

ETUDES HYDROLOGIQUES EN T.F.A.I.

Située par 42° de longitude Est et 12° de latitude Nord, le Territoire Français des Afars et des Issas appartient à l'effondrement Afar. C'est là un lieu commun qui essaie de masquer l'ignorance où nous sommes des mécanismes de ces effondrements. Nous essaierons d'y revenir ultérieurement.

L'indice d'aridité de Martonne, qui est de

3,23 à Djibouti et 4,2 à Dikhil, montre clairement, si toutefois quelqu'un en eût douté, que nous sommes bien en pays aride.

Les précipitations sont caractérisées par leur irrégularité et, grâce à un important effort d'information météorologique, nous possédons à l'heure actuelle quelques données.

	Période de références	Hauteur de pluie (mm), moyenne annuelle	Nombre de jours de pluie, moyenne annuelle	Observations
Djibouti	1901-1945	129	16	Max. 224 mm Min. 25 mm
Ali-Sabieh	1947-1952	160	28	
Dikhil	1947-1952	163	23	
Dorra	1948 et 1949	190	—	
Tadjoura	8 ans	202	—	
Obock	1947-1951	67	10	

Ainsi, à Djibouti, les mois d'avril et de décembre seraient les plus arrosés ; le mois de juin est le plus sec. Dans l'intérieur, à Dikhil, les mois pluvieux seraient juillet-août et septembre ; le mois de février est le plus sec.

Signalons, cependant, l'existence de microclimats liés, à notre avis, à des particularités de la morphologie des reliefs et traduisant des effets de foehn. C'est peut-être le cas de Randa et sûrement du Day.

Il convient ici d'ouvrir une parenthèse à propos de la forêt du Day. L'air chaud et humide venant du golfe suit les vallées du Gouda et s'élève le long du versant sud du Day, où le refroidissement par détente provoque une abondante nébulosité et d'épais brouillards. Cet air descend sur le versant nord, où l'atmosphère devient plus claire. C'est ce que l'on observe dans la région de Dorra.

Du point de vue thermodynamique, sur le

versant sud, l'air saturé se refroidit par détente au taux de 0,5° C par 100 mètres ; sur le versant nord, le même air, débarrassé de vapeur d'eau et desséché par compression descendante, se réchauffe au taux adiabatique de 1° C par 100 mètres, ce qui explique, par ailleurs, les températures élevées et la clarté relative des ciels de la région de Dorra.

L'existence de la forêt du Day est due à ce phénomène. Les épiphytes accrochés aux branches des grands genévriers captent l'humidité atmosphérique, condensent les brouillards qui chutent ainsi sur le sol et réalisent un auto-arrosage des plantes.

Il s'agit bien d'une « forêt de nuages », telle que celle du Kilimandjaro. Ainsi, cette forêt n'est sans doute pas alimentée par des précipitations plus abondantes, mais par les nuages eux-mêmes, tout au moins dans le cadre du climat actuel.

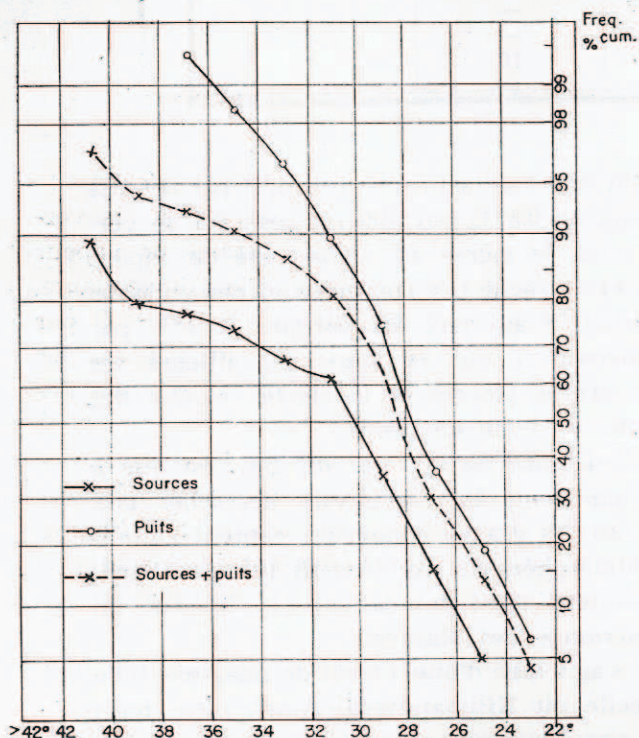
CARACTÈRES GÉOLOGIQUES ET MORPHOLOGIE SOMMAIRES

La majeure partie du Territoire est composée d'un complexe de plateaux et de chaînes volcaniques séparées par des fossés d'effondrement à remplissage fluviatile ou lacustre.

Le Jurassique et le Crétacé sont les terrains sédimentaires les plus anciens connus sur le Territoire. Ils affleurent seulement dans la région d'Ali-Sabieh où ils sont représentés par des calcaires, des marnes, puis des grès. L'ensemble forme un dôme, au sein d'une boutonnière volcanique décrit par Dreyfus.

Signalons pour mémoire le pointement gréseux de Garbes.

Les formations volcaniques sont généralement puissantes et très faillées dans le Nord du territoire, où les basaltes de plateaux (Day) surmontent généralement en discordance des roches rhyolitiques (ignimbrites, cinérites) aux teintes vives.



Du point de vue morphologique, deux caractères essentiels sont à noter : l'endoréisme et la surimposition du réseau hydrographique.

Ces deux critères permettent de penser à une jeunesse relative de l'ensemble structural.

LE PROBLÈME

DES EAUX SOUTERRAINES

Il peut être abordé de plusieurs manières :

— directement, par des sondages d'études nombreux et des mesures systématiques couvrant tout le territoire. C'est là une méthode efficace, mais longue et très coûteuse ;

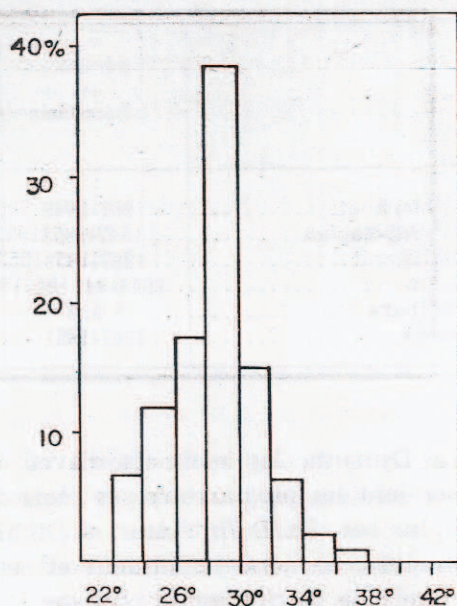


FIG. 1. — Température des eaux des puits.

— indirectement, par déduction des données rapidement accessibles que sont, par exemple, la température, la géochimie des eaux et la géomorphologie.

Les températures des eaux.

La température des eaux souterraines est une variable aléatoire. Elle est, en effet, influencée par un grand nombre de facteurs : altitude, relief, exposition, nature de la roche, couleur de la roche, degré géothermique, tectonique, etc., toutes causes que nous ne pouvons

contrôler. Les mesures concernant 130 points d'eau ont permis d'en effectuer une étude statistique ;

— l'histogramme des fréquences de température des puits révèle une distribution légèrement asymétrique avec un mode très net correspondant à la classe 28°-30° (fig. 1, p. 8) ;

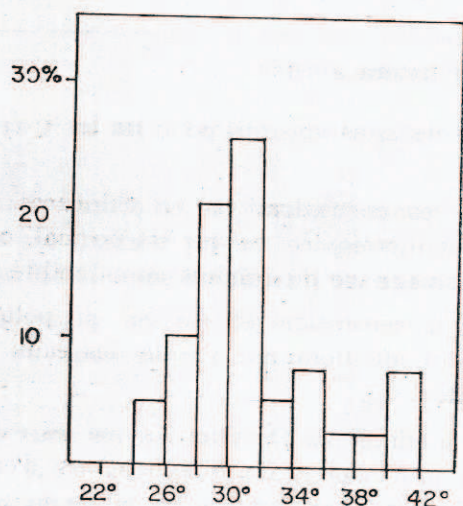


FIG. 2. — Température des eaux des sources.

— l'histogramme des fréquences de température des sources montre une distribution à tendance bimodale avec un premier mode correspondant à la classe 30°-32° et une ébauche de deuxième mode pour les valeurs supérieures à 40° (fig. 2 ci-dessus).

Conclusions relatives aux températures des puits.

L'examen d'un graphique de Gauss met en évidence une distribution sensiblement normale des températures des eaux de puits (mode, moyenne et médiane différent peu).

Dans 95 cas sur 100, la température de l'eau des puits sera comprise entre 25° et 29,5°.

En fait, les puits utilisés captent généralement les sous-écoulements des alluvions d'oued, le remplissage alluvionnaire formé de sables et galets se prête bien à leur creusement.

Conclusions relatives aux températures des sources et résurgences.

La distribution bimodale met ici en évidence un phénomène intéressant :

a) Les températures de 25° à 31° indiquent, par comparaison avec les températures des puits, qu'il s'agit soit de résurgences d'écoulements sous-alluvionnaires ou bien d'eaux infiltrées n'ayant effectué qu'un court trajet souterrain ;

b) De 31° à 40°, la dispersion est très grande ;

c) Une nouvelle catégorie apparaît au-dessus de 40-41°.

Conclusions générales.

L'étude comparée, grâce à l'analyse statistique des eaux de source et de puits, met en évidence l'existence d'une circulation en profondeur et nettement distincte des sous-écoulements dans les alluvions d'oued.

Ainsi, un premier pas est franchi, montrant qu'il n'est pas absurde, *a priori*, de rechercher des eaux profondes dans les formations en place. Toutefois, l'étude des températures ne permet guère d'aller plus loin. En effet, on pouvait se demander si les eaux de sources chaudes étaient liées à des phénomènes de thermalisme local ou bien s'il s'agissait d'eaux souterraines vadoses, réchauffées au moment de leur infiltration par contact avec les basaltes surchauffés par le soleil. On remarquera que les terrains basaltiques constituent de magnifiques corps noirs capables d'emmagasiner la chaleur solaire pour la restituer, le moment venu, aux eaux d'infiltration. L'étude géochimique des eaux pouvait permettre d'envisager un pas supplémentaire.

La géochimie des eaux.

Comme méthode de comparaison, nous avons utilisé les diagrammes semi-logarithmiques Schoeller. Disons, sans entrer dans le détail, que les caractéristiques chimiques d'une eau sont évoquées par une ligne brisée mettant immédiatement en évidence ses particularités propres. La comparaison des analyses entre elles s'effectue par le truchement de rapports caractéristiques ; nous ne donnerons que les conclusions principales de l'étude.

a) Les eaux d'une même région géographique ont des caractéristiques chimiques identiques.

b) Les eaux de sous-écoulement du Hanleh et principalement du Gobad sont marquées par les faciès d'évaporation de ces cuvettes. L'infiltration des eaux de crue est douce dans une mince lame sous le lit actuel, mais, très rapidement en profondeur, elles s'enrichissent en sels par dissolution.

c) Les eaux circulant au contact des basaltes inférieurs riches en zéolithes s'enrichissent rapidement en sels de magnésie et deviennent très vite impropres à la consommation.

d) Les eaux des grès d'Ali-Sabieh, ainsi que celles d'Assamo qui stagnent trop près de la surface du sol, sont enrichies en sels par évaporation.

e) Les eaux de sous-écoulement d'oued à alluvions purement basaltiques sont généralement très douces, ainsi que celles des basaltes sub-récents. C'est le cas de Djibouti et Dorra.

f) Les eaux très chaudes (90° à 100°) d'As Bahaltou ont un faciès très particulier. Elles sont anormalement pauvres en magnésium, mais riches en sulfates et chlorures de sodium. Leur origine magmatique est très discutable, mais elles sont tributaires du volcanisme.

g) Les eaux de Daggirou, Galafi, Addara, Adela, etc., ont des caractères voisins de celles d'As Bahaltou, mais leur température laisse penser à des eaux contaminées par un thermalisme décadent ou ancien, plutôt qu'à une origine thermique franche ;

h) Les eaux de la dépression d'Hallol à Assal présentent une très nette dispersion des compositions chimiques.

LE LAC ASSAL

Il convient d'ouvrir ici une parenthèse sur le problème de la géochimie des eaux du lac Assal.

D'excellentes descriptions et hypothèses nous sont fournies par Degoutin (1922) et surtout Dreyfus (1931).

Nous examinerons simplement les données de la géochimie des eaux, en comparant l'analyse récente que nous avons effectuée avec,

d'une part, l'eau de mer et, d'autre part, différentes saumures, telles que la Mer Morte et les eaux de fond de la Mer Rouge prélevées par le vaisseau océanographique « Discovery ».

Les solutions étant très concentrées, les valeurs des différents éléments ci-dessous sont données en milligrammes par kilo de solution, soit en « parts par million » (P.P.m.) [tableau].

On notera ainsi :

— des densités voisines pour les trois saumures ;

— des concentrations en chlorures sensiblement identiques : ce qui est normal, car on est au voisinage du produit de solubilité ;

— la concentration élevée en potassium sensiblement identique à celle des eaux de la Mer Morte.

Il a été admis par Dreyfus que les eaux du lac Assal provenaient d'infiltrations d'eau de mer du Goubet Kharab à travers la masse basaltique fissurée qui les sépare. Ces eaux, reprises par évaporation dans le lac, se concentrent et on arriverait ainsi, par suite de la diminution des apports continentaux, à un état d'équilibre où l'eau de mer parvenant au lac compenserait les pertes par évaporation.

Ainsi, le lac Assal ne serait qu'un vaste marais salant, les différents sels précipitant lorsque leur produit de solubilité est atteint.

Il semble cependant que le phénomène est plus complexe.

En effet, si nous utilisons le bore comme traceur, on remarque que l'eau d'Assal est à peine 14 fois plus concentrée que l'eau de mer.

Les sels de bore étant très solubles, on pourrait penser ainsi que les apports en eau de mer n'ont fourni que 14 fois le volume du lac : compte tenu de l'évaporation, cela nous amènerait à calculer un âge de quelques dizaines d'années seulement pour le lac actuel, ce qui est impossible.

Nous sommes donc amenés à admettre que si le lac Assal reçoit bien des eaux en provenance de la mer, il reçoit certainement des

apports occultes d'eau douce sous sa surface actuelle : les apports du ruissellement du bassin versant n'étant pas suffisant pour expliquer le déficit en bore.

Le lac Assal pose d'ailleurs d'autres pro-

blèmes. Nous essaierons d'y revenir ultérieurement.
(à suivre)

Pierre POUCHAN,
Professeur au Centre d'Hydrogéologie-Géochimie
de la Faculté des Sciences de l'Université
de Bordeaux.

ANALYSES

	EAU DE MER	LAC ASSAL	MER ROUGE	MER MORTE
Densité	1,026	1,204	1,196	1,23
CO ₃ H	142	109		
SO ₄	2560	2360		
Cl	18980	166000	950	384
Ca	400	2100	163000	173500
Mg	1272	10100	5037	13800
Na	10560	84000	790	33200
K	380	5320	87400	31900
F	1,4	15,8	3000	5940
Br	65	475	ind.	
I	0,05	0,117	69	4170
B	4,6	63,5	ind.	
Cu	0,001 à 0,09	0,0483	10,8	18
Sio ₃	10,5	15,1	0,835	0,2
Mn	0,001 à 0,04	3,62	71,6	3,27

NOTA. — Les concentrations sont données en « parts par million » (p.p.m.).