

SALINITE DES EAUX DU LAC TCHAD

(Interprétation des résultats par
M. André BOUGARDEAU)

I/- MESURES EFFECTUEES par M. GUICHARD -

En Mars et Avril 1957, des prélèvements d'eau ont été faits sur tout le Lac TCHAD, aux emplacements indiqués sur la carte ci-jointe, par M. GUICHARD. Ces prélèvements ont été exécutés en même temps que les relevés du fond par ultra-sons, voir plus haut.

Les échantillons ont été recueillis dans des flacons en verre, et nous supposons qu'ils n'ont pas été altérés.

Au laboratoire, à FORT-LAMY, M. GUICHARD a mesuré la conductibilité au conductimètre de Philipps, à la température de 25° (GM 4249/OI avec cellule de mesure GM 4221/OI).

Les échantillons subiront ensuite à PARIS une analyse chimique.

II/- PREMIERS RESULTATS des MESURES -

- a) Conductivité :

On observe une croissance continue de la conductivité du Sud au Nord. Les courbes d'égale conductivité sont grossièrement concentriques au delta du CHARI.

La plus faible valeur, dans le CHARI, est de 0,067 m Ω /cm, la plus forte dans le voisinage de N°GUIGMI (0,85 m Ω /cm).

- b) Concentration - Relation entre conductivité et concentration (Tableau I) :

D'une manière générale, la conductivité d'une solution salée croît avec la concentration. Cette croissance est moins rapide à mesure que la concentration augmente. Il y a même, pour certains sels, un seuil de conductivité pour une concentration donnée, et, ensuite, une décroissance jusqu'à la saturation (Cas de SO⁴ Zn).

Pour le natron qui est constitué, en grande partie de bicarbonate de soude, ce maximum ne semble pas exister.

Les mesures effectuées sur une solution de natron de concentration variant de 62 % à 0,03 % ont montré que, pour les solutions prélevées dans le lac, la concentration en gramme par litre était la moitié de la conductivité en m μ /cm.

L'analyse précise des eaux du Lac montrera si nous avons affaire à un sel identique au natron dans les ouadis du Nord. En attendant, nous faisons l'hypothèse qu'ils sont semblables et que la loi de proportionnalité est bien valable.

A partir de la carte des conductibilités, nous avons ainsi établi une carte des concentrations.

Les égales concentrations se répartissent suivant des courbes concentriques au delta du GHARI - (Voir carte I).

III/- REPARTITION THEORIQUE des CONCENTRATIONS -

Posons le problème général suivant :

- Un cours d'eau légèrement salé se jette dans un Lac où l'évaporation est forte - quelle sera la répartition théorique des concentrations lorsque le débit est constant et le régime permanent établi.
- Si on admet également qu'il n'y a pas brassages et mélanges des eaux, on conçoit que la concentration augmentera progressivement à mesure que l'on s'éloignera du delta ; en effet, l'évaporation soustrait de l'eau douce et augmente d'autant la concentration.

Le régime permanent implique qu'il y a perte de sel : en effet, la concentration ne saurait rester semblable en tous points sans cette condition, le cours d'eau apportant un débit constant de sel. Cette perte peut avoir lieu de deux manières différentes :

- a) Cristallisation et dépôt du sel dans la partie du Lac dont les eaux sont arrivées à saturation.
- b) Perte des eaux concentrées par filtration, ce qui revient au même que dans le cas précédent, le phénomène de saturation et de cristallisation se produisant souterrainement au lieu de se produire à l'air libre.

En partant de ces données, il est facile de résoudre mathématiquement le problème.

Imaginons un des courants rayonnant à partir du delta. Au départ du fleuve, le courant aura un débit Q_0 et une concentration C_0 . A travers la section P, le débit est Q et la concentration C . S est la surface occupée par le courant entre le delta et P. La perte d'eau par évaporation s'exprime par la relation :

$$Q = Q_0 - Ks \quad (1)$$

K étant une constante facile à déterminer.

La constance en chaque point de la concentration implique que le courant n'a ni perdu ni gagné de sel entre le delta et le point P, ce qui s'exprime par :

$$QC = Q_0 C_0 \quad (2)$$

On trouve en éliminant Q entre (1) et (2) :

$$\boxed{\frac{C_0}{C} = 1 - \frac{Ks}{Q_0}} \quad (3)$$

Cette relation est valable pour tout le faisceau de courant rayonnant du delta, S est alors la surface comprise entre le delta et la courbe de concentration C .

On voit donc que, théoriquement, l'inverse de la concentration est une fonction linéaire de la surface.

Nous avons déjà dit qu'il devait obligatoirement se trouver une zone où il y avait saturation et dépôt de sel - soit S_s la surface théorique nécessaire pour arriver à saturation. Elle sera obtenue pour la concentration C_s . Pratiquement, pour le CHARI, les concentrations de départ sont très faibles (0,04 pour 1000) alors que la saturation se produit pour une concentration de 203 pour 1000. Le rapport $\frac{C_0}{C}$ est alors égal à :

$$2 \times 10^{-4}, \text{ donc pratiquement nul devant } 1.$$

On a donc pratiquement :

$$Ss = \frac{Q_0}{K}$$

Comme nous l'avons signalé, il y a deux cas possibles :

- a) S_2 est inférieur à la surface du Lac S_1 :

On a alors une partie de la surface saturée (ce qui ne l'empêche d'ailleurs pas d'évaporer) et le reste du Lac, de concentration croissante à partir du delta jusqu'à la zone saturée.

- b) S_2 est supérieur à la surface du Lac S_1 :

Dans ce cas, il y a nécessairement des pertes par filtration qui sont égales à $K (S_2 - S_1)$, ou, si l'on préfère :

$$Q_0 \frac{(S_2 - S_1)}{S_2}$$

Dans les deux cas, l'évaporation (diminuée des pluies qui agissent au contraire par un apport d'eau douce) est égale à K .

L'étude des concentrations permet donc d'atteindre à la fois l'infiltration et l'évaporation, deux éléments que nous n'avions pas pu séparer dans notre bilan du Lac.

IV/- ACCORD des RESULTATS avec la THEORIE PRECEDENTE :

L'accord avec cette théorie est tout-à-fait remarquable à condition de traiter séparément les parties Sud et Nord du Lac. (Voir tableau 2 et graphique n° 2).

La partie Sud est alimentée par le CHARI avec une concentration initiale de 0,04 pour 1000.

La surface théorique de saturation est de 17.000 km², alors que la surface des eaux est de 13.610 km² (déduction faite des îles émergentes).

Il y a donc une perte par infiltration égale à :

$$\frac{17.000 - 13.610}{17.000} = 19,8 \% \text{ du débit alimentant le Lac Sud.}$$

La partie Nord est alimentée à partir de la barrière avec une concentration initiale de 0,10 %. La surface théorique de saturation est de 12.000 Km², alors que la surface des eaux est de 9.790 Km².

La perte par infiltration représente :

$$\frac{12.000 - 9.790}{12.000} = 18,4 \%$$

du débit alimentant le Lac Nord.

Les proportions étant les mêmes au Nord et au Sud, on peut admettre que le débit moyen d'infiltration en 1955 et 1956 était, au total, de 270 m³/s pour l'ensemble du Lac (avec Q₀ = 1470 m³/s).

Quant à l'évaporation diminuée des pluies, elle aurait été de :

$$\frac{V_m}{St} = \frac{45,6 \times 10^9}{29 \times 10^9} = 1,570 \text{ m}$$

soit en tenant compte des pluies : (0,43 m en 1956) une évaporation de 2,00 m.

Cette valeur est beaucoup plus modeste que celle que nous avons estimée, mais n'oublions pas que dans la précédente évaluation, il n'avait pas été tenu compte de la filtration qui était incluse dans la hauteur totale perdue.

Notons, cependant, que ce que nous appelons "filtration" comprend aussi l'alimentation des bras (type Bahr EL GHAZAL) et des ouadis que les eaux ont remplis en 1955 à la faveur de la crue exceptionnelle. Le régime permanent théorique n'était donc sans doute pas tout-à-fait réalisé. Il sera intéressant de reprendre les mêmes mesures au cours de la décrue actuelle, ce qui devrait nous donner des résultats pèchant au contraire par excès en ce qui concerne l'évaporation, et, par défaut, en ce qui concerne les infiltrations.

T A B L E A U I

SOLUTION de NATRON à 25°

Concentration en ‰	Conductibilité en mΩ/cm	Rapport concentration conductibilité
0,0307	0,067	0,46
0,043	0,095	0,45
0,058	0,12	0,48
0,092	0,188	0,49
0,21	0,42	0,50
0,40	0,77	0,52
0,92	1,68	0,55
2,22	3,66	0,61
4,45	6,49	0,69
8,90	12,40	0,72
62,3	54,9	1,13
203 (1)	100 (1)	2,03 (1)

SOLUTION de CO³ Na² à 25°

Concentration en ‰	Conductibilité en mΩ/cm	Rapport concentration conductibilité
50	41	1,22
100	64	1,56
150	76	1,97

(1) Saturation

T A B L E A U 2

C en g/lit.	$\frac{I}{C}$ inverse	Surface totale correspondante	Surfaces évaporantes	
			Surface Nord	Surface Sud
0,040	25	290		290
0,045	22,2	2.590		2.590
0,050	20,0	4.230		4.230
0,070	14,2	7.410		7.410
0,090	11,2	9.560		9.560
0,100	10,0	10.660	0	10.660
0,120	8,3	13.260	1.425	11.835
0,130	7,7	14.860	2.650	12.210
0,150	6,65	16.760	3.995	12.765
0,200	5,00	19.260	6.050	13.210
0,240	4,15	20.860	7.050	13.810
0,280	3,56	21.940	8.130	13.810
0,400	2,50	22.960	9.150	13.810
Total		23.600	9.790	13.810

Surface nécessaire pour saturation :

NORD : 12.000 = $S_c \times 1,22$

SUD : 17.000 = $S_c \times 1,23$

Bouchardeau André

Salinité des eaux du lac Tchad (Interprétation des résultats)

Paris : ORSTOM, 1957, 7 p.