

Office de la Recherche Scientifique  
et Technique Outre-Mer

ORGANISATION COMMUNE  
DES RÉGIONS SAHARIENNES

**RECONNAISSANCE HYDROLOGIQUE  
DANS LE MASSIF DU TIBESTI**



**Campagne 1960**

NOVEMBRE 1961

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
et TECHNIQUE OUTRE-MER

ORGANISATION COMMUNE  
des REGIONS SAHARIENNES

RECONNAISSANCE HYDROLOGIQUE  
dans le MASSIF du TIBESTI

Campagne 1960

Novembre 1961

Par Convention passée le 9 Février 1961 entre le Délégué Général de l'ORGANISATION COMMUNE des REGIONS SAHARIENNES et le Directeur de l'OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE OUTRE-MER, ce dernier Organisme s'engageait à effectuer une mission de reconnaissance hydrologique dans le Massif du TIBESTI.

Cette mission avait pour but :

- d'installer un certain nombre de pluviomètres totalisateurs,
- de reconnaître les caractères généraux des réseaux hydrographiques,
- de recueillir le maximum de renseignements concernant les crues les plus récentes,
- d'examiner les conditions suivant lesquelles pourraient être lancées des campagnes d'études climatologiques et hydrologiques dans le Massif.

Cette reconnaissance, d'une durée de 15 jours environ, devait comporter l'examen des vallées des Enneris ZOUMERI et YEBBI BOU où sont envisagés des ouvrages de dérivation d'eaux de crues et d'eaux pérennes.

Le présent rapport rend compte des observations effectuées au cours de cette reconnaissance.

## I - EXECUTION de la MISSION

La Mission est partie de FORT-LAMY au début de l'après-midi du 18 Janvier 1960.

Elle comprenait :

- M. Jean RODIER, Chef de la Section Hydrologique de l'ORSTOM,
- M. André BOUCHARDEAU, Directeur du Centre de Recherches Tchadiennes, Directeur de Recherches à la Section Hydrologie,
- M. Maxime ARCHINARD, Chef du Garage du Centre de Recherches Tchadiennes.

M. Marcel BONNET, Chef du Service du GENIE RURAL du TCHAD et M. Jean PIAS, Directeur de Recherches à l'ORSTOM (Section Pédologie), qui étaient chargés d'un programme d'études agronomiques dans les Tarsos du TIBESTI, s'étaient joints à la Mission. Leur rapport a été diffusé par ailleurs.

A LARGEAU, M. R. HERVOUET, Administrateur-Chef, M. PAHUT, Chef du Secteur Agricole du B.E.T. et M. CORBET, agent de ce Service qui rejoignait son poste à BARDAÏ, ont participé également à cette reconnaissance.

Au départ de FORT-LAMY, trois véhicules du Centre de Recherches Tchadiennes : un power-wagon et deux pick-up Land Rover étaient prévus pour cette tournée. Ils ont permis de l'exécuter dans des conditions de sécurité suffisante.

A LARGEAU, un power-wagon et un pick-up Land Rover se sont joints au convoi qu'ils ont suivi jusqu'à BARDAÏ.

L'horaire a été le suivant :

- 18 Janvier : FORT-LAMY - MASSAKORY - CHEDRA.
- 19 Janvier : CHEDRA - MOUSSORO - SALAL.
- 20 Janvier : SALAL - KORO TORO (très forte crue à KORO TORO en 1959, comparable à celle de 1956). Ravitaillement en eau et essence. Départ pour la traversée du DJOURAB. Campement 30 km après KORO TORO.

- 21 Janvier : 40 km parcourus dans le DJOURAB. Le vent de sable, rencontré le 20 Janvier un peu avant KORO TORO, a arrêté le convoi au début de la matinée dans la plus mauvaise zone du DJOURAB.

Une légère accalmie dans l'après-midi a permis de progresser un peu le 22 Janvier. Peu après le campement, le convoi parvient au "paillasson"; la piste étant plus aisée à suivre, la progression continue jusqu'à LARGÉAU, malgré un vent de sable tel que la visibilité descendait à moins de 10 m par endroits.

- 23 Janvier : A LARGÉAU, réparations et ravitaillement, départ dans l'après-midi. Campement à 50 km de LARGÉAU, sur la piste de ZOUAR.
- 24 Janvier : Le convoi suit la piste normale de ZOUAR, s'en écarte pour passer à la mare d'OU DIGUEÏ, puis par un terrain assez dur pour les Land Rover, reprend la direction de la piste de ZOUAR, vers le passage de l'Enneri MAROU. Campement à EHI ATROUM.
- 25 Janvier : Le convoi rejoint la piste de ZOUAR, passe les Enneris MAROU et YAO et, après la traversée du plateau de DASKI, arrive à ZOUAR. Remise en état des véhicules, courte reconnaissance dans la cuvette de ZOUAR.
- 26 Janvier : ZOUAR - BARDAÏ par le ZOUARKE et la nouvelle piste militaire qui passe à proximité du TROU au NATRON ; aucune difficulté à partir de ce point, la nouvelle piste étant excellente.
- 27 Janvier : BARDAÏ - Enquête auprès du Chef de Poste, remise en état du matériel, préparation de la suite de la tournée.
- 28 Janvier : BARDAÏ-AOZOU par la nouvelle piste, aussi bonne que celle du TROU au NATRON à BARDAÏ. Visite du site d'AOZOU. Enquête auprès du Chef de Poste.
- 29 Janvier : Retour à BARDAÏ. Départ dans l'après-midi pour le ZOUMERI. Reconnaissance du ZOUMERI. Campement à OUONOFO.

- 30 Janvier : Suite de la reconnaissance du ZOUËRI, départ pour YEBBI BOU par les vallées du ZOUËRI supérieur, puis les terrasses volcaniques qui surplombent la vallée du HAUT YEBBIGUE, au-dessus de YEBBI SOUMA et YEBBI BOU.

Arrivée à YEBBI BOU dans l'après-midi. Enquête auprès du Chef de Poste, visite d'une partie des sources, puis départ vers la vallée du MISKY. Parcours très pénible : par endroits la piste est constituée de blocs de basalte ou comporte des rampes extrêmement fortes.

Campement dans le haut bassin du MISKY, dans les gorges de l'Enneri MOHI.

- 31 Janvier : Descente du MISKY toute la journée, réparation en route d'un des pick-up Land Rover, quelques difficultés avec le sable de l'Enneri.

Campement dans la vallée du MISKY Inférieur.

- 1er Février: Traversée assez difficile de l'Enneri DOMAR. Le convoi rejoint la piste normale de LARGEAU qui est atteint en fin d'après-midi.

De LARGEAU à FORT-LAMY, retour très pénible à nouveau dans le vent de sable, le power-wagon en panne (bielles coulées) a été laissé en plein DJOURAB. Il a été récupéré par la suite sans difficulté.

De façon générale, malgré la réduction des temps morts au minimum, les départs très matinaux et certaines arrivées à la nuit, la durée de travail utile sur le terrain a été courte. Une telle tournée ne pouvait permettre qu'une reconnaissance préliminaire et c'est d'ailleurs ce qui avait été prévu.

Nous tenons à remercier tout particulièrement le Colonel CHAPELLE commandant le B.E.T., M. l'Administrateur en Chef HERVOUET, les Chefs de Postes Militaires de BARDAI, ZOUAR, AOZOU et YEBBI BOU, de l'aide précieuse qu'ils nous ont apportée dans l'exécution de cette mission.

ORSTOM

A0

DATE :

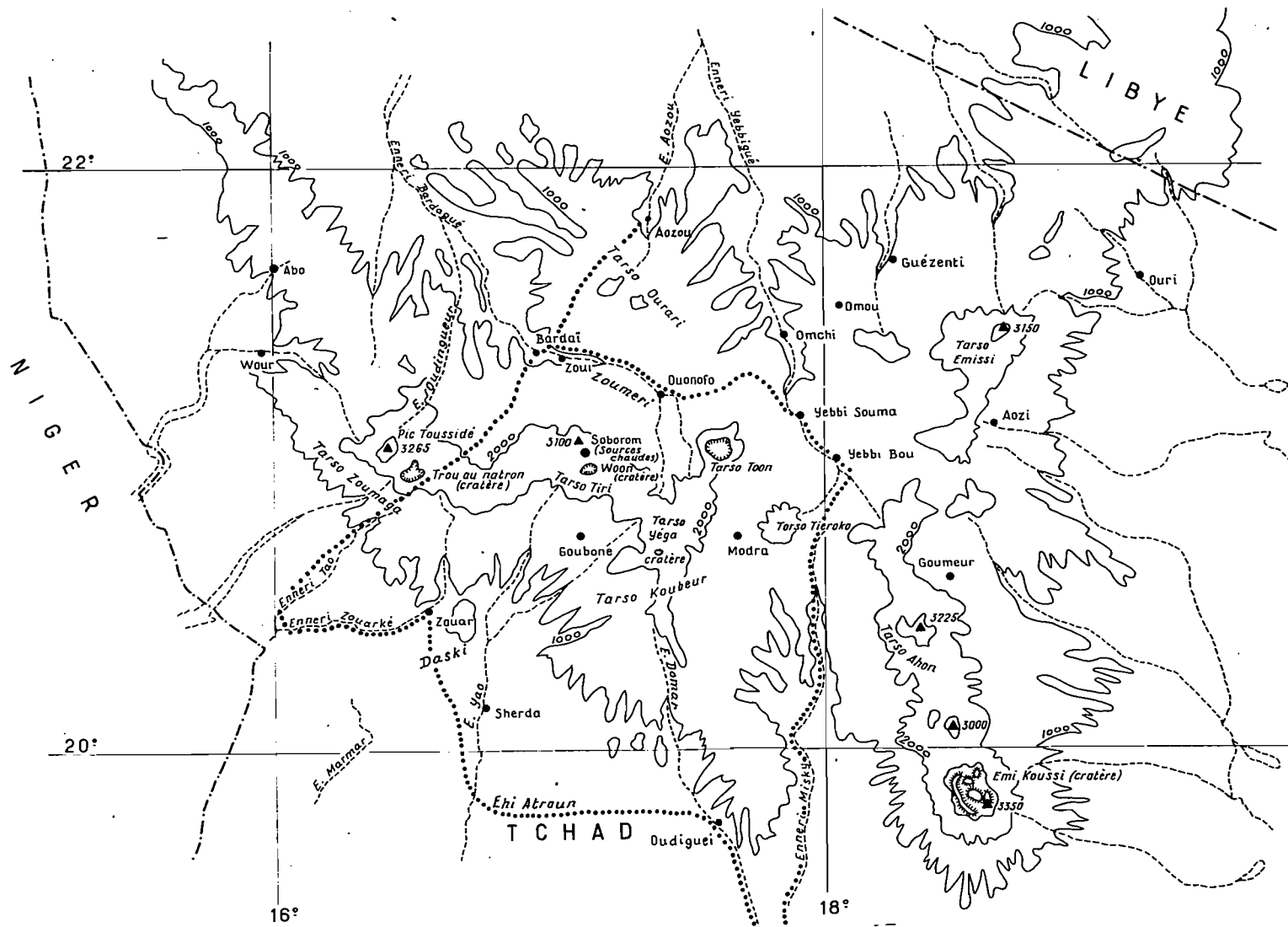
DESSINE :

TCH - 81.005

# MASSIF DU TIBESTI

..... Itinéraire suivi

0 25 50 km



## II - ASPECT GENERAL des RESEAUX HYDROGRAPHIQUES

---

Au cours de la reconnaissance, nous avons recoupé les principaux systèmes hydrographiques alimentés par les versants Sud-Ouest et Nord-Ouest du TIBESTI.

On sait qu'en régime désertique le ruissellement ne se produit que dans des conditions favorables : sols peu perméables, fortes pentes. Dès que la pente diminue, un processus de dégradation hydrographique très rapide transforme les torrents en mares, où la majeure partie de l'eau est perdue par évaporation. Il arrive parfois heureusement que, dans les régions aval, l'eau s'infiltré en proportions notables dans des terrains perméables, alimentant ainsi les nappes souterraines. Enfin, les crues moyennes ou faibles ne parviennent même pas à l'extrémité du réseau hydrographique, elles se contentent d'imbiber les alluvions.

Le TIBESTI n'échappe pas à ces règles générales. Malgré une pluviométrie très faible, peut-être 100 mm par an dans les points les plus favorisés, 10 à 20 mm par an pour les zones les plus défavorisées (1), les réseaux hydrographiques sont assez nets grâce à la très forte pente et aussi au caractère particulier des précipitations d'origine moussonique à forte intensité. Citons, par exemple, l'averse exceptionnelle du 14 Août 1960, observée par M. BRUNEAU de MIRE à l'Emi KOUSSE à 1 950 m d'altitude, qui a totalisé 49,4 mm en 5 heures dont 40 mm en 1 h 35 avec une pointe de 84 mm/h et une autre de 80 mm/h, à comparer aux moyennes annuelles données plus haut.

---

(1) On sait ce que signifie une moyenne annuelle en région désertique. Nous ne l'utilisons ici que pour fixer les idées. La pluviométrie est d'ailleurs très mal connue. A supposer que l'on connaisse bien les précipitations à ZOUAR, BARDAÏ et AOZOU, ce qui n'est pas le cas, il serait impossible d'établir la carte des isohyètes, étant donné la situation particulière de ces stations.



Les principaux cours d'eau du versant Sud sont :

- L'Enneri MISKY, cours d'eau le plus important du TIBESTI, qui parvient à couler sur une longueur de 200 km en grandes crues comme en 1959, ce qui constitue un véritable phénomène pour un régime aussi désertique.

Dans son bassin supérieur, le terrain assez perméable n'est pas très propice au ruissellement et le microréseau est plus diffus que ne le laisserait supposer la très forte pente. A l'arrivée dans la zone gréseuse, alors qu'il commence à perdre de sa vigueur, il reçoit des affluents actifs grâce à la nature plus imperméable du sol. Il tendrait à se perdre à la sortie du massif où les berges, qui n'ont d'ailleurs jamais été très hautes depuis la source, s'abaissent encore, le cours se partage en bras parallèles à dépôt argileux ; mais la rencontre d'un petit massif gréseux le force à passer dans une gorge étroite, ce qui lui permet d'éviter la dégradation définitive et de rejoindre l'Enneri DOMAR un peu à l'amont de la mare de GUEREDE.

- L'Enneri DOMAR draine une partie importante du versant Sud-Ouest du TIBESTI par ses affluents rive gauche, les plus actifs. Il passe à la mare permanente d'OUDIGUEÏ.

- L'Enneri MAROU a été reconnu à la traversée de la piste de ZOUAR. Les berges sont assez nettes à cet endroit qui pourrait constituer une bonne station de mesure, car elles semblent présenter certaines garanties de stabilité. La largeur du lit est de 240 m, berges assez basses.

- L'Enneri DOARBOUGOU a également une assez bonne tenue à la traversée de la piste, la hauteur des berges approche 2 m pour une largeur de 110 à 120 m.

- Mais de tous ces cours d'eau, c'est l'Enneri YAO qui paraît le moins dégradé. Il est alimenté par un très beau réseau en éventail. La largeur totale du lit à SHERDA est de 235 m. La hauteur des berges est de l'ordre de 1,50 m.

Tous ces cours d'eau confluent théoriquement vers le Sud, dans le BODELE et le DJOURAB. Il est probable qu'ils n'y sont pas parvenus depuis plusieurs centaines d'années.

Signalons, parmi les cours d'eau de ce bassin, le réseau du plateau gréseux de DASKI où le ruissellement assez intense a donné naissance à des petits cours d'eau encaissés dans des gorges où se trouvent sûrement des gueltas qu'il serait peut-être facile d'aménager.

Sur le versant Ouest, il n'y a que de petits Enneris sauf le ZOUARKE, de médiocre importance d'ailleurs.

Reprenons les Enneris dans l'ordre où nous les avons traversés :

- Le ZOUARKE est déjà dégradé dans la cuvette de ZOUAR, il reprend une certaine vigueur dans la gorge par laquelle il sort de la cuvette. Sa largeur est de 40 m, sa profondeur 0,50 m. A la sortie des gorges, il est complètement dégradé.

- L'Enneri TAO, son affluent, situé avant la montée du TROU au NATRON, semble relativement actif : largeur 100 m, profondeur 0,50 m à 1,00 m.

Sur toute la longueur de la montée, on rencontre des sols volcaniques perméables : phonolites, cendres, etc ... Le ruissellement, moins fort que sur le grès, a cependant entaillé profondément ces roches relativement tendres, mais le fond de ces dépressions présente un aspect tel que les crues doivent y être rares.

Le versant Nord, beaucoup moins arrosé, présente des phénomènes de dégradation plus rapides. Les principaux "cours d'eau" sont le BARDAGUE et le YEBBIGUE :

- Au Nord-Ouest, le BARDAGUE reçoit, sur sa rive gauche, l'Enneri OUDINGUEUR qui descend du TOUSSIDE. Le cours d'eau principal prend naissance vers le Tarso TOON, draine le flanc Nord du TIBESTI en arrosant la vallée du ZOUVERI, passe à BARDAÏ avant de recevoir l'Enneri OUDINGUEUR.

- Le YEBBIGUE naît à l'Ouest du Tarso TIERO TIEROKO (2 910 m d'altitude), passe au poste de YEBBI BOU, à l'oasis de YEBBI SOUMA, et se dirige vers le Nord, "recevant" à droite et à gauche des affluents drainant les massifs les plus septentrionaux du TIBESTI. L'Enneri AOZOU est un affluent tout à fait théorique qui le rejoint au pied du massif montagneux.

Lorsque l'on descend du TROU au NATRON, les réseaux hydrographiques rencontrés présentent l'aspect suivant : les pentes sont plus fortes que sur le versant ZOUAR, les Enneris se présentent comme de véritables torrents charriant, lors des crues, des sables grossiers et des galets ; citons l'Enneri OUDINGUEUR dont la largeur est de l'ordre de 50 m.

A ZOUAR, le BARDAGUE est assez dégradé. Il l'est tout autant à l'origine de la piste d'AOZOU, à la sortie de la vallée du ZOUMERI.

Le Haut BARDAGUE ou ZOUMERI, le YESKI et le YEBBIGUE semblent assez actifs, bien que leurs bassins constitués de roches volcaniques perméables ne présentent pas un réseau hydrographique bien dense. Dans les cours supérieurs, les lits sont encombrés de bancs de galets. Comme nous le verrons à AOZOU, la totalité du lit peut être obstruée par la palmeraie (cas du ZOUMERI à ZOUI, à OSSOUNI, du YEBBIGUE à YEBBI SOUMA), ce qui tend à prouver que les fortes crues n'y sont pas très fréquentes.

Malgré des précipitations plus rares qu'au Sud, les cours d'eau ne sont pas très dégradés dans le massif qui sépare BARDAÏ d'AOZOU. L'Enneri ESKEI, l'Enneri TIRENNO, l'Enneri LODOÏ charrient des galets. Ils ont une très forte pente longitudinale, ce qui explique qu'ils ne soient pas très dégradés, mais la rareté et le mauvais état de la végétation dans le lit de ces Enneris montrent bien que les crues y sont beaucoup plus rares que sur le versant Sud-Ouest du TIBESTI et même que dans le ZOUMERI. L'Enneri AOZOU présente, en amont du poste, une gorge étroite avec un lit de sable. Il semble relativement actif pour la région ; cependant, par endroits, la palmeraie bouche complètement le lit.

En résumé, grâce aux fortes pentes, le réseau hydrographique est assez net dans le massif, surtout au Sud-Ouest où les crues sont beaucoup plus fréquentes. Le réseau hydrographique n'est dense que dans les régions gréseuses. Il l'est beaucoup moins en régions volcaniques, sauf si les pentes deviennent très fortes.

III - QUELQUES INDICATIONS sur les CRUES en 1959  
et le REGIME HYDROLOGIQUE en GENERAL

---

Par sa situation entre les latitudes 19° et 22°, le massif du TIBESTI présente un régime intermédiaire entre le régime typiquement saharien et le régime tropical tel qu'on l'observe dans l'ENNEDI. Malheureusement, les données dont on dispose sont bien fragiles. Pour le poste de FAYA-LARGEAU, elles seraient suffisantes pour avoir un aperçu, mais ce poste est vraiment trop loin du massif pour être bien représentatif. En outre, tous les postes pluviométriques : FAYA-LARGEAU, ZOUAR, BARDAÏ AOZOU, sont situés dans des cuvettes où les précipitations doivent être nettement plus faibles que sur les massifs. Enfin, il est assez difficile d'obtenir des données sûres pour les raisons suivantes :

Les précipitations ne sont suivies, pour certains postes, que depuis peu de temps ; elles étaient d'abord centralisées à FORT-LAMY, puis à BRAZZAVILLE où étaient mises au point les publications. On voit la masse de transcriptions entre l'original et le résumé mensuel du temps. Ceci est d'autant plus grave que, pour des régions de ce genre, une seule précipitation journalière oubliée fausse considérablement les résultats et il est à peu près impossible de s'apercevoir a priori de cet oubli. C'est pourquoi on doit considérer les relevés dont nous avons disposé comme des images très imparfaites du régime pluviométrique aux postes d'observations, et ceci d'autant plus que les postes sont situés plus au Nord. Bien que le poste de FAYA-LARGEAU soit peu représentatif, on donnera, ci-dessous, certains des résultats de cette station, qui correspondent à une vague indication des phénomènes qui se déroulent plus au Nord.

Les relevés en notre possession, pour ce dernier poste, s'étendent de 1933 à 1959. Une partie importante a été relevée directement à FAYA-LARGEAU ; elle contient vraisemblablement peu d'erreurs. Pour d'autres années, nos données résultent de copies successives et ne sont pas sûres. De toute façon, le régime est désertique, c'est-à-dire qu'il ne faut pas attendre grand-chose des moyennes. Précisons que, pendant la période d'observations, les précipitations annuelles ont varié entre 0 et 200 mm environ. Quels que soient les doutes

qui puissent s'élever sur certains chiffres dont nous disposons, ces limites extrêmes sont certaines. La hauteur de précipitations annuelles est comprise le plus fréquemment entre 20 et 30 mm mais des précipitations comprises entre 10 et 20 mm sont assez fréquentes et il n'est pas rare, surtout pendant les années sèches 1943-1944 et 1947-1949, de trouver des précipitations comprises entre 0 et 10 mm. Pour fixer les idées, retenons le chiffre 20 à 30 mm qui correspond peut-être à la médiane, compte tenu du fait que, dans notre série d'observations, nos valeurs annuelles sont parfois sous-estimées par le fait que certains relevés mensuels n'ont pas été reportés. De façon incontestable, ces précipitations tombent presque toujours au mois d'Août. Une fois sur deux, on observe également des précipitations en Juillet. Il arrive parfois que certaines pluies tombent en Septembre. Il s'agit là, on le voit, d'un régime d'une tendance typiquement tropicale, mais on observe assez fréquemment de petites pluies en Mai et également des traces en Février-Mars, ce qui correspond à une très légère tendance saharienne.

Les données dont nous disposons pour le poste de ZOUAR correspondent à 8 années d'observations. Leur qualité est certainement moins bonne que les observations de LARGEAU mais il est certain que les précipitations y sont nettement plus fortes. On pourrait compter sur un chiffre de 40 à 50 mm par an à comparer aux chiffres de 20 à 30 que nous avons adoptés pour LARGEAU. Les précipitations y varieraient peut-être de 0 à 250 mm par an. On constate, comme à LARGEAU, une prédominance très nette du mois d'Août mais les pluies y sont nettement plus nombreuses en Mai que dans les régions méridionales. On observe également des averses en automne et en hiver. Les tendances sahariennes y sont donc beaucoup mieux marquées.

Pour le poste de BARDAÏ, nous ne disposons que de trois années d'observations. Tout ce qu'on peut affirmer, c'est que les précipitations y sont au maximum de l'ordre de celles de LARGEAU et que la dispersion de ces précipitations est encore plus grande qu'à ZOUAR, dénotant des tendances sahariennes encore plus fortes.

Il est à peu près certain, comme l'ont montré les observations de M. BRUNEAU de MIRE, que, sur les massifs, les précipitations sont plus élevées que dans ces cuvettes, mais qu'il n'y a pas lieu de s'attendre à des chiffres très différents de ceux que nous avons donnés. Il semble qu'une valeur relativement fréquente de 100 à 120 mm par an soit un très

grand maximum. Notons que, toujours d'après les observations de M. BRUNEAU de MILRE, les précipitations passent par un maximum situé peut-être vers 2 000 m d'altitude.

En conclusion, ce qu'on peut affirmer c'est que, sur les versants méridionaux du TIBESTI, les précipitations varient peut-être entre 30 mm par an au pied, à 100-120 mm pour les points les plus favorisés (valeurs les plus courantes). Toutes choses étant égales par ailleurs, elles sont nettement plus faibles sur le versant septentrional. Bien entendu, elles sont plus rares encore vers le pied de ce versant, dans la région d'AOZOU par exemple, où l'on compte nettement moins d'une averse par an. Cependant, même sur le versant méridional, le nombre total d'averses de l'année est très faible : elles tombent surtout au mois d'Août mais les précipitations de Mai et les précipitations d'automne et d'hiver ne sont pas rares ; elles sont d'autant plus fréquentes que la région étudiée est située plus au Nord. On nous a affirmé, d'ailleurs, à BARDAÏ que la neige couvrirait parfois le Pic de TOUSSIDE : ceci pendant très peu de temps.

En général, seules les averses d'été, c'est-à-dire les averses tropicales, donnent lieu à un écoulement. Elles se produisent sous la forme de tornades classiques, très courtes mais très intenses. Nous avons indiqué plus haut une des valeurs les plus fortes observées en 1959 : il s'agit d'une averse de 49,4 mm en 5 heures avec un maximum d'intensité de 84 mm/h, ce qui correspond à un phénomène assez exceptionnel qui se produit peut-être une fois tous les 10 ans ou tous les 20 ans.

En 1959, les précipitations ont été abondantes sur le versant Sud-Ouest, peut-être même ont-elles été exceptionnelles en certains points.

Elles ont été plus abondantes que la moyenne dans la région de YEBBI BOU.

Il n'y a pas eu de pluie dans la vallée du ZOUËRI, les régions de BARDAÏ et d'AOZOU. Ceci n'exclut pas que certains bassins supérieurs vers le TROU au NATRON et les Tarsos environnants aient pu recevoir des averses notables, mais l'écoulement correspondant n'est pas parvenu au BARDAGUE.

Une petite partie seulement des totalisateurs prévus a été mise en place. Il était envisagé d'installer le reste à la saison des pluies 1960, juste avant l'étude de l'écoulement dans le ZOMERI, étude qui a été ajournée. Un totalisateur a été remis aux militaires qui aménageaient la route du Sud du TOUSSIDE, l'autre au Chef de Poste de la mare d'ODIGUEI.

On trouvera, ci-après, les renseignements recueillis sur l'écoulement, soit d'après les laissés de crues observés directement, soit d'après les déclarations des guides, soit encore au cours des enquêtes faites dans les postes.

Le MISKY, cours d'eau le plus long du TIBESTI, aurait coulé, selon les guides, jusqu'à son confluent avec l'Enneri DOMAR. Ceci concorde avec nos observations : nous avons observé des traces d'écoulement de la crue 1959 tout le long du cours jusqu'à 60 km à l'amont du confluent.

Le débit maximal a dû varier de l'amont à l'aval; on sait qu'un cours d'eau désertique est "régénéré" par ses affluents tout le long de son cours. Il semble difficile d'admettre que le débit maximal ait pu dépasser 200-300 m<sup>3</sup>/s aux points où il a été le plus élevé, à moins que la forte pente n'ait donné lieu à des vitesses anormalement élevées, mais on s'expliquerait mal alors pourquoi, dans les sections où le débit semble avoir été le plus élevé, on rencontre du sable de grains moyens et pas de graviers, alors que graviers et galets abondent dans les tributaires du bassin supérieur.

Au resserrement du cours inférieur où on observe, dans les grès, des gorges en miniature, il semblerait invraisemblable que le MISKY ait débité, en 1959, plus de 10-20 m<sup>3</sup>/s (nous serions tentés de dire "plus de 5-10 m<sup>3</sup>/s").

L'aspect de la végétation, sur le cours moyen du MISKY, semble indiquer que l'inféroflux est alimenté une fois tous les ans (1). Il n'en est pas de même dans la partie aval, au voisinage du resserrement cité plus haut, où on a pu vérifier que

---

(1) Il peut parfaitement se produire qu'au cours d'une année très sèche, il n'y ait même pas d'écoulement d'inféroflux. Ceci doit se passer même dans l'ENNEDI.

les gros callotropis, qui bordent le cours, venaient de reprendre, après avoir terriblement souffert. Ils sont donc restés au moins une année sans eau.

L'Enneri DOMAR a coulé assez abondamment en 1959, il a peut-être débité au maximum 20 à 40 m<sup>3</sup>/s, mais n'a certainement pas coulé à pleins bords. Il doit couler à peu près tous les ans à la mare d'OUDIGUEÏ, sans cela on s'expliquerait mal que cette mare soit permanente. Il y a eu encore écoulement nettement à l'aval, où nous l'avons traversé en revenant du MISKY.

L'Enneri MAROU, à la traversée de la piste de ZOUAR, a coulé en 1959. Le sable était encore humide par endroits à 0,60 m de profondeur. L'eau a atteint et peut-être légèrement débordé sur la plaque de grès, vers le tiers rive droite. Le débit maximal serait compris entre 60 et 100 m<sup>3</sup>/s.

L'Enneri DOARBOUGOU a également coulé en 1959. Débit maximal 80 à 120 m<sup>3</sup>/s.

L'Enneri YAO à SHERDA a coulé abondamment en 1959. Les laissés bien nets correspondraient à un débit de 300 à 400 m<sup>3</sup>/s. C'est peut-être l'Enneri le plus abondant que nous ayons rencontré au TIBESTI. Il semble couler tous les ans.

Les petits cours d'eau du plateau de DASKI ont également présenté un écoulement en 1959.

Les versants Nord-Ouest et Nord présentent des débits et des fréquences de crues beaucoup plus faibles.

L'Enneri ZOUARKE, à la sortie de la cuvette de ZOUAR, a coulé à pleins bords en 1959. Débit maximal 15 à 30 m<sup>3</sup>/s. D'après le Chef de Poste, il coulerait tous les ans.

L'Enneri TAO a également coulé en 1959.

D'après le Chef de Poste de BARDAÏ, les Enneris de la région n'ont pas coulé en 1959. Le BARDAGUE a coulé pour la dernière fois en 1958. Une première crue (23-24 Août) a donné lieu à une hauteur maximale de 1,20 m dans l'Enneri. L'écoulement a commencé le 23 à 22 h, il s'est arrêté le lendemain à 16 h.



Le 1er Septembre, une deuxième crue beaucoup plus faible n'a donné lieu qu'à une hauteur maximale de 0,30 m. L'écoulement n'a duré que 2 h 30.

Avant 1958, il n'y aurait pas eu de crue depuis 7 ans, il est certain, en tous cas, qu'il n'y en a pas eu en 1957.

En Janvier 1959, une pluie a été observée, elle n'a pas donné lieu à écoulement.

Cependant, il semble bien que l'Enneri OUDINGUEUR a coulé en 1959.

L'Enneri ZOUMERI, aux environs de BARDAÏ, n'a pas eu de crue en 1959. L'Enneri qui se jette dans le ZOUMERI à OUONOFO n'a coulé ni en 1959, ni en 1958.

Il est possible que ces Enneris ne présentent qu'une crue tous les 2 ou 3 ans, en moyenne.

La vallée du ZOUMERI présente un écoulement permanent en certains points : à ZOUI, l'écoulement apparaît dans le lit, il est de quelques litres par seconde. A OSSOUNI, l'écoulement apparaît également dans le lit ; à OUONOFO, autre point d'eau analogue. Comme nous le verrons plus loin, il semble très peu probable que ces eaux soient alimentées par les réserves de l'inféoflux : on conçoit difficilement que celui-ci contienne des réserves permettant un écoulement permanent malgré plusieurs années sans crue. Il s'agit plutôt de réserves souterraines dans les terrains qui bordent l'Enneri, alimentant une ou plusieurs sources se trouvant dans le lit ; nous reviendrons sur ce point pour la région d'AOZOU où ces phénomènes sont plus nets.

Pour l'aménagement de ces prises d'eau, l'hydrologie apporte l'élément suivant : il faut s'attendre tous les 20 ans à un débit de l'ordre de 50 à 100 m<sup>3</sup>/s. Or, même un ouvrage de prise submersible, susceptible de résister sans dommage à une telle crue, coûterait un prix énorme en regard des faibles surfaces irriguées, compte tenu des prix unitaires très élevés de la maçonnerie ou du béton dans ces oasis. Il suffirait de prévoir un ouvrage sommaire pouvant résister sans trop de dégâts à 10 m<sup>3</sup>/s ; on le remettrait en état après les crues exceptionnelles. Dans ces conditions, une étude de crues exceptionnelles ne semble pas urgente. Par contre, l'étude des débits des résurgences s'impose, nous reviendrons sur ce point plus loin.

Les Enneris de la région de YEBBI BOU ont probablement tous vu un écoulement en 1959.

Le YESKY, qui a été descendu par la mission presque depuis son origine, a eu une crue moyenne en 1959.

Le YEBBIGUE a coulé abondamment en 1959, comme nous l'a confirmé le Chef de Poste de YEBBI BOU. Il avait plu deux heures sans arrêt. Il a plu également en 1958 à YEBBI SOUMA. Il est difficile de fournir des données sur la fréquence des crues, elle semble du même ordre que dans le ZOUMERI. Les sources sont très nombreuses autour du Poste de YEBBI BOU, leur position est indépendante du réseau hydrographique ; celle du Poste dépasse largement les besoins.

Les Enneris de la région d'AOZOU sont encore moins favorisés. Aucun de ceux que nous avons rencontrés n'avait présenté le moindre écoulement, l'état des quelques arbres que nous y avons trouvés le montrait bien.

Suivant le Chef de Poste d'AOZOU, l'Enneri du même nom n'aurait pas coulé depuis 1952 ou 1953, mais plusieurs Chefs de Poste se sont succédé depuis cette date. Nous en retiendrons simplement que l'Enneri n'a pas coulé depuis plusieurs années. Plusieurs des sources d'AOZOU ont été visitées. Deux d'entre elles, surtout celle de la cressonnière (plusieurs litres par seconde), sortent des grès nettement au dessus du lit de l'Enneri. Une troisième, plus à l'amont, doit sortir dans le lit ; il est, en effet, tout à fait invraisemblable qu'après plusieurs années sans pluie, l'inféoflux de l'Enneri puisse alimenter cette dernière source.

En conclusion, nous présenterons un schéma un peu caricatural de la fréquence des crues dans les régions traversées.

Les Enneris du versant Sud-Ouest coulent en moyenne une fois par an. Les Enneris du ZOUMERI et de la région de BARDAÏ coulent une fois tous les deux ans, ceux de la région d'AOZOU, une fois tous les cinq ou dix ans. On doit bien penser, en lisant ce qui précède, que les dix dernières années ont été, dans l'ensemble, assez abondantes dans cette région du SAHARA. Ces conclusions seraient peut-être optimistes si on considérait une période sèche telle que 1940-1950. Il ne semble pas, sur le

versant Nord tout au moins, que les points d'eau existants proviennent de l'inféroflux dans le lit des Enneris, il s'agit plutôt de nappes en terrains perméables, grès ou terrains volcaniques débitant dans le lit ou aux environs immédiats.

IV - CONDITIONS de TRAVAIL dans le MASSIF  
et POSSIBILITES d'ETUDES EVENTUELLES

-----

Cette mission a permis d'arriver à un certain nombre de conclusions quant aux possibilités d'études telles que celles qui ont été effectuées dernièrement dans l'AIR et l'ENNEDI.

- 1°) CONDITIONS de CIRCULATION :

Tous les véhicules ont été conduits par des anciens ayant de nombreuses années de "poto-poto" et de tous terrains rocheux ou non et cependant, pour une seule tournée, les dégâts ont été considérables. Beaucoup de ressorts ont été cassés, ceci est absolument normal ; ce qui est plus grave, c'est que les ponts et les bôîtes de transfert ont beaucoup souffert. Malgré ses qualités évidentes pour des terrains moins durs, la Land Rover n'est pas faite pour le TIBESTI. Le Power Wagon est beaucoup mieux adapté, mais il est encore bien fragile et, à l'intérieur du massif, les zones où il peut circuler sont réduites. Il y a bien le réseau hydrographique qui a, d'ailleurs, été largement utilisé pour la tournée dont il est rendu compte ici, mais dans le cas précis d'une saison de forte hydraulité, donc au moment précis où il importe de se déplacer rapidement, ces voies d'accès (ce qui est beaucoup dire) sont dangereuses.

Les chameaux sont encore plus difficiles à utiliser que dans l'ENNEDI : il faut aller les chercher loin des postes, car les pâturages sont rares et le relief très accidenté ne permet pas partout la circulation de ces animaux.

- 2°) CONDITIONS de SECURITE :

Il est absolument nécessaire, au printemps et en été, de suivre rigoureusement les consignes de sécurité, de LARGEAU jusqu'au TIBESTI, ce qui suppose des provisions d'eau suffisantes, un ensemble de deux véhicules et des postes radio.

A l'intérieur du massif, les conditions sont variables dans le ZOUMERI et la région de YEBBI BOU, YEBBI SOUMA ; les points d'eau sont assez rapprochés et, pour un hydrologue connaissant bien la région, les conditions de sécurité sont beaucoup moins rigoureuses. Il semble qu'une provision d'eau d'un ou deux jours puisse suffire en général.

Mais l'accès pose un problème : il faut soit arriver par avion, soit partir en convoi de deux véhicules, soit faire le voyage avec un convoi régulier.

- 3°) CONDITIONS d'INSTALLATION :

Pour des équipes peu nombreuses, un ou deux agents, l'installation dans les postes ne pose pas de problème difficile, sous réserve que toutes précautions soient prises pour que les nouveaux arrivants ne portent pas préjudice au personnel des postes dont les ressources alimentaires sont parfois limitées. Il convient de ne pas abuser d'une hospitalité légendaire qui reste à la hauteur de sa réputation.

En dehors des postes, il faut tout apporter et ne pas trop se fier aux possibilités de ravitaillement offertes par la chasse ; le gibier est beaucoup plus rare que dans l'ENNEDI et dans l'AIR, sauf peut-être sur le versant Sud-Ouest.

- 4°) CONDITIONS CLIMATIQUES :

A priori, il faut s'attendre à des conditions au moins aussi dures que celles de l'ENNEDI, excepté peut-être pour les zones situées à plus de 1 500 m d'altitude.

- 5°) CONDITIONS d'OBSERVATIONS CLIMATOLOGIQUES et HYDROMÉTRIQUES :

Étant donné le caractère complexe du climat, il serait nécessaire d'obtenir sur toute l'année des séries d'observations non seulement aux postes militaires, mais encore en quelques autres points, ceci exigerait un accord avec les militaires et la fourniture de matériel climatologique ; on pourrait, par exemple, envisager l'installation de quelques pluviomètres totalisateurs pas trop loin de BARDAÏ, mais on est pris dans le dilemme suivant : ou mettre ces appareils assez près des axes de circulation et ils seront relevés assez fréquemment, mais ils risqueront d'être volés, ou les écarter de ces axes pour qu'ils soient davantage en sécurité et ils seront relevés très irrégulièrement.

Il est possible de confier des pluviomètres Association aux équipes travaillant sur les routes.

L'installation de bacs évaporatoires est à prévoir au moins à un poste.

D'autre part, il résulte des conditions de circulation qu'on ne peut songer à rayonner qu'à assez faible distance du campement : 100 km au grand maximum. Dans ces conditions, on doit prévoir un double réseau, l'un à grande distance, mis en place avant l'été et relevé à la fin, l'autre relevé beaucoup plus fréquemment dans le rayon d'action normal de l'hydrologue. Ce double réseau ne relèverait, on le voit, que les pluies d'été.

Quant aux observations hydrométriques, trois cas sont à envisager :

- 1°) Région d'AOZOU :

La récolte de données hydrométriques serait si maigre que toute campagne d'hydrologie de surface y est exclue.

Tout au plus, peut-on y installer des échelles à maximum et relever les profils en travers des Enneris au voisinage de ces échelles ; avec la nouvelle route, il est très facile de joindre AOZOU à partir de BARDAÏ.

- 2°) Versant Sud-Ouest :

Il semble que l'on y trouve presque autant de chance de succès que dans l'ENNEDI. L'organisation des études pourrait y être la même.

- 3°) Région de BARDAÏ, ZOUMERI, YEBBI BOU :

Le "rendement" en observations d'hydrologie de surface serait nettement plus faible que dans l'ENNEDI ; d'autre part, on l'a vu plus haut, les phénomènes d'hydrologie souterraine jouent un rôle important. Il serait donc intéressant d'y envoyer un hydrologue ayant de solides notions d'hydrogéologie, à moins de faire précéder le passage de l'hydrologue par une visite très détaillée d'un hydrogéologue qui donnerait à l'hydrologue un programme précis de travail. Un assistant agent technique serait très utile ..... s'il pleuvait. Le peu de rentabilité économique de cette opération nous fait hésiter.

On peut envisager deux solutions :

- ou l'on estime utile de procéder, dans ces régions désertiques, à des études de base de portée générale, auquel cas, pendant deux campagnes successives, il conviendrait d'envoyer pendant 3 mois l'équipe habituelle : un hydrologue - hydrogéologue et un agent technique avec le matériel approprié. Le prix de telles campagnes devrait être majoré de 30 % par rapport à une campagne normale dans l'ENNEDI.
- ou on ne considère que les petits problèmes pratiques actuels et alors les opérations suivantes s'imposent :
  - a) examen détaillé des points d'eau par un hydrogéologue,
  - b) installation de quelques pluviomètres totalisateurs et organisation de leurs relevés,
  - c) mesure des débits des résurgences tous les 3 ou 4 mois par un hydrologue,

- d) visite des sites par un agent du Génie Rural pour déterminer le type des ouvrages, compte tenu des renseignements obtenus grâce aux opérations précédentes.

Les voyages FORT-LAMY - BARDAÏ devraient être faits par avion. Un power-wagon avec matériel de campement et vivres de réserves devrait être laissé à BARDAÏ.

Le prix de cette opération ne serait pas non plus négligeable.