

INSTITUT ROYAL DES SCIENCES  
NATURELLES DE BELGIQUE

KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT  
VOOR NATUURWETENSCHAPPEN

DOCUMENTS DE TRAVAIL  

---

STUDIËDOCUMENTEN

**N° 41**

**CONTRIBUTION A LA LIMNOLOGIE DE QUATRE GRANDS LACS  
DU ZAIRE ORIENTAL:**

TANGANIKA, KIVU, MOBUTU SESE SEKO (ex ALBERT)  
IDI AMIN DADA (ex EDOUARD).  
LES PARAMETRES CHIMIQUES  
d'après des notes et des ébauches inédites de J. KUFFERATH.

Fascicule A: LE LAC TANGANIKA 1

par

L.I.J. VAN MEEL \*

Membre de la Mission d'Exploration  
hydrobiologique du Lac Tanganika  
(1946 - 1947)

\* Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique

Section Hydrobiologie

Rue Vautier 29

B - 1040 BRUXELLES

*à la mémoire de notre regretté  
confrère J. KUFFERATH, Docteur  
en Chimie, Chimiste de la Mis-  
sion d'Exploration hydrobiolo-  
gique du Lac Tanganika et de  
la Mission K.E.A.*

Table des matières du  
Fascicule A

	p.
Introduction	6
1. - Généralités	10
2. - Composition chimique de l'eau. Classification ionique	13
3. - Limnologie du lac	23
a. - La température de l'eau	35
b. - L'oxygène dissous	57
c. - Les caractères chimiques	69
1. - Les chlorures	73
2. - La réserve alcaline (Alcalinité, S.B.V.)	75
3. - Le pH	83
4. - Les sulfates	83
5. - Le sulfure d'hydrogène	92
6. - Les nitrates	97
7. - L'ammonium	102
8. - Les phosphates	102
9. - La silice	104
10. - Le calcium et le magnésium	110
11. - Les alcalins.	118

## RESUME.

Le présent travail est consacré aux paramètres chimiques de l'eau du Lac Tanganika, dans le cadre d'une "Contribution à la limnologie de quatre lacs du Zaïre". Il est basé sur des notes, ébauches de dessins inédites de J. KUFFERATH, Chimiste de la Mission 1946-1947, décédé en 1977.

Les résultats analytiques de J. KUFFERATH ne furent jamais publiés "in extenso". Ils comprennent en plus de la composition chimique de l'eau, la classification ionique, la température, l'oxygène dissous. L'ensemble des caractères chimiques comporte le dosage des éléments Cl, CO<sub>3</sub> (SBV), pH, SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub> Ca et Mg<sup>++</sup>, les alcalins. Nous y avons joint des commentaires, d'après nos possibilités.

La transparence, au disque de SECCHI, au large, est en moyenne de 22 m. Sur une profondeur maximum de -1470 m, 200 m constituent une zone aérobie, ensuite l'eau est anoxique jusqu'au fond.

Les mesures de température indiquent la présence d'un thermocline bien exprimé à environ -70 m. Stratification semblant stable durant le cours de l'année et ne subissant que des fluctuations modérées avec la profondeur. A partir de -400 m, la température de l'eau apparaît comme uniforme à 23,3°C ± 0,05 °C et il faut donc admettre qu'en dessous de ce point, l'eau du lac est homotherme.

Le pH est d'environ 9,2 en surface à 8,7 à - 100 m et à 8,5 à partir de - 200 m.

L'azote est nul en surface, atteint un premier maximum de 0,2 mg/l vers - 100 m et - 0,5 mg. NH<sub>4</sub> en profondeur (au delà de - 200 m).

Le phosphore est presque nul en surface, augmente en direction du fond jusqu'à 0,55 mg/l PO<sub>4</sub> à - 250 m.

La silice aussi est presque nulle en surface, augmente en direction du fond jusque vers 12 mg/l SiO<sub>2</sub>.

Le sulfure d'hydrogène apparaît vers - 200 m en moyenne.

Lorsqu'on se rapporte aux analyses effectuées à 34 années d'intervalle, de 1939 à 1973, on peut conclure, au point de vue strictement géochimique que l'eau du Lac Tanganika n'a pas subi de variations notables.

Cette eau n'est pas seulement hydrocarbonatée sodico-potassique magnésienne, mais peut être considérée comme presque a-sulfatée.

Au point de vue limnologique nous avons proposé dans notre mémoire de 1954, l'hypothèse que le Lac Tanganika serait un lac du type pseudo-eutrophe, alternativement holomictique pour une courte durée, méromictique pour des périodes plus ou moins longues, avec un monimolimnion, masse aquatique ne participant pas à une circulation totale annuelle.

Tous les résultats analytiques obtenus au cours de la Mission belge sont groupés, in extenso, en fin de la seconde partie. Une bibliographie de 265 références termine le travail. Afin d'éviter le double-emploi, elle comprend les 4 lacs.

SUMMARY.

This study is devoted to the chemical parameters, measured in the lake by the "Tanganyika Expedition 1946-1947", in a general outline of a "Contribution to the Limnology of four great lakes of Zaïre" (in french). It is based on notes and preliminary drawings by the late J. KUFFERATH († 1977), Chemist of the Expedition, and the data have not yet been published in detail.

The annual variation of water temperature in the open lake, at - 10 m, rarely exceeds 2°C (25,5 - 25,7 °C). Below - 400 m, the temperature seems to remain uniform at  $23,3 \pm 0,05$  °C.

A general view is given of the fundamental geochemical properties of the lake water, especially the content of Cl, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Na and K. Particular attention is drawn to the chemical variations, with depth, of the concentrations of the nutrients NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> and SiO<sub>2</sub>.

A strong thermocline exists most of the year throughout between - 25 and - 75 m varying with season and location.

The deep water (- 200 m up to - 1470 m) is anoxic, does not support life and contains high concentrations of H<sub>2</sub>S.

Stratification is stable and probably permanent, except in inshore regions.

pH is about 9,2 at the surface, 8,7 at - 100 m and 8,5 below - 200 m.

N-compounds, quite absent at the surface, show a first maximum of 0,2 mg/l near - 100 m and  $\pm 0,5$  mg/l NH<sub>4</sub> below - 200 m.

P, nearly 0 at the surface, reaches 0,55 mg/l PO<sub>4</sub> at - 250 m, while Si also at the surface, is enriched up to 12 mg/l SiO<sub>2</sub>/litre in the bottom layers.

The Na-K-Mg-hydrocarbonated water may be considered as a-sulphated with a maximum of 4,7 mg/l and a minimum of 2,6 mg/l.

From a limnological point of view (L. VAN MEEL, 1954) the Tanganyika Lake can be described as showing both oligotrophic and eutrophic characteristics: holomictic for a short time meromictic for longer periods, with a monimolimnion mass of water remaining practical undisturbed.

All the Belgian data are extensively presented in tables at the end of the study and a bibliography of 265 references concerning the four lakes is provided at the end of the second part.

## I N T R O D U C T I O N

Au moment où elle aborda le Lac Tanganika, en 1946, la "Mission belge d'exploration" dont le programme comportait également l'étude de la chimie lacustre, n'avait en réalité connaissance que de l'unique analyse exécutée par L. STAPPERS (1912) et des travaux de R.S.A. BEAUCHAMP, parus en 1939, 1940 et 1946, basés sur des analyses effectuées aux Laboratoires de Chimie de l'Etat à Londres et à Dar-es-Salam.

Nous ne retracerons pas ici la genèse ni l'historique de la "Mission belge", toutes deux ont été suffisamment établies par E. LELOUP dans le Volume II (Relevé des stations) publiés respectivement en 1952 et 1949. Des renseignements complémentaires ont été publiés par A. CAPART ( 1949) dans son travail sur les sondages et la carte bathymétrique (Volume II, fasc. 2). Ces volumes font partie d'une série de publications consacrées au Lac Tanganika et sont publiées par les soins du Patrimoine de l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique à Bruxelles.

Les résultats des études sur les matériaux récoltés en 1946-1947 font l'objet d'une série de monographies consacrées aux travaux des membres de l'expédition ou de spécialistes contactés en vue d'entreprendre l'étude de certaines collections, de groupes botaniques ou zoologiques bien déterminés en provenance du lac.

En ce qui concerne la chimie, tout restait à découvrir. L. STAPPERS et les Anglais avaient bien réalisé 30 ou 40 ans auparavant, les premières analyses qualitatives et quantitatives des eaux, mais ici encore il ne s'agissait que d'échantillons pris en quelques rares endroits et analysés souvent, hélas, de nombreux mois après leur prélèvement.

Quant aux valeurs physico-chimiques présentant un intérêt biologique, la Mission n'en possédait pratiquement aucune et cependant, depuis la date des premières analyses d'énormes progrès dans l'étude physico-chimique des eaux avaient été réalisés tant en Europe qu'en Amérique.

Mais ce qui apparaissait d'une importance capitale, ce n'étaient plus les "valeurs absolues" mais bien les "variations dans le temps des différents éléments", variations liées d'ailleurs à des phénomènes physiques, éléments essentiels pour comprendre la "vie" d'un lac.

C'est ainsi que J. KUFFERATH, le Chimiste de la Mission, a non seulement récolté systématiquement des échantillons d'eau à des stations et des profondeurs bien définies, mais les a soumis à un grand nombre de déterminations analytiques les plus complètes possible, exécutées à bord du s/s "BARON DHANIS", dans une cabine transformée en laboratoire de chimie, et ce avec un soin extrême, malgré les moyens restreints à sa disposition après une période difficile comme l'avait été celle de 1940 à 1945.

En 1952, J. KUFFERATH publia dans le volume d'introduction, une première approche consacrée au "Milieu biochimique". On y trouve les aperçus les plus essentiels.

Pour des raisons qui nous échappent, les résultats complets des analyses restèrent sous forme de tableaux numériques à la disposition des Membres de la Mission. Nous en avons d'ailleurs fait largement usage dans le Volume IV, notre étude du phytoplancton des grands lacs Est-Africains (L. VAN MEEL, 1954).

Notre ancien collègue J. KUFFERATH étant décédé en 1977, A. CAPART, notre collègue au sein de la "Mission" et, depuis, Directeur de l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, nous pria instamment de reprendre le sujet, même après un nombre si considérable d'années, afin que les efforts de J. KUFFERATH ne se perdent ou ne tombent dans l'oubli. Plus tard, il revint à la charge pour que nous fassions simultanément un travail analogue pour la chimie des lacs étudiés par la "Mission K.E.A."

Notre étude sur le phytoplancton des grands lacs est-africains et donc du Tanganika, fut publiée en 1954. Plus de trente ans après, nous nous voyons confronté avec la publication de la chimie lacustre non seulement du Lac Tanganika, mais également des lacs explorés par la Mission K.E.A. (1952-1954).

Malgré les multiples difficultés que nous ne sous-estimons pas, c'est avec une joie non dissimulée que nous avons accepté cette mission, d'autant plus que cette étude nous permettrait de nous retremper plus ou moins dans l'atmosphère de nos recherches telle que nous l'avions connue en 1946-1947.

Depuis notre expédition, plusieurs études plus ou moins nouvelles ou des publications de synthèse, sont sorties de presse. Signalons à ce sujet: BEAUCHAMP R.A.A., DUBOIS J.Th., MARLIER G., EVANS J.H., COULTER C.W., BEAUCHAMP R.S.A., TALLING J.F. & I.B., CAMUS C., FREYER G., DEGENS E.T. & coll., MARLIER G., CRAIG H., BEADLE L.C., GOLTERMAN H.K., auteurs cités par ordre chronologique.

Ces dernières années, de nombreuses études ont été effectuées à des points de vue différents: biomasse, écologie du plancton, productivité, production primaire, oxydation du méthane, pêcheries. Nous citerons principalement des auteurs comme BUDD J.W.M., COULTER G.W., HECKY R.E. et ses collaborateurs, MALEK J.M., STEFFERS P. Il nous a malheureusement été impossible de tenir compte de leurs travaux, le manuscrit étant achevé. Leurs travaux figurent néanmoins dans la bibliographie.

Certaines séries d'analyses de la "Mission" présentent toutefois des lacunes, n'ayant pu être exécutées qu'en saison des pluies seulement. A la décharge du chimiste et d'ailleurs des autres membres de la Mission, il faut souligner ici qu'une expédition devant s'occuper de disciplines très différentes: les sondages, le prélèvement des échantillons d'eau et de plancton, la faune, la végétation lacustre et ripicole, les pêches expérimentales, durant plus d'une année, sur un lac d'une superficie considérable, se verrait presque fatalement dans l'obligation de renoncer parfois, malgré-elle, à l'exécution intégrale d'un certain nombre de sondages. Ces derniers exécutés manuellement, à défaut de treuil électrique, ont demandé des heures de stationnement sur place. Qu'on veuille, en outre, songer aux pertes de temps occasionnées par l'obligation de rapports avec les Administrations des différents pays riverains du lac, le chargement du bois de chauffage pour la chaudière du bateau exigeant des séjours prolongés à terre aux postes à bois préparés d'avance à des endroits bien déterminés, la vérification des machines du bateau aux ateliers de la C.F.L. à Kalemie (ex Albertville), les congés normaux du personnel navigant, et on comprendra aisément les multiples difficultés les plus diverses à surmonter. De là des retards et les lacunes signalées plus haut. La Mission a essuyé en outre plusieurs tornades.

A cela s'ajoute que l'impossibilité de pouvoir disposer d'un bateau au mois de septembre 1947, a causé un hiatus regrettable dans les observations chimiques et ne nous a pas permis d'observer un "turnover" partiel avec production d'une fleur d'eau à Cyanophycées.

Il est évident que les méthodes d'analyse doivent être considérées avec le recul du temps (1946-1947), des appareils hautement sophistiqués n'existant pas encore ou étant indisponibles. Une remarque spéciale en ce qui concerne le dosage de la chlorophylle dont la détermination quantitative ne date que de 1960 environ, notamment depuis les travaux de J.D.H. STRICKLAND.

Nous espérons néanmoins que les données numériques et les quelques commentaires qui les accompagnent puissent être de quelque utilité à d'autres chercheurs et les aider à comprendre la limnologie d'un lac de cette importance.

Signalons encore l'existence d'une vingtaine de carottes de sondage provenant de stations dans les parties nord et sud, de profondeurs variables, jusque -1270 m. Ces sédiments ont été examinés par feu le Dr H. KUFFERATH, au point de vue microscopique pour la détermination de frustules de diatomées et autres organismes éventuels (1956). Le Dr R. VAN TASSEL les a soumis à l'analyse chimique et M. LABBE et le Dr S. WARTEL en ont fait l'examen sédimentologique.

Le manuscrit fut rédigé en 1980. Depuis, le volume des matières et les frais énormes d'impression, nous ont obligé de recourir à des réductions et à une subdivision en 5 fascicules, édités sous forme de Documents de travail, deux pour le Tanganika et les trois autres pour chacun des lacs étudiés.

Une bibliographie pour les quatre lacs groupant 265 numéros, est insérée à la fin du deuxième fascicule de la partie Tanganika.

Institut Royal des Sciences naturelles  
de Belgique  
Section Hydrobiologie.



## 1. GENERALITES

Le laps de temps considérable écoulé depuis les travaux de la Mission (1946-1947), nous oblige à reprendre très rapidement, pour la bonne compréhension, les renseignements publiés par d'autres chercheurs à différents points de vue et que nous avons déjà résumés dans une publication antérieure (L. VAN MEEL, 1954).

Situé à la frontière orientale du Zaïre, le Lac Tanganika s'allonge obliquement du N au S entre le 3°20' et 8°45' de Lat Sud, il est compris entre les 29° et 31° de Long Est. La partie du lac au Nord de Kalemie (ex Albertville) (A. CAPART, 1952, passim) est pratiquement axée N-S; celle du Sud, en direction NNW à SSE. La longueur totale du lac atteint approximativement 650 kilomètres.

La largeur n'est pas uniforme. Plus étroit au N et au S, le lac y atteint seulement 30 à 40 kilomètres; dans sa partie médiane, il mesure jusque 80 kilomètres. On peut estimer la surface du plan d'eau 34.000 kilomètres carrés environ. La surface de l'aire de drainage du lac serait de l'ordre de 250.000 kilomètres carrés.

Le bassin nord présente un fond plat et régulier et est situé à environ - 1250 m de profondeur; son point le plus profond, - 1310 m, la fosse "BARON DHANIS" est voisine de la côte du Zaïre, dans la région des escarpements de Yungu (Fig. 2, 2bis).

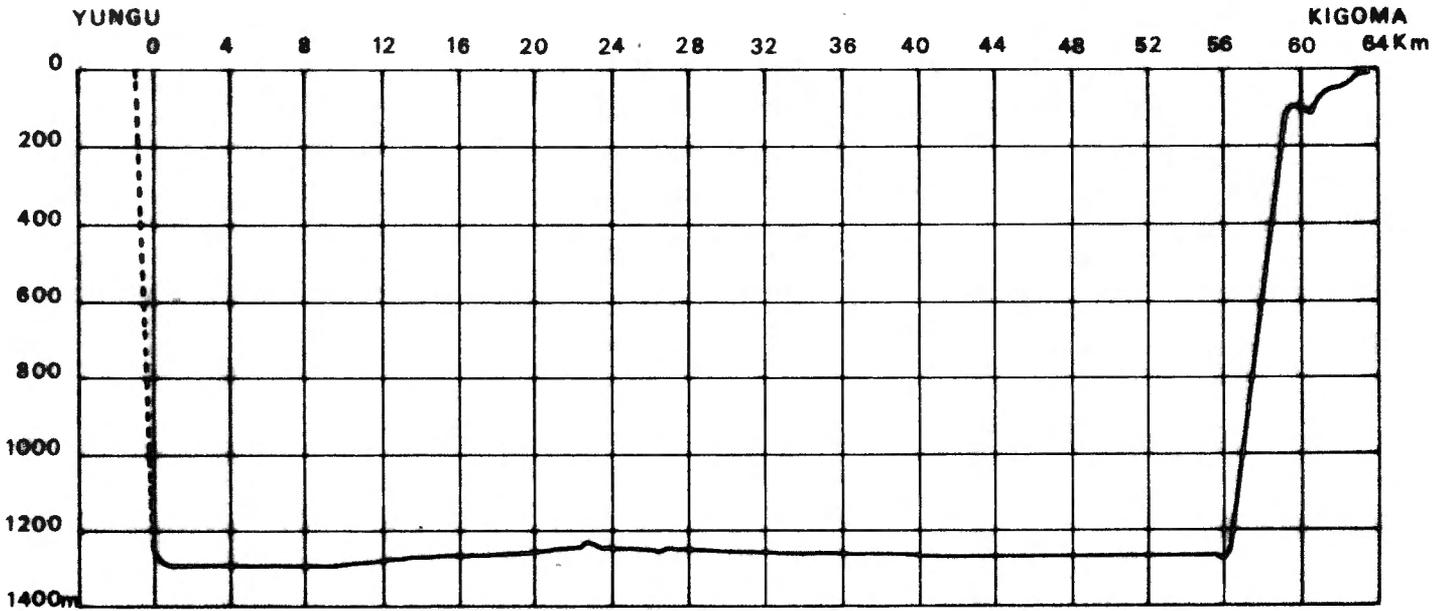
Le Sud du lac est constitué par le bassin de Zongwe, le bassin le plus profond du lac; sur une grande surface sa profondeur dépasse - 1400 m. La fosse "ALEXANDRE DELCOMMUNE" est située dans la partie ouest et atteint - 1470 m de profondeur. Sur le bord de cette fosse, L. STAPPERS obtint en 1913 une sonde de - 1435 m (A. CAPART, 1952). Résultat d'autant plus remarquable que L. STAPPERS a sondé au fil d'acier, alors que la Mission Tanganika pouvait disposer d'un appareil à écho-sondage.

Il existe également, dans différentes régions du lac, de véritables crêtes d'une largeur de 3 à 4 kilomètres, dont le sommet s'élève à 500 à 600 m au-dessus du fond. Un tel seuil s'est d'ailleurs formé entre le Cap Kungwe et le Cap Banza, dont le sommet ne se trouve qu'à 50 m en dessous de la surface lacustre. (fig. 2bis).

En ce qui concerne le climat de la région du lac, R.S.A. BEAUCHAMP (1939) en donne une excellente description dont nous ne retiendrons que l'essentiel. Durant la saison des pluies de septembre à mars, les vents du N sont intermittents; les vents du S. les plus réguliers des deux, soufflent en saison sèche, de mai à septembre.

La pluie est déterminée par des courants de convection; la moyenne est basse, d'environ 900 mm par an. On pourrait considérer la région du lac comme une sorte de système météorologique autonome. Les vents du Sud sont d'une importance considérable, en effet ce sont eux qui provoquent la circulation des eaux lacustres durant la période de stabilité minimale.

Profil de Yungu (le 0 à 1Km de la côte) à Kigoma(entrée de la baie).



Profil de Mwerazi à Mtoosi (par le travers de l'entrée de la baie).

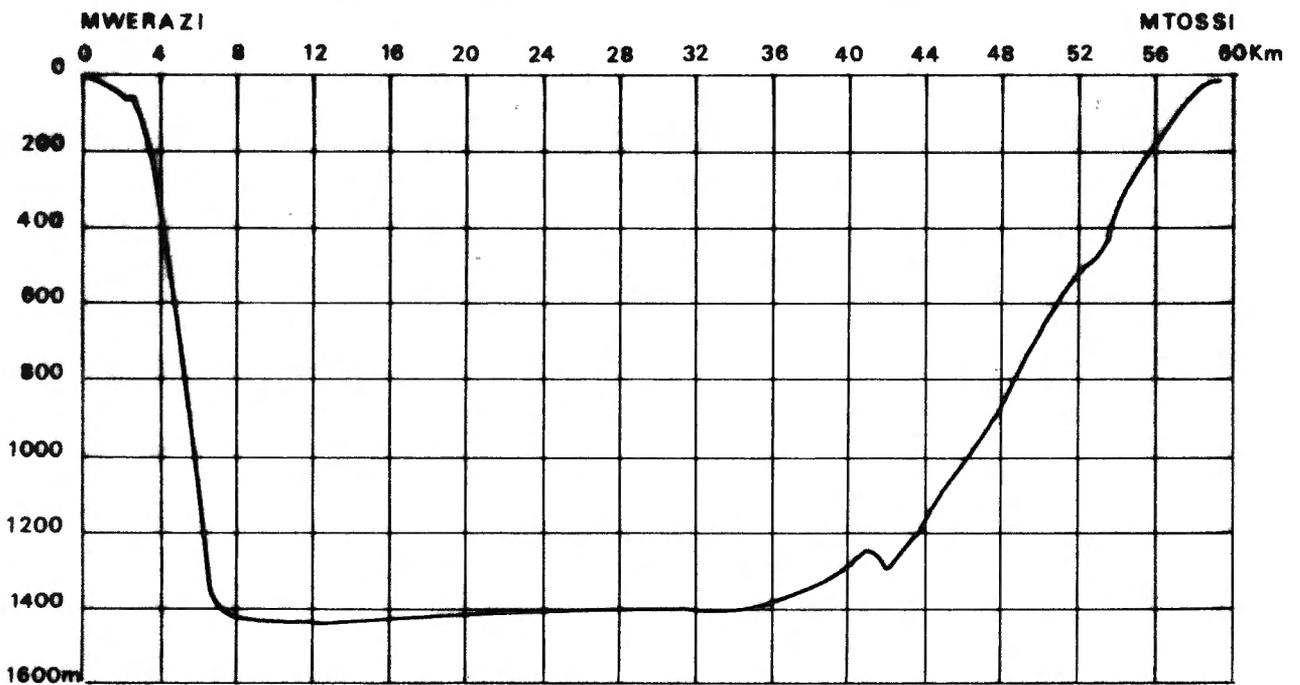


Fig. 2. - Deux profils principaux du lac.

(A. CAPART, 1952)

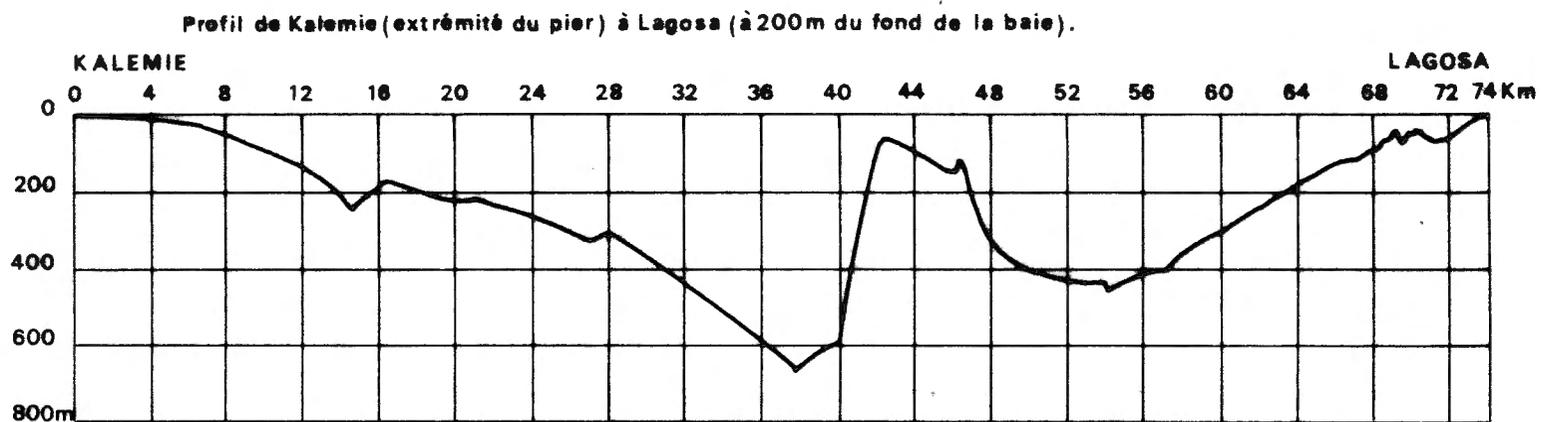


Fig. 2 bis. - Un profil principal du lac.

(A. CAPART, 1952)

La grande étendue du lac, le relief accentué de ses rives, sont à l'origine du régime particulier des vents (A. CAPART, 1952). Normalement chaque jour, on assiste au phénomène brise de terre-brise du lac; le vent souffle de terre jusqu'à 10 heures; ensuite durant le reste de la journée, il souffle régulièrement du lac vers la terre; enfin, entre 17 et 18 heures, a lieu une deuxième inversion et le vent souffle à nouveau de terre vers le lac. Le cycle, régulier en saison des pluies est cependant perturbé par les vents du N assez violents.

Suivant R.S.A. BEAUCHAMP, ces vents ont une origine thermique certaine, déterminée par la différence de température à terre et sur l'eau.

Au cours de la saison sèche, la différence de température entre le jour et la nuit est élevée comparée à celle observée au cours de la saison des pluies. En saison sèche, le temps est rarement couvert, terre et eau sont exposées ainsi à l'action complète du rayonnement solaire.

Les nuits sont claires: la perte de chaleur par radiation est rapide. Au cours de la saison des pluies, les nuages réduisent l'effet des radiations solaires et le degré de refroidissement au cours de la nuit est minime.

En fait, on observe de longues périodes de calme sur le lac durant la saison des pluies.

II. - Composition chimique de l'eau en général.  
Classification ionique.

L. STAPPERS a été le premier belge à entreprendre, en 1912, une exploration hydrobiologique du Lac Tanganika. Outre ses sondages, d'une approximation remarquable, il a analysé des échantillons d'eau du lac et a essayé une première interprétation des résultats. (Tableaux 1 & 2).

Tableau 1.  
Caractéristiques de l'eau du Lac Tanganika.  
(d'après L. STAPPERS).

Stations	1	2	3	4	5	6
°C	26	26	26,81	25,73	25,8	26,4
Résidu sec g/l	0,438	0,450	0,469	0,472	0,472	0,462
CO <sub>3</sub> mg/l	198,0	195,0	150,0	180,0	180,0	180,0
SO <sub>4</sub> mg/l	15,0	21,8	47,4	27,0	36,9	41,0
Cl mg/l	34,0	35,5	38,0	36,9	38,3	36,9
Ca mg/l	18,0	15,6	17,7	15,6	19,0	19,8
Mg mg/l	39,0	38,6	38,6	41,0	38,0	42,0
Na mg/l	24,0	26,0	28,0	27,0	28,0	27,0
K mg/l	18,0	19,0	17,0	19,0	17,2	18,0
SiO <sub>2</sub> mg/l	7,5	2,9	1,9	1,9	tr	1,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,6	1,0	11,9	tr	2,9	3,9
St 1.-3,6 milles E de Baraka ; prof. 140 m.						
St 2.-26,1 milles NE 1/2 E de Baraka ; prof. 210 m.						
St 3.-10 milles E de la Station 2 ; prof. 182 m.						
St 4.- 3 milles E d'Uvira ; prof. 141 m.						
St 5.- 6 milles E d'Uvira ; prof. 430 m.						
St 6.- Lat 4°2' - Long 29°18' E prof. 430 m.						

- St 1. - 3,6 milles E de Baraka; profondeur 140 m.
- St 2. - 26,1 milles NE 1/2 E de Baraka ; profondeur 210 m.
- St 3. - 10 milles E de la St 2; profondeur 182 m.
- St 4. - 3 milles E d'Uvira; profondeur 141 m.
- St 5. - 6 milles E d'Uvira; profondeur 430 m.
- St 6. - Lat 4°2' - Long. 29°18' ; profondeur 430 m.

Tableau 2.

Composition centésimale  
des substances dissoutes  
dans l'eau de surface.  
(d'après L.STAPPERS).

Stations	1	2	3	4	5	6	Moyennes
CO <sub>3</sub>	54,68	54,87	43,09	51,62	49,59	48,58	50,41
SO <sub>4</sub>	4,15	6,13	13,5	7,83	10,91	11,97	8,93
Cl	9,39	9,99	10,91	10,58	10,55	9,95	10,23
Ca	4,97	4,39	5,09	4,47	5,23	5,35	4,92
Mg	10,77	10,86	10,52	11,76	10,47	11,33	10,93
Na	6,63	7,31	8,04	7,74	7,71	7,29	7,46
K	4,97	5,35	4,88	5,45	4,74	4,86	5,04
SiO <sub>2</sub>	2,07	0,82	0,55	0,55	tr	0,51	0,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,37	0,28	3,42	tr	0,80	1,05	1,32

En 1939, R.S.A.BEAUCHAMP publia une première étude sur l'hydrologie du lac avec deux analyses exécutées respectivement aux Laboratoires de l'Etat à Dar-es-Salam (I) et à Londres (II); (Tableau 3).

Tableau 3.

Résultats analytiques d'après  
R.S.A.BEAUCHAMP.  
(1939)

mg/l	I	II
Na		59,9
K		33,1
Li		0,4
Ca	14,0	11,9
Mg	41,0	41,6
Fe		0,1
Al		0,2
Cl	31,0	28,3
SO <sub>4</sub>	7,0	4,3
NO <sub>3</sub>	tr	0,3
NO <sub>2</sub>	tr	0,003
NH <sub>3</sub> (libre)	0,04	
NH <sub>4</sub> (albumin)	0,05	
PO <sub>4</sub>		0,1
SiO <sub>2</sub>	8,0	6,6
CO <sub>2</sub>	200,0	190,9



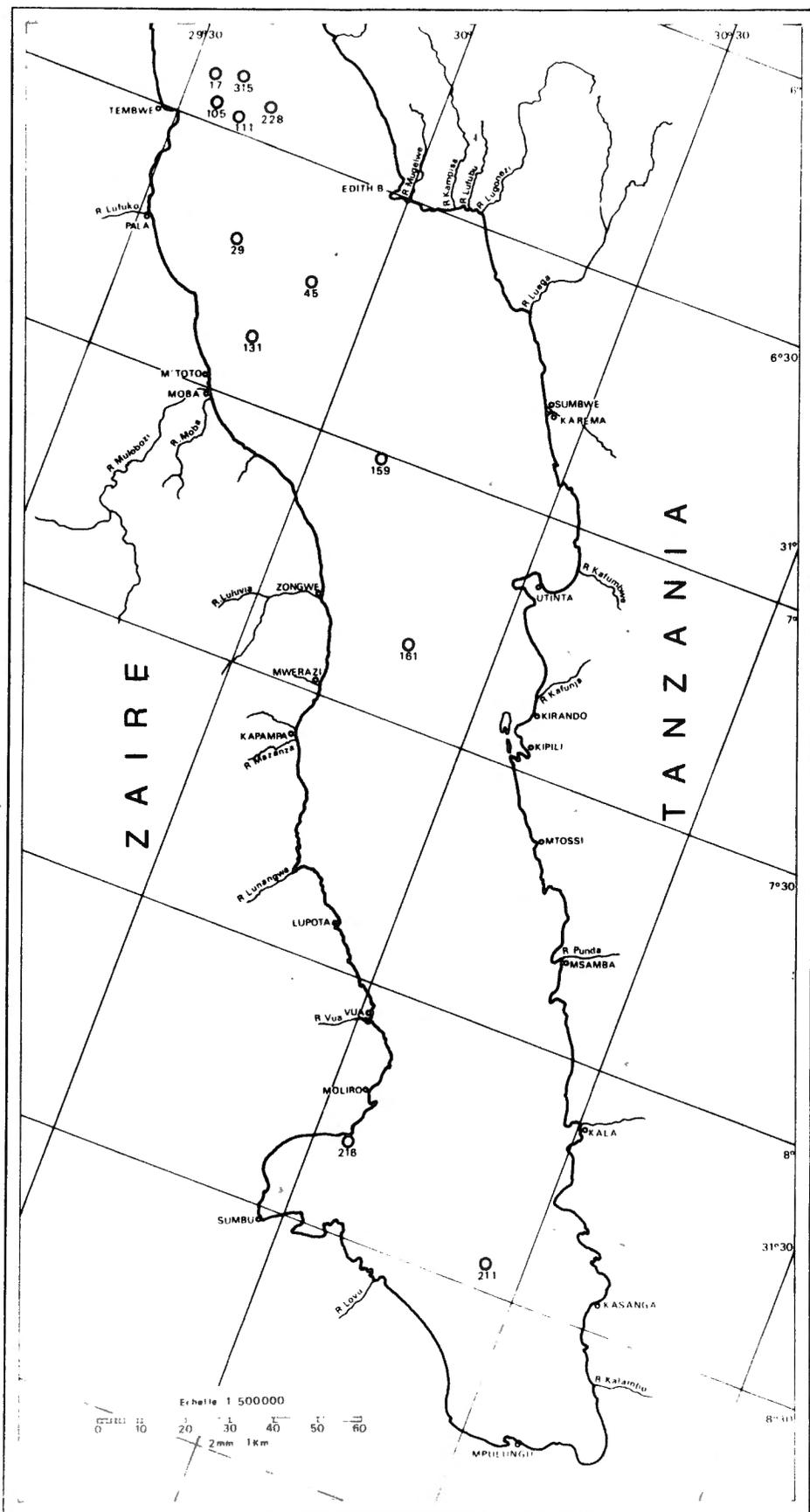


Fig. 4. - Lac Tanganyika. Gisement des stations au large (1946-1947). Bassin sud.

R.S.A. BEAUCHAMP a encore publié les résultats d'une analyse sur une eau prélevée à - 700 mètres (Tableau 4).

Tableau 4.  
Résultats analytiques d'une  
eau de -700 m (R.S.A. BEAUCHAMP)  
mg/litre.

Na	64,2	Cl	28,0
K	33,5	SO <sub>4</sub>	4,0
Li	0,8	NO <sub>3</sub>	1,8
Ca	15,2	NO <sub>2</sub>	0,006
Mg	43,7	PO <sub>4</sub>	0,6
Fe	0,1	SiO <sub>2</sub>	13,5
Al	0,3	CO <sub>3</sub>	207,6

On dispose en outre d'une analyse d'eau provenant du lac à Mpulungu (Zambia) exécutée par C.K. RICARDO (1939) (Tableau 5).

Tableau 5.  
Résultats analytiques (mg/litre) d'une  
eau prélevée à Mpulungu  
(d'après C.K. RICARDO)

Na	59,9	Cl	28,3
K	33,1	SO <sub>4</sub>	4,3
Li	0,4	NO <sub>3</sub>	0,3
Ca	11,9	NO <sub>2</sub>	0,003
Mg	41,6	PO <sub>4</sub>	0,1
Fe	0,1	SiO <sub>2</sub>	6,6
Al	0,2	CO <sub>3</sub>	190,9

Par quelques notes laissées par J. KUFFERATH, nous avons eu connaissance de trois analyses exécutées au Laboratoire du Service Géologique à Bukavu sur des eaux provenant du large de la Lukuga (1949), du large d'Uvira (1952) et à 30 kilomètres d'Uvira (1952) (Tableau 6).

Enfin, une des principales analyses effectuées par J. KUFFERATH est celle de la Station 161 dans le Sud du lac (Tableau 7).

mg/l	Large Lukuga 1949	Large Uvira 1952	30 km Uvira 1952
CO <sub>3</sub>	36,0	33,0	61,3
CO <sub>3</sub> H	366,0	341,0	305,6
SO <sub>4</sub>	1,7	2,0	4,8
Cl	31,0	29,0	27,9
SiO <sub>2</sub> (diss.)	2,0	1,3	-
Fe	0,2	0,2	2,0
Al	0,3	-	-
Ca	10,0	9,2	10,6
Mg	44,15	44,0	46,0
K	34,5	35,0	41,5
Na	68,0	64,0	61,0
PO <sub>4</sub>	-	-	-
NH <sub>4</sub>	-	-	-
NO <sub>3</sub>	-	0,0	-
Alcalinité	-	6,69	7,05

Tableau 6  
Résultats analytiques divers.

	Surface	-1300 m
Alcalinité ml HCl N/litre	6,81	6,96
Cl mg/l	27,0	27,9
BO <sub>4</sub>	3,0	3,0
Mg	42,6	43,2
Ca	13,0	17,6
O <sub>2</sub>	7,28	0,0
SiO <sub>2</sub>	0,3	12,0
PO <sub>4</sub>	0,02	0,0
NH <sub>4</sub>	0,04	0,6
NO <sub>3</sub>	0,0	0,25

Tableau 7  
Résultats analytiques sur l'eau de la  
station 161 (mg/litre) 1946-1947  
J.KUFFERATH.

Ces analyses permettent de caractériser l'eau du Tanganika du point de vue géochimique comme une eau du type hexa-ionique d'après la classification proposée en 1951 par J. KUFFERATH:



Mis en graphique figuratif, ce résultat donne lieu à la figure 5.

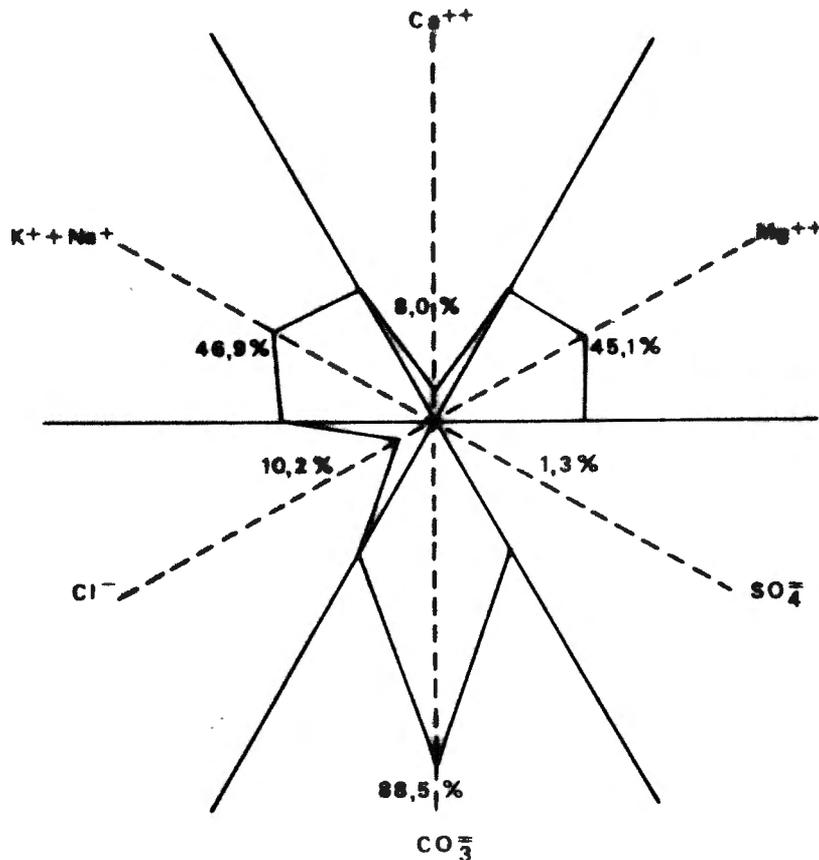


Figure 5.

En se basant sur une analyse d'une eau prélevée le 11.VIII. 1969 à  $8^{\circ}46' \text{ S}$ ,  $51^{\circ}10' \text{ E}$ , P. KILMAN et R.E. RICKEY (1973) classent l'eau du lac parmi les eaux bicarbonatées-sodico-potassiques-magnésiennes pauvres en Fluor (Tableau 8).

Au sujet de cette classification, nous trouvons chez J.F. MILLERO dans H. CRAIG (1974): "The equation of Lake Tanganyika (as well as other lakes) can be determined from the equation of state seawater dilute with pure water. All of P.V.T. properties of the lake were found to be in excellent agreement with the properties of sea water (diluted with pure water at the same total solid concentration or salinity)".

l'étude la plus récente exécutée sur l'eau du Tanganika est celle de H. CRAIG et ses collaborateurs en février 1973 (1974).

Elle a été inspirée par le désir d'appliquer les méthodes et techniques géochimiques développées récemment pour les recherches océanographiques, aux problèmes soulevés par l'étude de la circulation et de la chimie des lacs étendus et profonds.

Dans ce sens le Tanganika offre un intérêt scientifique indéniable aux océanographes, limnologues et hydrobiologistes du monde entier. A plusieurs points de vue il possède de grandes ressemblances avec les océans surtout en ce qui concerne la grande période de stagnation des eaux profondes par rapport aux échanges avec les eaux de surface. On estime cette période à environ 2000 ans aussi bien pour le Tanganika que pour les océans.

Dans ces derniers, le mélange est assez rapide et le taux de concentration de l'oxygène en eau profonde demeure suffisant pour permettre les manifestations de la vie. Malgré tout, dans certaines régions des eaux tropicales du Pacifique est et dans certaines failles profondes, l'oxygène est entièrement consommé et les eaux ressemblent aux eaux profondes du Tanganika par le bassin de la Baie de Kuoë en Indonésie, d'après P.H.H. KUENEN (1948).

Tableau 8.  
Analyse de l'eau du Tanganika d'après  
P. KILHAM & R.K. RICKEY.

Na	63 mg/l	Cl	27,0 mg/l
K	32,0	F	1,06
Ca	10,4	SiO <sub>2</sub>	-
Mg	40,0	PO <sub>4</sub>	-
SO <sub>4</sub>	13,9	Alcalinité	6,67 méq/l
S anions	7,4 méq/l		
S cations	7,7 méq/l		

Dans les deux cas, la décomposition de la matière organique, s'enfonçant progressivement vers le fond, s'accomplit dans des conditions d'anaérobie. Une chimie très spéciale se développe caractérisant la production en eau profonde d'éléments solubles.

La remontée et la remise en circulation de ces éléments est primordiale pour la productivité des eaux de surface. Il en est de même pour les phénomènes physiques provoquant cette remontée vers la surface.

Des isotopes naturels comme C<sup>14</sup>, le Ra, le Si<sup>14</sup> sont utilisés couramment en océanographie en vue de mesurer la circulation et son taux dans le milieu marin. Celle-ci est tellement lente qu'on ne dispose d'aucune autre technique permettant de l'étudier.

En outre, des radioisotopes produits artificiellement par des explosions nucléaires dans l'atmosphère, le Tritium (3-Hydrogène), par exemple, pénètre dans l'eau de surface pour s'enfoncer en 20 ans. De tels isotopes apportent des informations au sujet du taux de circulation des matériaux vers le fond.

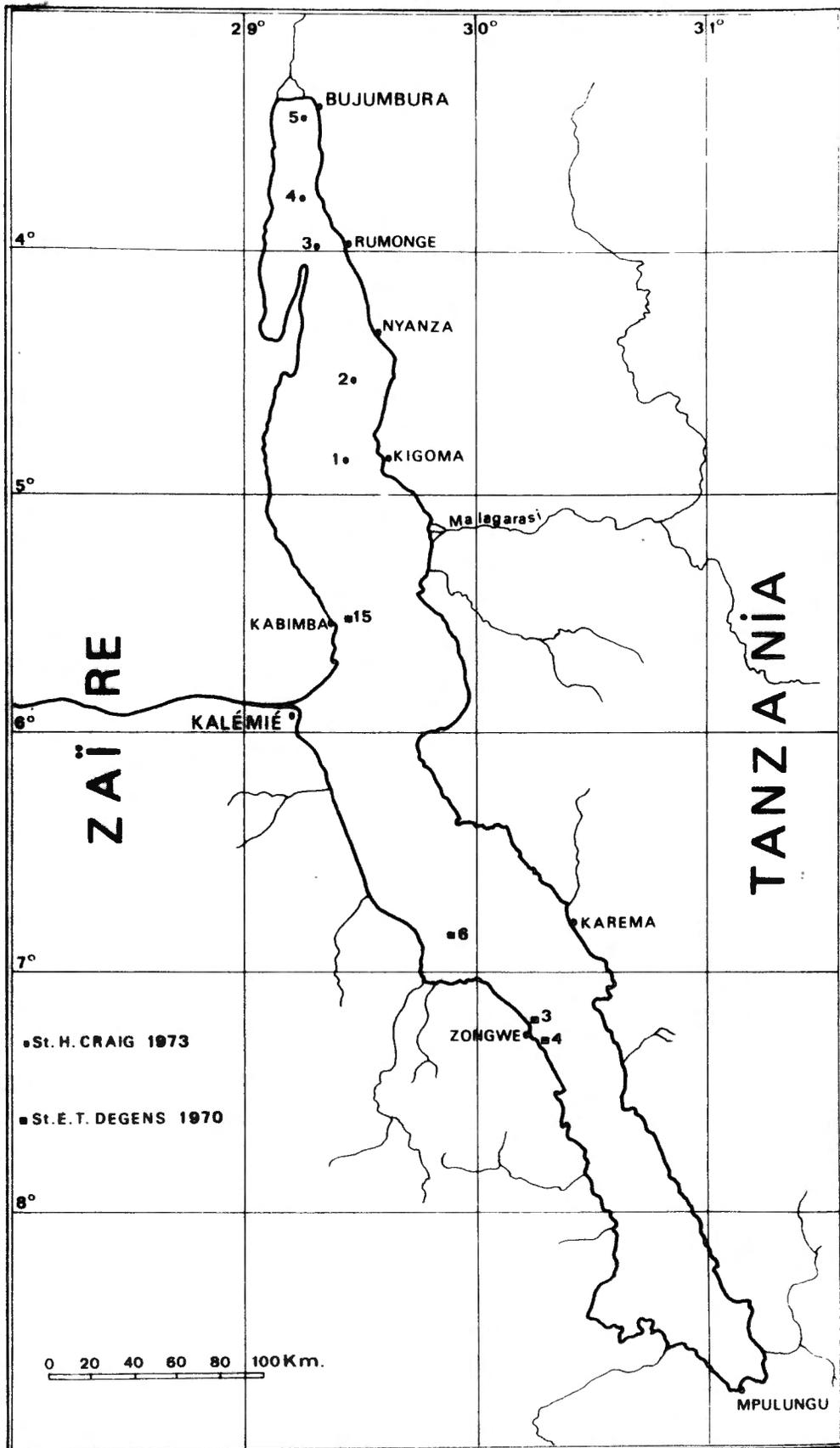


Fig. 6. - Lac Tanganika. Gisement des stations. E. DEGENS (1970) et H. CRAIG (1973).

Enfin, la mesure de l'isotope de certains éléments-trace, le  $^{210}\text{Pb}$ , par exemple, absorbé chimiquement par des organismes, fournit une mesure de la vitesse avec laquelle la matière particulée descend depuis la surface vers le fond. Toutes ces techniques de recherche océanographique peuvent être appliquées pour favoriser la compréhension des régimes physiques et chimiques d'un lac profond comme le Tanganika.

Dans ses recherches préliminaires l'objectif de H. CRAIG consistait dans l'obtention de mesures concernant la répartition des paramètres géochimiques les plus importants, dans le but de préparer un travail de base à des recherches futures plus détaillées basées sur ces méthodes.

Cinq stations hydrographiques furent choisies dans la moitié nord du lac. On y exécuta 23 sondages au cours de six jours au large avec la récolte de plus de 400 échantillons d'eau (Figure 3).

- Station 1.- 7 milles au large de Kigoma. Profondeur 1350 m.
- Station 2.- Au large de Nyanza-lac. Profondeur 480 m.
- Station 3.- Au large de la rivière Kagonga. Profondeur 375 m.
- Station 4.- Au large de Magara. Profondeur 308 m.
- Station 5.- 10 milles W de Bujumbura. Profondeur 210 m.

De nombreux échantillons d'eau furent en outre prélevés dans les rivières en vue d'étudier le budget chimique des éléments majeurs et mineurs du lac. Ils constituent une mesure de l'apport de tous les éléments par le lessivage des terrains environnants.

	STAPPERS 1914	RICARDO 1939	BEAUCILAMP 1939	KUFFERATH 1952 700m	KUFFERATH 1952 1300 m	HARDING 1960	TALLING 1961
$\text{N}_n$ mg/l	59,9	64,2	-	-	63,6	57	87,2
K	33,1	33,5	-	-	35,5	35	27,8
Ca	11,9	15,2	13,0	17,6	9,2	9,8	9,2
Mg	41,6	43,7	42,6	43,2	43,3	43,3	25
$\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$ méq/l	6,36	6,92	6,81	6,96	6,69	6,71	3,104
Cl mg/l	28,3	28,0	27,0	27,9	20,9	26,5	-
$\text{SO}_4$	4,3	4,0	3,0	3,0	15,3	-	1,07
$\text{SiO}_2$	6,6	13,5	0,3	12	-	0,38	8,8
$\text{NO}_3$ (N)				(60)			
$\text{PO}_4$ (P)							
P total						(21)	

Tableau 9

Tableau comparatif de quelques analyses de l'eau du Tanganika par différents auteurs.

### III. - Limnologie.

Ayant défini ainsi le Tanganika, sur une base géochimique, pour autant qu'il ait été possible, il y a lieu de le classer d'après ses propriétés limnologiques. (Dans notre étude sur le phytoplancton, L. VAN MEEL, 1954, nous nous sommes déjà penché sur ce problème).

Avant d'aborder cependant l'étude de la limnologie du Tanganika et des principaux paramètres, il ne nous semble pas inutile de reprendre, dans les grandes lignes, quelques généralités indispensables à l'interprétation des observations. Ces considérations ne sont pas nouvelles, on les trouve dans les grands traités. Mais, dans un cas concret comme celui du lac qui nous occupe ici, il peut être intéressant de les avoir présents sous les yeux.

Abstraction faite de la situation géographique d'un lac dont dépendent la température moyenne de l'eau et la quantité de lumière solaire, la productivité, la "vie" de n'importe quelle nappe aquatique sont largement déterminées par la quantité de sels nutritifs dissous dans les couches superficielles. Ces sels proviennent de la décomposition des vases benthiques et de l'apport par les rivières tributaires.

L'importance de ces deux sources varie d'après chaque cas, mais, en général, ce sont les sédiments qui constituent la source la plus importante. Il en est particulièrement ainsi dans les lacs tels le Tanganika, lorsque le volume des apports aquatiques extérieurs est approximativement égal au 1/2000<sup>e</sup> du volume lacustre. Il s'ensuit que la productivité biologique de ce lac est conditionnée en moyenne par l'apport et le transport des sels dérivés des sédiments du fond. Mais, ces substances nutritives ne sont à la disposition du phytoplancton qu'à condition qu'elles soient transportées vers la surface. Dans les lacs profonds ce n'est que durant l'hiver que ce mécanisme peut se manifester lorsque toute la colonne aquatique se trouve à la même température, (dans l'hémisphère nord). Dans les lacs très profonds, au contraire, une circulation complète ne parvient jamais à s'établir. Durant les mois estivaux, la densité des eaux de surface diminue par le réchauffement. Celles-ci demeurent en couche mince, l'épilimnion, au sommet d'une couche inférieure, plus froide, l'hypolimnion. Il ne se produit presque aucun échange ou mélange entre ces couches avec comme résultat, la déplétion des sels de l'épilimnion par la croissance du phytoplancton, malgré les quantités considérables de sels nutritifs pouvant se trouver dans les couches profondes.

Réciproquement, la concentration en oxygène peut être élevée dans l'épilimnion et nulle dans l'hypolimnion. L'abondance de phyto- et de zooplancton, la répartition des organismes benthiques dans les lacs profonds seront évidemment déterminées par le degré de différenciation entre épi- et hypolimnion, et du temps durant lequel la stratification est maintenue.

Position et étendue des couches peuvent être obtenues en comparant sur graphique la température et la composition chimique de l'eau à différents niveaux. La transition d'une couche à l'autre est marquée par une variation subite de la température et une concentration différente en oxygène et en sels dissous.

Ainsi, les silicates par exemple, peuvent varier de 0,2 à 2,0 mg par litre en eau de surface, alors que les eaux profondes peuvent en contenir jusque 20 mg/litre. Des différences correspondantes se manifestent dans les concentrations des phosphates, des nitrates. Les eaux profondes anoxiques contiennent des quantités considérables d'ammonium et de sulfure d'hydrogène.

Quant aux eaux lacustres tropicales, fort peu d'études spécifiquement limnologiques ont été entreprises et on éprouve quelque difficulté dans des essais de classification. Généralement, d'après A. THIENEMANN (1931), on avait admis que la plupart des lacs tropicaux seraient du type eutrophe.

Suivant F. RUTTNER (1953), ce n'est pas seulement la stratification biochimique qui distingue un lac eutrophe d'un lac oligotrophe. Les propriétés optiques de l'eau sont affectées par la quantité d'organismes planctoniques, dont certains sont pigmentés. Un lac contenant une eau très transparente, bleue, verte ou bleu-vert, est toujours oligotrophe.

D'autre part, dans les lacs eutrophes la transparence est relativement minime avec une couleur jaune-vert à jaune-brun. Il ne faut cependant pas négliger la présence possible de matières minérales en suspension, ou de dérivés humiques qui pourraient influencer la turbidité et fausser la détermination des propriétés optiques sur lesquelles on se base pour obtenir une différenciation entre lacs eutrophes et oligotrophes.

Afin de comprendre les métabolismes dans les lacs tropicaux en général et dans certains cas particuliers, il convient de remonter assez loin en arrière et reprendre l'étude de la répartition de l'oxygène dans les lacs. On trouve chez F. RUTTNER (1953) une excellente synthèse de nos connaissances à ce sujet.

L'oxygène et l'acide carbonique sont, comme on sait, les deux grands facteurs dans le métabolisme. Partout où un gradient chimique d'origine biochimique se manifeste dans la nature, les répartitions de ces deux substances sont exactement inverses. On peut donc s'attendre à observer dans les eaux lacustres la stratification de l'oxygène inverse de celle de l'acide carbonique.

La concentration de celui-ci dans la zone trophogène diminuant à cause de la photosynthèse, la concentration en oxygène augmente proportionnellement. D'un autre côté, une fois les processus d'oxydation, dûs à la dégradation de la matière organique, déclenchés, l'oxygène décroît dans la zone tropholytique située beaucoup plus bas et celle-ci s'enrichit par conséquent en acide carbonique ou ses sels.

Toutefois, alors que l'anhydride carbonique libéré au-dessous du thermocline, reste en solution, libre ou engagé dans des combinaisons chimiques, l'oxygène dégagé dans l'épilimnion demeure en contact avec l'atmosphère et peut, ou bien être abandonné à celle-ci ou bien être consommé en partie au cours de la respiration des animaux.

Avec une activité chlorophyllienne moyenne, une sursaturation de l'oxygène, sensu F. RUTTNER, se produit, accompagnée d'un gradient de diffusion vers la surface, et une fraction appréciable de l'oxygène se dégage. Le contact avec l'atmosphère n'a pas la même importance pour l'anhydride carbonique que pour l'oxygène: les grandes réserves d'hydrocarbonate de calcium contenues dans la plupart des eaux subviennent à la consommation.

L'oxygène ne se trouve donc pas à la même concentration dans toutes les couches lacustres. On observe en général les types suivants de stratifications: ou bien la concentration demeure à peu près inchangée dans toute la colonne aquatique: courbe orthograde d'oxygène, ou bien elle diminue dans le thermocline et l'hypolimnion d'une manière presque parallèle à la courbe de température: courbe clinograde d'oxygène.

Dans les cas extrêmes, la concentration devient nulle dans les couches benthiques. Dans les deux types de stratification estivale, même dans celui à distribution uniforme, il doit se produire une diminution progressive dans l'hypolimnion.

Cette diminution est imputable aux processus d'oxydation localisés principalement à la surface de la vase. L'extension de ces processus, parmi lesquels les plus importants sont la dégradation bactérienne et enzymatique de la matière organique, édiflée dans la zone phototrophique, et la respiration des organismes, dépend d'un grand nombre de circonstances.

Un facteur important dans la consommation de l'oxygène dans l'hypolimnion est la température. On sait que la respiration et les autres processus d'oxydation qui sont à considérer ici, sont liés à la température, en accord avec la loi de VAN t'HOFF, et leur vitesse est doublée ou triplée avec une élévation de température de 10°C. Sous les latitudes tempérées, où les températures des couches lacustres profondes ne sont pas très différentes les unes des autres, cette action ne peut être que difficilement détectée, sauf toutefois par des recherches comparatives très minutieuses: la détection s'avère parfois même impossible.

Dans les lacs tropicaux cette action est de la plus haute importance pour la détermination de la courbe d'oxygène.

Dans les régions équatoriales, les températures sont environ de 20°C plus élevées que dans les lacs tempérés. Les réactions chimiques y sont quatre ou neuf fois plus accélérées, c'est-à-dire, toutes les autres conditions égales, quatre à neuf fois plus d'oxygène est consommé par unité de temps dans un lac tropical que dans un lac tempéré. Dans ces derniers, les températures des couches profondes exercent un pouvoir conservateur par le froid et une proportion considérable de matières organiques tombant vers le fond depuis la zone trophogène est déposée, non décomposée, dans le sédiment. Réciproquement, la température d'incubation dans les lacs tropicaux provoque une décomposition très poussée déjà même le long du trajet vers le fond effectué par ces matériaux, fait démontré par la minéralisation plus avancée des sédiments.

C'est pourquoi on observe une déficience plus ou moins marquée dans l'hypolimnion de tous les lacs tropicaux, déficience qui a été examinée sans tenir compte de l'eutrophie ou de l'oligotrophie du lac.

Dans ces mêmes lacs (F. RUTTNER, 1953), la température constitue le facteur déterminant et la courbe de l'oxygène perd dès lors de son importance comme indicateur de la productivité organique.

Ce cas n'est pas isolé. E.B. WORTHINGTON et C.K. RICARDO (1936) ont trouvé que les lacs est-africains ne se laissent pas intégrer dans l'ancienne classification. Ils sont eutrophes avec une grande productivité, mais oligotrophes en

ce sens que l'oxygène est présent en quantités appréciables à toutes les profondeurs. Ce qui est contraire aux conclusions de A. THIENEMANN, suivant lequel l'oligotrophie vraie ne pourrait exister sous les tropiques et que tous les lacs tropicaux seraient eutrophes. R. WOLTERECK a observé d'ailleurs qu'il existe, dans ces pays, des lacs eutrophes, mesotrophes et oligotrophes, souvent très voisins les uns des autres.

Dans les cas extrêmes, toutefois, on observe des caractères plus prononcés que dans les régions tempérées. L'eutrophie, lorsqu'elle se manifeste au cours de l'année, est plus importante. La même chose se produit d'ailleurs pour les lacs d'une extrême oligotrophie, elle y est si élevée que le disque de SECCHI demeure visible jusque près de 25 m de profondeur (au Tanganika: 22 m).

Beaucoup de lacs est-africains possèdent des caractères eutrophes indéniables. Un cas particulier est constitué par le Tanganika. Il possède des caractéristiques à la fois du type oligotrophe et du type eutrophe. Du premier type oligotrophe, il a les caractéristiques géomorphiques, la profondeur, l'évolution de la température, un hypolimnion très profond, les quantités de phytoplancton minimales au cours de certaines périodes, l'absence ou la rareté d'hydrophytes, la transparence très élevée. Du second, le type eutrophe, il a le résidu minéral élevé, le fond en forme de U, le sédiment avec l'âge, le pH basique.

Ce type très particulier de lac, mais parfaitement connu, a été étudié par I. FINDENEGG (1935-1937) et par F. RUTTNER (1953).

C'est en 1930-1931, que I. FINDENEGG montra pour la première fois que des stratifications pseudo-eutrophes peuvent se manifester lorsqu'au début et à la fin de l'hiver, la circulation complète fait défaut. L'absence de brassage complet jusqu'au fond, qui a généralement lieu au cours de la saison froide, provoque la carence d'une égalisation annuelle de la composition de l'eau depuis la surface jusqu'au fond.

Une stagnation prolongée de l'eau profonde provoque dans les couches inférieures un comportement analogue à celui se manifestant dans les lacs très productifs au cours d'une période de stagnation estivale, ceci nonobstant la production minimale de plancton dans la couche trophogène.

Dans le cas des lacs pseudo-eutrophes, les produits de la dégradation de la matière organique accumulée au fond au cours de la période de stagnation sont ramenés partiellement dans l'épilimnion au cours de la circulation totale: dans celui des lacs pseudo-eutrophes, au contraire, il sont perdus pour la couche trophogène, de sorte que l'appauvrissement en substances nutritives est encore accru comparativement à une eau oligotrophe à circulation normale.

On sait comment un comportement pseudo-eutrophe peut se manifester dans un lac eutrophe: il reste à expliquer toutefois comment, dans certains cas, il est possible que des couches d'eau considérables, à l'époque de l'égalisation de la température ne soient pas comprises dans le mouvement circulatoire.

I. FINDENEGG a maintes fois émis l'idée que le manque de vents dans la région du lac considéré, empêcherait une circulation totale: cette absence de brassage serait par conséquent due à la haute concentration en sels dissous et donc à la densité des eaux profondes.

De tels types de stratification ont été découverts au cours des recherches de A. THIENEMANN, F. RUTTNER et S. YOSHIMURA.

C'est encore I. FINDENEGG (1935) qui avait déjà introduit le terme "méromictique" par opposition aux lacs normaux ou "holomictiques": la masse aquatique qui ne participe pas à la circulation totale annuelle est appelée "monimolimnion". C.E. HUTCHINSON (1937) a étudié les conditions de stabilité dans les lacs méromictiques.

On entend par méromictiques, ce genre de lacs dans lesquels la stratification se produit durant toute l'année, par des processus physiques. Lorsque des sels dissous dans l'hypolimnion se concentrent au cours de la stratification, la stabilité augmente et peut empêcher le "turnover" automnal de se manifester.

Une fois le processus amorcé, la concentration en sels dissous peut croître progressivement. Le maintien de la période de stratification augmente la stabilité du système.

La couche inférieure (G.E. HUTCHINSON, 1957) qui ne se mélange pas aux eaux du lac dans son ensemble, est parfois désignée sous le nom de "Monimolimnion", la partie supérieure est appelée "mixolimnion" et la couche intermédiaire, le "chemocline".

Les trois couches définies par des concentrations différentes sont comparables respectivement à l'hypo-, l'épi- et le métalimnion.

Le Tanganika est à considérer ainsi comme un lac méromictique. Dans ce cas, le phénomène est dû à la grande profondeur du lac et au cycle annuel des facteurs physiques.

Par les propriétés de leurs couches supérieures, certains lacs donnent l'impression (I. FINDENEGG, 1935) d'une oligotrophie bien définie: La production de phytoplancton est relativement minime. Mais les couches profondes possèdent des caractères eutrophes typiques tels, qu'il est impossible de classer les lacs en question parmi les oligotrophes. Ces conditions "pseudo-eutrophes" des couches profondes, comme I. FINDENEGG l'a montré à plusieurs reprises, sont basées sur l'absence de circulation totale durant la période de stabilité thermique minime au début et à la fin de l'hiver. On sait que cette période d'instabilité survenant annuellement après la stagnation estivale, provoque des échanges entre les couches supérieures et inférieures. I. FINDENEGG a proposé dès lors de nommer lacs méromictiques ces lacs dont l'hypolimnion demeure en stagnation prolongée, par opposition aux lacs holomictiques, où la circulation s'effectue complètement.

Par le manque de courants circulatoires dans les lacs méromictiques, amenant les substances nutritives du fond vers la surface, celles-ci y sont perdues pour la couche trophogène; ces lacs sont par conséquent relativement pauvres en matières nutritives.

Le rapport entre les masses aquatiques sans circulation et celles soumises à un brassage régulier, est très variable. En général le brassage est d'autant plus complet que l'eau est moins profondé. Il est nécessaire d'envisager l'exposition aux vents et la superficie absolue de la surface aquatique.

I.FINDENEGG propose d'appeler monimolimnion ces couches lacustres profondes qui demeurent en stagnation constante durant des années consécutives. Ce monimolimnion constitue en réalité les parties inférieures de l'hypolimnion dans les lacs méromictiques.

Le rapport entre les masses aquatiques non brassées et le volume total du lac, de même que sa profondeur moyenne sont deux facteurs qu'il est nécessaire de retenir.

Plus la masse d'eau stagnante profonde est petite, plus elle sera riche en déchets planctoniques et plus la concentration en matières dissoutes sera par conséquent élevée, à l'exception toutefois de l'oxygène, dont la consommation sera évidemment proportionnelle à cette concentration. Non seulement la masse relative du monimolimnion est importante dans l'établissement de stratifications pseudo-eutrophes; mais, au même titre, le degré plus ou moins grand de la stagnation atteint ici. Cette dernière cependant est aussi proportionnelle à l'action des vents soufflant au-dessus de la région lacustre.

Dans le monimolinion pauvre de oxygène, l'azote est le plus souvent présent sous forme de sels d'ammonium. Dans les couches supérieures, ce n'est que chez les eaux eutrophes qu'on le rencontre sous cette forme. Généralement cependant il s'y trouve presque exclusivement à l'état nitrique.

Des quantités considérables sont toutefois disponibles sous forme organique soluble. De là une production de phytoplancton relativement importante dans ces lacs où l'épilimnion ne contient presque pas de dérivés azotiques inorganiques. Dans les lacs un peu plus productifs, la consommation de nitrates dans l'épilimnion a pour effet un enrichissement de l'hypolimnion au cours des périodes de stagnation.

Des quantités relativement considérables de substances azotées s'accumulent à cause de la circulation déficiente, dans le monimolimnion des lacs méromictiques. Elles sont ainsi définitivement perdues pour l'économie du lac.

Il en est de même pour les autres substances nutritives dissoutes. Par conséquent, la couche trophogène de ces lacs est généralement très pauvre en substances nutritives. Cet état de choses peut cependant être légèrement amélioré par l'apport de sels dissous dans l'eau des tributaires.

Il se fait, en outre, que la couche trophogène est d'autant plus pauvre en azote que la stagnation profonde est plus parfaite et que la stratification pseudo-eutrophe est plus prononcée.

G.W. COULTER (1963) abonde dans le sens de classer le Tanganika comme pseudo-eutrophe: en nous citant (L. VAN MEEL, 1954) comme décrivant le lac de cette manière; il ajoute que, possédant en même temps des caractères oligotrophes et eutrophes, cette classification peut être appuyée par les fleurs d'eau très denses observées près des côtes par R.S.A. BEAUCHAMP (1939, 1946), J.J. SYMOENS (1955, 1956, 1959), Th. DUBOIS (1958) et G.W. COULTER lui-même (1963).

Une classification simple de ce lac est impossible, malgré qu'il soit en partie en oligotrophie permanente, apparemment du moins, une population phytoplanctonique abondante apparaissant périodiquement. G.W. COULTER n'a donc pas infirmé notre proposition de classification.

En ce qui concerne la température des lacs tropicaux, à mesure qu'on s'approche des tropiques (F. RUTTNER, 1953), les variations annuelles des températures de l'air et de l'eau ainsi que les différences entre celles de la surface et du fond diminuent, cette dernière pourrait être difficilement inférieure à la température moyenne de la période la plus froide de l'année. La température élevée de la surface aquatique ne constitue pas la caractéristique typique des lacs tropicaux, mais bien ses légères variations saisonnières et la petite différence entre la température en surface et au fond.

Dans un lac tropical, le plus petit refroidissement provoque des courants de convection affectant bientôt l'hypolimnion chaud. Si ce mécanisme se prolonge, il doit conduire rapidement à une circulation totale dans le lac sans que l'action du vent doive nécessairement intervenir.

Comme les variations annuelles de la température sous les tropiques sont minimes, la circulation totale ne se borne pas à certaines saisons, comme cela se produit dans nos régions tempérées. Elles peuvent avoir lieu fréquemment à de courts intervalles, lorsque des périodes de refroidissement se succèdent rapidement.

D'autre part, il peut se faire, après une période exceptionnellement froide avec la diminution de la température dans les couches profondes, que durant des années, il ne se manifeste aucune circulation complète. Dans ces régions seulement où les saisons des pluies alternent avec des saisons sèches bien différenciées, caractérisées par une radiation intense, les circulations totales se produisent régulièrement; elles y sont associées d'ailleurs à la saison sèche.

La dépendance de presque tous les phénomènes de stratification chimique du gradient de la température, toutes les recherches de F. RUTTNER (1930) sur les lacs de l'Indonésie l'ont clairement démontré.

D'après tous les caractères des climats tropicaux, les périodes de circulation ont une durée très brève.

Il est évident qu'en plus de toutes les autres considérations limnologiques, la connaissance plus approfondie de ces circulations et de leur périodicité, s'il en existe une, est primordiale et urgente. Ces circulations et brassages, peuvent occasionner des concentrations décroissantes de l'oxygène dans les couches supérieures et sont d'une extrême importance, car dans un lac à hypolimnion considérable, dépourvu d'oxygène, une circulation peut occasionner la diminution, en une nuit, de tout l'oxygène des couches supérieures, toute vie devenant ainsi impossible, avec toutes les conséquences que cela comporte.

Dans une étude publiée en 1937, I. FINDENEKG s'est étendu sur la question des lacs holomictiques et méromictiques. On ne peut nier, que du point de vue thermique, le comportement d'un lac peut devenir très important dans le développement des conditions de vie du milieu. Ce n'est pas la composition de la faune et de la flore seule qui est fonction des variations de la température. L'importance de ces populations croît par rapport à l'induction plus ou moins aisée ou freinée des courants de convection qui accroissent ou suppriment les contrastes créés entre épi- et hypolimnion par les processus biochimiques lacustres. Si l'intensité de l'édification et de la dégradation de la matière organisée est déterminante dans l'établissement de ce contraste, il est un fait que la durée entre des brassages successifs est d'importance capitale pour les masses aquatiques de ces deux milieux à caractères opposés dont le mélange ne peut avoir lieu lors d'une stratification thermique stable.

Toutes considérations tendant à étayer une proposition de classement du Tanganika parmi les lacs du type "pseudo-eutrophe", alternativement holomictique pour une courte durée, méromictique pour des périodes plus ou moins longues.

Une masse planctonique relativement considérable une fois par an (en 1947 p.ex.) et une déficience durant de longs mois, l'abondance de frustules de diatomées dans certains sédiments ramenés à bord, alors que durant le séjour de l'expédition sur le lac, le phytoplancton ne s'avérait pas très abondant, ces éléments semblent bien fournir des indices en faveur d'un tel classement, (à ce propos, cfr notre publication L. VAN MEEL, 1954). Nous y renseignons quelques données quantitatives, pour les deux bassins. Eléments du phytoplancton:

Station	Date	Heure	Profondeur	Nombre d'éléments par 100 litres d'eau.	
131	6,5 M NE M'Toto	XI	22	60-70	260
141	16 m N50E Kabimba	23.XI	18	70-80	1234
161	11M SE Zongwe	8.III	22	0-10	649
228	10 M Tembwe	4.IV	23	10-20	2468
230	10 M NE Kavaala	9.IV	12	0-10	1169
	"	"	18	10-20	1558
259	10 km W Kigoma	22.IV	14	20-30	5285
369	10M NE Kavaala	8.X	9	30-40	134405
	"	27.XI	20	20-30	260

Les nombres indiqués concernant le nombre maximum observé à ce point de la colonne d'eau.

Au point de vue strictement limnologique, on pourrait avancer l'hypothèse que le lac serait soumis à une périodicité à très longue échéance, en ce qui concerne la production du phytoplancton, en rapport étroit avec le recyclage des substances nutritives lors des circulations importantes. Rien ne prouve d'ailleurs que la circulation, lorsqu'elle se produit, affecte tout l'hypolimnion, il n'est pas exclu que ce n'est qu'une partie des couches supérieures de ce dernier qui est entraînée dans la circulation. Il est fort probable que le

Tanganika se trouvait dans une période de stratification à l'époque de la Mission en 1946-1947. Dans un tel lac méromictique très profond (L.C. BEADLE, 1974), le gradient de densité est apparemment très étroit. Quelle qu'en soit la cause, les lacs méromictiques sont moins productifs. Ils l'auraient été davantage si l'inversion (turn-over) s'était manifestée périodiquement. Comme on l'a déjà vu, les substances nutritives dérivées de la dégradation organique s'accumulent continuellement sur les couches stagnantes du fond. Une partie seulement remonte vers la surface et est recyclée. Il serait cependant erroné d'en déduire que l'hypolimnion d'un lac serait à considérer comme une sorte de borbier dans lequel la matière organique et les substances nutritives qui en dérivent seraient irrévocablement accumulées et n'atteindraient la surface qu'à l'occasion d'une inversion automnale.

Nous ne pouvons terminer cet aperçu sans faire mention des oscillations libres (seiches) pouvant avoir une influence très marquée sur l'aspect des courbes de température, de concentrations, certaines inflexions inattendues se manifestant parfois sans causes directement discernables. Nous avons estimé utile d'attirer l'attention sur ce phénomène spécial étant donné que ce genre d'oscillations a été étudié pour le Tanganika par F. SERVAIS (1957) en suivant les méthodes de C. CHRYSTAL (1907-1908).

"On sait que sous l'influence d'actions mécaniques diverses, une masse d'eau peut subir une dénivellation temporaire, rapide, d'impulsion assez prompte pour donner lieu à une série d'oscillations du niveau de l'eau autour de sa position d'équilibre. Ces oscillations stationnaires libres quand elles affectent l'ensemble d'une masse d'eau naturelle, fermée ou non, sont appelées "seiches".

"L'amplitude de la seiche sera moindre si la période d'oscillation de la perturbation atmosphérique diffère de celle de l'eau du lac ou cesse sa phase avec elle, notamment, une perturbation instantanée extrêmement lente ne produira aucun mouvement d'oscillation appréciable de l'eau.

"En fait même, de véritables oscillations stationnaires localisées de la pression atmosphérique n'ont guère de chance de se produire; on observera une perturbation de la pression atmosphérique se déplaçant le long d'une portion plus ou moins étendue de la surface du lac, avec une vitesse suffisante pour y amorcer des seiches; toutefois, on pourra généralement en décomposer le profil en une superposition de profils plus simples susceptibles d'amorcer des seiches uninodales, binodales, etc., tous types d'oscillations qu'on retrouvera, avec des amplitudes variées, dans l'analyse du mouvement de l'eau.

"Ces considérations supposent implicitement qu'il s'agit ici d'un phénomène à une seule dimension horizontale. En réalité, les choses peuvent être beaucoup moins simples. Aussi convient-il d'introduire la distinction entre "seiches longitudinales" et "seiches transversales".

"Par seiches longitudinales F. SERVAIS désigne les oscillations stationnaires libres qui ont lieu dans le sens de la plus grande dimension horizontale du bassin (sa longueur). Les seiches transversales qui ont lieu dans le sens de la largeur (direction orthogonale au thalweg longitudinal) posent un problème plus compliqué. Leur apparition dépend des variations de la largeur et de la profondeur du lac.

"Le phénomène des seiches appartient à la catégorie des ondes liquides dites "de marée". La caractéristique de ce type d'ondes réside dans le fait que le mouvement du liquide est principalement horizontal et que les déplacements sont sensiblement les mêmes pour toutes les particules situées sur la même verticale.

"Lorsque ce type de mouvement a lieu dans un bassin de profondeur constante et suivant une seule direction horizontale cette hypothèse simplificatrice est désignée couramment sous le nom de "l'hypothèse du parallélisme des tranches liquides"; dans ce cas, en effet, tout se passe comme si le liquide se déplaçait par tranches planes, toutes perpendiculaires à la direction du mouvement, les dénivellations verticales résultant simplement de l'aplatissement ou de la dilatation des tranches, les parois extrêmes sont supposées verticales et la masse (ainsi que la densité) de l'eau en oscillation sont évidemment invariables. Lorsque l'accélération verticale ne peut être négligée, on obtient la catégorie des ondes liquides de "surface" dont un cas important est celui des oscillations libres en eau profonde, c'est-à-dire de profondeur non négligeable devant les dimensions horizontales du bassin (devant la longueur des oscillations considérées).

"Au lieu de se mouvoir par tranches parallèles, l'eau est maintenant le siège d'une agitation dont l'amplitude diminue à mesure qu'on descend de la surface libre vers le fond; ces oscillations sont aussi beaucoup plus rapides que dans les ondes de marée. Il va de soi qu'il n'y a pas de frontière nette entre ces deux types d'ondes liquides; dans nombre de cas intermédiaires, on pourra les rattacher à l'une ou l'autre catégorie.

"En ce qui concerne le Tanganika, malgré l'étendue énorme de cette masse d'eau, on peut envisager la possibilité de seiches affectant la masse entière du lac, bien que les conditions de pression atmosphérique nécessaires à l'excitation directe de seiches globales ne puissent probablement être réalisées qu'exceptionnellement; aussi faudra-t-il à première vue, plutôt s'attendre à observer des seiches longitudinales partielles.

"Outre les seiches longitudinales, il faut s'attendre à ce que le Lac Tanganika, à cause de sa longueur et de la disposition même de ses masses d'eau, soit le siège de seiches longitudinales partielles, affectant de manière particulière tel ou tel de ses bassins. Le lac peut être considéré comme composé de deux grands bassins principaux, de superficies sensiblement égales: le bassin nord (15.535 km carrés) et le bassin sud (16.263 km carrés) reliés entre eux par l'étranglement Lubaya-Lugubwe.

Les calculs de F. SERVAIS par des méthodes diverses ont permis de répondre à la question de savoir si le Tanganika peut vraiment osciller comme une seule masse d'eau et si une onde progressive de pression a des chances de traverser les étranglements de Rumonge et de Lubaya-Lugubwe sans réflexion: il faut s'attendre ici à ce que les réflexions soient très faibles et si des seiches partielles ne sont pas exclues, les seiches globales seront probablement importantes.

Les seiches transversales ne peuvent apparaître que dans les parties renflées du lac, leur amplitude doit décroître exponentiellement de part et d'autre de ces régions. Des seiches transversales uninodales seront observables dans les bassins de Rumonge, Kalemie, Moba et Kala, avec des périodes fondamentales respectives de 18 min., 32 min., 31 min. et 27 min.

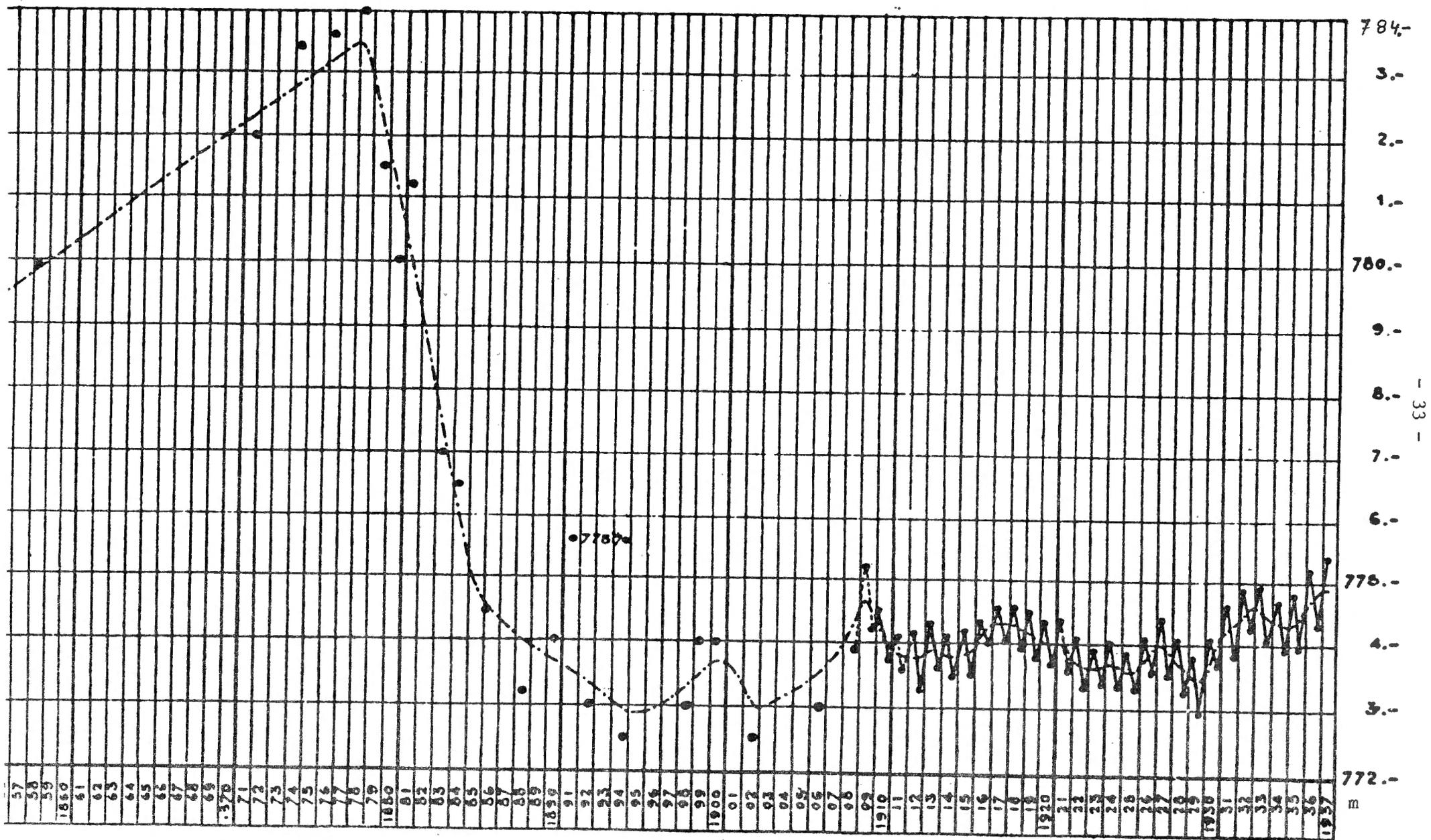


Fig.-6b. Diagramme du niveau du Lac Tanganyika de 1856 à 1937. (E.J.DEVROEY, 1939).

Il s'agit dans les quatre cas de seiches sans noeuds longitudinaux; pour les bassins de Nyanza et de Kala on a encore trouvé deux seiches à noeud longitudinal, l'une uninodale et l'autre binodale (transversalement); leurs périodes sont un peu plus basses que celles des seiches sans noeud longitudinal (F. SERVAIS, 1957 passim).

En ce qui concerne les variations du niveau du lac, nous trouvons chez M.J. EVERT (1980), sans entrer dans des détails, assez bien de renseignements dont nous ne retiendrons que l'idée de l'état d'équilibre précaire du niveau lacustre:

en 1894 on observe la cote la plus basse: 772,5 m  
 de 1895 à 1908, en 14 ans, le lac monte de 2 m  
 de 1908 à 1923, en 15 ans, le lac baisse de 1,65 m  
 de 1925 à 1938, en 13 ans, le lac monte de 1,65 m  
 de 1938 à 1950, en 12 ans, le lac baisse de 2,06 m  
 de 1950 à 1964, en 14 ans, le lac monte de 3,85 m.

Les variations saisonnières et annuelles ont été fort bien étudiées au cours de ces dernières années par E. DEVROEY (1938-1949) (A. CAPART, 1952). L'amplitude de la variation saisonnière atteint 80 cm par an, avec un maximum en avril-mai et un minimum en octobre-novembre. Mais la moyenne annuelle n'est elle-même pas constante et elle subit d'assez importantes variations, qui au cours des 50 dernières années n'ont cependant pas dépassé 3 : de 778,9 à 775,52 m

Il semble que la période de 13 ans environ pourrait être considérée comme moyenne de temps entre les années d'amplitudes extrêmes. En 1964 le lac a presque dépassé la cote 777 (776,99). A ce niveau, tous les ports sont inondés.

Nous avons pu disposer des mesures d'étiage exécutées par les soins de la Société SNCZ à Kalémie des années 1961 à 1978.

Années	Basses-eaux		Hautes-eaux	
	Niveaux	Dates	Niveaux	Dates
1961-62	773,51	28.10.61	775,27	13.5.62
1962-63	774,82	25.10.62	776,17	25.5.63
1963-64	775,57	2.11.63	776,99	19.5.64
1964-65	776,27	8.11.64	776,77	30.4.65
1965-66	775,47	27.10.65	776,47	4.5.66
1966-67	775,48	11.12.66	775,98	13.5.67
1967-68	775,20	24.10.67	776,61	18.5.68
1968-69	777,83	2.11.68	776,53	9.5.69
1969-70	775,47	28.10.69	776,82	28.4.70
1970-71	775,29	21.11.70	775,77	29.4.71
1971-72	774,82	10.11.71	775,53	18.4.72
1972-73	774,62	21.10.72	775,17	27.4.73
1973-74	774,19	12.11.73	775,15	25.5.74
1974-75	774,36	5.11.74	774,76	19.5.75
1975-76	773,89	10.11.75	774,68	8.5.76
1976-77	773,93	20.10.76	774,80	11.5.77
1977-78	774,08	29.10.77	775,13	7.5.78
1978-79	774,3	28.10.78	775,86	20.5.79

E.DEVROEY (1949) renseigne que le zéro du limnètre installé à Albertville correspond à 772,24 m.

a. - La température de l'eau.

Du point de vue de la thermique, on peut distinguer trois couches d'eau dans le Tanganika (A.CAPART, 1952): la première, superficielle, de 0 à -100 m, où la température subit une variation journalière; la deuxième, de -100 à -200 m, où la variation de la température est saisonnière; enfin, de -250 m au fond, une couche thermique stable. A -200 m, les variations observées au cours de l'année, ne dépassent guère 5 centièmes de degré; pour les mesures certaines, la valeur se situe entre 23,43° et 23,48°C.

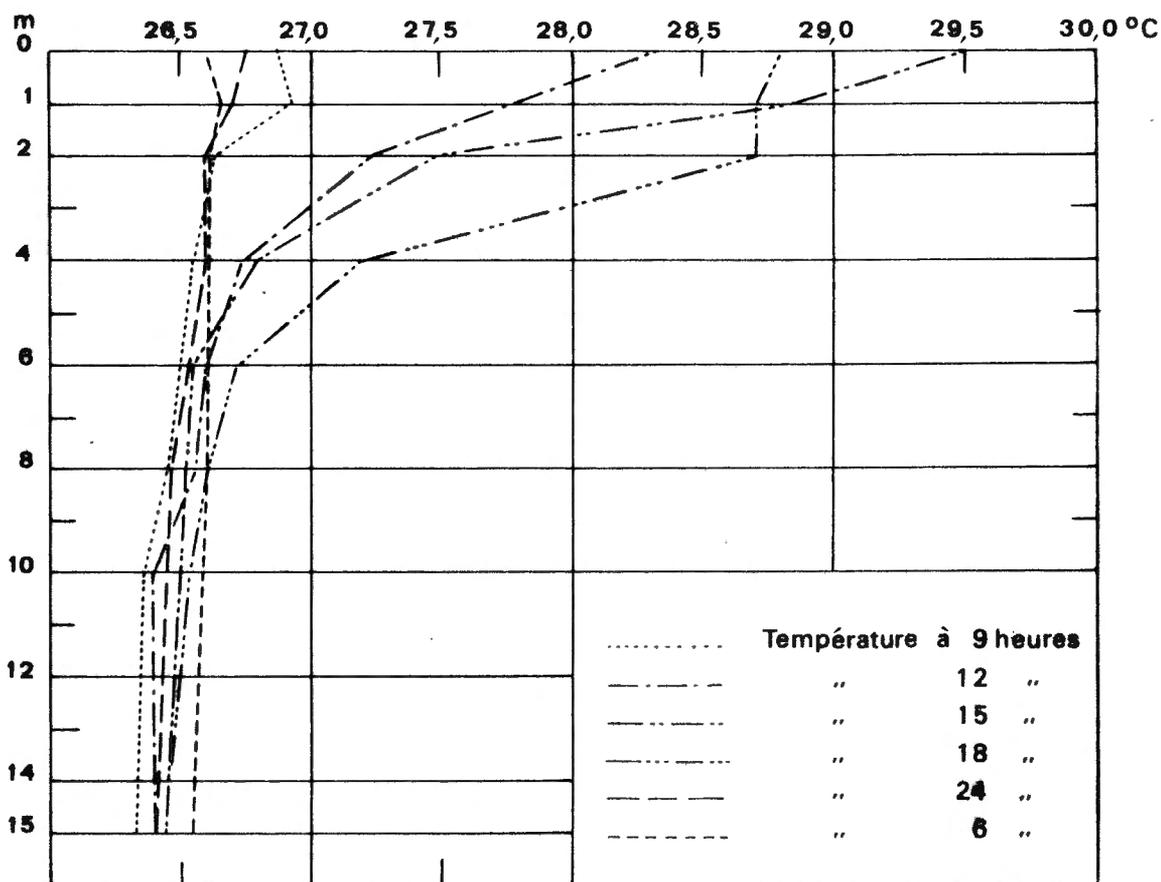


Figure 7. - Moba. Station 36. Evolution de la température de l'eau dans les quinze premiers mètres au cours de 24 heures. (Profondeur totale: 40m). (A. CAPART, 1952).

A partir de cette profondeur jusqu'au fond, on n'observe pratiquement plus de variations de la température et la diminution n'atteint plus que 0,2 °C. On note toutefois des valeurs différentes de température aux profondeurs de -500 m et plus. Il se produit là un net relèvement à proximité immédiate du fond aux plus grandes

profondeurs le minimum serait situé entre -500 et -800 m et compris entre 23,25 et 23,28 °C.

Sur les fonds de plus de -1000 m, on observe, d'après les mesures de A. CAPART (1952), des températures de 23,55 - 23,33 et 23,32°C.

Les eaux au-dessus de -250 m subissent, au cours de la saison, l'action directe des vents et de la température de l'air; l'action diurne du soleil agit sur les 100 premiers mètres et plus particulièrement sur les dix premiers.

Ainsi à la Station 36 (Fig. 7), au large de Moba, par 40 m de fond, au cours de 24h d'observation, la température en surface est passée de 26,3°C à 6h du matin, à 29,5°C à 15h; les températures de l'air étant respectivement 22° et 30,4°C. A -10m de profondeur, elle varie de 26,4 à 26,62°C.

A proximité des côtes, les variations de la température sont donc assez fortes et suivent d'assez près les importantes variations de la température de l'air. Le graphique des températures à la Station 111 (Fig. 8), montre clairement les variations en profondeur au cours de la journée: la courbe II a été réalisée au maximum de température de surface, soit à 15 heures; la courbe I au minimum, soit à 6 heures; on constate que la variation est plus importante entre -40 et -60 m qu'en surface; à -100 m, la différence n'est plus perceptible (Fig. 8) (A. CAPART, 1952).

Il faut considérer également le temps nécessaire pour ramener les instruments de -1000 m à bord. On peut considérer d'après R.S.A. BEAUCHAMP (1939) la température de 23,1 °C comme une bonne approximation de la température à ces profondeurs et admettre que l'eau du lac est homotherme en dessous de -400 m.

A la Station 111, nous voyons la situation du lac le 13 et le 29 juillet également au large de Kigoma.

Le 13 juillet un thermocline abrupt se manifeste à -60 m. Le 29 juillet la température de l'épilimnion a diminué de 0,25°C avec comme résultat un mélange avec de l'eau inférieure au thermocline. On peut observer ce phénomène par la forme de la courbe de température, par la réduction du taux de l'oxygène dans l'épilimnion et par la grande quantité de silicates dans les parties basses de l'épilimnion.

Dans l'étude de R.S.A. BEAUCHAMP (1939), sur l'hydrobiologie du lac, nous trouvons des considérations sur ses mesures de température et d'oxygène exécutées à une station distante de 10 km de Kigoma. La profondeur du lac atteint à peu près -1100 m à cet endroit. Les mesures ont été faites au milieu du mois de juillet au milieu de la saison sèche (ou froide). D'après les mesures thermométriques on peut conclure à l'existence d'un épilimnion bien défini avec un thermocline situé à -60 m. Sous celui-ci, la température décroît graduellement de 23,75 à 23,1 °C à -400m. Cette décroissance au-dessous du thermocline n'est pas constante. Il se manifeste de petites différences. Plus bas de -400 m, la température reste constante à 23,1 °C. A -800 et -1000 m on mesure 23,05 °C. Les mesures inférieures sont parfois entachées d'erreurs dues à la dilatation adiabatique.

A la Station IV, le 2 août, à 100 km au S de Kigoma, à 15 km au N des Monts Kungwe, la température de l'épilimnion a 0,4 °C de moins que le 29 juillet à Kigoma et un distinct thermocline se trouve à -85 m.

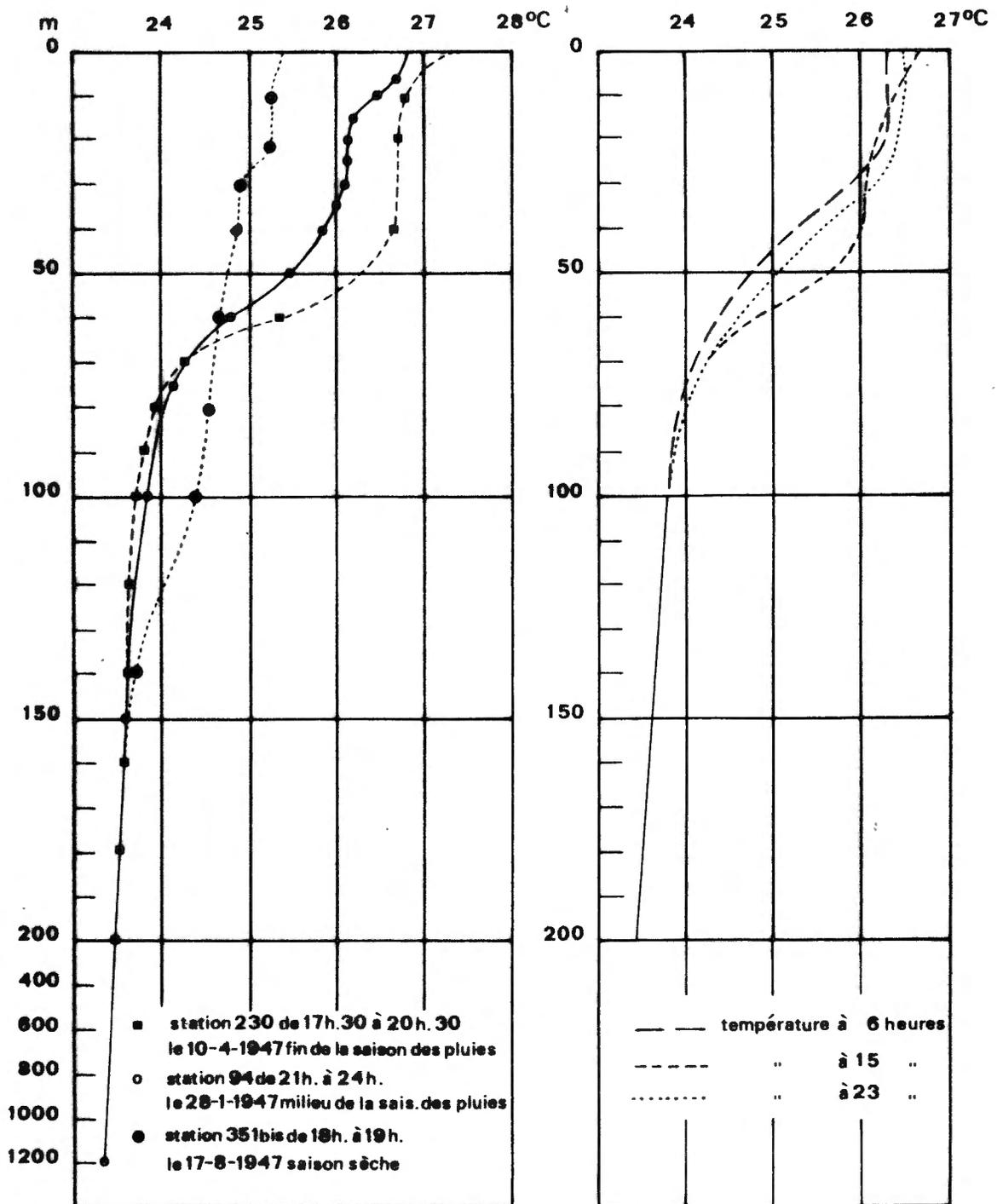


Fig. 8. - Variations saisonnières de la température de l'eau. Trois stations dans le bassin nord et variations de la température de l'eau au cours de 24 heures à la station 111 (Bassin sud). (A. CAPART, 1952).

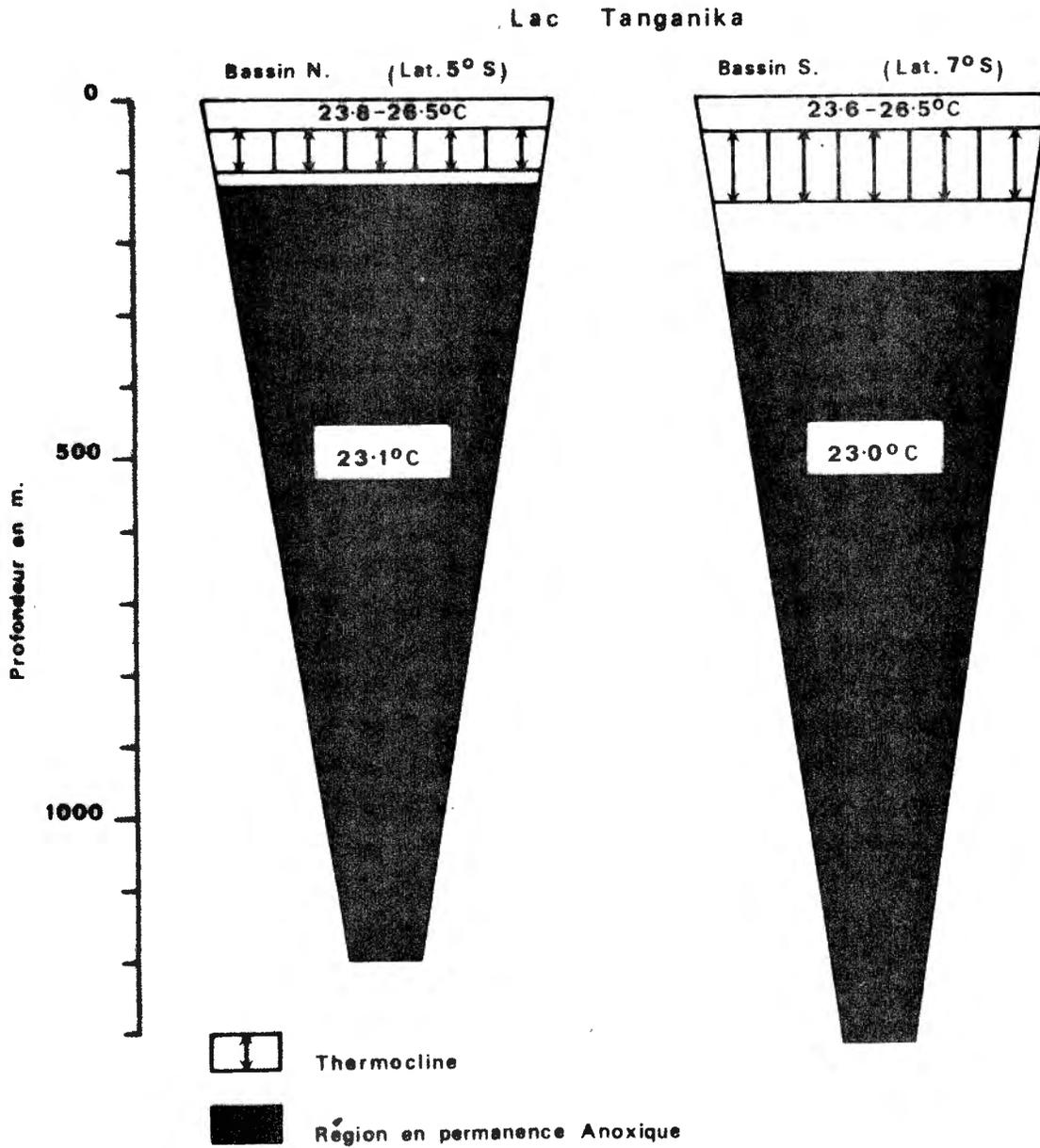


Fig. 9. - Coupe schématique dans les bassins N et S du lac.  
(D'après R.S.A. BEAUCHAMP, 1939).

A 50 km plus au Sud, à environ 35 km au Sud des Kungwe, dans le bassin sud du lac, le thermocline est bien défini à -88 m.

Au large de Kasanga, le 5 août (Station VI) à 8 h du matin, à 40 km de la limite inférieure du lac, à 25 km plus bas que la station précédente, la température de surface est descendue à 23,9° C.

Un thermocline insignifiant s'est formé.

Le 7 août, à 9 km au N de Mpulungu (Station VII) à une profondeur de -110 m, à peu de chose près, la température est uniforme depuis -20 m environ jusque près du fond. Il est important de se rappeler qu'en cette saison, en dehors des brises de terre et brises du lac régulières, la direction des vents est S-N.

Des graphiques montrant la position du thermocline à Kigoma et aux stations suivantes, on peut conclure qu'au début tumultueux de la saison sèche (saison froide) les eaux de surface du lac subissent d'abord leur refroidissement dans le Sud du lac, conduisant à une diminution progressive du thermocline dans le Sud avec comme résultat, un certain mélange de l'eau de l'hypolimnion refroidissant aussi partiellement l'épilimnion.

Il se produit ainsi un thermocline incliné, le plus profond vers l'extrémité sud du lac. En même temps, il devient naturellement moins abrupt lorsqu'il se manifeste à des niveaux inférieurs.

Le vent du Sud provoque un courant d'eau de surface plus froide en direction Nord et le courant retour glisse comme d'habitude immédiatement au-dessus du thermocline.

Les mesures exécutées à Kasanga montrent qu'à cette époque il n'y a pas eu de thermocline effectif et le courant-retour de l'épilimnion a été mélangé au courant de la tranche supérieure de l'épilimnion.

En résumé, des conditions instables prennent d'abord naissance dans la partie sud du lac et l'eau froide d'ici est dirigée vers le Nord par les vents, produisant un refroidissement général de l'épilimnion et la dépression du thermocline dans l'ensemble du lac.

Le 23 août, dans l'extrême Nord, au large de Bujumbura, des mesures furent encore exécutées à une profondeur de -50 à -60 m. On a pu observer qu'ici les eaux de surface étaient profondément mélangées sous l'influence des vents du Sud, renforcés encore durant l'après-midi, par les brises de terre. Il ne s'est pas constitué de mélange avec les eaux profondes. Etant donné la direction du courant épilimnique qui vire à cet endroit pour former le courant-retour, flottant immédiatement au-dessus du thermocline, un tel mélange était improbable.

Le 8 septembre il se manifeste à la Station 111 de la turbulence entre -60 et -80 m. Il semble qu'un thermocline ait existé vers les -70 m. Le centre du Nord a probablement produit un renversement du courant épilimnique. Le courant circulant dans l'hypolimnion doit posséder un moment considérable et ne pourrait dès lors être immédiatement renversé. Par conséquent le courant-retour dans l'épilimnion doit se diriger maintenant en sens contraire du courant dans le sommet de l'hypolim-

nion. La résistance par frottement produite dans ces conditions doit nécessairement provoquer un mélange considérable entre ces deux courants ainsi que la dissolution du thermocline. Toutefois, le mélange avec de l'eau profonde n'est que partiel et un turn-over complet du lac ne se produit pas.

Dans le graphique obtenu on note le degré de mélange, les conditions variables de stabilité et d'instabilité partielles, la formation transitoire de deux thermoclines, les indications d'une seiche de température ou vague sous-marine et le rétablissement d'un thermocline avec réoxygénation complète de l'épilimnion et désoxygénation totale de l'eau en dessous de ce dernier.

Le 11 septembre, un thermocline bien exprimé ne se manifeste pas, mais bien une baisse progressive de la température de 25,25° C en surface vers 23,5° C à -130 m, la baisse est très graduelle jusqu'à ce que l'homothermie de l'eau profonde vers -400 m soit atteinte. En dessous, la température reste uniforme à 23,1° C.

Le 13 septembre, un léger degré de stabilité est atteint et un thermocline s'établit à -75 m. Le centre de rotation du premier courant hypolimnique se manifeste également. L'effet de ce dernier porte la composition de l'eau inférieure au thermocline à une valeur plus uniforme en augmentant les concentrations des substances dissoutes dans les niveaux situés immédiatement sous le thermocline, en diminuant légèrement les concentrations dans le niveau sous ce centre de rotation. Au centre même, il ne faut pas s'attendre à un changement appréciable dans la composition.

Les diverses valeurs mesurées suggèrent que le centre de rotation du premier courant hypolimnique doit se trouver au voisinage de -120 m et que la composante supérieure de ce courant coule exactement en dessous du thermocline à -80 m. La composante inférieure se trouverait à environ -170 m.

Tableau 10a: Température de l'eau du Tanganika 1946-1947. Bassin nord.

St 53		St 87		St 54		St 100		St 141		St 259		St 262	
m	°C	m	°C	m	°C	m	°C	m	°C	m	°C	m	°C
-0	27,99	-0,2	26,60	-0,2	28,86	0,2	26,92	-0,2	26,97	-0,1	26,99		
-10	26,39	-25	25,83	-25	26,18	-10	26,35	-20	26,42	-20	26,82		
-30	25,85	-50	24,93	-50	25,55	-20	26,22	-40	26,39	-50	26,43		
-75	24,01	-75	24,04	-75	24,15	-30	26,09	-60	24,68	-60	25,75		
-150	23,52	-100	23,73	-100	23,87	-40	25,70	-80	23,96	-70	25,31		
-250	23,34	-200	23,48	-150	23,60	-50	24,83	-100	23,83	-80	25,05		
-350	23,30	-401	23,30	-175	23,54	-60	24,41	-124	23,71	-90	24,12		
-500	23,38	-600	23,30	-200	23,51	-70	24,03	-148	23,67	-100	23,90		
		-846	23,25	-225	23,41	-80	23,96	-171	23,57	-120	23,82		
		-1040	23,29	-1160	23,32	-90	23,87	-197	23,50	-140	23,71		
						-100	23,78	-390	23,29	-159	23,64		
						-125	23,68	-585	23,28	-179	23,61		
						-150	23,68	-1060	-	-199	23,57		
						-175	23,53			-332	23,45	-350	23,26
						-190	23,51			-432	23,33	-400	23,26
						-200	23,48			-1167	23,29	-450	23,25
						-210	23,44			-1290	-	-1290	-
						-220	23,43						
16 milles E Kolobo 7.I.		5,5 milles W Kigoma 24-25.I.		9 milles NE Cap N Kavaala 28.I.		4 milles E Toa 30-31.I.		16 milles N 50 E Ka- bimba 23-24.II.		10 km W Kigoma 23.5.		10 km W Kigoma 25.5.	



### LAC TANGANIKA 1946-1947

#### Bassin Nord — Température en °C

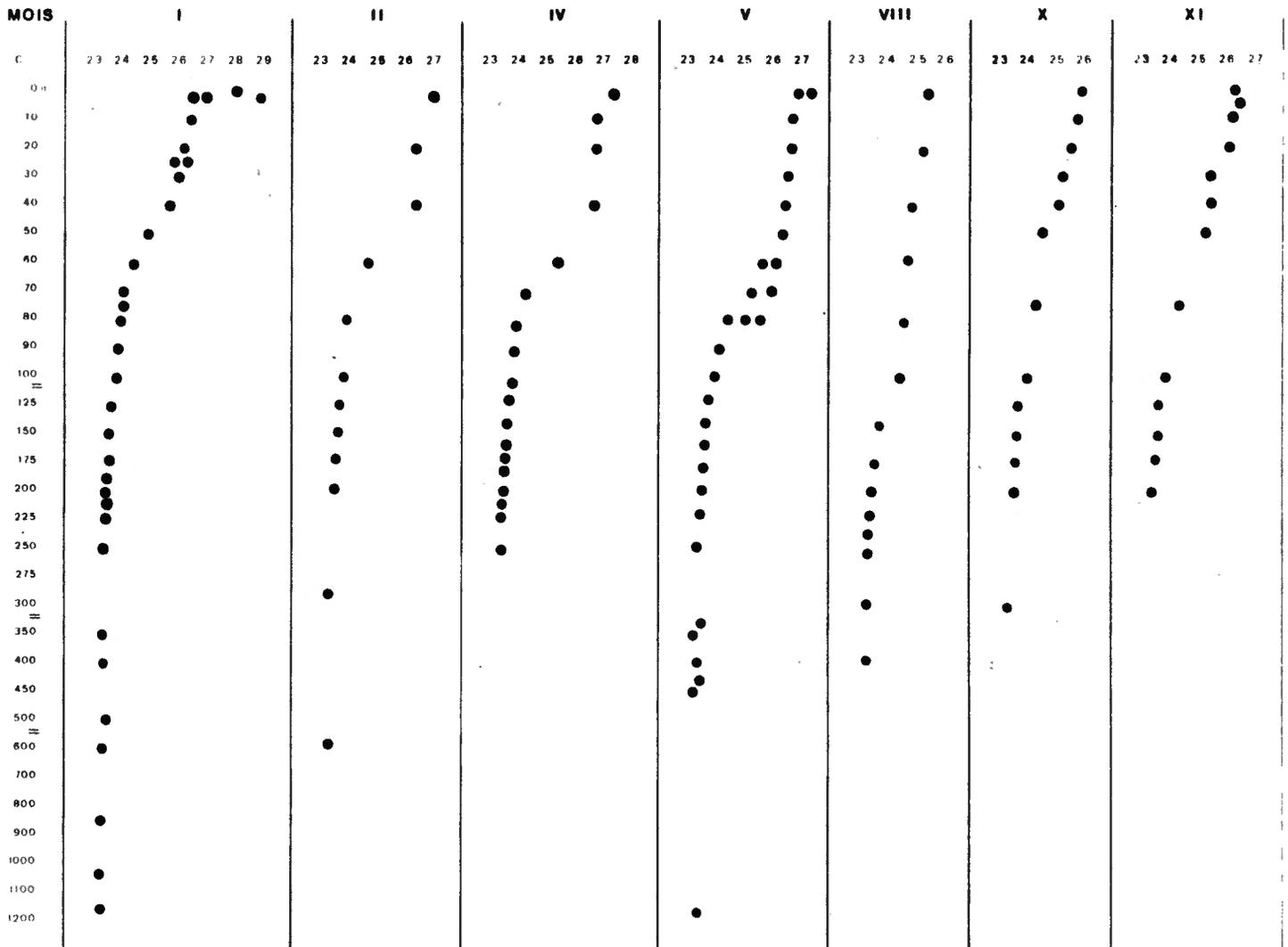


Fig. 10: Variations de la température de l'eau, bassin nord.

# LAC TANGANIKA 1946 - 1947

## Bassin Sud — Température en °C

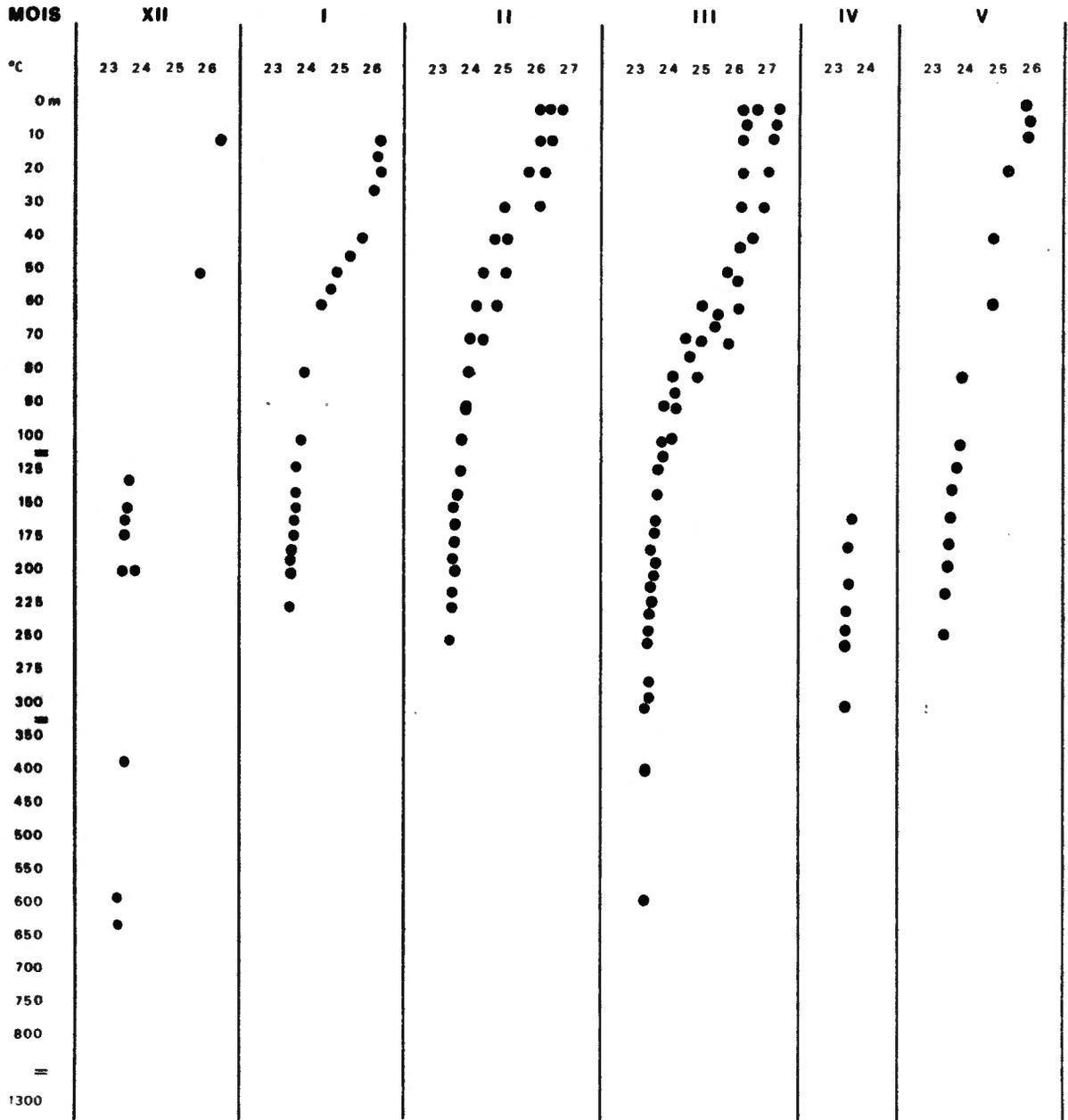


Fig. 11. - Variations de la température de l'eau, bassin sud.

Le 14 septembre, le thermocline est situé au même niveau. En octobre, une légère chute de température s'observe à -40 m. Cette petite différence est suffisante pour empêcher un mélange immédiat avec l'ensemble de l'épilimnion.

Le 1 octobre, on observe de nouveau le mélange entre épi- et hypolimnion. Un léger vent N-E s'était levé la soirée précédente. Ce fut la dernière fois qu'un mélange pouvait se produire entre les eaux de surface et une couche inférieure. Le 5 octobre une plus grande stabilité se rétablit avec la présence de deux thermoclines, un à -25, l'autre à -75 m.

Le 6 octobre, après une nuit calme, le thermocline de -25 m a été complètement levé. La position a été portée de -75 m au delà de -90 m, fait extrêmement significatif. Il est aussi plus défini que le jour précédent.

Ce changement malgré un temps calme, est très remarquable. La seule solution doit être cherchée dans le développement d'une vague sous-marine ou seiche de température.

Le 9 octobre, la température de l'eau de surface atteint 25,7 °C et il se manifeste une tendance à l'établissement permanent très défini.

Le 20 octobre, la température légèrement supérieure à 25,55 °C à -10 m, comparée à celle en surface de 26,5 °C est due au fait que la lecture s'est faite au grand matin et est le résultat d'un refroidissement nocturne et des conditions temporairement instables. Le thermocline est situé à -48 m.

Le 11 novembre, le thermocline est un peu plus nettement défini à -25 m, à une température de surface de 26,5 °C. La stabilité est en ce moment beaucoup plus grande qu'au début des recherches en juillet.

Par tout ce qui précède, il est évident que le Lac Tanganika est à considérer comme étant d'une oligotrophie extrême, malgré qu'on ait admis qu'aucun lac tropical, pour autant qu'ils aient été examinés, pouvait être décrit comme oligotrophe (A. THIENEMANN, 1931).

Plus que n'importe quel autre lac, le Tanganika possède, en outre, une plus grande stabilité thermique. Ce n'est que durant une période d'environ trois mois qu'un mélange se produit entre l'épi- et l'hypolimnion. En aucun moment le lac ne subit-il le turn-over.

Les mesures de R.S.A. BEAUCHAMP ont montré qu'au large de Kigoma, le mélange avec de l'eau profonde ne dépasse pas -200 m. Ceci permet une explication de la flexion dans la courbe de température entre -200 et -300 m.

Ce n'est que dans le Sud du lac que de l'eau qui a été en contact avec les vases du fond, arrive à la surface puisque la profondeur y est beaucoup moindre et qu'ici la dissolution du thermocline est plus complète. Pour le restant du lac, excepté quelques régions de moindre profondeur, on peut affirmer qu'il ne se manifeste pas de circulation directe entre les eaux de surface et celle du fond du lac.

A ce propos, il convient de mentionner qu'il se produit un changement brusque dans les vases à environ -70 m. Au-dessus de ce niveau elles sont composées de particules relativement grandes et possèdent une teinte grise, tandis que, plus bas, elles sont formées de très fines particules et ont une teinte noire.

Vers la fin de septembre, jusqu'à une profondeur de -850 m., la discontinuité de la température entre -200 et -300 m a été levée par le refroidissement des couches superficielles de l'hypolimnion et par le léger refroidissement des couches plus profondes jusque -500 m. Le réchauffement à -500 m n'est que de 0,02 °C. En dessous de -500 m, la température est toujours de 23,1 °C. Au large de Utinta, à -1000 m, on a mesuré 23,1 °C (R.S.A. BEAUCHAMP, 1939 passim).

Une contribution très importante nous a été apportée par J.Th. DUBOIS sur l'évolution de la température, de l'oxygène et de la transparence dans la baie nord du lac, durant une période de XI.1955 à II.1957 (J.Th. DUBOIS, 1958), que nous résumons ici (Figure 12).

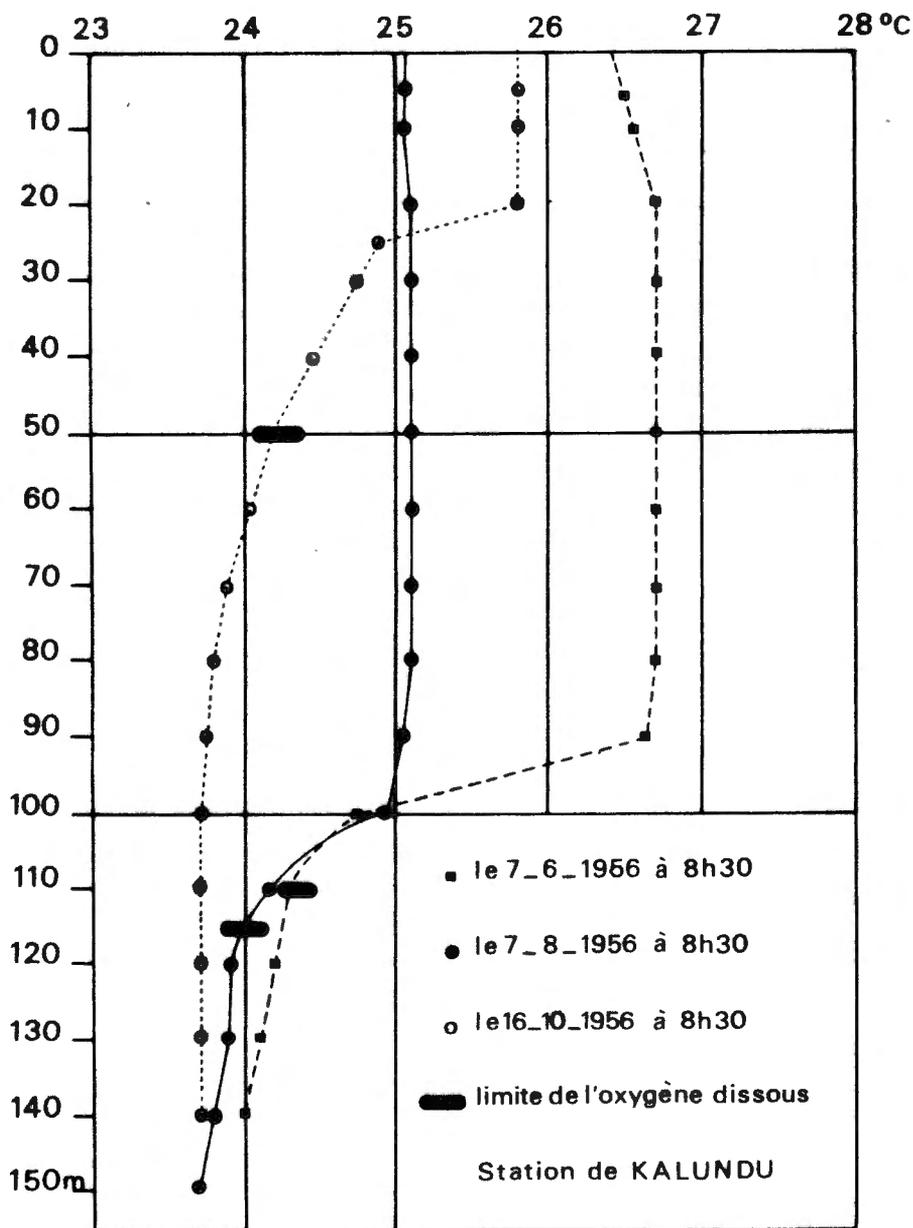


Fig. 12. - Variations de la température à la Station de Kalundu (J.Th. DUBOIS, 1958).

Dans les eaux de surface du lac, on observe des variations journalières de température sous l'influence des vents, de la température de l'air et de l'insolation. Elles sont comprises entre 25,0 et 29,0°C. Au cours de 24 heures, le maximum se situe aux environs de 14-15 heures et atteint parfois 29,5°C. Une baisse régulière se manifeste à partir de 16 heures et atteint son minimum le matin vers 6 heures. Ce minimum descend rarement en dessous de 25°C. La température nocturne des eaux de surface demeure supérieure à 25 °C. Ce minimum n'est d'ailleurs atteint qu'au lever du jour. A partir de ce moment, la température monte progressivement et son maximum est situé, comme la veille, vers 14 heures.

Sur 24 heures, l'intervalle de température entre le maximum et le minimum s'échelonne, suivant les saisons, entre 1 et 3 °C. Les mesures faisant l'objet de l'étude de J.Th. DUBOIS ont toujours été effectuées entre 8 et 9 heures du matin. Les températures alors enregistrées en surface sont comprises entre 25,05 (7.VIII.1956) et 27 °C (18.IV.1956)

La couche d'eau la plus intéressante au point de vue variations de la température ne dépasse guère, dans la baie nord, la profondeur de 160 m. A cette profondeur, au cours de l'année, les températures varient de 23,55 à 23,7 °C.

Dans ses graphiques, J.Th. DUBOIS a représenté 3 stations échelonnées de deux en deux mois. 7/VI, 7.VIII et 16.X.1956 (Figure 12).

Ces graphiques de température en fonction de la profondeur, varient très fort au cours de l'année et présentent une allure très différente l'une de l'autre, malgré une différence de 3 °C seulement entre les extrêmes: 23,7 à 26,7 °C. Elles caractérisent très bien l'évolution saisonnière de l'épilimnion et du thermocline.

J.Th. DUBOIS souligne ici que le terme "thermocline" doit être interprété ici comme la différence de température de 1 degré par mètre. Cette définition classique du thermocline n'est valable que pour les eaux des régions tempérées où les saisons sont très différenciées par des variations très importantes de température. Elle ne vaut pas, à son avis, pour des eaux comme celles du Tanganika, situées dans la région équatoriale où les écarts de température de l'air au cours des saisons sont insignifiantes comparés à ceux des régions tempérées. On y observe en effet entre la surface et les plus grands fonds (-1400 m) une différence minima de 1,75 °C et maxima de 6,75 °C.

Par l'étude des trois graphiques de J.Th. DUBOIS, on peut constater les faits suivants (Figure 12).

a. - Graphique du 7.VI.1956.

A une profondeur assez grande, les eaux sont chaudes encore. L'épilimnion est très important et mesure 90 m d'épaisseur. A cette profondeur, la température est encore de 25,65 °C, c'est-à-dire plus élevée qu'en surface à ce moment. Le thermocline, à peu près de 20 m d'épaisseur, est très marqué et passe de 26,65 °C à 24,30 °C à -110 m, c'est-à-dire 2,35 °C pour 20 m, différence assez considérable pour un lac équatorial. A partir de -100 m, la température décroît faiblement et régulièrement et atteint, vers -150 m - 160 m, une valeur de 23,7 - 23,75 °C pratiquement stable au cours de l'année à cette profondeur. Cette année 1956 a été particulièrement sèche dans la région du lac: aucune précipitation n'a eu lieu depuis le 12.IV jusqu'au 4.VIII, c'est à dire pendant 4 mois. La courbe de température du 7 juin figure donc au milieu de la saison sèche, saison à grands vents en général du Sud. Les eaux du lac sont fortement brassées par ces vents,

ceux-ci provoquent un important épilimnion, à température analogue à celle des eaux de surface et une oxygénation des eaux à grande profondeur. A cette époque on observe l'oxygène dissous, à une température de 24,3 °C jusque -110 m.

b. - Graphique du 7.VIII.1956.

Les eaux se sont fortement refroidies. La température en surface a diminué jusque 25,05 °C, température pratiquement constante jusqu'à -100 m, avec un épilimnion encore très important mais d'une température inférieure.

Le thermocline est beaucoup moins bien exprimé qu'au mois de juin, la température de l'eau est passée de 24,95 °C à -100 m à 23,9 °C à -1200 m, soit 1,05 °C sur 20 m. Ce thermocline s'amorce à -100 m, pour s'incurver ensuite légèrement jusqu'à -150 m (23,9 °C), et aboutir à une température de 23,7 °C à -150 m. On observe la présence d'oxygène dissous jusque - 115m à une température de 24,0 °C. C'est probablement l'action continue des grands vents de la saison sèche (la saison froide de ces régions) qui occasionne le refroidissement uniforme de l'épilimnion et la présence d'oxygène dissous à des profondeurs importantes.

La température de l'air étant inférieure à celle observée en saison des pluies, l'action des vents provoque le brassage et le refroidissement de l'épilimnion et diminue beaucoup l'importance et la netteté du thermocline.

La région d'Uvira n'ayant reçu les premières précipitations que le 14.VIII, le graphique de 7.VIII représente ainsi l'état du lac en fin de saison sèche, après avoir subi durant près de 4 mois, le brassage par les grands vents.

c. - Graphique du 16.X.1956.

Depuis deux mois les précipitations ont débuté et le graphique est notablement différent de ceux obtenus dans les stations en saison sèche. Les eaux pluviales ont une température d'environ 24,4°C. Quoique d'une salinité inférieure à celle des eaux lacustres, elles ont cependant une densité plus élevée par leur température plus basse que celle des eaux de surface. En coulant dans le lac, elles se réchauffent progressivement au cours de la descente et atteignent finalement une température analogue à celle des eaux lacustres à cet endroit, uniformisant ainsi la température.

L'épilimnion de 25,8 °C est très peu important: 20 m. Malgré les pluies, ses eaux sont cependant plus chaudes qu'au mois d'août, car la température de l'air, plus élevée, agit sur toute l'épaisseur de cet épilimnion. Le thermocline aussi est peu important, il passe, sur une hauteur de 5m, de 25,8 à 24,9°C, soit moins qu'un degré. Le graphique s'infléchit ensuite très progressivement jusque -150 m et rejoint le domaine de température commune, pratiquement stable au cours de l'année. L'oxygène dissous ne s'observe que jusque -150 m, la température à cette profondeur étant 24,4 °C.

A cette époque aussi, toute la masse d'eau en dessous de -25 m se trouve à une température inférieure à 25 °C.

J.Th. DUBOIS a établi, en plus, un graphique représentant, depuis le XI.1955 jusqu'au II.1957, les courbes isothermiques en fonction de la profondeur. Ces courbes s'échelonnent de 24,0 à 27,0 °C à 1/2 degré d'intervalle. Celles de

25,5 à 27,0 °C n'apparaissent que de façon intermittente et subissent les variations saisonnières de température; celles de 25-24,5 °C au contraire sont toujours présentes au cours de l'année, en ce sens que la température minimum atteinte par les eaux de surface est située entre 25 et 25,5 °C, du moins dans la partie nord du lac et pendant la période envisagée dans l'étude de l'auteur. Comme celui-ci l'a spécifié, ses mesures ont toujours été effectuées entre 8 et 9 heures au cours de la matinée. Il est certain qu'aux heures les plus chaudes de la journée, la température de surface du lac est toujours au moins égale ou supérieure à 26 °C.

Au mois de mars 1956, les couches isothermiques se groupent pour amorcer, vers la mi-avril, une descente vers les profondeurs. Elle se poursuit jusqu'en juin. L'épilimnion se réchauffe: en effet, au début de juin l'eau est encore à 26,0 °C à -93 m de profondeur.

Du début de juin à fin juillet 1956, un brusque refroidissement des 200 premiers mètres se manifeste, abaissant la température de l'épilimnion de 26,7 à 25,4 °C en lui conservant toutefois son épaisseur: 90 à 100 mètres. Les isothermes de 26,5 - 26,0 et 25,5 °C ont disparu pour réapparaître progressivement au cours des mois suivants. En dessous de -100 m, les eaux n'ont pas été touchées par cette brusque modification de la température. A partir du mois d'août seulement, les isothermes de 24,0 - 24,5 °C croissent et reprennent en septembre une certaine stabilité dans la zone de -50 et -75 m.

L'isotherme de 25,5 °C réapparaît fin septembre, subit une légère éclipse fin X, début XI et réapparaît à nouveau.

Les isothermes restent bien groupés au cours des mois suivants, sauf vers la mi-IX une décroissance, de courte durée d'ailleurs, de l'isotherme de 24,0 °C; toutefois celui-ci ne dépasse jamais -130 m.

A la seconde moitié de février 1957, l'isotherme de 26 °C apparaît comme d'ailleurs en 1956 environ vers la même époque. Jusqu'ici les observations thermométriques de J. Th. DUBOIS.

De leur côté, E.T. DEGENS et ses collaborateurs (1971) ont montré par leurs mesures un fort thermocline aux environs de -70 m. Cette stratification semble se maintenir durant toute l'année et ne varier que modérément avec la profondeur (R.S.A. BEAUCHAMP, 1939). En dessous de -400 m, la température reste apparemment uniforme à  $23,3 \pm 0,05$  °C.

Les graphiques construits d'après ses mesures par H. CRAIG (1974), montrent un thermocline d'été très bien développé à -50 m. La comparaison avec la courbe hivernale de A. CAPART (VIII), par sa perposition, montre une différence saisonnière à peine discernable jusque -150 m. Cette différence se fait plus ou moins sentir jusqu'à des profondeurs de -200 à -250 m. Dans les couches profondes, la température décroît progressivement jusque - 867 m, point où l'on observe un minimum: 23,25 °C. A. CAPART a mesuré en 1947 une valeur moyenne de 23,45 °C à -200 m et a noté des températures, in situ, minima entre -500 et -800 m: de 23,25 à 23,28 °C. Les valeurs numériques de H. CRAIG sont supérieures de 0,02 à -200m (phénomène peut-être saisonnier) et de 0,03 °C à des profondeurs entre -500 et -800 m, sans indication d'un minimum dans ce

secteur. En général, on peut admettre que l'eau profonde s'est réchauffée de moins de  $0,03^{\circ}$  en 30 ans, c'est à dire à un taux inférieur à  $0,001^{\circ}\text{C}$  par an.

Les graphiques de mesures thermométriques de H. CRAIG présentent une solution de continuité apparente à  $-250$  m environ (Fig.13).

Avant d'achever cet aperçu, forcément succinct, au sujet de la température, il faut signaler le travail de G.MARLIER (1972) sur la température des eaux littorales de Tanganika. Durant une période comprise entre le 27 janvier et le 7 juillet 1960, l'auteur a procédé à une série de mesures à Uvira (rive NW du lac).

G. MARLIER esquisse l'évolution journalière de la température de l'eau en surface et tente de trouver une explication au phénomène observé. On sait que dans la baie nord du Tanganika, depuis la fin de la nuit jusqu'au milieu ou à la fin de la matinée, le lac est parfaitement calme. A un moment situé entre 10 et 12 h, le vent du Sud se lève, bientôt suivi de l'apparition de vagues et de courants pouvant devenir assez forts. Phénomène extrêmement régulier, et surtout, subit et violent en saison sèche. Cette apparition inopinée de vagues et du courant S-N est simultanée avec le réchauffement brusque de l'eau de surface comme les mesures de G. MARLIER l'ont montré.

En effet, étudiant les tableaux les plus complets de mesures effectuées par l'auteur, on constate que l'accroissement de température vers le milieu du jour ou vers l'après-midi, peut atteindre et même dépasser  $1^{\circ}\text{C}$  en deux heures, et cela, exactement avant le maximum diurne, tandis que les modifications de température dans les autres intervalles bi-horaires de la journée sont souvent bien inférieures. Il faut noter par ailleurs que la décroissance de la température à la fin de la journée est beaucoup plus lente et plus progressive. Même si les températures croissent ou décroissent plus progressivement à mesure que la saison s'avance, les montées sont toujours beaucoup plus abruptes que les diminutions (G. MARLIER, 1972, passim).

Les observations de G. MARLIER rejoignent ainsi celles de R.S.A. BEAUCHAMP (1932) et celles de A. CAPART (1952) signalées plus haut.

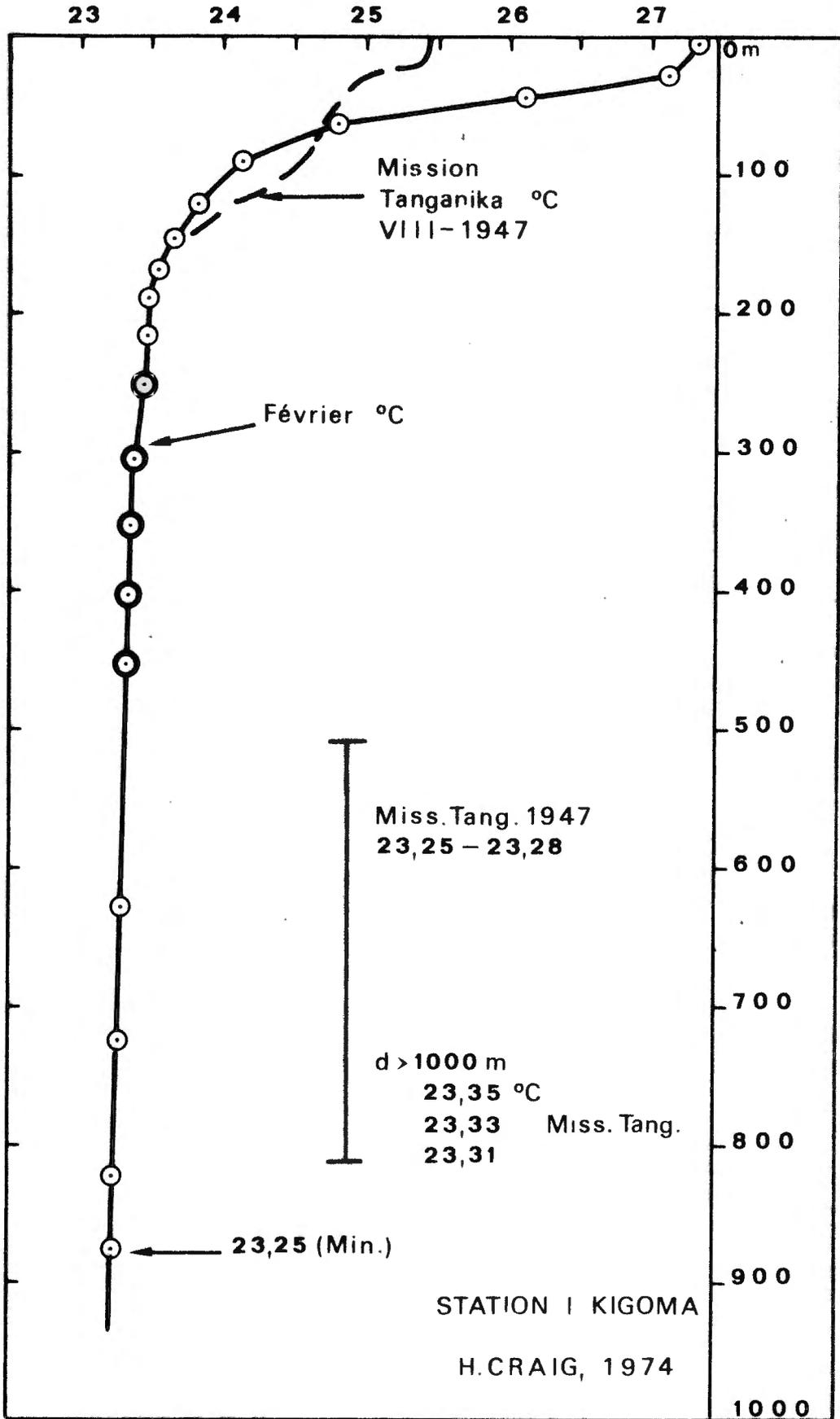


Fig. 13. - Graphique comparatif des températures mesurées dans le bassin nord (A. CAPART, VIII, 1947) et celles à la station 1 à Kigoma (H. CRAIG, 1974).

Prof. m.	Bassin nord		Bassin sud	
	Sais. pluies Stat.100	Sais. sèche Stat.351 b	Sais. pluies Stat.211	Sais. sèche Stat.315
-0,2	26,32		27,36	
-1		25,46		25,82
-5			27,36	25,91
-10	26,35		27,22	25,91
-20	26,22		27,08	25,83
-22		25,28		
-30	26,09		26,91	
-40	25,7	24,92	26,53	25,87
-50	24,83		25,82	
-99		24,73		
-60	24,41		25,01	25,82
-70	24,03		24,53	
-80	23,96			
-81		24,60	24,17	
-82				23,92
-90	23,87		23,90	
-100	23,78	24,43		
-101			23,82	
-102				23,82
-122				23,75
-125	23,68			
-130		23,72		
-140				23,56
-150	23,62			
-160				23,53
-162			23,60	
-175	23,53			
-178		23,58		
-180			23,57	23,50
-195				23,47
-200	23,48	23,42		
-203			23,52	
-210	23,44			
-218				23,40
-220	23,43			
-223			23,51	
-235		23,40		
-240		23,37		
-247				23,35
-250			23,40	
-255		23,43		
-275		23,33		
-293		23,33		
-299			23,32	
-392		23,34		
-404			23,30	

Tableau 11

Tableau comparatif des températures du bassin nord et du bassin sud en saison des pluies et en saison sèche.

(J.KUFFERATH).

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
m	°C	m	°C																
-5	27,34	-1	27,34	-1	27,51	-1	27,82	-1	27,79	-1	27,87	-1	28,00	-1	27,73	-1	27,42	-1	27,3
-27	27,14	-7	27,23	-10	27,25	-6	27,55	-27	27,20	-10	27,42	-3	27,70	-3	27,37	-13	27,32	-4	27,3
-45	26,15	-23	27,11	-18	27,14	-16	27,30	-30	26,82	-20	27,34	-7	27,51	-12	27,39	-19	27,28	-19	27,2
-63	24,82	-27	26,96	-20	27,00	-23	27,23	-33	26,51	-26	27,20	-11	27,42	-15	27,21	-31	27,18	-24	27,1
-91	24,14	-28	26,85	-24	26,70	-25	27,11	-40	26,34	-29	26,79	-15	27,25	-25	27,06	-35	27,06	-26	26,8
-250	23,44	-37	26,48	-34	26,41	-26	26,70	-44	26,17	-33	26,56	-28	27,10	-32	26,23	-39	26,25	-31	26,5
-300	23,38	-48	25,84	-46	25,79	-38	26,51	-46	25,90	-36	26,39	-30	26,62	-35	25,97	-40	26,17	-32	25,9
-350	23,37	-49	25,45	-55	25,10	-40	26,31	-55	25,00	-41	26,00	-38	25,73	-37	25,70	-43	25,37	-35	25,5
-400	23,31	-77	24,31	-60	24,79	-52	25,51	-63	24,56	-45	25,87	-43	25,45	-44	25,54	-47	25,20	-39	25,3
-490	23,33	-82	24,21	-71	24,53	-55	25,20	-88	24,14	-48	25,45	-45	25,25	-56	24,68	-50	24,93	-44	25,3
-625	-	-96	24,13	-84	24,11	-57	24,91	-117	23,89	-54	24,96	-51	24,99	-87	24,18	-63	24,51	-53	24,8
-721	23,30	-108	23,94	-101	23,90	-75	24,42	-163	23,62	-59	24,65	-59	24,84	-132	23,76	-76	24,37	-62	24,5
-818	23,26	-122	23,87	-158	23,60	-79	24,38	-200	23,56	-63	24,53	-61	24,79	-185	23,58	-88	24,17	-83	24,2
-828	-	-147	23,82	-200	23,58	-83	24,28	-275	23,51	-67	24,39	-63	24,65	-275	23,49	-95	24,11	-102	24,0
-867	23,25	-175	23,65	-275	23,48	-95	24,04	-	-	-101	23,96	-69	24,51	-	-	-100	24,00	-117	23,9
-877	-	-223	23,51	-	-	-105	23,90	-	-	-119	23,90	-72	24,34	-	-	-120	23,93	-142	23,7
		-275	23,43	-	-	-142	23,72	-	-	-155	23,69	-79	24,11	-	-	-173	23,65	-205	25,5
						-171	23,60	-	-	-176	23,65	-95	23,97	-	-	-215	23,56	-275	23,4
						-275	23,52	-	-	-205	23,56	-142	23,79	-	-	-275	23,56	-	-
										-275	23,52	-168	23,66	-	-				
										-205	23,55								
										-275	23,51								

- |   |  |
|---|--|
| 1.-Stat.1 : 7 milles W Kigoma 13.II.        | 6.-Stat.16,5 milles N Kigoma 23,10 h.    |
| 2.-Stat.I : 14,3 h.                         | 7.-Stat.22 milles N Kigoma 21.II.0,19 h. |
| 3.-Stat.1 : 5,5 milles N 20.II.19,50 h.     | 8.-Stat.27 milles N Kigoma 1,25 h.       |
| 4.-Stat. 11 milles N Kigoma 20.II. 20,45 h. | 9.- Stat.II Nyanza                       |
| 5.-Stat. 1 :11 milles NKigoma 22,0 h        | 10.- Stat III.Nyanza 21.II 7,45 h.       |

Tableau 12

Températures dans le bassin nord en saison des pluies (H.CRAIG, 1974).

St 17	St 45	St 66	St 105	St 111	St 131	St 161	St 161	St 161	St 161	St 161	St 211	St 226	St 315
-10 26,4	-0,2 26,13	-0,2 26,69	-0,2 26,42	-1 26,14	-0,2 26,70	-0,2 26,34	-0,2 27,36	-1 25,82					
-50 24,82	-0,4	26,4	26,19	-10 26,18	-10 26,32	-5 26,37	27,26	-5 25,91					
-99 23,73	-10 26,15	20 26,24	40 24,99	-21 26,20	-21 26,21	-10 26,37	27,22	-10 25,91					
-199 23,45	-20 25,74	30 26,07	60 24,26	-30 26,12	-30 26,18	-20 26,27	27,08	-20 25,23					
-386 23,29	-20 25,03	40 25,05	80 24,01	-43 26,13	-41 25,16	-31 26,22	26,91	-40 25,87					
-591 23,28	-20 24,76	50 25,05	100 23,75	-53 26,11	-52 26,08	-41 26,20	26,53	-60 25,82					
-630	-30 26,00	60 24,79	120 23,69	-65 25,46	-63 25,55	-51 26,17	25,82	-82 23,92					
	-40 25,72	70 24,29	140 23,57	-75 24,60	-71 25,01	-61 26,14	25,01	-102 23,82					
	-45 25,32	80 24,07	160 23,56	-91 24,13	-81 24,19	-71 25,87	24,53	-122 23,75					
	-50 24,93	90 24,93	179 23,49	-102 23,90	-90 23,97	-81 24,85	24,17	-140 23,56					
	-55 24,75	100 23,74	199 23,47	-112 23,82	-100 23,82	-90 24,21	23,90	-160 23,50					
-128 23,65	-60 23,45	125 23,69	219 23,41	-125 23,75	-122 23,67	-100 24,03	23,82	-180 23,50					
-137 23,65	-80 23,96	142 23,62	248 23,35	-180 23,58	-168 23,61	-142 23,63		-195 23,47					
-152 23,6	-100 23,82	165 23,56		-194 23,5	-162 23,58	-140 23,64		-209 23,44					
-160 23,55	-120 23,69	187 23,5		-214 23,43	-182 23,53	-189 23,50		-229 23,40					
-170 23,5	-140 23,63	197 23,49		-282 23,40	-202 23,52	-208 23,50	23,60	-244 23,39					
-200 23,46	-150 23,62	214 23,44		-294 23,35	-222 23,5	-220 23,51	23,57	-255 23,37					
-640	-160 23,58	224 23,43		-360	-294 23,35	-228 23,46	23,51	-305 23,33					
	-170 23,58				-393 23,30	-	23,51	-702					
	-180 23,52				-590 23,31	-	23,46						
	-190 23,52				-796 23,3	-	23,32						
	-200 23,49				-1300 23,35	-	23,30						
	-225 23,45				-1390	-							
	-360												

St 17.- 5 milles NNE Tembwe 15.XII  
 St 45.- 16 milles de Moba 31.XII  
 St 66.- 4 milles E Tembwe 15.I.  
 St 105.- 4 km E Tembwe 4.II.  
 St 111.- de 3 milles SE à 10 Milles SNE Tembwe 6-7.II. St.226.- 10 milles Cap Tembwe 4-5.IV.  
 St.131.- 12 km NE M'Toto 28.II.  
 St.161.- 11 milles Zongwe 8-9-10 III.

St. 161.- 11 milles Zongwe 8-9-10.III  
 St. 161 11 milles Zongwe 8-9-10.III  
 St.161.- 11 milles Zongwe 8-9-10.III.  
 St 211.-13,7 milles W Kasanga 30.III.  
 St.226.- 10 milles Cap Tembwe 4-5.IV.  
 St 315.- 10 milles Cap Tembwe. 27.V.

Tableau 13

Températures de l'eau dans le bassin sud.  
 (J.KUFFERATH).

J. KUFFERATH a traité des relations entre les données thermométriques et les autres données physico-chimiques.

Un graphique d'ensemble donne une idée assez précise de l'importance des variations de la température de l'eau lacustre. On y notera notamment l'homogénéité thermique des eaux profondes, au delà de -300 mètres, et la stabilité relative des températures pour les eaux comprises entre -100 et -300 m. On observe également le relèvement très faible, mais net, de la température des eaux très profondes au voisinage du fond des fosses (0,07 à 0,08 °C de réchauffement entre -1150 et -1300 m). J. KUFFERATH attribue ce dernier phénomène au volcanisme. Il ne semble, en effet, pouvoir être mis en rapport avec aucune variation chimique parallèle observée.

Dans les eaux tempérées, le thermocline revêt une importance biologique considérable, car il constitue, assez généralement, une barrière-frontière entre épi- et hypolimnion. Au cours des discussions relatives aux différentes données physico-chimiques, il apparaîtra qu'au Tanganika ce caractère frontière n'y constitue qu'une importance biologique fort atténuée. En effet, zooplancton et poissons planctonophages pélagiques les traversent deux fois chaque jour, matin et soir, au cours de leurs migrations diurnes.

Concernant la concordance entre les mesures obtenues au cours de la Mission Tanganika et celles des autres auteurs, elle est généralement satisfaisante. Le seul point de discordance a trait à la température des eaux profondes des fosses. Alors que nous y mesurons 23,25 à 23,35 °C, H. MACQUARSEN, en 1916, y avait relevé 23,13 à 23,15 °C. Quant à R.S.A. BEAUCHAMP, en 1938-1939, il relate avoir trouvé une température constante de 23,1 °C en dessous de - 400 m. Encore qu'un graphique publié d'une station de sondage en eau profonde au large de Kigoma, indique 23,6 °C, erronément sans doute.

La comparaison de ces diverses températures profondes semblerait donc indiquer un très léger réchauffement général actuel au Tanganika de l'ordre de 0,1 à 0,2 °C. La chose n'est pas impossible. Il nous semble néanmoins imprudent d'être affirmatif. Des contrôles ultérieurs éclairciront sans doute ce problème lié d'ailleurs à la climatologie générale de l'Afrique centrale.

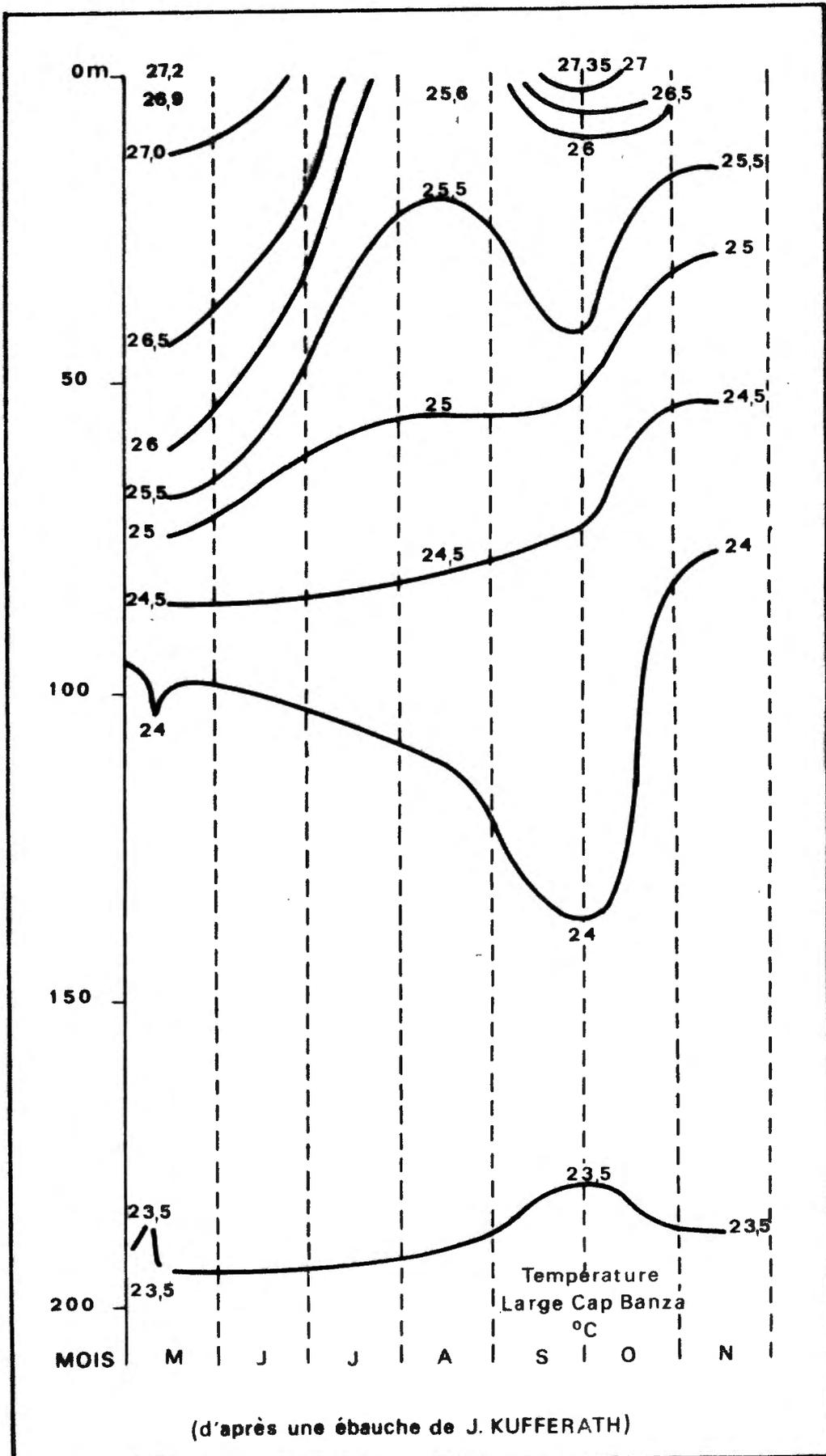


Fig. 14. - Variations de la température au large du Cap Banza.  
(d'après une ébauche de J. KUFFERATH).

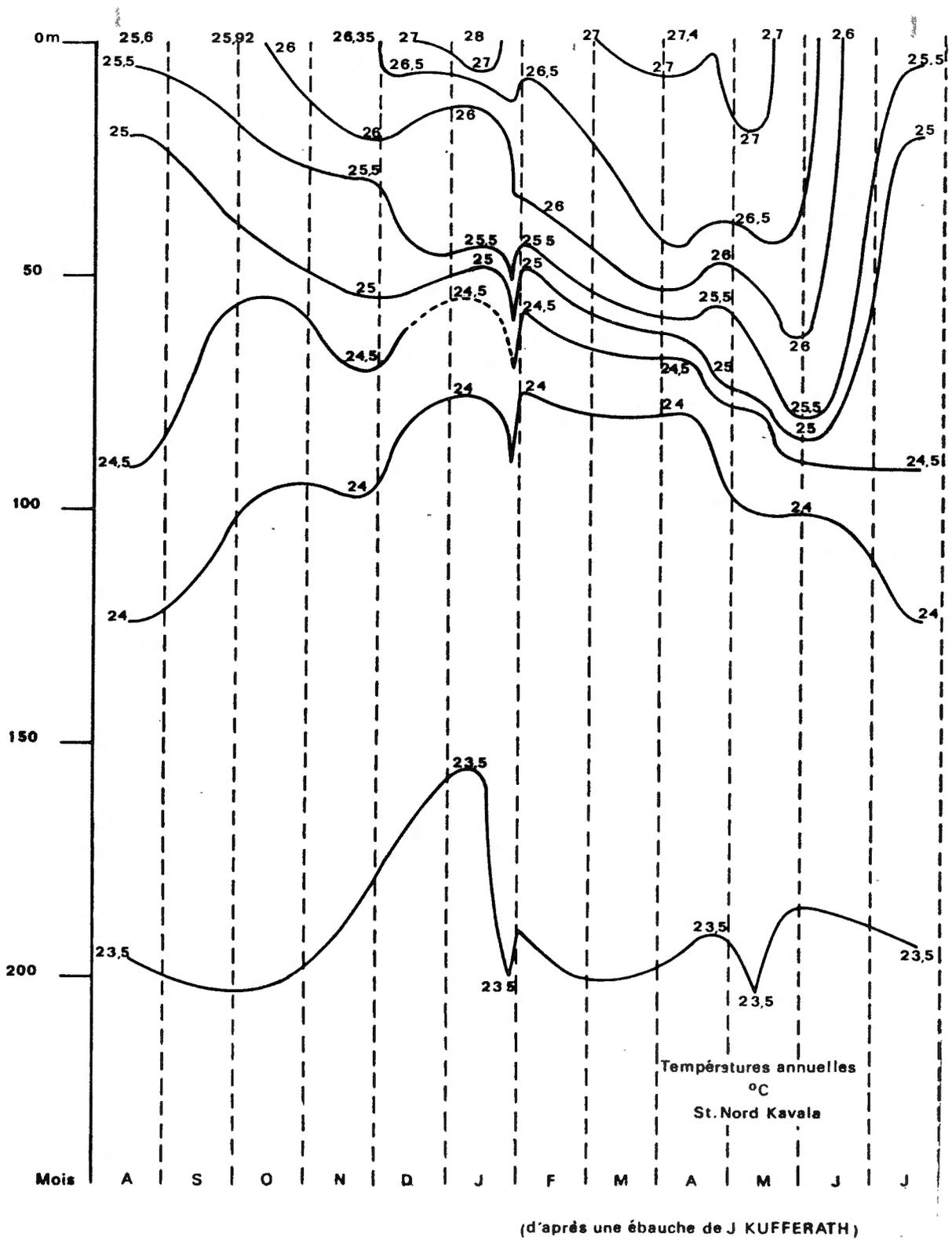


Fig. 15. - Variations de la température au Nord de l'île Kavala.(d'après une ébauche de J. KUFFERATH).

b. - L'oxygène dissous.

La comparaison des résultats obtenus au cours des différents sondages révèlent des différences parfois assez importantes. Nous avons songé tout d'abord à une différence essentielle entre les bassins nord et sud. Le phénomène semble, en réalité, plus complexe et être dû, en partie, à des anomalies locales.

Il y a lieu de faire intervenir également l'effet des vents dominants du Nord-Est et, en compensation, la remontée des eaux profondes froides et anoxiques dans l'extrême Nord à la fin de la saison des pluies .

Il est regrettable que pour établir cette coupe J. KUFFERATH ait dû utiliser des sondages assez éloignés dans le temps. En effet, le sondage n°161 daté du 9 mars, tandis que le dernier sondage n°315 n'a été effectué que le 27 mai. Néanmoins, la concordance relativement remarquable de cet ensemble de résultats, a priori disparates, permet d'affirmer qu'aux petites anomalies près, les graphiques représentent bien les grands traits de la distribution des eaux bien aérées dans le lac vers le mois d'avril 1947. Il eut été évidemment du plus haut intérêt de pouvoir analyser la situation inverse vers les mois d'août-septembre, lorsque l'influence des vents dominants du Sud-Est cesse de se manifester. Des circonstances matérielles ont empêché malheureusement une telle série de mesures. Il serait agréable pour l'esprit de supposer qu'un balancement général des eaux doive se produire ici qui tasserait à ce moment les couches superficielles oxygénées dans le bassin nord. Les sondages de R.S.A. BEAUCHAMP vers cette époque de l'année 1938 ne font pourtant pas ressortir ce phénomène.

Doit-on supposer que cette remontée des eaux superficielles vers le Nord s'accompagne de remous profonds qui par suite du sulfure d'hydrogène des profondeurs abaisseraient le taux de l'oxygène dans les couches supérieures?

Ou encore ce manque d'oxygénation du bassin nord, vers septembre, serait-il dû au brassage qui devrait se faire à cette époque suite à la disparition presque complète du thermocline à ce moment?

L'évolution annuelle de la température et de l'oxygène dissous à un même endroit du large (Bassin nord) semble une indication en ce sens. A l'examen on remarque, à la station du 17 août, la disparition presque complète du thermocline principal, généralement bien marqué entre -50 et -80 m. Parallèlement à cette homogénéisation de la température, les hautes concentrations en oxygène dissous deviennent nettement inférieures à celles mesurées à toute autre époque de l'année. Cependant, moins de deux mois plus tard (Station 369 du 6.X.1947), à un moment où l'importance des eaux aérées aurait dû logiquement être maximum dans le bassin nord, on observe, au contraire, une chute brutale de la concentration en oxygène dissous qui ne semble pas expliquer le rétablissement d'un léger thermocline vers -45 m.

Les graphiques de R.S.A. BEAUCHAMP vers la même période tendant à manifester une évolution si ce n'est identique du moins comparable: au mois d'août, le bassin nord est aéré presque à saturation jusque vers -70 -80 m. La situation a changé brusquement en septembre et la concentration en oxygène décroît cette fois assez régulièrement depuis la surface jusqu'à -100 m environ.

L'influence des pluies ou des affluents est exclue puisqu'elle ne pourrait

pas intervenir avant octobre. Ceci est contrôlé par le début de la remontée des eaux du lac (qui indiquerait tout apport extérieur d'eau).

Un changement soudain dans la direction du vent, cependant, peut renverser la direction de rotation du courant épilimnique, avec comme résultat son opposition au courant hypolimnique. Il provoque ainsi une turbulence au niveau du thermocline ainsi qu'un mélange entre épi- et hypolimnion.

L'épaisseur des couches d'eau aérées est assez variable au Tanganika (J. KUFFERATH, 1952). A un endroit donné, la répartition des eaux aérées peut différer d'après l'époque de l'année.

Ces variations saisonnières du taux d'aération dépendent à la fois du mélange des eaux durant la saison froide (turnover limité) et en partie de l'activité biologique.

L'influence des vents intervient également, comme on peut le remarquer dans le graphique (Figure 16, qui représente une coupe N-S du lac vers le mois d'avril 1947.

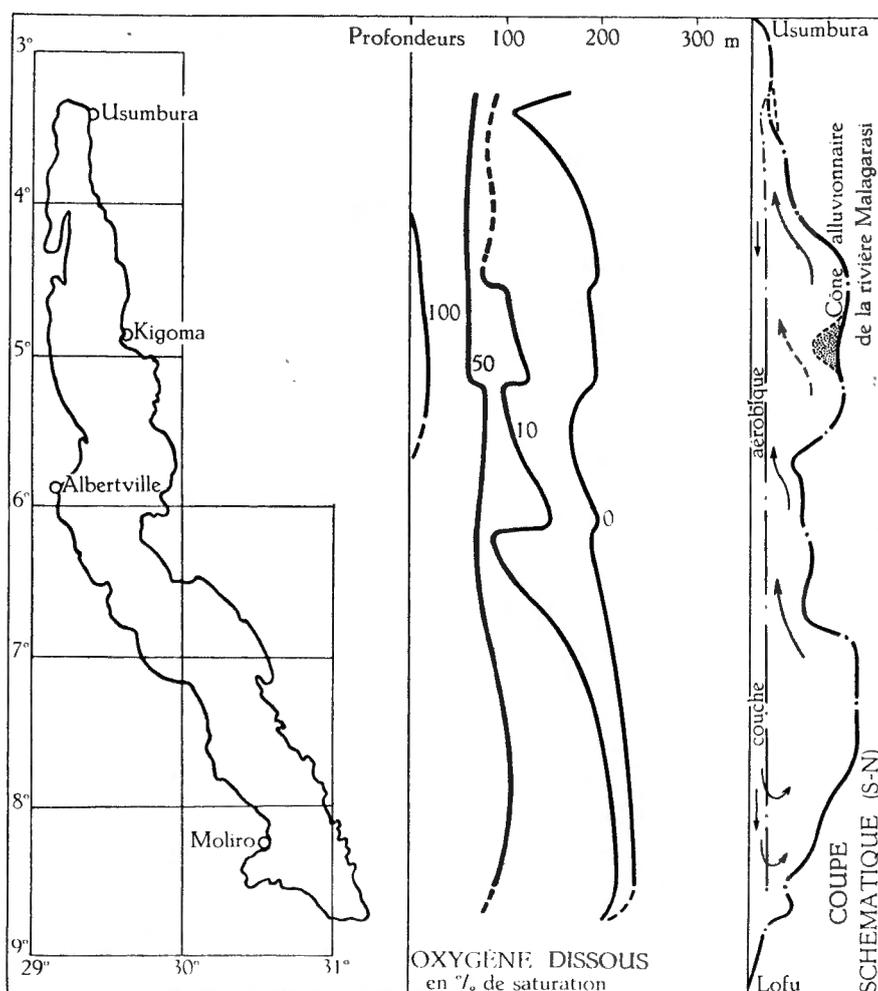


Fig. 16. - Répartition de l'oxygène dissous, selon une coupe nord-sud, vers avril 1947. La partie droite de la figure donne le profil réel du lac et porte des flèches qui indiquent schématiquement les courants ascendants probables des eaux profondes putrides causées par l'action des vents du NORD-EST, dominants à cette époque. (J. KUFFERATH, 1952)

A l'époque où cette coupe fut établie, les couches aérobies étaient beaucoup plus puissantes dans le S que dans le N. Ceci dû au fait qu'à ce moment de l'année, les vents dominants soufflent en force du NE et donnent lieu à des courants laminaires qui "tassent" les eaux aérées pélagiques dans le bassin méridional.

A noter tout particulièrement le fait que l'oxygène dissous dépasse notablement le thermocline principal. Alors que ce dernier se situe, selon les saisons et les endroits, entre -25 et -75 m, l'oxygénation atteint en moyenne - 100 m.

Les mesures de R.S.A. BEAUCHAMP (1958), également, (St. II. Kigoma, 17.VII) montrent que l'épilimnion est presque toujours saturé en oxygène, environ 7,5 mg/litre. Immédiatement en dessous du thermocline, l'eau devient anoxique. (Figure 12).

Suivant J.Th. DUBOIS (1958, les eaux de surface du Tanganika sont toujours fortement oxygénées car elles sont toujours brassées par des vents plus ou moins violents. Le pourcentage de saturation en oxygène dissous oscille toujours autour de 100 %; au cours de circonstances spéciales, ce pourcentage peut même atteindre 115 %, en particulier dû à l'activité chlorophyllienne de certaines algues planctoniques, faisant leur apparition à la surface du lac sous la forme de fleurs d'eau quelque temps après les premières grosses pluies de la saison chaude. Ce phénomène dure environ 10 à 12 jours, puis ces algues meurent et sédimentent vers les couches lacustres plus profondes. Elles réapparaissent l'année suivante toujours après les premières pluies importantes qui ont lavé les lits asséchés des torrents et des rivières et qui déversent en surface des quantités importantes de sels minéraux et autres substances nutritives favorables à la prolifération de ce phytoplancton. En 1955, le phénomène est apparu le 12.IX et en 1956 il s'est manifesté le 21.IX.

Sous la couche oxygénée des eaux se manifeste rapidement la présence de sulfure d'hydrogène, gaz très soluble dans l'eau, rendant celle-ci impropre à toute vie animale. Cette masse d'eau morte et improductive est énorme dans le Tanganika et représente au moins les 3/4 du volume. Dans celui-ci, immense et particulièrement profond, seule une couche d'eau relativement mince est aérée (Figure 12).

Contrairement à ce qui se passe dans les océans, où les eaux sont encore aérées à des profondeurs impressionnantes, l'épaisseur d'une couche semblable dans les eaux du Tanganika, variable avec les endroits et les saisons, atteint un maximum de 200m dans la partie sud du lac. Dans les eaux de la baie nord, elle est encore bien moindre puisqu'elle atteint rarement -100 m, la moyenne se situant le plus souvent entre -60 et -70 m.

On peut observer qu'au cours des mois estivaux il ne se manifeste guère une grande différence de température entre l'épi- et l'hypolimnion. Dans le Tanganika, l'eau aérée ne pénètre pas sous le thermocline. Le lac étant protégé par les hauts plateaux du Sud, ne reçoit pas le plein fouet des vents alizés du Sud-Est, de sorte que fort peu de mélange parvient à se manifester dans les couches respectives. Au cours des mois estivaux, cette région est caractérisée par des orages et de la pluie, ensemble avec des vents variables du Nord ou du Nord-Est en moyenne.

On a pu montrer, dans un milieu lacustre, des variations soudaines dans la direction des vents, favorisant, mieux que des vents normaux, les mélanges dans le milieu lacustre. Lorsque ces vents soufflent constamment sur le lac, un courant

circulant dans l'épilimnion est suscité, ce qui induit un courant secondaire dans l'hypolimnion, les deux courants demeurent distincts et, dans la région du thermocline, se dirigent en même sens produisant peu ou pas de mélange entre ces deux couches d'eau. Or, la remontée des eaux ne débute qu'entre fin octobre et fin novembre.

Deux explications restent possibles: ou bien une disharmonie physique entre les cycles annuels des bassins nord et sud (différence foncière entre les régimes des vents de saison des pluies et de saison sèche) ou bien brassages turbulents différents des eaux de l'hypolimnion avec les eaux sous-jacentes, ou bien intervention perturbante de processus biologiques (développement massif du zooplancton, par exemple).

A défaut d'une série systématique de sondages biochimiques effectuée entre août et octobre tant dans le bassin nord que dans le bassin sud et qui auraient pu définir la situation selon une coupe nord-sud à cette époque, nous continuerons à admettre qu'il existe une différence entre le comportement des deux bassins et, jusqu'à preuve du contraire, nous l'attribuerons concouramment aux trois causes possibles citées plus haut car aucune d'elles n'explique entièrement le problème par elle seule.

En attendant que des études ultérieures éclaircissent définitivement ce problème posé par nos travaux, bornons-nous à donner une idée de l'aspect complexe et quasi océanique que peut offrir le Lac Tanganika en construisant deux graphiques qui, autant que faire se peut, donneront une idée de l'évolution annuelle de l'état d'oxygénation de l'eau dans les deux bassins du lac. (Figures 19 et 20).

Pour le graphique relatif au bassin nord, nous avons arbitrairement inversé les stations des mois d'octobre, donc en 1946 et de novembre 1947, en les reportant au début du graphique, donc en 1946. Nous avons pris ainsi une liberté avec la chronologie réelle des sondages. Il nous paraissait, en effet, plus parlant de représenter ce cycle biochimique complet en le faisant débiter juste avant le renouveau biologique, tout comme, pour nos pays tempérés, on représente les cycles biochimiques de décembre à décembre.

On remarquera sur ces deux graphiques la perturbation brutale provoquée dans tout le lac par une série de violents coups de vent dans les tous derniers jours de janvier et les tous premiers jours de février et qui se manifeste par des sauts de quasi toutes les courbes de ces deux graphiques (Figures 19 et 20).

La particularité la plus curieuse de ces deux figures réside dans l'existence en profondeur de poches d'eau individualisées ayant des concentrations en oxygène dissous parfois nettement différentes des couches immédiatement inférieures ou supérieures. Ceci apparente extraordinairement le grand lac avec les océans. Il ne nous a malheureusement pas été loisible d'exécuter des stations détaillées et prolongées qui auraient permis de suivre l'évolution de ces poches. D'une étude critique des autres caractères chimiques et physiques de ces eaux anormales, il résulte qu'il s'agit bien chaque fois d'eau du lac et non d'eaux de rivières flottant entre deux eaux et qui seraient caractérisées notamment par des quantités anormalement élevées de silice dissoute. La température de la couche à oxygénation maximum semble à plusieurs reprises un rien plus basse que la normale; d'autre part la résistivité et, de temps en temps, d'autres caractères chimiques correspondant à des eaux normalement plus profondes. Il semble donc

qu'on se trouvait en présence ici de poches d'eau refroidie descendues des couches superficielles et qu'une température très légèrement trop basse maintiendrait en équilibre thermique momentané au milieu d'eaux plus profondes.

La poche d'eau repérée fin février vers -150 m dans le bassin nord (Station 141) et dont il semble que l'évolution ait été suivie jusqu'au mois de mars (par les stations 230 et 302) s'est progressivement élevée tout en s'appauvrissant en oxygène.

Il ne s'agit bien entendu pas ici de couches d'eaux, particulièrement individualisées, comparables à ces énormes masses d'eaux polaires en migration thermique pluriséculaire sous les océans tropicaux. Au Tanganika, les différences sont trop faibles et les masses trop peu importantes pour espérer voir ces phénomènes durer plus que quelques mois.

En ce qui concerne la cause du refroidissement pouvant provoquer ces plongées anormales d'eau, pluie et vents suffisent amplement à les expliquer. La minéralisation de l'eau lacustre est en effet assez faible pour que des inversions thermiques de l'ordre du degré suffisent à amorcer la descente de certaines parties de la couche aqueuse superficielle. Il est d'ailleurs vraisemblable qu'à un phénomène thermique de ce genre est dû également l'aspect moiré, avec vergetures de la surface, observé fréquemment après une pluie abondante .

LAC TANGANIKA 1946 - 1947

Oxygène % de la saturation

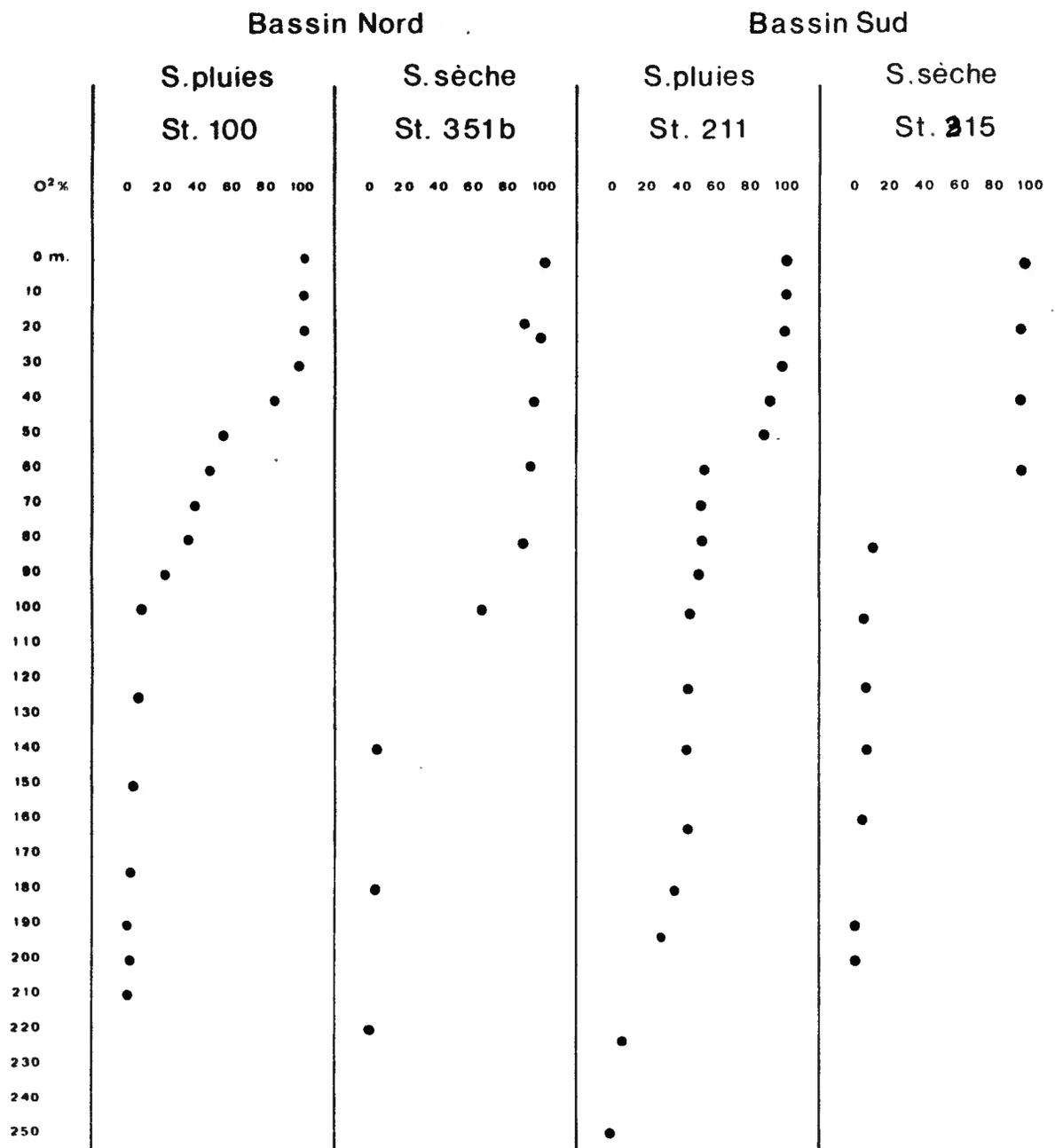


Fig. 17. - Lac Tanganika (1946-1947). Oxygène en % de la saturation dans le bassin nord et sud.

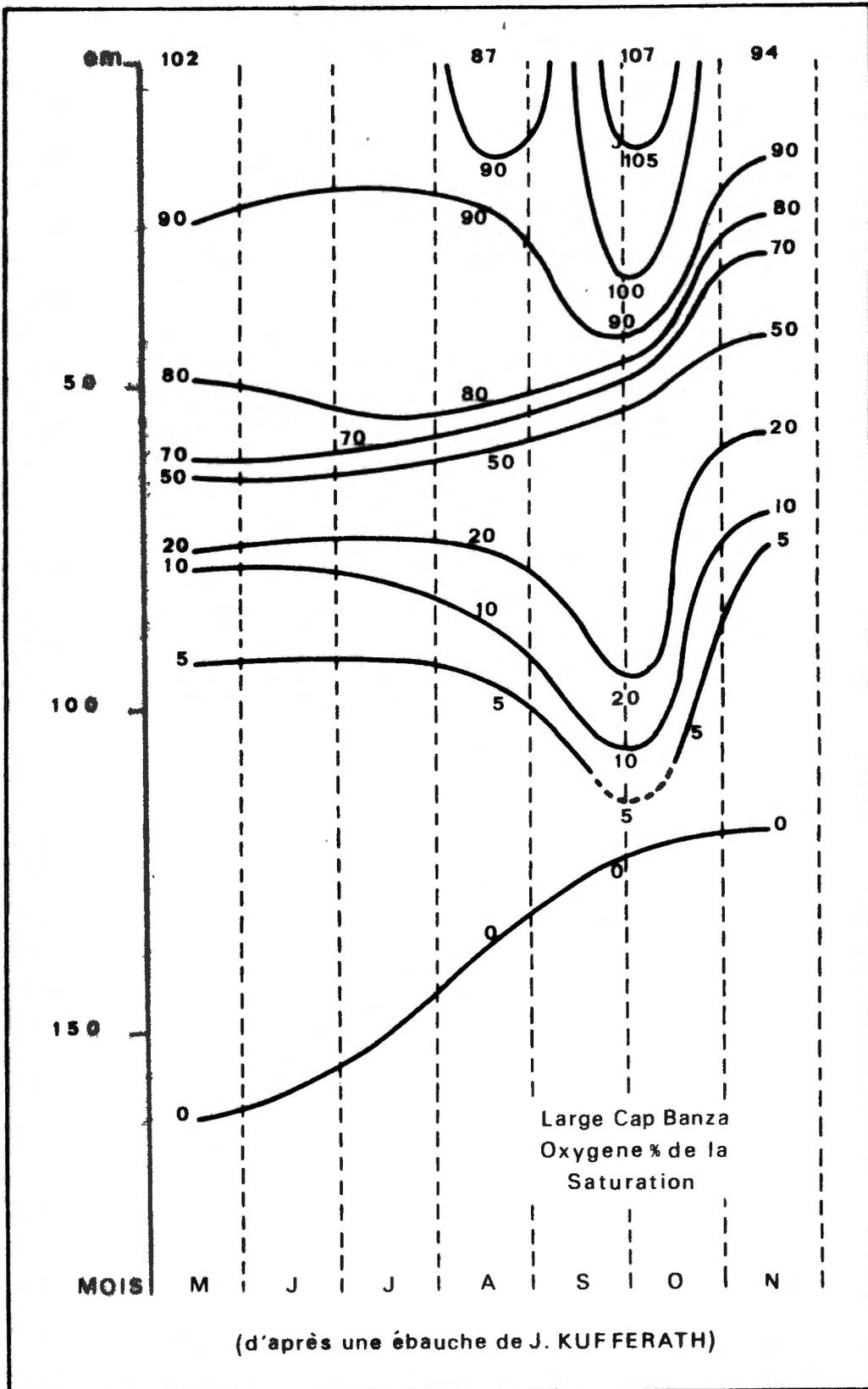


Fig. 18. - Oxygène % de la saturation, au large du Cap Banza (d'après une ébauche de J. KUFFERATH).

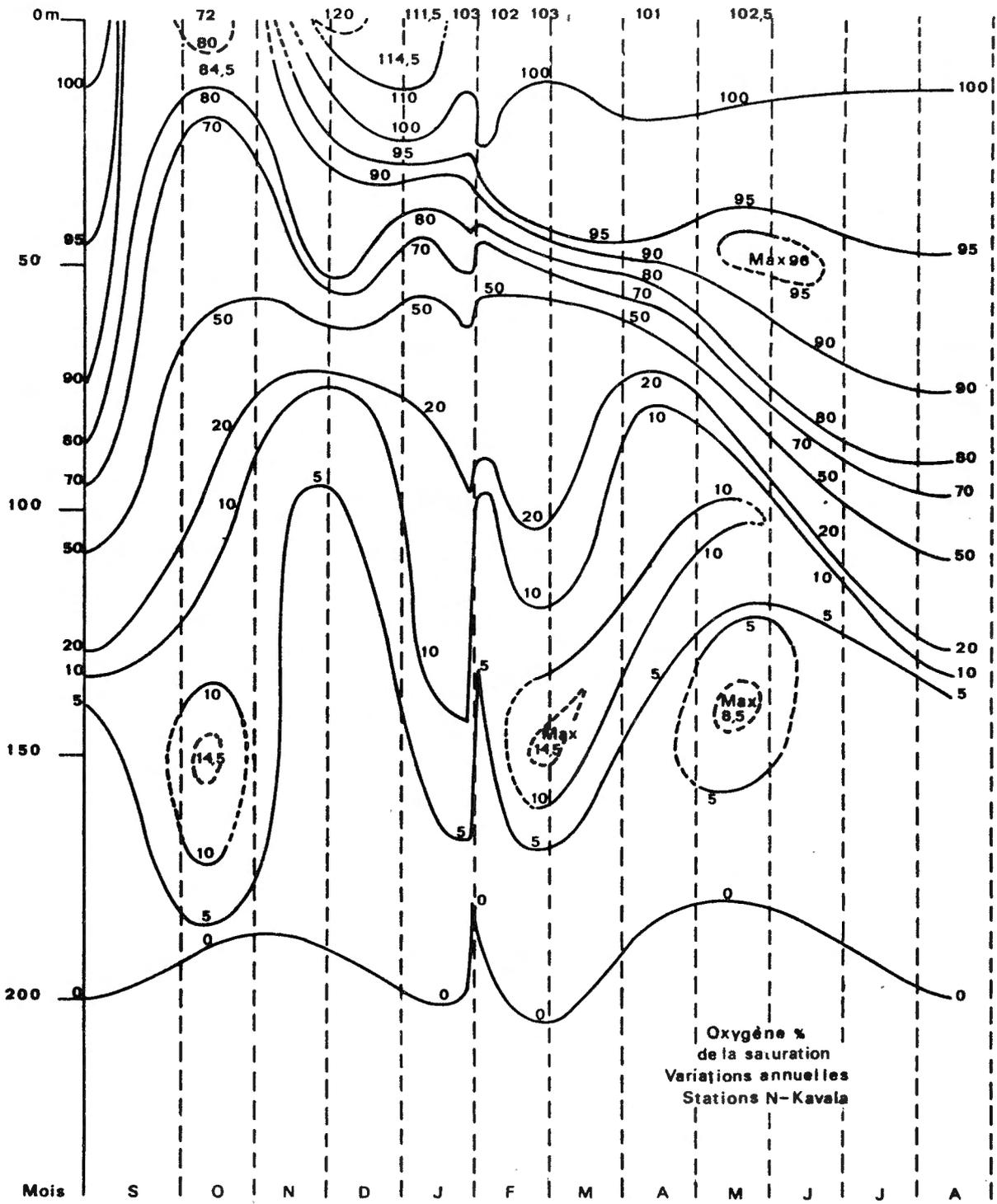


Fig. 19. - Oxygène % de la saturation. Variations annuelles aux stations N de l'île Kavala. (d'après une ébauche de J. KUFFERATH).

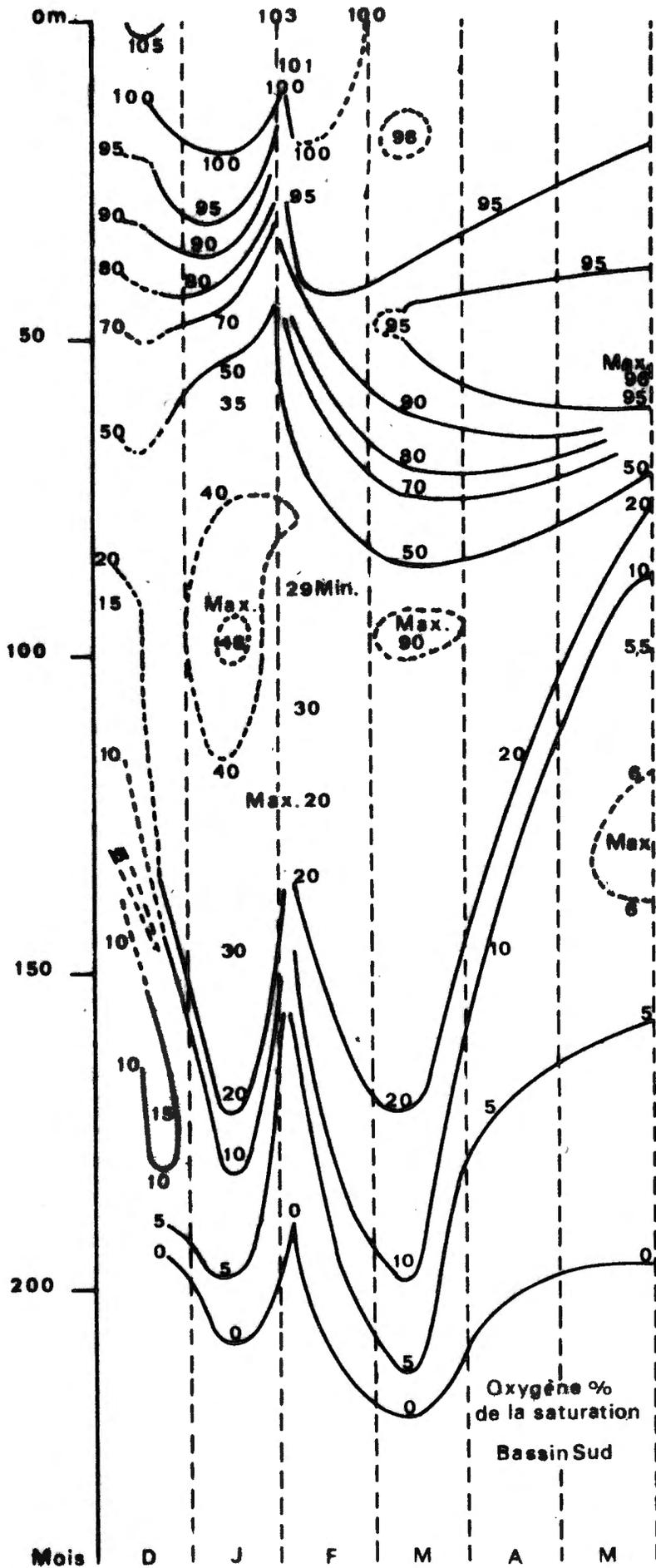


Fig. 20 - Oxygène % de la saturation. Ensemble des stations du bassin sud. (d'après une ébauche de J. KUFFERATH).

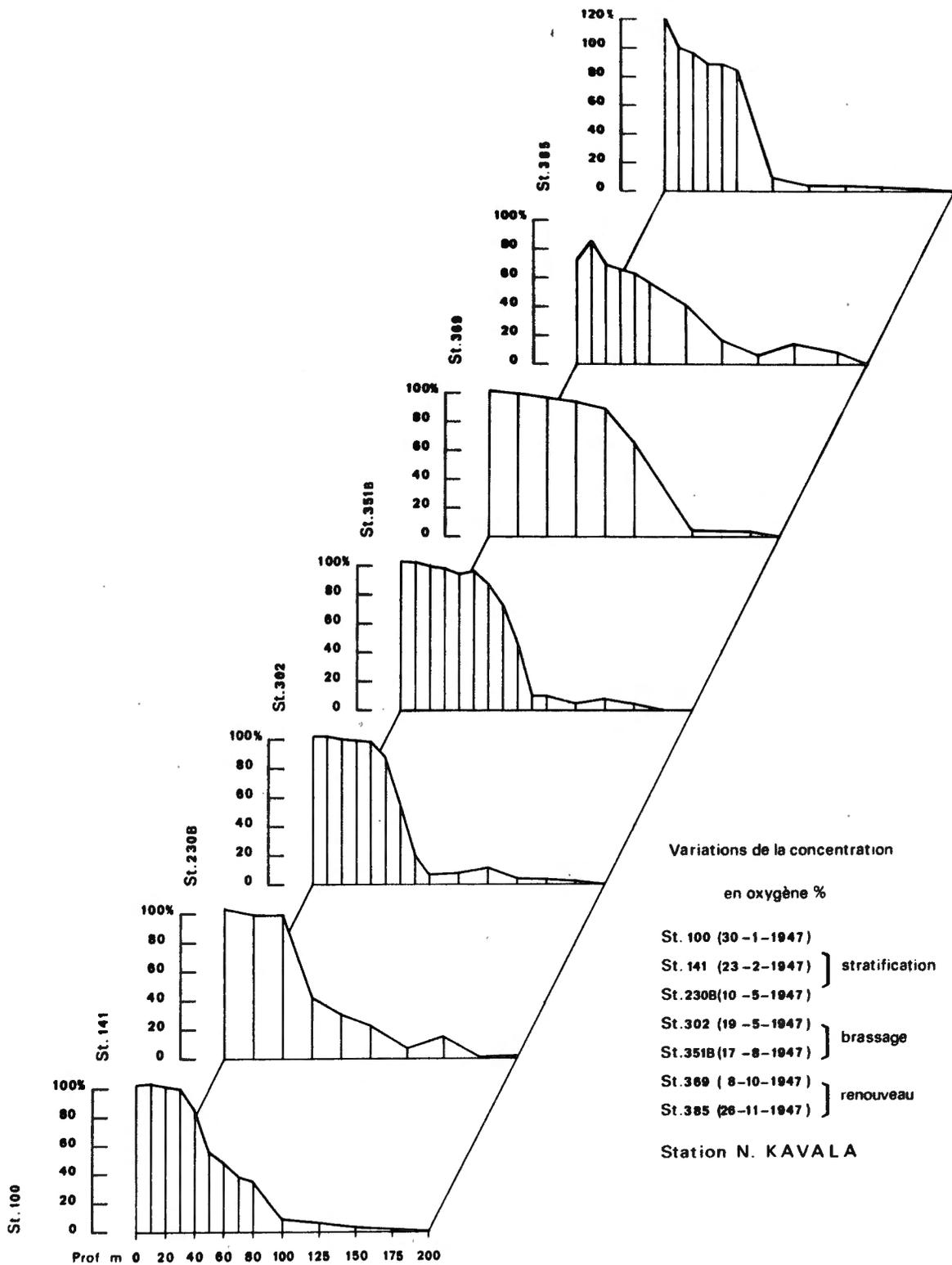


Fig. 21 - Stations N de l'île Kavala. Variations de la concentration en oxygène % de la saturation.

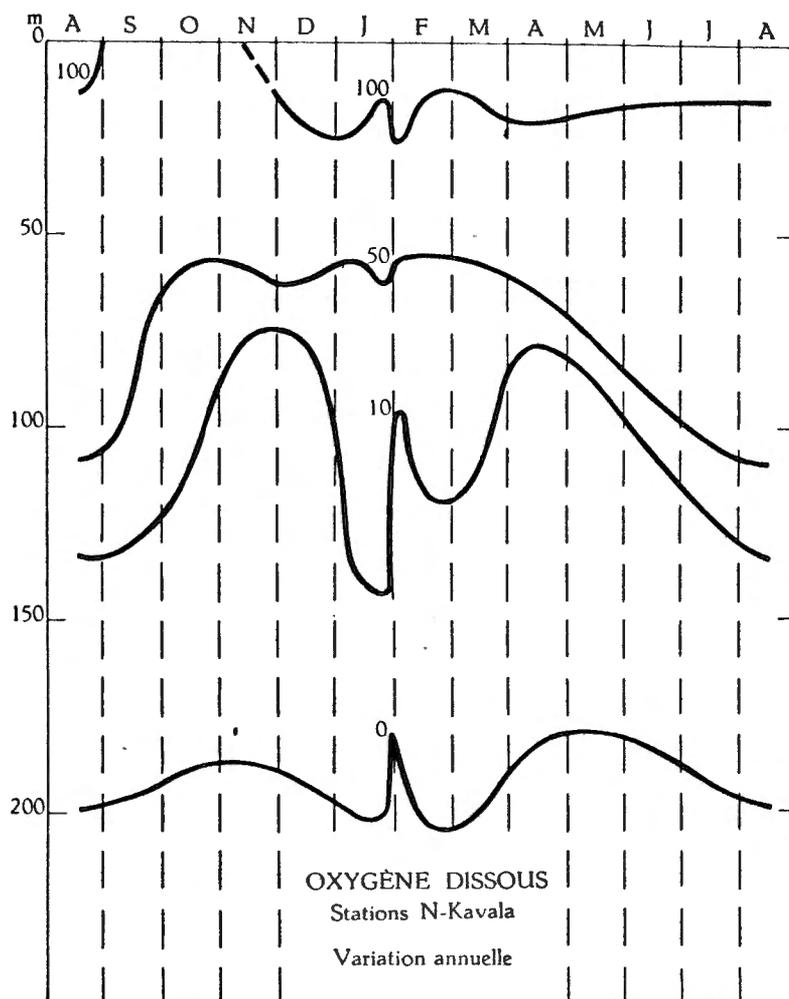


Fig. 22 - Graphique simplifié de la variation annuelle des concentrations en oxygène dissous exprimées en % de la saturation. Noter l'effet du violet coup de vent qui a marqué la fin du mois de janvier. (J. KUFFERATH, 1952).

Dans son étude R.S.A. BEAUCHAMP (1940) a publié un graphique dans lequel les concentrations en oxygène dissous et les températures ont été tracées.

Les lignes continues désignent les valeurs au cours de la période de stabilité, les lignes en pointillé, les valeurs au cours de la période de circulation maximum.

Les extrêmes observés au cours des 14 mois traités dans l'étude de J.Th. DUBOIS, ont été de 115 m, le 7.VIII.1956 et seulement de 45 m le 3.X de la même année; à cette dernière date, toute la vie animale était concentrée dans les 45 premiers mètres d'eau.

Il est intéressant de remarquer dans le graphique de J.Th. DUBOIS, que la limite de présence de l'oxygène dissous (la courbe de 0%) est presque toujours située entre les isothermes de 24,0 et 24,5°C; dans la première partie du

m	Bassin nord		Bassin sud	
	Saison des pluies Stat. 100	Saison sèche Stat. 351 B	Saison des pluies Stat. 211	Saison sèche Stat. 315
-0,2	102,1	-	100,0	-
-1	-	101,4	-	98,3
-5	-	-	-	-
-10	102,6	-	100,2	-
-20	100,9	-	100,3	95,4
-22	-	98,9	-	-
-30	99,0	-	98,5	-
-40	83,8	96,1	91,5	95,1
-50	54,6	-	68,1	-
-59	-	93,2	-	-
-60	47,5	-	54,1	96,0
-70	38,1	-	51,8	-
-80	35,4	-	-	-
-81	-	88,6	-	-
-82	-	-	53,5	-
-90	20,8	-	-	11,1
-100	7,9	64,4	50,8	-
-101	-	-	45,5	-
-102	-	-	-	-
-122	-	-	44,4	6,2
-125	5,8	-	-	6,7
-140	-	4,1	44,1	6,8
-150	2,7	-	-	-
-160	-	-	-	-
-162	-	-	44,5	5,4
-175	1,6	-	-	-
-178	-	3,6	-	-
-180	-	-	36,8	-
-190	0,0	-	-	0,4
-200	0,6	-	-	0,0
-203	-	-	27,4	-
-210	0,0	-	-	-
-218	-	-	-	0,0
-220	0,0	0,0	-	-
-223	-	-	7,2	-
-235	-	0,0	-	-
-247	-	-	-	0,0
-250	-	-	0,0	-
-275	-	0,0	-	-
-293	-	0,0	-	-
-299	-	-	0,0	-
-392	-	0,0	-	-
-404	-	-	-	-

Tableau 14

Oxygène o/o de la saturation dans le bassin nord et le bassin sud, en saison sèche et en saison des pluies.  
(J.KUFFERATH 1946-1947).

graphique cette courbe aurait plutôt tendance à chevaucher l'isotherme de 24,5°C. On pourrait pouvoir déterminer a priori et avec une très bonne approximation la limite d'oxygénation des eaux, au moyen de la courbe des températures en fonction de la profondeur comme unique donnée.

Le comportement du Tanganika rejoint celui des océans par le côté effacé du thermocline. Habituellement celui-ci représente, dans les lacs des régions tempérées, une véritable barrière biologique et sous ce thermocline, l'hypolimnion est souvent dépourvu d'oxygène. Au Tanganika, au contraire, le thermocline n'est en aucune façon un obstacle à une oxygénation plus profonde. La limite d'oxygénation est toujours située nettement sous le thermocline, même dans le cas du 3.X.1956, où la présence d'oxygène dissous s'arrêtait à -45 m; le thermocline se trouvant à 20 m de profondeur. J. KUFFERATH (1952) note d'ailleurs qu'au cours de 24 heures, le zooplancton migrant d'environ 100 m, traversait donc pour cela deux fois le thermocline, preuve que dans ces cas précis, le thermocline ne constituait pas une barrière biologique, contrairement à l'idée généralement répandue.

Les eaux conservent normalement une très forte concentration en oxygène dissous jusqu'à la constitution du thermocline (75 à 90 %).

Ce n'est qu'au cours de la traversée de ce thermocline qu'elles s'appauvrissent en oxygène pour atteindre, une trentaine de mètres plus bas, l'extrême limite de 0 %.

Il semble qu'il existerait une relation étroite entre l'importance de la couche oxygénée et la profondeur à laquelle est située la tranche d'eau de température 24,0 - 24,5 °C. Ce serait donc une couche d'eau, toujours sous le thermocline, qui déterminerait principalement l'épaisseur de la zone biologique du Tanganika.

D'après E.T. DEGENS et ses collaborateurs (1971), les eaux de surface sont saturées en oxygène dissous. Une diminution rapide de cette concentration s'observe cependant avec la profondeur. Dans le bassin nord, la zone de transition de l'eau aérée vers l'eau anoxique est particulièrement bien définie.

La situation dans les deux bassins nord et sud du lac montrant la région du thermocline et la zone continuellement anoxique, a été représentée graphiquement par R.S.A. BEAUCHAMP (1964) dans sa publication au sujet des lacs tectoniques d'Afrique.

### c. - Caractères chimiques.

Le lac Tanganika situé un peu au Sud de l'Equateur est apparemment le lac le plus ancien, probablement sans exutoire jusqu'au moment, où il y a 15.000 ans environ, il reçut les eaux de la Ruzizi (R.S.A. BEAUCHAMP, 1946; A. CAPART, 1955). Celle-ci draine le lac Kivu, formé par un soulèvement volcanique. Il constitue un des tributaires les plus importants du Tanganika. L'exutoire de ce dernier, la Lukuga, (près de Kalemie) est relativement étroit et peut devenir intermittent. Lorsqu'on excepte la Ruzizi avec son pourcentage particulièrement élevé en magnésium et potassium, les autres tributaires contiennent des sels en proportions comme on les observe généralement dans les eaux douces. De là une concentration totale en sels des eaux du lac plus élevée que la moyenne

des tributaires. Une nette différence se manifeste toutefois entre la concentration des sels dans le lac et celle dans les tributaires. Ces pourcentages, en proportions inusitées pour les eaux douces, possèdent une certaine affinité avec celles observées en eau marine. Cette différence dans les proportions des substances minérales des tributaires et celles des eaux lacustres du Tanganika trouve sans doute son origine dans l'activité de la faune et de la flore. Cela vaut, par exemple, pour le calcium et le magnésium. Cependant, comparé au long effet continu de l'utilisation biologique par les mollusques et les algues incrustantes, le résultat de cet apport, en augmentant la proportion de magnésium, peut cependant être considéré comme minime, la Ruzizi s'écoulant dans le lac depuis 15.000 ans environ.

Prétendre que la Ruzizi, seule, a déterminé la composition chimique de l'eau du Tanganika, serait incorrect, de l'avis de R.S.A. BEAUCHAMP. Il faudrait plutôt admettre qu'elle a soutenu, peut-être largement, les processus naturels conduisant à l'établissement des différences entre la composition chimique des eaux lacustres et celle des tributaires. La haute concentration en potassium du lac semble bien due à l'influence de la Ruzizi.

La perte apparente en sulfates dans le Tanganika reste une question à étudier séparément. Cette perte est due à la réduction et la précipitation sous forme de sulfures insolubles et à la diffusion du sulfure d'hydrogène dans l'atmosphère.

Les concentrations des silicates et des phosphates sont importantes et dans tous les cas plusieurs fois plus élevées que les concentrations dans les eaux de surface du lac. A noter que pour la Ruzizi ces valeurs sont inférieures. C'est une de ces rivières qui prennent leur source dans le lac Kivu. Dans celui-ci, H. DAMAS (1937) n'a relevé, dans les eaux de surface, que des traces de phosphates. Avant d'atteindre le Tanganika, toutefois, la Ruzizi parcourt un trajet de plus de 300 kilomètres, dont la dernière partie est située dans des terrains alluvionnaires. Durant sa course, la rivière reçoit fatalement de l'eau riche en phosphates et silicates et, dès lors, acquiert progressivement une composition différente de celle qu'elle possédait en quittant le Kivu.

A l'exception de la Ruzizi, les eaux de tous ces tributaires ont une valeur de pH inférieure à celle du lac. Ils sont en effet, relativement pauvres en sels alcalins, alors que les eaux du lac, au contraire, en sont très chargées. (Tableaux 15/16).

Une concentration considérable s'est donc produite dans le lac par les eaux d'appoint. Par leurs concentrations élevées en sels nutritifs: phosphates et silicates, les eaux de ces tributaires doivent exercer une influence considérable, locale, sur le développement de la vie végétale dans le lac. Il a été possible de montrer, dans quelques cas, une abondance particulière dans certaines petites baies peu profondes. Chaque fois qu'on a pu mesurer la température du tributaire, on a constaté, dans chaque cas, que celle-ci était très inférieure à celle des eaux superficielles lacustres. Il en résulte que ces eaux tendent à s'écouler vers des niveaux inférieurs. Leur effet sur la productivité locale est souvent négligeable. Il est en outre permis de supposer qu'au cours de la saison des pluies, la température des tributaires peut être inférieure alors que celle de la surface lacustre est parfois plus élevée, de sorte que dans beaucoup de cas, l'eau d'appoint se déverse dans le lac et atteint des profondeurs inférieures au thermocline.

	SiO <sub>2</sub> mg/l	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l	pH
Mulembwe	20,0	2,4	6,7
Uzimba	20,0	3,0	7,3
Kawa (Kasanga)	19,0	2,4	7,2
Ngovi (S Uvira)	18,0	4,8	-
Mutembala (Baraka)	32,0	2,2	7,5
Msamba	24,0	8,0	6,7
Kalambo (supérieure)	32,0	5,6	7,5
Sumbawanga	14,0	8,8	-
Dahangwa (Bujumbura)	20,2	4,8	7,9
Mkumbasi	18,0	2,6	7,4
Kabesi (Katumbe)	36,0	4,0	7,6
Malagarasi	28,0	7,0	8,0
Isonge	28,0	3,6	7,8
Luichi (Kigoma)	24,0	6,0	8,1
Kalimologa (Uvira)	28,0	9,0	8,2
Karungu (Lagosa)	44,0	5,2	8,3
Ruzizi (Bujumbura)	9,9	4,0	9,3
Kafunga (Kapili)	70,0	7,2	8,6
Lukuga (exutoire)	1,8	1,2	9,2
Tanganika (moy.surf.)	0,5	0,5	9,2

Tableau 15

Tributaires du lac Tanganika. (d'après R.S.A. BEAUCHAMP).

Le cas de la Ruzizi est très significatif en ce sens. On est parvenu à suivre l'eau de cette rivière à partir de son entrée dans le lac et à montrer qu'elle plonge jusqu'au fond et ne se mélange pas à l'eau de surface. Sa concentration en sels est plus élevée que celle des eaux du lac. Elle est chargée en outre de particules de sable et de mica en suspension. Même, au mois d'août, elles accusent une température de 22,7 °C, c'est-à-dire 0,4 °C de moins que les eaux profondes du lac.

C. GILLMAN (1933) a estimé à 13,5 % l'appoint de cette rivière par rapport aux autres tributaires, soit 2,3 km cube d'eau par an. Cette eau est saturée d'oxygène dissous: 9,0 mg/litre. Coulant jusqu'au fond du bassin nord du lac, elle doit former une langue d'eau aérée située en dessous de l'eau anoxique. A cet endroit, la rivière coule dans un chenal creusé sur le fond. Au sujet de la formation de ce chenal, on consultera L. CAHEN (1954) et A. CAPART (1955).

Malgré que la Ruzizi soit à considérer comme un cas particulier il semble certain cependant que pour les autres rivières, une très large proportion des eaux s'engage sous le thermocline. Les parois très accores de la cuvette favorisent certainement cet état de choses. L'apport d'eaux plus froides vers le fond du lac permet probablement d'expliquer la grande stabilité thermique de celui-ci. Il existe sans doute également des sources froides en dessous de la surface lacustre. L'existence probable d'infiltrations a d'ailleurs été suggérée par l'existence à Bujumbura d'une source artésienne.

	Tanganika	Ruzizi	Malagarasi	Luichi	Karenga	Kabesi	Kawa	Mulembwa
Na mg/l	64,2	94,8	16,4	13,2	20,6	11,5	3,6	3,4
K	33,5	63,0	2,4	1,7	3,8	2,6	1,0	1,1
Li	0,8	0,4	0,1	0,4	-	-	-	-
Ca	15,2	8,4	12,9	29,6	36,4	13,0	1,2	4,2
Mg	43,7	67,0	9,1	15,7	25,7	2,0	0,7	0,9
Fe	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-
Al	0,3	0,4	0,3	0,2	-	-	-	-
Cl	28,0	23,8	15,5	8,0	-	-	-	-
SO <sub>4</sub>	4,0	17,8	2,1	5,8	-	-	-	-
NO <sub>3</sub>	1,8	1,3	1,8	1,3	-	-	-	-
NO <sub>2</sub>	0,006	0,003	0,003	0,003	-	-	-	-
PO <sub>4</sub>	0,6	0,1	0,05	0,05	-	-	-	-
SiO <sub>2</sub>	13,5	9,8	22,4	28,3	-	-	-	-
CO <sub>2</sub>	207,6	313,8	46,4	84,6	-	-	-	-

Tableau 16.

Tributaires du Lac Tanganika. (d'après R.S.A. BEAUCHAMP).

Celle-ci se trouve exactement au Nord du lac, produit une grande quantité d'eau et alimente des installations situées à un niveau plus élevé que celui du lac.

L'apport extérieur ne constitue qu'un petit volume à concentration saline basse. Les précipitations directes sur le lac comptent pour les 2/3 de l'apport total en eau. Le volume annuel est environ 1/2000e du volume du lac. La moyenne de la concentration saline, en excluant la Ruzizi, est environ 150 mg/litre, à condition qu'aucune fixation biologique ne se soit produite. En ce qui concerne le rapport Ca/Mg, le calcium est fixé, le magnésium est concentré en solution.

La fixation de la silice par les diatomées et du calcium par les mollusques démontre clairement ce mécanisme, qu'on peut étendre d'ailleurs à tous les constituants des organismes vivants, les sels solubles de potassium et de sodium exceptés. En même temps, ces éléments minéraux sont libérés graduellement par la décomposition des sédiments et remis en solution. Il semble que, dans le Tanganika, la fixation équilibre grosso-modo la petite quantité de substances minérales apportée par les tributaires et celle libérée par la décomposition des sédiments. Il y aurait là une explication non seulement à la concentration basse des sels dans le lac, mais également à la composition inusitée des eaux lacustres. Les proportions relatives dans l'eau du lac sont dissemblables de celles des tributaires.

Il semble bien que sur une très longue période, depuis que le lac existe, les processus biologiques produisent des altérations dans la composition de l'eau lacustre.

Suivant R.S.A. BEAUCHAMP, il n'est pas possible de déterminer le facteur limitant le développement du phytoplancton et des algues littorales.

Les phosphates sont présents partout, les silicates, eux, sont réduits à une petite concentration. Il est possible que la consommation complète des nitrates dans les eaux de surface soit la cause de la disparition des algues.

Par son degré unique de stabilité thermique le lac Tanganika occupe une catégorie à part dans une classification des lacs.

1. - Les chlorures.

Les valeurs de la chlorinité (H. CRAIG, 1974) montrent une couche superficielle bien brassée, s'étendant au moins jusque -45 m ainsi qu'un profil uniforme en dessous de -100 m avec une concentration de 27,8 mg/litre (Tableau 17 et Figure 23).

m	H.CRAIG					J.KUFFERATH					H.CRAIG					J.KUFFERATH
	St I	II	III	IV	V	161	m	St I	II	III	IV	V	St 161			
-0,2	-	-	-	-	-	27,8	-215	27,8	-	-	28,0	-	-	-		
-10	26,6	26,5	-	26,4	26,4	28,3	-220	-	28,3	-	-	-	-	-		
-20	-	-	26,4	-	-	-	-222	-	-	-	-	-	-	27,8		
-21	-	-	-	-	-	29,0	-250	27,8	-	-	-	-	-	-		
-25	26,6	-	-	-	-	-	-270	-	-	28,1	-	-	-	-		
-30	-	-	-	-	-	27,7	-290	-	-	-	28,0	-	-	-		
-41	-	-	-	-	-	28,0	-294	-	-	-	-	-	-	27,3		
-45	26,6	-	-	-	-	26,6	-350	27,8	-	-	-	-	-	-		
-52	-	-	-	-	-	28,5	-360	-	-	-	-	27,6	-	-		
-63	-	-	-	-	-	27,6	-393	-	-	-	-	-	-	28,1		
-65	27,2	-	-	-	-	-	-400	27,8	-	-	-	-	-	-		
-70	-	-	-	27,2	-	-	-450	27,7	27,7	-	-	-	-	-		
-71	-	-	-	-	-	28,7	-590	-	-	-	-	-	-	27,6		
-81	-	-	-	-	-	28,1	-630	28,0	-	-	-	-	-	-		
-90	-	-	-	-	-	29,0	-725	27,8	-	-	-	-	-	-		
-95	27,7	-	-	-	27,7	-	-796	-	-	-	-	-	-	27,3		
-100	-	27,4	27,6	-	-	27,8	-820	27,7	-	-	-	-	-	-		
-122	-	-	-	-	-	28,1	-870	27,6	-	-	-	-	-	-		
-125	27,8	-	-	-	-	-	-1300	-	-	-	-	-	-	27,9		
-142	-	-	-	-	-	28,4	-	-	-	-	-	-	-	-		
-145	27,9	-	-	-	28,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-150	-	-	-	-	27,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-162	-	-	-	-	-	27,4	-	-	-	-	-	-	-	-		
-165	27,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-180	-	-	28,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-182	-	-	-	-	-	28,3	-	-	-	-	-	-	-	-		
-185	28,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-195	-	-	-	-	28,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-202	-	-	-	-	-	28,05	-	-	-	-	-	-	-	-		

Tableau 17

Tableau comparatif de la concentration en chlorures (Cl mg/litre) suivant J.KUFFERATH (1946-1947) et H.CRAIG (1973).

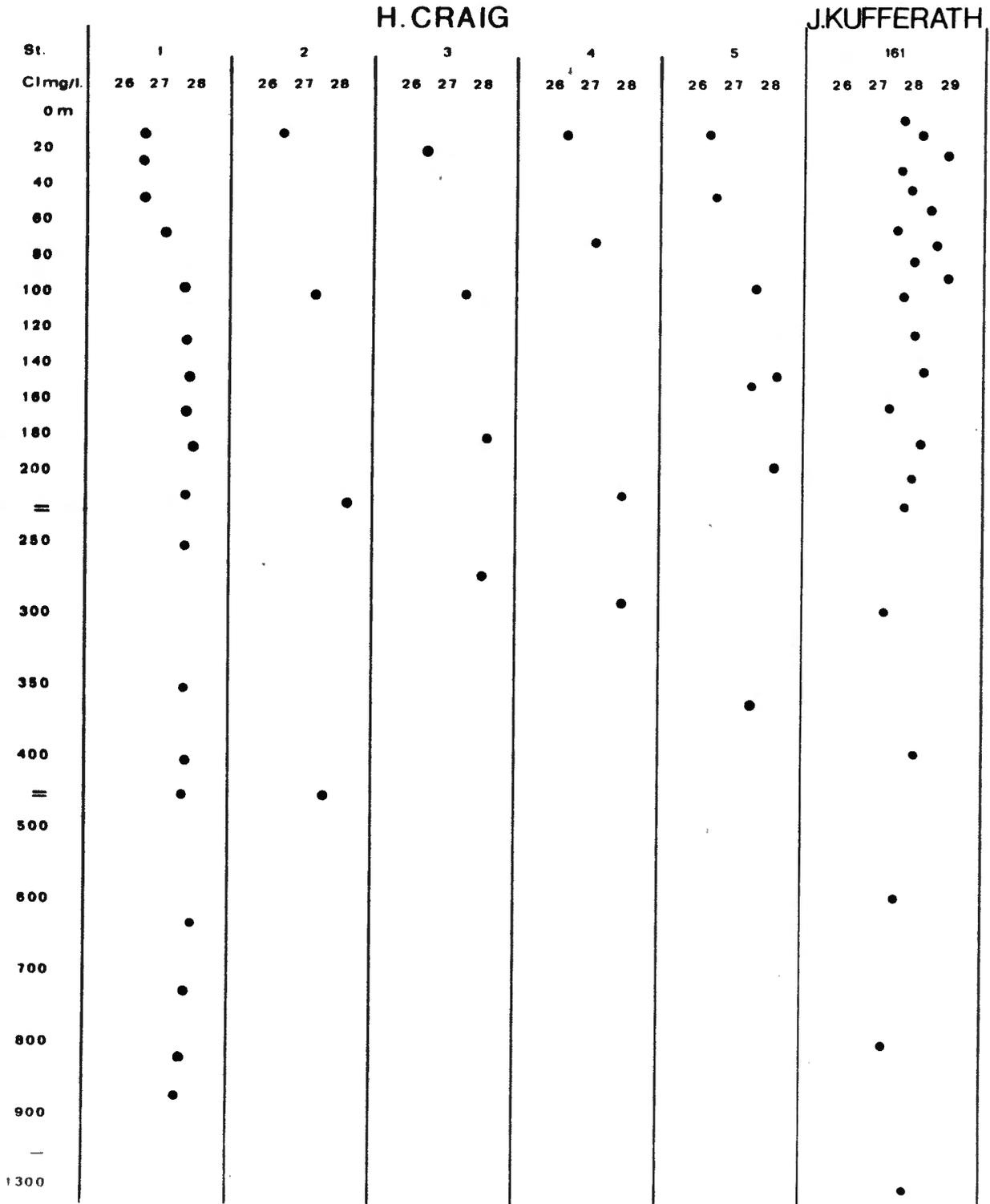


Fig. 23. - Concentrations en chlorures (J. KUFFERATH (1946-1947) et H. CRAIG (1973) Bassin nord.

Les valeurs de la chlorinité sont très voisines de celles obtenues en 1946-1947 par la Mission belge. En effet, J. KUFFERATH (1952) a enregistré en surface 27,0 et 27,9 mg/litre en eau profonde dans le bassin sud (Station 161), valeurs semblables à celles de H. CRAIG.

Les concentrations à leurs stations par ce dernier observateur, A, B et C -- respectivement au large de Kasanga, Kipili et Kibwesa -- indiquent une moyenne en surface de 26,3 mg/litre dans le bassin nord et 27,1 mg/litre dans le bassin sud, 27,8 ou 27,9 mg/litre en eau profonde.

E.T. DEGENS et ses collaborateurs (1971) avaient indiqué une valeur constante de  $22 \pm 1$  mg/litre pour l'ensemble de la colonne d'eau, valeur assez inférieure aux données de H. CRAIG et de J. KUFFERATH (Tableaux 17 et Figure 23).

Les concentrations relevées dans l'eau des rivières indiquent la Ruzizi et la Malagarasi comme sources principales des chlorures dans le lac (H. CRAIG): Ruzizi 14,8 mg/l, Malagarasi 14,0 mg/litre.

Ces valeurs sont basses comparées à celles que nous relevons dans les notes inédites de J. KUFFERATH: Grande Ruzizi 25,1 mg/litre; Petite Ruzizi 24,2 mg/litre et Delta de la Malagarasi: 28,0 mg/litre. De son côté R.S.A. BEAUCHAMP a publié les chiffres suivants: Ruzizi 23,8 mg/litre et Malagarasi 18,5 mg/litre.

Il est clair, écrit H. CRAIG (1974), que l'eau profonde du lac dérive d'eaux plus froides, plus concentrées que celles disponibles à l'heure actuelle. Il est probable que la différence en Cl entre l'eau de surface et celle de l'eau profonde dépend principalement de l'état de l'unique exutoire, la Lukuga. Le déficit de la couche brassée pourrait être comblé en l'espace de 10 années environ si l'exutoire était à nouveau fermé.

J. KUFFERATH a pu exécuter une grande série de dosages de Cl dans la colonne aquatique de la Station 161 à 12 milles de Zongwe, dans le bassin sud, les 8,9 et 10.III.1947, entre 16 et 19 heures. A la surface il a mesuré 27,8 mg/litre, à 1300 m: 27,9 mg/litre.

## 2. - Réserve alcaline (Alcalinité, SBV).

La réserve alcaline a été déterminée par J. KUFFERATH en ordre principal à la station 161. De ses notes nous extrayons les chiffres enregistrés à cette station ainsi qu'à celles où ce dosage a pu être exécuté, de manière à composer un tableau comparatif pour les deux bassins et les différentes saisons (Tableau 18).

Aux fins de faciliter les comparaisons entre les bassins nord et sud, tant pour la réserve alcaline que pour les autres paramètres chimiques, pour lesquels nous disposons de données, nous avons établi les maxima et minima pour la colonne d'eau de 0 à -100 m, zone aérobie au Tanganika, étant celle dans laquelle la vie se manifeste normalement et dans laquelle aussi le plus de déterminations ont pu être effectuées. Cette donnée est évidemment très relative, le nombre d'observations étant souvent très inégal. Nous considérerons dès lors ces chiffres simplement comme des ordres de grandeur, non comme des valeurs absolues.

m	Bassin nord				Bassin sud	
	SS St 53	SP St 94	SP St 141	SP St 45	PSS St 161	SP St 211
0	-	6,90	6,88	6,18 - 6,74	6,81	6,73
-10	6,75	-	-	6,75	6,78	6,75
-20	-	-	6,86	-	6,78	-
-30	6,75	6,78	-	-	6,79	-
-40	-	-	6,86	-	6,74	-
-50	-	6,84	-	6,76	6,79	6,78
-60	-	-	6,94	-	6,80	-
-70	-	-	-	-	6,77	-
-80	6,84	6,86	6,96	-	6,79	-
-90	-	-	-	-	6,81	-
-100	-	6,92	7,00	6,88	6,85	6,8
-120	-	-	-	-	6,85	-
-130	-	-	6,92	-	-	-
-140	-	-	-	-	6,88	-
-150	6,89	6,98	6,94	-	-	-
-160	-	-	-	-	6,90	-
-170	-	-	7,00	-	-	-
-180	-	6,90	-	-	6,86	-
-200	-	-	7,04	6,89	6,91	6,87
-220	-	-	-	-	6,88	-
-230	-	6,96	-	-	-	-
-250	6,97	-	-	-	-	6,87
-290	-	-	-	-	6,90	-
-300	-	-	-	-	-	6,93
-350	6,96	-	-	-	-	-
-380	-	-	-	6,99	-	-
-400	-	-	7,10	-	-	-
-500	6,98	-	-	-	-	-
-590	-	-	7,08	-	7,03	-
-790	-	-	-	-	6,98	-
-1060	-	7,06	-	-	-	-
-1300	-	-	-	-	6,96	-

Stat.53.-7.I.1947 15 M E Kolobo 14.I.1947 15 M E Kolobo.  
Stat.94.-28.I.1947 9 M NE Kavaala 21-24 n.  
Stat. 141.-23-24.II.1947.16 M N50E Kabimba 8-9.30 h.  
Stat.45.-31.XII.1946. 16 M Noba. 14-17 h.  
Stat.161.-8-9-10 .III.1947. 11 M Zongwe  
Stat. 211.-30.III.1947. 13,7 M Kasanga.

Tableau 18

Tableau comparatif de la réserve alcaline pour les eaux du bassin nord et du bassin sud suivant les saisons. Résultats en méq/litre.

SS: saison sèche; SP: saison des pluies; PSS: petite saison sèche

Bassin nord  
Bassin sud

Maximum  
7,00  
6,88

Minimum  
6,75  
6,18

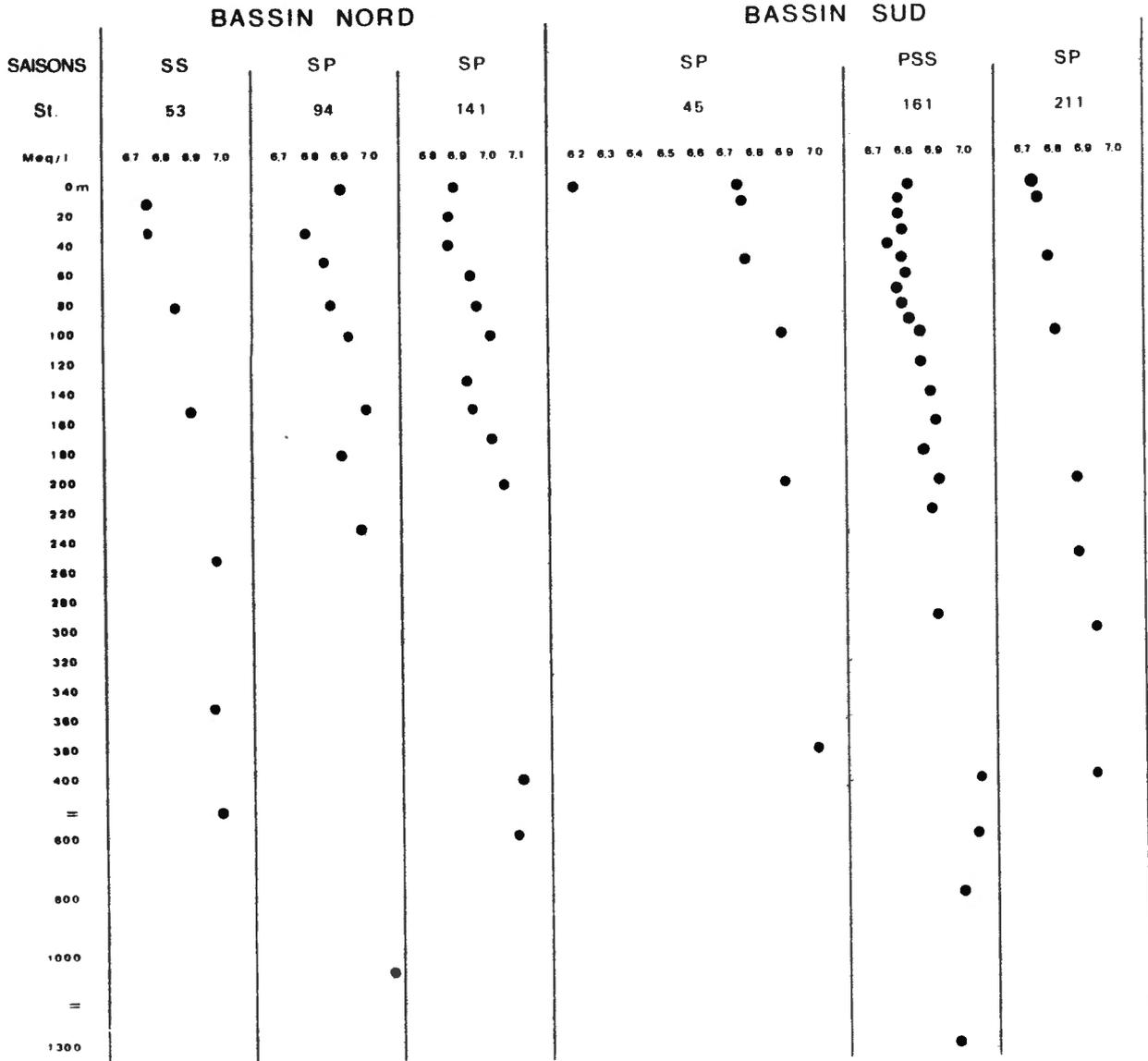


Fig. 24. - Réserve alcaline en méq/l dans les deux bassins (J. KUFFERATH, 1946-1947).

Au cours d'un certain nombre de sondages, on a déterminé la réserve alcaline (toujours exprimée en millivalences-grammes par litre). Parmi ces dosages, certains ont donné lieu en outre à la détermination séparée des carbonates neutres, ce qui permettait de calculer la répartition de l'acide carbonique entre ions carboniques et bicarboniques.

Un graphique d'ensemble de toutes les déterminations ainsi faites a été construit (Figure 25).

Comme on peut le remarquer, la différence entre les deux bassins n'est pas très considérable. En général les valeurs croissent légèrement en fonction de la profondeur.

H. CRAIG a effectué des dosages analogues en 1974, mais dans le bassin nord seulement. Les résultats obtenus sont un peu inférieurs à ceux de J. KUFFERATH (Tableau 19).

De leur côté, E.T. DEGENS et G. KULBICKI (1973) avaient déterminé en 1970 en mars-avril (saison des pluies) les réserves alcalines dans les deux bassins (Tableau 20).

St I		St II		St III		St IV		St V	
m		m		m		m		m	
-5	5,881	-5	5,864	-	-	-	-	-	-
-27	5,882	-	-	-	-	-	-	-	-
-45	6,001	-	-	-	-	-	-48	6,171	-
-63	6,175	-	-	-	-	-72	6,295	-	-
-91	6,395	-99	6,373	-100	6,460	-	-	-97	6,425
-120	6,353	-	-	-	-	-	-	-	-
-144	6,563	-	-	-	-	-145	6,481	-145	6,543
-168	6,574	-	-	-179	6,622	-	-	-	-
-187	-	-	-	-	-	-	-	-193	6,710
-216	6,660	-218	6,614	-	-	-217	6,679	-	-
-250	6,665	-	-	-269	6,659	-290	6,708	-	-
-300	6,705	-328	6,721	-	-	-	-	-	-
-350	6,714	-	-	-359	6,703	-	-	-	-
-400	6,721	-447	6,735	-	-	-	-	-	-
-450	6,741	-	-	-	-	-	-	-	-
-625	6,742	-	-	-	-	-	-	-	-
-721	6,749	-	-	-	-	-	-	-	-
-818	6,771	-	-	-	-	-	-	-	-
-867	6,795	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 19.

Valeurs de la Réserve alcaline en 1974 dans le bassin nord. (d'après W. CRAIG).

Les valeurs de réserve alcaline mesurées par E.T. DEGENS et G. KULBICKI diffèrent, toutes conditions égales, notablement de celles de J. KUFFERATH et sont très inférieures. Il n'est pas impossible qu'il s'agisse ici de légères différences dans les méthodes de titration en ce qui concerne le point de virage.

Les valeurs pour les stations 2-5 de H. CRAIG donnent lieu à des profils relativement uniformes: celles relevées à des endroits moins profonds suivent simplement la partie supérieure du profil de la station. Les valeurs obtenues par E.T. DEGENS (Tableau 20) sont généralement inférieures à celles de H. CRAIG

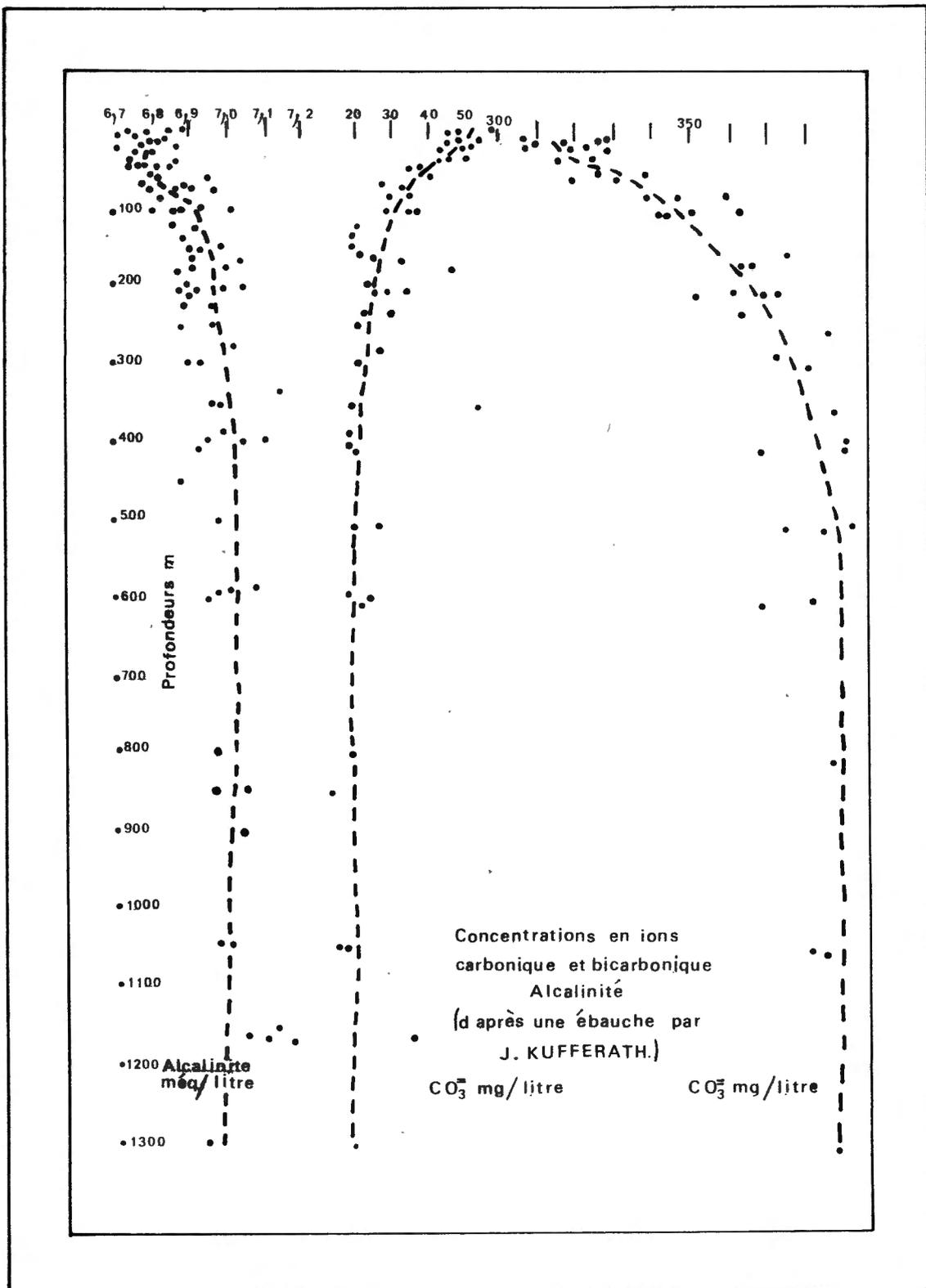


Figure 25. - Lac Tanganyika. Concentrations en ions carbonique et bicarbonique. Réserve alcaline. Ensemble des valeurs pour toutes les stations.

m	Stat.3	Stat.4	Stat.6	Stat.15	
-2	5,64	-	5,30	5,86	
-25	-	-	-	5,76	
-50	5,70	-	5,86	6,06	
-75	-	-	-	6,14	
-80	-	-	-	6,18	
-90	-	5,94	-	6,10	
-100	6,02	6,06	6,20	6,20	
-110	-	-	-	6,54	
-120	-	-	6,34	6,40	
-125	-	-	-	6,54	
-130	-	-	-	6,28	
-140	-	-	6,26	-	
-150	6,18	5,94	-	-	
-160	-	-	-	6,54	
-200	6,08	5,94	6,46	-	
-250	6,22	6,10	6,62	-	
-300	-	-	6,62	-	
-350	-	-	6,84	-	
-400	-	-	6,50	-	
-460	5,98	6,18	-	-	
-500	-	-	6,62	-	
-760	6,30	-	-	-	
-900	-	-	-	6,48	
-960	6,44	-	-	-	
-1000	-	-	-	6,70	
-1050	-	-	-	6,84	
-1100	-	-	-	6,44	
-1160	6,24	-	-	-	
-1360	6,48	-	-	-	
-1460	6,38	-	-	-	
Stat.3 :	large de Zongwe (bassin sud)			Max.	Min.
Stat.4 :	id.			Bassin nord	6,20 5,76
Stat.6 :	large de Hoba (bassin sud)			Bassin sud	6,20 5,30
Stat. 15 :	NE Kavaala (bassin nord)				

Tableau 20.

Réserve alcaline en 1970 dans les deux bassins. (d'après E.T. DEGENS et G. KULBICKI).

et les profils montrent de grandes parties plus irrégulières dans le sens horizontal aussi bien que vertical.

Une discontinuité dans la station 1 de H. CRAIG, à -187, -250 m ressemble beaucoup à la même allure du graphique relatif à la température (Tableau 19).

Comparée à la couche de surface brassée, l'eau profonde s'est enrichie en CO<sub>2</sub> total; exactement comme cela se produit dans les océans.

Dans ce cas, il est dû à la dissolution "in situ" de carbonates détritiques à mesure que ceux-ci sédimentent le long de la colonne aquatique. Ce n'est certainement pas le cas au Tanganika.

En dessous de -300 m, dans l'hypolimnion, les trois profils (Figure 25) sont linéaires suggérant ainsi un gradient constant de diffusion, avec un afflux continu de CO<sub>2</sub> provenant du fond, tout au plus des couches inférieures à -900 m, avec une dissolution insignifiante sur place dans la colonne d'eau en dessous de -300 m. Un régime de brassage se manifeste sous la couche supérieure, linéaire jusque -200 m. C'est une zone de production de CO<sub>2</sub>, celui-ci probablement dû à l'oxydation de carbone organique. La source d'oxygène nécessaire à la production à partir de matière organique serait constituée par les nitrates. Ceux-ci montrent un fort maximum à -100 m (J. KUFFERATH 1952 et T. DEGENS et al. 1972). Cette production tend à faire remonter le profil du CO<sub>2</sub>, total, et de la réserve alcaline dans cette région.

Dans l'hypolimnion, en dessous de -300 m, on observe soit des profils de diffusion transitoire, dûs probablement à un état interne constant, avec une masse d'eau rémanente ou des profils de diffusion simple avec un déplacement vertical insignifiant et une diffusibilité verticale approximativement constante et un afflux de CO<sub>2</sub> depuis le fond.

Cet afflux montant doit être plus élevé que le degré de production dans la zone de -220 m de manière à maintenir le gradient. Le profil entre -300 m et le fond devient alors un profil de simple brassage (Figure 20).

Maximum: 6,460

Minimum: 5,864

-----		-----	
m		m	
-10	6,521	-250	6,893
-30	6,525	-300	6,895
-70	6,622	-350	6,901
-90	6,710	-400	6,911
-120	6,804	-450	6,935
-150	6,815	-630	6,981
-170	6,874	-720	7,019
-190	6,864	-820	7,025
-220	6,860	-870	7,171
-----		-----	
		Max.:	6,874
		Min.:	6,521
-----		-----	

Tableau 21

Réserve alcaline dans le bassin nord.  
Station Kigoma 1 (II.1975)  
(d'après H.CRAIG).

La comparaison des valeurs de la réserve alcaline dans les baies ou dans la zone côtière, permet de noter que ces valeurs sont semblables à celles obtenues au large.

Kalemie. II. 1947	- 0,5m	6,80	- 5m	6,73	St III. XII. 1946	0 m	6,80
	- 2	6,75	- 6	6,81	St 49 I. 1947 M'Ton	-2 m	7,03
	- 3,5	6,86			St 21° VI. 1947	-2m	6,74

I'Tossi

St 1 XII. 1946 3 1/2 SSE Kalemie 6,9

St 6.22 M S 84 E Kalemie	St 32h Korona XII. 1946	21 h
0 m 6,86	0 m	6,87
-10 m 6,81	- 2m	6,74
-50 m 6,80	- 3	6,84
-100 m 6,90		

Hoba	St 36	36F	36C	36D	36E
	9 h30	12h	16h	18h	20h
- 0m	6,84	6,81	6,75	6,74	6,64
- 1	6,77	6,81		6,71	6,57
- 2	6,71	6,80		6,90	6,57
- 4	6,80	6,77		6,77	6,67
- 6	6,80	6,74		6,70	6,71
- 8	6,77	6,80		6,75	6,84
-10	6,74	6,77		6,80	6,87
-14	6,75			6,80	6,77

A l'exception toutefois de la baie de Kabimba (bassin nord) où la valeur de la réserve alcaline est supérieure à celle des autres endroits, on peut supposer que le massif calcaire de cette région pourrait être à l'origine de cette alcalinité plus élevée. Elle augmente d'ailleurs avec la profondeur ce qui serait à mettre en relation avec la plongée des eaux de ruissellement sous la surface le long des parois.

Kabimba St 23 XII. 1946.

-0,2 m	7,09	- 50 m	7,27
-10	7,03	- 60	7,17
-20	7,07	- 70	7,36
-30	7,13	- 80	7,25
-40	7,19	- 90	7,36

Concernant la réserve alcaline, les résultats obtenus se groupent d'une façon satisfaisante autour d'une courbe moyenne reportée au graphique (Fig. 25). Une seule série d'analyses, celle relative à la Station 23, s'écarte fortement de cette moyenne. Le sondage en question a été fait entre la baie et l'île de Kabima. Sur fond de 117 m. Cette station n'était donc pas réellement une station au large et ceci suffit sans doute à expliquer la discordance constatée.

Pour ce qui concerne les dosages séparés des carbonates et des bicarbonates, on peut considérer que, pour l'ensemble du lac, les résultats sont bien homogènes, surtout en tenant compte du fait que la précision des résultats obtenus pour l'ion bicarbonique dépend à la fois de celle obtenue pour la réserve alcaline et celle du dosage séparé de l'ion carbonique.

Au sujet de l'équilibre carbonates-bicarbonates, l'action photosynthétique des végétaux dans les 30-50 premiers mètres suffit à l'expliquer qualitativement. La captation de  $\text{CO}_2$  à partir de l'ion bicarbonique, déplace en effet l'équilibre à l'avantage des carbonates en augmentant le pH de l'eau d'une façon correspondante.

En dessous de -50 m et avec l'augmentation de la profondeur, la respiration des organismes n'étant plus contrebalancée par la photosynthèse, tend à enrichir l'eau en anhydride carbonique. Ce dernier, agissant sur les carbonates neutres, les transforme des bicarbonates tout en abaissant le pH.

Dans ce processus, les animaux ne peuvent guère intervenir que jusqu'à une profondeur maximum de -200 m environ, et plus vraisemblablement de -150 m environ. Au-delà, ce sont probablement les bactéries anaérobies et notamment les thio-bactériacées, qui sont responsables de la suite du métabolisme acidifiant.

Cependant, en fait, la réserve alcaline est bien sensiblement celle qu'exige l'addition valentielle des ions carboniques et bicarboniques présents aux différentes profondeurs.

### 3. - pH.

Le travail de J. KUFFERATH n'a apporté aucune précision nouvelle concernant le pH de l'eau du lac. A défaut de pH-mètre les quelques mesures colorimétriques qu'il lui a été possible d'exécuter, corroborent celles de R.S. BEAUCHAMP.

Dans les tableaux d'ensemble des constituants variables de l'eau au large, on trouvera l'allure moyenne des variations du pH d'après les quelques mesures valables.

Le pH n'a pas fait l'objet de mesures systématiques. Pour deux stations 302 et 315, les notes de J. KUFFERATH mentionnent des valeurs de 0 à 240 m. Les pH sont compris entre 8,5 et 8,91 pour la première station (10 km N Kavaala, bassin nord) et 8,52 à 8,8 pour la seconde (10 milles au large de Tembwe (bassin sud); (Tableau 22).

	Maximum	Minimum
Bassin nord	9,95	8,69
Bassin sud	8,83	8,55

### 4. - Les sulfates.

Les grands lacs africains (R.S.A. BEAUCHAMP, 1953), reçoivent par leurs tributaires de petites quantités d'eau seulement par rapport à leur volume, ces tributaires ne contenant que des quantités insignifiantes de sulfates.

Les même auteur cite en 1946 une concentration de 8,2 mg  $\text{SO}_4$  par litre pour les tributaires et 4,0 mg/litre seulement pour une eau prélevée à -700 m. Les chiffres relevés au lac Tanganika par J. KUFFERATH montrent comment les sulfates ont été soustraits à la solution.

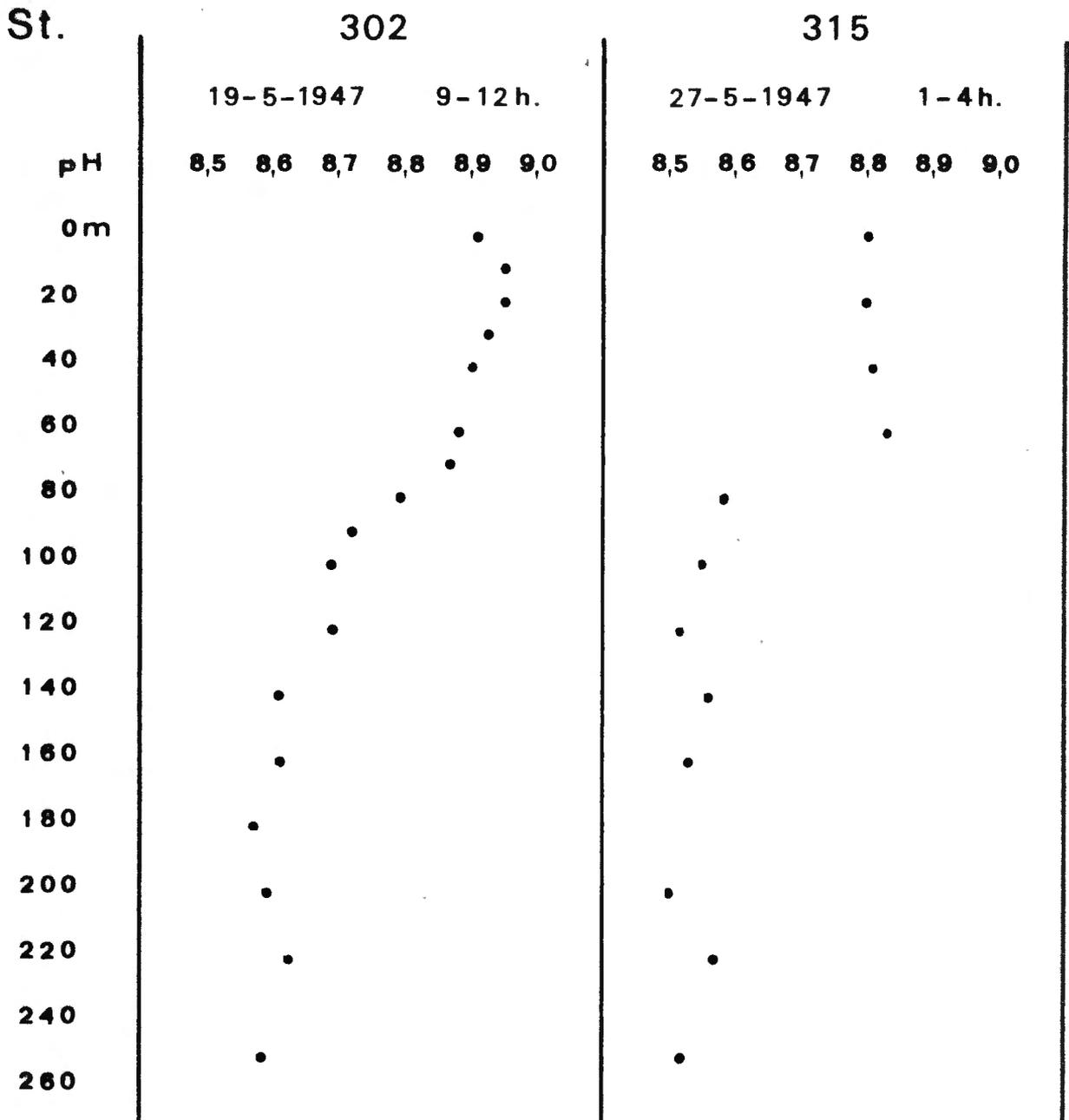


Fig. 26. - Valeurs du pH à deux stations. (J. KUFFERATH 1946-1947).

Station	302 19.V.47 9-12h	315 27.V.47 1-4 h
m		
0	8,91	8,8
-10	8,95	-
-20	8,95	8,8
-30	8,93	-
-40	8,90	8,81
-60	8,88	8,83
-70	8,87	-
-80	8,79	8,58
-90	8,72	-
-100	8,69	8,55
-120	8,69	8,52
-140	8,61	8,56
-160	8,61	8,53
-180	8,57	-
-200	8,59	8,5
-220	8,62	8,57
-250	8,58	8,52

Tableau 22

Valeurs du pH à deux stations. (J. KUFFERATH).

Suivant R.S.A. BEAUCHAMP, à la station IV à Kigoma, la valeur du pH dans l'épilimnion est de 9,2 et tombe à 8,6 en dessous du thermocline et reste stationnaire jusqu'en dessous de -1000 m.

L'exutoire du lac est petit et, parfois, le niveau du lac est-il bas, aucune eau ne quitte la cuvette. On peut s'attendre par conséquent à observer des valeurs plus élevées de sels dissous que les moyennes pour Na, K, Cl et PO<sub>4</sub> qui atteignent trois fois -- et plus -- les valeurs obtenues pour les tributaires.

Pour les sulfates, au contraire, leur concentration dans les eaux du lac est inférieure à la moitié de la concentration moyenne dans les eaux des tributaires.

Dans tout le lac, un déficit en sulfates peut se manifester malgré l'apport suffisant par les rivières tributaires, la balance des processus biologiques agissant, en effet, de telle manière que les sulfates en solution utilisés et précipités à une vitesse supérieure à celle avec laquelle ils sont remis en liberté lors de la décomposition des matières organiques. En moyenne, les pertes en sulfates proviennent de la synthèse des protéines et de la précipitation ultérieure de celles-ci, animales ou végétales, dans les sédiments benthiques.

Généralement leur décomposition se produit en anaérobie, conduisant à la formation de sulfure d'hydrogène et de sulfures insolubles.

Les sulfates peuvent être réduits, directement ou indirectement, en sulfures par une action bactérienne. Une fois réduits en sulfures métalliques dans les sédiments, ensuite recouverte par d'autres dépôts, fort peu de ce soufre est récupéré et remis en circulation.

D'un autre côté, les sulfates sont remis en solution lorsque la matière organique est décomposée en aérobie. Cependant, dans la plupart des lacs, il se produit généralement moins d'éventualités pour une décomposition en aérobie qu'en anaérobie et toute matière organique décomposée ainsi ne l'est pas toujours complètement.

Les processus biologiques se déroulant dans les lacs occasionnent de cette manière une soustraction continue de sulfates de leur solution. Ce mécanisme n'a que fort peu d'importance dans ces lacs où leur concentration est suffisante dans les tributaires pour maintenir un apport adéquat. Dans le Tanganika, les sulfates sont continuellement soustraits. On ne sait pas jusqu'où ce processus peut se manifester, probablement parce que l'activité biologique est limitée dans ce lac par une stratification thermique bien marquée. Les eaux du lac contiennent environ 4 mg/litre de sulfates exprimés en  $SO_4$ .

Plusieurs lacs africains en contiennent moins. Dans certains d'entre-eux il semble que la déficience en sulfates puisse constituer un facteur affectant la croissance du phytoplancton.

J. KUFFERATH a effectué un certain nombre de déterminations de sulfates, surtout pour les stations 161 et 211.

Stat. 161: 11 Milles de Zongwe sur la ligne Zongwe-Kirando-bassin sud.

Stat. 211: 13,7 Milles W de Kasanga (bassin sud) (Figure 27).

Maximum 5,0 mg/l

Minimum 1,6 mg/l

Au cours des traversées sur le lac, il n'a pas été possible de procéder à la détermination des concentrations en sulfates à toutes les stations dans le bassin nord, sauf dans la baie de Kalemie (II.1947)

- 0,5 m	5,7 mg/l $SO_4$
- 5	5,3
- 6	5,7

Durant leurs études du lac E.T. DEGENS et G. KULBICKI (1973) ont procédé à des recherches sur les concentrations en sulfates (Tableau 25 et Figure 28).

m	Sulfates $\text{SO}_4$ mg/litre	
	Station 161	Station 211
-2	3,0	2,8
-30	2,0	-
-40	-	1,6
-81	3,0	-
-100	5,0	-
-101	-	2,8
-162	4,0	2,7
-182	-	3,3
-203	-	3,5
-222	4,0	-
-223	-	3,9
-250	-	3,3
-294	4,0	-
-299	-	5,3
-393	4,0	-
-404	-	5,1
-590	5,0	-
-796	3,0	-
-1300	3,0	-

Tableau 23

Concentrations en sulfates  $\text{SO}_4$  mg/l  
dans l'eau du lac Tanganika (J.KUFFERATH).

-----			
Résultats en mg/litre			
	Tributaires	Tanganika	Facteur
-----			
Na	25,0	64,2	2,97
K	9,0	33,5	3,7
Li	0,28	0,8	3,0
Ca	19,0	15,2	0,76
Mg	17,2	43,7	2,5
Fe	0,1	0,1	1,0
Al	0,3	0,3	1,0
-----			
Cl	14,0	28,0	2,0
-----			
SO <sub>4</sub>	8,2	4,0	0,5
-----			
NO <sub>3</sub>	1,5	1,8	1,2
NO <sub>2</sub>	0,003	0,006	2,0
PO <sub>4</sub>	0,06	0,6	10,0
SiO <sub>2</sub>	26,0	13,5	0,5
CO <sub>3</sub>	100,0	207,6	2,0
Total	220,6	413,3	
			Eau de mer
Cl/SO <sub>4</sub>	1,7/1	7,1	7,17/1
Mg/Ca	0,9/1	2,9/1	3,19/1
-----			

Tableau 24  
Analyse de l'eau du lac et des tributaires (R.S.A.BEAUCHAMP) 1946.

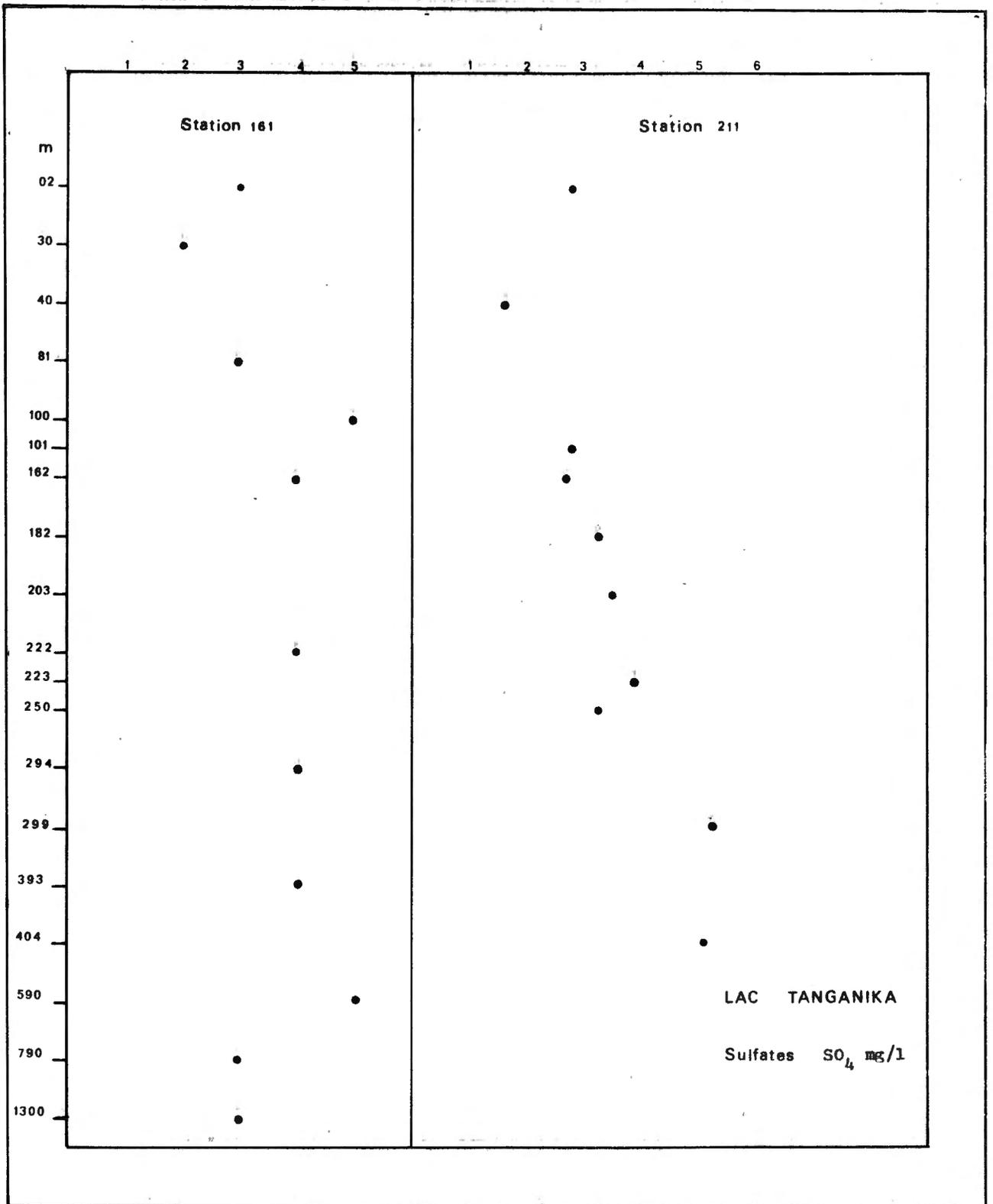


Figure 27. - Concentrations en sulfates dans l'eau du lac Tanganika en  $SO_4$  mg/l, (d'après J. KUFFERATH).

m	Bassin nord		Bassin sud	
	Stat.15	Stat.3	Stat. 4	Stat.6
-2	3,6	3,4	-	2,6
-25	4,0	-	-	-
-50	-	3,7	-	3,5
-75	4,7	-	-	-
-80	3,3	-	-	-
-90	3,0	-	3,3	-
-100	3,3	4,3	3,6	2,9
-110	3,7	-	3,0	-
-120	3,3	-	2,7	3,7
-125	3,4	-	-	-
-130	3,3	-	4,0	-
-140	-	-	3,9	3,3
-150	-	3,7	-	-
-160	-	-	-	3,6
-200	-	3,4	-	3,2
-250	3,4	3,4	-	-
-300	3,6	-	-	-
-350	-	-	-	3,3
-400	-	-	-	5,2
-460	-	3,4	-	-
-500	-	-	-	4,3
-760	-	3,6	-	-
-900	4,0	-	-	-
-950	4,4	-	-	-
-960	-	4,0	-	-
-1000	4,0	-	-	-
-1050	3,9	-	-	-
-1100	3,4	-	-	-
-1150	3,5	-	-	-
-1160	-	3,4	-	-
-1360	-	2,4	-	-
-1460	-	2,5	-	-

Station 3 : large de Zongwe (bassin sud).  
 Station 4 : id.  
 Station 6 : large de Moba (bassin sud).  
 Station 15 : NE Kavaala (bassin nord).

	Maximum	Minimum
Bassin nord	4,7	3,0
Bassin sud	4,3	2,6

Tableau 25

Sulfates en  $SO_4$  mg/l d'après E.T.DEGENS & G.KUL-BICKI (1973).

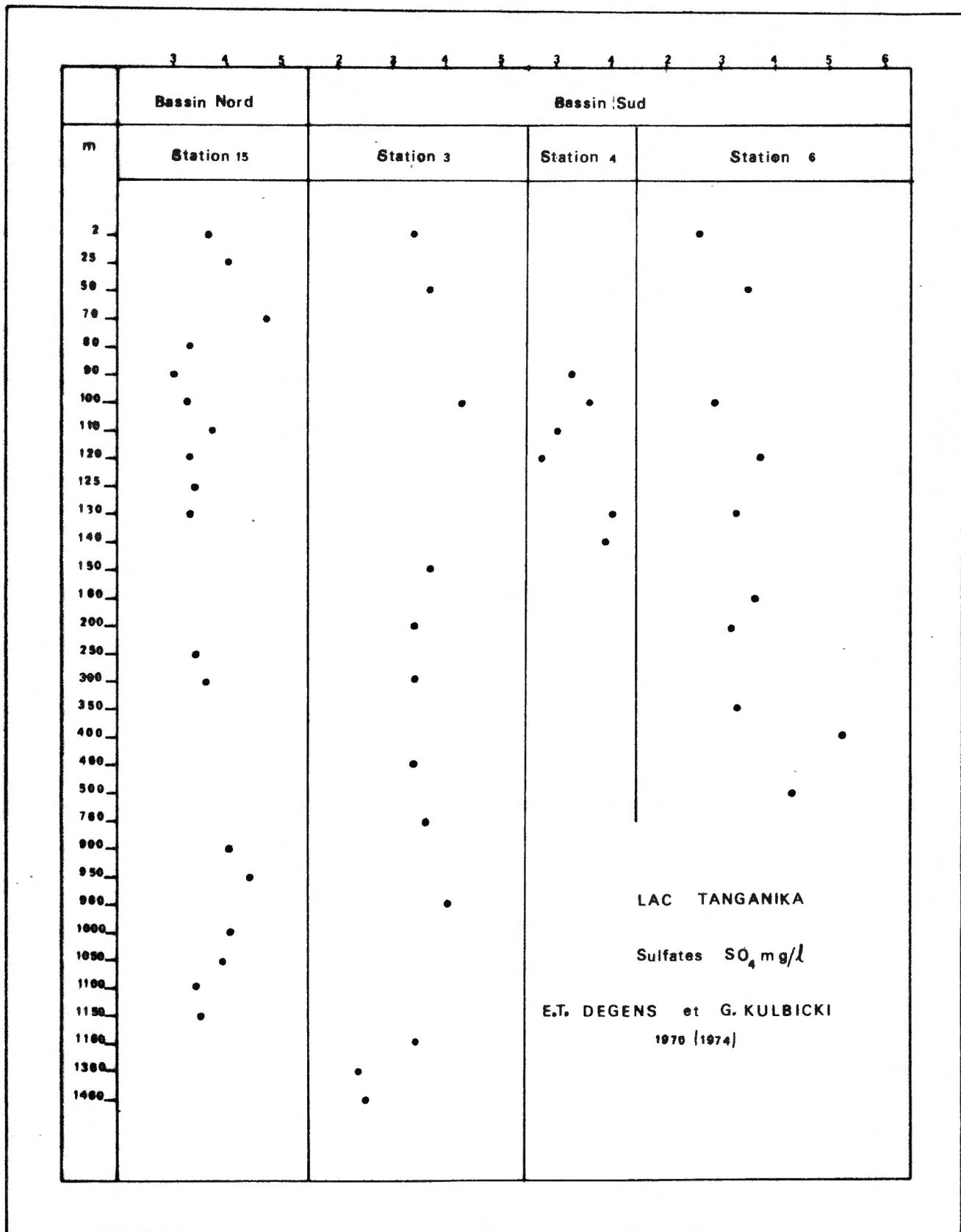


Figure 28. - Sulfates en  $SO_4$  mg/l (d'après E.T. DEGENS et G. KULBICKI).

## 5. - Le sulfure d'hydrogène.

La majeure partie de la zone bathypélagique du Tanganika contient une faible quantité de sulfure d'hydrogène: en moyenne 1 mg par litre.

L'apparition, en eau profonde, dépend de l'endroit et du moment. Elle est en corrélation chimique étroite avec la disparition de l'oxygène dissous dont elle permet ainsi un contrôle indirect. La combinaison dans l'eau provoque la formation de sulfure de fer qui se retrouve, en effet, dans la vase noir-verdâtre des grands fonds.

Notons cependant que dans l'eau d'imbibition de la vase elle-même, le taux de sulfure d'hydrogène semble tomber presque à zéro.

L'origine de cet  $H_2S$  est sans doute de nature biologique et due à des thio-bactériacées dont les colonies roses se sont développées abondamment en voiles dans un échantillon de vase fluide profonde conservé à l'abri de l'air.

Apparaissant en moyenne vers - 200 m, le sulfure d'hydrogène augmente d'abord rapidement puis semble atteindre son maximum moyen de 1,25 mg/litre vers - 400, - 500 m de profondeur. A des profondeurs plus grandes, sa concentration paraît rediminuer.

Les dosages de sulfates semblent indiquer une légère diminution de cet ion à grande profondeur. Cependant la différence observée, d'environ 2 mg  $SO_4$  par litre, ne donne pas la contrevaieur de  $H_2S$ . Aussi doit-on admettre que s'il y a réduction bactériologique des sulfates,  $H_2S$  profond n'en provient sûrement pas exclusivement.

Dans le bassin nord, des traces de  $H_2S$  peuvent être décelées à partir de - 159 m et la concentration augmente progressivement à toutes les stations pour atteindre 1,5 mg/litre à -1192 m à la station 230B (Tableau 26 et Figure 29).

Dans le bassin sud, il se manifeste seulement à -175 m et atteint une concentration de 1,2 mg/litre à la station 45 à -591 m. (Tableau 27 et Figure 20).

Dans le bassin nord on enregistre:

Maximum	1,5 mg/l	Minimum	0 mg/l
---------	----------	---------	--------

Dans le bassin sud:

Maximum	1,25 mg/l	Minimum	0 mg/l
---------	-----------	---------	--------

Il est curieux d'observer des oscillations considérables dans la succession des mesures en fonction de la profondeur. Ainsi dans le bassin sud, à la station 161 et à - 194 m on mesure 2,4 mg/litre, puis à - 214 m: 0 mg/l, à - 222 m: 2,7 mg/l et à - 294 m: 1,05 mg/litre.

Il n'a pas été possible de comparer les concentrations en  $H_2S$  et de  $SO_4$  étant donné le manque de déterminations.

Bassin nord												
m	St 53	St 94	St 87	St 100	St 141	St 230A	St 230B	St 259	St 262	St 300	St 302	St 351
	SS	SP	SP	SP	SP	PSS	PSS	PSS	PSS	SS	SS	SS
-100	0		0									
-159	-	-	-	-	-	tr	-	-	-	0,17	-	-
-160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
-170	-	-	-	-	-	tr	-	-	-	-	-	-
-175	-	0	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	-
-179	-	-	-	-	-	0,35	-	0,17	-	-	-	0,0
-180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1 ?	0,3	-
-190	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
-197	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	0,4	-
-199	-	-	-	-	-	0,5	-	0,2	-	-	-	-
-200	-	-	0,8	0,75	-	-	+0,4	-	-	0,65	-	-
-210	-	-	-	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-
-211	-	-	-	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-
-217	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-
-220	-	-	-	1,05	-	-	-	-	-	-	-	0,4
-221	-	-	-	-	-	0,75	0,5	-	-	-	-	-
-224	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-225	-	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-235	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65
-247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	-
-250	1,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-251	-	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-
-255	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65
-275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75
-293	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8
-296	-	-	-	-	-	-	0,95	-	-	-	-	-
-332	-	-	-	-	-	-	-	1,05	-	-	-	-
-350	1,25	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-
-390	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-	-	-	-
-392	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2
-394	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-
-400	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-
-401	-	-	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-432	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-
-500	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-585	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-
-600	-	-	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-864	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-995	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-
-1040	-	0,2	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1160	-	-	-	-	-	-	-	-	1,05	-	-	-
-1192	-	-	-	-	-	-	1,5	-	-	-	-	-

Tableau 26

Concentrations en sulfure d'hydrogène. Résultats en mg/litre. Bassin nord.

Bassin sud										
m	St.17	St. 45	St.66	St. 105	St.111	St.131	St. 161	St; 211	St. 228	St 315
	SP	SP	SP	SP	SP	SP	PSS	SP	PSS	SS
-175	-	-	-	+ 0,2	-	-	-	-	-	-
-180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-194	-	-	-	-	-	-	2,4	-	-	-
-195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
-197	-	-	-	-	+0,2	-	-	-	-	-
-198	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
-199	-	0,5	-	-	-	0,2	-	-	-	-
-200	0,6	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-
-202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-209	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,4	-
-210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-211	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-214	-	-	-	0,7	-	-	0,0	-	-	-
-217	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65
-219	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-
-220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-222	-	-	-	0,9	-	-	2,7	-	-	-
-224	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-225	-	-	0,8	0,75	-	-	-	-	0,75	-
-229	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-235	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-244	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	-
-247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75
-248	-	-	-	-	-	0,8	-	0,5	-	-
-250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-251	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-255	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	-
-275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-293	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-294	-	-	-	-	-	-	1,05	-	-	-
-296	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-299	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-
-305	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-
-332	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-368	-	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
-390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-392	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-394	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-401	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-404	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	-
-432	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-585	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-591	-	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 27

Concentrations en sulfure d'hydrogène. Résultats en mg/litre.  
Bassin sud.

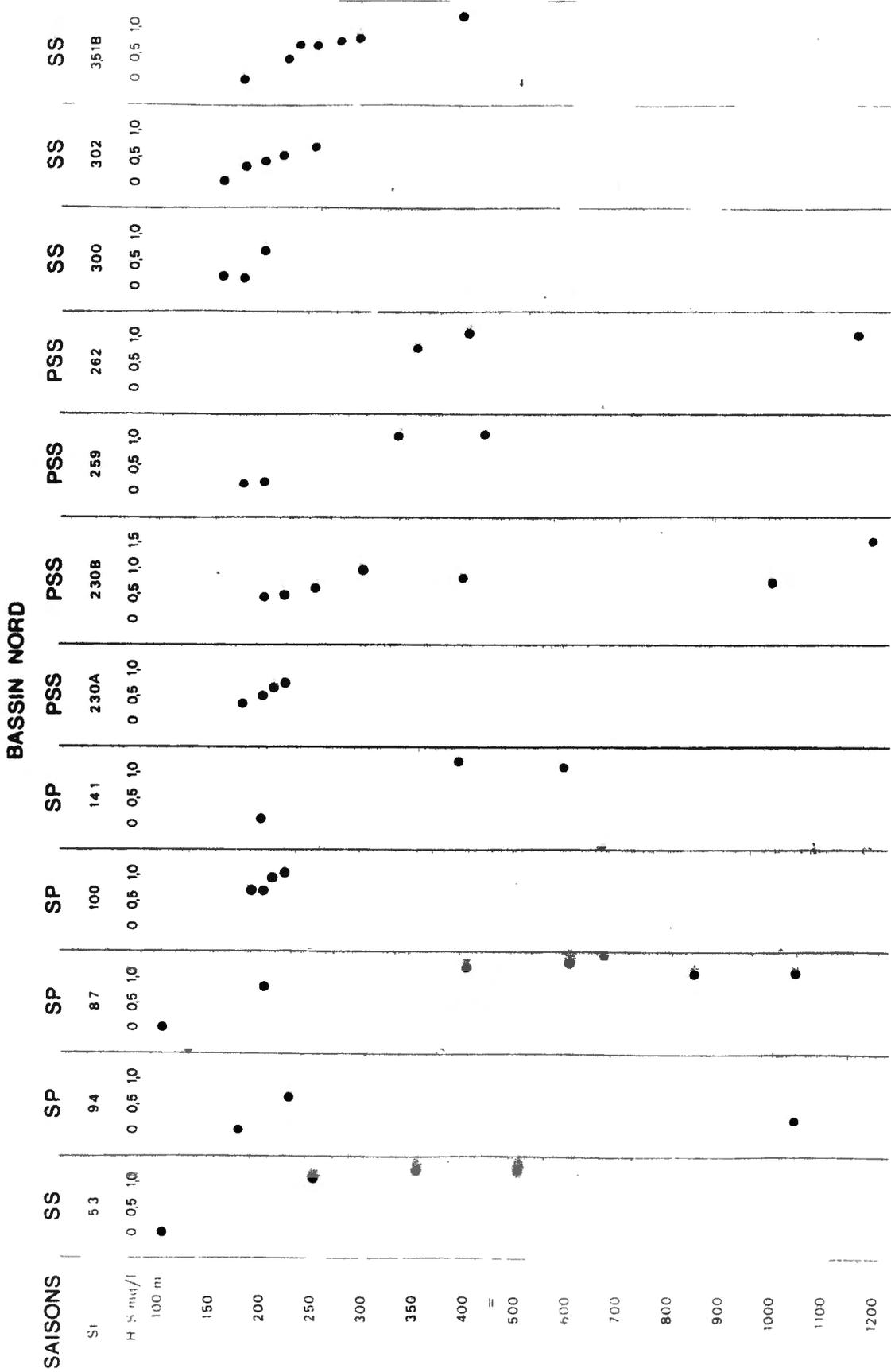


Figure 29. - Lac Tanganyika (1946-1947). Concentrations en sulfure d'hydrogène. Bassin nord.

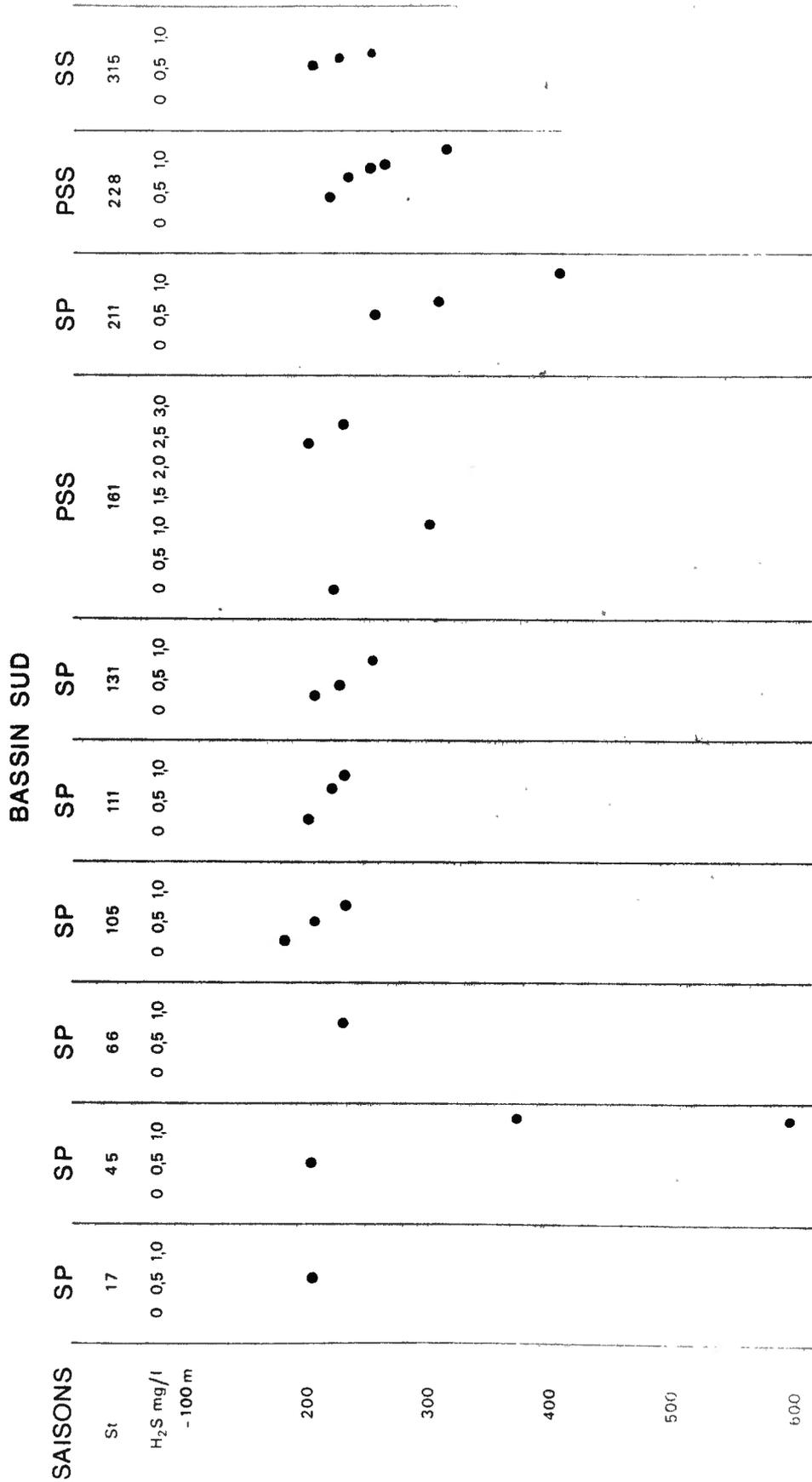


Figure 30. - Lac Tanganyika (1946-1947). Concentrations en sulfure d'hydrogène. Bassin sud.

## 6. - Les nitrates.

Nous abordons l'examen des éléments nutritifs par les nitrates.

Plusieurs séries de dosages ont pu être exécutées dans les deux bassins et en différentes saisons (Tableau 28).

Note: SP = Saison des pluies; PSS = Petite saison sèche; SS = Saison sèche.

Considérant la couche des 10 premiers mètres, nous pouvons observer les extrêmes suivants:

Bassin nord	Minimum mg NO <sub>3</sub> /l	Maximum
Saison des pluies	30	550
Petite saison sèche	0	250
Saison sèche	0	250

Bassin sud	Minimum mg NO <sub>3</sub> /l	Maximum
Saison des pluies	0	300
Saison sèche	50	250

En règle générale, la couche des 100 premiers mètres est relativement plus riche en nitrates que de -100 jusqu'au fond.

Les résultats du dosage des nitrates de l'ion nitrique sont les seuls pour lesquels il nous a été impossible d'atteindre une opinion même approximativement satisfaisante.

Contrairement à ce qui se présentait généralement, il est pratiquement impossible de tracer valablement ici une courbe moyenne présentant l'ensemble des résultats de tous les dosages effectués lors des stations au large. Celle que nous avons projetée manifestait surtout l'incohérence de l'ensemble des résultats obtenus. Quoiqu'il en soit, dans cet ensemble de mesures, il est étonnant de trouver des concentrations dosables de nitrates dans des eaux anaérobies. Si, en effet, nous considérons les échantillons provenant de profondeurs égales ou supérieures à -250 m, nous n'avons obtenu, sur 33 échantillons, que 5 cas où la concentration en NO<sub>3</sub> était nulle.

La répartition des résultats obtenus entre -250 m et le fond donne ainsi:

NO <sub>3</sub> mg/l	Nombre de résultats
0,0	5
0,0 à 0,1	13
0,1 à 0,2	5
0,2 à 0,3	9
0,4	1

Pour ces eaux profondes, le seul résultat cité par R.S.A. BEAUCHAMP (analyse de l'eau de -700 m) est de 1,8 mg/l.

Faut-il en conclure que les dosages de NO<sub>3</sub> dans les eaux anaérobies sont fictifs et ne procèdent pas d'une oxydation secondaire plus ou moins complète des ions ammonium présents dans les échantillons originaux?

m	Bassin nord										Bassin sud			
	St.141	St 87	St.230b	St 259	St 53	St 302	St.45	St 105	St. 131	St 161	St 211	St 228	St 315	
0	30	350 ?	30	50	-	10	-	-	100	0,0	0,0	-	50	
-10	-	-	20	-	150	10	200 ?	50	-	0,0	30	-	-	
-20	40	-	0,0	30	-	0,0	-	50	50	0,0	20	-	70	
-25	-	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-30	-	-	50	-	150	10	-	-	-	50	30	-	-	
-40	30	-	-	70	-	20	-	-	80	0,0	30	-	50	
-45	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-50	-	300	-	180	-	10	100	50	-	-	40	-	-	
-60	300	-	150	220	-	20	-	-	300	50	200	-	70	
-70	-	-	250	250	-	-	-	50	-	100	250	-	-	
-75	-	550	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	
-80	120	-	130	220	-	180	-	-	80	-	250	-	250	
-90	-	-	200	220	-	200	-	-	-	50	220	-	-	
-100	80	500	230	170	-	250	200	100	150	0	250	-	200	
-120	-	-	200	100	-	100	-	-	150	100	300	-	150	
-125	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-140	300	-	130	100	-	110	-	-	200	250	250	-	100	
-150	-	-	-	-	0,0	-	-	80	-	-	-	50	-	
-160	-	-	80	100	-	0,0	-	-	80	0,0	300	30	150	
-170	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-180	-	-	30	130	-	30	-	-	80	300	320	60	-	
-190	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-195	20	-	0,0	-	-	140	-	-	-	-	-	-	70	
-200	-	400	-	-	-	-	300	150	0,0	-	350	50	50	
-210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	
-220	-	-	30	-	-	250	-	-	0,0	-	270	-	-	
-225	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	0,0	50	-	
-240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	60	-	
-245	-	-	-	-	-	120	-	-	-	-	-	-	-	
-250	-	-	230,0	-	-	-	-	-	0,0	-	-	100	0,0	
-290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300,0	-	-	-	
-295	-	-	200,-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	50	-	
-330	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-350	-	-	-	-	50,0	-	-	-	-	-	-	-	-	
-380	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	
-390	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-395	-	-	50	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	
-400	-	400	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	-	-	
-430	-	-	-	220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-500	-	-	-	-	50,0	-	-	-	-	-	-	-	-	
-580	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-590	-	-	-	-	-	200	-	-	-	0,0	-	-	-	
-600	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	-	-	
-790	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300,0	-	-	-	
-840	-	230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-1000	-	-	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-1040	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-1167	-	-	-	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-1192	-	-	200	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-	-	
	SP	SP	PSS	PSS	SS	SS	SP	SP	SP	SP	SP	PE S	SS	

Tableau 28  
Nitrates NO<sub>3</sub> en mg/litre (J.KUFFERATH) Bassins nord et sud.

m	Stat.	Bassin nord					Bassin sud										
		53	87	94	100	141	230B	259	302	45	66	105	111	131	161	211	228
0	-	20	40	0	10	0	0	-	50	-	20	200	10	40	10	-	5
-10	50	-	-	0	-	0	-	10	50	20	0	150	-	0	10	-	-
-20	-	-	-	0	20	20	20	10	-	30	10	50	10	30	15	-	10
-25	-	10	10	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-30	50	-	-	0	10	10	-	10	-	-	0	150	-	10	0	-	-
-40	-	-	-	0	0	0	20	10	-	20	10	50	10	0	10	-	0
-50	-	10	15	0	-	20	10	10	70	-	20	130	-	20	20	-	-
-60	-	-	-	0	10	-	10	10	-	15	20	50	20	0	0	-	5
-70	-	-	-	0	-	10	20	10	-	-	0	150	-	20	0	-	-
-75	30	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-80	-	-	-	10	20	20	10	10	-	15	10	30	10	10	0	-	0
-90	-	-	-	0	-	0	20	5	-	-	0	150	-	10	10	-	5
-100	-	15	10	10	30	20	10	10	50	50	10	300	10	10	0	6	5
-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
-120	-	-	-	-	0	30	20	10	-	25	-	-	0	-	-	-	-
-125	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	10	40	-	-	-	-	-
-140	-	-	-	-	10	0	10	10	-	25	-	100	0	10	10	40	5
-150	150	-	10	40	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-
-160	-	-	-	-	-	10	20	18	-	-	-	150	-	-	-	-	-
-170	-	-	-	-	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-175	-	-	0	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
-180	-	-	-	-	-	90	40	20	-	20	-	-	10	10	10	10	10
-185	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	480	-	-	-	-	-
-190	-	-	-	120	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-195	-	-	-	-	20	-	-	20	-	-	-	1000	-	-	-	-	-
-200	-	250	-	140	-	-	200	-	100	15	300	-	120	20	10	-	-
-210	-	-	-	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	-
-215	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-
-220	-	-	-	0	-	230	-	80	-	-	-	-	150	30	-	-	1
-225	-	-	170	-	-	-	-	-	-	300	330	750	-	-	-	10	-
-250	1100	-	-	-	-	250	-	190	-	-	-	-	280	-	220	20	5
-255	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
-295	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	250	-	-	-
-300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	20	-
-320	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-350	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-385	-	-	-	-	-	-	-	-	600	-	-	-	-	-	-	-	-
-390	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	450	-	-	-
-395	-	-	-	-	-	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	-	-
-500	1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-585	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-590	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-600	-	450	-	-	-	-	-	-	600	-	-	-	-	400	-	-	-
-790	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-840	-	550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-
-990	-	-	-	-	-	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1160	-	-	3500	-	-	-	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1167	-	-	-	-	-	800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	600	-	-	-

Tableau 29

Concentrations en Ammonium mg NH<sub>4</sub>/litre (J.KUFFLERATH). Bassins nord et sud.

m	Bassin nord			Bassin sud
	Stat. 3	Stat. 4	Stat. 6	Stat. 15
-2	91,09	-	108,77	15,69
-25	-	-	-	15,33
-50	45,45	-	40,41	16,05
-75	-	-	-	27,96
-80	-	-	-	18,58
-90	-	32,11	-	18,76
-100	39,86	27,96	27,06	39,32
-110	-	36,62	-	27,06
-120	-	20,74	17,86	26,34
-125	-	-	-	25,80
-130	-	31,75	-	17,32
-140	-	41,67	44,38	-
-150	37,88	-	-	-
-160	-	-	27,42	-
-200	49,11	-	24,17	-
-250	48,70	-	11,54	-
-300	-	-	11,54	-
-350	-	-	15,15	-
-400	-	-	15,69	-
-460	44,38	-	-	-
-760	40,41	-	-	-
-900	-	-	-	20,91
-950	-	-	-	30,49
-960	34,27	-	-	-
-1000	-	-	-	21,65
-1050	-	-	-	25,80
-1100	-	-	-	32,65
-1160	37,70	-	-	-
-1360	61,15	-	-	-
-1460	35,54	-	-	-
-1500	-	-	-	-

Tableau 30

Ammonium  $NH_4$  mg/litre (Mesures de E.T.DEGENS et  
G.KULBICKI, 1973)

Stations	Prof. m	NH <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	NO <sub>2</sub> mg/l	N(NH <sub>4</sub> )	N(NO <sub>3</sub> )	N(NO <sub>2</sub> )	N tot.
N-45	-386	0,6	0,2	-	0,47	0,05	-	0,52
	-591	0,6	0,2	-	0,47	0,05	-	0,52
N-53	-250	1,1	0,0	-	0,86	0,0	-	0,86
	-350	1,0	0,05	-	0,78	0,01	-	0,79
	-500	1,2	0,05	-	0,93	0,01	-	0,94
N-87	-401	0,4	0,4	-	0,31	0,09	-	0,40
	-600	0,45	0,3	-	0,35	0,07	-	0,42
	-846	0,55	0,23	-	0,43	0,05	-	0,48
	-1040	0,6	0,3	-	0,47	0,07	-	0,54
N-94 (vase)	1160	3,5	0,25	-	2,7	0,06	-	2,76
S-131	-248	0,28	0,0	-	0,22	0,0	-	0,22
N-141	-390	0,06	0,02	-	0,05	0,0	-	0,05
	-585	0,08	0,0	-	0,06	0,0	-	0,06
S-161D	-294	0,25	0,3	-	0,19	0,07	-	0,26
	-393	0,45	0,0	-	0,35	0,0	-	0,35
	-590	0,4	0,0	-	0,31	0,0	-	0,31
	-796	0,3	0,3	-	0,23	0,07	-	0,30
	-1300	0,6	0,25	-	0,47	0,06	-	0,53
S-211	-250	0,22	0,0	-	0,17	0,0	-	0,17
	-299	0,3	0,03	-	0,23	0,01	-	0,24
	-404	0,4	0,04	-	0,31	0,01	-	0,32
S-228	-253	0,02	0,1	-	0,02	0,02	-	0,04
	-305	0,02	0,05	-	0,02	0,01	-	0,03
N-230B	-251	0,25	0,23	0,05	0,19	0,05	0,02	0,26
	-296	0,3	0,2	0,0	0,23	0,05	0,0	0,28
	-394	0,4	0,05	0,0	0,31	0,01	0,0	0,32
	-995	1,0	0,07	0,02	0,78	0,02	0,01	0,81
	-1192	0,8	0,2	0,03	0,62	0,05	0,01	0,68
N-259	-332	0,3	0,08	-	0,23	0,02	-	0,25
	-432	0,0	0,22	-		anormal		
	-1167	0,35	0,13	-	0,27	0,03	-	0,30
N-262	-350	0,5	0,05	-	0,39	0,01	-	0,40
	-400	0,5	0,1	-	0,39	0,02	-	0,41
	-450	0,01	0,08	-		anormal		
Beauchamp	-700		1,8					

N- Bassin nord ; S- Bassin sud

Tableau 31

Azote minéral total pour plusieurs stations. Bassin nord et bassin sud (J.KUFFERATH).

S'il en était ainsi, et si la variation des concentrations en  $\text{NH}_4$  était uniquement fonction de la profondeur, on devrait avoir une concentration en azote total-ammoniacal + nitrique-constante ou variant seulement de façon simple avec la profondeur. Le graphique qu'on obtient n'est manifestement pas plus satisfaisant que celui relatif aux seuls nitrates.

Une autre hypothèse qui pourrait être suggérée: une réduction des nitrates tellement lente que nitrate et ammonium coexisteraient durant un certain temps, ne s'accommode pas plus du graphique que de l'azote total.

Un seul fait bien net semble se dégager des dosages effectués, c'est que la concentration en sels azotés des eaux du Tanganika présente des anomalies locales importantes.

Laissant de côté le problème de l'azote dans les eaux profondes, réexaminons celui des nitrates en eaux aérobies. Présentés chronologiquement les concentrations en nitrates des eaux superficielles ne semblent dénoter aucune répartition systématique ni aucun trait caractéristique permanent si ce n'est la présence d'un maximum -- absolu ou relatif-- à une profondeur variant de -55 à -100 m -- et correspondant approximativement à la profondeur où se tiennent, de jour, le zooplancton et très vraisemblablement aussi les planctonophages.

#### 7. - L'ammonium.

Sans tenir compte d'assez nombreux résultats aberrants, l'ammonium reste pratiquement absent des eaux superficielles jusqu'à une profondeur d'environ -175 à -200 m (en moyenne 0,03 mg  $\text{NH}_4$ /litre. (Tableau 29).

A cet endroit, qui marque aussi généralement la disparition de l'oxygène dissous, le taux en ion ammonium augmente brusquement pour atteindre environ un demi-milligramme par litre vers les -400 m. Cette dernière concentration semble se maintenir jusqu'au fond avec peut-être encore une légère augmentation supplémentaire mais sans dépasser, semble-t-il, la concentration de 1 mg/litre de  $\text{NH}_4$ .

Un seul dosage relatif à l'eau d'imbibition d'une vase fluide profonde à -1150 m, a donné 3,5 mg/litre  $\text{NH}_4$ .

Remarquons en passant les trois résultats fortement anormaux par excès obtenus au cours de la station 53 (Profondeurs -250, -360 et -500 m). Ceci pourrait être mis en rapport avec les concentrations correspondantes en phosphates, fortes également quoique d'une façon moindre. Cependant, une telle relation ne se retrouve pas ou même se retrouve inversée pour d'autres échantillons. Aussi concluons nous- et cette conclusion est valable pour d'autres éléments dissous- que les eaux profondes du Tanganika, tout en étant homogènes à grande échelle, présentent des anomalies locales de sens variables.

#### 8. - Les phosphates.

La courbe des concentrations en phosphates dissous est parallèle, jusque vers -200 m de profondeur, à celle de la silice dissoute. Cependant, pour les

m/St.53	Bassin nord								Bassin sud							
	87	94	100	141	230b	259	262	302	66	105	111	131	161	211	228	315
-0	10	0	30	20	90	5	5	5	0	40	10	60	20	40	-	5
-10	-	-	20	-	-	-	-	-	0	20	10	-	5	-	-	-
-20	-	-	30	-	0	0	-	0	0	30	5	20	0	40	-	40
-25	-	10	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-30	-	-	30	-	-	-	-	-	70	0	-	30	-	-	-	-
-40	-	-	30	40	150	10	-	20	10	130	10	130	10	80	-	10
-50	-	60	10	50	-	-	-	-	-	150	20	-	50	-	-	-
-60	-	-	100	-	70	70	-	150	25	150	50	120	90	140	-	0
-70	-	-	150	-	-	-	-	-	-	180	70	-	40	-	-	-
-75	180	160	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-80	-	-	170	100	350	180	-	0	120	170	120	140	100	270	-	130
-90	-	-	200	-	-	-	-	-	-	200	150	-	120	-	-	-
-100	-	250	90	200	120	130	160	70	70	250	170	250	100	270	-	250
-120	-	-	-	-	350	-	-	180	200	300	250	200	180	-	-	200
-125	-	-	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-140	-	-	-	-	300	170	-	250	150	-	300	350	250	-	150	300
-150	300	-	250	300	150	-	-	-	-	350	-	-	-	-	-	-
-160	-	-	-	-	600	90	-	300	250	-	400	300	300	300	250	350
-175	-	-	350	350	-	-	-	-	-	400	-	-	-	-	-	-
-180	-	-	-	-	550	300	-	350	300	-	450	330	300	260	300	-
-190	-	-	500	-	-	-	-	400	-	450	-	-	-	-	-	450
-200	-	400	-	550	250	600	250	-	300	450	-	450	350	250	550	600
-210	-	-	600	-	-	-	-	450	-	-	450	-	-	-	-	-
-220	-	-	700	-	550	-	-	-	400	450	400	500	330	300	-	800
-225	-	-	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-240	-	-	-	-	-	-	-	550	-	-	-	-	-	-	270	-
-250	500	-	-	-	520	-	-	-	-	-	-	550	-	470	300	-
-290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	450	-	-	-
-295	-	-	-	-	580	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	450	400	-
-310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-330	-	-	-	-	-	260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-350	600	-	-	-	-	-	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-390	-	-	-	80	650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-400	-	450	-	-	-	-	400	-	-	-	-	-	-	590	-	-
-430	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-450	-	-	-	-	-	-	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-500	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-585	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-590	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-600	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-840	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-990	-	-	-	-	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1040	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1160	-	-	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1167	-	-	-	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1192	-	-	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Saison des pluies				Petite saison sèche				Saison des pluies				Petite saison des pluies			

Tableau 32

Phosphates en  $PO_4$  µg/litre. Bassins nord et sud en saison des pluies et en saison sèche.

profondeurs plus grandes, après avoir atteint un maximum moyen d'environ 0,5 mg PO<sub>4</sub>/ litre, vers -250 m, les phosphates semblent ensuite diminuer jusqu'à environ 0,3 mg /litre en moyenne, aux plus grandes profondeurs (Tableau 31).

Il se manifeste une forte dispersion des résultats obtenus dans les eaux profondes à partir de -175 m. Ce manque de constance pourrait être attribué à la technique du dosage. Celui-ci, sous forme de bleu de molybdène n'est, en effet, pas exempt de reproches malgré le silence presque unanime de la littérature et des auteurs à ce sujet. On sait qu'un nombre impressionnant de variantes pour la technique de dosage de l'ion PO<sub>4</sub> a été publié. Cette abondance même de littérature devrait exciter la méfiance: plus une méthode est satisfaisante, moins elle donne lieu à des variantes opératoires. Quoiqu'il en soit, de nos essais personnels ainsi que de questions posées, parfois avec insistance, à plusieurs chimistes compétants, il ressort qu'en réalité, les diverses méthodes au bleu de molybdène présentent toutes plus ou moins fréquemment des ratés inexplicables.

Tout en attribuant les fluctuations constatées de nos mesures à un défaut jusqu'ici inexplicé de la technique et en remarquant qu'autant que possible les nombres anormaux ont été vérifiés par des essais doubles, il est néanmoins remarquable de constater un certain parallélisme entre les anomalies pour les phosphates et pour la silice dissoute.

Le phénomène est notamment formel pour les quelques nombres obtenus à des profondeurs égales ou plus grandes que -500 m. Une seule exception doit être faite pour les échantillons de la station 161 dont la valeur n'a d'ailleurs pas été contrôlée par un essai en double.

Peut-on attribuer ces anomalies de concentration de l'ion phosphorique à une certaine hétérogénéité des eaux? Il nous semble osé de l'affirmer sans contrôle ultérieur. Quoiqu'il en soit, une conclusion certaine est établie: le Tanganika contient des concentrations remarquables de phosphates puisque, sauf pour la couche photosynthétique, il contient de 0,2 à 0,6 µg de PO<sub>4</sub> par litre (soit en moyenne nettement plus que 0,1 µg par litre de P minéralisé soluble).

## 9. - La silice.

Les dosages de la silice dissoute, quoique relativement peu précis, se groupent néanmoins assez bien en un même graphique.

Alors que la concentration en SiO<sub>2</sub> est pratiquement constante et approximativement nulle (moins de 1 mg/litre) jusqu'à -60 m de profondeur, elle augmente ensuite progressivement et, sans anomalie brusque apparente, jusque vers -500 m à -600 m. Au-delà de cette dernière profondeur on peut considérer que la concentration en silice dissoute redevient plus ou moins constante aux environs de 15 mg/litre.

L'allure de ce graphique nous semble pouvoir être expliquée rationnellement par la fixation de la silice par les diatomées dans la couche photosynthétique superficielle et par la redissolution progressive des frustules siliceuses des diatomées mortes, au cours de leur chute lente au travers de la couche bathypélagique.

m/St.	Bassin nord						Bassin sud					
	141	87	230B	259	53	302	66	131	161	211	228	315
-0	0,2	0,01	0,2	0,2	-	0,3	-	0,2	0,31	0,2	-	0,07
-10	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-
-20	-	-	0,2	0,3	-	0,2	0,1	-	-	0,3	-	0,6
-30	-	0,15	-	-	0,6	-	-	-	0,25	-	-	-
-40	0,2	-	0,2	0,4	-	0,3	0,4	0,6	-	0,3	-	0,4
-50	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
-60	-	-	0,6	0,7	-	0,4	0,8	1,2	0,5	0,6	-	-
-75	-	2,4	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
-80	2,2	-	2,5	1,5	-	0,5	-	1,5	2,5	1,4	-	2,4
-100	2,5	3,5	2,7	6,0	-	1,7	1,8	2,0	1,7	1,6	-	3,0
-120	-	-	4,0	-	-	3,5	-	2,7	-	-	-	3,5
-140	-	-	5,0	6,5	-	3,5	-	3,0	-	-	2,5	3,5
-150	2,7	-	-	-	6,0	-	3,0	-	-	-	-	-
-160	-	-	5,0	7,0	-	4,0	-	3,5	2,5	2,0	4,0	4,0
-170	-	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-
-180	-	-	6,0	-	-	6,0	6,5	4,0	-	2,5	6,0	-
-190	6,0	-	-	-	-	8,0	-	-	-	-	-	-
-195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0
-200	-	7,0	8,0	8,5	-	-	6,5	7,5	4,0	4,7	-	7,0
-210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,7	-
-215	-	-	-	-	-	9,0	-	-	-	-	-	8,0
-220	-	-	8,0	-	-	-	-	8,5	5,5	3,7	8,5	-
-225	-	-	-	-	-	-	8,0	-	-	-	-	-
-240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,0	-
-245	-	-	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-	8,5
-250	-	-	8,5	-	9,0	-	-	11,0	-	6,0	9,5	-
-290	-	-	9,0	-	-	-	-	-	8,0	-	-	-
-300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,0	11,0	-
-330	-	-	-	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-
-350	-	-	-	-	12,0	-	-	-	-	-	-	-
-390	12,0	-	-	-	-	-	-	-	10,0	-	-	-
-400	-	13,0	10,2	-	-	-	-	-	-	13,5	-	-
-500	15,0	-	-	-	15,0	-	-	-	-	-	-	-
-590	-	-	-	-	-	-	-	-	12,0	-	-	-
-600	-	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-800	-	18,0	-	-	-	-	-	-	10,0	-	-	-
-1000	-	-	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1040	-	20,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1167	-	-	-	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-
-1192	-	-	17,0	-	-	-	-	-	12,0	-	-	-
-1300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SP SP PSS PSS SS SS SP SP SP SP SP PSS SS  
 SP : Saison des pluies  
 PSS: Petite saison sèche  
 SS : saison sèche

Tableau 33  
 Silice SiO<sub>2</sub> en mg/l. Bassins nord et sud en différentes saisons.

On peut considérer l'acide silicique comme un des acides principaux à côté de l'acide carbonique. Il se présente d'ailleurs parfois en plus grandes quantités que ce dernier. Il est utilisé plus spécialement par les diatomées dans l'élaboration de leurs valves siliceuses. Sous des formes plus ou moins réactionnelles, il est présent presque universellement dans toutes les eaux.

On pourrait s'attendre à trouver la silice toujours sous une forme oxydée:

1. - en solution vraie comme acide non dissocié, ion orthosilicique,
2. - comme ions siliciques complexes,
3. - comme acide silicique colloïdal,
4. - sous forme de particules minérales flottant dans le seston.

On croit pouvoir admettre que ces catégories se transforment insensiblement l'une dans l'autre et qu'il n'est pas impossible que dans les eaux acides ou neutres, il existe des solutions instables d'acide silicique.

Dans un travail particulièrement important, K.B. KRAUSKOPF (1956) a montré que l'acide silicique amorphe peut former des solutions stables de  $H_2SiO_4$ , pouvant atteindre des concentrations jusque 100 mg/litre à des températures normales des lacs.

Comme sources d'acide silicique dans les eaux naturelles on peut admettre avec certitude la décomposition des silicates d'alumine dans l'aire de drainage d'où l'eau provient.

En présence d'eau, le  $CO_2$  réagit avec les silicates avec formation de carbonates et d'acide silicique. D'après une opinion généralement répandue, il n'est pas exclu que des acides organiques interviendraient dans cette décomposition. Cependant, et c'est un fait particulièrement important en limnologie, il n'est pas impossible qu'en dehors d'une mise en liberté d'acide silicique par voie inorganique, il se développe en outre un processus biochimique spécifique. Plusieurs chercheurs ont trouvé que les diatomées benthiques peuvent s'attaquer au silicate d'alumine des argiles et tireraient ainsi la silice qui leur est indispensable immédiatement du sol. Elles contribueraient ainsi à activer très fortement la décomposition inorganique des vases.

Nous nous empressons de confirmer ici les données publiées dans le mémoire de L. VAN MEEL (1954) sur le phytoplancton du lac. En premier lieu, la quantité d'eau lacustre gardée avec l'échantillon de microplancton a été réduite au strict minimum, ensuite la fixation au moyen de formaldéhyde n'était pas de nature à favoriser la redissolution dont nous aurions certainement observé des traces lors de l'examen microscopique, quelques mois après, dès notre retour en Belgique.

Des listes suivantes tirées de la publication de 1954, il est facile de conclure à une population planctonique plutôt pauvre en diatomées.

Stat.	131		141		161		228		230		259		369		385	
	18h	21h	5h	22h	5h	23h	12h	18h	14h	9-12h	20-3h					
0- 10	0	260	0	0	130	0	974	1039	844	4220	2597	0				
10- 20	0	325	0	130	0	0	2272	455	1493	3701	5294	0				
20- 30	0	325	0	0	0	0	649	325	260	3636	6493	0				
30- 40	0	65	0	0	0	0	649	909	260	260	12986	0				
40- 50	0	0	130	0	0	0	0	195	0	130	12986	0				
50- 60	0	650	0	65	0	0	0	390	0	130	6493	0				
60- 70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6494	0				
70- 80	0	455	0	0	0	0	0	65	65	0	4870	0				
80- 90	0	325	0	0	0	0	0	0	0	260	3247	0				
90-100	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0				
100-125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
125-150	0	0	0	0	0	0	130	0	52	78	0	0				
150-175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
175-200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

Nombre de diatomées par 100 litres d'eau lacustre.

Tableau 34

Dénombrement des diatomées à plusieurs stations à des heures différentes et à des profondeurs croissantes. (L. VAN MEEL)

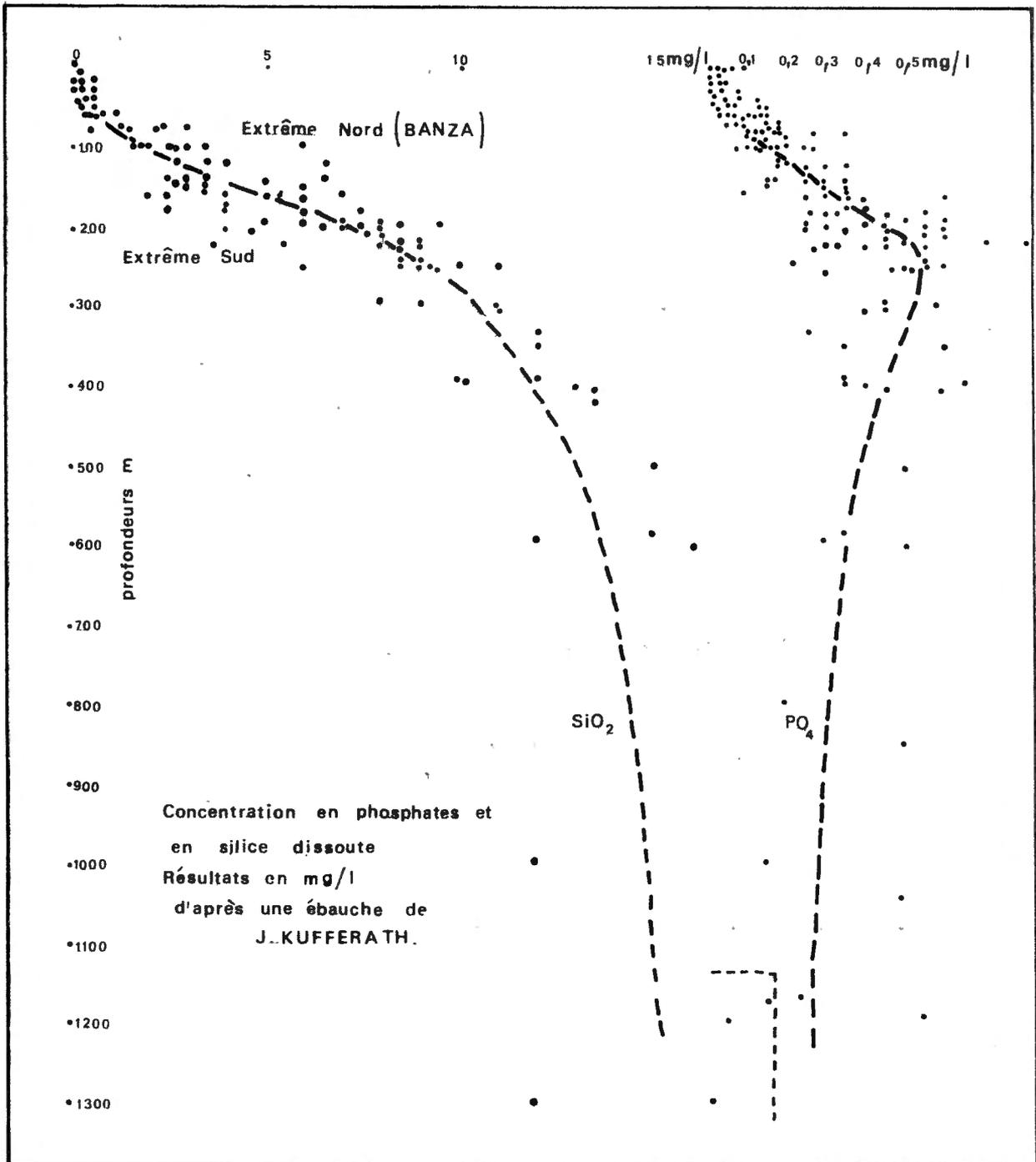


Figure 31. - Concentration en phosphates et silice dissoute. Ensemble des valeurs pour toutes les stations.

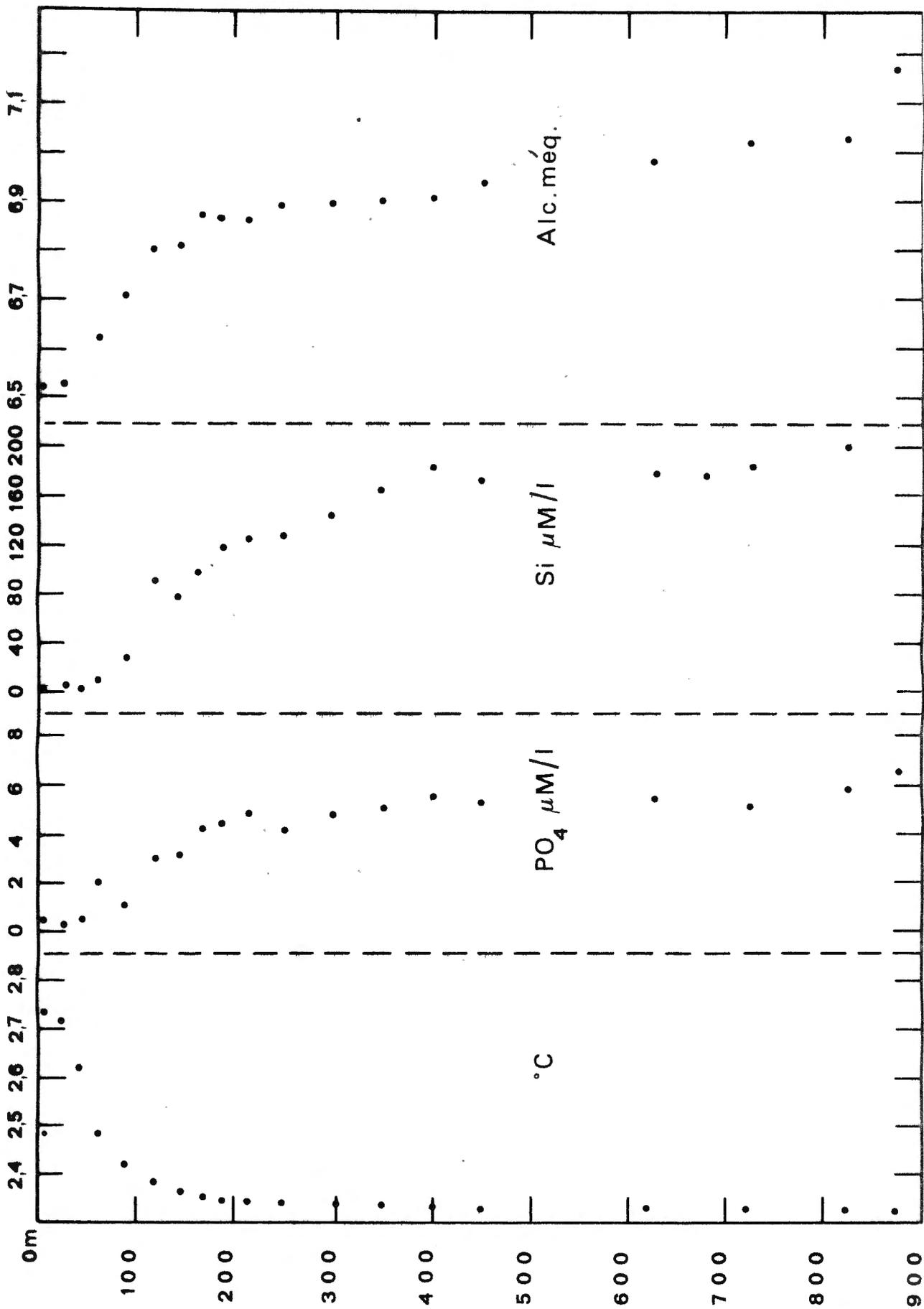


Figure 32. - Station Kigoma 1. H. CRAIG, Expédition 1973.

Quant aux Nitzschia, nous avons observé:

Nitzschia asterionelloides MÜLLER O. 39 stations néritiques dont 6 pélagiques.  
 Nitzschia lacustris HUSTEDT Fr. 34 stations néritiques  
 Nitzschia lancettula MULLER O. 21 stations néritiques  
 Nitzschia nyassensis MULLER O. 11 stations néritiques.

Les Nitzschia observées dans les sédiments, en grandes quantités, peuvent provenir de cycles précédents se reproduisant peut-être à des intervalles impossibles à estimer en ce moment.

m	E.T.DEGENS 1970			H.CRAIG 1973	
	Stat 3	Stat 4	Stat 6	Stat 15	Stat. Kigoma I
	Bassin sud			Bassin nord	Bassin nord
-2	0,07	-	1,10	-	-
-5	-	-	-	-	0,204
-25	-	-	-	1,25	-
-27	-	-	-	-	0,216
-45	-	-	-	-	0,168
-50	1,08	-	1,13	1,37	-
-63	-	-	-	-	0,493
-75	-	-	-	2,25	-
-80	-	-	-	2,07	-
-90	-	3,60	-	2,68	-
-91	-	-	-	-	1,55
-100	2,25	3,73	2,71	3,85	-
-110	-	3,97	-	3,73	-
-120	-	4,52	2,62	6,31	5,43
-125	-	-	-	6,07	-
-130	-	4,76	-	5,30	-
-140	-	4,04	3,91	-	-
-144	-	-	-	-	4,615
-150	5,22	-	-	-	-
-160	-	-	5,39	-	-
-168	-	-	-	-	5,84
-187	-	-	-	-	6,934
-200	8,29	-	7,51	-	-
-216	-	-	-	-	7,438
-250	10,63	-	11,05	-	7,667
-300	-	-	12,85	-	8,816
-350	-	-	14,48	-	9,890
-400	-	-	14,66	-	11,092
-450	-	-	-	-	10,455
-460	14,72	-	-	-	-
-625	-	-	-	-	10,851
-721	-	-	-	-	11,128
-760	16,40	-	-	-	-
-818	-	-	-	-	11,969
-867	-	-	-	-	12,978
-900	-	-	-	19,10	-
-950	16,94	-	-	20,84	-
-1000	-	-	-	20,48	-
-1100	-	-	-	20,42	-
-1150	-	-	-	20,66	-
-1160	18,62	-	-	-	-
-1360	18,56	-	-	-	-
-1460	18,92	-	-	-	-

Tableau 35

Silice SiO<sub>2</sub> mg/litre. Concentrations d'après E.T.DEGENS et H.CRAIG (1973).

A la station I. Kigoma, 17.VII, (R.S.A. BEAUCHAMP), la silice est présente en concentrations très minimes moins de 0,5 mg/litre dans l'épilimnion. En dessous du thermocline, elle augmente rapidement et atteint des valeurs de 22 mg par litre à -100 m.

D'après E.T. DEGENS et ses collaborateurs, l'eau du Tanganika ne renferme relativement que peu de silice, moins de 4 mg/litre. On observe une déperdition dans le lac même, surtout par la formation et la sédimentation subséquente des frustules de diatomées.

On observe des concentrations croissantes dans les couches profondes des lacs stratifiés.

#### 10. - Calcium et magnésium.

La Mission Tanganika n'a pas eu l'occasion d'effectuer de grandes séries de mesures en ce qui concerne ces deux éléments. A deux stations seulement: St. 161 Zongwe et St. 211, J. KUFFERATH a pu exécuter des dosages (Tableau 27), deux stations situées dans le bassin sud.

En 1953, au cours de la Mission K.E.A., aux lacs Kivu, Mobutu Sese Seko et Idi Amin Dada, il fit une série de déterminations du calcium cette fois dans le bassin nord (Stat. KEA 267). Nous ajoutons les résultats à notre tableau 27.

Nous pouvons en tirer pour la couche des 100 premiers mètres .

Maximum		Minimum	
Saison des pluies			
Ca	15,9 mg/1	12,2	mg/1
Mg	42,6	40,8	
Saison sèche			
Ca	8,6	8,16	

Dans le bassin nord, H. CRAIG a effectué des séries de déterminations Ca-Mg aux stations Kigoma.

Ses chiffres correspondent bien avec ceux de J. KUFFERATH obtenus dans le bassin sud.

m	Bassin sud Saison des pluies		Bassin nord Saison sèche	
	Stat. 211 1946-1947	Stat. 161	Mg	Stat. KEA 267 1953
	Ca	Ca		Ca
-0	12,4	13,0	42,6	-
-1	-	-	-	8,16
-10	-	15,9	-	8,60
-20	-	15,1	-	8,36
-30	-	13,1	40,8	8,36
-40	-	13,6	-	8,28
-50	12,2	14,0	-	8,36
-60	-	12,8	40,9	8,36
-70	-	13,5	-	-
-80	-	13,6	40,8	8,32
-90	-	13,0	-	-
-100	13,7	13,1	41,2	-
-120	-	14,7	-	8,48
-140	-	14,4	-	8,16
-160	-	14,2	-	8,12
-170	-	14,7	39,8	-
-180	-	-	-	8,60
-200	-	14,6	-	8,60
-220	-	14,4	-	-
-250	15,9	-	-	-
-290	-	15,9	42,0	-
-300	17,0	-	-	-
-390	-	16,3	41,4	-
-400	16,4	-	-	-
-590	-	17,6	39,3	-
-800	-	17,6	41,0	-
-1300	-	17,6	43,2	-

Tableau 36

Concentrations en Ca et Mg mg/litre. Bassins nord et sud.

	Mg	Ca
- 5m	40,10	10,70
-27	40,10	10,78
-45	40,59	10,70
-63	-	10,90
-91	41,32	10,90
- - - - -	- - - - -	- - - - -
-120	42,05	11,10
-144	41,56	11,38
-168	42,29	11,38
-187	42,05	12,10
-216	41,07	11,90
-250	42,30	11,70
-300	41,80	12,18
-350	-	12,10
-400	40,83	12,18
-450	42,29	12,50
-625	41,56	12,90
-721	41,32	12,58
-818	41,80	13,31
-867	41,07	12,91
	Maximum	Minimum
Ca	10,90	10,70
Mg	41,32	40,10

Tableau 37

Magnésium et calcium à la Station Kigoma I.  
 Résultats en mg/litre d'après H. CRAIG.

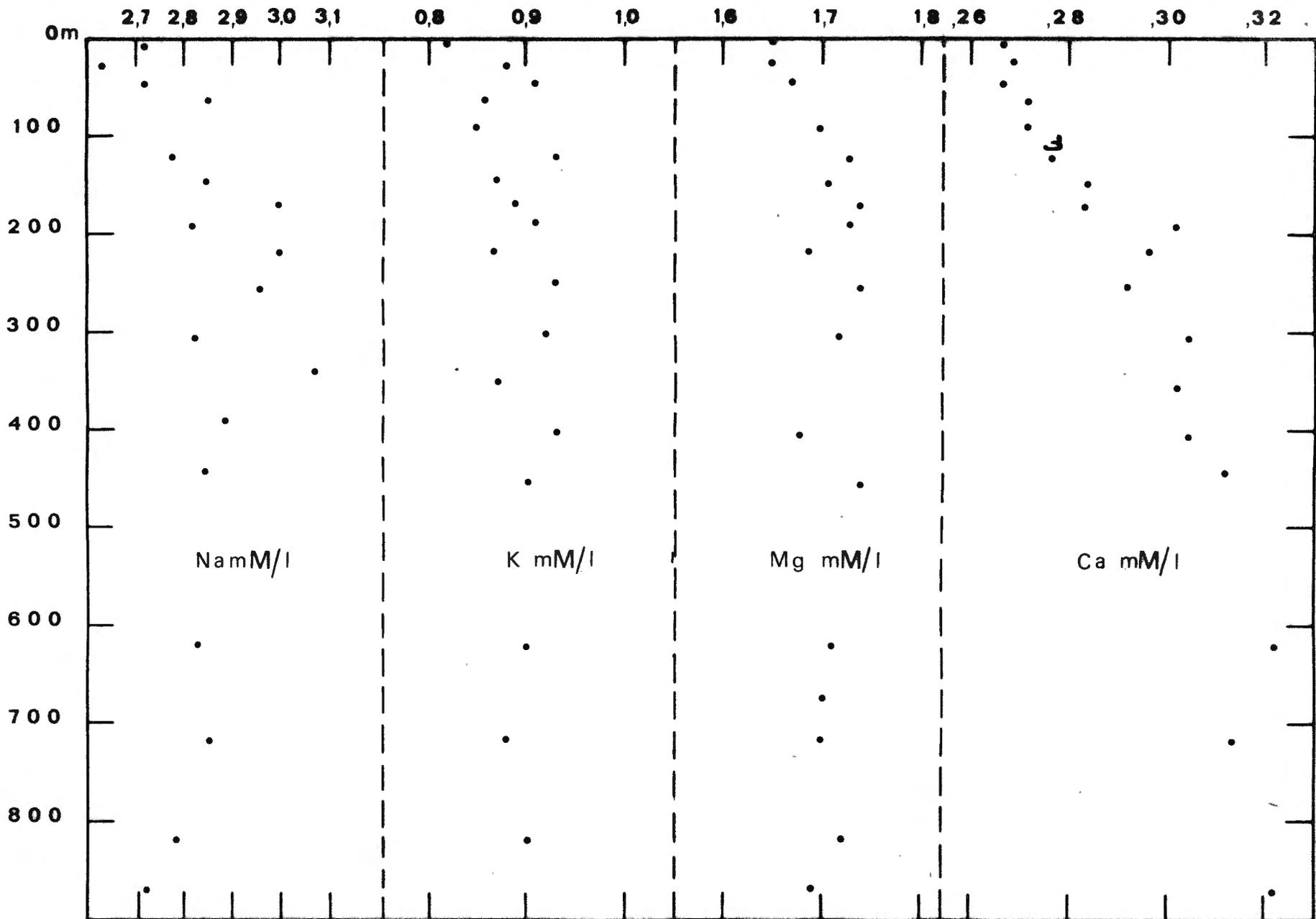
En 1970, E.T. DEGENS et G. KULBICKI (1973) ont exécuté quelques séries de déterminations:

m	Bassin nord		Stat.4		Bassin sud		Stat.15	
	Stat.3 Ca	Mg	Ca	Mg	Stat. 6 Ca	Mg	Ca	Mg
-2	8,20	41,5	-	-	8,29	41,9	7,76	36,4
-25	-	-	-	-	-	-	7,70	36,6
-50	8,14	39,5	-	-	8,31	42,1	-	-
-75	-	-	-	-	-	-	7,78	37,7
-80	-	-	-	-	-	-	7,81	37,6
-90	-	-	8,32	39,0	-	-	7,79	37,9
-100	8,08	41,5	8,15	40,0	8,46	43,1	7,24	38,1
-110	-	-	8,22	40,5	-	-	7,39	37,9
-120	-	-	8,09	41,0	8,16	43,0	6,81	38,2
-125	-	-	-	-	-	-	6,59	38,8
-130	-	-	-	-	-	-	6,85	38,4
-140	-	-	7,68	41,5	7,71	42,9	-	-
-150	7,00	41,0	-	-	-	-	-	-
-160	-	-	-	-	7,73	44,0	-	-
-200	-	42,0	-	-	6,73	44,2	-	-
-250	5,84	40,5	-	-	6,05	44,2	-	-
-300	-	-	-	-	5,71	44,3	-	-
-350	-	-	-	-	5,62	44,3	-	-
-400	-	-	-	-	5,54	43,9	-	-
-460	5,47	42,0	-	-	-	-	-	-
-500	-	-	-	-	5,75	44,5	-	-
-760	5,42	42,0	-	-	-	-	-	-
-900	-	-	-	-	-	-	5,22	40,2
-950	-	-	-	-	-	-	5,19	40,2
-960	5,41	42,0	-	-	-	-	-	-
-1000	-	-	-	-	-	-	5,21	40,5
-1050	-	-	-	-	-	-	5,33	39,4
-1100	-	-	-	-	-	-	5,21	40,0
-1150	-	-	-	-	-	-	5,21	40,4
-1160	5,40	42,0	-	-	-	-	-	-
-1360	5,45	40,0	-	-	-	-	-	-
-1460	5,22	41,0	-	-	-	-	-	-
	Ca Bassin nord		Max.	Min.				
	Bassin sud		8,46	8,08				
			7,81	7,24				

Tableau 38

Ca et Mg en mg/litre dans les bassins nord et sud.  
(d'après E.T.DEGENS et G.KULBICKI).

Fig. 33 - Station Kigoma 1. H. CRAIG, Expedition 1973.



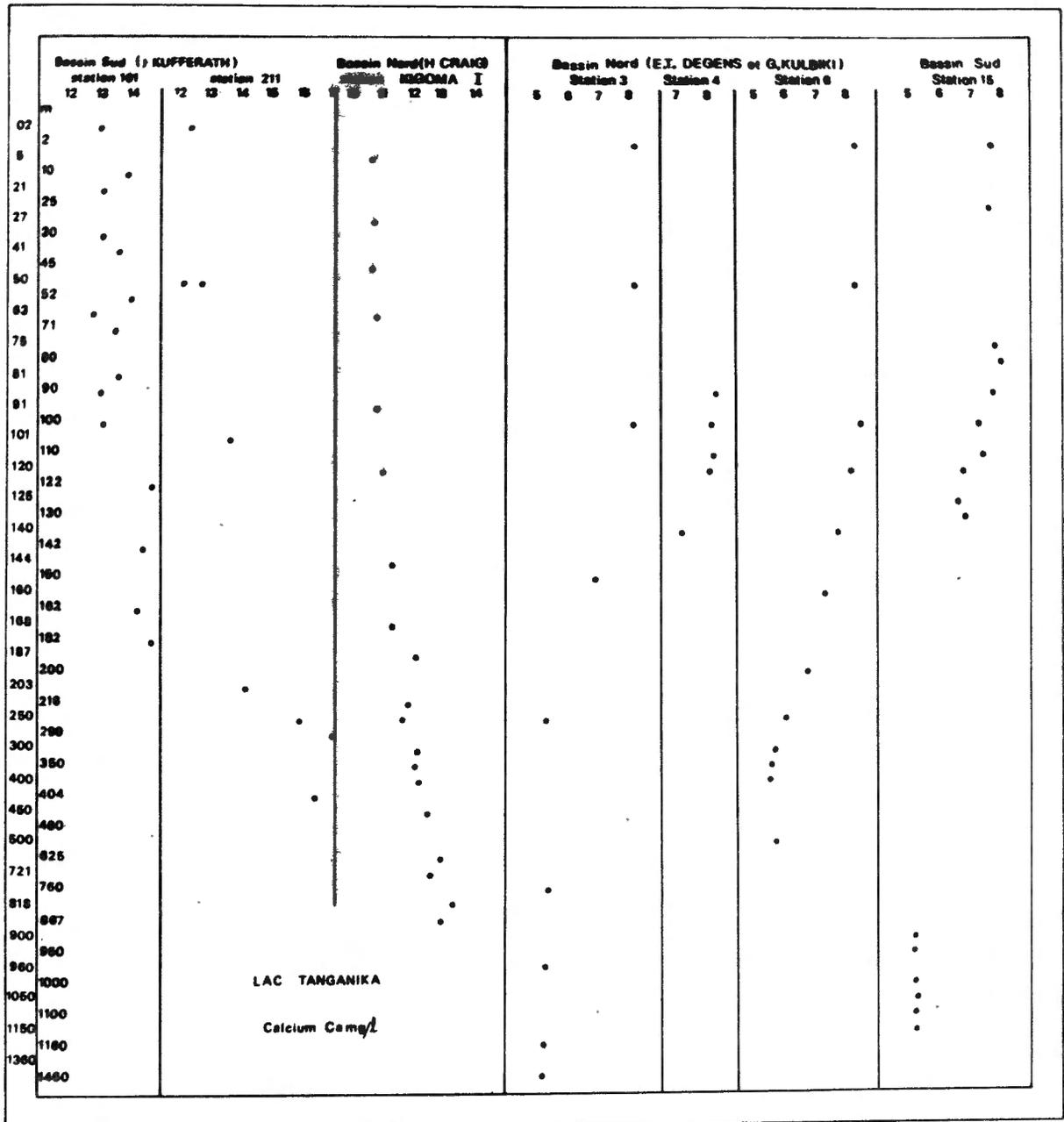


Fig. 34 - Concentrations en Ca mg/l. Bassin sud (J. KUFFERATH);  
 Bassin nord (H. CRAIG), E.T. DEGENS & G. KULBICKI).

Magnésium	Maximum	Minimum
Bassin nord	43,1	39,0
Bassin sud	38,1	36,4

Au sujet de certaines divergences dans leurs résultats, E.T. DEGENS (1971) a donné une explication que nous désirons retenir dans le texte original:

"The higher Ca-values in the top section of the profiles comes as a surprise because we expected just the opposite trend, namely an increase of Calcium with depth due to the biological extraction of  $\text{CaCO}_3$  in the zone of photosynthesis. Since our water samples are unsaturated with respect to  $\text{CaCO}_3$  we believe that the two month storage time between collection and analysis of the samples was sufficient to dissolve all particulate  $\text{CaCO}_3$ , thus releasing Calcium ions. Inasmuch as more organic detritus is present in surface waters, this trend in Calcium is explained. The observed chemical differences between southern, central and northern stations are minor considering the depth and length of the lake in relation to limited annual water recharge. Therefore it is quite revealing that the Ruzizi river and Lake Tanganyika have a striking resemblance in water chemistry. This may suggest that the mineral rich Ruzizi--which together with the mineral poor Malagarasi and the principal rivers training into Lake Tanganyika--supplies most of the dissolved minerals".

Il n'est pas sans intérêt de signaler à cet endroit les recherches de J.Th. DUBOIS (1958) au sujet des "concrétions déposées par les eaux du Lac Tanganika sur ses rives rocheuses".

Les rives rocheuses du Lac Tanganika, écrit-il, sont, en de nombreux endroits, couverts de dépôts dont il nous a paru intéressant d'étudier la composition chimique.

Les échantillons observés furent prélevés sur une roche en bordure du lac, à Luanga (14 km au sud d'Uvira). Cette roche dépasse le niveau du lac d'environ 2 mètres et n'est jamais entièrement immergée quoique arrosée régulièrement par les vagues, chaque après-midi, lorsque le lac est agité; le dépôt se forme donc à l'air libre.

Sur ces roches, on voit une forme de dépôt lisse et à d'autres endroits une forme grumeleuse; on recontre d'ailleurs tous les aspects intermédiaires entre ces deux extrémités. L'épaisseur varie de quelques millimètres à environ 2 centimètres.

J.Th. DUBOIS a effectué l'analyse de deux types d'échantillons:

1. - échantillon lisse et plat, à texture fine et serrée, de couleur blanchâtre;
2. - échantillon grumeleux, de forme irrégulière, à texture grossière, de couleur brunâtre.

Composition en % du poids sec.

	CaO	MgO	MgO/CaO	Mg/Ca
1	51,97	3,79	0,073	0,062
2	49,63	6,57	0,133	0,112

Ce dépôt est donc principalement constitué de  $\text{CaCO}_3$ , le reste étant du  $\text{MgCO}_3$  et une très faible quantité de matières insolubles (silice?). La forme 1 est un peu plus riche en Ca que la forme 2, par contre elle est plus pauvre en Mg, les rapports respectifs Mg/Ca étant à peu près du simple au double (62/1000 et 112/1000). La forme 2 est également à peu près trois fois plus riche en silice insoluble que la forme 1.

Ces concrétions seraient formées par élimination du  $\text{CO}_2$  des bicarbonates  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{R CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  avec comme résultat la précipitation sous forme de carbonates du Ca et du Mg, dans des proportions cependant très différentes.

J.Th. DUBOIS ajoute avoir de bonnes raisons de croire que cette précipitation est au moins partiellement due à l'action d'organismes unicellulaires.

L'analyse de l'eau de surface du lac montre un rapport Mg/Ca complètement inversé comparé à celui du dépôt étudié; en effet l'eau du lac est beaucoup plus riche en Mg qu'en Ca et le rapport en question est voisin de 4.

	Eau du lac	Forme 1 du dépôt	Forme 2
Mg/Ca	4	0,062	0,112

Des analyses de coquilles de mollusques du Lac Tanganika, effectuées dans les laboratoires de l'IRSAC, montrent également une très faible quantité de Mg par rapport à la teneur en Ca.

Dans le cas des dépôts calcaires qui font l'objet de la note de J.Th. DUBOIS, il semblerait que la différence de solubilité entre le  $\text{CaCO}_3$  et le  $\text{MgCO}_3$  puisse jouer un rôle primordial dans la proportion à laquelle on les rencontre. Le  $\text{CaCO}_3$  est en effet beaucoup moins soluble (7 fois) que le  $\text{MgCO}_3$  et se déposerait plus vite sur un support régulièrement aspergé par l'eau, tandis que le Mg retournerait au lac sous forme de bicarbonate dissous.

Ce phénomène de précipitation n'est bien entendu pas local et se produit dans une zone s'étendant entre le niveau supérieur du lac et une ligne située à quelque deux mètres en dessous de ce niveau.

L'importance quantitative de ce phénomène est loin d'être négligeable, vu l'étendue des rives du lac.

Ces faits contribuent à accentuer le déséquilibre existant entre le Ca et le Mg dans les eaux du lac. Celles-ci, déjà si pauvres en Ca (11 mg/l de Ca), ont tendance à voir leur rapport Ca/Mg s'accroître du fait de la précipitation de  $\text{CaCO}_3$  tandis que le Mg, pratiquement inemployé, s'y concentre de plus en plus.

Jusqu'à J.Th. DUBOIS.

Nous avons prélevé de ces concrétions sur des roches du massif sur la rive est du lac, Baie de Mafura, entre Karago et le Cap Kabogo au Sud de la rivière Malagarasi, rivière Logufu, station 145 du V.1947.

Soumises à un examen physique par le Dr. R. VAN TASSEL (Rayons X), les concrétions se sont révélées être constituées principalement d'Aragonite: les concrétions lisses contenant très peu de Calcite et les formes granuleuses principalement d'Aragonite et un peu de Calcite.

Nous avons rencontré ces concrétions pratiquement sur tout le pourtour du lac.

11. - Les alcalins.

Les alcalins n'ont pu être déterminés quantitativement qu'en Europe, quelques mois après la fin de la Mission. Dans les notes de J. KUFFERATH, nous n'avons trouvé qu'une seule indication, notamment à la station 45 à -10 m, au large du Cap Kibwesa, à 16 m de Moba. Il a indiqué: Na 66,6 mg/l et K 32,3 mg/l.

Pour la Station 161, il indique à la surface Na = 63,6 et K = 35,5 mg/l, cette fois cependant, la détermination réelle quantitative n'a pas eu lieu: les valeurs ont été obtenues par le calcul.

D'autre part, nous trouvons chez H. CRAIG (1975) la détermination quantitative des alcalins. Il s'agit d'une séquence à la Station I Kigoma (1973) entre -5 et -867 m. (Tableau 39 et Figure 33). Les valeurs obtenues sont à peu de chose près du même ordre de grandeur que celles avancées par J. KUFFERATH.

m	Na	K
-5	62,53	32,06
-27	60,46	34,41
-45	62,53	35,58
-63	65,52	33,63
-91	61,49	33,24
-120	63,91	36,36
-144	65,52	34,02
-168	68,97	34,80
-187	64,83	35,58
-216	68,97	34,80
-250	68,05	36,36
-300	65,06	35,97
-350	70,58	34,02
-400	66,44	36,36
-450	65,52	35,19
-625	65,06	35,19
-721	65,52	34,41
-818	63,91	35,19
-867	62,53	-

Tableau 39

Les alcalins en mg/litre à la station Kigoma I.  
(d'après H.CRAIG).