

Aperçu sur le climat et l'hydrologie du massif de l'Ennedi et de la plaine du Mortcha

Un peu de géographie.

Il n'est peut être pas inutile de situer dans le vaste bouclier saharien ce petit massif moins connu que le Tibesti, le Hoggar ou l'Air.

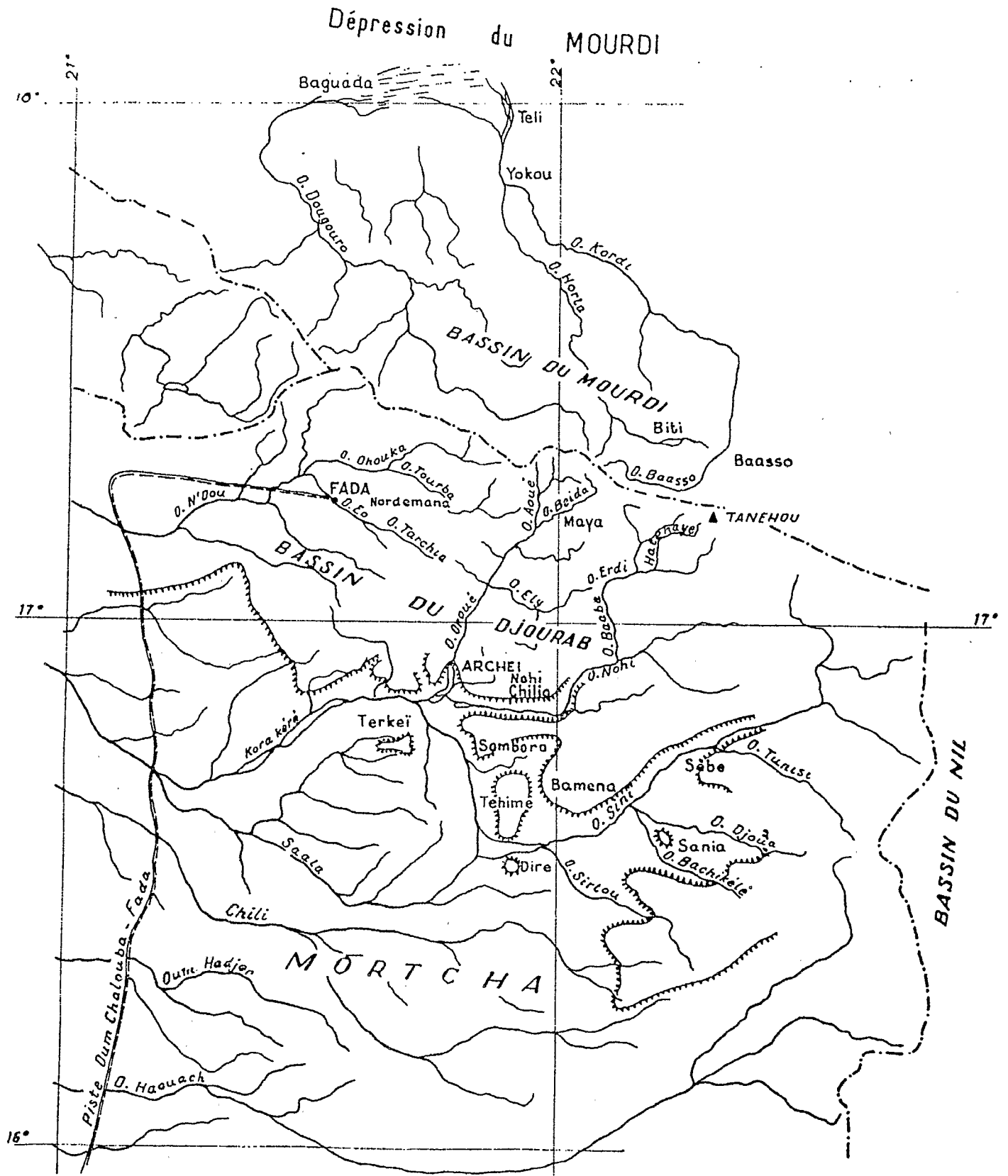
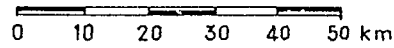
L'Ennedi, situé au Nord-Est de la cuvette Tchadienne, fait partie administrativement de la région Borkou-Ennedi-Tibesti ou B.E.T. Il constitue un des trois districts de cette région ; son chef-lieu est Fada et il comporte en outre deux postes administratifs : Ounianga-Kebir au Nord-Ouest et Oum Chalouba au Sud du Mortcha. Cette définition administrative groupe en réalité deux unités géographiques :

- le massif de l'Ennedi proprement dit affecte la forme d'un triangle rectangle dont la base orientée Sud-Est-Nord-Ouest, se développe depuis Am-Djerès, au Nord des Hadjer-Doure (pointe septentrionale du massif de l'Ouaddaï), jusqu'à Ouèïta (350 km environ). Il s'inscrit en gros entre les parallèles 16° et 17°30' N et les méridiens 21° et 23° E.

— la pénéplaine du Mortcha s'étend au Sud du massif, un peu plus loin que le 16° parallèle et à l'Ouest jusqu'au 20° méridien Est environ.

Le Mortcha se présente comme une vaste plaine granitique au relief peu accentué, parsemée de buttes souvent fortement décomposées en boules. Le socle est généralement altéré sur plusieurs mètres de profondeur. En surface, le sol apparaît comme une succession de regs plus ou moins argileux recouverts de débris rocheux et de dépressions sèches (mares temporaires) au sol limoneux craquelé. La végétation, concentrée

CARTE SOMMAIRE DE L'ENNEDI ET DU MORTCHA



le long du lit des oueds, dans les dépressions et sur le pourtour des regs, est essentiellement composée d'arbustres xérophiiles (acacias). Durant la saison sèche, le sol est le plus souvent nu sauf dans les dépressions : pendant l'hivernage, il se couvre d'un épais tapis herbacé. Lorsqu'on se déplace vers l'Ouest, les zones ensablées deviennent de plus en plus importantes jusqu'aux dunes vives du Djourab.

Le massif est entièrement gréseux. En discordance sur le socle précambrien du Mortcha, on rencontre d'abord les grès inférieurs (Ordovicien) et supérieurs (Gothlandien) qui forment la série des Tassilis, puis la série continentale post-Tassilienne (Dévonien) représentée par les grès à plantes. Pour le voyageur qui aborde l'Ennedi par la piste d'Oum-Chalouba à Fada, l'approche du massif se manifeste d'abord par une fréquence plus grande des buttes témoins : Souleymani, Ouagif, Deli... Puis une falaise abrupte et ininterrompue se dresse à l'horizon. Cette falaise présente heureusement quelques points faibles qui permettent d'accéder à l'intérieur du massif, parfois même en voiture : Baki sur la piste de Fada, la dune de Matarella sur la piste Fada-Archeï, vallée du Sini... C'est le long de cette falaise que l'on rencontre les coins les plus pittoresques de l'Ennedi, les rochers les plus déchiquetés.

Le sommet de la falaise est constitué d'une série de plateaux, surfaces largement déblayées recouvertes de concrétions ferrugineuses d'allure scoriacée. Les plus importantes de ces plaines de dégagement sont celles de Fada, d'Offro, de Nohi et de Nordamena.

Dans les régions les plus élevées du massif, la série continentale présente une succession de hautes plaines où l'on rencontre mares et buttes témoins (Baasso, Biti). Là encore, l'érosion a buriné le rocher en formes souvent curieuses.

En résumé, le relief de l'Ennedi est surtout tabulaire : Hautes plaines dans les régions les plus élevées au niveau du Dévonien, puis plaines de déblaiement et petits plateaux rocheux aux différents niveaux du Silurien, enfin pénéplaine du Mortcha. Le passage d'un étage à l'autre est souvent pénible, interdisant pratiquement la circulation automobile à l'intérieur même du Massif. La végétation est très pauvre, pratiquement inexistante en saison sèche sauf dans les zones dépressionnaires et le long des Enneris. L'étude de cette végétation a été faite de façon très détaillée par H. Gillet du Museum et par Carvalho de l'Office anti-acridien.

Hydrographie.

Les eaux tombant sur le massif de l'Ennedi alimentent trois systèmes hydrographiques nettement individualisés :

— système du versant nord tributaire de la dépression du Mourdi. Les collecteurs principaux sont l'Oued Kordi, l'Oued Horta et l'Oued Dougouro. Notons en passant que l'on désigne souvent ces oueds par leur nom gorane : *enneri* ; nous avons conservé le terme d'oued, ou ouadi comme on dit au Tchad, qui correspond dans l'esprit des gens à un type de cours d'eau bien déterminé. La ligne de crête qui limite ce bassin au Sud est bien définie : c'est la grande dorsale WNW-ESE de l'Ennedi.

— système du Nil mal connu, dont nous parlerons pas dans cet article.

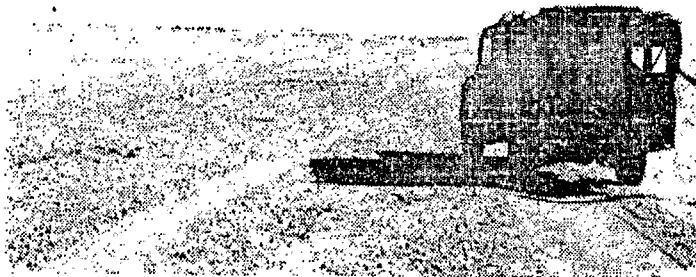
— système dit « du Djourab » qui draine les précipitations du versant sud vers la falaise terminale. A l'intérieur du massif on distingue principalement, d'Est en Ouest : l'Oued Sini, l'Oued Nohi, l'Oued Oroue et l'Oued N'Dou.

Ces oueds n'ont pas d'écoulement permanent mais leur lit mineur est en général bien marqué, sauf dans certains passages des plaines de dégagement ; il peut alors se faire que le lit disparaisse complètement : cas de l'Oued Ohouka, cours supérieur de l'Oued N'Dou à son arrivée dans la plaine de Fada. Au passage des zones rocheuses, le lit se reforme, entaillant profondément le grès en gorges souvent spectaculaires ; c'est en particulier ce qu'on observe au franchissement de la falaise qui constitue le rebord méridional du Massif (Gorges d'Archeï, de Chilio, du Sini etc...).

Le réseau du « versant Djourab » débouche au piedmont de l'Ennedi dans les mares de grande superficie et toute trace de réseau organisé disparaît. Il est très difficile de voir comment s'effectue le raccordement avec le système de la Saala, un des réseaux du Mortcha. Il est probable, que sauf en année particulièrement abondante, les eaux du massif ne vont guère plus loin que cette zone de mares où une partie considérable s'évapore tandis que le reste s'infiltré dans les dunes, alimentant la ligne de puits qui borde le massif.

Dans le Mortcha, on distingue cinq réseaux principaux : du Nord au Sud : la Saala, le Chili, l'Oum Hadjer, l'Haouach et l'Oued Oum Chalouba.

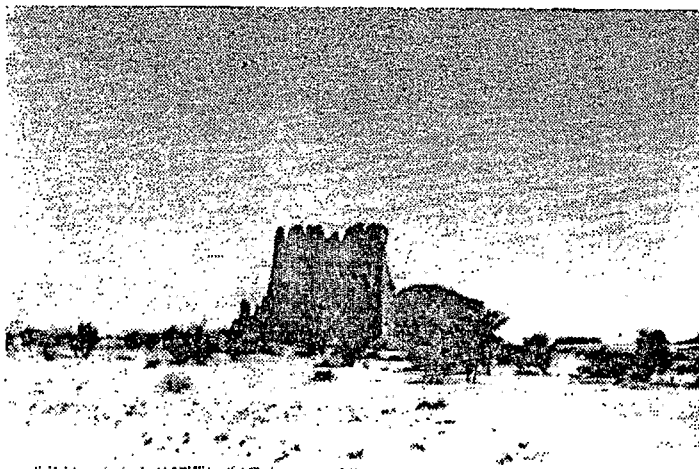
Nous avons vu que la Saala était susceptible de recevoir quelques apports du Massif, du moins en année particulièrement abondante. Le drainage des eaux provenant de l'Oroue



1 : Plaine du Mortcha



2 : Dune et rochers de Sebe



3 : Butte-témoin vers la mare du Sini

et de Nohi se ferait alors par cet affluent au lit divagant et souvent peu marqué qu'est le Korakère, tandis que le Sini se déverserait dans la Saala par l'intermédiaire de la mare de Dire.

Le réseau du Chili constitue un système autonome, « purement Mortcha » qui ne doit rien au massif ; le haut du bassin est relativement montagneux. Les débits sont importants.

L'Oued Oum Hadjer bénéficiait autrefois des apports de l'Haouach. Une capture Pen a privé ; il draine actuellement un bassin relativement faible, purement Mortcha, dont les eaux sont en grande partie consommées par la mare d'Ellela avant la perte définitive dans les sables du Djourab. On peut annexer à ce réseau celui de l'Oued Hadianga et de l'Oued Haossidinga qui alimente la mare Goumeur (en communication avec celle d'Ellelia).

L'Oued Haouach possède le bassin versant le plus important du Mortcha. Il est bien alimenté dans sa partie supérieure montagneuse, mais s'étire en longueur jusqu'à la piste de Fada ; il faut de fortes précipitations pour qu'il coule sur la totalité de son cours.

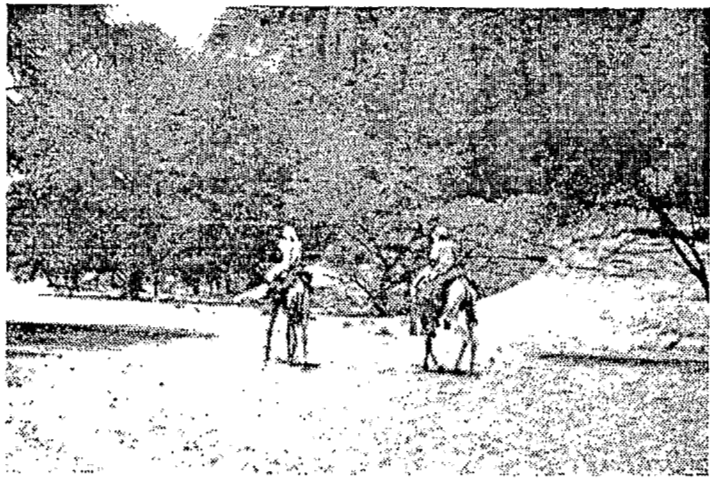
Enfin, l'Oued Oum Chalouba marque sensiblement la limite méridionale du Mortcha. Il tient ses eaux en grande partie du Massif du Kapka.

Tous ces cours d'eau se perdent à l'Ouest dans les sables du Djourab lorsqu'une année particulièrement faste leur permet de couler jusque là.

Climat.

La seule station climatologique observée régulièrement est Fada. On dispose également de quelques relevés sporadiques de pluies à Oum Chalouba. Enfin des relevés ont été faits en différents points du Massif pendant la saison des pluies, de 1957 à 1959.

Le Mortcha et le massif de l'Ennedi sont encore sous l'influence de la « mousson d'Afrique ». Le régime des pluies est donc réglé en grande partie par les déplacements du front intertropical. La saison des pluies dure en moyenne trois mois, de juillet à septembre avec un maximum très net en août. La presque totalité des précipitations tombe au maximum en deux mois, du 15 juillet au 15 septembre. Il peut cependant pleuvoir en juin et très rarement en octobre. D'autre part, l'influence des dépressions d'origine européenne n'est pas ex-



4 : Mare d'Archei



5 : Entrée des gorges d'Archei



6 : Guelta d'Aoue

clue, quoique très sporadique : elle se traduit par des précipitations occasionnelles en mai et, beaucoup plus rarement, en avril.

A Fada, la moyenne des précipitations annuelles serait de 91 mm. Nous citons sous toutes réserves le total annuel le plus faible qui aurait été de 1 mm en 1918 et, avec plus de confiance, le total le plus fort de 191,5 mm en 1951.

Le poste de Fada est assez peu représentatif des précipitations sur l'ensemble du massif. Celles-ci ont du reste une répartition spaciaie très hétérogène. Le versant nord est probablement très peu arrosé, mais peut-être pas de façon aussi catastrophique qu'on veut bien le dire : le mal que l'on se donne pour tenter d'expliquer les lignes de puits permanents et les pâturages de Kordi, de Dougouro et du Mourdi n'est peut-être dû qu'à une absence quasi-complète d'observations impartiales. Il est certain, en tous cas, qu'il pleut, et avec abondance (toutes proportions gardées), au voisinage de la ligne de crête.

Il est difficile dans l'état actuel des investigations, de dire quelle est la partie la plus arrosée du massif. On avait opté a priori pour les Hautes plaines (Biti, Baasso). Or, durant la campagne 1957, on a mesuré sur le Baasso une hauteur de 70 mm (61,5 mm à Fada) alors qu'en bordure du Massif, il est tombé 80 mm à Archeï et 107 mm à Sebe (Sini).

En 1958, on a enregistré 134,4 mm à Fada. Dans le Massif : 157,6 mm à Aoue, 223 mm à Angretaha, 130 mm sur le Baasso. En bordure du Massif : 116,2 mm à Bachikele, 134 mm à Nohi Chilio, 160 mm à Archeï.

L'année 1959, particulièrement pluvieuse, a vu tomber 143 mm à Fada. A l'intérieur du Massif, le maximum enregistré a été de 321 mm, à Elikoa, au Nord d'Archeï ; on peut citer également des totaux annuels de 275 mm à Tourra Schi, 258 mm à Aoue, 225 mm à Biti. Par contre, toujours à l'intérieur du Massif, il n'est tombé que 106 mm à Kourien Doulien, 15 km à l'Est de Fada. Le long de la falaise limitant le massif du Sud, on a observé 251 mm à Archeï, 231 mm à Nohi Chilio, 195 mm à Sehe et 251 mm à Bachikele.

Pour le Mortcha, les renseignements pluviométriques sont encore plus rares : quelques relevés à Oum Ghalouba. En 1959, ces relevés ont été faits très consciencieusement par le chef de poste, sergent Chiron, qui a recueilli 166 mm. A notre camp de l'Oued Haouach (piste de Fada), il est tombé 235 mm. Les pluviomètres que nous avons posés un peu partout dans

le Mortcha se sont révélés de capacité insuffisante et ont tous débordé (plus de 150 mm), celui du Chili a été volé.

A Fada, la pluie maximale journalière aurait été observée en août 1917 avec 73,3 mm. Le maximum 1957 n'était que de 28,9 mm. En 1958, de 39,2 mm (les 134,4 mm de l'année se répartissent sur 9 jours de pluie). En 1959, le maximum a été de 51,8 mm le 12 août.

Les averses de plus de 30 mm ne sont pas rares : 37,9 mm le 26 juillet 1958 et 32,5 mm le 14 août 1959 à la station de Bachikele. Il est probable que des averses plus intenses sont tombées à l'intérieur du Massif. Dans le Mortcha, nous avons enregistré une averse simple de 56,2 mm le 30 juillet 1959 et une averse complexe de 36,8 mm le 20 août.

Toutes ces pluies sont de type soudano-sahélien et proviennent de lignes de grains se déplaçant d'Est en Ouest. Chaque tornade est généralement précédée d'un vent d'Ouest peu rapide, suivi d'un calme plat puis d'un vent d'Est violent qui commence à souffler quand tombent les premières gouttes. Il peut néanmoins se faire que ces phases de vent fassent partiellement ou totalement défaut. Notons enfin que le vent de sable (secteurs Nord ou Est) est courant en saison sèche et au début de la saison des pluies.

La température est maximale au mois de juin, juste avant les pluies. Le maximum annuel peut dépasser 45° C. à Fada. Ces températures élevées vont de pair avec une sécheresse prononcée : humidité relative nettement inférieure à 20 et même 15 % dans l'après-midi.

L'arrivée de la saison des pluies provoque en juillet et surtout en août un fort abaissement des températures ainsi qu'un relèvement important du taux d'humidité. Cet effet est évidemment d'autant plus sensible que l'année est plus pluvieuse. On observe en septembre un léger accroissement de la température qui va ensuite en diminuant pour atteindre son minimum en janvier : 29° C. de température moyenne avec des valeurs absolues pouvant être inférieures à 5° C. (Fada).

Dans le Massif, surtout sur les Hautes plaines, les températures sont bien inférieures, surtout la nuit et pendant l'hiver boréal : gel fréquent.

Dans le Mortcha, les températures maximales sont sensiblement les mêmes qu'à Fada ; les minima sont moins prononcés mais les nuits restent fraîches, sauf lorsque le ciel se couvre en fin d'après-midi après une journée chaude.

Hydrologie.

Nous avons esquissé plus haut les réseaux hydrographiques de l'Ennedi et du Mortcha, signalant en particulier que, s'il existe bien une liaison entre les oueds du Massif (versant nord) et le bassin de la Saala, les apports correspondants sont extrêmement faibles, selon toute probabilité, en année normale. Les eaux du Massif parvenant à la bordure sud s'évaporent en grande partie dans les mares ou s'infiltrent dans les nappes de piedmont. Tous les oueds du Massif ne coulent pas chaque année sur toute leur longueur ; d'autre part, l'écoulement d'une fraction non négligeable du réseau est à jamais perdu pour la plaine par endoréisme local, même en année exceptionnellement pluvieuse.

Les mesures précises de débits sont difficiles en raison surtout de la nature fugace des crues et de la lenteur des déplacements (chameaux). Les campagnes hydrologiques sont forcément incomplètes sous peine d'être très onéreuses. Nous avons adopté le principe d'une équipe fixe chargée de l'étude des coefficients de ruissellement sur un bassin déterminé de taille réduite (5 à 20 km²) : cette étude va de pair avec celle des crues par la méthode analytique (hydrogramme unitaire). De plus, une équipe mobile parcourt le terrain et fait le maximum d'observations ; c'est elle, en particulier, qui est chargée de l'estimation a posteriori des crues par relevé des délaissés.

On a pu mettre ainsi en évidence, pour les fortes averses, des coefficients de ruissellement (1) de crues compris entre 30 et 50 % et très exceptionnellement 60 % dans le cas d'averses multiples. Les débits spécifiques de crues sont très élevés ; c'est ainsi qu'en 1958, année pluvieuse, on a pu observer :

7500 l/s/km ² à Kourien Doulien	(8 km ²)
6000 l/s/km ² à Bachikele	(19 km ²)
1750 l/s/km ² à l'aval des gorges de Maya	(160 km ²)
460 l/s/km ² sur l'Oued Oroue	(580 km ²)

Les oueds du Mortcha ne coulent pas non plus obligatoirement chaque année. Il est rare toutefois qu'on n'observe pas au moins des écoulements partiels. En année particulièrement favorable comme c'était le cas en 1959, un oued peut couler pendant près d'un mois sans discontinuer.

(1) On appelle coefficient de ruissellement d'une crue le rapport $V_r \cdot V_p$ du volume ruisselé au volume total de la précipitation sur le bassin.

Le Chili paraît donner les écoulements les plus abondants. Ses crues sont subites, les vitesses relativement élevées. L'Haouach doit à son bassin de grande superficie et à son cours très étiré un régime beaucoup plus régulier ; la montée de l'eau est rapide mais le niveau peut se maintenir pratiquement constant pendant très longtemps : une semaine ou plus. La faible pente du profil en long ne permet pas des vitesses élevées. La régularisation due aux nombreux champs d'épandage et à l'allongement du bassin est telle que les débits spécifiques de crues sont extrêmement faibles ; guère plus de 0,5 l/s/km² pour 6000 km² environ. En 1959, le volume écoulé au droit de la piste de Fada a été de 2.800.000 m³.

La recherche des eaux souterraines dans le Mortcha posent aux hydrogéologues des problèmes ardu. Le terrain ne se prête pas à l'existence de nappes extensives. Seules quelques poches alluvionnaires sont susceptibles d'être exploitées. On n'en a pas encore trouvée entre Oum-Chalouba et le puits de l'Ouadi N'Dou, soit 200 km environ sans une goutte d'eau pendant la saison sèche. Des recherches actives ont été entreprises au moyen de méthodes modernes sous l'égide de Monsieur Barreau (Fort-Lamy). Espérons qu'elles aboutiront.

Dans le Massif lui-même, le problème n'est pas simple. Les sables sont en général très argileux, d'allure tixotropique, ou trop fins. Nous avons pu vérifier à plusieurs reprises que l'inféoflux, dans le lit même des oueds, est pratiquement inexistant. Les puits doivent, pour être alimentés correctement, recouper des couches de matériaux plus grossiers et jusqu'à présent, seule, la tradition fixe les emplacements favorables. Un inventaire complet de toutes les ressources en eau actuellement disponibles en saison sèche serait le préalable indispensable de toute recherche ultérieure fructueuse.

M. ROCHE,

*Ingénieur hydrologue
à l'Office de la Recherche scientifique
de la France d'Outre-Mer*

DOCUMENTATION

BULLETIN

MS
ANALYSE

de

Liaison Saharienne

cf page 41



U.R.S.T.O.M.
HYDROLOGIE
DOCUMENTATION

70399

U.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 33236, ex 1

Cote : B