

BILAN HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD

Pierre TOUCHEBEUF de LUSSIGNY

Ingénieur Hydrologue à Électricité de France

RÉSUMÉ

Les observations hydrométriques et pluviométriques recueillies depuis 1954 ont permis d'évaluer les principaux termes du bilan hydrologique annuel du Lac, à savoir:

- 1) Les apports des tributaires, dont le Chari est de très loin le plus important;
- 2) Les variations de niveau du Lac;
- 3) Les précipitations sur la surface du Lac.

On a pu en déduire, dans des conditions relativement favorables, les pertes annuelles du Lac qui s'élèvent à environ 225 cm.

D'après les mesures effectuées sur bacs Colorado et les résultats fournis par la formule de PENMAN, la plus grande partie de ces pertes est due à l'évaporation. Les pertes par infiltration ne sont cependant pas totalement nulles, car elles seules permettent d'expliquer la salinité relativement très faible des eaux du Lac.

ABSTRACT

Water balance of the Lake Chad

Owing to the hydrological observations and rainfall records collected since 1954, it has been possible to estimate the main terms of the annual water balance of the Lake,

viz:

- 1) The inflow of the tributaries, the Chari river being by far the most important of them;
- 2) The variations of the Lake level;
- 3) The rainfall on the Lake surface.

Then the annual losses of the Lake have been determined in relatively good conditions; they amount approximatively to 225 cm (87 in.).

From the measurements obtained on evaporation pans and the results supplied by the PENMAN formula, it can be shown that these losses are mostly due to the evaporation process. Yet, infiltrations are not completely negligible since the salt concentration of the Lake is relatively very low.

INTRODUCTION

Les premières observations systématiques du Lac Tchad ont été entreprises entre 1908 et 1920 par la mission du Général TILHO. A partir de 1954, elles ont été reprises par la Commission Scientifique du Logone et du Tchad, puis par l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. La présente communication s'appuie sur les travaux de plusieurs chercheurs de l'ORSTOM parmi lesquels nous citerons : A. BOUCHARDEAU, R. LEFEVRE, B. BILLON, Ch. RIOU et J. CALLEDE.

A. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU LAC

Le Lac Tchad est le résidu de la mer Paléotchadienne qui, à une époque où le climat de l'Afrique Tropicale était beaucoup plus humide, s'étendait largement vers le Nord et était alimentée par des cours d'eau, aujourd'hui morts, issus des massifs de l'Air, du Tibesti et de l'Ennedi. Le Lac actuel est loin d'occuper la partie la plus basse de la Cuvette Paléotchadienne. Les apports éoliens l'ont confiné dans la moitié méridionale de l'ancienne cuvette où aboutissent les tributaires encore actifs, dont le Chari est de très loin le plus important.

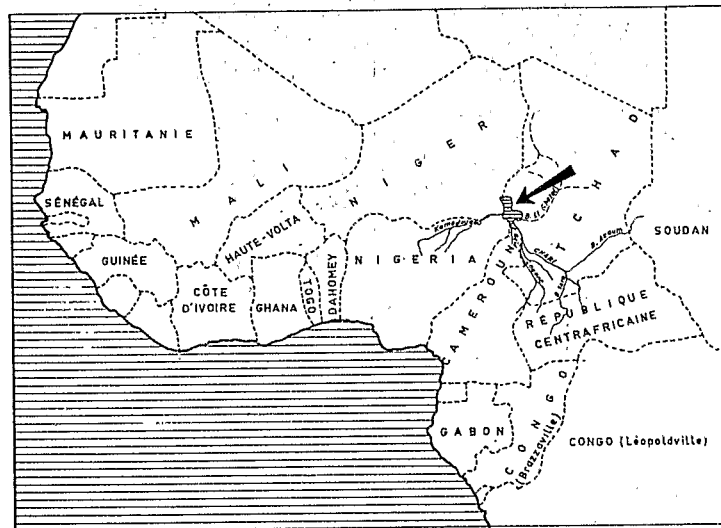
7

-3 AOUT 1985

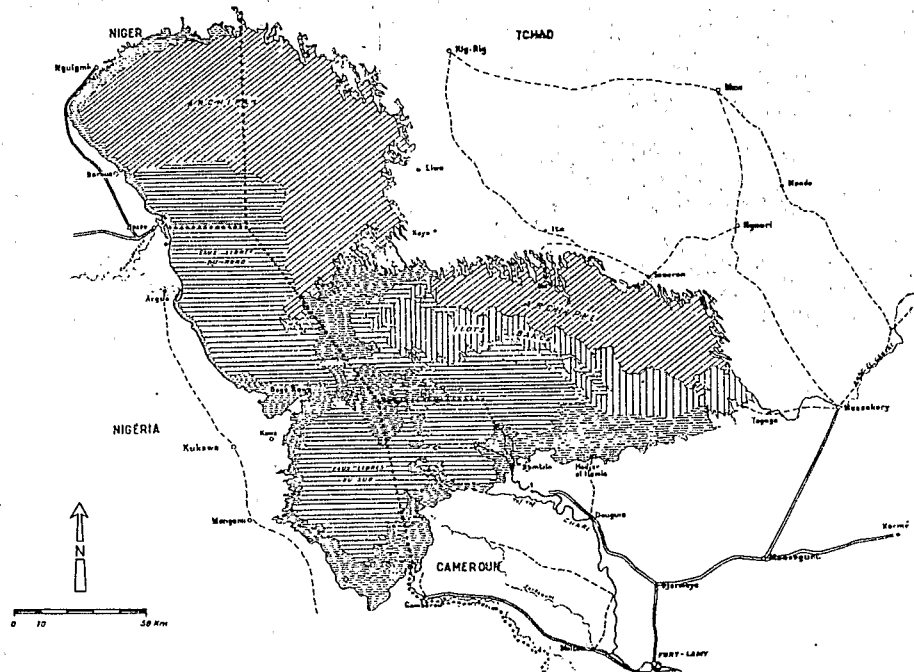
O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 17.992

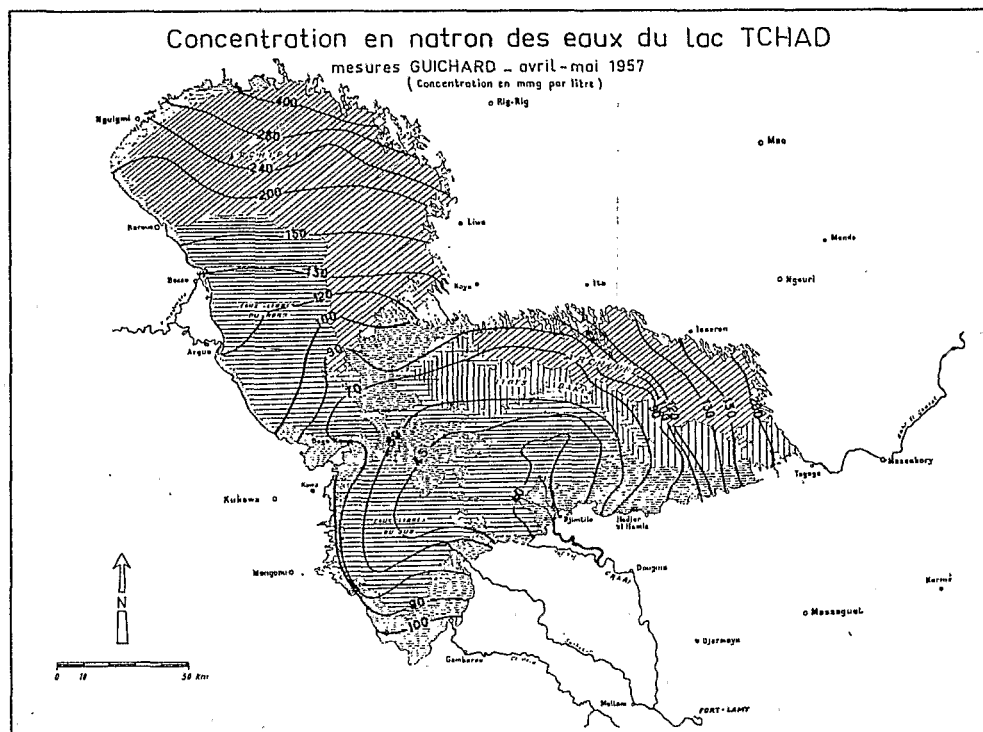
Bo 1



LE LAC TCHAD EN 1957



Le Lac Tchad est endoréique; il ne comporte aucun émissaire véritable, car on ne peut guère désigner de ce nom le sillon du Bahr-el-Ghazal (à ne pas confondre avec l'une des branches-mères du Nil) qui est parfois inondé sur quelques dizaines de kilomètres lorsque le niveau du lac est particulièrement élevé. D'après les mémoires de NACHTIGALL et du Général TILHO, le Bahr-el-Ghazal aurait constitué vers 1870 un bras d'eau plus ou moins stagnante qui se serait progressivement asséché jusqu'aux environs de 1900. C'est seulement en janvier 1956 que le Bahr-el-Ghazal a été à nouveau remis partiellement en eau et qu'il est resté d'une façon plus ou moins continue jusqu'à ce jour. La progression du flot a été chaque année très lente et s'est trouvée sensiblement contrariée par des digues que construisent les riverains.



Loin d'être uniforme, le Lac présente des caractères morphologiques variés sur toute son étendue. On peut d'abord distinguer une partie Sud et une partie Nord séparées par des hauts-fonds marécageux, souvent recouverts d'une végétation de papyrus, qui s'étendent approximativement le long d'une ligne Baga Kawa-Kaya.

Le Lac Sud offre sur près de la moitié de sa surface une zone dite d'«eaux libres» qui peut donner l'illusion de la pleine mer. Ses rives sont le plus souvent désespérément plates et marécageuses, sauf dans sa partie Nord-Est que l'on appelle «l'archipel». Celui-ci est constitué d'une multitude d'îles et de presqu'îles sableuses qui sont les vestiges d'une région dunaire envahie par les eaux. La côte est extrêmement dentelée dans cette région, ce qui a permis d'aménager avec succès quelques premiers «polders»

là que l'on rencontre les plus grands fonds à cause, semble-t-il, des courants assez vifs qui peuvent se produire à certaines époques dans les bras qui enserrent les îles.

L'histoire géologique récente du Lac est certainement très complexe, comme l'ont montré les forages exécutés depuis 1962 pour l'étude des «polders» de la région de Bol. On a, en effet, noté une succession irrégulière de couches de sables, de limons et d'argiles qui peuvent donner lieu à divers niveaux aquifères. Tout laisse supposer que le Lac a subi de multiples phases d'assèchement et de remplissage plus ou moins poussés, accompagnées de remaniements éoliens et de dépôts alluvionnaires.

Pour en revenir à la profondeur du Lac Tchad, elle n'est que de 4 mètres environ, en moyenne, lorsque le plan d'eau est à l'altitude de 283 m. Une profondeur de cet ordre, commune pour un étang, est au contraire exceptionnelle pour un lac de cette étendue. On connaît cependant quelques cas analogues comme le Grand Lac Salé de l'Utah ou le Lac Eyre en Australie, mais il s'agit là de lacs d'un type particulier (appelés généralement «Sebkha» ou «Salt Pans») qui sont, en fait, des dépressions fermées de pays arides pouvant s'assécher plus ou moins complètement à la suite d'une absence prolongée de précipitations.

Le Lac Tchad par sa nature endoréique devrait se rapprocher de ce type de lac, dont l'une des caractéristiques essentielles est la forte salinité des eaux ou du moins du fond temporairement asséché. La salinité du Grand Lac Salé, par exemple, dépasse 200‰ (chlorures dominants). Celle du Lac Tchad, au contraire, d'après une campagne de mesures systématiques effectuées en avril-mai 1957, varie entre 0,04‰ près de l'embouchure du Chari et 0,4‰ à l'extrémité septentrionale du Chari. Elle est essentiellement constituée de bicarbonate de soude. S'il est vrai que les lacs à carbonates dominants ont en général des teneurs sensiblement moins élevées que ceux à chlorures ou sulfates dominants, il n'en reste pas moins que le Lac Tchad a une salinité anormalement faible que l'on ne peut expliquer qu'en admettant l'existence d'infiltrations non absolument négligeables à travers les dunes côtières. Les eaux d'infiltration continuent à subir une certaine évaporation lorsqu'elles se rapprochent de la surface du sol dans les dépressions interdunaires. Elles s'enrichissent progressivement en sel et finissent par créer ces nombreux gisements de natron que l'on observe au Nord-Est du Lac.

Le climat du Lac Tchad est du type sahélien. Les températures sont fortes; la moyenne interannuelle à Bol (dune) est de 28° 1, la moyenne des maximums de 34° 6 et celle des minimums 21° 8. Les mois de décembre et surtout de janvier sont cependant assez frais (moyenne des minimums voisine de 14°).

La température des eaux du Lac suit un régime analogue : près de Bol la moyenne interannuelle en surface est de 27° 4, la plus forte moyenne mensuelle des maximums est de 36° 7, tandis que la plus faible moyenne des minimums est de 15° en janvier et février.

L'hygrométrie est en relation avec les masses d'air, soit sèches venant du Nord-Est, soit humides venant du Sud-Ouest. Lorsque le vent souffle du Nord-Est, c'est-à-dire de novembre à avril, la tension de vapeur est minime et varie de 6 à 9 millibars. Avec le vent du Sud-Ouest qui règne de mai à octobre, la tension de vapeur atteint ou dépasse légèrement 25 millibars.

Les pluies sont presque exclusivement groupées entre les mois de juillet et septembre, avec un maximum très accusé en août, comme on peut le voir sur le tableau ci-dessous relatif à la station de Bol :

Bol	M	J	J	A	S	O	Année
Pluviométrie moyenne (mm)	7,7	7,8	69,8	154,3	46,4	5,8	291,8

dans des dépressions interdunaires; l'accumulation de débris de végétaux aquatiques y donne des sols très fertiles, à condition que leur salinité reste modérée.

Entre les eaux libres et l'archipel existe une zone intermédiaire d'«îlots-bancs» où s'est développée une végétation de roseaux et surtout de papyrus qui, sous l'effet du vent, s'en vont parfois à la dérive et peuvent constituer un sérieux obstacle pour la navigation.

Le Lac Nord comprend également une zone d'«eaux libres» et un «archipel» qui couvre presque les deux tiers de sa surface. Dans l'ensemble, la côte Ouest reste assez plate, mais elle est plus nette que la rive méridionale du Lac Sud. Dans l'archipel, c'est-à-dire au Nord et à l'Est, le rivage sableux est franc, mais extrêmement découpé.

Du fait que les rives sont souvent plates et même parfois très indécises, la superficie totale du Lac Tchad varie dans de larges proportions avec le niveau des eaux. L'absence d'une cartographie très précise ne facilite pas la détermination de la surface totale inondée, d'autant plus que certaines parties du Lac peuvent au-dessous d'un certain niveau être isolées par des hauts-fonds et s'assécher assez rapidement faute d'alimentation. C'est ainsi qu'en 1908 le Lac Nord, pourtant plus profond en moyenne que le Lac Sud, était complètement asséché au Nord du parallèle de Bosso. Malgré ces incertitudes, on a pu évaluer approximativement comme suit la superficie totale inondée (marécages et îlots-bancs compris, îles exclues) :

Altitude du plan d'eau (m) (IGN 1954)	280	281	282	283	284
Surface totale du Lac (km ²)	12 700	15 500	21 000	23 800	25 500

On voit qu'entre l'altitude 280 m,

— qui a été atteinte à 10 ou 20 cm près aux basses eaux de 1907 et de 1908; et l'altitude 284 m,

— qui a été, semble-t-il, assez largement dépassée vers 1870; la surface totale du Lac varie du simple au double.

Suivant la valeur de sa superficie le Lac Tchad, par son étendue, se classe entre le 12^e et le 18^e rang parmi les grands Lacs du monde. Il est le quatrième des Lacs Africains après les lacs : Victoria, Tanganika et Nyassa. Si l'on ne considère que les lacs endoréiques, le Lac Tchad est le troisième du monde, après la mer Caspienne et la mer d'Aral.

La particularité la plus frappante du Lac Tchad, c'est sa faible profondeur moyenne. Au cours d'une campagne de sondages effectuée en 1957 à l'aide d'un appareil à ultrasons, on a relevé les profondeurs maximales suivantes (rapportées à l'altitude de 283 m):

- Lac Nord : 9 m
- Lac Sud
- Eaux libres : 6 m
- Archipel : 11,5 m.

Les enregistrements d'un sondeur à ultrasons ont souvent montré deux échos : le premier correspondait à un fond de vase ou de limon récent, le second à un niveau sableux d'origine éolienne. On a pu ainsi se rendre compte que les apports solides du Chari se déposent actuellement dans le Lac Sud et y produisent un lent envasement, tandis qu'ils n'atteignent pas le Lac Nord demeuré de ce fait plus profond. Les limons du Chari ne parviennent guère non plus jusqu'à l'archipel du Lac Sud et c'est même

là que l'on rencontre les plus grands fonds à cause, semble-t-il, des courants assez vifs qui peuvent se produire à certaines époques dans les bras qui enserrant les îles.

L'histoire géologique récente du Lac est certainement très complexe, comme l'ont montré les forages exécutés depuis 1962 pour l'étude des «polders» de la région de Bol. On a, en effet, noté une succession irrégulière de couches de sables, de limons et d'argiles qui peuvent donner lieu à divers niveaux aquifères. Tout laisse supposer que le Lac a subi de multiples phases d'assèchement et de remplissage plus ou moins poussés, accompagnées de remaniements éoliens et de dépôts alluvionnaires.

Pour en revenir à la profondeur du Lac Tchad, elle n'est que de 4 mètres environ, en moyenne, lorsque le plan d'eau est à l'altitude de 283 m. Une profondeur de cet ordre, commune pour un étang, est au contraire exceptionnelle pour un lac de cette étendue. On connaît cependant quelques cas analogues comme le Grand Lac Salé de l'Utah ou le Lac Eyre en Australie, mais il s'agit là de lacs d'un type particulier (appelés généralement «Sebkha» ou «Salt Pans») qui sont, en fait, des dépressions fermées de pays arides pouvant s'assécher plus ou moins complètement à la suite d'une absence prolongée de précipitations.

Le Lac Tchad par sa nature endoréique devrait se rapprocher de ce type de lac, dont l'une des caractéristiques essentielles est la forte salinité des eaux ou du moins du fond temporairement asséché. La salinité du Grand Lac Salé, par exemple, dépasse 200‰ (chlorures dominants). Celle du Lac Tchad, au contraire, d'après une campagne de mesures systématiques effectuées en avril-mai 1957, varie entre 0,04‰ près de l'embouchure du Chari et 0,4‰ à l'extrémité septentrionale du Chari. Elle est essentiellement constituée de bicarbonate de soude. S'il est vrai que les lacs à carbonates dominants ont en général des teneurs sensiblement moins élevées que ceux à chlorures ou sulfates dominants, il n'en reste pas moins que le Lac Tchad a une salinité anormalement faible que l'on ne peut expliquer qu'en admettant l'existence d'infiltrations non absolument négligeables à travers les dunes côtières. Les eaux d'infiltration continuent à subir une certaine évaporation lorsqu'elles se rapprochent de la surface du sol dans les dépressions interdunaires. Elles s'enrichissent progressivement en sel et finissent par créer ces nombreux gisements de natron que l'on observe au Nord-Est du Lac.

Le climat du Lac Tchad est du type sahélien. Les températures sont fortes; la moyenne interannuelle à Bol (dune) est de 28° 1, la moyenne des maximums de 34° 6 et celle des minimums 21° 8. Les mois de décembre et surtout de janvier sont cependant assez frais (moyenne des minimums voisine de 14°).

La température des eaux du Lac suit un régime analogue : près de Bol la moyenne interannuelle en surface est de 27° 4, la plus forte moyenne mensuelle des maximums est de 36° 7, tandis que la plus faible moyenne des minimums est de 15° en janvier et février.

L'hygrométrie est en relation avec les masses d'air, soit sèches venant du Nord-Est, soit humides venant du Sud-Ouest. Lorsque le vent souffle du Nord-Est, c'est-à-dire de novembre à avril, la tension de vapeur est minime et varie de 6 à 9 millibars. Avec le vent du Sud-Ouest qui règne de mai à octobre, la tension de vapeur atteint ou dépasse légèrement 25 millibars.

Les pluies sont presque exclusivement groupées entre les mois de juillet et septembre, avec un maximum très accusé en août, comme on peut le voir sur le tableau ci-dessous relatif à la station de Bol :

Bol	M	J	J	A	S	O	Année
Pluviométrie moyenne (mm)	7,7	7,8	69,8	154,3	46,4	5,8	291,8

La pluviométrie annuelle n'est pas uniforme sur toute l'étendue du Lac. En année normale elle décroît d'environ 550 à 250 mm du Sud vers le Nord, avec moyenne d'environ 330 mm.

B. BILAN HYDROLOGIQUE DU LAC

Nous considérerons le bilan à l'échelle annuelle seulement. Il peut se traduire par la relation suivante :

$$\frac{V}{S} \times 10^5 + P = DH + p \quad (1)$$

en désignant par :

- V : le volume des apports annuels des tributaires (10^9 m^3);
- S : la superficie moyenne du Lac (km^2);
- P : les précipitations moyennes tombant sur la surface du Lac (cm);
- DH : la variation de niveau du Lac (cm);
- p : les pertes en eau du Lac (cm).

Le terme p peut lui-même s'écrire :

$$p = E + f \quad (2)$$

- E : pertes par évaporation à la surface du Lac (cm);
- f : fuites marginales par infiltration et éventuellement par écoulement dans le Bahr-el-Ghazal, rapportées à la surface du Lac (cm).

Il est difficile de déterminer l'importance respective des deux termes E et f mais, comme on le verra plus loin, le terme E est sans aucun doute largement prépondérant. L'étude du bilan du Lac nous donne ainsi le moyen d'avoir une valeur approchée de l'évaporation annuelle d'une grande surface d'eau libre sous climat sahélien.

Nous allons examiner les différents facteurs qui interviennent dans la relation (1).

Apports des tributaires (V)

Le principal tributaire du Lac est le Chari dont le régime à Fort-Lamy commence à être bien connu. La répartition des débits mensuels qui correspond à un régime tropical de type mixte, est en année moyenne la suivante (m^3/s) :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
790	440	265	190	190	280	525	1250	2365	3260	3255	1875	1225

Le volume annuel correspondant est de :

$$38,5 \times 10^9 \text{ m}^3$$

Les autres tributaires du Lac sont d'importance beaucoup plus réduite. Ce sont :

- a) L'El Beid, qui draine une zone de marécages alimentée par les déversements du Logone et du Chari, ainsi que par le ruissellement de rivières plus ou moins torrentielles du Nord-Cameroun. Ses apports annuels sont de l'ordre de $2 \times 10^9 \text{ m}^3$;
- b) Le Yedseram, qui est situé entièrement sur le territoire de la Nigeria et écoule probablement moins de $0,1 \times 10^9 \text{ m}^3$ par an;

c) La Komadogou-Yobe qui est issue du plateau Bauchi et de la région de Kano en Nigeria. Elle perd beaucoup d'eau dans la traversée de régions sahéliennes très plates et en année moyenne elle n'apporte guère au Lac Tchad plus de $0,5 \times 10^9$ m³. Au total, le volume des apports des tributaires est, en année moyenne, voisin de 40 milliards de m³ dont le Chari fournit à lui seul 94% et l'El-Beid 5%. En fait, nous avons considéré les débits du Chari à la station de Fort-Lamy qui est à une centaine de kilomètres en amont de l'embouchure du fleuve.

Sur cette dernière partie de son cours, le Chari subit des pertes par évaporation dans les plaines d'inondation, qui sont du même ordre de grandeur que les apports des autres tributaires du Lac. C'est pourquoi on peut admettre sans erreur importante que des débits écoulés à Fort-Lamy représentent la totalité des apports alimentant le Lac Tchad.

Surface du Lac (S)

Nous ne reviendrons pas sur ce facteur dont on a déjà parlé plus haut. Disons seulement que la superficie à prendre en compte est celle qui correspond au niveau moyen du Lac pendant l'année considérée.

Précipitations Moyennes (P)

Ce terme est déterminé en faisant la moyenne pondérée des hauteurs pluviométriques relevées à différentes stations entourant le Lac, notamment Bol, Massokory, Fort-Lamy et Nguigni. Ce terme n'est pas connu avec une grande précision, car la pluviométrie varie sensiblement d'une station à l'autre. De nombreux pluviomètres installés en 1962 dans la région de Bol ont même certaines années mis en évidence des écarts de précipitations importants entre des points distants de quelques kilomètres seulement. Il est probable également que le régime des pluies n'est pas exactement le même sur le Lac et sur son pourtour, car les phénomènes de convection atmosphérique sont modifiés localement par la présence d'une nappe liquide.

Variation de niveau du Lac (DH)

Le régime limnimétrique du Lac est très simple et se traduit par une oscillation annuelle assez régulière dont l'amplitude est de l'ordre d'un mètre. Le niveau du Lac baisse de janvier à juillet car les pertes par évaporation et infiltration l'emportent sur les apports du Chari et les précipitations. De juillet à décembre ou janvier, le niveau remonte pour la raison inverse.

Le terme *DH* que nous considérons est la différence de niveau entre les deux maximums observés respectivement à la fin et au début d'une année donnée (il se peut que les maximums se situent en fait en janvier de l'année suivante ou en décembre de l'année précédente).

Le terme *DH* est affecté d'une légère imprécision à cause des fluctuations du plan d'eau dues à l'effet du vent.

Pertes du Lac (p)

Ce terme est précisément l'inconnue que l'étude du bilan annuel doit nous permettre de déterminer. Il est intéressant d'évaluer par un calcul d'erreur la précision que l'on peut espérer obtenir :

$$\Delta p = \Delta \left(\frac{V}{S} \times 10^5 \right) + \Delta P + \Delta DH$$

$$\Delta p = \frac{V}{S} \times 10^5 \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta S}{S} \right) + \Delta P + \Delta DH$$

On peut admettre approximativement les valeurs suivantes :

$$\frac{V}{S} \times 10^5 = 200 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 4/100$$

$$\frac{\Delta S}{S} = 4/100$$

$$\Delta P = 6 \text{ cm}$$

$$\Delta DH = 3 \text{ cm}$$

On en déduit : $\Delta p = 25 \text{ cm}$

Les observations recueillies depuis 1954 ont permis de déterminer, année par année, les différents termes du bilan hydrologique du Lac, qui ont été reportés dans le tableau ci-dessous :

Année	Niveau max. à Bol en début et fin d'année	Variation de niveau DH	Apports annuels du Chari V	Lame d'eau annuelle $V/S \times 10^5$	Précipitations moyennes P	Pertes $p = E + f$
	cm	cm	10^9 m^3	cm	cm	cm
1954	085	+55	47,3	230	55	230
1955	140	+40	51,9	240	35	235
1956	180	+30	50,6	220	40	230
1957	210	-30	36,8	160	30	220
1958	180	-15	35,4	160	35	210
1959	165	0	39,9	185	50	235
1960	165	0	43,3	205	25	230
1961	165	+50	53,0	235	50	235
1962	215	+30	50,9	215	25	210
	245					

On remarque que les pertes annuelles sont pratiquement constantes; les écarts entre les diverses valeurs obtenues ne sont pas significatifs puisqu'ils n'excèdent pas l'erreur calculée plus haut.

Compte tenu du nombre d'années d'observations, on peut admettre approximativement que les pertes du Lac sont, en année moyenne :

$$p = 225 \pm 10 \text{ cm/an}$$

Il nous reste à essayer de distinguer parmi ces pertes celles qui sont dues à l'évaporation, d'une part, et celles qui résultent de fuites marginales, d'autre part. Disons tout de suite que les fuites marginales sont essentiellement dues à des infiltrations à travers les dunes sableuses de la côte Nord-Est. L'écoulement dans le

Bahr-el-Ghazal est sinon absolument nul, au moins tout à fait négligeable dans le bilan du Lac, même pour une année comme 1963 où les eaux ont atteint un niveau jamais observé depuis le début du siècle.

Les mesures d'évaporation effectuées sur deux bacs Colorado près de Bol permettent une première approche du problème. Les moyennes mensuelles obtenues sur la période 1957-1962 sont les suivantes (en mm/jour) :

Bac	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Bac Colorado enterré	8,55	10,0	11,0	10,65	9,25	8,2	7,15	6,3	6,8	9,3	9,05	8,0
Bac Colorado flottant	5,45	6,55	7,2	7,2	6,3	6,8	6,4	5,1	5,25	6,55	6,25	5,65

Il en résulte une évaporation annuelle de :

317 cm/an sur bac Colorado enterré
228 cm/an sur bac Colorado flottant

Les données fournies par les bacs ne sont pas directement transposables au Lac Tchad. Il est certain que le bac enterré sur la dune de Bol reçoit une part importante d'énergie thermique sous forme d'advection, en plus de celle fournie par le rayonnement. Cet effet d'advection n'existe pas pour le bac flottant qui est, au contraire, relativement abrité des vents par le voisinage de papyrus. Son inertie thermique est cependant plus faible que celle du Lac et étant situé à proximité du rivage d'où soufflent les vents les plus secs, il ne bénéficie pas de l'humidification progressive de l'air qui chemine à la surface du Lac.

Il est assez difficile, dans ces conditions, d'évaluer les coefficients de correction qu'il faut appliquer aux résultats des bacs Colorado enterré et flottant. Compte tenu du climat sahélien de la région, il semble peu probable cependant que ces coefficients admettent des valeurs respectivement inférieures à 0,6 et 0,9. On en déduit que l'évaporation du Lac Tchad doit être de l'ordre de 200 cm/an et ne saurait descendre très largement au-dessous de cette valeur.

Quoique ne disposant pas encore de données complètes, Ch. RIOU a essayé d'évaluer l'évaporation annuelle du Lac par la formule de PENMAN et a abouti au même ordre de grandeur de 200 cm/an. On peut donc tenir pour certain que l'évaporation constitue la majeure partie des pertes du Lac Tchad (au moins 80%).

L'étude de la salinité des eaux du Lac nous fournit, en principe, une autre méthode pour évaluer l'importance relative de l'évaporation et des fuites marginales. Malheureusement, la salinité du Lac n'a fait l'objet jusqu'à présent que d'une seule campagne de mesures systématiques en avril et mai 1957. On ne sait donc pas dans quelle mesure cette salinité varie suivant les saisons, l'importance des apports annuels du Chari et les variations interannuelles du niveau du Lac. On est ainsi obligé d'admettre, en première approximation, que la salinité des eaux varie peu dans le temps et que la quantité de sel apportée annuellement par le Chari compense celle qui s'échappe du Lac par les infiltrations marginales.

La carte ci-jointe montre les courbes d'égale concentration en « natron » (bicarbonate de soude impur) obtenues en 1957. On remarque que ces courbes sont grossièrement concentriques par rapport à l'embouchure du Chari. La concentration croît progressivement de 40 g/m³ au voisinage de l'embouchure jusqu'à 400 g/m³ à l'extrémité septentrionale du Lac. On doit noter cependant que la concentration des

eaux n'a pas été mesurée au fond des innombrables indentations qui découpent la côte dans la région des archipels Nord et Sud. C'est pourtant là que se produisent vraisemblablement la majeure partie des fuites marginales du Lac. On peut, en outre, supposer que le brassage des eaux étant assez réduit dans ces baies abritées, le gradient de salinité y est relativement élevé.

Pour fixer un ordre de grandeur des fuites marginales, on admettra qu'en moyenne les eaux qui s'infiltrent à travers les dunes côtières ont une concentration de 400 g/m^3 , c'est-à-dire une concentration dix fois plus forte que celle des apports du Chari. L'équilibre du bilan salin du Lac implique alors que les fuites marginales soient égales à 10% des apports du Chari. Le module moyen du fleuve étant de $1225 \text{ m}^3/\text{s}$, les fuites marginales représenteraient ainsi un débit moyen de $120 \text{ m}^3/\text{s}$, soit une lame d'eau annuelle d'environ 20 cm.

Il ne s'agit là évidemment que d'ordres de grandeur assez grossiers, qui rejoignent cependant les conclusions tirées des mesures d'évaporation sur bacs Colorado.

On peut espérer que, dans quelques années, l'importance respective de l'évaporation et des infiltrations marginales du Lac pourra être évaluée de façon beaucoup plus précise, car l'ORSTOM a commencé récemment des mesures de rayonnement solaire à Bol et se propose d'enregistrer en plusieurs stations périphériques les valeurs des précipitations, de la température, de la tension de vapeur et de la vitesse du vent. L'ORSTOM envisage également une étude détaillée des transports salins entre le Lac Tchad et les gisements de natron qui existent au Nord-Est du Lac. Ce problème intéresse non seulement l'exploitation des gisements de natron, mais également l'aménagement de futurs polders.

AB:
infl
sub
of t
with
RÉS
Le
fluv
sur
tan
Sovi
long
In
use
cont
are f
A
the
pher
hum
phas
I
been
T
phas
may
may
disch
while
hum

UNION INTERNATIONALE DE GÉODÉSIE ET DE GÉOPHYSIQUE
INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

ASSOCIATION INTERNATIONALE
D'HYDROLOGIE SCIENTIFIQUE
INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF SCIENTIFIC HYDROLOGY

SYMPOSIUM DE GARDA
SYMPOSIUM OF GARDA

9-15 octobre 1966
9th-15th October 1966

HYDROLOGIE DES LACS ET DES RÉSERVOIRS
HYDROLOGY OF LAKES AND RESERVOIRS

organisé dans le cadre de la
DÉCENNIE HYDROLOGIQUE INTERNATIONALE
avec l'aide de l'
UNESCO

organized in the framework of the
INTERNATIONAL HYDROLOGICAL DECADE
with the support of
UNESCO

VOLUME 1

PRIX : 350 FB

PUBLICATION N° 70

DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE D'HYDROLOGIE SCIENTIFIQUE

SECRÉTAIRE : PROF. L. J. TISON

BRAAMSTRAAT 61

GENTBRUGGE (BELGIQUE)

1966

23 AOUT 1985

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

N° : 17.992 62

Cote : B ex 1

ORSTOM
HYDROLOGIE
DOCUMENTATION

41004

B 17992 ex 1