suffisant pour que l'épuisement des réserves d'eau soit essentiellement le fait de l'évaporation. Il en est de même dans les gueltas où, par suite de leur situation généralement très abritée, les effets de l'évaporation sont, en outre, affaiblis.

Cette faible capacité d'absorption n'est pas propre aux grès de l'ENNEDI; dans cet ordre d'idée, signalons des résultats obtenus pour des grès ordoviciens ayant une formation continentale et une texture semblable :



AOUE - Alimentation d'une **caasure**  
par le ruissellement

- Des essais effectués sur le site du barrage de KALE (SAMOU, Guinée) ont donné des coefficients Lugeon de quelques unités.

- Des études hydrologiques sur le Bassin Versant du MAYONKOURE (affluent du KONKOURE, Guinée) ont fait ressortir une capacité d'absorption apparente moyenne de 35 mm/h pour les parties rocheuses de ce Bassin Versant, où la couverture végétale est très sensiblement plus forte qu'en ENNEDI.

Ces deux résultats montrent que, du point de vue hydrologique, de tels ensembles gréseux peuvent être considérés comme imperméables et que les chiffres de 25 et 35 mm/h, observés à la suite des deux crues de KOURIEN-DOULIEN, n'ont rien d'anormal.

Rappelons, toutefois, que certains failles sont susceptibles d'absorber un débit non négligeable comme le montre l'exemple que nous avons observé à AOUE.

2°) - COEFFICIENTS de RUISSELLEMENT et d'ÉCOULEMENT pour les ZONES ENSABLEES des PLAINES de DÉGAGEMENT.

D'une façon générale, les précipitations qui tombent sur le sable des plaines de dégagement ne donnent lieu à aucun écoulement. En effet, si ces précipitations sont immédiatement absorbées, elles ne pénètrent que très peu en profondeur. Le drainage d'un terrain, et par conséquent, le déplacement par gravité de l'eau dans celui-ci, ne s'opère de façon efficace que si le taux d'humidité est supérieur au taux de rétention du sol. Or, par suite de l'énorme déficit d'évaporation, les couches superficielles se trouvent portées, avant la pluie, à un état de dessiccation poussée et l'eau est uniquement utilisée pour l'humidification d'une épaisseur plus ou moins grande de terrain. Cet eau ne peut, en aucun cas, participer à l'alimentation de la nappe phréatique.

A ce sujet, signalons la règle donnée par J.DUBIEF, selon laquelle, en zone désertique, l'épaisseur de la couche superficielle de sable humidifiée est de l'ordre de 1 cm pour 1 mm de pluie, règle que nous avons pu vérifier personnellement au cours de la présente campagne.

Cette disparité entre les valeurs observées pour les zones rocheuses et pour les zones ensablées explique les faibles débits spécifiques observés à l'aval des grandes plaines de dégagement et les chiffres intermédiaires obtenus pour des Bassins Versants mixtes. Les mesures effectuées à AOUE et à BAABA sont significatives à cet égard.

A AOUE, le débit spécifique à la chute a atteint  $120 \text{ l/s} \times \text{km}^2$  pour  $10 \text{ km}^2$  de Bassin Versant rocheux tandis qu'on enregistrait que  $38 \text{ l/s} \times \text{km}^2$  immédiatement à l'amont du confluent de l'Enneri N'DOULOU, pour un Bassin Versant mixte de  $12 \text{ km}^2$ , après seulement un parcours de  $2 \text{ km}$  en zone ensablée. La crue, d'ailleurs, n'a pas atteint la fin de cette zone qui, pourtant, n'est située que seulement  $6 \text{ km}$  à l'aval du seuil rocheux d'AOUE.

A BAABA, le débit spécifique maximum de crue a été évalué à  $175 \text{ l/s} \times \text{km}^2$  pour un Bassin Versant de  $450 \text{ km}^2$ ; chiffre faible lorsqu'on le compare à ceux que l'on obtient pour des Bassins Versants développés en zone rocheuse. Il y a lieu de noter que le Bassin Versant de BAABA comporte d'importantes plaines de dégagement dont celle d'HATEHAYE-OFFRO. Il s'ensuit que le débit de crue qui circule dans les gorges est essentiellement alimenté par la partie aval du Bassin Versant, dont la superficie ne se développe que sur  $50 \text{ km}^2$  environ. Rapporté à ce chiffre, le débit spécifique maximum de crue s'élèverait à  $1600 \text{ l/s} \times \text{km}^2$ .

Ceci nous montre que la presque totalité des débits traversant les zones de dégagement est entièrement absorbée et concourt à l'alimentation de la nappe phréatique locale.

On comprendra, ainsi, qu'il est rare que les débits parviennent au-delà de ces plaines de dégagement, jusqu'au débouché en bordure du Massif, c'est-à-dire à HOHOU-DAHON pour le système de N'DOU, à la mare d'EDIE pour les systèmes d'ARCHEI et de NOHI. Signalons toutefois que ce phénomène est relativement plus fréquent pour le système d'ARCHEI dont le Bassin Versant est en très grande partie rocheux.

Ainsi, l'alimentation des Ouadi du MORTCHA, Ouadi SAALA, Ouadi HAOUACH, à partir du Massif, est relativement rare et elle ne se rencontre que si des conditions favorables sont réunies.

De telles conditions ont lieu lorsque, comme en 1956, des précipitations relativement importantes sont groupées sur une durée très courte : 82,5 mm du 12 au 20 Août 1956. Alors se trouvent réalisés simultanément le remplissage des mouilles, la saturation partielle des fonds de dépression intérieure et le raccordement des écoulements amont et aval, indépendamment de l'effet favorable résultant de la rétention superficielle due aux premières pluies.

En dehors de ces conditions favorables, il y a discontinuité des écoulements observés dans le Massif et dans le MORTCHA, ces derniers étant alimentés par les précipitations propres à cette région; précipitations qui sont probablement comparables à celles de l'ENNEDI, sinon supérieures, puisque du 1er Août au 15 Septembre, nous avons enregistré au pluviomètre du radier de SAALA une hauteur de précipitations égale à 49 mm.

Fait à PARIS, Novembre 1957

R. BRAQUAVAL,

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----

Commission du LOGONE et du TCHAD

-----

E N N E D I

-----

HYDROLOGIE SUPERFICIELLE

-----

CONCLUSION

Une première campagne d'études hydrologiques en zone désertique ne permet pas d'espérer des conclusions définitives. Cependant, contre toute attente, les observations effectuées en 1957, en ENNEDI, ont mis en évidence un certain nombre de faits essentiels.

#### I - METEOROLOGIE -

Les études effectuées nous ont permis d'obtenir, pour FADA, les chiffres caractéristiques avec une précision suffisante permettant de classer cette station du point de vue climatique. Ces chiffres sont :

- Pluviométrie moyenne annuelle : 90 mm
- Evaporation en nappe libre : 3500 mm environ
- Température moyenne annuelle : 28 à 29°, avec des maxima journaliers de 45 à 50° en Juin, des minima de 5 à 7° en Janvier.

A ces valeurs correspondent les indices climatiques suivants :

- Indice de de MARTONNE : 1,2 environ
- Indice de classe climatique de SWAIN : 8,9 a (1)

Ces indices correspondent à un climat désertique.

---

(1) Base climatologique de la Sylviculture de la nouvelle Galle du Sud (1938).

Toutefois, il y a lieu de remarquer que l'isohyète 100 passe fréquemment au Nord de FADA et qu'en tout état de cause, la partie méridionale du Massif reçoit plus de 100 mm d'eau par an. L'ENNEDI se situe donc en limite du climat subdésertique dans une situation analogue à celle de l'ADRAR-des-IFOGHAS, des plus hauts sommets de l'AHAGGAR ou des régions situées au Sud de l'Atlas Saharien.

Il existe, néanmoins, une différence fondamentale entre les régimes pluviométriques de ces régions et de l'ENNEDI. En effet, si pour les différents régimes sahariens, la répartition des précipitations permet de distinguer une saison pluvieuse, seul l'ENNEDI représente une véritable saison des pluies avec un mois d'Août recevant plus de 60 % de la précipitation moyenne interannuelle.

## II - HYDROLOGIE -

1°) Le régime pluviométrique particulier de l'ENNEDI qui donne l'assurance d'observer, sur un petit bassin, un ou plusieurs ruissellement durant la période relativement réduite qui va du 15 Juin au 15 Septembre, fait de cette région un cas limite d'application pratique des méthodes d'hydrologie analytiques.

Insistons sur le fait que, par suite de la nature des sols rencontrés : rocheux imperméables et sableux très perméables, la concentration dans le temps des précipitations reste néanmoins insuffisante pour avoir une influence prépondérante sur les phénomènes d'écoulement.

L'application des méthodes analytiques est susceptible d'apporter de précieux renseignements en ce qui concerne les caractéristiques classiques de l'Hydrologie :

- coefficient de ruissellement et d'écoulement
- capacité d'absorption apparente.

Ces caractéristiques sont essentiellement en relation avec la nature géologique du sol, elles seront donc justifiables d'une importante généralisation, les séries gréseuses du même type que celles rencontrées en ENNEDI ayant une grande extension dans l'ensemble du SAHARA.

2°) Cette première campagne nous montre également que des précipitations de faible hauteur : 10 à 15 mm et de forte intensité : 50 à 80 mm/h peuvent donner lieu, en Bassin Versant rocheux, à un écoulement non négligeable par suite d'une rétention superficielle nulle et d'une faible capacité d'absorption. Rappelons que ce diagramme est le diagramme type des précipitations désertiques.

### III - ALIMENTATION des NAPPES PHREATIQUES -

Nous avons vu que les nappes phréatiques sont essentiellement alimentées par les écoulements qui, prenant naissance dans les zones rocheuses, concentrent en quelques régions privilégiées, les apports d'eau météoriques.

Ainsi, les principales nappes devront être recherchées à proximité des principaux débouchés des systèmes hydrographiques du Massif, c'est-à-dire :

- En bordure Sud du Massif et dans le Nord MORTCHA
  - à N'DOU pour l'Enneri N'DOU
  - à ARCHEI pour l'Enneri ARCHEI
  - à TEHIME, SEBE pour l'Enneri SINI
- Pour la limite Nord du Massif
  - au débouché des principaux systèmes du Bassin Versant du MOURDI.

Notons que, bien que la pluviométrie diminue rapidement lorsqu'on remonte vers le Nord, les apports du Bassin du MOURDI peuvent être importants, les systèmes hydrographiques de ce Bassin drainant la totalité des hautes plaines qui, dans leur partie méridionale, reçoivent une pluviométrie non négligeable (70 mm pour le BASSO en 1957).

Pour le Massif lui-même, nous pouvons classer, a priori, les nappes phréatiques en deux catégories :

- a) les nappes des plaines de dépression
- b) les nappes des Massifs

a) - Les nappes des plaines de dépression, sont celles que l'on observe dans les zones ensablées de ces plaines et où parviennent les écoulements ayant leur origine dans les Massifs gréseux. Ce sont des régions où la végétation arbustive est importante et où de nombreux puits sont creusés (OHOUKA, AOUALI, OFFRO, NOHI). Dans certains cas, la nappe affleure (FADA).

Au cours de cette première campagne, nous n'avons pas étudié les variations du niveau de ces nappes. L'intérêt d'une telle étude est évident et elle devrait être entreprise dans le cas où les recherches hydrologiques en ENNEDI seraient poursuivies.

b) - Les nappes des Massifs, seraient celles hypothétiques qui s'étaleraient au-dessus d'une couche de sol imperméable.

Ce substratum, compte-tenu de la formation géologique du Massif, peut-être le socle précambrien sur lequel il repose ou des bancs de grès en plaques relativement peu fracturés, partiellement schistifiés et relativement imperméables, que l'on rencontre à des niveaux constants (niveau à HARLANIA en particulier).

L'alimentation de telles nappes serait possible par un cheminement de l'eau depuis le réseau des fractures.

Les observations faites à propos des sources confirment qu'un tel processus est possible, surtout dans la zone post-tassilienne où le réseau de fractures est relativement beaucoup plus développé que dans celle des Tassilis. Une alimentation à partir des nappes locales des dépressions, ne doit pas non plus être exclue.

Remarquons que pour la région des Tassilis, les sources se situent toujours à l'aval d'une nappe "locale", ce qui laisse supposer que s'il existe une nappe de "massif" dans cette zone, elle se trouve reléguée à une grande profondeur. Par contre, nous considérons la présence de sources relativement nombreuses en bordure des grès à plantes (KOSSOMABA, MAYA, AOUE, ETEGNIA) comme un indice favorable à la présence d'une nappe dans la zone de contact des deux séries gréseuses.

Le pendage général vers le Nord des différentes couches sédimentaires implique un cheminement par gravité dans cette même direction, c'est-à-dire vers le MOURDI.

Il est encore trop tôt pour qu'une estimation précise des volumes d'eau alimentant ces différents types de nappe puisse être entreprise. Des ordres de grandeur peuvent néanmoins être avancés à partir d'une évaluation sommaire.

Ainsi, pour la nappe de FADA, le Bassin de réception couvre une superficie de 200 km<sup>2</sup> (Bassin Versant de SAO) dont 40 % environ sont constitués par des sols rocheux identiques à ceux du Bassin Versant de KOURIEN-DOULIEN.

Avec un coefficient moyen d'écoulement pour ces zones rocheuses de 50 %, une pluviométrie moyenne annuelle de 90 mm, on obtient, pour le volume d'alimentation moyen annuel, le chiffre de :

$$V = 200 \times 0,4 \times 0,5 \times 0,9 \cdot 10^{-6} \times \frac{H_u}{H_t}$$

Où  $\frac{H_u}{H_t}$  est le rapport de la hauteur de pluie utile, c'est-à-dire celle ayant donné lieu à écoulement et  $H_t$  la hauteur de pluie totale.

$H_u$  comprend pratiquement toutes les précipitations en dehors des pluies de marge orageuse.

En adoptant, pour ce rapport, le chiffre observé au cours de cette campagne à KOURIEN-DOULIEN, nous obtenons :

$$V = 12 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{annuel}$$

Soulignons que ce chiffre ne représente pas un volume utilisable, une part très importante est perdue par évaporation dont l'action ne se limite pas seulement aux nappes d'eau libre, mais s'étend à la totalité des sols pour lesquels la nappe est suffisamment proche de la surface pour maintenir le taux d'humidité des couches superficielles.

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----

Commission du LOGONE et du TCHAD

-----

E N M E D I

-----

HYDROLOGIE SUPERFICIELLE

-----

ANNEXE n° 1

Observations psychrométriques

en dehors de FADA

T A B L E A U A/

ENNEDI - PLUVIOMETRIE

Observations hypsométriques 1957

Lieux	Date	Heure	t <sub>s</sub>	t <sub>h</sub>	U	Correction de pression	U %	f
UUM CHALOUBA	21-6	8h.	34°,0	22°,5	37,0			
UUM CHALOUBA	21-6	14h.	40°,0	21°,0	16,5			
ARCHEI grotte	29-6	6h.	29°,0	20°,0	42,9	0,75	43,7	17,5
ARCHEI grotte	29-6	12h.	36°,0	20°,0	21,4	0,80	22,2	13,2
TERKEI ILIBA	30-6	6h.	27°,5	20°,0	50,0	0,70	50,7	19,6
ETIMEMEME	30-6	12h.	37°,5	22°,5	26,8	0,75	27,6	17,8
ETIMEMEME	1-6	6h.	28°,4	21°,0	51,5	0,65	52,2	20,2
OUAGUIF	1-6	12h.	37°,5	23°,0	28,5	0,60	21,1	18,8
Radier O SAALA	1-7	16h.30	42°,2	22°,4	20,3	0,64	20,9	15,6
Radier O HOUM-HADGER	1-7	18h.	36°,0	21°,5	26,8	0,64	27,4	16,3
KOURIEN-DOULIEN	10-7	12h.	39°,0	19°,0	12,3	1,14	13,4	9,4
OHOU-DAHON	18-7	12h.	38°,5	19°,0	13,2	0,95	14,2	9,7

T A B L E A U B//

ENNEDI - PLUVIOMETRIE

Observations hypsométriques 1957

Lieux	Date	Heure	t <sub>s</sub>	t <sub>n</sub>	U	Correction: de pression	U%	f
OHOU-DAHON	20-7	8h.20	37,2	17,5	10,8	0,90	11,7	7,2
SINI BITILE	23-7	10h.30	32,4	21,0	35,2	0,90	36,1	17,6
		12h.00	35,0	21,5	29,5	0,96	30,5	17,2
		15h.15	37,3	22,0	25,4	0,96	26,4	16,8
BORDODINGA	24-7	5h.30	26,4	20,0	55,5	0,72	56,2	19,4
KARGAO	24-7	18h.40	29,4	18,0	31,7	1,71	33,4	13,7
		6h.	22,8	19,5	73,5	0,72	74,2	20,6
AOUE	25-7	12h.	32,8	20,0	29,9	1,53	31,4	15,7
		6h.	21,7	18,5	73,8	0,72	74,5	19,4
AOUE sommet	26-7	6h.30	21,0	18,6	80,6	0,60	81,2	20,2
		8h.	22,2	19,	74,0	0,80	74,8	20,0
AOUE	27-7	6h.	21,5	19,	78,0	0,63	78,6	20,1
		12h.	28,6	22,2	57,4	0,99	58,4	22,9
		18h.	24,5	20,8	72,0	0,72	72,7	22,4
	28-7	5h.30	21,5	19,8	85,7	0,36	86,1	22,1

T A B L E A U C /

ENNEDI - PLUVIOMETRIE

Observations hypsométriques 1957

Lieux	date	Heure	t <sub>s</sub>	t <sub>h</sub>	U	Correction: de pression	U %	f
MAYA	28-7	12h.	31°6	22°2	44,0	1,17	45,2	21,0
		18h.	23°1	18°9	67,1	1,35	68,5	19,4
	29-7	6h.	21°8	19°2	78,8	0,90	79,7	20,8
		12h.	32°2	19°8	30,7	1,53	32,2	15,5
		18h.	30°9	19°0	31,3	1,62	32,9	14,7
30-7	6h.	25°2	17°9	48,6	1,35	50,0	16,0	
BITI-BEIDA Camp <sup>t</sup>	30-7	12h.	35°5	18°	15,4	2,00	17,4	10,1
BITI TEHI	30-7	18h.	32°	16°7	18,4	2,31	20,7	9,9
BITI TEHI	31-7	6h.	25°2	15°1	32,4	2,31	34,7	11,1
BASSO-SAGORHYELI	31-7	12h.	33°5	19°1	24,0	1,80	25,8	13,2
		18h.	31°8	16°2	17,0	2,20	19,2	9,0
	1-8	6h.	23°0	15°8	46,8	1,70	48,5	13,6
KOUROUMI	2-8	6h.	24°	13°8	26,5	2,30	28,3	8,9
BASSO bordure Sud	2-8	12h.	34°	16°8	14,3	2,31	16,6	8,9
HATEHAYE	3-8	12h.	33°5	20°1	28,2	1,36	29,6	15,3
		18h.	33°2	16°9	16,4	1,68	18,1	9,2

T A B L E A U D //

ENNEDI - PLUVIOMETRIE

Observations hypsométriques 1957

Lieux	Date	Heure	t <sub>s</sub>	t <sub>h</sub>	U	Correction de pression	U %	f
HEHOU HAGENE	4-8	6h.	27,8	15,7	26,0	1,76	27,8	10,3
		12h.	35,8	18,5	16,6	1,52	18,1	10,6
		18h.	33,8	16,2	14,3	1,76	16,1	8,1
BAABA	5-8	6h.	26,2	13,8	22,0	1,92	23,9	8,1
		12h.	35,1	18,4	17,7	1,33	19,0	10,7
NOHI (rivière)	6-8	6h.	29,2	15,0	16,1	1,15	17,3	7,1
NOHI BIGUERE	6-8	12h.	33,5	19,5	25,7	1,08	26,8	13,8
NOHI (OHEBA)	6-8	18h.	34,2	19,5	23,9	0,90	24,8	13,4
	7-8	6h.	26,8	21,3	61,1	0,50	61,6	21,7
NOHI MERGER	7-8	12h.	34,0	22,8	38,0	0,84	38,8	20,6
THI FACHEREN	8-8	6h.	25,0	22,2	78,8	0,36	79,2	25,0
ARCHEI plateau	8-8	12h.	32,2	24,8	54,8	0,60	55,4	26,7
		18h.	29,8	22,8	55,0	0,66	55,7	23,4
	9-8	6h.	24,0	22,2	85,7	0,24	85,9	25,6

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

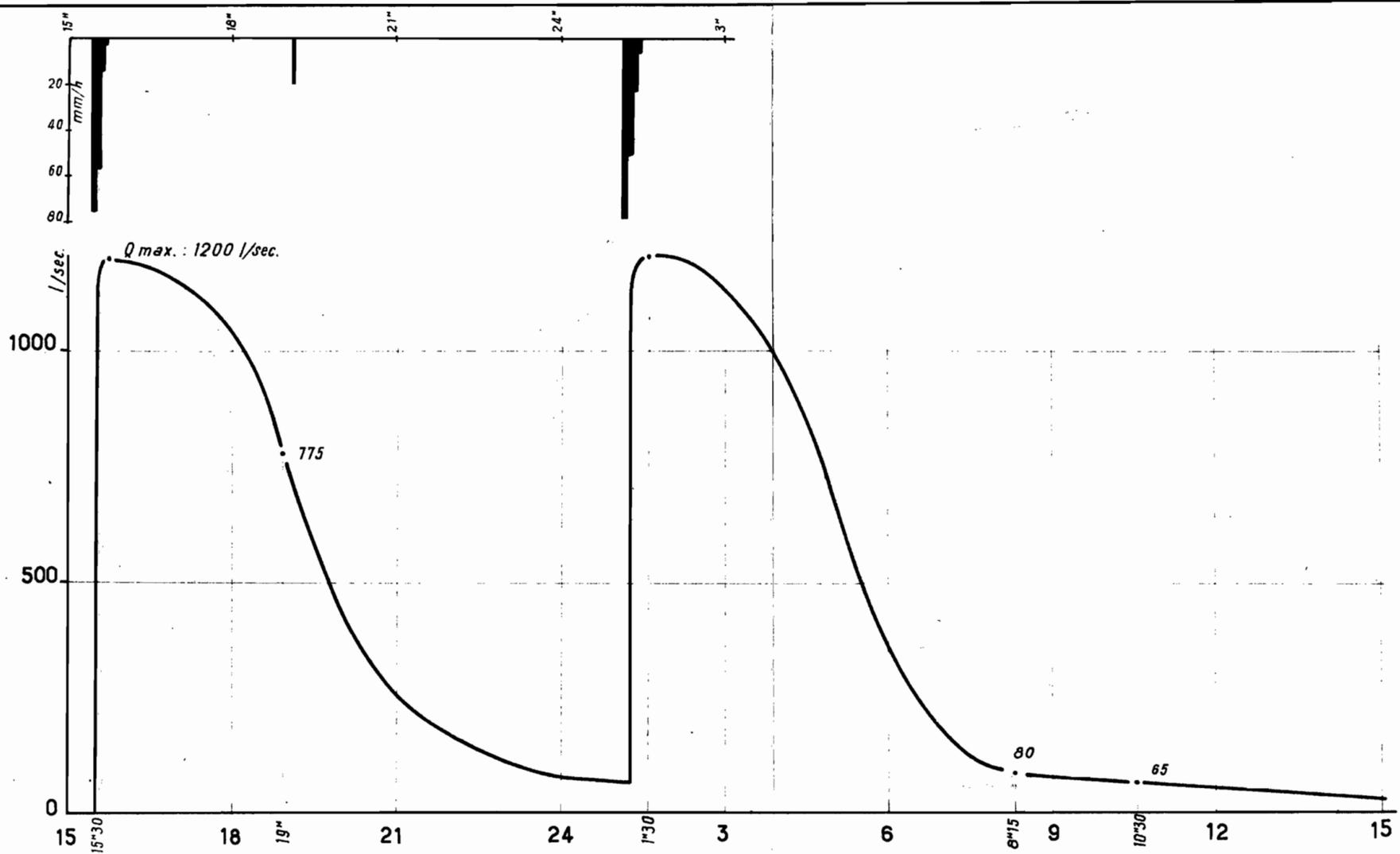
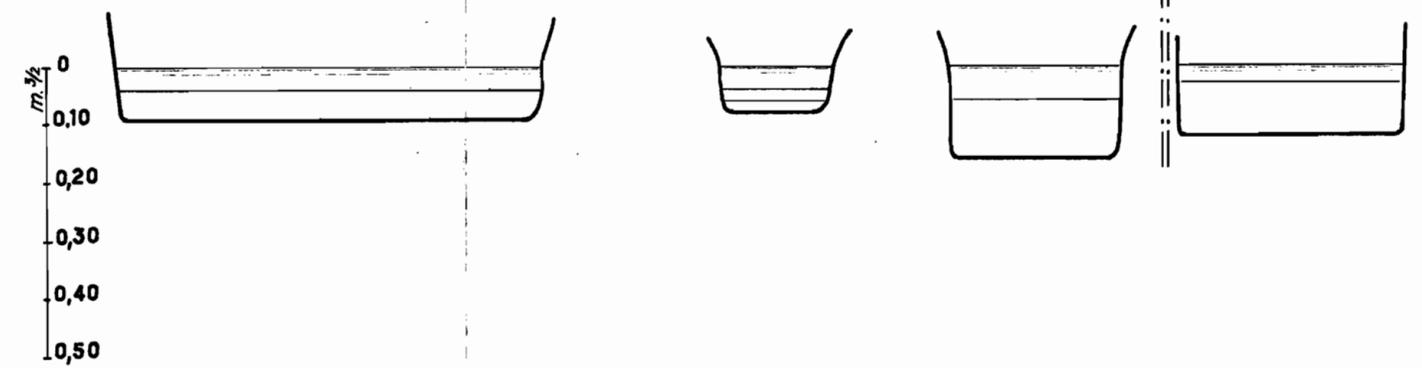
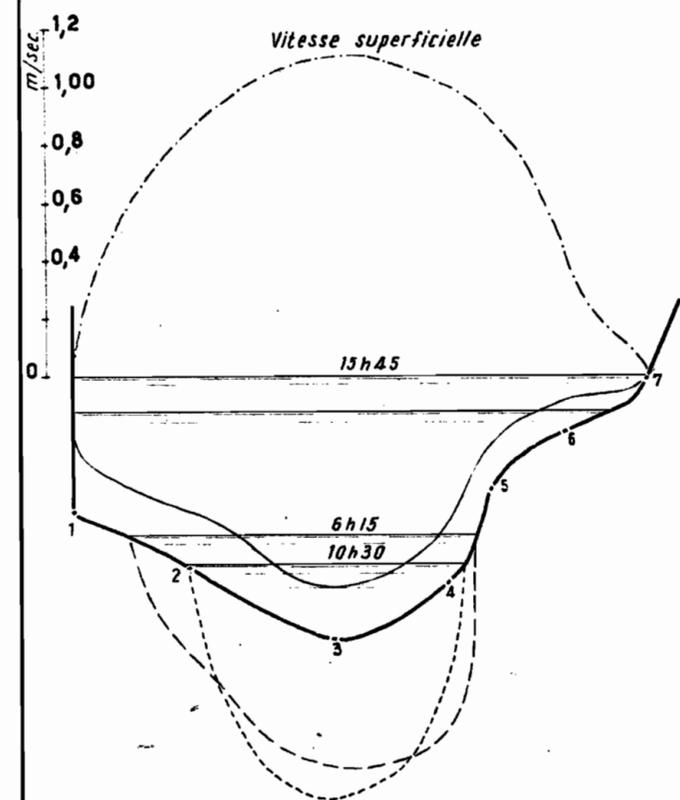
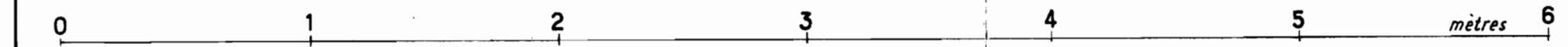
-----  
Commission du LOGONE et du TCHAD  
-----

E N N E D I  
-----

HYDROLOGIE SUPERFICIELLE  
-----

ANNEXE n° 2

Crues du 26 Juillet 1957 à AOUE



- HYDROGRAMME -

ENNEDI - HYDROLOGIE  
 - AOUÉ -  
 Crue du 26-7-57

E.D.F. - I.G.U.F.E.  
 TCH. 7069    DATE: Nov. 57    DES.: Grotlard    TUBE:

	$V_0$	$\frac{V_0^2}{2g}$	$h$	$h + \frac{V_0^2}{2g}$	$(h + \frac{V_0^2}{2g})^{3/2}$
1	0	0	0,23	0,23	0,11
2	0,84	0,04	0,33	0,37	0,23
3	1,10	0,06	0,45	0,51	0,36
4	1,00	0,08	0,35	0,40	0,25
5	0,86	0,04	0,19	0,23	0,11
6	0,40	0,01	0,10	0,11	0,04
7	0	0	0	0	0

$h$	$(h + \frac{V_0^2}{2g})^{3/2}$
0,17	0,05
0,31	0,17
0,45	0,25
0,34	0,20
0,17	0,05
0,05	0,02
0	0

15h45					
6h15			0,06		0,02
			0,16		0,05
			0,09		0,03
10h30			0		0
			0,13		0,04
			0,05		0,02

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----

Commission du LOGONE et du TCHAD

-----

E N N E D I

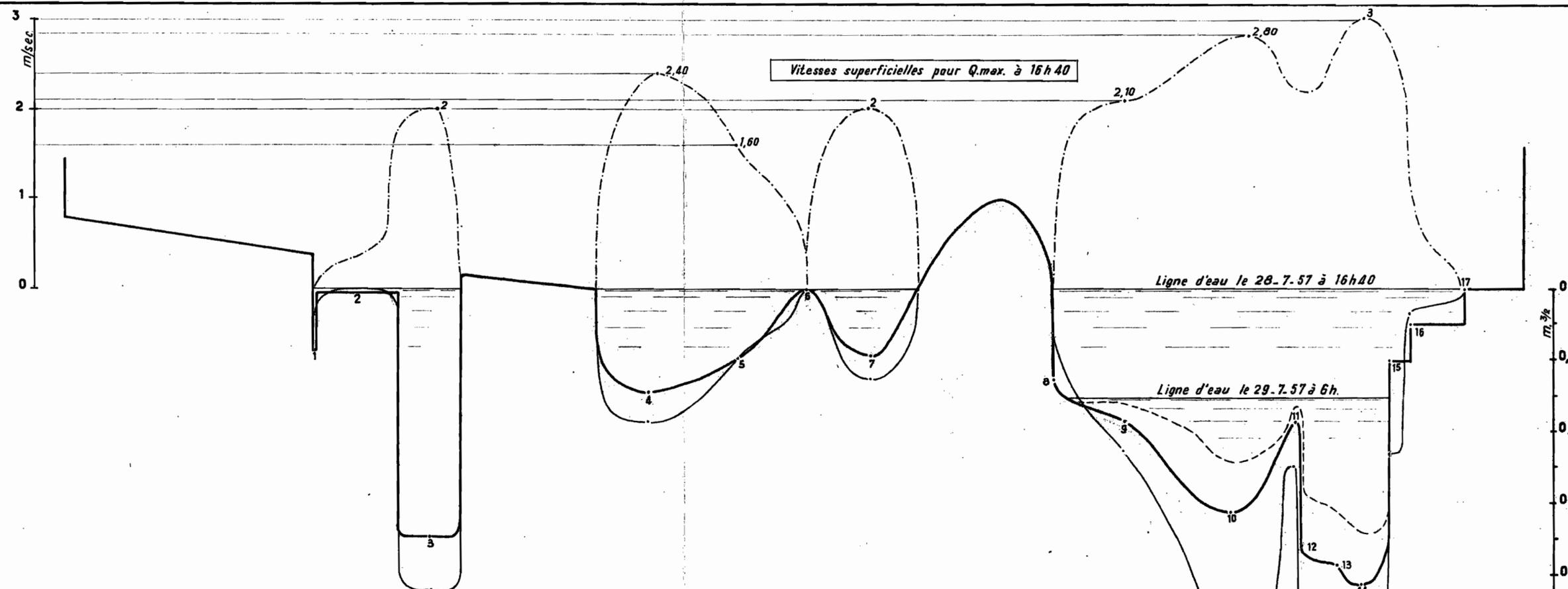
-----

HYDROLOGIE SUPERFICIELLE

-----

ANNEXE n° 3

Crues du 28 Juillet 1957 à MAYA



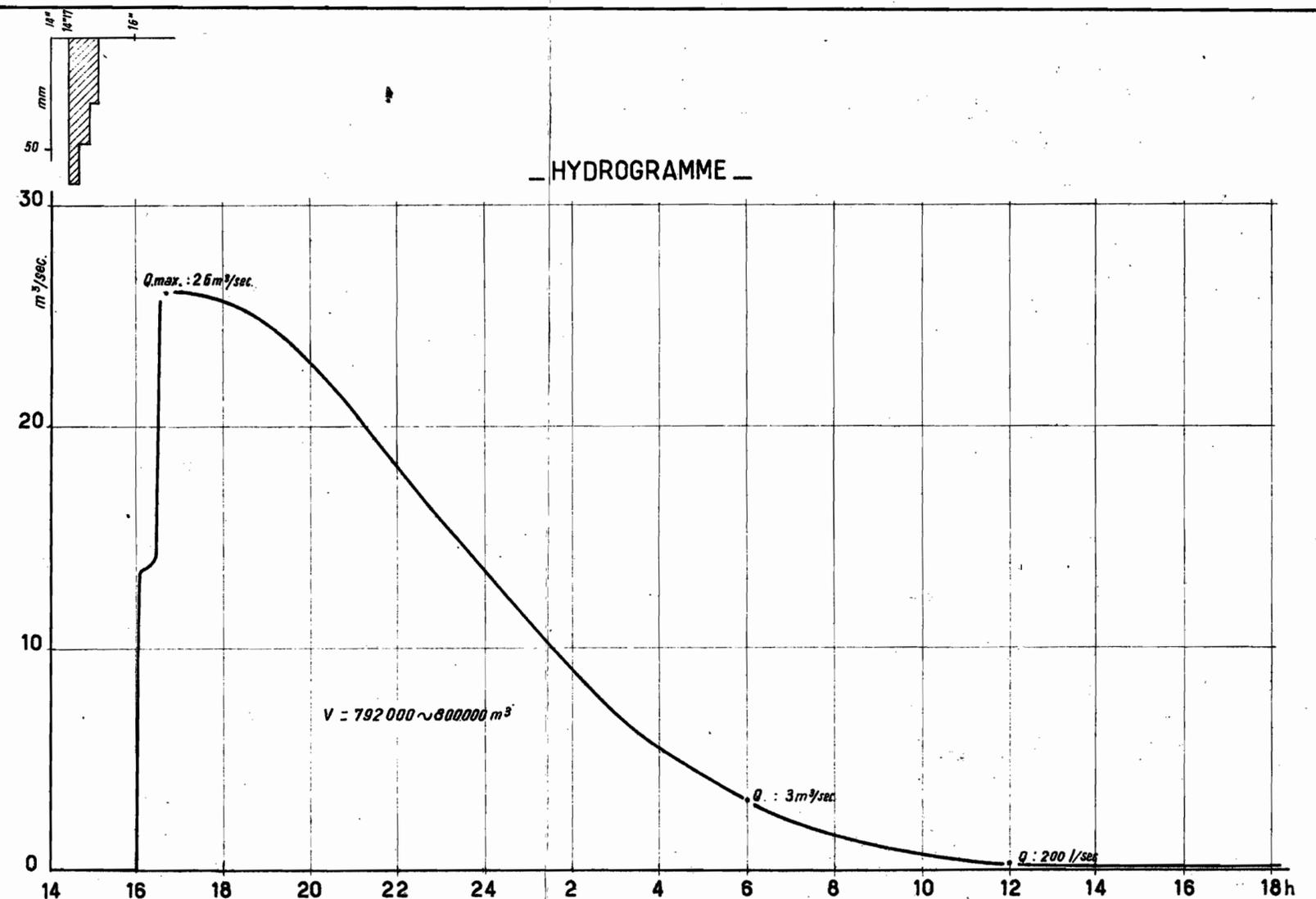
Vitesses superficielles pour Q.max. à 16h40

Ligne d'eau le 28.7.57 à 16h40

Ligne d'eau le 29.7.57 à 6h

	$V_0$	$\frac{V_0^2}{2g}$	$h$	$h + \frac{V_0^2}{2g}$	$(h + \frac{V_0^2}{2g})^{3/2}$
3	2	0,20	0,69	0,89	0,64
4	2,10	0,22	0,29	0,51	0,37
5	1,60	0,13	0,19	0,32	0,19
6					0
7	2	0,20	0,19	0,39	0,25
8	0	0	0,25	0,25	0,13
9	2,10	0,22	0,37	0,59	0,45
10	2,80	0,40	0,62	1,02	1,03
11	2,20	0,25	0,37	0,62	0,49
12	2,20	0,25	0,72	0,97	0,95
13	2,70	0,37	0,77	1,04	1,06
14	3,00	0,46	0,82	1,28	1,45
15	2,80	0,40	0,20	0,60	0,46
16	1,20	0,07	0,10	0,17	0,07
17	0	0	0	0	0

m. 3/2  
0  
0,20  
0,40  
0,60  
0,80  
1,00  
1,20  
1,40



— HYDROGRAMME —

Q.max. : 26 m³/sec.

V = 792 000 ~ 800 000 m³

Q : 3 m³/sec

Q : 200 l/sec

ENNEDI - HYDROLOGIE

- MAYA -

Crue du 28.7.57

E.D.F. - I.G.U.F.E

TCH. 7070	DATE	DES.	TUBE
	Nov. 57	Grotlard	

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----  
Commission du LOGONE et du TCHAD  
-----

E N N E D I  
-----

HYDROLOGIE SUPERFICIELLE  
-----

ANNEXE n° 4

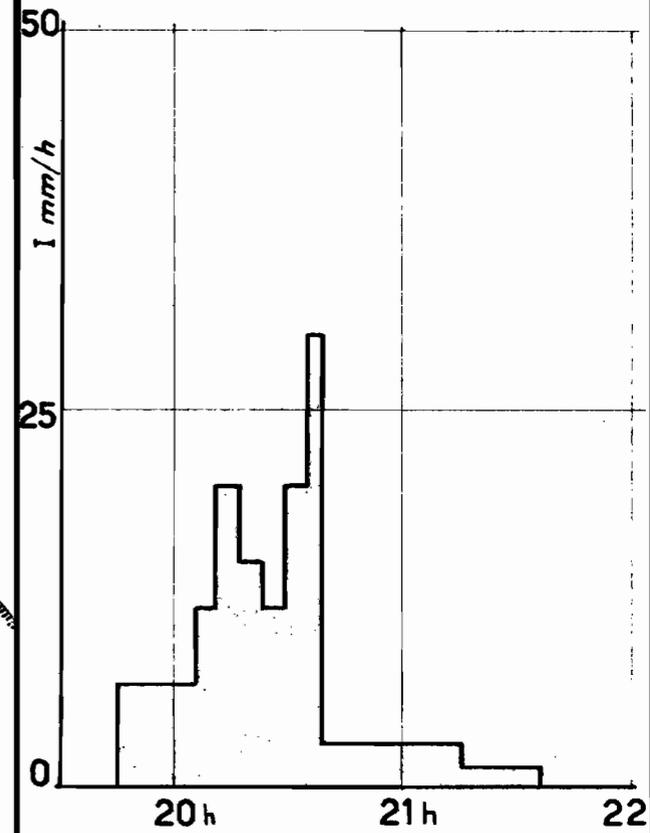
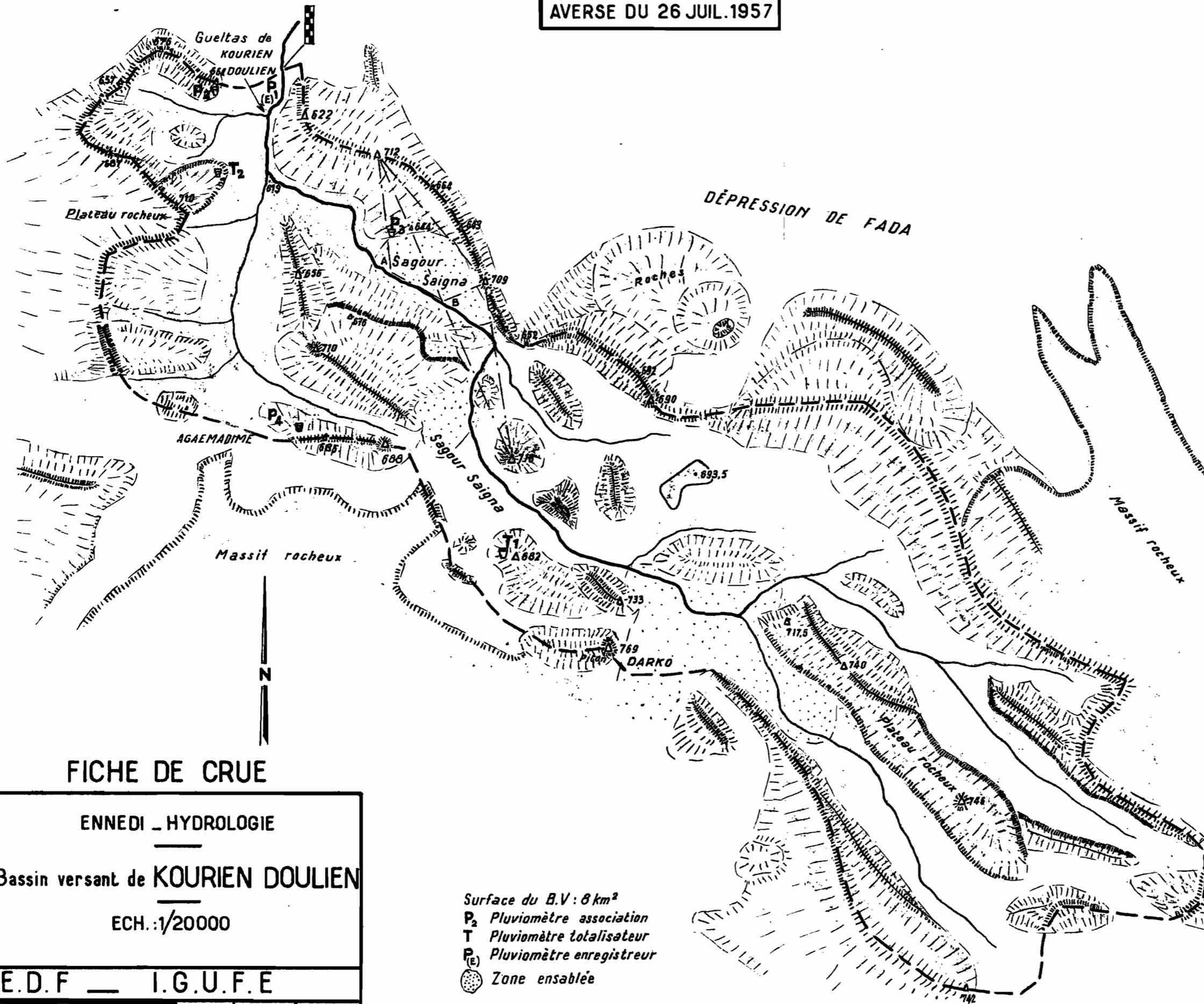
Bassin Versant de KOURIEN-DOULIEN

Fiches de pluviométrie

Hydrogrammes

AVERSE DU 26 JUL. 1957

Pluviographe P<sub>1(E)</sub>  
HYETOGRAMME



FICHE DE CRUE

ENNEDI - HYDROLOGIE

Bassin versant de KOURIEN DOULIEN

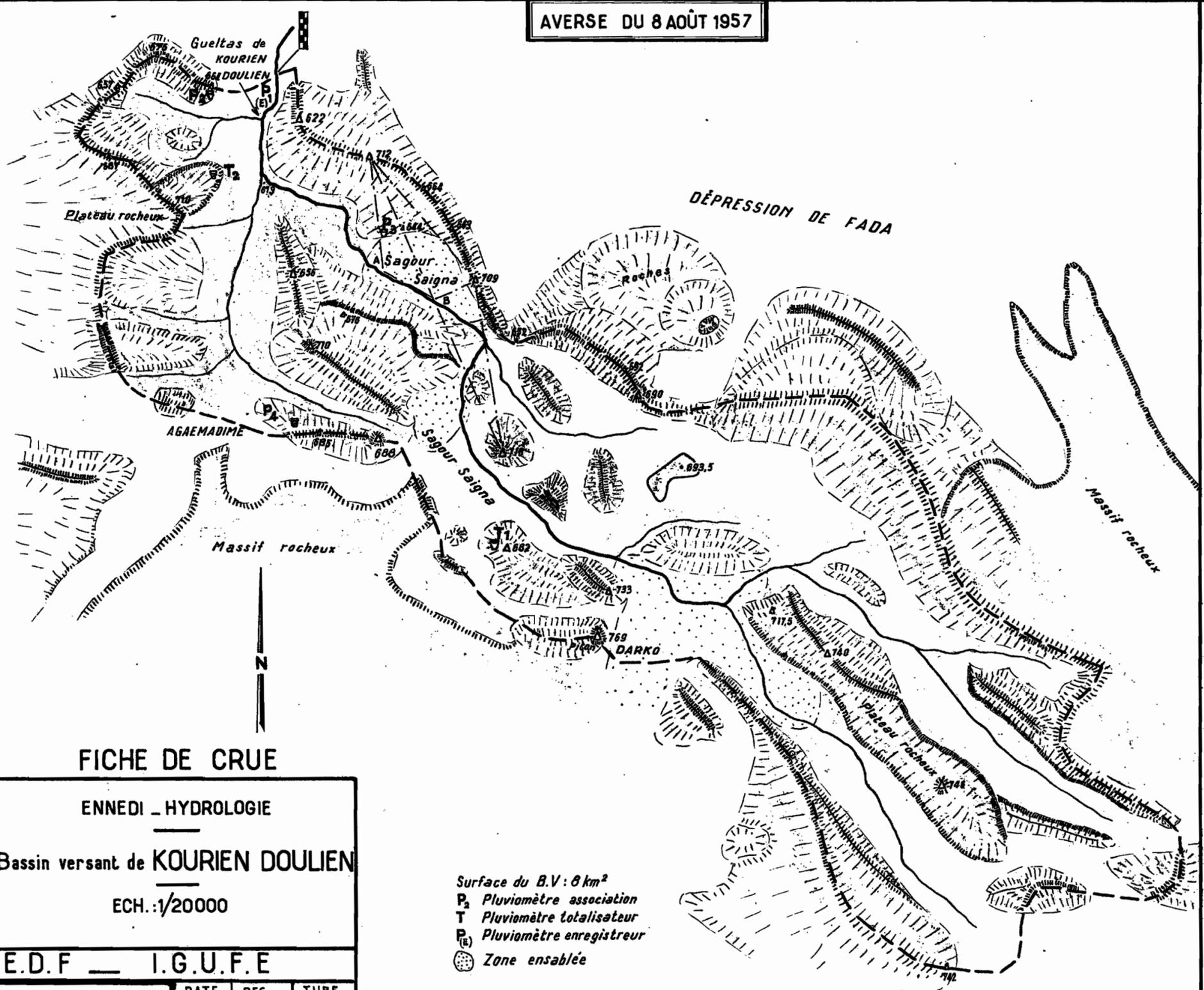
ECH.: 1/20000

E.D.F. — I.G.U.F.E

TCH. 7071	DATE	DES.	TUBE
	Nov. 57	Grotlard	

Surface du B.V.: 8 km<sup>2</sup>  
 P<sub>2</sub> Pluviomètre association  
 T Pluviomètre totalisateur  
 P<sub>(E)</sub> Pluviomètre enregistreur  
 Zone ensablée

AVERSE DU 8 AOÛT 1957



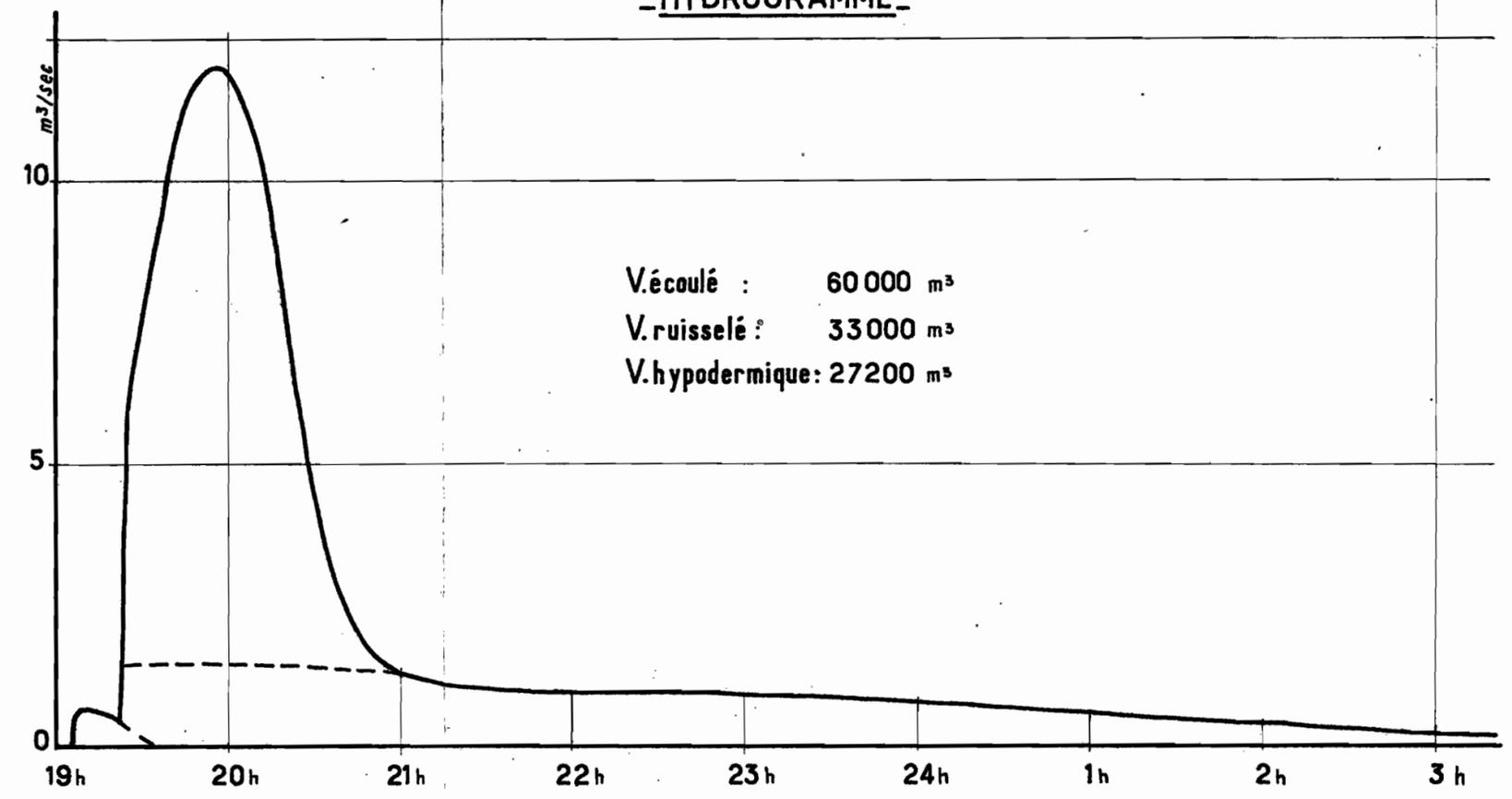
FICHE DE CRUE

ENNEDI - HYDROLOGIE  
 Bassin versant de KOURIEN DOULIEN  
 ECH.: 1/20000  
 E.D.F. — I.G.U.F.E.  

DATE	DES.	TUBE
Nov. 57	Grotlard	

Surface du B.V.: 8 km<sup>2</sup>  
 P<sub>2</sub> Pluviomètre association  
 T Pluviomètre totalisateur  
 P<sub>(E)</sub> Pluviomètre enregistreur  
 (●) Zone ensablée

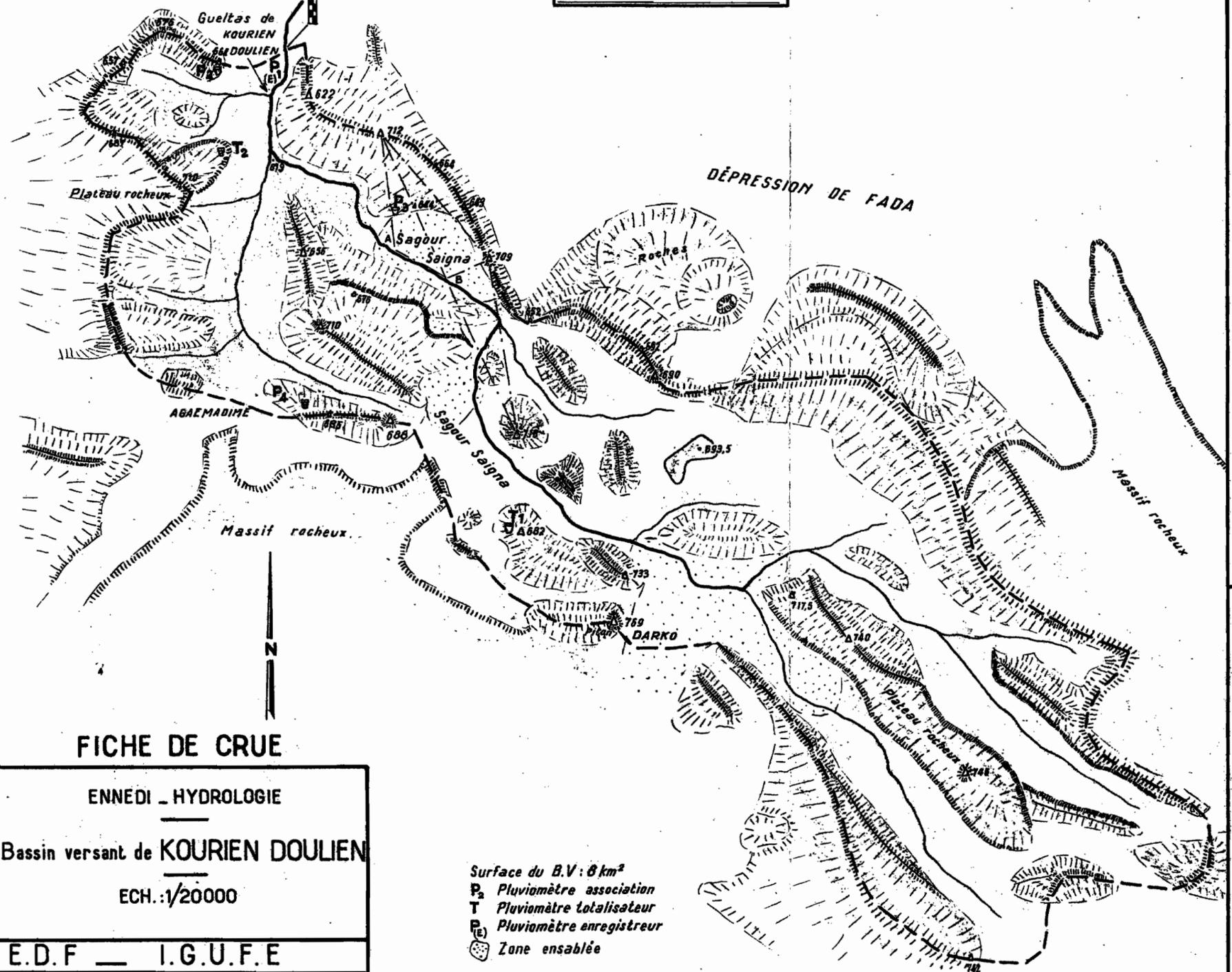
- HYDROGRAMME -



- PRÉCIPITATIONS -

P<sub>1(E)</sub> : 14  
 P<sub>2</sub> : 12  
 P<sub>3</sub> : 15,1  
 H<sub>mo</sub>y : 13,2

VERSE \_ 30 AOÛT 1957



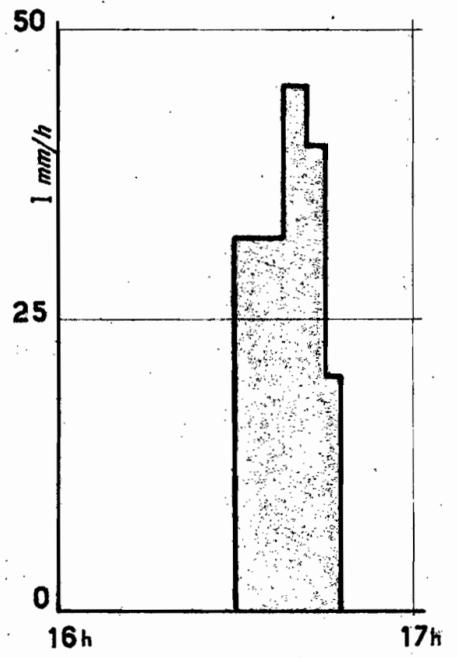
FICHE DE CRUE

ENNEDI \_ HYDROLOGIE  
 Bassin versant de KOURIEN DOULIEN  
 ECH.: 1/20000  
 E.D.F \_ I.G.U.F.E  
 TCH. 7073

DATE	DES.	TUBE
Nov. 57	Grotard	

Surface du B.V: 6 km<sup>2</sup>  
 P<sub>2</sub> Pluviomètre association  
 T Pluviomètre totalisateur  
 P<sub>(E)</sub> Pluviomètre enregistreur  
 Zone ensablée

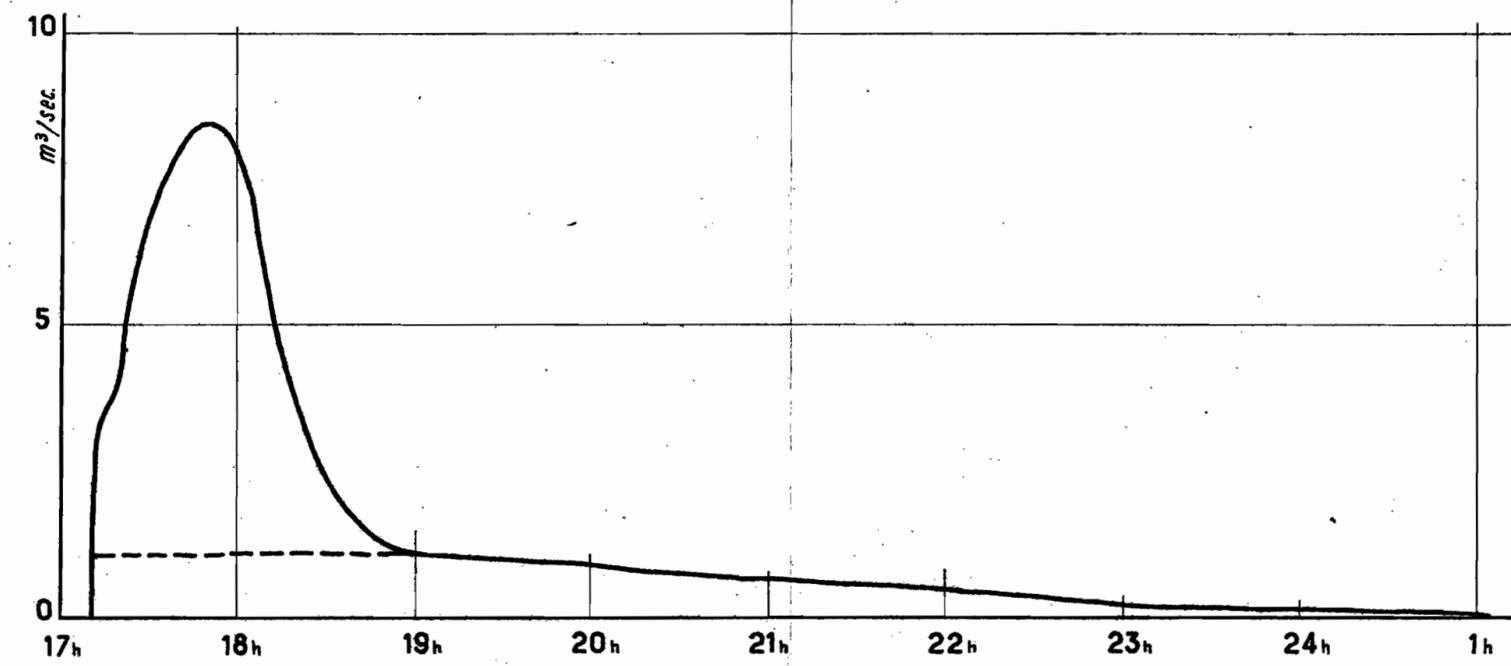
Pluviographe P<sub>1(E)</sub>  
 HYÉTOGRAMME



- PRÉCIPITATIONS -

P<sub>1</sub> : 12,5  
 P<sub>2</sub> : 8,5  
 P<sub>3</sub> : 9  
 H<sub>may</sub> : 9,6

- HYDROGRAMME -



V. écoulé : 43 500 m<sup>3</sup>  
 V. ruisselé : 24 000 m<sup>3</sup>  
 V. hypodermique: 19 500 m<sup>3</sup>

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique Outre-Mer

-----  
Commission du LOGONE et du TCHAD  
-----

E N N E D I

-----  
HYDROLOGIE SUPERFICIELLE  
-----

ANNEXE n° 5

Croquis du réseau hydrographique  
pour les zones prospectées

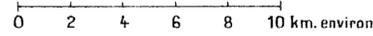


# ENNEDI HYDROLOGIE

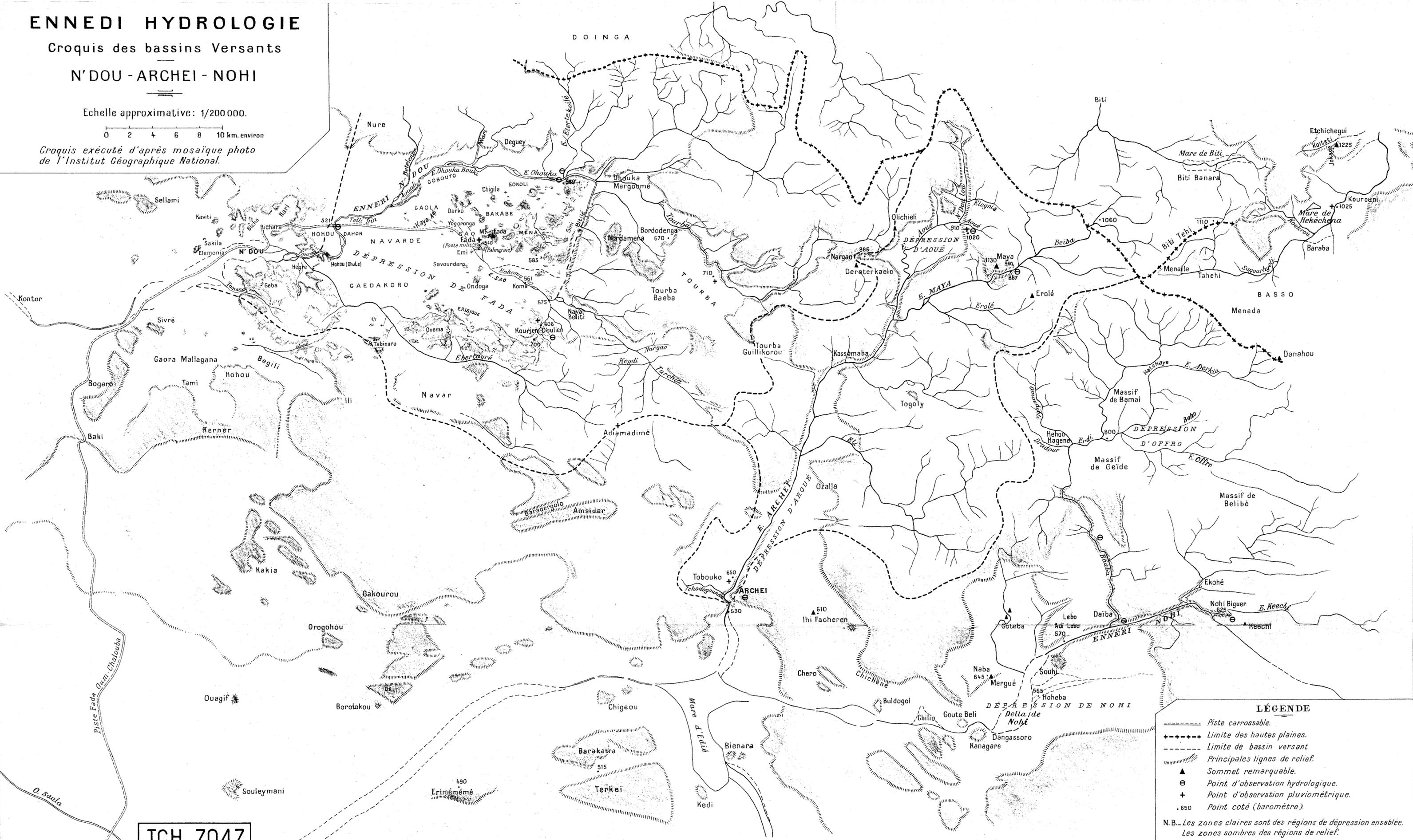
Croquis des bassins Versants

N'DOU - ARCHEI - NOHI

Echelle approximative: 1/200 000.



Croquis exécuté d'après mosaïque photo de l'Institut Géographique National.



**LÉGENDE**

- Piste carrossable.
- + + + + + Limite des hautes plaines.
- - - - - Limite de bassin versant.
- ..... Principales lignes de relief.
- ▲ Sommet remarquable.
- ⊙ Point d'observation hydrologique.
- + Point d'observation pluviométrique.
- . 650 Point coté (baromètre).

N.B. - Les zones claires sont des régions de dépression ensablée.  
Les zones sombres des régions de relief.

TCH. 7047