

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE & TECHNIQUE

OUTRE - MER

COMMISSION SCIENTIFIQUE DU LOGONE ET DU TCHAD

SECTION PEDOLOGIE

EAUX DU LAC TCHAD

ET MARES PERMANENTES AU NORD D'IRA

---

MINISTÈRE DE LA FRANCE D'OUTRE MER

-----

COMMISSION SCIENTIFIQUE DU LOGONE ET DU TCHAD

-----

EAUX DU LAC TCHAD

ET MARES PERMANENTES AU NORD D'IRA

-----

par E. GUICHARD,  
chargé de recherches

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER

47, Boulevard des Invalides - PARIS ( 7<sup>e</sup> )

## P R E A M B U L E

---

Au cours des campagnes 1955 et 1956, nous avons fait avec Monsieur PIAS, l'étude pédologique du pourtour du lac TCHAD depuis l'embouchure du Chari jusqu'à 50 kms environ à l'ouest de BOL.

Au cours de ces tournées, nous avons, entre autres, prélevé un certain nombre d'échantillons d'eau dans les bras du lac, dans les eaux superficielles des ouadis, dans les puits etc....

Il a paru intéressant à la commission LOGONE-TCHAD de poursuivre ces études en demandant les deux prospections suivantes :

- 1<sup>o</sup>- prélèvements d'eau dans le lac ;
- 2<sup>o</sup>- prélèvements d'eau dans les mares permanentes au Nord d'Ira.

Nous avons donc réalisé cette partie du programme du 19 mai 1957 au 5 juin 1957, grâce à la collaboration de la section hydrologique et en particulier de l'équipe de BOL en sillonnant le lac en pinasse. J'ai fait des prélèvements suivant des itinéraires choisis de manière à avoir une vue d'ensemble du lac, en surface et en profondeur. En même temps, les hydrologues faisaient un premier relevé des fonds avec leur sondeur ultra-son.

J'ai visité plus tard ( du 5 juillet au 11 juillet 1957), un certain nombre de mares au Nord d'Ira et j'ai, prélevé dans quelques puits, dans les mares au bord et au milieu, en surface et parfois en profondeur.

Vers le début novembre, j'ai mesuré au laboratoire la conductivité sur tous ces échantillons, mais je suis obligé d'admettre certaines hypothèses, car je ne peux pas faire ici l'analyse spectrographique et chimique des sels en solution. Cette analyse doit être effectuée ultérieurement à BONDY.

Après quoi Monsieur AUBERT terminera ce travail par un autre rapport.

Nous remercions le service de l'I.G.N. qui nous a dessiné une carte au 1/500.000 du lac et une carte au 1/100.000 des mares d'Ira.

## Chapitre I

### LES EAUX DU LAC

- - - - -

#### - INTRODUCTION -

Le lac Tchad est une cuvette d'environ 22.000 Km<sup>2</sup> (cf photos aériennes 1950-51), située entre 12°30' et 14°30' Nord, à 100 Kms vers le N.W. de Fort-Lamy.

Elle ne forme pas une unité aux contours réguliers. Le général TILHO dès ses premières prospections de 1904 avait noté l'existence d'une "grande barrière" allant de Baga Kaoua à Bagasola et partageant le lac en deux (référence bibliographique n° I). On a cherché un seuil à ce niveau et certains navigateurs en parlent. Au point de vue conductivité, il ne semble pas y avoir une coupure nette.

La côte n'a une allure rectiligne que dans la partie S.W. La côte sud est marécageuse, tandis que les côtes EST et NORD sont dentelées et se prolongent profondément dans le lac par des dunes sableuses qui constituent la zone des îlots bancs ou Archipel.

Les eaux libres forment trois bassins : au Nord de l'embouchure du Chari, la poche de Oulko, les eaux libres du Nord-Ouest de Baga-Kaoua à Nguigni.

Dans ces eaux libres, les mouvements d'eau sont plus amples et plus profonds et le brassage des matières organiques et des alluvions donnent une eau plus trouble que dans la zone des îlots bancs, et modifie la sédimentation.

Les îlots bancs sont, suivant leur degré d'exondaison, recouverts d'une végétation arbustive, de roseaux ou herbacée.

Il existe également des îlots mouvants de papyrus qui circulent dans les eaux libres ou bloquent les passes et les anses des bras.

Le lac reçoit une seule rivière importante, le Chari, de débit moyen : 1207 m<sup>3</sup>/s (à Fort Lamy), soit un apport de 40 milliards de m<sup>3</sup>/an.

La Komadougou qui limite l'A.O.F. et la Nigéria aux abords du lac ne coule qu'une partie de l'année, octobre-novembre : débit maximum 10 m<sup>3</sup>/s.

De Oulko à l'embouchure du Chari se jettent successivement le Bahr el Beïd, le Serbéouel, le Taf-Taf ; mais tous trois proviennent du Chari ou des eaux d'inondation du Chari-Logone.

.../...

Le débit maximum de l'el Beïd est de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  d'août à décembre.

Le volume d'eau annuel apporté par toutes ces petites rivières est de 1 million de  $\text{m}^3$  contre 40 milliards pour le Chari.

On peut donc considérer le Chari comme la seule source d'apport.

- En principe cette cuvette est fermée. Mais il existe un exutoire à la pointe EST et en années de fortes crues les eaux se déversent dans le sillon du Bahr el Ghazal. Celui-ci a commencé à couler récemment vers janvier 1956 et en 1957 venait jusqu'à 4 kms de MASSAKORY. Il est probable que les eaux vont disparaître rapidement, car la crue du Chari de 1957 a été moins forte que les précédentes.

D'après des renseignements obtenus dans nos campagnes précédentes, le Bahr aurait coulé il y a 70 ans, jusqu'au moins à MOUSSORO.

Si l'on se place donc à une échelle où les intervalles de temps sont relativement grands (50 ans par exemple) le niveau du lac est en perpétuelle variation. A la crue, les eaux envahissent les ouadis, submergent les ilots et se déversent dans le Bahr el Ghazal.

- L'évaporation annuelle est d'environ 2 m/an.

- La pluviométrie moyenne de 40 cm/an.

Le niveau du lac est donc fonction de la pluviométrie, des apports du Chari, de l'évaporation et des "filtrations" (cf note BOUCHARDEAU, référ. biblio. n° 2). A l'époque de nos prélèvements, il était à la cote Im70 à l'échelle de BOL.

-----  
Remarque :

D'après note BOUCHARDEAU, les caractéristiques lors de crue maximum, sont :

débit du Chari :  $1470 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Volume d'apport du Chari : 45,6 milliards  $\text{m}^3/\text{an}$

Surface du lac :  $29.000 \text{ km}^2$

.../...

## - CONDUCTIVITE ET SALINITE -

LE CONDUCTIMETRE.-

Le "conductimètre" Philips 6 M 4249/OI (ou pont de mesure) est basé sur le principe du Pont de Wheastone. Grâce à l'"électrode" (ou cellule de mesure) GM 422I/OI il permet de mesurer la résistance et par calcul d'obtenir la conductibilité spécifique d'une solution, du fait que celle-ci laisse plus ou moins passer le courant électrique suivant son état d'ionisation.

RESISTIVITE ET TEMPERATURE, NATURE DES SOLS, CONCENTRATION :

1<sup>o</sup>) La résistivité d'une solution varie avec la température.

Les Américains et les Anglais ayant choisi 25°, pour leur mesure de conductivité, nous avons opéré également à cette température pour avoir des chiffres comparatifs.

2<sup>o</sup>) Pour une température donnée, et une concentration donnée, la résistivité varie avec la nature du sel =  $Co_3Na_2$ ,  $ClNa$ ,  $So_4Na_2$ ,  $Co_3K_2$  etc....

3<sup>o</sup>) Pour une température donnée, un sel ou un mélange de sel donné, la résistivité varie avec la concentration.

Voici un tableau de concentration en % de résistivité en ohm/cm pour une température de 18° (voir référence bibliographique n° 3)

Concentration	Résistivité			
	$So_4Cu_4$	$So_4Zn_4$	$Co_3Na_2$	$ClNa$
5	52,9	52,2	22,2	14,9
10	31,3	31,2	14,2	8,26
15	23,8	24,1	12	6,1
20		21,3		5,1
25		20,8		4,6 <del>7</del>
30		22,7		

## Remarques :

- noter le minimum 20,8 pour  $So_4Zn_4$ .
- la conductivité en milliohm/cm =  $\frac{10^3}{\text{résistivité}}$
- résistivité = résistance spécifique = résistance mesurée sur l'appareil, multipliée par constante de l'électrode.

.../...

CONDUCTIVITE ET CONCENTRATION .-

D'après le tableau précédent, l'on voit qu'il y a possibilité d'établir une courbe de la concentration en fonction de la conductivité.

J'ai pris une solution de "natron blanc" à 62,3 % , de conductivité 54,9, j'ai fait varier la concentration par dilutions successives de manière à avoir des valeurs de conductivité ( à 25°) analogues à celles du lac et des mares au Nord d'Ira.

J'obtiens une courbe qui en coordonnées logarithmiques et pour ce choix d'axes est une droite qui ne passe pas par l'origine et de pente voisine de  $L/I$  ( voir graphique).

L'équation de la droite est de la forme

$$\log y = \log K + n \log x, \text{ c'est à dire en coordonnées normales, une courbe de la forme } y = Kx^n$$

Les valeurs de la conductivité étudiées varient de 0,067 à 12,4 milliohm/cm

Les valeurs de la concentration " de 0,037 à 8,9 %.

CONDUCTIVITE, CONCENTRATION, NATURE DES SELS .-

D'après le graphique précédent, on voit qu'à une valeur de la conductivité correspond une valeur de la concentration ; donc il suffirait de comparer les conductivités pour comparer en même temps les salinités. Mais ceci n'est valable que pour un sel ou un mélange de sel donné. En ce qui concerne un mélange de sel, la conductivité dépend de la nature des sels et de leurs proportions dans le mélange.

Comme l'on ne sait pas à priori si en tout point les sels sont de même nature et en mêmes proportions, l'on ne peut pas comparer les conductivités entre elles.

HYPOTHESE .-

En ce qui concerne les eaux du lac, j'admets donc l'hypothèse suivante :

- 1°) les sels sont de même nature partout ;
- 2°) leurs proportions dans le mélange sont les mêmes partout.

Cette hypothèse ne pourra être contrôlée qu'à Bondy après analyses des sels. Si tous les points (conductivité se placent sur une même )concentration droite en coordonnées logarithmiques, l'hypothèse est valable.

Si les points forment plusieurs droites, à chaque droite correspond un mélange dont il faut déterminer la nature et les proportions.

.../...

- Les points qui ne sont pas situés sur des droites sont des points abhérents où le mélange a varié.
- Si les points sont répartis au hasard sur le graphique, il n'est pas possible de comparer entre elles les différentes valeurs de la conductivité.

## CONDUCTIVITE DES EAUX DU LAC

### CONDUCTIVITE DE SURFACE, ET DE PROFONDEUR .-

Les échantillons n'ont pas été prélevés en double partout pour une question d'encombrement.

Mais quand on compare un chiffre de surface avec un chiffre de profondeur au même lieu, la différence maximum est de 1 à 2/100, parfois de quelques millièmes, parfois nulle ; la plupart du temps celle-ci est négligeable devant la différence entre deux lieux distincts (voir tableau I, conductivité lac).

Nous avons ainsi 61 chiffres de conductivité qui nous donnent une idée assez précise de la salinité du lac.

Il en résulte immédiatement que la salinité ne varie pratiquement pas entre la surface et la profondeur. Ceci reste à démontrer pour les extrêmes bordures du lac dans les ouadis anciennement natronés, où, tout de suite après la remise en eau, la salinité doit être plus forte au fond qu'en surface.

### VARIATION GEOGRAPHIQUE DE LA CONDUCTIVITE .-

Le tableau indiqué précédemment nous montre que les chiffres varient régulièrement tout au long des itinéraires .

Par exemple des Nos 1 à 3 = conductivité décroissante  
3 à 8 = conductivité constante  
8 à 21 = conductivité croissante

La conductivité, de 0,067 m.ohm/cm dans le Chari à 10 kms du lac, varie dans le lac de 0,080 à 0,85, c'est à dire dans le rapport de 1 à 10.



COURBES D'EGALE SALINITE .-

Si l'on réunit entre eux les points de même salinité, on obtient des courbes d'égalité (cf carte du lac). L'on voit que ces courbes sont en général concentriques au delta du Chari ; sauf à partir du parallèle de Bossou où elles changent de courbure.

On s'aperçoit qu'il existe devant l'embouchure du Chari un bassin où la salinité ne varie pratiquement pas = chiffre de conductivité 0,084. Cela signifie que dans cette zone la diffusion des sels d'un point à un autre ne joue pas normalement ; c'est à dire que le milieu est homogène. Nous pouvons penser que c'est à cause du brassage des eaux dans cette zone d'eaux libres.

Au Sud du parallèle de Bossou, il y a également un bassin de forme triangulaire ; c'est aussi une zone d'eau libre, mais il est difficile de dire si la Komadougou y a une certaine influence.

Il est possible d'isoler le lac en deux bassins, la limite étant une courbe de 0,20 environ qui passe par la grande barrière. En première approximation on peut dire que tout point du bassin Sud-Est a une salinité plus faible que tout point du bassin situé au N-ouest de cette limite.

C'est une approximation, car si l'on s'éloigne suffisamment à l'intérieur des bras au Nord et à l'est du premier bassin, on risque de trouver des points qui ont peut-être une salinité supérieure à 0,20 .

Ultérieurement (décembre 1957) ; j'ai obtenu un point à 6 kms au N. de BOL et à 4 kms de la fin du lac où la conductivité est de 0,17.

Dans le Bahr el Ghazal à 4 kms de Massakory : 0,50 ; mais il est probable que dans ce cas, l'eau se soit salée en coulant sur des sols salés.

Monsieur BOUCHARDEAU a établi une carte des courbes de concentration à partir des chiffres de conductivité, en tablant sur le fait que, dans le lac, les concentrations sont sensiblement la moitié des conductivités. D'autre part, dans l'établissement de son graphique inverse de la concentration en fonction des surfaces, il obtient deux droites qui représentent l'une le bassin Sud, l'autre le bassin Nord et qui ont une pente différente.

Ces deux bassins sont différents du fait que le bassin Nord ne reçoit pas toutes les eaux et tout le sel du bassin Sud (réf. biblio. n° 2).

Le bassin Nord peut être considéré comme indépendant avec une origine de débit pouvant être calculée au niveau de la grande barrière, et une origine de conductivité de 0,20 environ.

.../...

SENS DES COURANTS VITESSE DE DIFFUSION .-

D'après l'allure des courbes, on peut en déduire l'allure des courants et la vitesse de ces courants, c'est-à-dire aussi la vitesse de diffusion.

Par exemple, deux courants issus du Chari et se dirigeant vers les points II et 2, les atteignent en même temps :

La vitesse du courant est plus forte vers II que vers 2.

Dans le bassin Nord, les courbes de conductivité 0,21 et 0,25 montrent que les courants sont rayonnants à partir d'une passe située à travers la grande barrière.

Au Nord du parallèle de Bosso, par le fait du changement de courbure, les courants divergent vers la côte ouest en direction de Nguigni, vers la côte N-Est en direction de Koulea.

DEPLACEMENT DES SELS.-

11-11-53

Reprenons la formule de Monsieur BOUCHARDEAU  $QC = Q_0C_0$ .

Elle signifie que le débit de sel qui traverse la surface de conductivité 0,92 par exemple, est le même que celui qui traverse la surface de conductivité 0,11 ; cela étant valable avec débit Chari, concentration initiale, évaporation, pluviométrie constants, pas de filtrations ou filtrations constantes.

C'est comme si nous avions un récipient contenant un certain volume d'eau du Chari qui se déplacerait du Chari à Nguigni; il voguerait de courbes de salinité en courbe de salinité ; le volume d'eau irait en diminuant d'où concentration croissante tout le long du parcours, mais la quantité de sel dans le récipient serait la même à l'arrivée qu'au départ.

Donc le sel se déplace du Sud vers le Nord et on devrait trouver un point où ce sel cristallise.

Mr BOUCHARDEAU a montré que, étant donné le débit du Chari, sa concentration initiale, la pluviométrie, l'évaporation, les surfaces occupées par les eaux, il n'y a pas dans le lac, de zone saturée.

Que deviennent ces sels qui devraient s'accumuler aux extrémités ?

.../...

OUADIS NATRONÉS, ACTION DE LA NAPPE .-

Il faut alors imaginer que les eaux du lac se prolongent par une nappe qui sert d'exutoire aux sels. L'origine de salinité de la nappe est la même que celle des eaux libres de bordure.

Cette nappe s'évapore dans les ouadis de bordure et les sels cristallisent à la surface de ces ouadis.

On a bien en effet, tout autour du lac une couronne d'ouadis natronés. Si le mécanisme est le même partout, les ouadis du Nord doivent être plus natronés que ceux du Sud.

Nous avons bien observé en effet que les ouadis vers Kouloudia par exemple sont moins natronés qu'à BOL.

Remarquons en passant que tout le sel qu'il y a dans ces ouadis natronés peut ne pas provenir obligatoirement que de la nappe :

Si à un moment donné un bras s'est trouvé coupé du lac par un barrage naturel de sable et que son eau est restée prisonnière, elle s'est évaporée sur place et le sel s'est déposé au fond. Cependant ce phénomène est peu probable, car j'imagine que si ces ouadis sont isolés et asséchés actuellement, c'est parce qu'ils sont plus hauts que le niveau du lac et le lac a emmené avec lui ces eaux en se retirant ; les barrages et les ensablements s'étant produits ultérieurement.

Pour appuyer cette idée de cristallisation à partir de la nappe, nous avons souvent fait les observations suivantes :

La partie supérieure de l'ouadi natroné est constituée d'une croûte sèche de sel, plus ou moins pulvérulente de 5 cm environ d'épaisseur et qui n'est pas en relation au point de vue capillarité avec le matériau sous-jacent. Celui-ci est une argile avec limon, toujours humide dont l'humidité augmente avec la profondeur. A une certaine profondeur (2 m. par exemple), on atteint la nappe en charge qui remonte immédiatement (à 1 m. par exemple).

On peut donc facilement imaginer une nappe en charge qui remonte par différence de niveau dans le 2ème mètre et par capillarité dans le 1er à travers les canaux même très fins de l'argile.

Il est évident que pour une nappe de débit, hauteur et de concentration constants, la quantité de sel qui cristallise à la surface de l'ouadi va en augmentant.

C'est ainsi que s'évacuent les sels du lac.

.../...

VARIATION DES COURBES DE SALINITE .-

Si les conditions : débit du Chari, concentration etc... restent constantes, les courbes de salinité ne se déplacent pas dans le temps.

En fait les conditions sont essentiellement variables surtout si l'on choisit un intervalle de temps suffisamment long.

Par exemple si le débit d'eau du Chari augmente, toutes les autres conditions restant constantes, les courbes se déplaceront vers le Nord = Inversement si le débit baisse les courbes se déplaceront vers le Sud.

Ceci pourrait être vérifié si l'on constate dans un ou deux ans une baisse du niveau du lac.

Le raisonnement est analogue en faisant varier les autres facteurs.

INFLUENCE DU DES ECHEMENT DE LA PARTIE DU LAC AU NORD DU PARALLELE DE BOSSO.-

Considérons les courbes de conductivité 0,19 - 0,27, 0,47.

La distance de la courbe 0,27 à la courbe 0,19 est sensiblement la même que celle de 0,27 à 0,47.

Or la différence  $0,27 - 0,19 = + 8$

et la différence  $0,47 - 0,27 = + 20$ .

L'accroissement de salinité au Nord du parallèle de Bossou est donc sensiblement le double qu'au Sud de ce parallèle.

Cette différence provient du fait qu'en 1908, cette partie s'est trouvée asséchée et le sel est resté sur place.

Puis après remise en eau, le sel s'est redissous puis a doublé la concentration initiale (réf. biblio n° I).

## Chapitre II

### M A R E S   A U   N O R D   D ' I R A

-----

#### SITUATION GEOGRAPHIQUE .-

Les mares permanentes au Nord d'IRA sont localisées à l'intérieur d'un triangle ayant pour côtés la droite d'IRA-Fouli-Koura, la route de Mao à partir d'Ira et au Nord un parallèle passant par l'ouadi Mombolo (voir carte des mares).

Quelques autres mares existent à l'extérieur de ce triangle, par exemple à droite de la route de MAO près d'Ira et au Nord du parallèle de Mombolo.

Mais c'est dans cette zone qu'elles sont le plus concentré et les plus caractéristiques.

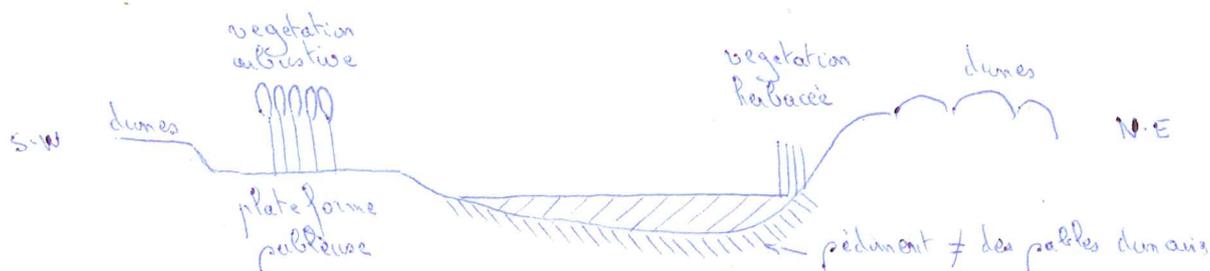
Si l'on considère comme limite Nord du lac dans cette région un parallèle situé à 11 kms au Nord de BOL, la distance Nord-Sud entre ce parallèle et la mare de Korrom (à la pointe Sud du triangle) est de 11 kms environ et la distance entre ce parallèle et l'ouadi Mombolo (le plus au Nord prélevé) est de 43 kms.

Les mares sont séparées du lac sur le côté S.w. par la couronne d'ouadis natronés qui entoure le lac au Nord et à l'est.

Certains ouadis anciennement natronés en 1950-51 situés dans la couronne ont été remis temporairement en eau lors de la crue du lac 55-56. Ils peuvent être considérés comme ne faisant pas partie des mares typiques.

Tous les ouadis à l'intérieur du triangle sont des mares contenant de 1 m. à 5 m. d'eau environ. Elles sont isolées les unes des autres par des dunes de sable et mesurent environ 1 km sur 1/2, et sont de forme allongée, dirigées N.w.-S.E. dans le même sens que les bras du lac.

Voici ce que l'on observe schématiquement en faisant une section à travers une mare dans le sens S.W.- N.E.



Le plus grand fond est du côté N.E.

La végétation herbacée est plutôt du côté N.E., le bord S.W. étant souvent abordable avec une kadeye.

Le relief dunaire est plus tourmenté au N.E., tandis qu'il s'étale au S.E. pour former une plateforme avec végétation arbustive dense.

#### VEGETATION .-

La végétation étudiée plus en détail dans le rapport pédologique sur le lac de la Commission se répartit d'une manière générale :

- sur les dunes : ( graminées ( cymbopogon  
) ( Hyparrhenia  
) Leptadenia spartium.

- plate forme à végétation arbustive :

( acacia sénégál  
) acacia tortilis  
( commiphora  
) hyphaene thebaïca (doun)  
( ficus  
) calotropis procera

parfois les douns forment une couronne tout autour de la mare

- dans l'eau :

( phragmites  
) juncus  
( cyperus

Cette végétation herbacée qui peut atteindre 2 m. au dessus de l'eau se présente de façon variable suivant les mares.

Tantôt absente, elle laisse la mare complètement dégagée. Parfois elle est en couronne sur les bords, laissant quelquefois un accès à la mare.

Parfois elle recouvre entièrement la mare.

### P E D O L O G I E .-

Je n'ai pas fait de prélèvements systématiques dans les sédiments du fond des mares, pour en tirer une conclusion.

A titre indicatif seulement, voici un prélèvement pour l'ouadi de Korrom, sous 1 m. d'eau :

A %	L %	SF%	Se%	CB <sup>3</sup> %	Mo%	C %	N%	C/N	Ph
20	40	32	4	25 (I)	3,8	2,2	0,17	13	10,8

C'est ce que nous avons appelé "croûte" lors de nos prospections qui se caractérise par beaucoup de sable fin et limon, de matière organique, de carbonates et bicarbonates et un ph élevé.

A posteriori, il aurait été intéressant de prélever dans toutes les mares pour savoir si les sédiments sont partout de même nature que le précédent, car celui-ci est un matériel perméable qui permet la remontée d'une nappe en charge. Nous verrons dans le rapport sur les sédiments du fond du lac que l'on a parfois un matériel à 75 % d'argile donc très peu ou pas filtrant. En anticipant, il aurait été peut-être alors possible de dire qu'il y avait obligatoirement mare, là où se trouvent réunies les conditions suivantes :

- 1- matériel filtrant, type croûte,
- 2- nappe suffisamment puissante (pour compenser l'évaporation) et en charge par rapport au fond de la mare.

En général, la portion de cuvette qui contient toute l'eau de la mare est constituée d'un sédiment de nature différente des sables dunaires.

---

(I) Remarque =  $Co^3$  % exprimé en  $Co_3Ca$ .

ALIMENTATION DES MARES.-

La première remarque qui s'impose est celle-ci :

Comment se fait-il que ces ouadis sont remplis d'eau ?

En effet de tous les ouadis qui entourent le lac depuis Nguigmi jusqu'à Kouloudia, c'est le seul endroit (en dehors de quelques ouadis sur la route Isserom-Diguidada) où l'on trouve des mares permanentes.

L'évaporation étant de 2 m., la pluviométrie de 40 cm, même si l'on sup osait au plus large, un bassin versant égal à la surface de la mare et tel que toute l'eau de précipitation se retrouverait dans la mare, l'évaporation serait encore excédentaire de 1m20.

Donc le régime permanent des mares ne peut pas provenir des précipitations.

En conséquence, il n'y a qu'une possibilité : alimentation par la nappe.

ORIGINE DE LA NAPPE .-

Il semble logique de penser que la nappe provient du lac.

Voici une expérience faite par Monsieur POCHARD ( référence bibliographique n° 4) à Massakory qui ne montre pas exactement que la nappe provient du lac, mais indique le sens de déplacement de la nappe.

Il creuse 3 puits dans le sillon du Bahr el Ghazal, distants de 5m,50 et disposés dans la direction du Bahr.

Il verse 25 kgs de ClNa dans le puits du centre.

Il observe la variation du taux des chlorures dans les puits avec le temps:

Le puits le plus près du lac augmente un peu, à cause de la diffusion. Le puits le plus éloigné du lac augmente dans de fortes proportions.

ORIGINE DANS LE LAC ET SENS DEPLACEMENT.-

Deux observations et mesures nous permettent d'indiquer quel est le point du lac qui est à l'origine la plus probable de la nappe et le sens de son déplacement :

I<sup>o</sup>) L'orientation des bras du lac est S.E.-N.W. ainsi que des dunes de l'Archipel. C'était également l'orientation des ouadis actuellement

.../...

mares et autrefois reliés au lac. Il est probable que la nappe emprunte la même direction.

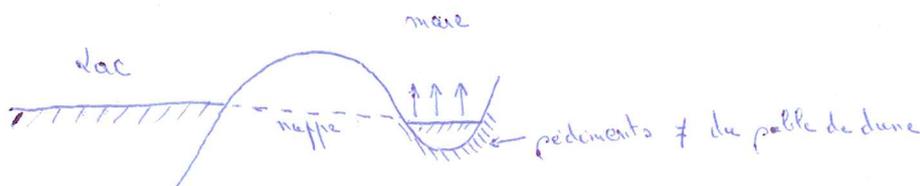
- 29) Nous avons vu dans le chapitre sur les eaux du lac que la conductivité à Nguigmi est de 0,47 m ohm/cm, à Kouléa 0,85, à BOL de 0,11 à 0,16. Or en anticipant sur le paragraphe des conductivités, celle du puits d'Ira est de 0,16 ; celle du puits de Fouli-Koura 0,12. Donc il est plus probable que la nappe provienne de la région de Bol que de la région Kadin-Kouléa.

#### ALTITUDE DU PLAN D'EAU .-

Entre les eaux libres du lac et l'entrée dans la mare, le niveau de la nappe a baissé d'une hauteur dépendant de la nature des terrains traversés.

Pour des terrains très perméables, cette différence de niveau peut être très faible. Le niveau du plan d'eau dans la mare est sensiblement inférieur au niveau de la nappe par suite de la perte par évaporation. En définitive, le niveau du plan d'eau dans les mares est inférieur au niveau du lac.

En considérant par exemple la mare n° I5 qui a 5m20 d'eau et le fond du lac qui à Bol est d'environ -4 m ; on peut dire que le fond de cette mare est plus bas que le fond du lac.



D'une manière générale, l'existence de la mare n'étant possible que si le fond est plus bas que le niveau du lac, cette zone de mares peut être considérée comme un "Bas Pays" où les bas-fonds sont parfois à une altitude inférieure à celle des fonds actuels du lac.

#### DEBIT DE LA NAPPE.-

Compte tenu de la perméabilité des sédiments traversés à l'entrée dans la mare, la troisième condition pour l'existence d'une mare est que le débit de la nappe soit suffisant pour compenser l'évaporation

diminuée de la pluviométrie.

Pour une mare de 1 km/500,m, avec un apport des pluies de 50 cm, une fois le régime établi et en supposant que le niveau de la mare est invariable, le débit de la nappe dans la mare est de :

$$1.000 \times 500 \times 1,5 = 750.000 \text{ m}^3 / \text{an.}$$

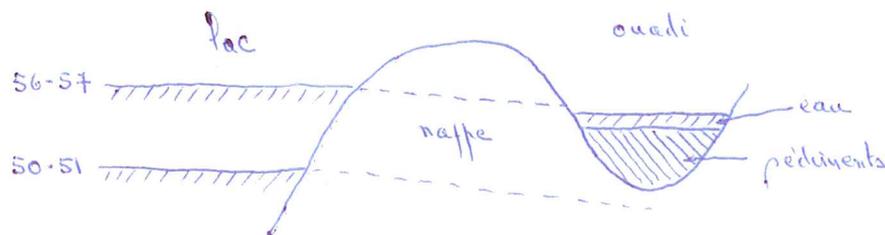
En réalité, le problème est plus complexe.

Le niveau dans les mares peut osciller par suite : de la variation annuelle de l'évaporation, du débit de la nappe résultant de la variation du niveau du lac ou de toute autre raison.

De plus, la distance qui sépare le lac des mares est suffisamment grande pour qu'une variation du niveau du lac ne se fasse sentir sur la mare qu'après un certain nombre de mois, à condition qu'il n'y ait pas une perturbation secondaire. ( bibliographie n° I - général Tilho).

#### OUADIS REMIS EN EAU.-

Par application du schéma précédent, on peut imaginer le schéma suivant pour expliquer la remise en eau en 1956 des ouadis natronés et secs en 1950-51 (I)



(I) Remarque :

des mesures de nivellement entre le lac, les ouadis et les mares, des échelles dans les mares seraient intéressantes pour vérifier ce qui a été dit précédemment.

.../...

CONDUCTIVITE DES MARES.-

D'après le tableau 2, les chiffres de conductivité des mares varient de 0,2 m ohm/cm à 11,5.

et  $\frac{\text{conductivité mare Korrom}}{\text{conductivité lac à Bol}} \approx 100$

La gamme des conductivités est beaucoup plus étendue pour les mares, 1 à 100, que pour le lac, 1 à 10.

et  $\frac{\text{conductivité Korrom}}{\text{conductivité Chari embouchure}} = 1.000$

Donc s'il est possible de relier les mots conductivité et salinité, la salinité dans la mare de Korrom est mille fois plus grande que dans le Chari à son embouchure.

A titre indicatif, la concentration obtenue par évaporation à 105° n'est que de 9 o/oo (en  $\text{Co}_3^{--}$  et  $\text{Co}_2\text{H}^-$  dominants) pour Korrom, alors qu'elle est de 25 o/oo environ <sup>3</sup>(en  $\text{ClNa}^3$  dominant) pour l'eau de mer.

CONDUCTIVITE ET SALINITE.-

Que devient l'hypothèse initiale dans le cas des mares ?

Si l'on se reporte au graphique, on s'aperçoit que, pour les mares Nos 27, 4, 3, 2I, 3I, 5, 6, 28, 19, 2, 12, 13, 14, 20 où la concentration a pu être mesurée par pesée de 20 cc évaporée à l'étuve à 105°, les points représentant la concentration en fonction de la conductivité se placent sensiblement sur une droite mais qui est différente de la droite de solution de natron.

Dans ces mares, les sels sont donc de même nature et en même proportions.

Il sera bon de comparer avec les eaux du lac pour savoir si l'on obtient la même droite ou une droite différente.

HETEROGENEITE DES CHIFFRES DE CONDUCTIVITE.-

L'hétérogénéité des chiffres de conductivité ne nous permet pas de tracer des courbes d'égale salinité ou d'égale groupe de salinité.

.../...



- C O N C L U S I O N -

- Il résulte des observations précédentes que les ouadis mis en culture après construction d'un barrage se natroneront d'autant plus rapidement que l'on s'éloigne plus de Bol vers le N-W, car les eaux de bordure sont de plus en plus salées.

- Un ouadi cultivé puis remis en eau n'évacue que difficilement le sel qui s'est concentré dans les horizons supérieurs par remontée capillaire de la nappe, par suite de la forme même de l'ouadi terminé en cul de sac.

Si le sel de la période de culture précédente ne s'est pas évacué, on va recommencer à l'assèchement suivant à un palier de salinité supérieur au précédent et ainsi de suite. S'il en est ainsi, la durée de culture d'un ouadi est limitée. Mais le fait, que la mise en eau d'un ouadi ne le dessale pas, reste à démontrer.

Quand on assèche un ouadi par un barrage artificiel, tout le sel contenu dans l'eau reste dans l'ouadi et se concentre de plus en plus avec l'assèchement ; il finit par rester dans les parties les plus basses une eau très salée qui est en relation avec la nappe.

Dans une tournée que nous avons faite à Bol en décembre 1957, nous avons mesuré certains chiffres de conductivité alarmants.

Un prélèvement à 1.500 m du jardin du poste dans l'ouadi de Bol, dans l'eau de surface s'élève à 3,2 m ohm/cm.

Trois puits situés sur la bordure de cet ouadi (mis en culture depuis 1 an) sensiblement au niveau du jardin du poste (lequel est à 500 m du poste de Bol), où la nappe est à 1m de profondeur, ont une conductivité de 2,7. Le point le plus élevé est de 4,1 dans un trou avec nappe à 30 cm dans l'ancien jardin du poste, dans Bolguini à 1 km du début de Bolguini par rapport à Bol.

Or au Maroc (voir réf. Bibliographique n° 5) pour la culture du riz les eaux d'irrigation sont douteuses ou inutilisables pour une conductivité de 2 à 3 et inutilisables pour des eaux supérieures à 3 (règles de Wilcox).

Aussi bien le problème doit être étudié de près, car s'il est vrai que bien souvent les cultivateurs abandonnent un ouadi car la nappe est trop profonde et l'irrigation trop pénible en prétendant que le sol est natroné, il est possible que dans un certain nombre de cas la culture soit délaissée parce que le sol est effectivement trop salé.

CONDUCTIVITE DES EAUX DU LAC

( tableau I )

Profondeur	N° échantillon	Conductivité m ohm / cm	Profondeur	N° échantillon	Conductivité
	I	0,11		20	0,38
4m,50	I'	0,12	7,2	20'	0,38
	2	0,096	6	21'	0,47
3,40	2'	0,10	6,5	22'	0,39
	3	0,084		23	0,45
4,5	3'	0,085		24	0,50
	6	0,085	4,5	25'	0,47
4,5	6'	0,084		26	0,55
	7	0,088	5,5	28'	0,35
4,5	7'	0,086		29	0,54
	8	0,087	6,5	30'	0,40
2,8	8'	0,094		31	0,31
	9	0,095	2	32'	0,26
3,5	9'	0,097		33	0,25
	10	0,10	3	34'	0,27
	II	0,11		35	0,21
4,8	II'	0,11	3,5	36'	0,18
	12	0,13		37	0,20
3,5	12'	0,14	3,5	38'	0,13
	13	0,19	7,5	39'	0,19
4	13'	0,19		40	0,15
	14	0,24	4	41''	0,19
4	14'	0,24		42	0,17
	15	0,25	5	43'	0,14
3,5	15'	0,24		44	0,14
	16	0,236	4,1	45'	0,14
2,5	16'	0,238		46	0,11
	17	0,25	4,2	47'	0,13
2,5	17'	0,25		48	0,11
	18	0,30	2,4	49'	0,092
4	18'	0,32		50	0,084
	19	0,38	3,5	51'	0,087
6,5	19'	0,38		52	0,080
			3,7	53'	0,087
				54	0,10
			3	55'	0,084
				56	0,11
			3	57'	0,14
				58	0,18
			2,2	59'	0,20
			4	60'	0,080
				61	0,086
			3	62'	0,087
				63	0,067
			5	63'	0,067

Remarque : ( les Nos' sont les  
) Nos de profondeur  
( les autres sont les  
) Nos de surface

CONDUCTIVITE DES MARES D'IRA (tableau 2)

Lieu-profondeur	N° des mares	Conductivité m.ohm/cm	Concentration o/oo	ph
Im50	I (puits)	0,125		6,2
	35 (puits Ira)	1,16	(décembre 1957)	
bord, surface	30	0,20		7,2
bord, surface	18	0,22		6,2
bord, surface	11	0,22		8,2
bord, surface	33	0,25		8,4
bord, surface	23	0,31		6,6
bord, surface	34	0,35		7,8
bord, surface	16	0,37		6,8
bord, surface	32	0,40		8,5
milieu, surface	7	0,41		7
bord, surface	26	0,44		6,7
bord, surface	25	0,44		6,9
milieu, surface	17	0,45		8
milieu, surface	24	0,51		6,8
milieu, surface	9	0,57		7,5
milieu, surface	10	0,61		7,4
bord, surface	22	0,96		7,9
bord, surface	8	1		7,2
bord, surface	29	1,05		8,9
milieu, 5m, 22	15	1,7		7,1
bord, surface	27	2,03	1,47	9,3
bord, surface	4	2,24	1,57	8
bord, surface	3	2,27	1,77	7,75
bord, surface	21	2,43	1,75	7,6
bord, surface	31	2,64	1,9	9,4
bord, surface	5	3,4	2,65	8,8
milieu, surface	6	3,44	2,57	9,2
milieu, Im, 50	28	5,1	4,05	9,4
bord, surface	19	6,9	5,37	9,55
milieu, surface	2	6,4	5,1	9,65
bord, surface	12	7,77	5,9	9,18
milieu, surface	13	7,8	5,82	9,2
milieu, 2m; 60	14	8	6,2	9,6
milieu, Im	20	11,5	8,9	9,4

Remarque : Les concentrations sont obtenues en desséchant à 105° à l'étuve un certain volume d'eau et pesée à la balance de précision.

Le poids obtenu par dessiccation à 105° est différent du poids que l'on obtiendrait par dessiccation naturelle au soleil, car les carbonates et les bicarbonates perdent à 105° un certain nombre de molécules d'eau de constitution.

TABLEAU DES CONDUCTIVITES ET DES CONCENTRATIONS

D'UNE SOLUTION DE NATRON

( tableau 3 )

-----

Il s'agit de "natron blanc" dissout dans eau distillée, filtrée pour éliminer impuretés. On obtient une solution initiale à 62,3 o/oo de conductivité 54,9 m ohm/cm.

La concentration initiale obtenue par pesée après dessiccation à 105 °.

Les autres concentrations obtenues par dilution c'est à dire, mesures de volumes.

Ce tableau est tel que les conductivités couvrent les valeurs du lac et d'Ira.

Conductivité m ohm/cm	Concentration o/oo
12,4	8,9
9,21	6,23
7,36	5,19
6,49	4,45
5,29	3,46
3,66	2,22
2,26	1,29
1,68	0,92
1,02	0,54
0,88	0,46
0,77	0,40
0,66	0,36
0,60	0,32
0,50	0,26
0,42	0,21
0,32	0,16
0,26	0,13
0,188	0,092
0,15	0,071
0,12	0,058
0,108	0,049
0,095	0,043
0,084	0,038
0,076	0,034
0,067	0,0307

TABLEAU 4

- Solution saturante de natron prélevée à 25 °, desséchée à l'étuve à 105°

{ conductivité = 100  
{ concentration = 203 o/oo

	<u>Conductivité</u>
eau du puits du Centre ORSTOM-nappe à 20 m.	0,26
eau du puits de la ville de Fort Lamy	0,14
eau du Chari à Lamy le 8 /12/ 57	0,061
eau distillée	0,01
eau bidistillée	0,0035

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- Documents scientifiques de la mission TILHO (1906-1909) tomes I et II  
PARIS
- 2- Salinité des eaux du Lac Tchad (Interprétation des résultats par A.  
BOUCHARDEAU) -- note incluse dans la monographie du lac à paraître.
- 3- "Hutte" des Ingénieurs TASCHENBUCH II tome - BERLIN.
- 4- Contribution à l'étude des eaux souterraines des sels et natron  
de la région du Tchad par P. POCHARD (voir ORSTOM-FORT LAMY)
- 5- Cahiers des Ingénieurs Agronomes - 1957 - n° II5  
" Le riz et le sel"
- 6- Research Division - Ministry of Agriculture - Sudan Government  
Miscellaneous paper n° 70  
Various methods for chemical examination of soils  
by K.R Middleton Senior Soil chemist
- 7- Etude pédologique du Bassin alluvionnaire du Logone-Chari  
O.R.S.T.O.M. - PARIS 1954 -
8. Etude pédologique des rives du lac TCHAD de DJIMTILO à  
BOL et du sillon du BAHR el GHAZAL de MASSAKORY à  
MOUSSORO - (ORSTOM - PARIS - 1957).