

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DU BASSIN TCHADIEN

M. A. ROCHE

**GEOGRAPHIE ET ELEMENTS NUMERIQUES SUR
LA SUPERFICIE ET LA BATHYMETRIE
DU LAC TCHAD**

Octobre 1971

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE FORT-LAMY



GEOGRAPHIE ET ELEMENTS NUMERIQUES SUR
LA SUPERFICIE ET LA BATHYMETRIE DU LAC TCHAD

M. A. ROCHE

S O M M A I R E

1. LES DIFFERENTES REGIONS DU LAC
2. CARTES TOPOGRAPHIQUES
3. VARIATIONS DU PAYSAGE EN 1967-1969 PAR RAPPORT A 1950-1954
4. SUPERFICIE
 - 4.1. Résultats
 - 4.2. Erreurs sur l'estimation des résultats
5. ALTITUDE DES FONDS
6. VARIATION DES SUPERFICIES EN FONCTION DES NIVEAUX DU LAC
7. VOLUME D'EAU DU LAC.

1 - LES DIFFERENTES REGIONS DU LAC TCHAD.

L'étude des répartitions et des variations spatio-temporelles des salures et des mouvements des eaux du lac Tchad nous a amené à définir les grandes régions naturelles du milieu en distinguant tout d'abord les parties nord et sud et les zones 1, 2 et 3 (fig. 1).

La zone 1 comprend toute la partie nord du lac et le triangle délimité par le delta du Chari, Baga Kawa et Dalari. Les principales grandes régions englobées (fig. 2f) sont une partie du Bassin méridional comprenant les Eaux-libres du sud-est et du sud-ouest (région I et XII); la Grande Barrière (II) constituée d'îlots-bancs et d'îles; les Eaux-libres nigériennes ou Bassin nigérian (III); les Ilots-bancs du nord ou du Niger qui entourent les Eaux-libres du nord ou de Nguigmi (VI); les Ilots-bancs du nord-est ou du Kanem (IV) qui bordent l'Archipel nord et nord-est ou du Kanem (V).

La zone 2 correspond aux régions sud-est. Elle comprend les Eaux-libres du sud-est (I); l'Archipel du sud-est où l'on peut individualiser les régions de Baga Sola, de Bol (VII) et le Golfe d'Iseïrom (VIII, IX); les Ilots-bancs du sud-est (X) qui couvrent également le Golfe de Tourba (X, XI).

La zone 3 ou Golfe de Meinari correspond aux Eaux-libres (XII) et aux Ilots-bancs (XIII) du sud-ouest bordant les côtes du Cameroun et de la Nigéria.

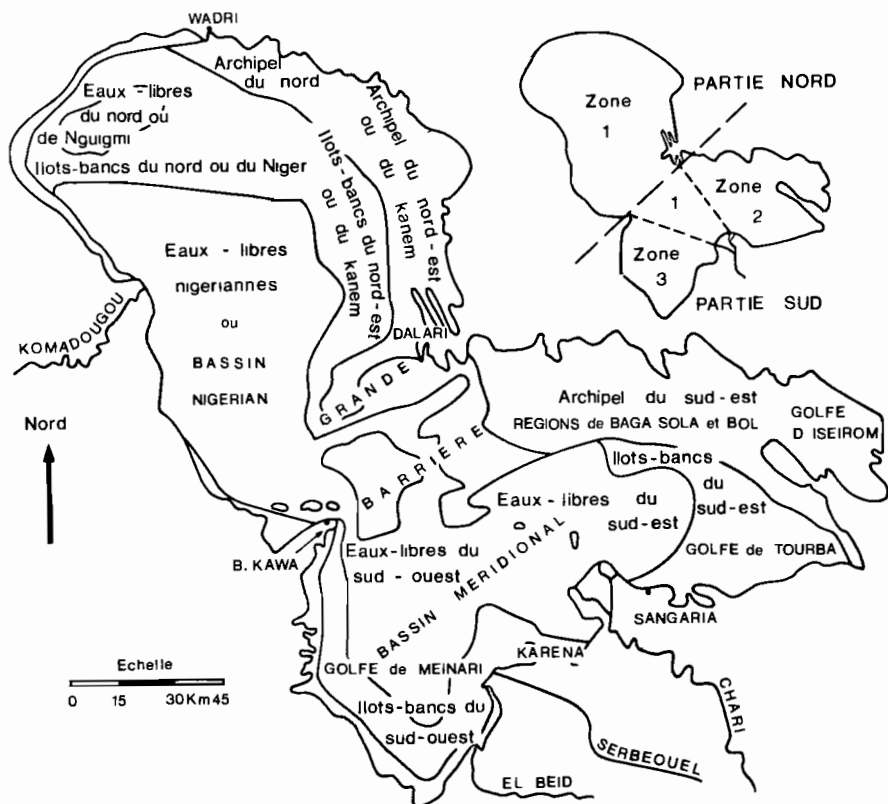
2 - CARTES TOPOGRAPHIQUES.

Il doit être rappelé que la première carte moderne du lac - au 1/500000, insérée dans la monographie du lac Tchad (A. BOUCHARDEAU et R. LEFEVRE 1957), fut dressée par M. MOUNE, d'après les photos aériennes de 1950-1954.

La majeure partie du lac est maintenant couverte depuis plusieurs années par la carte topographique à 1/200000 de l'IGN (feuilles de Makari, Fort-Lamy, Boso, Bol, Ngouri, Nguigmi et Nokou). Elle a été dessinée d'après des photos aériennes réalisées en 1950-1951 pour les cinq premières feuilles et 1953-1954 pour les deux dernières. Pour la Nigéria, on dispose de fonds topographiques à 1/50000 du Fédéral Survey Department. Grâce aux observations effectuées lors de nos campagnes en bateau ou avion et à celles dont nous a fait part M. ADICOTT, pilote de la Mission protestante internationale, nous avons pu apporter des corrections et mettre à jour une carte au 1/200000 valable pour la période 1967-1969. Ce document, archivé à la section d'Hydrologie de l'O.R.S.T.O.M., permet pour la période définie, l'estimation de la superficie du lac avec une précision dont on peut évaluer les paramètres constituants.

3 - VARIATIONS DU PAYSAGE EN 1967-1969 PAR RAPPORT A 1950-1954.

L'exactitude des cartes topographiques du lac est fonction des différences de niveau du plan d'eau entre le moment des prises photographiques et la vérification sur le terrain. En 1950-1951 le niveau moyen du lac remontait lentement après le minimum pluriannuel de 1942. Il se stabilisait à peu près depuis cette époque jusqu'à 1954. De janvier 1950 à décembre 1954, le niveau a ainsi oscillé entre 280,6 et 282,3 m. D'octobre 1966 à février 1970, il a varié de 282,3 à 281,2 m, avec une tendance pluriannuelle à décroître. Ces altitudes ont été mesurées à l'échelle limnimétrique de Bol-dume.



Les cartes ont donc été dessinées à une période où le lac était sensiblement au même niveau ou plus bas qu'au cours de l'étude, et surtout après une période de remontée. C'est-à-dire que les îles et la végétation occupaient des surfaces plus importantes. En particulier parce que les grands végétaux (Phragmites, Cyperus papyrus...) disparaissent avec un certain retard lorsque les eaux remontent.

Sur ces cartes, le plus souvent, les flots-bancs n'ont pas été représentés en détail mais les régions d'extension figurées étaient effectivement plus importantes qu'en 1967-1969. Les flots-bancs du nord (VI), dessinés individuellement, étaient plus nombreux et de superficie plus grande. Dans les archipels, il n'apparaît pas de modifications majeures, si ce n'est la disparition, assez fréquente dans la partie septentrionale, d'îlots-bancs entre les îles.

La campagne de juillet 1969, réalisée essentiellement en hydravion, nous a permis d'observer l'ensemble du lac à un niveau de 281,2 m. Dans la partie sud-ouest de grandes plages de vase étaient alors dégagées sur les côtes du Cameroun et de la Nigéria. La pente paraissait très faible - à 400 m. du rivage la profondeur est de 0,35 m au point 64 et de 0,40 m au point 69 -. La grande île de Karéna était reliée par deux isthmes vaseux à la côte et d'autres étaient prêts à émerger. Quelques îles existaient au nord de Karéna. Au sud-ouest de Dalari, dans la Grande Barrière, de vastes surfaces étaient encombrées de potamots et le fond émergeait en plusieurs endroits sans être couverts de végétaux. Au nord de la Komadougou, les régions côtières indiquées en blanc sur les cartes étaient exondées et correspondaient à des plages en pente douce, bordées d'herbes aquatiques (potamots et cératophiles). Ceci a également été observé en bateau et sur terre à Nguigmi. Des hauts fonds bordaient tous les flots-bancs du Niger situés au sud des eaux-libres de Nguigmi. Ils apparaissaient notamment sur les côtés orientaux et dans le prolongement des pointes où les vagues déferlaient en écumant. Ces hauts fonds dénudés sont représentés couverts de hauts végétaux sur les cartes topographiques de 1950-1954.

4 - SUPERFICIE.

La connaissance précise de la superficie du lac pour chaque niveau du plan d'eau est essentielle pour toute étude sur le lac Tchad. Cependant, les variations dans la ligne de rivage, les circonvolutions compliquées des côtes orientales, le nombre élevé d'îles et d'îlots-bancs, rendent l'estimation délicate et difficile, de sorte que pour la monographie du lac Tchad on avait dû se contenter d'estimations plus ou moins sommaires. J.P. CARMOUZE et B. DUPONT (1970) ont présenté les résultats qu'ils avaient obtenus pour un niveau à 282 m.

La superficie totale et la superficie de toutes les îles et flots-bancs ont été mesurées (fig. 2e et f) par planimétrie des cartes à 1/200000, découpées pour les besoins en 53 régions (fig. 2d) se regroupant dans les 13 grandes régions dont il a été question au § 1 et qui sont représentées sur la figure 2 f. Par différence, on a calculé la superficie des eaux, puis la proportion, ou coefficient m , que représentent les eaux par rapport à la superficie totale (fig. 2e et f). Les éléments numériques sont aussi présentés sur le tableau I.

4.1. Résultats.

La superficie totale du lac, pour un niveau à Bol compris entre 282,3 et 281,2 m, soit un niveau moyen de 281,8 m, est ainsi estimé à 22.700 km². Les îles occupent 2.570 km², les flots-bancs 2.005 km². Les eaux s'étendent sur 18 120 km², soit 80 % de la surface totale.

Tableau I : Altitude absolue des fonds et superficie du Lac Tchad. de 1967 à 1969, pour un niveau moyen à 281,8 m.

Région	Carte	Type de paysage (a)	Nb fics	S totale km²	S fics km²	F eau km²	F eau km²	Dens. au 100 km²	S. moy. fics km²	Alti. mini m	Alti. maxi m	Alti. moy. m	Prof. moy. 281,8 m cm	Nb Point de mesure
8	Bol	E-L	0	612,0	0	612,0	100	0	0	279,4	277,5	278,26	232	51
9	Bol	E-L	0	588,0	0	588,0	100	0	0	279,8	277,0	278,48	432	52
15	Makar	E-L	0	893,6	0	893,6	100	0	0	279,9	277,1	278,73	307	50
I			0	1893,5	0	1893,5	100	0	0	279,8	277,0	278,51	339	103
10	Bol	I-B	62	522,4	199,4	323,0	62,4	12,1	3,12	280,4	277,9	279,30	24	22
11	Bol	I-B	57	110,4	29,8	80,6	73,2	21,5	1,10	278,7	279,0	279,30	250	10
13	Bol	E-L	0	512,0	0	512,0	100	0	0	279,6	278,3	279,18	261	35
14	Bol-Doso	I-B	63	376,2	116,4	259,8	69,3	16,6	1,85	280,0	278,1	279,10	270	19
15	Bol	I-B	27	302,8	77,6	225,2	71,4	8,9	2,87	280,7	276,6	279,00	290	5
16	Boso	I-B	45	481,6	93,6	388,0	60,6	9,3	2,08	279,8	277,1	278,98	282	17
20	Boso	I-B	(19)	145,6	(28,2)	(117,4)	(80,3)	(13,0)	(1,50)	279,4	278,1	278,40	340	1
31	Doso	E-L	0	142,8	0	142,8	100	0	0	278,6	278,6	279,10	270	11
II			241	2366,8	514,8	2052,0	79,1	9,4	2,23	280,7	276,6	279,08	272	150
22	Boso	E-L	0	831,2	0	831,2	100	0	0	280,8	275,5	277,18	462	21
23	Doso	E-L	0	285,2	0	285,2	100	0	0	279,3	274,4	275,84	380	11
24	Boso	E-L	0	742,0	0	742,0	100	0	0	280,8	275,8	277,16	454	27
25	Boso	E-L	0	453,4	0	453,4	100	0	0	279,6	275,7	276,68	491	17
26	Boso	E-L	0	340,0	0	340,0	100	0	0	280,1	276,2	277,75	404	14
27	Boso	E-L	0	644,0	0	644,0	100	0	0	279,4	276,3	277,78	403	16
28	Boso	E-L	0	137,2	0	137,2	100	0	0	-	-	(278,00)	(300)	1
29	Boso	E-L	(10)	391,0	(15,0)	(376,0)	(27,9)	(1,7)	(1,50)	280,4	277,6	278,01	279	22
32	Boso	E-L	(3)	(130,0)	(3,0)	(127,0)	(87,3)	(2,7)	(1,0)	280,8	276,7	279,40	240	7
III			11	1176,0	10,0	4157,0	89,3	0	1,56	280,8	274,1	277,82	118	138
18	Boso	I-B	22	105,0	18,0	178,0	90,8	11,2	0,82	278,0	275,9	277,59	421	8
20	Boso	I-B	45	285,6	32,0	223,6	81,8	15,8	1,10	277,0	278,0	276,54	336	5
18	Nguigmi	I-B	98	300,0	88,8	211,2	70,4	32,0	0,92	279,8	275,8	278,88	492	7
31	Boso	I-B	76	484,4	112,4	316,0	75,5	18,8	1,48	277,2	274,9	278,08	572	40
IV			235	1240,0	371,2	898,8	78,1	19,0	1,15	278,8	274,8	276,64	26	30
16	Bol	I	63	276,4	194,8	231,6	81,5	16,7	2,30	280,0	276,0	277,13	445	12
17	Bol	I	88	362,4	119,6	242,8	57,9	19,3	2,20	278,6	271,7	276,51	529	17
18	Nokou	I	86	382,0	217,2	174,8	14,0	21,9	2,53	278,0	274,8	276,45	325	6
21	Nguigmi	I	102	600,8	297,6	301,2	90,5	22,0	2,25	280,1	272,7	277,13	397	18
32	Nguigmi	I	80	180,0	252,0	228,0	47,5	16,7	3,15	277,8	275,6	276,30	550	14
V			108	2201,8	1081,2	1180,4	51,8	18,6	3,99	280,1	275,5	278,79	501	67
21	Boso	I-B	18	286,4	23,6	262,8	91,8	6,3	1,31	278,1	273,3	275,91	389	10
46	Nguigmi	I-B	40	390,0	37,2	312,8	90,6	10,3	0,95	279,4	273,3	277,13	467	9
47	Nguigmi	I-B	142	490,0	112,0	718,0	93,5	17,2	0,78	280,8	271,7	276,11	320	21
49	Nguigmi	I-B	(123)	501,0	(15,5)	(311,1)	(79,0)	(94,9)	(1,20)	278,3	275,6	277,18	382	15
50	Nguigmi	E-L	0	312,0	0	312,0	100	0	0	280,1	275,3	277,32	448	14
VI			326	2320,0	523,3	1996,7	89,1	11,1	0,98	280,6	271,7	276,75	503	73
1	Bol	I	15	128,0	141,0	289,0	96,9	10,3	3,20	280,8	278,0	279,11	339	27
2	Bol	I	15	256,0	85,2	158,8	89,5	13,8	2,13	279,4	277,2	279,09	271	43
3	Bol	I	27	104,0	159,8	182,2	60,3	12,2	3,26	279,6	271,4	278,28	351	18
4	Bol	I	80	620,0	236,0	384,0	61,9	14,3	2,85	280,4	278,0	279,10	270	18
VII			180	1606,0	584,0	1020,0	63,3	11,2	3,38	280,8	271,4	279,04	276	106
5	Bol	I	34	518,0	314,8	803,2	38,8	10,2	4,95	279,3	276,4	278,31	346	31
6	Bol	I	24	260,4	115,2	141,2	56,8	9,0	4,80	279,8	272,7	278,04	376	17
12	Nguigmi	I	27	211,6	67,6	124,0	58,6	12,8	1,24	-	-	379,20	360	1
13	Nguigmi	I	38	366,8	179,2	187,6	61,1	16,8	3,09	279,8	277,6	278,79	301	7
VIII			162	1362,8	596,8	766,0	56,2	11,9	3,68	279,8	272,7	278,54	327	38
24	Nguigmi	I	47	360,0	321,5	271,2	42,0	8,1	6,91	280,8	-	270,50	(250)	2
25			47	360,0	321,5	271,2	42,0	8,1	6,91	280,8	-	279,30	250	2
7	Bol	I-B	(100)	722,0	(200,0)	(522,0)	(72,3)	(8,3)	(1,00)	280,1	276,9	274,27	239	18
10	Makar	I-B	(67)	468,0	(231,0)	(234,0)	(51,0)	(14,3)	(3,30)	280,2	277,8	278,58	296	8
X			167	1180,0	471,0	739,0	63,2	14,0	2,80	280,3	277,8	278,36	234	29
91	E.L.Mak.	E-B	(9)	324,0	(217,1)	(116,9)	(35,0)	(2,7)	(25,00)	-	-	279,35	(225)	0
91			9	314,0	217,1	116,9	35,0	2,7	25,00	-	-	279,35	225	0
12	Bol	E-L	0	205,2	0	205,2	100	0	0	279,6	278,0	279,10	234	8
13	Boso	E-L	0	104,2	0	104,2	100	0	0	279,9	278,8	279,31	219	6
61	Makar	E-L	0	776,0	0	776,0	100	0	0	279,9	278,8	279,34	218	23
26	Makar	E-L	0	789,8	0	789,8	100	0	0	280,0	278,7	279,25	256	24
XII			0	1893,2	0	1875,2	100	0	0	280,0	278,7	279,20	250	61
27	Makar	I-B	(77)	388,0	(73,5)	(114,8)	(85,0)	(7,3)	(1,00)	280,8	278,9	279,51	229	17
28	Makar	I-B	(31)	912,0	(61,8)	(290,2)	(83,0)	(7,5)	(2,00)	280,4	278,5	279,78	203	22
29	Makar	I-B	(53)	140,0	(66,0)	(374,0)	(83,0)	(7,3)	(2,90)	280,2	279,0	280,00	174	25
XIII			101	1319,0	201,0	1129,0	85,0	7,5	3,00	280,8	278,5	279,77	203	64
TOTAL			1801	22096,0	1372,2	18110,8	79,8	8,3	2,42	-	271,4	278,210	339	813

(a) E - L = eaux libres, I = fics sabieuses, I - B = fics couvertes de grands végétaux aquatiques ou flots-banars

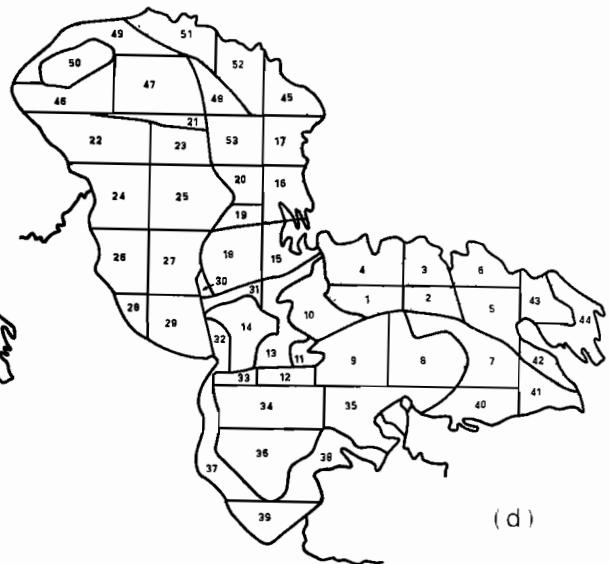
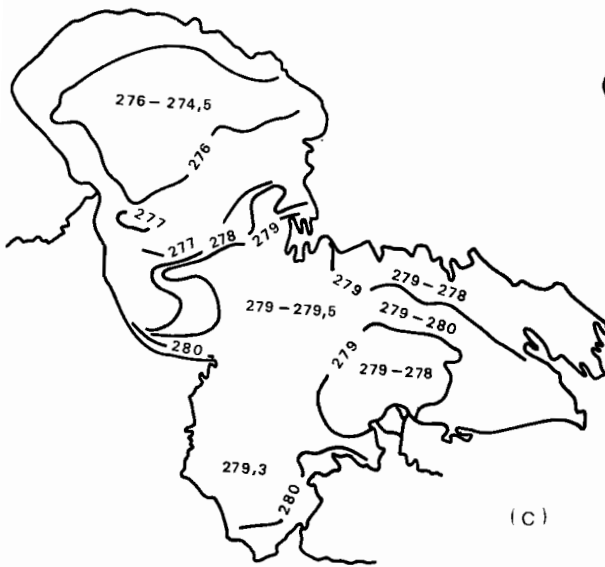
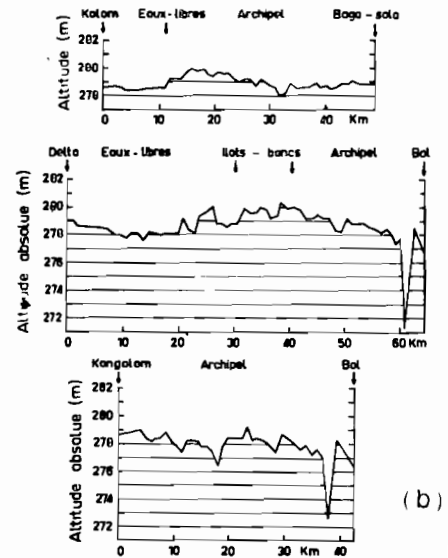
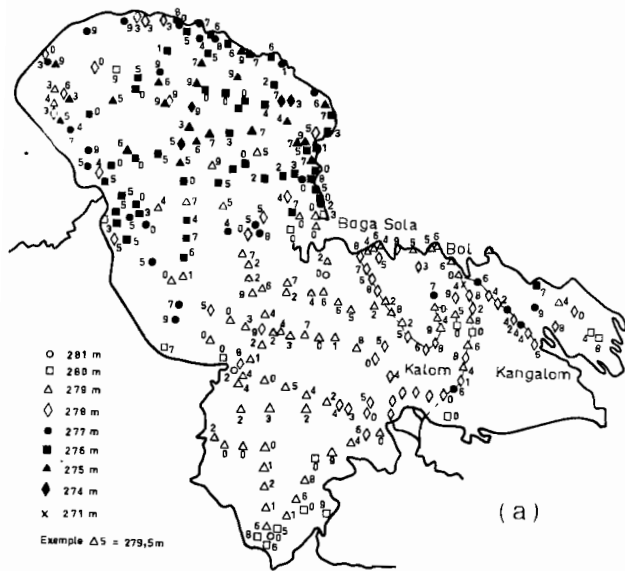


Fig. 2 : -a- Points de mesure de l'altitude absolue des fonds du Lac Tchad. -b- Profils bathymétriques dans la zone 2 du Lac Tchad. -c- Courbes d'égale altitude des fonds du Lac Tchad, en mètre. -d- Subdivision du Lac Tchad en 53 régions.

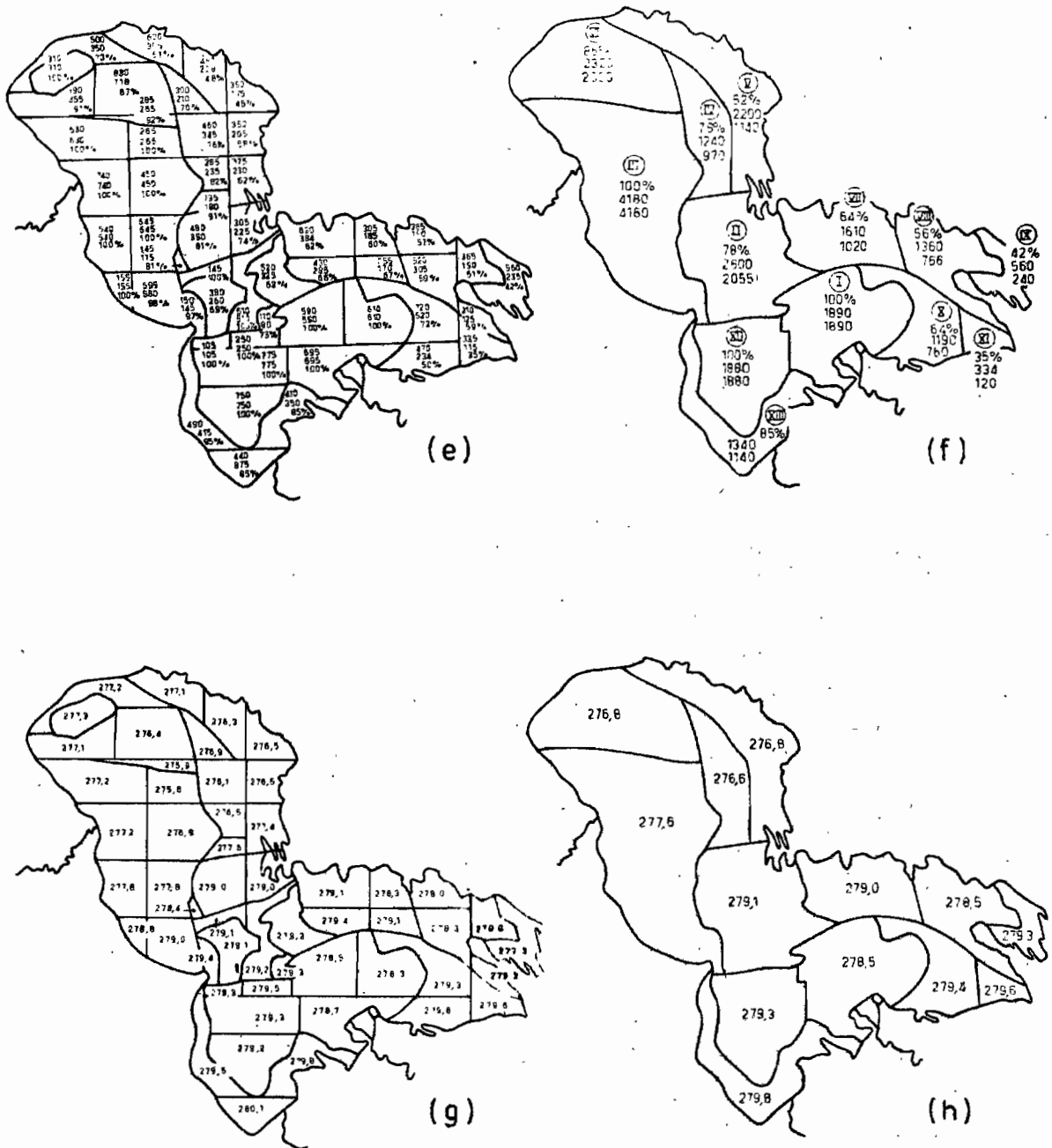


Fig. 2 : -e- Superficie totale (km²), superficie occupée par les eaux (km²) et pourcentage de la superficie occupée par les eaux du Lac Tchad. -f- Pourcentage de la superficie occupée par les eaux, superficie totale (km²) et superficie occupée par les eaux du Lac Tchad dans les grandes régions naturelles. -g- Altitude moyenne des fonds du Lac Tchad, en mètre -h- Altitude moyenne, des fonds du Lac Tchad dans les grandes régions naturelles, en mètre. Les superficies sont valables pour la période 1967 à 1969 et un niveau moyen à 281,8 m.

Le nombre total d'îles et flots-bancs est évalué à 1900 dont 850 d'îles et leur superficie moyenne à 2,4 km², mais il faut reconnaître que cette dernière valeur n'a pas grande signification car la gamme des superficies est très étendue.

4.2. Erreurs sur l'estimation des résultats.

Les erreurs sur l'estimation des superficies sont dues à l'imprécision des mesures et du dessin topographique, ainsi qu'aux variations de superficie en relation avec les variations du niveau du lac au cours de la période considérée.

L'erreur de mesure peut être estimée à $\pm 0,1$ cm² soit 0,4 km² pour chaque île ou flot-banc, et $+ 0,3$ cm² soit $\pm 1,2$ km² pour chacune des 53 régions. L'erreur totale est égale à l'erreur sur chaque mesure multipliée par la racine carrée du nombre de mesures. On adopte la racine carrée afin de tenir compte de la compensation partielle des erreurs. Ainsi, l'erreur est de ± 16 km² sur la superficie totale des îles et flots-bancs planimétrés, de ± 12 km² sur celles des îles, de ± 10 km² sur celle des flots-bancs et ± 9 km² sur les 53 régions du lac.

Dans certaines régions, essentiellement au sud-est et au sud-ouest du lac, on connaît seulement les limites régionales des flots-bancs, mais non leur tracé individuel. La proportion des flots-bancs a été estimée par comparaison avec des régions analogues, d'après les observations globales effectuées en bateau ou en avion. Il est difficile que l'erreur dépasse ± 10 sur l'estimation du coefficient m exprimé en %, soit une erreur comprise entre $+ 480$ et $- 430$ km².

Les surfaces occupées par les grands végétaux ont été considérées comme des flots-bancs. Ils sont environ un millier et couvrent 2000 km². Observés d'avion, il est difficile de savoir si le sol y émerge ou non. D'après les observations aériennes, nous estimons qu'environ la moitié de ces flots étaient inondés, c'est-à-dire réellement des flots-bancs tels que A. BOUCHARDEAU (1957) les a définis. En admettant une marge d'erreur de $+ 250$ km², leur superficie pouvaient ainsi être comprise entre 750 et 1250 km². Ceci augmente, suivant une certaine optique, la superficie des eaux, et les flots-bancs réels représentent alors 4 à 6,5 % de la superficie totale des eaux.

Le tracé exact de la côte est parfois difficile à déterminer pour la période considérée. Le front oriental, de Wadri au delta du Chari a pu être délimité avec une bonne approximation car les complications des bras côtiers permettent un repérage très précis. Il a été défini par les limites atteintes en bateau en avril 1967. Elles correspondent à un seuil sableux ou à un barrage de grands végétaux. Ces limites ont été précisées par la suite grâce aux reconnaissances effectuées sur eau ou sur terre. Les barrages de végétaux freinent mais n'arrêtent pas totalement les eaux. Ceci n'entraîne qu'une erreur inférieure à $+ 92$ km² soit $+ 0,5$ % de la surface des eaux. Ces eaux comprises entre les barrages de végétations et les seuils sableux présentent une évolution physico-chimique et probablement biologique particulière et doivent dans certains cas être prises en considération. Le front occidental est bordé de plaines côtières pouvant dépasser localement 10 km de large. Leur superficie est 515 km² de Wadri à Boso, de 155 km² de Boso à Baga Kawa et de 670 km² de Baga Kawa au delta du Chari soit un total de 1340 km². On a estimé qu'elles étaient exondées d'après des observations faites localement (§ 3). Elles sont parfois couvertes de grands végétaux, ce qui laisse penser que la côte n'est probablement pas déterminable partout de la même façon. Cette indétermination va de pair avec celle due à la fluctuation naturelle du rivage par suite des variations de niveau entre 1967 et 1969. On aurait alors une estimation par défaut. L'erreur pourrait difficilement dépasser le tiers de la surface de ces plaines soit $+ 450$ km² ou $+ 2,5$ % de la surface totale des eaux. L'erreur totale due à l'indétermination de la ligne de rivage est ainsi de $+ 542$ km².

La connaissance de ces erreurs partielles permet de déterminer les valeurs minimales et maximales des différents types de superficie ainsi que les erreurs relatives correspondantes. Ces résultats sont regroupés dans le tableau 2.

Dans l'évaluation de la superficie totale, les erreurs de mesure et de détermination de la ligne de rivage s'ajoutent. Pour la superficie des files et flots-bancs, il convient de faire la somme des erreurs de mesure et des erreurs d'estimation du coefficient m . Dans l'estimation de la superficie des eaux, il faut ajouter l'erreur sur la superficie totale à celle sur la superficie des files et des flots-bancs. On peut alors selon le genre d'étude, s'intéresser uniquement à la superficie des eaux dégagées, ou y ajouter celles des flots-bancs immergés. C'est en effet la valeur minimale de la superficie évaporante à prendre en considération pour le bilan hydrologique. La valeur maximale peut-être définie comme la superficie de tous les flots-bancs et des plaines côtières. Ces dernières et les flots-bancs émergés évaporent à un taux un peu plus faible mais ceci doit être compensé par le fait qu'on néglige la bordure des files également imbibée d'eau.

5 - ALTITUDE DES FONDS.

Les résultats disponibles sur la bathymétrie du lac ont été obtenus par A. BOUCHARDEAU et R. LEFEVRE (1957) qui réalisèrent les premiers enregistrements à l'écho-sondeur, B. BILLON (1963), J.P. CARMOUZE et B. DUPONT (1970) et M.A. ROCHE. Une carte regroupant les valeurs mesurées par les trois premiers auteurs et nous-mêmes est présentée (fig. 2a), ainsi que des profils bathymétriques tracés d'après les mesures effectuées à l'écho-sondeur par B. BILLON - 1963 - (fig. 2b); ces résultats permettent d'esquisser les courbes de niveau du fond (fig. 2c).

Les altitudes moyennes des 53 régions, correspondant au découpage planimétrique (fig. 2d) ont été évaluées en effectuant la moyenne arithmétique de toutes les mesures disponibles (fig. 2g). L'altitude moyenne des 13 grandes régions naturelles, présentée dans le tableau 3, a été obtenue en pondérant celle des 53 régions par leur superficie (fig. 2h). Le tableau 3 indique également les écarts maximums de l'altitude des 53 régions par rapport à l'altitude moyenne des 13 grandes régions naturelles.

L'altitude des différentes régions s'échelonne entre 275,8 et 280,1 m. L'altitude moyenne des fonds du lac est de 278,2 m pour les 18120 km² couverts par les eaux. Ceci représente une profondeur moyenne de 3,6 m lorsque le niveau du lac est à 281,8 m. L'erreur doit être de l'ordre de $\pm 0,3$ m. Si l'on admet arbitrairement que l'altitude des flots-bancs immergés est de 281,0 m, ce qui représente une hauteur d'eau de 0,80 m pour le niveau moyen considéré, l'altitude moyenne des fonds du lac est alors de 278,35 m pour une surface d'eau de 19120 km².

La partie septentrionale du lac est plus profonde que la partie méridionale. Dans la partie méridionale, les fonds sont rarement à une altitude inférieure à 278 m. Les Eaux-libres du sud-est apparaissent comme une région pérideltaïque déprimée par rapport à celles qui l'entourent. Les fonds s'y établissent entre 278,3 et 278,7 m, tandis qu'ils varient dans le Golfe de Meinari entre 279,0 et 279,5 m, pour se relever progressivement en direction des côtes. Les flots-bancs et le sud de l'archipel de la zone 2 correspondent à une surélévation des fonds qui remontent entre 279 et 280 m pour s'abaisser ensuite entre 279 et 278 m en direction des côtes du Kanem.

Tableau 2 : Valeurs moyenne, minimale et maximale des superficies de différents éléments du lac et erreurs relatives à la moyenne.

Superficie	Moyenne km ²	Minimale km ²	Maximale km ²	Erreur relative à la moyenne %	
				-	+
Ensemble du lac	22695	22685	23245	0,04	2,4
Iles + flots-bancs	4575	4130	5070	9,8	11
Iles	2570	2560	2580	0,5	0,5
Ilots-bancs	2005	1565	2495	21	24
Ilots-bancs immergés	1000	530	1500	47	50
Eaux	18120	17615	19115	2,8	5,5
Eaux + Ilots-bancs immergés	19120	18605	20150	2,7	5,4
Eaux + Ilots-bancs + plaines côtières.	-	-	21575	-	-

Tableau 3 : Altitude moyenne des grandes régions naturelles du lac Tchad (fig. 2h) et écarts relevés par rapport à ces moyennes dans les 53 régions définies pour le planimétrage (fig. 1a).

Régions	Altitude moyenne (m)	Variations maximales (m)	
I	278,5	- 0,2	+ 0,2
II	279,1	- 0,7	+ 0,2
III	277,6	- 1,8	+ 1,8
IV	276,6	- 0,5	+ 1,0
V	276,8	- 0,5	+ 0,6
VI	276,8	- 0,9	+ 0,5
VII	279,0	- 0,7	+ 0,4
VIII	278,5	- 1,3	+ 0,3
IX	279,3	-	-
X	279,4	- 0,1	+ 0,2
XI	279,6	-	-
XII	279,3	- 0,1	+ 0,2
XIII	279,8	- 0,5	+ 0,3

L'altitude des fonds de la Grande Barrière varie entre 279,0 et 279,5 m. Dans le bassin septentrional, les fonds s'abaissent progressivement vers le nord de 279 à 275 m pour remonter légèrement de 276 à 277 m vers les côtes du Kanem et en pente plus douce vers les côtes ouest. Le nord du bassin nigérian, des flots-bancs et de l'archipel du Kanem, ainsi que le sud des flots-bancs du Niger sont les régions les plus basses du lac.

Les altitudes les plus faibles, très localisées, atteignent 271,4 m au sud de Bol et plus couramment 275,5 m dans la région des flots-bancs du Niger.

On doit remarquer que le fond est très régulier dans certaines régions tel que le Golfe de Meinari, par contre il peut être irrégulier, dans d'autres régions telles que celles de la Grande Barrière et des Archipels, ce qui est normal puisque le lac y recouvre des dunes mortes. Si les passes entre les files correspondent fréquemment à des seuils sableux, dans certains cas au contraire, des fosses relativement profondes peuvent s'y établir.

6 - VARIATION DES SUPERFICIES EN FONCTION DES NIVEAUX DU LAC.

Ces éléments ne permettent pas de tracer la courbe des superficies inondées en fonction des niveaux du lac car il ne s'agit que de moyennes régionales et les extrémités des courbes fourniraient en particulier des valeurs inexactes. En outre des barrages de végétation et des flots-bancs se développent lors des descentes de niveau. Ceci amène notamment l'isolement total de vastes régions indépendamment semble-t-il de l'altitude des fonds. La courbe indiquerait alors une valeur par excès de la surface réelle des eaux.

Nous n'avons pas pu évaluer la surface du lac lorsque le niveau a oscillé entre 282,3 et 281,2. Sur les côtes orientales nous avons observé un retrait des eaux de plusieurs mètres à dizaine de mètres dans le Kanem, de plusieurs centaines de mètres près de Sangaria ainsi que la création de barrages végétaux dans certains bras. Toutefois, à cause des rives dunaires abruptes du Kanem, la variation de superficie est relativement faible en comparaison avec la côte occidentale très faiblement inclinée où nous avons estimé une variation de superficie inférieure à 445 km² (§ 4).

La superficie inondable au-delà du front côtier 1967-1969 a été planimétrée. Pour un niveau qui devrait dépasser probablement 285 m, et sans préjuger alors du rôle du Bahr el Ghazal, cette superficie atteindrait 1350 km² sur la côte orientale et 865 km² sur la côte occidentale, soit un total de 2200 km². En réévaluant les coefficients de la superficie des eaux par rapport à la superficie totale dans les différentes zones du lac, les eaux occuperaient alors 19765 km² de la surface en deçà du front côtier. Ainsi il paraît peu probable à l'époque actuelle, que la superficie des eaux puisse dépasser 22000 km².

7 - VOLUME D'EAU DU LAC.

Les altitudes et superficies moyennes obtenues permettent d'estimer des valeurs du volume d'eau du lac. Pour des niveaux compris entre 282,3 et 281,2 m, les volumes calculés sont respectivement de 74.10⁹ et 54.10⁹ m³ avec une valeur moyenne de 65.10⁹ m³.

Pour un niveau à 285 m, le volume serait de l'ordre de 130.10⁹ m³.

Bibliographie

- BILLON, B. et BOULIN, E. - 1962 - Navigation entre Fort-Lamy et les cuvettes lacustres. O.R.S.T.O.M., Sect. Hydrol., 57 p., Annexe.
- BOUCHARDEAU, A. et LEFEVRE, R. - 1957 - Monographie hydrologique du lac Tchad. O.R.S.T.O.M., Sect. Hydrol., 112 p., 24 fig., 1 carte.
- CARMOUZE, J.P. et DUPONT, B. - 1970 - Nouvelles approximations sur la bathymétrie et la superficie du lac Tchad. O.R.S.T.O.M., Sect. Hydrobiol. et Géol., 1 p., 4 fig.
- DUPONT, B. - 1970 - Distribution et nature des fonds du lac Tchad (nouvelles données). Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol. II, n° 1, 1970, p. 9-42, 17 fig. Annexe.
- HOPSON, A.J. - 1968 - Annual report 1966-1967, Federal Fisheries Services, Lake Tchad Research Station, Malamfatori. 83 p.
- ILTIS, A. et ROCHE, M.A. - 1967 - Compte rendu de mission sur le lac Tchad. O.R.S.T.O.M., Sect. Hydrobiol. et Hydrol., 8 p., 1 carte.
- TOUCHEBEUF de LUSSIGNY, P. - 1969 - Monographie hydrologique du lac Tchad. O.R.S.T.O.M., Sect. Hydrol., 169 p., Annexe.
-