

**Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer**

**République du TCHAD
Ministère de l'Agriculture**

Étude Hydrologique de la Vallée du ZOUMRI



Campagne 1962

Mars 1963

OFFICE de la RECHERCHE
SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE OUTRE-MER

République du TCHAD

MINISTÈRE de l'AGRICULTURE

ETUDE HYDROLOGIQUE
de la Vallée du ZOUARI

Campagne 1962

Mars 1963

S O M M A I R E

	Pages
- Aperçu géologique	2
- Le réseau hydrographique	5
- Les points d'eau	7
- Notes météorologiques	8
- Les pluies	10
- L'évaporation	14
- L'infiltration	15
- Piézométrie à BARDAI	16
- Valeur des renseignements	18
- Les crues	19
- L'enneri à BARDAI	20
- L'enneri à OSOUNI	24
- L'enneri au confluent de YOUBOR	26
- L'enneri à YOUNTIOU	30
- L'enneri à NEMA NEMASO	31
- Notes de conclusion	33
- Carte du bassin	in fine

Par Avenant n° 1 du 25 Avril 1962 à la Convention n° 14/OCRS du 25 Août 1960 entre le Sous-Directeur du Service du Génie Rural de la République du TCHAD et le Directeur de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, ce dernier organisme s'engageait à entreprendre en 1962 l'étude hydrologique de la Vallée du ZOUMRI (TIBESTI).

Le présent rapport rend compte des mesures et observations qui ont été faites au cours d'une mission de deux mois effectuée par un ingénieur hydrologue.

Le TIBESTI est un massif montagneux situé en plein Sahara, entre les parallèles 19° 30' et 22° 30' N et les méridiens 15° 30' et 19° 30' E, qui jaillit brusquement des plaines et occupe une superficie double de celle des Pyrénées. Trois vallées principales le découpent profondément, communiquant à leurs têtes par des cols à environ 1500 m d'altitude : les vallées de l'enneri BARDAGUE descendant vers le Nord-Ouest, de l'enneri YEBBIGUE vers le Nord et de l'enneri MISKY vers le Sud.

Deux longues lignes de crêtes sont isolées par ces vallées : la crête qui borde à l'Est les vallées des enneris YEBBIGUE et MISKY culmine au Sud à l'enneri KOUSSI (3350 m), et la crête qui borde à l'Ouest l'enneri MISKY et au Sud l'enneri BARDAGUE, culminant en son milieu au TOUSSIDE (3260 m).

La région du TIBESTI, objet de l'étude hydrologique sommaire prévue par Convention passée entre l'OCRS et l'ORSTOM, ne comprend que le bassin du BARDAGUE, réduit à l'amont de BARDAI (altitude 1015 m), c'est-à-dire la vallée du ZOUMRI et ses affluents.

APERÇU GEOLOGIQUE - (D'après MM. WACRENIER, VINCENT et HUDELEY
Mission 1956-1957 d'exploration géologique et minière au BORKOU-ENNEDI-TIBESTI).

Le massif du TIBESTI est composé principalement de formations volcaniques disposées sur des séries surtout gréseuses dont la plus récente est d'âge crétacé : les grès de Nubie. Les reliefs du massif ont été créés par un relèvement d'ensemble de la partie centrale du TIBESTI, dû à un bombement de grande envergure du substratum.

Au cours de ce bombement étalé sur de longues périodes, les principales failles et directions tectoniques sont apparues et ont pu rejouer à différentes époques, dont certaines sont assez récentes. Dans les dernières phases de cette tectonique sont apparues les manifestations volcaniques qui donnèrent de grands ensembles. Dans ces séries volcaniques, la coupe type, variable suivant les points par disparition d'un ou plusieurs éléments, est la suivante :

- Séries volcaniques tertiaires :

- série noire inférieure basalto-andésitique
- série claire inférieure rhyolitique, trachytique ou phonolitique
- série noire intermédiaire basalto-andésitique
- série claire supérieure rhyolitique, trachytique ou phonolitique
- série noire des plateaux essentiellement basaltique.

- Séries volcaniques récentes : quaternaires :

- épanchements basaltiques des Tarsos, des pentes et des vallées : plusieurs venues intercalées avec des explosions et émissions de cinérites et ignimbrites à blocs (nuées ardentes)
- éruptions des volcans doreïtiques (TOUSSIDE et TIMI)
- éruptions de petits puys basaltiques postérieurs aux explosions (fond du trou au natron)

Le volcanisme actuel est représenté par des sources chaudes, des volcans de boues (SOBOROM), des fumerolles (TOUSSIDE).

La région qui nous intéresse, le bassin versant de l'enneri BARDAGUE arrêté à BARDAI, comprend des grès de Nubie de part et d'autre du cours inférieur (vallée du ZOUMRI). Ces grès sont massifs, à stratification entrecroisée, avec quelques niveaux argileux. L'érosion a dégagé, au milieu de ces grès, au sud de l'enneri, quelques plaques de schistes antécambriens du Tibestien supérieur. Mais la plus grande partie du bassin est constituée de terrains volcaniques d'âges très divers provenant des grands volcans qui le bordent au sud et à l'est, d'appareils plus petits disséminés un peu partout, et d'épanchements divers. L'ensemble est très complexe et l'érosion a encore compliqué la géologie de surface. Cependant, une bonne partie du bassin est constituée de cinérites et ignimbrites de projection.

L'angle sud-ouest du bassin occupe une partie du Tarso ABOUKI, grand appareil volcanique complexe à caldera centrale d'effondrement (le terme "Tarso" est quelquefois traduit par plateau, mais si le Tarso est bien en altitude, sa surface est chaotique). Le point culminant de la région, l'ehi TERKET (2740 m), semble être situé sur le rebord nord-est de la caldera, dont le diamètre est de 10 à 12 km. Cette caldera n'est pas une dépression plane mais une zone de topographie très compliquée avec pitons, aiguilles, dômes non basaltiques, alors que les coulées correspondent aux trois première séries définies plus haut. Le fait essentiel du Tarso ABOUKI est l'existence, entre la partie centrale et les coulées, d'une dépression annulaire (à 2200 m d'altitude) creusée dans les schistes antécambriens venus en surface; ce semble être, dans tout le TIBESTI, la cote maximale atteinte par le bombement du socle.

Entre le Tarso ABOUKI et les grès de la vallée du ZOUMRI, la topographie est très complexe avec de petits appareils ayant donné des basaltes récents recouvrant des basaltes anciens ou des séries claires anciennes. Cette région est dominée par l'ehi MOUSGOU (3100 m) point culminant du bassin, qui est probablement un neck trachytique.

A l'est-sud-est du Tarso ABOUKI, se trouve le tarso VOON, grande caldera d'affaissement, elliptique (axes de 18 et 14 km), dont les bords culminent à 2400 m. La dépression centrale est plane (altitude 1950 m) et alluvionnaire, avec quatre petits volcans à demi demantelés, n'occupant qu'une très faible surface. Les flancs extérieurs du volcan (sauf de l'ouest au nord-ouest) sont recouverts au nord presque jusqu'aux grès de

la vallée du ZOUMRI, à l'est, jusqu'au Tarso TOON, au sud-ouest, jusqu'au Tarso YEGA, de cinérites et ignimbrites provenant peut-être également de ces deux derniers appareils. Le Tarso VOON semble être le volcan dont l'activité ait cessé le plus récemment. Au nord-ouest et au nord, une large venue de basaltes récents recouvre les cinérites, les sources chaudes de Soborom se trouvent sur le bord externe ouest de la caldera.

Au sud-est du Tarso VOON se trouve le Tarso YEGA (2400 m), très grande caldera de diamètre maximal 20 km. Seul le flanc nord du volcan nous intéresse. A l'ouest de l'enneri YOUNTIOU, branche principale du haut BARDAGUE, il est recouvert des cinérites communes au YEGA et au VOON, transpercées par le sommet trachytique de l'ehi SONI (2500 m), à l'est de l'enneri, il est recouvert des produits des trois premières séries volcaniques tertiaires qui en allant vers le nord se confondent avec les produits du Tarso TOON.

Au nord-nord-est du Tarso YEGA, se trouve le Tarso TOON (2625 m), caldera du même type mais n'ayant que 9 km de diamètre. Seul le flanc ouest de ce volcan nous intéresse, et nous venons de voir sa composition. Notons seulement que ce flanc est, de tous ceux du bassin, celui dont la pente est la plus forte. Il s'arrête, au nord, au col de YOUNTIOU (1400 m) qui unit la vallée du ZOUMRI à un affluent du YEBBIGUE.

Entre le YEGA et le TOON, se trouve le sommet de l'ehi OYE (2700 m) qui domine de près de 1000 m une petite caldera.

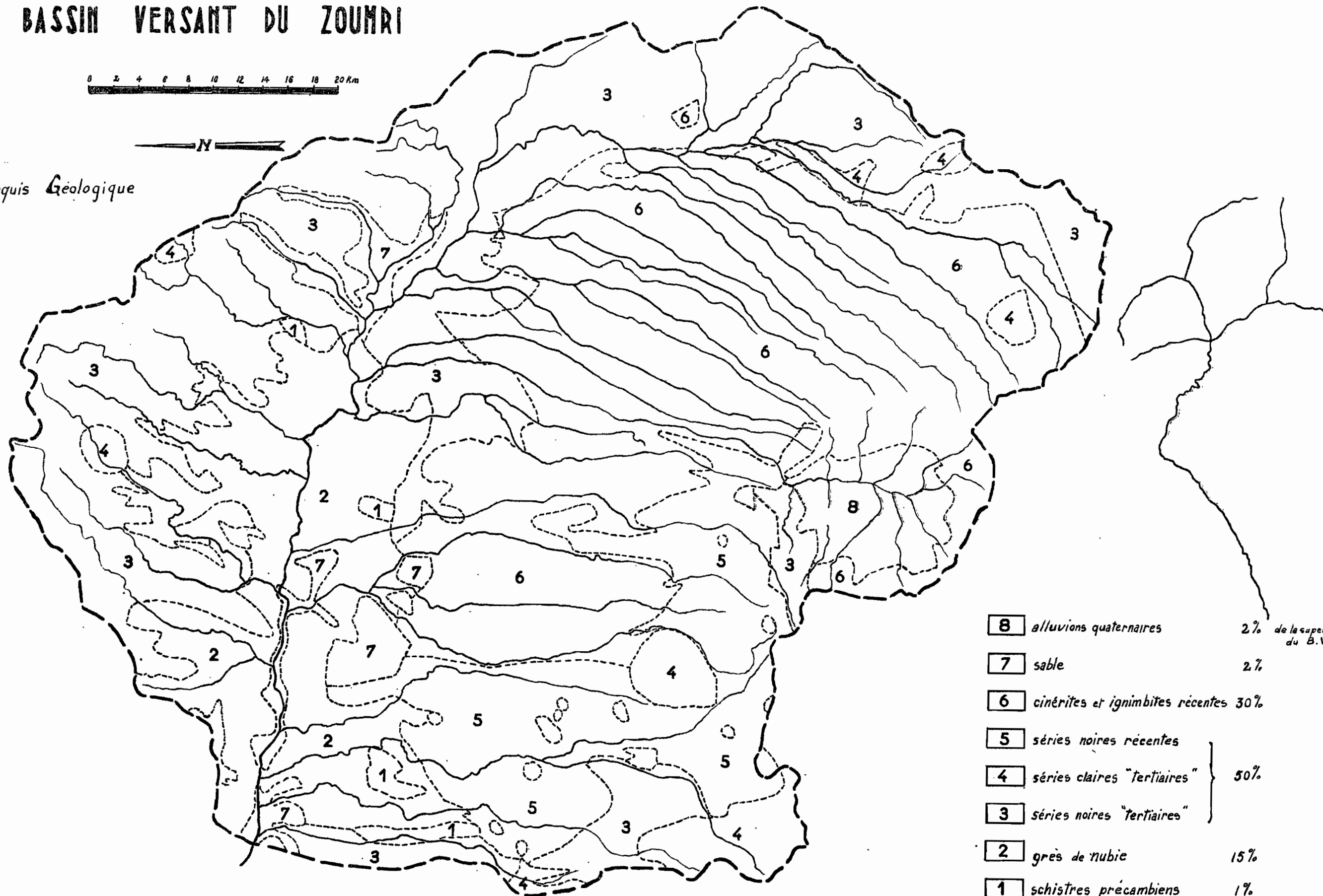
Au nord du ZOUMRI, la morphologie et la géologie sont très compliquées : le Tarso OURARI s'étend en bordure du bassin du nord de BARDAI au nord-nord-est de YOUNTIOU, sur 60 km de long et 20 à 30 km de large, caractérisé par d'épaisses coulées noires anciennes sans coulées claires interstratifiées, percées d'extrusions acides mais bien localisées sous forme d'aiguilles et de dômes, et quelquefois ennoyées sous des coulées prismées de basaltes "des plateaux". Le Tarso OURARI atteint 2000 m par endroits et est donc beaucoup moins élevé que la bordure sud du bassin.

BASSIN VERSANT DU ZOUHRI

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 Km

N

Croquis Géologique



8	alluvions quaternaires	2%	de la superficie du B.V.
7	sable	2%	
6	cinérites et ignimbrites récentes	30%	
5	séries noires récentes	50%	
4	séries claires "tertiaires"		
3	séries noires "tertiaires"		
2	grès de nubie	15%	
1	schistes précambiens	1%	

ORSTOM

A0

DATE.

DESSINE.

TCH. 81.104

Ces venues volcaniques recouvrent les grès de Nubie avec de larges festons, atteignant par points la vallée du ZOUMRI. Ailleurs, les grès s'étendent, non recouverts, jusqu'à une quinzaine de kilomètres au nord de l'enneri.

Signalons, pour mémoire, quelques minces placages de sables, en dehors des lits, sur les grès.

Le RESEAU HYDROGRAPHIQUE -

Les Toubous ont pour habitude de changer le nom des enneris suivant les palmeraies rencontrées, les rochers remarquables.... Nous garderons sur tout son cours le nom qui nous a été donné pour un affluent à sa confluence avec le ZOUMRI, et nous appellerons enneri ZOUMRI le BARDAGUE en amont de BARDAI (l'enneri prend le nom de BARDAGUE depuis BARDAI vers l'aval) en gardant ce nom de ZOUMRI à l'enneri qui passe à YOUNTIOU et à NEMA NEMASO, car cette branche est nettement la plus active.

Dans le bassin, le réseau hydrographique est toujours très bien marqué avec comme seule exception le Tarso VOON. Les lits se présentent sous deux formes différentes :

- Tout le long du ZOUMRI, à l'aval du confluent de l'enneri MOUDROUGUI (à 69 km en amont de BARDAI), le lit majeur est large, quelquefois de 1 km, le lit mineur, ou plutôt les lits mineurs, serpentent dans les terrasses alluviales qu'ils ont entaillées. Le fond du lit mineur est de sables basaltique et gréseux, la proportion des éléments noirs diminuant vers l'aval. On y trouve de gros galets et des graviers de toutes espèces volcaniques. Cependant, certains bancs gréseux ont été plus durs et le ZOUMRI les entaille sans lit majeur, le lit mineur unique coulant entre des falaises d'une cinquantaine de mètres de haut. La longueur totale de ces défilés doit faire environ 25 km.

Certains affluents du ZOUMRI présentent près de la confluence un lit majeur large, mais sur une courte longueur ; d'une façon générale, ils sont comme le ZOUMRI à l'amont de l'enneri MOUDROUGUI, très encaissés soit dans des falaises de grès dans leur cours très inférieur, soit dans les produits volcaniques, où ils réalisent de belles coupes géologiques

quelquefois sur plusieurs centaines de mètres de haut. Les éboulis de pied de falaise sont presque inexistants, sauf dans certaines convexités. Le fond du lit reflète sa pente et la taille des éléments : sable, graviers, galets, blocs croît avec celle-ci.

Le cas du Tarso VOON est particulier et se rapproche de celui du Tarso YEGA. La caldera d'effondrement a été en partie comblée d'alluvions quaternaires, son fond est plat et les bases internes des murailles du cratère sont noyées sous des piedmonts à pente douce avec ruissellement en nappe. Les enneris qui descendent des hauteurs avec un bassin versant suffisant ont donné des terrasses de galets qui s'avancent en étages sur le remplissage du fond. Il semble bien que la morphologie du Tarso VOON soit en complet remaniement : l'enneri de YOUBOR qui le draine présente à sa sortie une forte pente, et l'érosion régressive fait son oeuvre.

De 12 km à l'amont de YOUNTIOU vers l'aval, le ZOUMRI n'est jamais coupé de chutes ni de rapides ; de même ses affluents sur 10 à 15 km de la confluence, et ceci quelles que soient les couches traversées. Il semble que le niveau de base ait été autrefois relativement plus bas et que les enneris aient été surcreusés. Puis les lits ont été remblayés. Nous sommes à l'époque actuelle dans une période de déblaiement du ZOUMRI et de ses affluents : l'enneri BARDAGUE (témoignages) semble s'être approfondi d'un bon mètre depuis 10 ans dans les gorges qui sont à 1 km en aval de BARDAT, l'enneri ZOUMRI de 2,5 à 3 m (traces très nettes sur les falaises) dans les gorges en confluent de l'enneri de YOUBO, et de 1,5 m (traces très nettes et témoignages) au village de NEMA NEMASO.

Les cañons qui découpent les Tarsos rendent la circulation difficile. Les pistes sont rares et suivent d'habitude les lits : l'on ne peut sortir d'un enneri que par peu d'endroits. Les seuls points cultivés, ou plantés de palmiers, et habités sont sur des terrasses alluviales, quelquefois très basses (ZOUÏ, OSOUNI). La palmeraie peut même occuper tout le lit de l'enneri (DOGE, OUANOFOU).

Les POINTS d'EAU -

Ils sont liés au réseau hydrographique.

Gueltas :

Il y a de nombreuses petites gueltas de faible durée, moins de trois mois, et seulement deux gueltas que l'on peut considérer comme quasi-permanente, parce qu'elles dureraient plus de 2 ans 1/2, sur l'enneri TABI, vasques creusées dans les basaltes récents, de 40 m² environ de superficie, mais profondes. Le 17 Août 1962, nous avons gravé un T en rive droite et à l'aval de la guelta de l'enneri TABI qui se trouve juste en aval de la confluence des enneris OYOUNDE et BOU SAMA. L'eau était à 51 cm sous la barre horizontale du T.

Puits :

Il existe deux puits en dehors de la vallée du ZOOMRI et des palmeraies de ses affluents ; le puits de l'enneri SOAR, où l'eau est à 2 m en-dessous du lit de l'enneri (quelques doums, roseaux en très mauvais état, trace de jardin abandonné depuis 30 ans), et le puits de GIDZOHU creusé il y a quelques années pour l'abreuvement des chameaux du groupe méhariste laissés au pâturage du Tarso VOUN.

Deux autres puits sont en dehors des palmeraies dans le ZOOMRI : un puits rive droite au confluent de l'enneri GOUNASA, nous y avons gravé un Z sur une pierre de la margelle : l'eau était à 5,43 m sous la barre inférieure de ce Z le 5 Août 1962 et à 5,61 m sous cette barre le 26 Août.

Un autre puits existe rive droite juste à l'aval du confluent de l'enneri AOUDO, où l'eau était à 5,5 du sol le 6 Août 1962.

Il existe quelques puits, ruinés, à 4 km en amont de YOUNTIOU.

Dans toutes les palmeraies il y a des puits, malheureusement, il est rare d'en trouver avec des pierres de margelle sur lesquelles l'on puisse graver un repère. Nous reviendrons plus tard sur les puits de BARDAI. Signalons le puits de TIRENNO, qui se trouve à quelques kilomètres au nord de la frontière du bassin (2 palmiers). Nous y avons gravé un T sur une pierre de la margelle. L'eau était à 2,96 m sous la barre du T le

31 Juillet 1962 et à 2,60 m le 10 Septembre.

Nous avons gravé au puits le plus sud de l'flot aval de la palmeraie de YOUNTIOU un Z sur une pierre de la margelle : l'eau était à 3,40 m sous la barre inférieure du Z le 8 Août et à 3,08 m le 28 Août.

Dans quelques palmeraies, le sous-écoulement de l'enneri revient en surface sur une certaine distance. C'est le cas, toute l'année, à BARDAI, dans les gorges en aval du poste, à ZOUI, à OSOUNI en connexion avec des barres gréseuses probables ; à FOKTOU, à OUANOFOU et à NEMA NEMASO en connexion avec des tufs volcaniques. A BOURO, une petite source sort d'une terrasse alluviale.

Le sous écoulement revient en surface pendant un bon mois après le passage d'une crue à TIEBORO (grès) à KANAY et à YOUNTIOU (basaltes). Les débits ainsi visibles sont insignifiants et sauf, semble-t-il, le cas des tufs, l'eau est nettement chargée de natron qui, par suite de l'évaporation intense en été, donne des croûtes blanches sur le sol.

Les palmeraies se trouvent sur les enneris qui ont un bassin versant important et bien développé dans les parties hautes du bassin. Les enneris TABI et SOAR (branches ASKIDEI) n'ont pas de palmeraie mais la présence de doums prouve la possibilité de planter. Une seule palmeraie se trouve dans une position curieuse : celle d'OUOICHI sur un enneri dont le bassin versant est ridiculement petit à une faible altitude et la vallée invraisemblablement développée par rapport aux enneris voisins de même bassin. Nous n'avons ni vu les photographies aériennes, ni eu le temps d'aller en amont chercher une explication sur le terrain (capture ?).

NOTES METEOROLOGIQUES -

Les observations météorologiques dont nous pouvons disposer sont quasiment inexistantes, à part quelques relevés effectués à BARDAI : le poste étant à 1000 m d'altitude au bord de l'enneri, à la sortie du bassin versant que nous étudions, ne peut même pas donner des indications générales sur la climatologie du bassin. Il semble de plus qu'il ne faille pas se fier aux relevés.

La température maximale relevée depuis 1957 serait de + 44 % et la température minimale de - 5° C.

Les notes qui suivent sont des observations personnelles effectuées de mi-Juillet à mi-Septembre 1962 :

Les journées sont chaudes avec des maximums de 35 à 38° à BARDAI et les nuits fraîches avec des minimums de 17 à 20°. Sur les Tarsos, à 2000 m d'altitude, il faut compter 4 ou 5 degrés de moins. La température croît très vite au lever du soleil et décroît aussi vite à son coucher. Sur les Tarsos, les variations de température sont complexes, chaque nuage, chaque goutte de pluie a son importance et il n'est pas rare d'avoir plus froid à 14 heures qu'à 07 heures.

L'air est toujours très sec, et nous n'avons jamais observé de rosée, même pas sur les Tarsos après une pluie de la veille au soir. Mais nous avons toujours trouvé le sol bien humide le matin sous le tapis de caoutchouc de la tente lorsqu'il était tombé quelques millimètres la veille dans l'après-midi, alors que le sol était vraiment sec, même en creusant, à côté de ce tapis.

Au lever du soleil, l'on ne voit pas de nuages ou, lorsqu'on est sur les Tarsos du sud, quelques lambeaux de stratus, et ces lambeaux disparaissent rapidement.

Vers 10 heures, naissent au-dessus du relief quelques cumulus d'abord du type dit "humilis". Ces petits nuages se développent assez vite pour donner à midi, pour un observateur sur les Tarsos du sud, une nébulosité de 4/8. Cette nébulosité ne variera guère jusqu'à la nuit. Le développement des nuages semble dû principalement à une convection thermique : le vent d'est-sud-est à est-nord-est en altitude ne semblant pas dépasser 10 km/heure d'après la course de l'ombre des nuages. Ceux-ci ne deviennent que très rarement des cumulo-nimbus, leur développement vertical reste faible comme on peut l'observer de BARDAI ou des Tarsos du nord.

Pratiquement tous les jours sur les Tarsos du sud, à 2000 m ou plus, l'on reçoit entre 14 et 18 heures des gouttes éparses qui ne mouillent pas le sol. Souvent, dès midi, l'on voit pleuvoir en altitude, et cette petite pluie est réévaporée peut-être 200 à 300 m avant d'arriver au sol. Dès le coucher du soleil, les nuages se résorbent et vers 21 heures aucune étoile n'est cachée.

Pour un observateur placé dans la vallée du ZOUNRI ou sur les Taros du nord, la nébulosité est nulle ou presque : causée uniquement par les nuages des Tarsos du sud, et quelques petits cumulus échappés du Tarso TOON.

Sur les Tarsos, en dehors des dépressions, enneris ou calderas, le vent est en permanence dans la journée d'est à est-sud-est, de 6 à 10 m/s, se calmant le soir.

Dans la vallée du ZOUNRI, les matinées sont calmes, de petites trombes de poussière s'élèvent dès 10 heures jusqu'à 16 heures. A midi commence par bouffées brûlantes un vent d'ouest soulevant des nuages de poussière, qui durera en devenant plus continu jusqu'à une demi-heure après le coucher du soleil. La nuit est toujours calme.

Dans les grandes calderas, VOON et YEGA, la direction et la force du vent sont très variables dans la journée : il souffle d'une zone restée quelque temps à l'ombre d'un nuage vers une zone bien ensoleillée, ou avec plus de violence et plus de fraîcheur de l'endroit où sont tombées quelques gouttes, sautant sans transition d'un point à l'autre.

Dans les vallées, toujours encaissées des enneris, le vent ne peut souffler que de l'aval ou de l'amont. D'habitude, il n'y a aucun souffle dans la journée sauf cas de petite pluie tombée sur l'enneri et le vent vient d'où sont tombées les gouttes. Par contre, une véritable crue d'air froid descend l'enneri dès le coucher du soleil et dure jusqu'à 2 heures, le reste de la nuit est calme.

Les PLUIES -

Nous ne pouvons faire une étude de la pluviométrie dans le bassin du ZOUNRI : le seul poste pluviométrique étant à BARDAI installé depuis 1957.

Les totaux annuels seraient de 22 mm en 1957, 30 mm en 1958, dont 21 mm en décembre, 52 mm en 1959 uniquement en janvier, nuls en 1960 et en 1961 et 5 mm pour 1962 (le dernier trimestre non compris). Les totaux de décembre 1958 et de janvier 1959 nous paraissent douteux. La moyenne pluviométrique annuelle pourrait être comprise entre 10 et 25 mm, sans qu'il y ait de mois nettement favorisés.

Il semble, d'après les Toubous, qu'il ne pleuve presque jamais en dessous de 2000 m d'altitude. En 1962, la seule zone véritablement arrosée a été l'extrême sud du bassin, au sud de la ligne ehi MOUSGOU - ehi LELEBI, et les enneris partant de cette zone ont eu des crues. Il pleut tous les ans pendant les mois de juin à septembre sur les tarsos du sud à plus de 2000 m d'altitude, et moins souvent sur les Tarsos du nord. Exceptionnellement en 1961, il n'aurait pas plu au Tarso VOON.

Nous avons disposé 20 pluviomètres totalisateurs, chacun garni de 20 mm d'huile de vidange, et d'un pluviographe que nous ne pouvions mettre qu'à BARDAI (changement des feuilles). Voici les résultats obtenus:

- Pluviomètre 1 - (TIRENNO), posé le 31 Juillet, pas de traces de pluie antérieure, visité le 10 septembre, 13 mm de pluie. Laissé en place avec le niveau d'huile à 33 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 2 - posé le 31 juillet, petites averses probablement le 29 et le 30 juillet, estimées à 3 mm. Visité le 10 septembre, 3 mm de pluie. Laissé en place avec le niveau d'huile à 23 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 3 - (WOBOU), posé le 1er août. Trace de pluie antérieure estimée à 1 mm. Visité le 10 septembre, 2 mm de pluie. Laissé en place avec le niveau d'huile à 22 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 4 - posé le 1er août. Trace de pluie antérieure estimée à 1 mm. Visité le 10 septembre, 5 mm de pluie. Laissé en place avec le niveau d'huile à 25 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 5 et pluviographe de BARDAI installés le 18 juillet, pas de pluie antérieure. Total arrêté au 12 septembre : 5 mm. Laissé le totalisateur en place avec niveau d'huile à 165 mm au-dessus du fond. La surveillance de ce pluviomètre a montré que l'évaporation de l'eau sous l'huile n'était pas décelable pour la période d'observation.

- Pluviomètre 6 - (ZOUÏ), posé le 27 juillet. Pas de pluie antérieure, visité le 26 août et le 10 septembre, 4 mm de pluie. Laissé en place avec niveau de l'huile à 25 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 7 - (OSOÛNI), posé le 26 juillet. Pas de pluie antérieure. Visité le 26 août, 1 mm de pluie. Laissé en place avec niveau d'huile à 21 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 8 - posé le 26 juillet, pas de trace de pluie antérieure. Visité le 7 septembre, pas de pluie. Laissé en place avec niveau d'huile à 20 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 9 - posé le 5 août, pas de trace de pluie antérieure. Visité le 26 août, 10 mm de pluie. Laissé en place avec niveau de l'huile à 30 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 10 - posé le 6 août, pas de trace de pluie antérieure. Visité le 26 août, 2 mm de pluie. Laissé en place avec niveau de l'huile à 22 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 11 - (ADERKE) posé le 7 août, pas de pluie antérieure. Visité le 27 août, 9 mm de pluie. Laissé en place avec niveau de l'huile à 29 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 12-(YOUNTIOU), posé le 8 août, pas de pluie antérieure. Visité le 28 août, 7 mm de pluie. Laissé en place avec niveau de l'huile à 27 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 13 - posé le 21 juillet. Pas de trace de pluie antérieure, volé avant le 6 septembre.

- Pluviomètre 14 - posé le 21 juillet. Pas de trace de pluie antérieure. Non visité.

- Pluviomètre 15 - posé le 25 juillet, pas de trace de pluie antérieure, volé avant le 6 septembre.

- Pluviomètre 16 (GIDZOHO), posé le 22 juillet au soir : dans l'après-midi pluie de 3 mm, probablement la première. Visité le 3 septembre, 81 mm de pluie. Laissé en place avec niveau de l'huile à 102 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 17 - posé le 24 juillet. Trace de pluie antérieure estimée à 10 mm. Visité le 2 septembre, 39 mm de pluie. Laissé en place avec niveau de l'huile à 59 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 18 - Avait été posé en janvier ou février 1960. Vu le 30 août, renversé. Nous l'avons remis en place, mais nous n'avons plus d'huile.

- Pluviomètre 19 (MOSA) - posé le 20 juillet. Pas de pluie antérieure, visité le 7 septembre, 7 mm de pluie. Laissé en place avec niveau de l'huile à 27 mm au-dessus du fond.

- Pluviomètre 20 (SOBOROM) - posé le 22 juillet. Trace de pluie antérieure estimée à 10 mm. Visité le 5 septembre 45 mm de pluie. Laissé en place avec niveau de l'huile à 68 mm au-dessus du fond.

Nous avons reçu très souvent, un jour sur deux lorsque nous étions à plus de 2000 m d'altitude, des gouttes éparses ne mouillant pas le sol. Mais nous n'avons reçu qu'une seule pluie : le 23 juillet au cours d'un déplacement dans le Tarso VOON. Début de la pluie à 10 h.30, fin des intensités notables à 12 h.00, recueilli 19 mm dans un seau porté par un chameau. L'intensité maximale, vers 11 h.00, n'a pas dû dépasser 60 mm/h (estimation) et la traîne a duré de 12 h.00 à 19 h.30 fournissant 10 mm de pluie. Les petits enneris du quadrant sud du Tarso VOON ont tous débité, et eux seuls.

Après enquête, il semble que l'on doive considérer que le Tarso VOON et les hauteurs sud du bassin ont reçu au moins autant qu'en année "normale", et il semble aussi que la saison des pluies ait été terminée lors de nos derniers relevés de totalisateurs.

Les pluies nocturnes seraient très rares sur les Tarsos : il n'y en aurait pas eu cette année. Les averses débuteraient d'habitude entre 12 et 14 heures pour durer jusqu'à la nuit, se terminant par une longue traîne de faible intensité.

En 1912 ou 1913, une pluie aurait duré un jour et une nuit, aurait couvert tout le massif du TIBESTI, et aurait causé les plus fortes crues connues de tous les enneris du Massif.

L'EVAPORATION -

Nous avons installé à BARDAI un évaporomètre Piche dans l'abri météorologique, un bac à eau, enterré, de 1 m² et un bac de 1 m², enterré, rempli de sable prélevé dans le lit de l'enneri. Les deux bacs sont à quelques mètres de l'abri et dans le lit majeur.

Les observations continuent en principe.

Voici les relevés que nous possédons :

Lecture à 06 h.00 Août	Evaporation Piche mm	Evaporation bac à eau mm	Hauteur d'eau: bac à sable : cm
21		10,0	28,5
22		11,2	23,3
23		9,6	20,0
24	11,7	12,4	15,5
25	7,4	10,0	11,2
26	8,8	12,0	
27	6,6	8,4	10,6
28	6,7	9,6	9,4
29	9,9	9,2	8,1
30	9,1	10,8	7,4
31	7,6	11,6	7,1

La hauteur d'eau dans le bac à sable est mesurée dans un piézomètre. Le 20 août à midi, le plein avait été fait, hauteur 60,5 cm, l'eau affleurant le sable.

L'évaporation moyenne d'après le bac à eau serait de 11,5 mm par jour, ce qui n'est pas surprenant pour la fin d'août. L'évaporation dans le sable est très forte, et varie rapidement avec la hauteur de l'eau dans le piézomètre. Ce sable aurait, d'après nos mesures bien imparfaites, un coefficient de vide de 34 %. Compte tenu du coefficient de vide, il se serait évaporé une tranche d'eau de 11 cm dans la première journée. C'est considérable, il faut dire que le sable est assez noir et que le soleil le chauffe. Les pertes par évaporation de la nappe d'eau du lit du ZOUMRI sont sûrement très importantes là où l'eau est près de la surface comme à ZOUI et à OSOUNI, d'où le danger de faire des barrages d'inféoflux qui feraient trop remonter la nappe vers la surface.

INFILTRATION -

Le 24 juillet, lendemain du jour où nous avons reçu la pluie du Tarso VOON, nous avons grimpé la muraille sud-est du Tarso, bien arrosée la veille. Les enneris ne débitaient plus depuis une vingtaine d'heures. Nous avons constaté que les petites marmites dans les cendres bien consolidées (désagrégation squameuse) n'avaient plus d'eau même lorsqu'elles avaient 15 cm de profondeur et n'étaient pas en relation avec une diacalse. Il restait de l'eau à 40 cm sous le bord inférieur des marmites assez grandes mais alors en relation avec des diaclasses. Dans les basaltes, les petites marmites avaient de l'eau à 1 cm de leur bord inférieur si elles n'étaient pas en relation avec une diacalse ou, sinon, à 5 cm et plus.

Nous avons prélevé, à MOSA, un morceau frais des cendres les plus représentées dans le bassin, qui sont compactes, sans alvéoles et sans éléments gros. Cette cendre pour un volume de 54 cm³ pesait, sèche, 92 gr, puis 108 gr après une heure d'immersion, 110 gr après 3 heures et 20 heures d'immersion. Le coefficient de vide serait de 33 %. Nous n'avons malheureusement pas pu faire d'essai de filtration.

Ces cendres peuvent représenter un magasin d'eau important. Les palmeraies, qui ne sont pas dans le ZOUMRI même, ne sont que sur des affluents drainant ces cendres. Mais nous ne pouvons affirmer qu'avec le climat actuel, la réalimentation de la nappe des cendres se produit effectivement. L'eau de pluie les pénètre profondément, probablement par capillarité. Mais l'évaporation doit jouer aussi profondément. Notons cependant l'existence de diaclasses fines et verticales, mais rares, dans

ces cendres compactes, et une possibilité de circulation sub-horizontale relativement rapide à leur base de contact avec d'autres lits.

Nous avons pu faire un essai de filtration dans les sables de l'enneri à BARDAT. Nous avons opéré de la façon suivante : du sable avait été tassé sur 80 cm de hauteur dans un tube vertical de 400 cm² de section et dont le fond était percé de très nombreux petits trous. L'eau était maintenue à un niveau constant au-dessus du sable à 89 cm du fond. Cinq essais de débit pendant une minute (compte seconde au 1/10), nous ont donné des chiffres compris entre 0,398 et 0,408 litre, valeur moyenne 0,404 litre.

Nous en déduisons, d'après la loi de DARCY, que la conductivité hydraulique de ces sables est de 0,150 l/s par m² pour une pente égale à 1, la vitesse étant alors dans les canaux de 0,45 mm/s.

PIEZOMETRIE à BARDAT -

Nous avons suivi deux puits à BARDAT : le puits de la sous-préfecture (cote du sol environ 1018 m) où les mesures ne sont pas bonnes car il était difficile d'y arriver le matin avant tout puisage. Voici les cotes I G N du plan d'eau :

28 juillet 1962	:	1012,41	-	29 juillet	:	1012,52
2 août	:	1012,71	-	3 août	:	1012,75
19 août	:	1012,64				
22 août	:	1012,65				
10 septembre	:	1012,645				

et le puisard du mess des sous-officiers qui se trouve dans le lit mineur de l'enneri, cote du sol environ 1013 m. Voici les cotes I G N du plan d'eau, pratiquement prises avant puisage :

19 juillet 1962	:	1011,5 (fin juillet, puisard bouché par la crue)				
2 août	:	1012,19	-	3 août	:	1012,18

Repères

Cotes d'après les macarons
IGN du bordj et de la sous-
préfecture

BARDAÏ

Position des puits suivis

bord supérieur du fut-
margelle à la soudure

puits de la sous-préfecture
1 018,65
(profondeur du puits 6,55)

barre inférieure d'un
Z gravé sur une pierre
de margelle

puisard des sous-officiers
1 012,88

haut du tube (bouchon
enlevé)

piézomètre aval
1 013,12

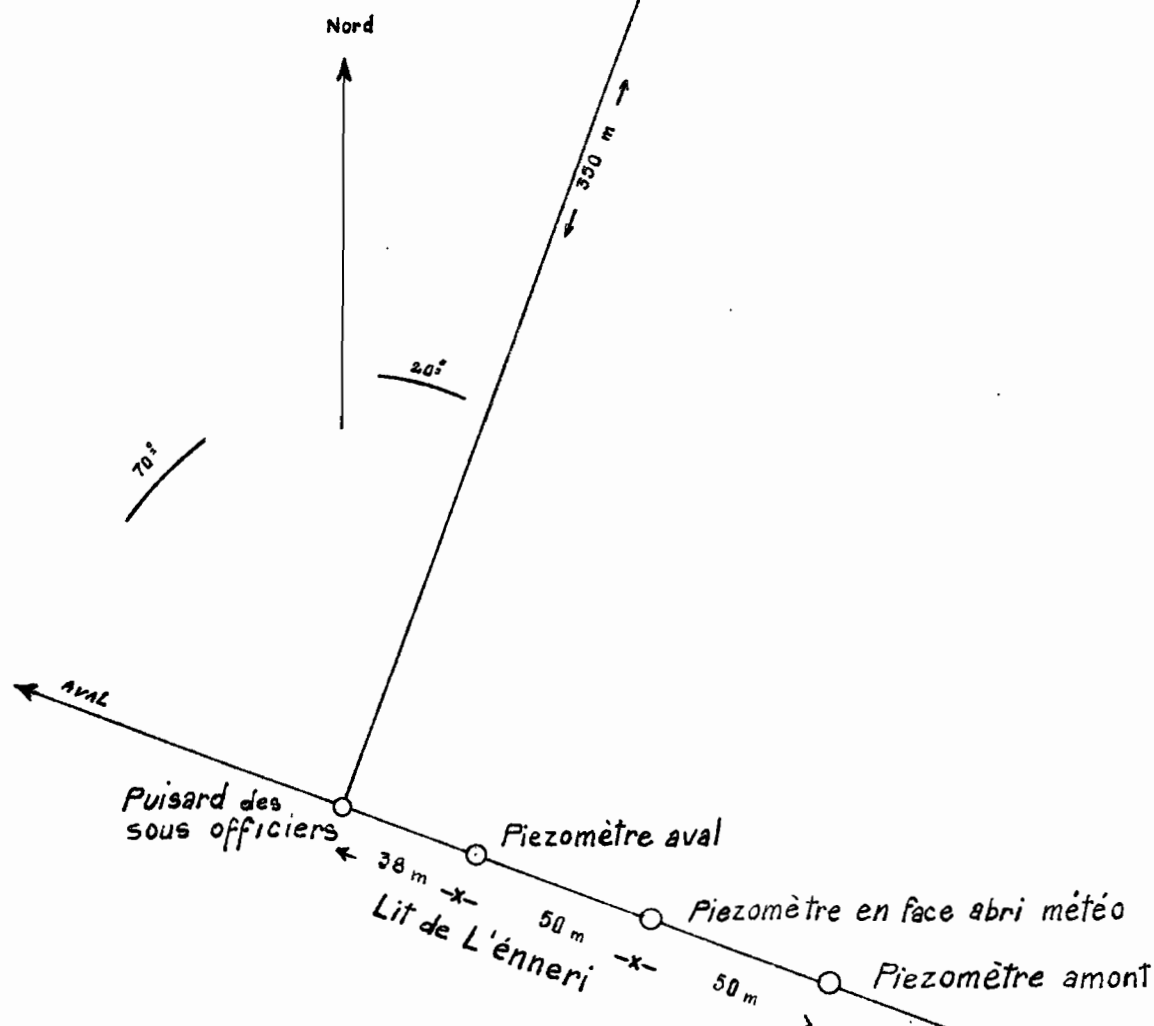
-id-

piézomètre abri météo
1 013,34

-id-

piézomètre amont
1 013,37

Puits de la sous préfecture



19 août : 1011,98
22 août : 1011,98
24 août : 1011,955
11 septembre : 1011,895

Nous avons disposé, tardivement car nous n'avions pas les tubes, 3 piézomètres dans le lit mineur de l'enneri, en tubes de 2 pouces, de 2 m de long et munis d'un bouchon. Ces tubes sont à 50 m l'un de l'autre, le plus aval étant à 38 m en amont du puisard du mess des sous-officiers, celui du milieu étant en face de l'abri météorologique. Les cotes du sol sont, aux piézomètres, de l'aval à l'amont : 1013,12 m, 1013,34 m, 1013,37 m et les cotes I.G.N. de l'eau :

	aval	abri météo	amont
24 août	: 1012,10	1012,285	1012,40
11 septembre	: 1012,05	1012,22	1012,355

Ces mesures piézométriques appellent les observations suivantes : l'eau dans le puits de la sous-préfecture est à un niveau nettement plus élevé que dans le puisard et les piézomètres. Les fluctuations du niveau de ce puits sont certaines car les puisages avant nos mesures étaient de quelques touques de 20 litres pour une surface d'eau libre d'environ 0,5 m². Faut-il accuser des variations de la pression atmosphériques ? Le puits de la sous-préfecture se trouve dans le lit majeur, à 350 m du lit mineur, dans un remblayage alluvial relativement argileux (trous à banco). Le niveau maximal atteint par l'enneri le 28 juillet 1962 a été de 1013,77 au piézomètre abri météo, de l'ordre de 1013,50 lors des crues des années précédentes postérieures à 1954 où il aurait atteint 1015,1. Il n'y aurait pas eu de crue supérieure à cette dernière avant 1912 ou 1913 en remontant dans le temps. Peut-on admettre que l'alimentation de la nappe date de 1954 pour le puits de la sous-préfecture ? L'eau serait arrivée, paraît-il, dans la zone d'inondation du lit majeur jusqu'à une cinquantaine de mètres à l'est.

Les résultats obtenus au puisard des sous-officiers et aux piézomètres sont plus sûrs. Les crues des 28 et 29 Juillet ont réalimenté la nappe du lit jusqu'à lui faire affleurer le niveau du sol. Trois jours après la fin du passage de la dernière crue, le niveau au puisard était descendu de 80 cm, alors que l'évaporation dans le bac à sable explique une baisse de 40 cm. La différence doit être due en grande partie à la réalimentation latérale de la nappe du lit majeur en bordure du lit mineur : le puisard est d'ailleurs à la bordure nord de ce lit-ci.

La baisse du niveau de la nappe d'inféro-flux est quasiment la même du 24 août au 11 septembre dans le puisard et aux piézomètres : 5,5 cm en moyenne.

La pente de la nappe croît vers l'aval : 0,0039 entre le puisard et le piézomètre aval, 0,0036 entre le piézomètre aval et le piézomètre abri-météo, 0,0025 entre le piézomètre abri-météo et le piézomètre amont. Le lit mineur est, à peu de chose près, de même largeur au puisard, et aux deux piézomètres aval, mais beaucoup plus large au piézomètre amont. La valeur moyenne de la pente serait de 0,0033 conduisant, d'après les chiffres donnés plus haut, à une vitesse de circulation de l'eau dans les canaux du sable de 0,13 mètre par jour et à un débit de 43 litres par jour et par mètre carré de section totale du lit d'inféro-flux. Ces chiffres obtenus par application de la loi de DARCY ne peuvent être considérés comme sûrs.

Note sur la valeur des renseignements obtenus par enquête :

Dans les régions mal connues, il est important de chercher à augmenter le volume des observations que l'on peut faire personnellement par une enquête. Au TIBESTI, comme dans bien d'autres endroits de l'Afrique, les résultats de telles enquêtes sont décevants. Le bassin du ZOUMRI, bien que le plus peuplé du Massif, est désert, en dehors de quelques palmeraies qui ne sont pas toutes habitées. Ce que disent les rares interlocuteurs passe par un interprète médiocre, qui ne s'intéresse pas à vos demandes, et semble souvent répondre par un mensonge "tiré au hasard".

Les déclarations obtenues au sujet de hauteurs d'eau atteintes en crues sont contradictoires ou peu vraisemblables. Quant à la datation, elle est toujours imprécise, le Toubou ne connaissant pas le calendrier, le décompte du temps se fait ainsi : aujourd'hui, hier, avant-hier, avant-avant-hier, cette année, l'an dernier, l'an avant-dernier.

Les CRUES -

La saison des pluies 1962 a été particulièrement favorable, semble-t-il, à l'observation des crues et nous avons été favorisés par le sort puisque nous avons pu observer 6 crues : une dans le Tarso VOON, trois à BARDAI, une à YOUNTIOU et une à NEMA NEMASO.

Nous n'étions pas équipés pour faire de bons jaugeages, cela eût été hors de prix, et nous ne croyons pas qu'il soit possible de faire de bonnes mesures dans les conditions d'écoulement des enneris du TIBESTI.

Les vitesses sont fortes et inégales le long des berges : cela conduit à une imprécision sur la cote du plan d'eau, à BARDAI, l'enneri ayant une largeur de 40 m et une profondeur maximale de 0,4 m, la cote de l'eau en rive droite était de 10 cm plus haute qu'en rive gauche, bien que le lit fut à peu près rectiligne (chenal plus rapide en rive gauche). Le batillage est très important et ces cotes ne peuvent être connues qu'à $\pm 2, 3$ ou 4 cm suivant la vitesse. Les transports de sables, graviers, galets sont importants et les chenaux changent de forme et de place.

Avec les vitesses que nous avons observées, le jaugeage en wading est imprécis : profondeurs difficiles à évaluer (batillage, remous sur la perche, et surtout affouillement dans le sable), et les vitesses imprécises (remous de l'eau, chocs répétés des galets).

Nous avons effectué de nombreux levés de profil en travers, tant aux sections de jaugeages effectifs que là où les délaissés de crues étaient bien visibles, pour en déduire les débits par la formule de STRICKLER-MANNING :

$$U = K R^{2/3} i^{1/2}$$

U : vitesse moyenne dans la section

R : rayon hydraulique

i : pente de la ligne d'eau

Les profondeurs étant toujours faibles par rapport aux largeurs, nous prendrons comme valeur de R celle de la profondeur moyenne.

Les eaux transportent en suspension une telle quantité de petites particules arrachées aux cendres qu'elles sont jaune foncé et opaques sous une épaisseur de 1 cm. Ces particules se déposent sur les rives formant, après dessiccation, un enduit jaune paille qui permet de déterminer la pente de la ligne d'eau au débit maximal de la crue, et l'on observe facilement les crues successives de débits maximaux décroissants. Presque partout, il a été possible d'identifier les délaissés de crue de 1954 dont le jaune tirait sur le gris. Partout où cela a été possible, nous avons vérifié que la pente, à une section donnée, ne dépendait pas de la hauteur d'eau (pendant la durée d'une crue) ou de la hauteur atteinte (délaissés).

Les débits dont nous parlerons plus loin ne sont donc qu'approximatifs pour 1962 et encore plus approximatifs pour 1954 : non seulement parce que la hauteur atteinte a été supérieure, mais aussi par le déblaiement probable du lit que nous avons déjà mentionné.

- L'enneri à BARDAI. B.V. 4050 km² :

L'enneri a coulé 3 fois à BARDAI en 1962 : les 27, 28 et 29 Juillet. La montée de la crue est rapide, le maximum dure peu de temps et la décrue est rapide.

Trois jaugeages ont été effectués : pente de la ligne d'eau 0,0028.

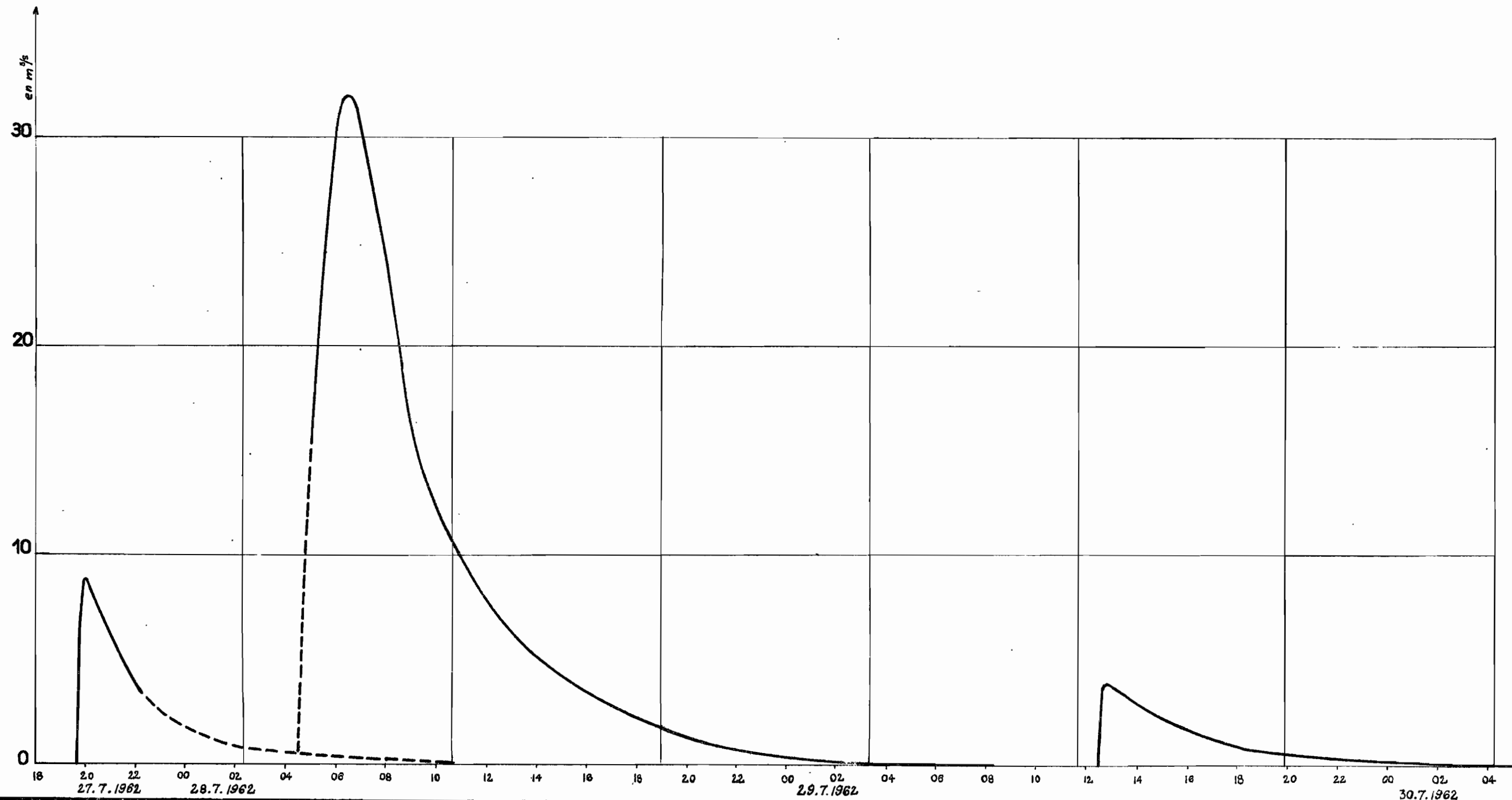
Cote sous le repère du bordj m	Débit m ³ /s	Section mouillée m ²	Profondeur moyenne m	Vitesse moyenne m/s	K
5,63	14,3	11,86	0,27	1,21	55
5,77	5,4	7,63	0,17	0,725	45
5,86	2,6	3,70	0,11	0,70	57

La section de jaugeage était en face du bordj à la hauteur de l'abri météorologique. Un levé de la section a été effectué et un second à 50 mètres en aval. Pour ces deux levés, les courbes représentant la section mouillée et la profondeur moyenne sont identiques, compte tenu d'un décalage de 0,14 m en hauteur correspondant à la pente. La courbe de tarage a été calculée et extrapolée d'après la formule de STRICKLER-MANNING avec $K = 55$, sans tenir compte des débordements qui se produisent à une cote de l'eau supérieure à - 4,5 m sous le repère du bordj. Le débit transité par ces débordements doit être faible (zones encombrées de constructions, jardins, clôtures), en regard du débit transité par le lit mineur.

La première pointe de crue a atteint 9 m³/s pour un volume écoulé de 93.10³ m³. La deuxième 32 m³/s pour un volume de 620.10³ m³ et la troisième 4 m³/s pour un volume de 54.10³ m³. La première crue a dû perdre un volume considérable par infiltration dans les sables du lit mineur et les deux autres relativement peu. Les eaux de la deuxième crue ont dépassé BARDAI d'au moins 70 km, d'après les observations du groupe nomade, mais nous ne savons pas jusqu'où l'eau a pu couler.

L'enneri a coulé à BARDAI en fin janvier ou début février 1961. Il semble rare que les enneris puissent couler en hiver : la crue aurait été peu importante, de l'ordre de 5 m³/s, d'après les hauteurs indiquées par de nombreux témoins interrogés séparément.

L'ENNERI A BARDAÏ



CRISTOM

Ao

DATE:

DESSINÉ.

TCH. 81.105

Pendant les étés 1960 et 1958 il y aurait eu, chaque année, une petite crue inférieure à celle observée en 1961.

Pas d'écoulement en 1959, 1957, 1956 et 1955, mais forte crue en 1954. D'après les hauteurs montrées devant le bordj (pas de délaissés visibles), 4,15 m environ sous le repère I.G.N., le débit aurait pu être de l'ordre de $425 \text{ m}^3/\text{s}$ (!).

Un levé a été fait dans les gorges en aval de BARDAI. D'après les délaissés très nets de la crue de 1962, et en appliquant la formule de STRICKLER-MANNING avec $K = 50$ pour tenir compte d'un lit plus rugueux, des roseaux... , le débit maximal aurait été de $35 \text{ m}^3/\text{s}$, valeur qui n'est pas trop en désaccord avec celle trouvée un kilomètre en amont. La hauteur qui nous a été montrée pour la crue de 1954 conduirait à un débit de l'ordre de $2350 \text{ m}^3/\text{s}$, ce chiffre semble très exagéré car une telle crue aurait dû enlever pas mal de palmiers en cet endroit. Par contre, il existe encore une marche d'érosion très nette dans le sable (pas d'autres délaissés), correspondant à un débit d'environ $435 \text{ m}^3/\text{s}$. Le même interlocuteur a indiqué, pour la crue de 1921 et celle de 1912 ou 1913, des hauteurs conduisant à des débits respectifs de 4600 et $7900 \text{ m}^3/\text{s}$. Nous ferons observer que c'est le seul interlocuteur qui nous ait parlé d'une forte crue en 1921, et que son âge apparent ne semblait pas permettre qu'il ait vu celle de 1912 ou 1913. D'après tous les autres, il y aurait bien eu une crue très forte en 1912 ou 1913, plus forte qu'en 1954, puis des crues pratiquement annuelles jusqu'en 1954, mais toujours inférieures à cette dernière.

Nous allons maintenant remonter l'enneri ZOUMRI en examinant chacun de ses affluents importants, c'est-à-dire ceux dont la superficie couvre plus de 50 km^2 de bassin versant à la confluence.

- R.G. L'enneri KISBOU, bassin versant 95 km^2 , se jette à BARDAI un peu à l'aval du poste. A coulé le 27 juillet 1962, débit maximal de l'ordre de 100 l/s . Cet enneri a un bassin versant tout en longueur et n'atteint pas une altitude intéressante. Il n'aurait pas coulé depuis 1954.

- R.G. L'enneri SERDE, bassin versant 96 km^2 , se jette à 3,5 km en amont de BARDAI. Il n'a pas coulé depuis 1954 et la

crue aurait été faible cette année-là. Même genre de bassin versant que l'enneri KISBOU, mais avec la partie inférieure envahie par les sables.

- R.G. L'enneri TABI, bassin versant 340 km^2 , se jette 6 km en amont de BARDAI. Le bassin versant, élargi en altitude, draine les pentes nord du Tarso ABOUKI. A la confluence avec le ZOUMRI, cet enneri aurait coulé une première fois le 24 ou le 25 août avec un débit très faible : l'eau a tout juste atteint le ZOUMRI. Puis une seconde fois, dans la nuit du 27 ou 28 juillet : le débit maximal d'après un levé, en prenant $i = 0,0043$ et $K = 52$ dans la formule de STRICKLER-MANNING, aurait atteint $5 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'enneri a coulé une troisième fois le 15 août, mais l'écoulement, bu par les sables du lit, s'est arrêté 4 km avant d'atteindre la confluence.

Un deuxième levé a été effectué 18 km en amont de la confluence avec le ZOUMRI. Par application de la formule de STRICKLER-MANNING avec $i = 0,0035$ et $K = 50$, les débits maximaux auraient été, pour la plus forte crue de 1962, de $23 \text{ m}^3/\text{s}$ et pour celle du 15 août de $1 \text{ m}^3/\text{s}$. A cette section, les délaissés les plus hautes, qui correspondent à la crue de 1954, conduisent à un débit maximal de $380 \text{ m}^3/\text{s}$, s'il n'y a pas eu un fort creusement du lit, probable à la décrue. A la section aval, les traces de la crue de 1954 ne sont pas nettes et correspondraient à un débit maximal de $130 \text{ m}^3/\text{s}$ seulement.

- R.G. L'enneri MOUSOUI, bassin versant 111 km^2 . Bassin versant du genre de celui de l'enneri SERDE. Il n'aurait pas coulé depuis 1954, et les traces à la confluence (10 km en amont de BARDAI) à ZOUI sont invisibles. Nous avons revu cet enneri à 10 km en amont du confluent : les traces de la crue de 1954 sont bien visibles et correspondent à environ $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Un petit affluent de cet enneri a faiblement coulé fin juillet 1962, dans les grès.

- R.D. L'enneri OSKOI, bassin versant 120 km, rejoint le ZOUMRI à 16,5 km en amont de BARDAI. Bassin versant allongé, drainant la bordure nord-ouest du bassin du ZOUMRI. La partie la plus nord du bassin n'a pas donné d'écoulement : nous avons constaté que des petits affluents de la rive droite de l'enneri OSKOI avaient coulé, probablement le 28 juillet. Un levé effectué

à la confluence du ZOUMRI donne, avec $i = 0,0046$ et $K = 51$, un débit maximal de $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ pour la crue de 1962 et de $45 \text{ m}^3/\text{s}$ pour celle de 1954. L'enneri n'aurait pas coulé entre ces deux crues.

- R.G. L'enneri SOAR, bassin versant 367 km^2 , rejoint le ZOUMRI à $21,5 \text{ km}$ en amont de BARDAT, à OSOUNI. Cet enneri, formé par la jonction de 3 enneris : ASKIDEI, SOAR et TOM, à $7,5 \text{ km}$ d'OSOUNI dans une zone de grès ensablés, draine une faible superficie de Tarsos élevés.

A un kilomètre en amont de la confluence, des délaissés de la crue de 1954 probablement (l'enneri n'a pas coulé depuis cette année-là), pente non mesurable, laissent supposer un débit maximal de l'ordre de $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

- L'enneri TOM a coulé en 1954, traces non visibles, et en 1958, jusqu'à la confluence avec l'enneri SOAR.

- L'enneri SOAR au puits à 17 km en amont du confluent du ZOUMRI, ne présente aucune trace d'écoulement, même ancienne.

- L'enneri ASKIDEI n'a pas coulé depuis 1954.

- L'enneri ZOUMRI à OSOUNI, 22 km en amont de BARDAT. Nous n'avons pas observé de crue de l'enneri à ce point, mais nous y avons levé la section, bonnes traces. Bassin versant de 2805 km^2 , en amont du confluent de l'enneri SOAR et de la palmeraie. Les débits sont donnés d'après la formule de STRICKLER-MANNING avec $i = 0,0035$ et $K = 53,5$.

L'enneri a coulé en 1962 à OSOUNI, de la même façon qu'à BARDAT. La pointe de la plus forte crue correspondrait à un débit de $38 \text{ m}^3/\text{s}$. Celle de la crue de 1954 à un débit de $580 \text{ m}^3/\text{s}$, et il y a des traces encore plus hautes correspondant à $1280 \text{ m}^3/\text{s}$. Ces derniers chiffres sont sûrement surestimés : la crue de 1954 aurait creusé le lit, balayé tous les gros tamaris qui s'y trouvaient, et emporté 3000 palmiers.

- R.D. L'enneri GOUMASA, bassin versant 168 km^2 , rejoint le ZOUMRI $23,5 \text{ km}$ en amont de BARDAT. Cet enneri draine une partie des hauteurs du nord, mais presque tout son bassin est à une altitude assez faible. Il n'a pas coulé depuis 1954 et les traces visibles indiquent un débit maximal de l'ordre de $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

- R.G. L'enneri MOSA, bassin versant 193 km^2 , rejoint le ZOUMRI à 27 km en amont de BARDAI. Cet enneri, dont le bassin est très allongé, draine le flanc extérieur nord du Tarso VOON. L'enneri MOSA n'a pas coulé en 1962, même pas dans les hauteurs semble-t-il. Les traces observées auprès du confluent, traces non datées, laissent supposer un débit maximal de l'ordre de $60 \text{ m}^3/\text{s}$.

A la palmeraie, à 19 km en amont du confluent, l'enneri n'a pas coulé depuis le début de 1961 (quelques centaines de l/s) et coulerait tous les ans ou presque. La crue de 1954 aurait balayé un certain nombre de grands palmiers jusqu'au ZOUMRI ; le débit maximal aurait pu être de l'ordre de $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

- R.D. L'enneri OURI, bassin versant 57 km^2 , rejoint le ZOUMRI à 33,5 km en amont de BARDAI. Bassin versant à faible altitude. Il a coulé en 1962 le 27 ou le 28 juillet, avec un débit maximal de quelques centaines de l/s, et vers le 15 août à 99 l/s. Il aurait coulé un peu en 1958 et beaucoup plus en 1954.

- R.D. L'enneri ORE, bassin versant 144 km^2 , rejoint le ZOUMRI à 37 km en amont de BARDAI. Le bassin versant a une très faible partie de sa surface en altitude. Il n'a pas coulé depuis 1954 : débit maximal de l'ordre de $25 \text{ m}^3/\text{s}$: il n'y a pas de vieilles traces plus hautes qui pourraient correspondre à un débit de l'ordre de $250 \text{ m}^3/\text{s}$.

- R.G. L'enneri FOKTOU, bassin versant 166 km^2 , rejoint le ZOUMRI à 42,5 km en amont de BARDAI. Une très faible partie du bassin est à plus de 2000 m d'altitude. Cet enneri se partage en deux branches à 13 km de ZOUMRI : celle de l'est porte la palmeraie de KOUMOU à 4 km du confluent, celle de l'ouest, plus importante, porte la palmeraie de FOKTOU à 2 km du confluent.

L'enneri FOKTOU n'a pas coulé en 1962. Son dernier écoulement daterait de 1958 : quelques l/s au confluent du ZOUMRI. D'après les traces, la crue de 1954 correspondrait à environ $100 \text{ m}^3/\text{s}$ au confluent du ZOUMRI et à $150 \text{ m}^3/\text{s}$ à la palmeraie de FOKTOU.

- R.G. L'enneri de YOUBOR, bassin versant 368 km², rejoint le ZOUMRI à 46 km en amont de BARDAI. C'est l'affluent le plus important du ZOUMRI, qui draine en particulier le Tarso VOON (B.V. de 213 km à la section levée à la sortie du Tarso). Il reçoit, en rive droite, à 3 km du ZOUMRI, l'enneri d'ODOUXI qui porte la palmeraie du même nom à 15 km du ZOUMRI. La palmeraie de YOUBOR est sur l'enneri principal à 13 km du ZOUMRI.

L'enneri de YOUBOR s'est déversé deux fois dans le ZOUMRI en 1962, semble-t-il, avec des débits maximaux au confluent de l'ordre de 50 m³/s la première fois et 20 m³/s la deuxième fois, d'après les délaissés (pente 0,0049 et K = 51). Des traces plus hautes et non datées conduisent à des débits de 115 et de 500 m³/s.

L'enneri d'ODOUXI a coulé 3 fois à la palmeraie en 1962. Une première fois le 26 juillet, et cette crue aurait juste atteint le ZOUMRI, une deuxième fois le 28 juillet, la plus forte crue de 1962, d'un débit de 20 m³/s, d'après les traces (pente 0,0078 et K = 45), et la dernière fois le 11 août à quelques litres/seconde. Les délaissés de 1954 correspondent à un débit maximal de l'ordre de 140 m³/s et ce serait la plus forte crue connue depuis 50 ans.

L'enneri de YOUBOR a coulé 5 fois à la palmeraie en 1962. Une première fois dans la nuit du 23 ou 24 juillet (l'averse que nous avons reçue dans le Tarso VOON), la crue n'a pas dépassé la palmeraie. Une deuxième fois le 27 ou le 28 juillet, la plus forte crue de 1962, d'un débit maximal de 55 m³/s d'après les délaissés (pente 0,0082 et K = 45). Les trois autres fois, les 9, 10 et 11 août, la crue n'a pas dépassé la palmeraie. Il est possible que le deuxième écoulement ait comporté deux crues sans interruption du débit. Les délaissés de la crue de 1954 conduisent à un débit de l'ordre de 220 m³/s. Il y aurait plus de 40 ans, on aurait vu une crue un peu plus forte que celle-ci.

Nous ne savons pas combien de fois l'enneri a coulé à la sortie du Tarso VOON (27 km en amont de YOUBOR) : seules deux traces récentes sont visibles, les plus basses (crue du 10 ou 11 août ?) correspondent à un débit de l'ordre de 4 m³/s (pente 0,0042 et K = 52), les plus hautes (27 ou 28 juillet) à un débit maximal de 140 m³/s. De vieilles traces, peu nettes car il pleut souvent à l'altitude du Tarso VOON, correspondraient à un débit maximal de 700 m³/s.

Le 23 juillet, nous avons assisté à la crue d'un petit affluent du sud-est du Tarso VOON. Bassin versant de $4,7 \text{ km}^2$, descendant en 5 km des hauteurs dans la caldera avec une dénivelée de l'ordre de 400 m dans les cendres. Intensité maximale de la pluie vers 11 heures. L'enneri commence à couler à 11 h.50 dans ses deux lits mineurs (encaissés de 0,2 à 0,4 m sur une largeur de 2 à 4 m), en sort à 12 h.10, atteint son débit maximal à 12 h.25 remplissant tout le lit majeur de 50 m de large, encombré de touffes de "mougou". Les cailloux sont roulés, des touffes arrachées, vitesse maximale surface 3 m/s, débit estimé à $20 \text{ m}^3/\text{s}$. A 13 h.45 seuls les lits mineurs débitent, à 17 h.30 l'écoulement est terminé.

- L'enneri ZOUMRI, au confluent de l'enneri de YOUNBOR à 46 km de BARDAI. Bassin versant 1969 km^2 à l'aval, 1601 km^2 à l'amont du confluent. Nous n'y avons pas observé de crue, mais nous y avons levé une section à l'aval et une section à l'amont, cette dernière étant bien plus régulière. Nous n'y avons trouvé qu'une seule trace pour les crues de fin juillet 1962 : débit maximal $40 \text{ m}^3/\text{s}$ (pente 0,0062 et $K = 56$) et des traces anciennes correspondant à 165 et $880 \text{ m}^3/\text{s}$.

A la section aval (pente 0,0026 et $K = 56$), nous avons relevé des traces correspondant à $65 \text{ m}^3/\text{s}$ et $20 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les crues de fin juillet et des traces anciennes, dont la plus haute n'est pas nette, donnant $170 \text{ m}^3/\text{s}$ et $650 \text{ m}^3/\text{s}$.

Un écoulement de quelques centaines de litres/seconde de débit maximal est passé à ces deux sections le 9 ou le 10 août, les traces de cette crue disparaissent 4 km en aval.

- R.D. L'enneri AMCHI, bassin versant de 98 km^2 , rejoint le ZOUMRI à 48,5 km en amont de BARDAI. Son bassin est à une altitude faible. Il n'a pas coulé en 1961. Il aurait coulé un peu en 1958 et un peu plus en 1954.

- R.D. L'enneri TRIZI, bassin versant de 48 km^2 , rejoint le ZOUMRI à 51,5 km en amont de BARDAI. Bassin versant allongé à basse altitude. Aucune trace d'écoulement, aucun renseignement.

- R.D. L'enneri AOUDO, bassin versant de 165 km^2 , rejoint le ZOUMRI à 52,5 km en amont de BARDAI. Bassin versant

à basse altitude . Il n'a sûrement pas coulé depuis 1954 si les traces, peu nettes, que l'on voit datent de cette année. Ces traces correspondraient à un débit maximal de $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

- R.G. L'enneri OVOICHI, bassin versant de 85 km^2 , rejoint le ZOOMRI à 56 km en amont de BARDAT. Bassin versant très allongé qui descend de la muraille nord du Tarso VOON. Il arrose quatre palmeraies, la plus en aval est à 6,5 km du ZOOMRI, la suivante est OVOICHI dont nous avons déjà parlé, ensuite OVOIDI à 10 km du ZOOMRI et la dernière est à 14 km.

Au confluent, l'enneri n'a coulé qu'une seule fois avec un débit maximal de l'ordre de $5 \text{ m}^3/\text{s}$. A OVOIDI, l'enneri a coulé 2 fois, deux jours de suite, fin juillet la première fois (pente 0,0060 et $K = 49$) avec un débit maximal de $16 \text{ m}^3/\text{s}$ et la seconde, d'une centaine de l/s. Il n'avait pas coulé depuis 1954, débit maximal de $190 \text{ m}^3/\text{s}$, sauf une fois en 1958, débit maximal d'une centaine de l/s.

- R.G. L'enneri DOUI, bassin versant de 126 km^2 , rejoint le ZOOMRI à 60 km en amont de BARDAT. Bassin versant très allongé qui descend du nord-est du Tarso VOON. Il arrose quatre palmeraies : à 7 km, 8,5 km (DOUI), 10 km et la dernière à 13 km du ZOOMRI: BOURO, au confluent de deux branches qui remontent jusqu'au Tarso VOON.

A la confluence avec le ZOOMRI, l'enneri n'a pas coulé en 1962. Il aurait coulé en 1954 : pas de traces nettes.

A BOURO, l'enneri de l'est n'a pas coulé depuis 1954, celui de l'ouest non plus, sauf une fois en 1962 à la fin de juillet. Un levé a été effectué juste à l'aval de ce confluent (pente 0,0056 et $K = 50$) donnant pour le débit maximal de la crue de 1962 : $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ et pour celle de 1954 : $130 \text{ m}^3/\text{s}$.

- R.G. L'enneri OUANOFOU, bassin versant 224 km^2 , rejoint le ZOOMRI à 64 km en amont de BARDAT. Bassin versant allongé, descendant de la muraille est du Tarso VOON.

En remontant l'enneri, nous trouvons d'abord la palmeraie de OUANOFOU qui s'étend sur 2 km et à l'extrémité amont de cette palmeraie (à 2,5 km du ZOOMRI), se jette un affluent, l'enneri d'EDIMPI, sur lequel se trouve la palmeraie d'EDIMPI

(B.V. 64 km², à 13 km du ZOUMRI). En amont de ce confluent, l'enneri OUANOFOU arrose la palmeraie de YENTAR, reçoit l'enneri ORTIOU (4,5 km du ZOUMRI) et arrose la palmeraie d'ORTIOU (6 km du ZOUMRI). Il existe, dans la palmeraie d'OUANOFOU, un petit barrage de 20 m de long sur 1,5 m de hauteur maximale captant l'inféoflux qui vient en surface, pour l'irrigation des jardins.

En 1962, l'enneri d'EDIMPI a coulé jusqu'au ZOUMRI, probablement le 27 juillet, et la petite crue a suffi pour faire une brèche dans le barrage. Les traces de cette crue près du confluent avec le ZOUMRI correspondent à un débit maximal estimé de 1 m³/s. A ce point, les traces de la crue de 1954 ne sont pas visibles, cette crue aurait été forte, mais n'a pas abîmé la palmeraie qui occupe tout le lit de l'enneri. L'enneri aurait également rejoint le ZOUMRI en 1958 avec un débit nettement supérieur à celui de 1962.

Un levé a été effectué sur l'enneri EDIMPI juste à l'amont de sa confluence avec l'enneri OUANOFOU (pente 0,0065 et K = 47). Les délaissés correspondent à 2,5 m³/s pour la crue de 1962, à 25 m³/s pour celle de 1958 et à 180 m³/s pour celle de 1954. Ce dernier chiffre est certainement surestimé car la section choisie devait être noyée dans le remous de submersion de la palmeraie de OUANOFOU.

Un autre levé a été effectué à la palmeraie d'EDIMPI (pente 0,0068 et K = 47) où les délaissés de la crue de 1962 sont nets, correspondant à un débit de 8 m³/s, mais nous n'avons pu voir les traces des crues de 1958 et de 1954 ni avoir de renseignements.

Un troisième levé a été effectué sur l'enneri OUANOFOU en amont de la palmeraie et en aval de celle de YENTAR (pente 0,006 mal définie et K = 47). Les traces de la crue de 1958 correspondent à 3,3 m³/s et celles de la crue de 1954 à 170 m³/s : cette section se trouve manifestement à l'amont des remous qui peuvent être créés soit par la confluence de l'enneri de l'EDIMPI, soit par la submersion de la palmeraie. L'enneri a coulé en 1962, mais l'écoulement s'est arrêté en amont de cette section, juste à l'aval de la palmeraie d'ORTIOU.

- R.D. L'enneri MOUDROUGUI, bassin versant de 58 km², rejoint le ZOOMRI à 69 km en amont de BARDAI. Bassin versant à très basse altitude. Il n'a pas coulé en 1962 et aurait coulé en 1954. Aucune trace d'écoulement.

- L'enneri ZOOMRI à YOUNTIOU à 73 km en amont de BARDAI. Bassin versant 739 km².

L'enneri a coulé 6 fois à YOUNTIOU en 1962 : les 26, 27, 28 juillet et 7, 9, 18 août. Nous avons assisté à la crue du 7 août, malheureusement la plus faible de l'année. Nous avons effectué 2 jaugeages : pente de la ligne d'eau 0,0054.

Débit	Section	Profondeur	Vitesse	
m ³ /s	mouillée	moyenne	moyenne	K
m ³ /s	m ²	m	m/s	
1,82	1,59	0,19	1,14	47
0,73	0,79	0,11	0,92	54

En appliquant la formule de STRICKLER-MANNING avec K = 50, la crue du 7 août aurait atteint un débit de 3,7 m³/s pour un volume écoulé de 86.10³ m³.

Les traces de la crue du 26 juillet étaient effacées par la crue du lendemain. Son débit maximal a été, semble-t-il, de l'ordre de 15 m³/s. La crue du 27 (passée le lendemain à BARDAI), la plus forte de l'année, a atteint 150 m³/s. Celle du 28 : 25 m³/s. Celle du 9 août : 15 m³/s et celle du 18 : 3,7 m³/s.

La palmeraie a été abîmée par la crue de 1954 qui, d'après les délaissés, aurait atteint 650 m³/s. Des traces encore plus hautes, de date inconnue, correspondent à 1000 m³/s. Nous n'avons pas pu savoir quelle était la fréquence des crues et les années sans écoulement.

C R S T C M

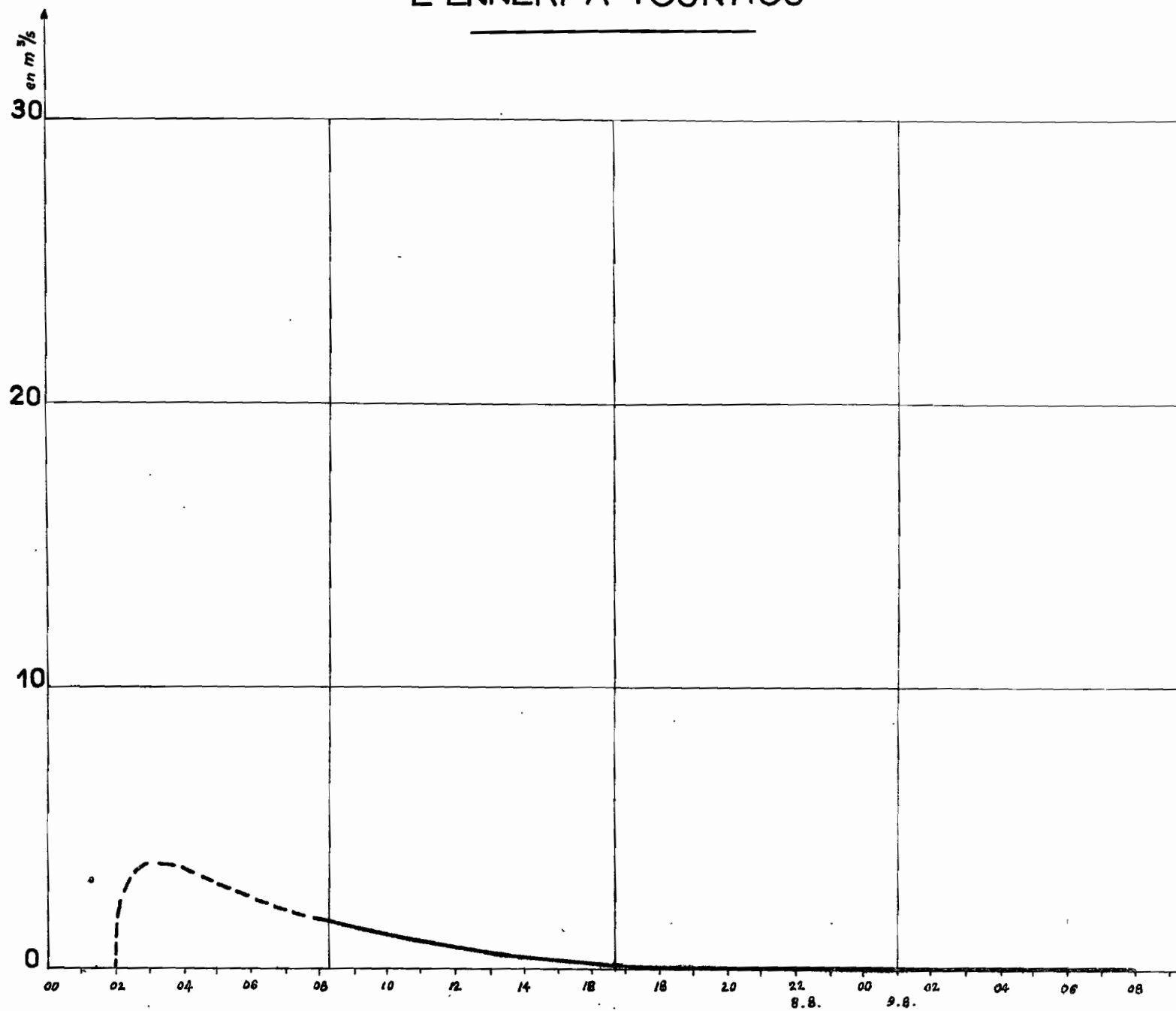
A0

DATE:

DESSINE:

TCH. 81.101

L'ÉNNERI A YOUNTIOU



- R.G. L'enneri YIDIGRIKE, bassin versant de 127 km², rejoint le ZOOMRI à 84,5 km en amont de BARDAI. Bassin versant très allongé, l'enneri comprend deux branches venant du sud-est du Tarso VOON. Il aurait atteint 3 fois le confluent en 1962, à des dates peu précises, la première fois très peu (débit maximal 1 m³/s ?). Nous avons les traces de la plus forte crue, fin juillet (pente 0,0054 et K = 50), 18 m³/s, et de la troisième (vers le 18 août ?), 1,1 m³/s. Les traces les plus hautes, qui sont peut-être celles de la crue de 1954, correspondent à un débit de 120 m³/s.

- R.D. L'enneri MOUSO DAMA, bassin versant de 72 km², rejoint le ZOOMRI à 90 km en amont de BARDAI. Il draine les pentes abruptes du sud-ouest du Tarso TOON, avec une très faible partie de son bassin à haute altitude. Il semble n'avoir coulé jusqu'au ZOOMRI que deux fois en 1962, la première fois, fin juillet, débit estimé à 0,5 m³/s au maximum, la deuxième fois, mi-août : 0,1 m³/s.

- R.G. L'enneri BRATADI, bassin versant de 56 km², rejoint le ZOOMRI à 91 km en amont de BARDAI. Bassin versant très allongé qui descend de la frontière sud. En 1962, il aurait atteint 3 fois le ZOOMRI, aux mêmes dates que l'enneri YIDIGRIKE : le débit le plus fort a été estimé à 20 m³/s. Les autres crues n'ont pas dû dépasser quelques centaines de l/s. Nous sommes sûr que l'enneri BRATADI a coulé jusqu'au ZOOMRI le 7 août, alors que l'enneri YIDIGRIKE n'a pas atteint le ZOOMRI ce jour-là.

- R.D. L'enneri OYE, bassin versant de 120 km², rejoint le ZOOMRI à 95,5 km en amont de BARDAI. Cet enneri draine la caldera de l'ehi OYE et une partie de la frontière sud-est, à des altitudes supérieures à 2000 m. Son lit mineur est large et ensablé. Il aurait atteint trois fois le ZOOMRI en 1962, à des dates imprécises : les deux premières fois avec un débit maximal de l'ordre de 20 m³/s, la dernière de l'ordre de 1 m³/s.

- L'enneri ZOOMRI à NEMA NEMASO à 97 km en amont de BARDAI. Bassin versant de 206 km². Il draine les sommets les plus méridionaux du bassin : ehi SOMI, ehi LELEBI, muraille nord du Tarso YEGA. Une grande partie du bassin semble être à plus de 2000 m d'altitude.

○ R S T ○ M

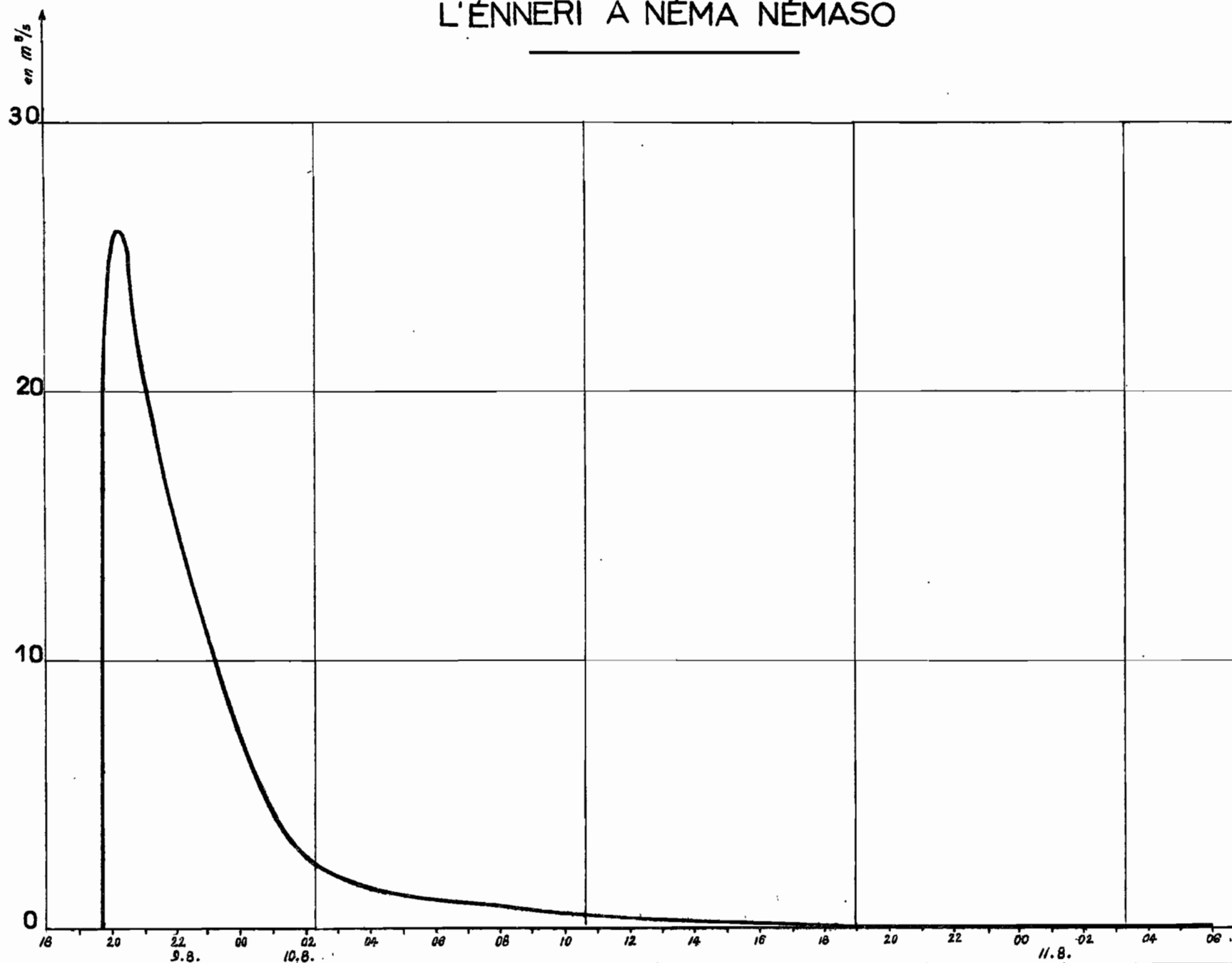
A₀

DATE :

DESSINÉ :

TCH. 81.102

L'ÉNNERI A NÉMA NÉMASO



L'enneri a coulé 9 fois à NEMA NEMASO en 1962, nous avons assisté à la crue de la nuit du 9 ou 10 août et n'avons pu jauger que le jour levé, à de faibles débits : 0,75 et 0,19 m³/s. Nous avons utilisé la formule de STRICKLER-MANNING avec une pente de 0,0052 et K = 50. L'historique des crues est la suivante :

- 23 juillet,	débit maximal	4,5 m ³ /s ?	n'a pas atteint YOUNTIOU
- 26	"	2 m ³ /s ?	
- 27	"	80 m ³ /s	(passée à BARDAI le 28)
- 28	"	38 m ³ /s	
- 7 août	"	16 m ³ /s	
- 9	"	26 m ³ /s	volume écoulé 330.10 ³ m ³
- 14	"	2 m ³ /s ?	n'a pas atteint YOUNTIOU
- 18	"	7,5 m ³ /s	
- 22	"	0,5 m ³ /s	n'a pas atteint YOUNTIOU

L'enneri coule pratiquement tous les ans à NEMA NEMASO, les délaissés dits de "1954" correspondent à un débit de 420 m³/s et l'on nous a indiqué une hauteur supérieure, d'une crue ancienne, non datée, correspondant à un débit de 600 m³/s.

- Le Tarso YEGA : nous avons effectué un levé d'une section de l'enneri qui draine le nord, l'ouest et le sud de la caldera du Tarso YEGA, un peu en aval des jardins, à l'entrée de gorges. Nous n'avons eu aucun renseignement sur les crues de 1962 et des années antérieures. La surface du bassin versant arrêté à la section levée est de 226 km², à une altitude supérieure à 2000 m. Les enneris serpentent dans le remplissage sableux de la caldera où la pente est faible, beaucoup plus faible que là où nous avons opéré pour réduire la zone d'inondation.

Le débit maximal atteint en 1962, formule de STRICKLER-MANNING $i = 0,0040$ et $K = 53$, serait de 60 m³/s. Nous n'avons pas trouvé de délaissés, et le niveau que l'on nous a indiqué pour les plus fortes crues connues correspondrait à 250 m³/s.

Nous ne saurions trop insister sur l'imprécision des débits que nous avons annoncés dans les pages précédentes.

Les hauteurs qui nous ont servi sont presque toujours celles des délaissés de crue : elles sont dans bien des cas un peu surestimées à cause du batillage, inconnu. Les hauteurs, pour les crues anciennes, ne peuvent tenir compte de l'approfondissement très probable des lits, et peuvent être quelquefois très surestimées pour cette raison.

Nous pensons que les pentes annoncées ne sont pas trop erronées : elles ont été prises, de part et d'autre des sections levées, sur des distances totales de plus de 100 mètres, en rive droite et en rive gauche, et l'on peut supposer que le batillage avait à peu près la même valeur aux différents points levés.

Les coefficients K de la formule de STRICKLER-MANNING peuvent paraître un peu élevés : ils ont été choisis en fonction des quelques mauvais jaugeages effectués. Là où nous avons levé des sections, les lits sont assez réguliers, plafond sableux comprenant quelques galets, très rarement de gros blocs.

Il est aussi possible que le coefficient K soit suréstimé dans le calcul des débits de fortes crues à cause de la charge transportée par l'enneri : les fortes pluies doivent balayer en une seule fois les débris de gélivation créés sur les Tarsos au cours des nombreux hivers successifs pendant lesquels il gèle fort chaque nuit et dégèle chaque jour.

La plupart des dates que nous donnons sont douteuses, obtenues par renseignements plus de trois jours après les passages des crues. Les heures que l'on nous a indiquées sont également douteuses. Cependant, il semble que le maximum de la crue se propage dans le ZOUNRI à environ 6,8 km/h de NEMA NEMASO à YOUNTIOU, section où la pente moyenne doit être d'environ 0,005 sur 24 km, et à environ 6,1 km/h de YOUNTIOU à BARDAI, section où la pente moyenne doit être d'environ 0,003 sur 73 km. Le temps de concentration à NEMA NEMASO serait d'environ 6 heures pour une longueur moyenne du réseau de 35 km environ jusqu'aux pointes du chevelu hydrographique.

L'infiltration dans le lit mineur est considérable. Nous n'avons qu'une seule crue pour laquelle nous puissions donner un chiffre : celle qui est passée à NEMA NEMASO le 9 août et qui s'est arrêtée 55 km plus loin. Il semble qu'aucun affluent n'est venu la relayer. A quelques kilomètres en aval de YOUNTIOU, le débit maximal ne remplissait plus le lit mineur du ZOUMRI. Le volume passé à NEMA NEMASO étant de 330.10^3 m^3 environ, l'absorption par les sables a été de l'ordre de 6 m^3 par mètre linéaire du lit, bien que celui-ci fut déjà humidifié par les crues précédentes. Il ne nous semble pas invraisemblable que pour la première crue de l'année, si elle est forte, cette absorption monte à 20 m^3 et plus par mètre linéaire, l'évaporation restant négligeable pendant la durée de la crue.

Les réserves de la nappe d'inféroflux se reconstituent rapidement à chaque écoulement. L'évaporation dans les sables du lit est très forte au début lorsque le niveau de la nappe affleure celui des sables et devient tout à fait négligeable lorsque la nappe est à un mètre sous les sables. La vitesse de circulation de l'inféroflux est très faible, si bien que les réserves utilisables sont très grandes. Nous ne pouvons les chiffrer.

Nous ne pensons pas que les grès puissent former un magasin considérable malgré leur étendue : la vallée du ZOUMRI sépare deux bombements du socle, qui, sous les grès est composé de schistes probablement peu perméables. Les grès, sur lesquels il ne pleut pratiquement jamais, ne nous semblent pouvoir être alimentés en eau que par l'enneri et sur une bande de faible largeur.

Par contre, nous croyons que le magasin constitué par les cendres est très important : ces cendres occupent une surface considérable, 30 % de celle du bassin et notamment plus de la moitié de la superficie du bassin qui se trouve à plus de 2000 m d'altitude, sur des épaisseurs qui, d'après les coupes des enneris, sont de plusieurs centaines de mètres : elles peuvent absorber le tiers de leur volume d'eau. La circulation de l'eau y est certainement très lente et nous ne savons pas, l'évaporation et la capillarité jouant un très grand rôle, si les réserves dans les cendres se renouvellent actuellement. C'est cependant très probable en altitude.

Le lecteur a pu relever des contradictions dans les valeurs que nous avons données pour les crues maximales de 1962 (et de 1954). Nous avons préféré écrire ce qui se déduisait des observations sans chercher à corriger, car nous ne savons pas quelles observations ou quels renseignements doivent être considérés comme mauvais. Cela ne facilite pas une détermination, même très approximative, des débits maximaux à prendre en considération pour des crues de fréquence rare. L'année 1962 a été peut-être forte, sûrement pas exceptionnellement comme l'année 1954. Pour satisfaire l'esprit, nous dirons qu'elle a donné lieu probablement à des crues de fréquences quinquennales et décennales, bien que le rapport entre les débits de 1962 et 1954 (quelle que soit l'imprécision des estimations) montre bien qu'il faudrait plusieurs siècles d'observations et de mesures pour pouvoir parler sérieusement de fréquences faibles avec de tels régimes. Cependant, les observations faites en 1962 sont d'une très grande importance car elles montrent :

1° - que sur les affluents rive gauche du ZOUZOURI ayant une bonne partie de leur bassin en haute altitude, il faut s'attendre tous les 10 ou 20 ans à des crues de plus de 100 l/s.km², pour des bassins de plus de 100 km².

2° - qu'entre des crues telles que celles de 1962 et celles nettement plus rares de 1954, la différence de débit est énorme. Ils passent parfois de 1 à 10.

On peut en déduire les conséquences pratiques suivantes :

a) Les ouvrages à construire dans le lit, de ces cours d'eau, devront être submergés sans dégâts par de telles crues, ou on devra envisager de les reconstituer après chaque crue telle que celle de 1962.

b) Les volumes écoulés tous les 5, 10 ou 20 ans, semblent longuement suffisants pour alimenter les nappes profondes même dans cette région peu arrosée.

Nous n'avons pas de notion sur les écoulements transités en année moyenne ou médiane.

BASSIN VERSANT DU ZOUMRI

