

BASSIN TCHADIEN

Coordonnateur

CHAD BASIN

Co-ordinator

Christian LEVEQUE

Le bassin tchadien occupe une surface de 2 300 000 Km². Il se subdivise en bassins endoréiques secondaires dont le plus vaste est celui du lac Tchad (entre 6° et 20° N, 7° et 25° E), vestige d'une vaste étendue lacustre équivalente à la mer Caspienne qui existait il y a 6000 ans B.P.

Le lac Tchad est alimenté par le Chari grossi du Logone dont le bassin versant occupe près de 700 000 km² et présente de vastes plaines au relief monotone envahies par les eaux au moment de la crue. A l'ouest, un autre tributaire, la Komadougou Yobé, traverse également une plaine marécageuse.

Le lac Fitri, bassin endoréique secondaire alimenté par le Batha, est une réplique miniature du lac Tchad.

Enfin, les déversements du Logone sur sa rive gauche donnent naissance aux lacs Toubouris drainés à l'aval par le Mayo Kebi, affluent de la Benoué. Ce trait d'union entre les bassins du Tchad et du Niger sera traité dans ce chapitre bien qu'il soit parfois considéré comme appartenant au bassin du Niger.

Il n'est bien entendu pas possible de décrire dans le détail les différentes zones humides du bassin tchadien pour lesquelles, à l'exception du lac proprement dit, on ne possède généralement que très peu d'informations. Nous nous sommes donc limités ici aux principales zones humides (carte fig. 4.1).

4.1. LAC TCHAD

par Christian LEVEQUE

1. Géographie et géomorphologie

Situation: Le lac Tchad est partagé entre le Tchad, le Niger, le Nigéria et le Cameroun. Il est compris entre 12° et 14° 20' N, 13° et 15° 20' E. Le plan d'eau est à l'altitude de 283 m.

Surface: Le lac Tchad, suivant les fluctuations climatiques, occupe tout ou partie d'une cuvette endoréique de 25 000 km². La cuvette tchadienne s'étend sur 2 300 000 km² entre 5° et 25° N, 7° et 25° E.

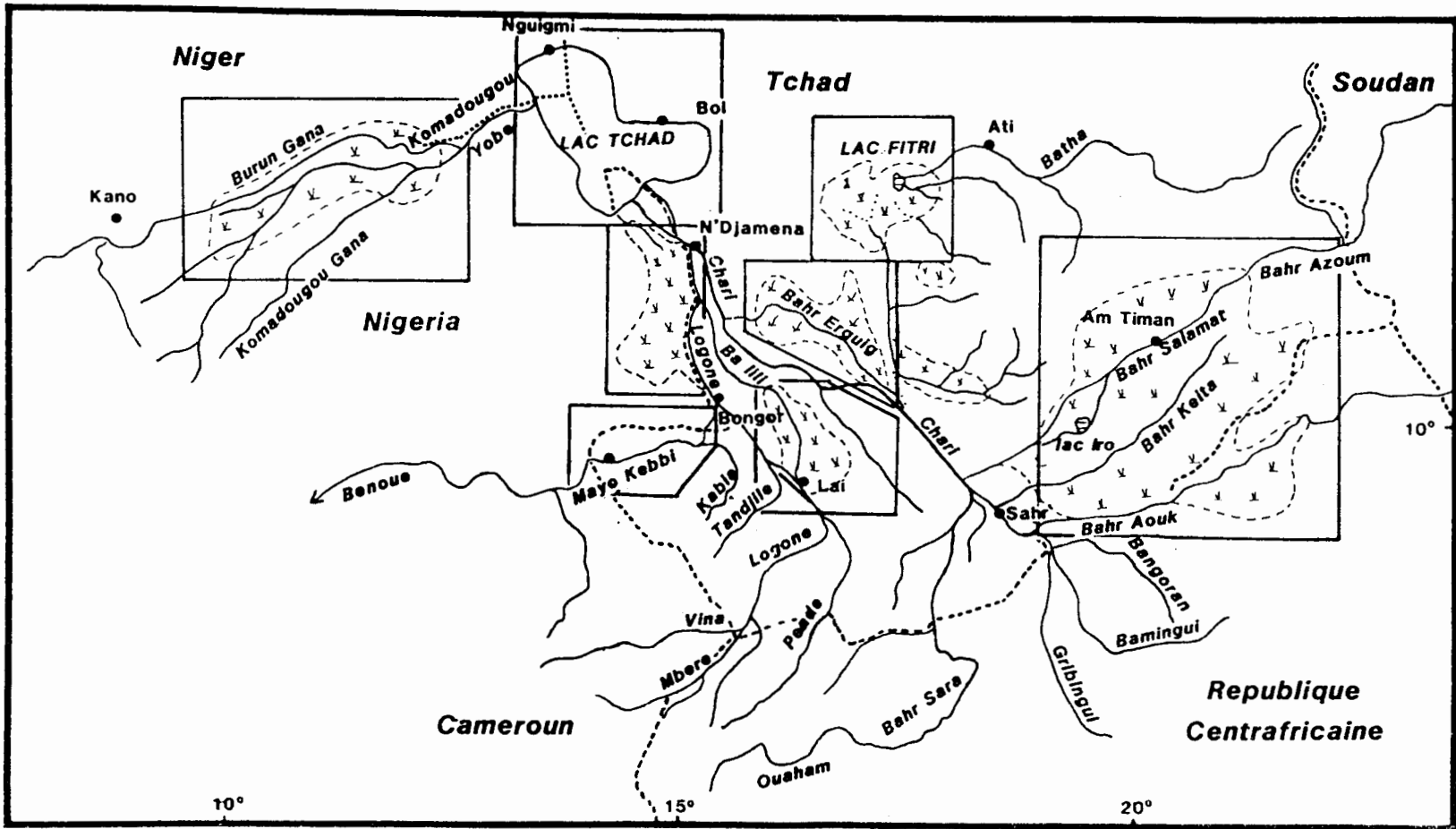


Fig. 4.1 Situation générale du bassin tchadien et des principales zones traitées dans le chapitre.

Actuellement les bassins d'alimentation sont ceux du Chari et du Logone situés dans la partie méridionale de la cuvette et qui ne représentent que 25% de la superficie totale de celle-ci.

Paysages: Le lac Tchad occupe une partie d'un erg orienté SE-NW. Il est entouré de dunes sur toute sa côte orientale. Le relief est extrêmement plat, à l'exception des rochers d'Hadjer el Hamis d'origine volcanique.

Le lac lui-même présente trois grands types de paysages (fig. 4.3).

- des îles très nombreuses sur la bordure orientale qui correspondent au sommet exondé des dunes de l'erg immergé.
- des îles de végétation, enracinées ou flottantes, dénommées îlots bancs (Cyperus papyrus et Phragmites principalement).
- des zones d'eaux libres.

2. Morphométrie

Le lac peut être divisé en une cuvette sud et une cuvette nord séparées par un étranglement constitué de hauts fonds et appelé la Grande Barrière. Celle-ci est envahie par la végétation lorsque le niveau du lac est bas.

Les caractéristiques morphologiques dépendent étroitement des conditions hydrologiques, et notamment du niveau de l'eau (fig. 4.4) qui peuvent varier très rapidement en quelques années. On distingue schématiquement trois états (fig. 4.5).

- "Tchad Normal", qui correspond à une situation moyenne. L'altitude du plan d'eau est de 282 m pour une surface d'environ 20 000 km². La profondeur moyenne de la cuvette sud est de l'ordre de 3 m, celle de la cuvette nord de 5 m.
- "Petit Tchad": l'altitude du plan d'eau est de 280 m. Il y a séparation des cuvettes nord et sud par exondation de la Grande Barrière et assèchement de la cuvette nord. Le lac est alors réduit à la cuvette sud. Cette situation est survenue en 1975 par exemple et se poursuit actuellement.
- "Grand Tchad": l'altitude du plan d'eau est de 283 m et la surface est estimée à 25 000 km². Cette situation a été observée de 1963-1965 par exemple.

3. Géologie

Le remplissage quaternaire du bassin est de type fluvio-lacustre avec un empilement séquentiel de phases sableuses et argileuses. Les sédiments sont déposés sur une épaisseur de plusieurs centaines de mètres. La profondeur du socle a été déterminée par réfraction sismique à 550 m dans la région de N'Djaména. Le socle s'enfoncerait de façon continue vers le nord du lac et serait à 1500 m de profondeur à la frontière nigérienne. L'activité tectonique paraît marquer la région selon une direction SW-NE et est confirmée par la présence de pitons rocheux (les "hadjer"), situés au S.E. du lac et des anomalies gravimétriques au nord du 13ème parallèle.

Sédimentologie

On ne rencontre que des substrats meubles dans le lac Tchad. Quatre types principaux de sédiments ont été identifiés (Dupont 1967, 1970):

- la vase présente généralement en suspension fine et homogène. La teneur en eau est 2,5 à 5 fois le poids sec et il y a une fraction non négligeable de matière organique (10 à 15%). A proximité des bordures végétales, les débris en décomposition sont particulièrement abondants et le sédiment (zones d'archipel et d'îlots bancs) acquiert un faciès plus tourbeux;
- l'argile qui peut être plus ou moins structurée ou se présenter sous forme de granules. La teneur en eau varie de 40 à 130% du poids sec et la fraction organique ne dépasse pas 5%. Ce sédiment est surtout abondant dans les eaux libres et occupe 30% environ des fonds de l'archipel.
- les pseudo-sables qui sont des granules de 0,2 à 0,3 mm de diamètre constituent des bancs de 5 à 15 cm d'épaisseur. Ces oolithes ferrugineux composés essentiellement de goethite et de nontronite abondent dans les eaux libres du sud.
- les sables d'origine fluviale ou éolienne.

Dans la partie septentrionale du lac, on note la présence de carbonates (calcite), de silice amorphe et d'argiles magnésiennes.

Paléolimnologie (Servant M. & Servant S. 1983)

A la fin du Tertiaire, la cuvette tchadienne était occupée par de très grands lacs qui ont déposé des sédiments d'une épaisseur de plusieurs centaines de mètres. Au Pliocène supérieur et au début du Pléistocène, les changements climatiques ont entraîné l'assèchement du bassin.

L'environnement lacustre de la cuvette tchadienne s'est modifié considérablement au cours du quaternaire récent en fonction des variations climatiques. Des études palynologiques, géologiques et l'examen des Diatomées fossiles ont montré que:

- entre 40 000 et 18 000 ans BP, la cuvette était occupée par de nombreux lacs. La présence de sable éoliens indique qu'ils s'asséchaient par intermittence.
- de 18 000 à 13 000 ans BP, ces lacs ont complètement disparu et le sédiment a été remanié par le vent;
- depuis 13 000 ans BP de nombreux lacs se sont de nouveau installés dans le bassin, avec également des périodes d'assèchements. Beaucoup d'auteurs reconnaissent l'existence d'une vaste étendue lacustre vers 5-6000 ans BP qui atteignait les dimensions de la mer Caspienne.

4. Climat

As_{7a} (Köppen). Saison sèche froide (novembre à février); saison sèche chaude (mars à mai); saison pluvieuse chaude (juin à octobre) (fig. 4.2).

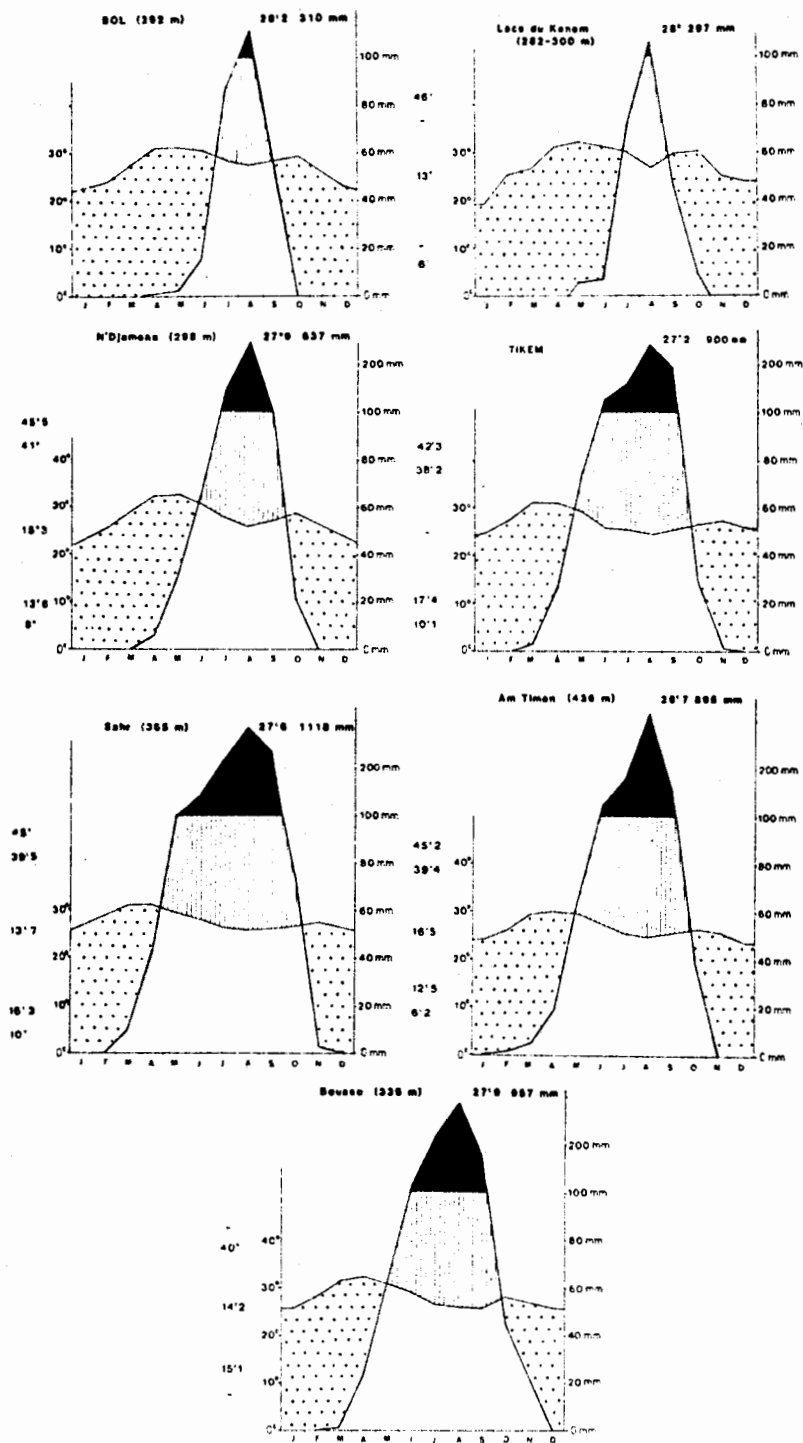


Fig. 4.2 Diagrammes climatiques du bassin tchadien.

Insolation: Moy. ann. (1965-1970): 3413 h.an⁻¹ (station Bol Dune); max. en octobre-décembre (305 à 309 h); min. en août (230 h). Le mois d'août est le plus nuageux. A Nguigmi (1957-1965), 3380 h.an⁻¹.

Rayonnement solaire global incident: (V. Fig. 4.6): moy. ann. mesurée à N'Djaména: $23,08 \cdot 10^6 \cdot J \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$; min. $21,4 \cdot 10^6 \cdot J \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ en janvier; max. $25 \cdot 10^6 \cdot J \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ en mars.

Vents: L'harmattan souffle du NE d'octobre à avril, et la mousson de SW de mai à septembre. Ces vents relativement forts soufflent surtout le matin de 6 h à 12 h et la vitesse moyenne est supérieure à 5 m.s⁻¹ pendant 6 h chaque jour. A ces deux vents principaux se conjuguent des vents locaux, provoqués par des ascendances thermiques, dirigés la nuit vers le lac, et le jour vers les rives. 134 km.j⁻¹ à Bol (1965-70).

Pluviométrie: moy. ann.: 325 mm (entre 123 et 565 mm); max. en août (40 à 60% du total annuel).

Durée moyenne de la saison sèche: d'octobre à mai.

Evaporation (station de Bol):

- Bac Colorado en sol nu, moyenne annuelle (1965-1970): 3298 mm
- Bac de classe A, moyenne annuelle (1965-1970): 3778 mm
- Evaporimètre Piche, moyenne annuelle (1965-1970): 2672 mm.

L'évaporation moyenne annuelle du lac Tchad (2150 mm), estimée par le bilan hydrologique, est très proche de l'évapotranspiration potentielle mesurée sur lysimètre à Matafo (2160 mm de 1964 à 1970 avec un écart interannuel d'env. 7%). L'ETP est maximum de mars à juin (20 à 25 cm) et d'octobre à novembre (19 cm).

Température de l'air:

- Moyennes annuelles entre 27° et 28°
- Moyennes mensuelles 28 à 32° en saison chaude; 26 à 28° en saison des pluies; 21 à 23° en saison fraîche
- Max.: En avril-mai (moy. max. journalière 39-40°; moy. min. journalière 23-26°); min. en janvier (moy. max. journ. 29-33°C; moy. min. journ. 11-15°C)
- Ecart diurne: Max. de décembre à février (16 à 20°C), min. en saison des pluies (7 à 10°C).

Humidité de l'air: Elle est maximale en août (72 à 81%) et minimale en février-mars (23 à 31%). La moyenne annuelle ne dépasse pas 36%. L'humidité est maximale pendant la nuit, minimale vers midi.

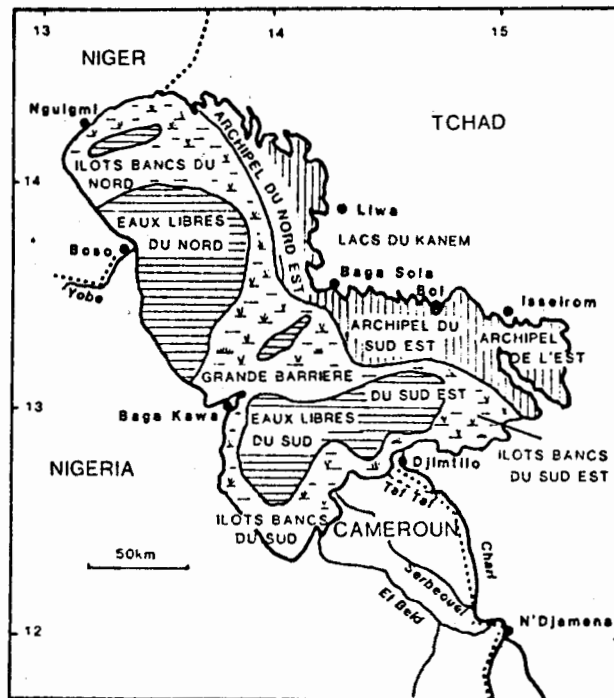


Fig. 4.3. Paysages et principales régions du lac Tchad à la cote 281,9 m (d'après Carmouze 1976)

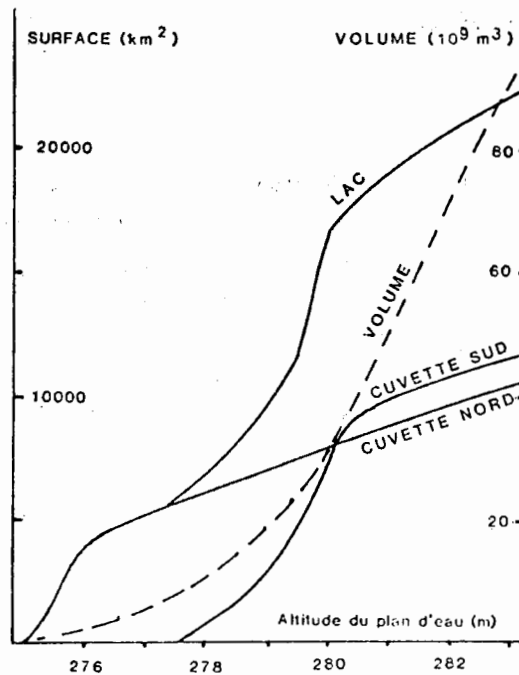
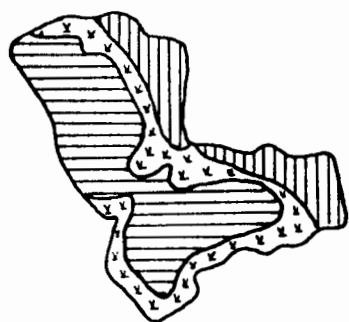
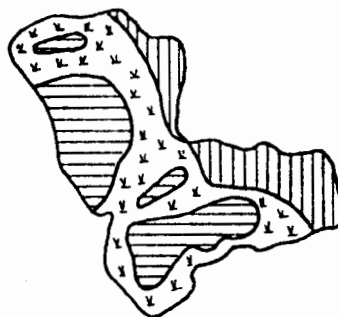


Fig. 4.4. Lac Tchad: relation entre l'altitude du plan d'eau, la surface et le volume du lac Tchad (d'après Carmouze & Lemoalle 1983)

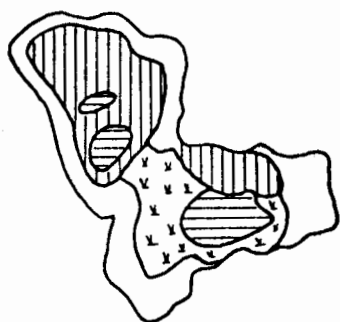
BASSIN TCHADIEN



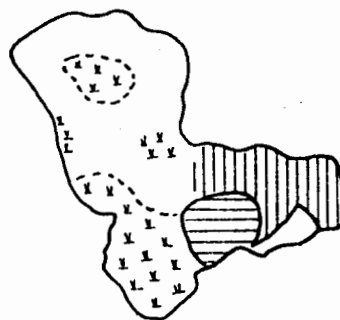
GRAND TCHAD (alt. 283 m)



TCHAD NORMAL (alt. 282 m)



**PETIT TCHAD (déc. 1973)
(alt. 279,5 m)**



**PETIT TCHAD (juillet 1975)
(alt. 280 m)**



eaux libres



archipels



**îlots bancs et
végétation immergée**

Fig. 4.5 Paysages et état du lac Tchad en fonction de l'altitude du plan d'eau.

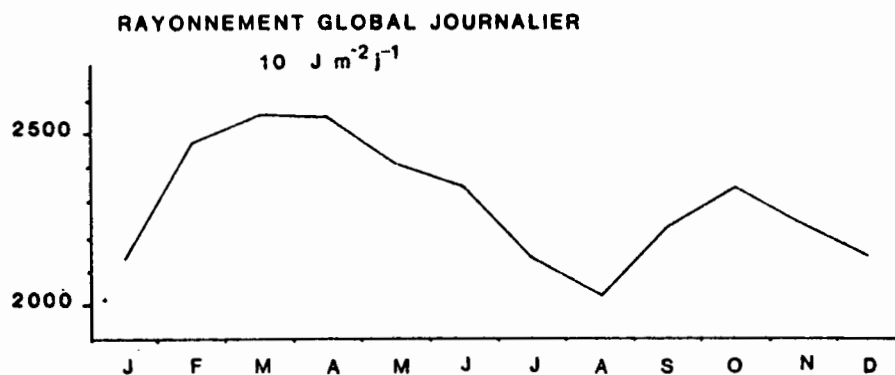


Fig. 4.6 Rayonnement global journalier à N'Djamena (1968-1973)
 (Lemoalle 1979).

5. Hydrographie et hydrologie

Le lac Tchad est un bassin endoréique. Le volume du lac (72.10^9 m^3 en moyenne) résulte d'un équilibre entre les apports essentiellement d'origine fluviale et les pertes dues surtout à l'évaporation (fig. 4.7).

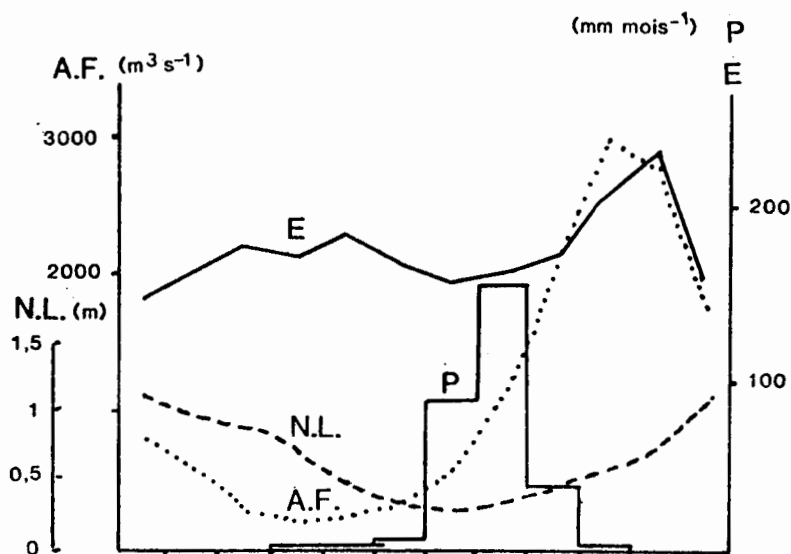


Fig. 4.7 Moyennes mensuelles des différents éléments du bilan hydrologique du lac Tchad. E: évaporation; P: pluviométrie; A.F.: fluviaux; N.L.: niveau du lac.

Les apports fluviaux proviennent essentiellement du Chari (91%) et à un moindre degré du Serbeouel (5%), de l'El Beid (3%) et de la Komadougou (1%). Le Chari au Delta se caractérise par un régime tropical avec une crue qui débute en juin pour atteindre un maximum entre mi-novembre et mi-décembre. 85% du volume annuel est déversé de juillet à décembre, dont 59% de septembre à novembre.

Le régime du Serbeouel dépend de celui du Chari. L'El Beid coule à partir d'octobre et a un débit maximum en décembre et janvier, ainsi que la Yobé dont la crue débute en juillet.

Les apports par les pluies ont lieu de juillet à septembre, donc avant le maximum des apports fluviaux.

Le niveau du lac atteint son maximum en décembre-janvier, et l'étiage intervient en juillet. L'écart entre les niveaux est en moyenne $0,93 \text{ m} \pm 0,40 \text{ m}$.

En raison de sa faible profondeur et de son faible volume, le lac amortit mal les variations importantes de l'hydrologie des tributaires. Ainsi, les crues faibles de 1972-73, 73-74 et 82-83 ont entraîné une importante réduction de la superficie et l'isolement puis l'assèchement de la cuvette nord. Une telle situation avait déjà été observée au cours des deux épisodes arides centrés sur les années 1913 et 1942 (fig. 8).

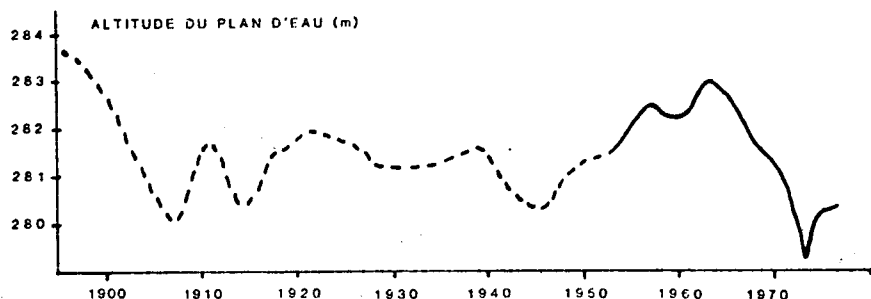


Fig. 4.8 Variations de la cote moyenne du plan d'eau de 1985 à 1975. Observé: trait plein; reconstitué: pointillé.

6. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Température: La température moyenne annuelle varie entre 25,5° et 27,5°C. (min. de décembre à février: 17 à 21°; max. en avril-mai: plus de 30°).

La moyenne des écarts journaliers est d'environ 2°C. Le lac ne présente pas de stratification thermique; une telle situation peut cependant apparaître durant les périodes sans vents.

Tableau 4.1 - Bilan hydrologique du lac Tchad en situation moyenne.

	APPORTS $10^9 \text{m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$		PERTES $10^9 \text{m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$		
		%		%	
Tributaires	41,5	87	Evaporation	44	92
Pluies	6,35	13	Infiltration	3,85	8

Transparence: Elle varie selon les saisons, les régions du lac, et la cote du plan d'eau. Au stade "Tchad Normal", dans les eaux libres de la cuvette sud, elle est maximale en décembre-janvier (1 m) et minimale en août (20 cm). Ces variations sont moins marquées dans l'archipel. Dans la cuvette nord, la transparence est comprise entre 60 et 90 cm.

Lorsqu'on évolue vers un état "Petit Tchad", la transparence diminue rapidement et atteint des valeurs très faibles (10 cm) dans la plupart des régions.

pH: Le pH des eaux du Chari varie entre 7 et 8. Dans le lac il ne dépasse pas 8 dans la cuvette sud et atteint 9 dans la cuvette nord (tabl. 4.2).

Conductivité: Elle augmente avec l'éloignement par rapport au delta du Chari (tabl. 4.2). Elle est en moyenne de $450 \cdot 10^{-6} \text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Salinité: Elle évolue dans le temps et dans l'espace.

- En période "Tchad Normal" Chari: $40-70 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$; eaux libres de la cuvette sud: $60 \text{ à } 120 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$; archipel de la cuvette sud: $100 \text{ à } 150 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ avec des valeurs de $300 \text{ à } 400 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ dans certaines zones; cuvette nord: $700 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ en moyenne avec des valeurs de $800 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ dans l'extrême nord.

- En période "Petit Tchad", eaux libres de la cuvette sud: $40 \text{ à } 80 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$; archipel de la cuvette sud: $500 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$; eaux libres de la cuvette nord: $1000 \text{ à } 3000 \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Hydrochimie: La composition chimique des eaux varie qualitativement et quantitativement d'une région à l'autre. Les compositions moyennes en période "Tchad Normal" sont indiquées dans le tableau 4.2. Près du delta du Chari, les eaux sont faiblement minéralisées et carbonatées calciques et magnésiennes. Elles se concentrent progressivement vers le nord sous l'effet de l'évaporation et la proportion des différents éléments se modifie. Les saumures terminales sont chlorurées sodiques et potassiques avec une réserve alcaline importante.

Les variations saisonnières sont plus accentuées dans les régions proches du Chari.

En période de "Petit Tchad", les eaux résiduelles de la cuvette nord deviennent très alcalines (pH 9,2) avant l'assèchement. Dans la cuvette sud, les caractéristiques restent proches de celles observées en période "Tchad Normal". Les eaux sont de type bicarbonaté-sodique.

Phosphates: Quelques dosages de phosphates dissous ont été réalisés en période "Tchad Normal" (tableau 4.2).

Tableau 4.2. Composition chimique des eaux en période Tchad "Normal" dans les principales régions du lac Tchad (fig. 1). Les valeurs sont en mg.l^{-1} quand l'unité n'est pas indiquée. D'après Carmouze (1976) et Gac (1980). Les valeurs entre parenthèses sont approximatives et déduites des expériences d'évaporation.

Zones	Cond. 10^{-6}S.cm^{-1}	pH	Na	K	Ca	Mg	Somme cations	Alc	Cl	SO ₄	Somme anions	PO ₄ 10^{-6}g.l^{-1}	H ₄ SiO ₄ mM.l^{-1}	Salinité mg.l^{-1}
Archipel nord	687	8,7	2,83	0,86	2,09	1,72	7,50	7,34	(0,40)	(0,15)	7,89	1000-3000	1,06	695
Ilots - bancs nord	725	8,7	2,82	0,82	2,36	1,98	7,98	7,74	(0,35)	(0,14)	8,23	n.d.	1,02	700
Eaux libres nord	407	8,1	1,59	0,47	1,32	1,10	4,48	4,35	(0,23)	(0,07)	4,65	100-1200	0,73	415
Archipel est	237	7,7	0,84	0,24	0,91	0,59	2,58	2,53	(0,11)	(0,05)	2,69	500-1200	1,08	280
Grande Barrière	190	8,0	0,68	0,21	0,66	0,52	2,07	2,03	(0,09)	(0,03)	2,15	n.d.	0,73	216
Archipel sud-est	105	7,4	0,32	0,10	0,44	0,32	1,18	1,15	(0,05)	(0,02)	1,22	100-400	0,64	135
Eaux libres sud	83	7,2	0,28	0,09	0,32	0,24	0,93	0,89	(0,04)	(0,01)	0,94	n.d.	0,50	109
Ilots bancs sud-est	87	7,4	0,24	0,08	0,36	0,29	0,96	0,93	(0,04)	(0,01)	0,98	n.d.	0,53	110
Eaux libres sud-est	58	7,2	0,16	0,06	0,24	0,18	0,64	0,62	(0,04)	moins de 0,01	0,67	10-250	0,41	77
Chari	60	7,3	0,13	0,05	0,20	0,15	0,53	0,52	(0,03)	moins de 0,01	0,56	n.d.	0,37	66

Composés azotés: Seuls quelques dosages ont été réalisés dans l'archipel du sud-est: azote ammoniacal 100 à $200 \cdot 10^{-6} \text{gN l}^{-1}$; nitrates et nitrites inférieur à $40 \cdot 10^{-6} \text{gN l}^{-1}$; azote "Kjeldahl particulaire" de l'ordre de $1'000 \cdot 10^{-6} \text{g l}^{-1}$; azote organique soluble, environ $400 \cdot 10^{-6} \text{g N l}^{-1}$. Les faibles teneurs en composés azotés sont typiques des eaux tropicales.

Oxygène: En période "Tchad Normal", distribution homogène dans toute la colonne d'eau le matin, quand la concentration approche la saturation. Pendant la journée, la concentration augmente en surface (120% saturation) et diminue un peu en profondeur (rarement moins de 80% de saturation). Une stratification peut apparaître pendant les périodes sans vents. La teneur en oxygène à saturation varie entre $9,32 \text{mg.l}^{-1}$ (18°C) et $7,09 \text{mg.l}^{-1}$ (32°C).

Des conditions anoxiques sont apparues dans certaines régions en période "Petit Tchad".

Régime thermique: Polymictique tropical.

Régulation saline: Les eaux du lac Tchad restent douces bien qu'il s'agisse d'un bassin endoréique dans lequel s'évaporent les apports des fleuves. Cette relative stabilité de la composition chimique est due à l'action de plusieurs facteurs qui contribuent à maintenir un équilibre entre le stock en sels et le volume d'eau en fonction des variations hydrologiques. La faible salure des eaux dépend de trois facteurs principaux (Carmouze 1976; Gac 1980):

- La faible salure des eaux fluviales (50 à 60mg l^{-1}) qui est la moitié environ de la salure des eaux lacustres;
- L'importance des pertes par infiltration (7,5% des pertes annuelles en eau) qui permettent d'évacuer une importante quantité de sels.
- Une sédimentation biogéochimique considérable qui touche essentiellement la silice, le calcium, le magnésium, les carbonates, et à un moindre degré le potassium. La séquence des minéraux néoformés et leur nature sont contrôlés par l'importance des flux détritiques (nontronite, calcite faiblement magnésienne et silice amorphe) ou leur absence (calcite magnésienne, silice amorphe et smectites magnésiennes) (Carmouze 1976).

7. Macrophytes (Iltis & Lemoalle 1983)

Les macrophytes émergés sont particulièrement abondants dans le lac Tchad. Vossia cuspidata se développe surtout près du delta du Chari. Cyperus papyrus abondant dans la cuvette sud, disparaît progressivement vers le nord avec l'augmentation de salinité, alors que c'est l'inverse pour Typha australis. Phragmites australis est abondant partout. Cyperus laevigatus, caractéristique des bords des mares salées du Kanem, apparaît sporadiquement dans l'extrême nord du lac.

Lors de la baisse du lac (1973-75) on a observé un important développement de Aeschynomene elaphroxylon, peu abondant en période "Tchad normal".

Dans les zones peu profondes, Cyperus papyrus et Phragmites australis constituent des îles de végétation parfois très étendues. Lorsque le niveau de l'eau monte, ces îles peuvent devenir en partie flottantes.

Certaines parties se détachent alors, constituant des "Kirtas" qui se déplacent au gré des vents et des courants.

La végétation immergée comprend essentiellement des Potamogeton spp Ceratophyllum demersum, Vallisneria spp., Utricularia spp., Nymphaea spp.

En bordure des côtes, on observe des Pycnopus mundtii, Leersia hexandra et Cyperus articulatus. Le palmier doum (Hyphaene thebaïca) se développe à la limite des eaux.

La biomasse des parties aériennes des macrophytes émergés a été estimée (en poids sec) à 31 t.ha⁻¹ pour Phragmites, 28 t.ha⁻¹ pour Cyperus papyrus, 17,5 t.ha⁻¹ pour Vossia et 15,5 t.ha⁻¹ pour Typha. En période "Tchad Normal", la biomasse totale pour l'ensemble du lac était de 7,2.10⁶ t pour les parties aériennes, et 13.10⁶ t pour les racines (poids sec). Les macrophytes couvraient alors 2400 km².

8. Phytoplancton

Plus de 1000 espèces d'algues ont été identifiées dans le lac Tchad (Compère 1972-1977). Les Desmidiacées et les Diatomées dominent qualitativement alors que les Cyanophycées jouent un rôle important sur le plan quantitatif (30 à 50% du biovolume algal en 1971-72 (Iltis 1977)).

En période "Tchad Normal", on peut distinguer quatre régions sur la base des peuplements algaux (Iltis 1983):

- Les eaux libres du nord où Closterium aciculare (Desmidiées) domine la majeure partie de l'année; Pediastrum, Botryococcus et Microcystis sont abondants, alors que la diatomée Melosira granulata est absente.
- L'archipel et les îlots bancs du nord-est où dominent les Cyanophycées (Anabaena et Microcystis), alors que Closterium, Botryococcus et Pediastrum sont encore abondants.
- Les eaux libres du sud et du sud-est où les diatomées Melosira granulata et Surirella muelleri constituent l'essentiel du phytoplancton.
- Les archipels de la cuvette sud où les Cyanophycées sont abondantes (Microcystis, Anabaena), occasionnellement Surirella, Pediastrum et Melosira.

Les plus grandes densités ont été observées dans les archipels (1,4 à 2.10⁻⁶l.l⁻¹), mais la densité est beaucoup plus faible dans les eaux libres de la cuvette sud (0,03 à 0,22.10⁻⁶l.l⁻¹). La biomasse totale était estimée à environ 40 800 t (poids frais) en 1971 pour l'ensemble du lac (18 000 km²), soit 6200 t en poids sec si l'on utilise un coefficient de 15%.

Avec la baisse du niveau du lac, le plancton des eaux libres du sud évolue vers un plancton de type fluvial plus diversifié, plus dense et présentant des fluctuations saisonnières bien marquées, avec notamment un développement considérable des Euglènes à l'étiage. Dans les zones d'archipel de la cuvette sud, des mares sont isolées temporairement en période "Petit Tchad". La biomasse atteint 7 à 8 mg.l⁻¹ à l'étiage mais décroît avec l'arrivée des eaux de crue. Les Euglénophycées sont

dominantes et les Cyanophycées encore bien représentées. Dans la cuvette nord, on a également observé une augmentation de la biomasse avant l'isolement de cette région. Au cours de la phase d'assèchement, des valeurs de $180.10^{-6} \text{ l.l}^{-1}$ ont été atteintes en novembre 1974 (1658 mg Chl. a). Le phytoplancton était essentiellement constitué de Diatomées et de Chlorophycées.

La biomasse totale (en poids frais) a été estimée à 77 000 t en janvier 1972 (17 000 km²), 183 000 t en mars 1974 (7500 km²), 187 000 t en novembre 1974 (10 000 km²), 244 000 t en février 1975 (11 000 km²). Ces estimations n'incluent pas le périphyton, abondant sur les végétaux immergés.

Les concentrations en chlorophylle (B, en mg Chl a m⁻³) et la production primaire ont également été suivies en fonction des conditions de milieu de 1968 à 1976 (Lemoalle 1979). Il a été montré que, dans chaque type de paysage, la concentration du phytoplancton évolue en fonction de la conductivité et de la profondeur. L'ensemble des résultats forme une seule relation:

$$\log B = 0,093 + 0,798 \log (\text{IME})$$

où l'index morpho-édaphique est égal à la conductivité ($10^{-6} \text{ S.cm}^{-1}$) divisée par la profondeur (m.).

- La production optimale horaire ($\text{mg O}_2 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) était décrite par: $\log A_{\text{opt}} = 1,22 + 1,044 \log B$ pour B compris entre 10 et 10 000 et la production journalière ($\text{mg O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) valant 9,1 fois la production horaire ($\text{mg O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) en milieu de journée, la production horaire valant k. $A_{\text{opt}} \text{ DS}$, où k = 1,2 à 2,07 selon le type d'eau et la période d'évolution du lac, et DS est la transparence (m) mesurée au disque de Secchi.

9. Invertébrés

Zooplancton: Il est représenté par plus de 30 espèces de Rotifères (Pourriot 1968) et de nombreuses espèces de microcrustacés. Durant la période "Tchad Normal" 8 espèces de Cladocères étaient relativement abondantes (Diaphanosoma excisum, Daphnia barbata, D. longispina, D. lumholtzi, Ceriodaphnia cornuta, C. affinis, Moina micrura dubia, Bosmina longirostris) ainsi que cinq espèces de Copépodes: deux Diaptomides (Tropodiatomus incognitus et Thermodiatomus galebi) et trois Cyclopidés (Thermocyclops neglectus, T. incisus circusi, Mesocyclops cf. leuckarti).

Il n'y a pas de variations importantes de la structure des populations dans l'ensemble du lac, mais trois zones ont pu être identifiées en période Tchad Normal sur la base de la densité des organismes et les cycles d'abondance:

- Eaux libres du sud et du sud-est (95 ind. l^{-1} ; 110 mg.m^{-3} ; $0,25 \text{ g.m}^{-2}$) où les variations de densité sont importantes au cours de l'année;
- Archipels et îlots bancs de la cuvette sud (318 ind. l^{-1} ; 333 mg.m^{-3} ; $0,7 \text{ g.m}^{-2}$) où les variations saisonnières sont faibles;
- La cuvette nord (224 ind. l^{-1} ; 216 mg.m^{-3} ; $0,9 \text{ g.m}^{-2}$).

La biomasse totale a été estimée à 12 200 t (poids sec) en 1971, soit $0,81 \text{ g.m}^{-2}$ (Saint Jean 1983).

La croissance et les cycles des principales espèces ont été étudiés (Gras & Saint Jean 1976, 1978, 1981; Lévêque & Saint Jean 1983).

Le rapport P/B annuel est d'environ 23 pour les Diptomides, 63 pour les Cyclopidés, 113 pour les Cladocères. La production annuelle était d'environ 860 000 t en 1971 (47 g.m^{-2} poids sec soit 260 kcal m^{-2}). Les herbiers immergés hébergent une faune variée et différente (Dejoux & Saint Jean 1972).

Faune benthique: Elle est représentée par un petit nombre d'espèces pour les oligochètes et les vers, et par beaucoup d'espèces de larves d'insectes.

- Oligochètes: Alluroïdes tanganykae, Aulodrilus remex, Eulodrilus sp., Branchiodrilus cleistochaeta, Allonais paraguayensis ghanensis (Lauzanne 1968).
- Mollusques: Melania tuberculata, Bellamyia unicolor, Cleopatra bulimoides, Corbicula africana, Caelatura aegyptiaca, Pisidium pirothi, etc. Dans les herbiers vivent de nombreux Pulmonés (Biomphalaria pfeifferi, Gyraulus costulatus, Bulinus truncatus rohfsi etc.) (Lévêque 1968, 1974).
- Insectes: nombreuses espèces de Chironomides (Chironomus formosipennis, Cryptochironomus stilifer, Tanytarsus nigrocinctus, Polypedilum fuscipenne, Cladotanytarsus lewisi, Ablabesmyia pictipes, Clinotanyptus claripennis, Cricotopus scottae), d'Ephéméroptères (Cloeon fraudulentum, Eatonica schoutedeni, Povilla adusta), de Trichoptères (Ecnomus dispar, Dipseudopsis capensis) (Dejoux 1968, 1969, 1970, 1971, 1973).

La répartition des vers et des mollusques benthiques dépend de la nature du substrat et de la salinité des eaux (Lévêque et al. 1983).

En période "Tchad Normal", la biomasse benthique a été estimée à 71 000 t (poids sec). Elle était en moyenne de $3,3 \text{ g.m}^{-2}$ pour les mollusques, $0,3 \text{ g.m}^{-2}$ pour les oligochètes et $0,1 \text{ g.m}^{-2}$ pour les insectes. La production annuelle des mollusques en 1967-1970 était d'environ 280 000 t (poids sec sans coquilles), soit $14,5 \text{ g.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ ou 58 kcal m^{-2} (Lévêque et al. 1983). La production des oligochètes et des insectes a été grossièrement estimée à $5 \text{ g.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$.

Les bilans énergétiques ont été évalués pour les mollusques benthiques (Lévêque 1973).

La faune d'invertébrés vivant dans les herbiers aquatiques est très différente de celle vivant sur les sédiments (Dejoux & Saint Jean 1972; Lévêque 1975).

10. Poissons

120 espèces de poissons ont été observées dans le lac Tchad et les biefs inférieurs du Chari (Blache 1964). La distribution des espèces dans le lac dépend de la distance par rapport au système fluvial et du type de paysage (archipels, îlots bancs, eaux libres) (Bénech et al. 1983).

En période "Tchad Normal", les zones d'archipel de la cuvette sud sont caractérisées par l'abondance des Alestes baremoze, A. dentex, Heterotis niloticus et des Cichlidae. Ces espèces étaient rares dans les eaux libres où de petits poissons planctivores (Micralestes) servent de nourriture aux grands prédateurs (Lates niloticus, Hydrocynus spp.). C'est sur la côte sud et près du delta du Chari que l'on rencontre le plus grand nombre d'espèces, dont Ichthyoborus besse, Siluranodon auritus et Polypterus senegalus qui sont absents dans le reste du lac.

La cuvette nord est en général moins riche en espèces que la cuvette sud en raison probablement de la salure plus élevée des eaux. Les Mormyridae en particulier et Schilbe uranoscopus ne dépassent pas la Grande Barrière.

Un certain nombre d'espèces effectuent des migrations de reproduction dans le système fluvial et notamment les zones d'inondations. Alestes baremoze, A. dentex, Brachysynodontis batensoda, Distichodus rostratus, Petrocephalus bane, Labeo senegalensis, Hemisynodontis membranaceus et Hydrocynus brevis.

Quelques autres espèces effectuent également des migrations de moindre amplitude: Schilbe uranoscopus, Synodontis schall, Heperopisus bebe, Mormyrus rume et Eutropius niloticus.

Les pêches expérimentales aux filets maillants ont montré que les captures moyennes annuelles étaient plus élevées dans la cuvette nord que dans la cuvette sud; dans cette dernière les eaux libres sont plus pauvres que l'archipel.

A partir de 1973, avec la baisse du niveau du lac et l'établissement d'un "Petit Tchad", on a assisté à une modification profonde des peuplements ichthyologiques liées aux modifications du milieu; mortalités massives de poissons (Bénech et al. 1976), disparition de certaines espèces du milieu lacustre et apparition d'espèces adaptées aux conditions palustres dans l'archipel sud (Polypterus, Clarias, Brienomyrus niger) (Bénech et al. 1983).

La biologie de différentes espèces a été étudiée: Alestes baremoze (Hopson 1968, 1972; Durand & Loubens 1969, 1970, 1971; Durand 1978); Schilbe mystus et S. uranoscopus (Mok 1974-1975); Lates niloticus (Hopson 1968, 1972; Loubens 1974); Citharinus citharus (Bénech 1974); Brachysynodontis batensoda (Bénech 1975); Micralestes acutidens et Ichthyoborus besse (Lek & Lek 1977-1978).

11. Autres vertébrés

Mammifères: Hippopotames, loutres (Aonyx capensis et Lutra maculicollis), Sitatunga (Limnotragus spekei).

Reptiles: Crocodiles, nombreuses espèces de serpents sur les rives.

Oiseaux: Très nombreuses espèces (Malbrant 1936; Vielliard 1971-1972).

12. Activités humaines

La densité de la population est en général très faible autour du lac.

Pêche: Avant 1960, la pêche était peu développée sur le lac et concernait surtout le système fluvial où de nombreuses techniques

Tableau 4.3 Evaluation approximative des surfaces en eau, des rendements moyens annuels et des captures totales dans le lac Tchad entre 1969 et 1977. C.N. = cuvette nord; C.S. = cuvette sud (d'après Durand 1980)

Année	Superficies en eau (km ²)			Rendement (kg.ha ⁻¹)			Capture totale (tonnes)
	C.S.	C.N.	Lac	C.S.	C.N.	Lac	Lac
1969	9 500	9 500	19 000	26	42	34	60 000
1970	9 100	9 200	18 300	31	51	41	75 000
1971	8 500	9 000	17 500	41	97	69	120 000
1972	8 000	8 600	16 600	60	144	104	173 000
1973	4 000	7 500	11 500	98	207	166	191 000
1974	5 000	4 300	9 300	105	406	245	228 000
1975	6 800	1 700	8 500	128	249	152	129 000
1976	7 600	1 200	8 800	112	192	123	108 000
1977	8 600	1 000	9 000	106	186	116	104 000

traditionnelles étaient utilisées. Après l'introduction du filet maillant en nylon en 1963, cette situation s'est modifiée et l'on a assisté à un accroissement rapide de l'effort de pêche dans la zone deltaïque et le lac (Durand 1980-1983). Les captures totales, de l'ordre de 30 à 40 000 t en 1962, sont passées à 75-80 000 t en 1970 et l'effort de pêche a été multiplié par 30. La pêcherie surtout développée dans la cuvette nord, portait principalement sur Lates niloticus, Heterotis niloticus, Citharinus spp., Distichodus rostratus, Labeo spp., Gymnarchus niloticus et Hemisynodontis membranaceus.

Le tableau 4.3 montre l'évolution des rendements et des captures totales entre 1969 et 1977. Les captures importantes en 1974 correspondent à une pêche d'épuisement d'une partie des milieux lacustres en voie d'assèchement (cuvette nord en particulier).

Le rendement de la pêche devrait se situer entre 100 et 120 kg.ha⁻¹ dans des conditions équilibrées d'exploitation (Durand 1980).

Navigation: Les conditions varient avec l'état de remplissage du lac. En période de hautes eaux, il est accessible à des bateaux de faible tirant d'eau. De manière générale, la circulation des hommes et des produits s'effectue sur des pirogues.

Polders: En période de hautes eaux, certains bras de la côte NE ont été isolés par des digues de sable. Après évaporation de l'eau, les matériaux sédimentaires lacustres très riches en matière organique constituent des terres fertiles pour les cultures du blé, du maïs, du coton et de la pomme de terre. Des phénomènes de salinisation de la nappe phréatique limitent cependant ces activités agricoles.

Les aspects socio-économiques du Sud Kanem ont été décrits par Bouquet (1974).

4.2 LACS DU KANEM

par André ILTIS

1. Géographie et Morphologie (fig. 4.9)

Localisation: République du Tchad; province du Kanem.
Entre 13°30' et 14°07' N; 14°10' et 15°04' E.

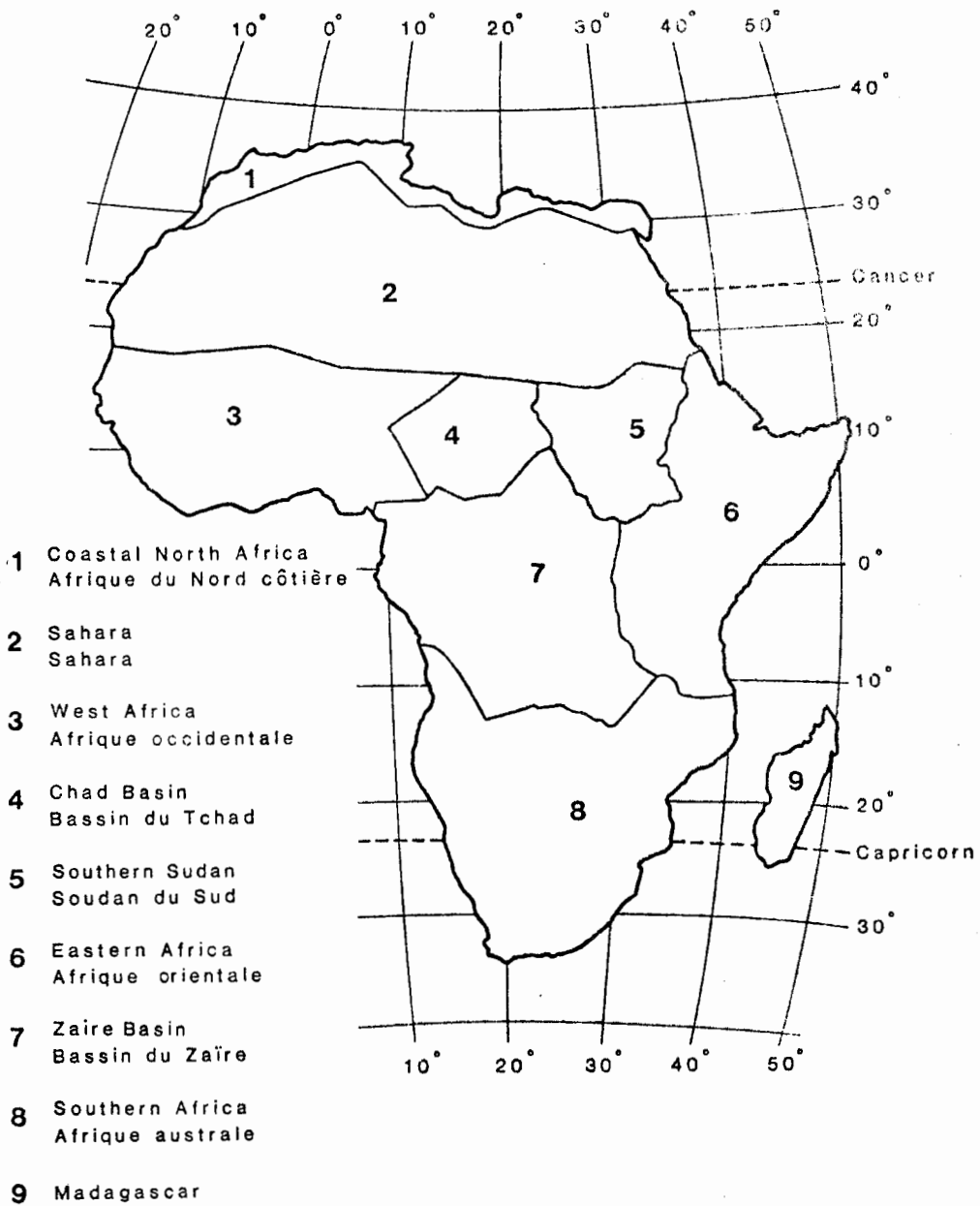
Altitude: 282 à 300 m.

Superficie: Pratiquement pas de bassin versant (pas d'écoulement en surface). Ensemble de petits lacs et de mares temporaires disséminés sur un erg ancien fixé.

Paysage: Plateau légèrement vallonné.

Morphologie: Dépressions contenant des pièces d'eau salée temporaires ou permanentes d'une surface allant de 2 km² à quelques centaines de m².

Profondeur de l'ordre de 0,5 à 1 m maximum dans les milieux temporaires; 3,5 m maximum dans les lacs permanents (en général, 1 à 2 m).



Regions of Africa treated in this Directory
Régions d'Afrique traitées dans le présent répertoire

DIRECTORY
REPERTOIRE



**African wetlands
and shallow water bodies**

**Zones humides
et lacs peu profonds
d'Afrique**

M. J. BURGIS
J. J. SYMOENS



Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

**African wetlands
and shallow water bodies**

**Zones humides
et lacs peu profonds d'Afrique**

DIRECTORY
REPERTOIRE

Edited by / Publié par les soins de

M. J. BURGIS
J. J. SYMOENS

Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection **TRAVAUX et DOCUMENTS** n° 211

PARIS 1987

This work was completed with financial assistance of :
Ce travail a pu être réalisé grâce au support financier de :

Council for Scientific and Industrial Research (South Africa)
Fonds de la Recherche Fondamentale Collective (Belgique)
Ministère de l'Environnement (France)
Royal Society (Great Britain)
IUCN and WWF



Funds and facilities for the preparation of camera ready text were made available by IUCN and WWF

L'IUCN et le WWF ont procuré les fonds et les facilités pour la préparation des manuscrits définitifs

L'ORSTOM en a assuré la publication

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.