

Table des matières du

Fascicule B

I. - Conclusions.	p. 4
II.- Annexes.	
Annexe 1. - Principes directeurs et conditions générales du travail chimique (d'après les notes inédites de J. KUFFERATH).	22
Annexe 2. - Examen microscopique sommaire de quelques sédiments du lac.	36
Annexe 3. - Examen sommaire de quelques sédiments benthiques du lac Tanganika (R. VAN TASSEL).	41
Annexe 4. - Examen sédimentologique (M. LABBE et S. WARTEL).	43
Annexe 5. - Bibliographie pour les quatre lacs.	49
Annexe 6. - Tableaux complets des résultats analytiques pour les eaux du Lac Tanganika.	65

## I. - CONCLUSIONS

Comme nous l'avons montré dans le fascicule A, les eaux de surface du lac Tanganika sont saturées d'oxygène dissous, mais avec la profondeur, se manifeste une diminution rapide. La zone de transition entre l'eau bien aérée et l'eau anoxique est bien exprimée, surtout dans le bassin septentrional. La concentration en sulfure d'hydrogène augmente à mesure que l'oxygène se raréfie.

En ce qui concerne la répartition des éléments nutritifs essentiels, un maximum pour les nitrates se manifeste dans la zone de transition entre l'eau aérée et l'eau anoxique en rapport avec le recyclage de la matière organique et l'oxydation partielle des sels ammoniacaux.

La concentration élevée de l'ammonium dans les couches superficielles est plutôt anormale. Une explication possible serait à trouver dans l'apport par les eaux de pluie, dont on sait qu'elles contiennent de l'ammonium et des nitrates. Les organismes peuvent ainsi utiliser cet ammonium directement ou après son oxydation en nitrates. En ce qui concerne la silice dissoute et les phosphates, les concentrations varient avec l'extraction effectuée par les organismes dans les 100 premiers mètres.

La dissolution subséquente des substances biologiques de déchet dans les couches inférieures se poursuit jusque dans les régions benthiques.

Les résultats d'analyses ont montré que le Tanganika est assez remarquablement homogène dans sa composition. A part la modification de l'équilibre oxygène-acide carbonique et l'appauvrissement en quelques éléments d'importance biologique, dû à la présence de la vie dans les 200 m supérieurs: la composition ionique est, en effet, pratiquement la même depuis la surface jusque dans les régions benthiques.

On peut en conclure que, malgré la profondeur considérable du lac, il doit exister une circulation brassant cette masse d'eau tendant à ramener, vers la surface, progressivement mais très lentement, une partie importante des éléments nutritifs qui, sinon, seraient irrémédiablement perdus pour le métabolisme des organismes.

Les vents et aussi, de l'avis de J. KUFFERATH, certains phénomènes thermiques (plongée des eaux de pluie et des eaux de rivière) doivent être les facteurs du brassage total de cette énorme masse d'eau, encore que situé vraisemblablement assez haut.

Il est exclu, pour les eaux du Tanganika, de songer à une stratification chimique complètement stable: à cause de ses caractéristiques géographiques, notamment de ses dimensions, le lac doit être le siège de courants très lents mélangeant sa masse, s'opposant à toute stratification chimique définitive (à l'époque actuelle du moins).

Cette circulation détermine le renouvellement continu des éléments nutritifs en solution, d'où la richesse quantitative de sa faune.

Il est possible qu'il en ait été autrement dans le passé géologique, avant la formation et le débordement du lac Kivu, lorsque le Tanganika, son niveau étant stabilisé à environ 500 à 600 mètres plus bas qu'actuellement, constituait un bassin lacustre clos et, très vraisemblablement aussi, un lac du type salé.

Malgré que la chose soit plausible, elle paraît impossible à prouver en ce moment. Quoiqu'il en soit et quelle qu'ait été sa composition à cette époque lointaine, mises à part les anomalies biologiques et thermiques de ses couches superficielles, le Tanganika doit être considéré, de nos jours du moins, comme homogène à grande échelle.

Quant à la composition chimique de ses eaux, certaines particularités sont importantes. L'observation a montré, en effet, que le lac contient, en partie par l'accumulation naturelle, des concentrations relativement élevées de K et de Mg dans une cuvette où la perte d'eau n'est due, en moyenne, qu'à l'évaporation. La Ruzizi, exutoire du lac Kivu, apporte, partiellement, des quantités élevées de ces sels.

Tableau 1.

Composition des rivières  
Ruzizi et Malagarasi

	Grande Ruzizi Route Usumbura	Petite Ruzizi	Tanganika Uvira	Malagarasi d'après
	d'après J. KUFFERATH			R.S.A. BEAUCHAMP
				(1939)
Cl mg/l	5,6	5,8	10,8	15,5
SO <sub>4</sub>	7,0	6,3	0,6	2,1
HCO <sub>3</sub> méq CO <sub>3</sub>	62,9	65,5	74,0	1,55
CO <sub>3</sub>	24,5	22,4	14,6	-
Ca	4,2	4,7	5,9	12,9
Mg	45,8	44,0	46,7	9,1
K	15,5	15,2	11,5	2,4
Na	34,5	36,1	35,9	16,4
--- Mg	10,9	9,3	7,9	0,7
Ca				
--- Cl	1,2	1,0	0,05	0,13
SO <sub>4</sub>				

Il est probable que les concentrations de K et de Mg sont à l'origine du développement de certaines espèces d'organismes, particulières à ce lac.

La quantité de sels dissous étant normale, comme pour les eaux douces, le rapport Mg/Ca est toutefois élevé et celui de Cl/SO<sub>4</sub> très sensiblement inférieur même à celui de la Malagarasi. La faune des mollusques, par exemple, fixe le Ca abaissant ainsi les concentrations, mais favorisant celle du Mg. A un degré bien moindre, la pauvreté de la flore, surtout ripicole, par une utilisation normalement basse de Mg, favorise également la concentration de ce dernier.

Une explication plausible du rapport Cl/SO<sub>4</sub> n'est pas aisée, les concentrations en SO<sub>4</sub> sont actuellement moins élevées dans le lac que dans les tributaires (Tableau 1).

En outre, de petites quantités seulement de chlorures, d'une importance essentielle à la vie, sont combinées chimiquement au cours de l'édification de la matière organisée, mais sont facilement remises en liberté.

La plupart du temps, les sulfates sont réduits en sulfure d'hydrogène dont une partie est précipitée sous forme de sulfures insolubles. Il s'en suit que des ions S des sulfates sont constamment soustraits sous forme de matières organiques non décomposées ou comme sulfures insolubles, les chlorures se concentrant, au contraire.

Des processus analogues altèrent la composition de l'eau lacustre-- ils ont d'ailleurs lieu dans tous les lacs-- mais le degré d'altération effective dépend du temps que l'eau demeure dans la cuvette. Dans le Tanganika, cette période est très longue, puisque le volume des tributaires comparé à celui du lac est petit. L'exutoire étant étroit, 90 % des apports en eau, y compris les précipitations atmosphériques, sont enlevés par évaporation.

R.S.A. BEAUCHAMP (1939) a recherché les raisons pour lesquelles la concentration totale des sels du Tanganika ne dépasse pas 400 mg/litre: il n'est pas exclu qu'à un moment donné dans le passé, cette concentration ait été plus élevée que maintenant.

L'azote donnant la mesure de la production totale du phytoplancton dans les lacs étudiés par I. FINDENEKG, le degré trophique du lac est proportionnel au degré de brassage. Dans les lacs méromictiques, l'absence prolongée de circulation ne dépend pas uniquement d'une stratification par concentration minérale, comme nous l'avons déjà dit, mais également des conditions climatiques.

Il y a lieu de supposer que l'hypolimnion d'un lac temporairement stratifié et la couche anoxique permanente de plusieurs lacs tropicaux ne sont que relativement stagnants. Les mouvements saisonniers de montée ou de descente de la limite anoxique avec la remarquable uniformité dans la composition chimique dans les 1400 m d'eau du Tanganika constituent

l'indication d'une circulation verticale considérable. Durant la longue période de stabilité dans le Tanganika, le développement du plancton est très réduit. Ceci dû apparemment à une diminution des substances nutritives, probablement surtout des nitrates. A la fin de l'hiver, lorsque le brassage débute, le phytoplancton commence à se développer, immédiatement suivi d'une augmentation du zooplancton.

Lorsqu'on envisage l'abondance de poissons pélagiques dans ce lac et des organismes dont ils dépendent, on a difficile à croire à un recyclage très retardé des substances nutritives.

Dans le Tanganika, la profondeur à laquelle l'oxygène est réduit à zéro et que le sulfure d'hydrogène devient décelable, varie entre environ -110m dans le bassin nord et -200m dans l'extrême bassin sud. Pour cette raison environ les 3/4 du volume total sont complètement anoxiques.

Malgré qu'aucune mesure de la chlorophylle n'ait pû être exécutée, par la Mission, sur l'eau du lac, il semble résulter de l'état florissant des pêcheries, que l'eau plus profonde, apparemment stagnante, ne constitue pas un piège permanent pour toutes les substances dérivées de la décomposition des particules organiques qui y aboutissent; on est conduit à penser à une quantité considérable de substances nutritives ramenées, d'une manière quelconque, à la surface. On a déjà argué que ceci doit se produire en continu et à une certaine échelle, par l'érosion de la partie supérieure de la couche anoxique, la turbulence à l'interface et les mouvements dans la couche anoxique elle-même, associés à des ondes internes (seiches).

Le Tanganika est situé dans une faille très profonde orientée N-S, par laquelle les vents forts alizés S-E soufflent durant une période d'avril à septembre. L'alternance saisonnière entre cette période de vents forts d'une seule direction, avec peu de précipitations atmosphériques, et pour le restant de l'année des vents variables, généralement moins violents et plus de pluie, constituent l'influence prédominante sur le régime hydrologique.

\*Force, direction et durée du vent, orientation du lac, topographie des environs et stratification marquée, tous ces facteurs favorisent les seiches le long d'un axe moyen. Des profils typiques de température de l'eau profonde dans le bassin nord en août (fin de la saison sèche, venteuse) et en avril (fin de la saison des pluies, plus calme) sont indiqués dans la figure 1.

Le changement de saison n'affecte que les 200m supérieurs, la température inférieure restant remarquablement constante. Durant la période d'octobre à mai, des fluctuations diurnes sont apparentes. Au cours de la saison des vents, le thermocline est dissous et le profil de la température est porté plus bas, vers -200m.

Les investigations plus récentes de C.W. COULTER (1963, 1966), sur les 200 m supérieurs dans le bassin sud, avec quelques profils de température exécutés dans l'axe du lac, montrent ce qui semble constituer la moyenne du régime circulatoire. D'après cet auteur, l'interprétation des données thermométriques conduit à la démonstration de l'existence, au cours de la période de stratification stable (octobre-avril), de trois couches verticales bien différenciées:

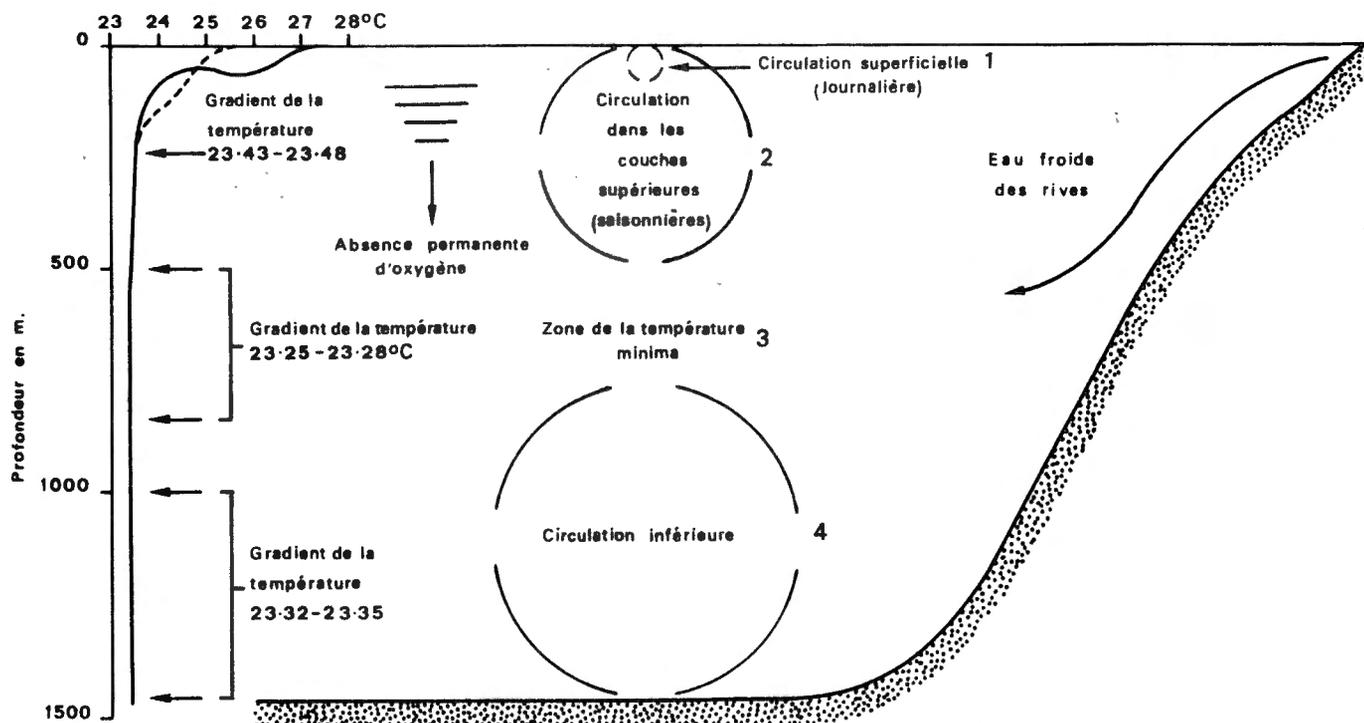


Fig. 1 - Profils des températures dans le bassin nord (A. CAPART, 1962) et localisation des régions à circulation (G.W. COULTER, 1963).

1. - Un épilimnion supérieur, jusque -50, -80 m, sujet à une circulation journalière, séparé par le thermocline,
2. - Un métalimnion atteignant -200 m, circulant saisonnièrement et séparé par un thermocline moins bien marqué,
3. - Un hypolimnion anoxique d'une température plus ou moins uniforme jusqu'au fond, excepté une légère remontée de 0,1 °C dans sa moitié inférieure.

La discontinuité entre 2 et 3 est la limite anoxique dont question plus haut. On peut se demander cependant si on est autorisé à appliquer à ces couches les noms valant pour les lacs tempérés stagnants à stratification estivale.

Les vents du S-E, entre avril et novembre, causent l'établissement d'un courant d'eau de surface vers le N et une poussée vers le bas des isothermes le long du lac. Le thermocline supérieur est porté ainsi vers la surface dans le bassin sud et effacé en juin avec comme conséquence le mélange en dessous de -100 m.

Les graphiques montrent que durant la période des vents, une remontée périodique de l'hypolimnion se manifeste jusque dans les 150 m supérieurs à des intervalles d'environ un mois. Ces mouvements ont été confirmés par la réduction périodique de l'oxygène à ces niveaux. Le mélange général au

cours de ces mois est accompagné d'une augmentation de la croissance du plancton, dont on peut estimer qu'il suit la remontée des substances nutritives depuis les régions inférieures. La mort locale occasionnelle en masse de poissons au cours de la saison des vents est probablement due à un vent particulièrement violent coïncidant avec une remontée périodique d'eau anoxique qui peut, dans ces circonstances, atteindre la surface.

Au cours du restant de l'année, d'octobre à mars, lorsque la stratification est la plus stable, le thermocline supérieur continue à osciller avec la même fréquence en général. La turbulence à l'interface entre les couches, due au flux horizontal en direction opposée associée à des seiches internes, constitue probablement un facteur important en ce qui concerne le mélange. Mais la question de savoir si une petite proportion seulement de l'hypolimnion est engagée ou bien si la grande masse d'eau profonde demeure réellement séparée de façon permanente, reste en suspens.

Pour la compréhension des cycles, cette question est primordiale. La composition chimique plutôt uniforme de l'eau entre la surface et le fond a été considérée par R.S.A. BEAUCHAMP (1939) comme évidente à cause du mélange profond occasionnel et par J. KUFFERATH (1952) comme due à une circulation profonde, continue. Des analyses montrent que la concentration des ions inorganiques Mg, Cl, SO<sub>4</sub> (Na et K n'ont pas été dosés) sont le plus souvent identiques à la surface et à -1300 m, dans le bassin nord, le calcium montrant une concentration légèrement augmentée vers le fond.

Les sels nutritifs utilisés en quantité par le phytoplancton et libérés ensuite lors de la décomposition de ce dernier, nitrates, phosphates, silicates et sulfates, subissent une déplétion dans les couches supérieures, et se concentrent en dessous du niveau de l'oxygène (-200, -300 m); plus bas, leur concentration devient uniforme.

Les analyses récentes par E.R. DEGENS et ses collaborateurs (1971) malgré de légères différences de détail avec celles de J. KUFFERATH, donnent partout une image semblable d'une uniformité verticale dans la composition. A remarquer la même concentration en Na à la surface et à -1460 m.

Lorsqu'on considère les faits relevés ci-dessus, comme l'évidence d'une circulation dans la couche anoxique profonde, on est confronté avec la question de savoir quel genre de circulation est en cause. Une composition uniforme de toute la colonne aquatique suggère que les différences de densité, surtout en dessous de -300, -400 m, seraient en général déterminées surtout par la température. Des mesures thermométriques au 0,05 °C près (A. CAPART, 1952) ont montré qu'une diminution progressive de la température dans la partie supérieure de la couche anoxique jusque près de -800 m est suivie d'une légère augmentation de 0,1 °C en dessous de -1000 m. A des profondeurs semblables, cette augmentation serait due à la pression (chaleur adiabatique) ou bien à un afflux de chaleur tellurique (G.E. HUTCHINSON, 1967). Il est difficile d'assigner au minimum de la température un niveau entre -500, -800 m. On pourrait observer des périodes, non encore enregistrées cependant, de refroidissements exceptionnels en surface, avec un mélange s'étendant jusqu'à cette profondeur. Il existe toutefois un autre facteur qui pourrait contribuer au budget calorique et à la circulation dans les eaux les plus profondes.

Suivant l'hypothèse de J.F. TALLING (1963), le refroidissement nocturne des eaux en bordure, à une température inférieure à celle des eaux du large, pourrait occasionner un flux d'eau plus dense le long de la paroi de la cuvette lacustre jusque dans l'hypolimnion. Il se produirait ainsi une source fréquente d'eau plus froide vers l'hypolimnion dans lequel un gradient inversé de température est causé par un apport continu de chaleur depuis le fond. G.W. COULTER en a tenu compte dans sa proposition d'un schéma de circulation.

Il est certain qu'en ce moment on ne dispose pas d'informations suffisantes sur lesquelles on pourrait baser un modèle justifié de circulation dans le Tanganika.

Pouvoir disposer d'informations semblables au sujet d'un lac si tempétueux et d'une profondeur tellement considérable, suppose la mise en oeuvre, durant une longue période, de méthodes et d'équipements spéciaux d'océanographie. Tel n'a pas encore été le cas jusqu'à présent.

Il est néanmoins hors de doute que ce sont les vents agissant durant la plus grande partie de l'année, le long de l'axe du lac, qui exercent l'influence la plus favorable. On peut s'attendre dès lors à leur efficience: par la formation d'ondes en surface, ils provoquent des mouvements au sein de l'eau refoulant ainsi de grandes masses d'eau de surface, avec comme conséquence la formation, dans les couches de densité différente, de vagues internes avec leurs courants horizontaux complexes. On est à même de relever ces vagues durant la plus grande partie de l'année. Elles doivent nécessairement occasionner une turbulence lente dans et le long des intervalles entre couches et le long de la vase comme G.W. COULTER l'a illustré (Figure 1).

On sait que durant la saison venteuse, le thermocline dans les -200 m ainsi que le sommet de la couche anoxique sont repoussés vers le bas, probablement par ce genre de perturbation. Une circulation peut s'établir ainsi, en théorie, depuis la surface jusqu'au fond. Il serait souhaitable cependant de pouvoir disposer de plus de données quantitatives au sujet des vents, de la température de l'eau, des courants et de la répartition des substances dissoutes. Il serait important de découvrir la cause de l'inversion des températures dans les couches profondes et sa part dans les mouvements verticaux de l'eau dans la région anoxique. On dispose d'indications au sujet des courants circulatoires dans le Tanganika (G.W. COULTER in L.C. BEADLE, 1974). On ne peut toutefois espérer saisir dans leur ensemble les processus de recyclage des substances nutritives aussi longtemps que la nature des mouvements principaux de l'eau n'aura pas été découverte.

Ainsi souvent, dans les lacs tropicaux profonds ou bien abrités, la discontinuité chimique la plus apparente -- la limite inférieure de l'oxygène -- n'est pas associée à un thermocline. Dans le Tanganika, il existe des thermoclines mobiles et flottants ainsi que des inversions périodiques uniquement dans l'eau aérée supérieure, la température des eaux inférieures restant non affectée. Pour cela la couche anoxique inférieure ne constitue pas l'équivalent de l'hypolimnion des lacs tempérés en été. Les termes signalés plus haut ne peuvent pour cette raison être utilisés sans quelques qualifications. Il reste tellement d'incertitudes quant à la stratification dans les lacs tropicaux qu'il serait prématuré de vouloir proposer déjà une terminologie adéquate.

Plusieurs lacs à profondeur moyenne ou considérable montrent des augmentations régulières, bien évidentes et saisonnières, d'une production algale associée à des périodes de profonds mélanges. Mais, alors que dans les lacs tempérés, la montée de la température et la luminosité au printemps, donnent l'impulsion à l'éclosion de la production -- l'eau de surface ayant été enrichie auparavant d'éléments nutritifs par la circulation hivernale -- dans les tropiques, température et luminosité sont toujours suffisantes et la production est stimulée ici par l'impact des vents forts saisonniers qui amènent en surface les substances nutritives en remplacement de celles épuisées en haut, accumulées plus bas au cours de la période précédente de stratification. Le recyclage des substances nutritives dans les lacs profonds stratifiés, possédant une couche anoxique permanente inférieure, est probablement mené à bien par des mouvements de l'eau associés à des ondes internes, induites, en dernière analyse, par les vents. Ceux-ci suppléent non seulement l'énergie nécessaire au brassage, mais réduisent également la stabilité de la stratification lorsque l'humidité atmosphérique est basse, en favorisant l'évaporation qui refroidit la surface.

Toutes conclusions relatives à des régimes saisonniers de circulation doivent être prises avec prudence, les tropiques étant sujets à des perturbations irrégulières et violentes. Il est impossible de prévoir des changements de temps en se basant sur les données météorologiques disponibles pour la région; ces tempêtes sont en général d'ordre très local et peuvent atteindre ou manquer le lac de peu. Leurs effets peuvent être catastrophiques et leur influence directe sur la productivité, considérable. La mortalité des poissons constitue le cas extrême de plusieurs perturbations moins violentes dont la plupart frôlent seulement la catastrophe. Elles peuvent néanmoins, dans certains lacs, prendre une part significative dans la circulation des substances nutritives.

Dans un lac profond et ouvert, la photosynthèse des algues planctoniques est, en pratique, dans le cycle de production, le facteur le plus satisfaisant à rechercher quantitativement. La source de l'énergie, la radiation solaire, peut être mesurée à des profondeurs différentes et le taux de synthèse estimé par la mesure des changements chimiques qui en résultent. Dans un lac dont l'eau est bien ouverte et non répartie en bassins ou baies, différents les uns des autres, les algues peuvent paraître avoir une répartition suffisamment uniforme pour justifier un taux de productivité primaire par unité de surface d'une partie de l'eau libre, à partir de mesures exécutées en quelques points. Il faut remarquer cependant que chaque lac diffère dans l'homogénéité de sa population algale. La valeur à attribuer à ces mesures de photosynthèse en des points de l'eau libre, en ce qui concerne la productivité, peut varier considérablement. Dans le Tanganika avec ses rives rocheuses, ses plages sablonneuses, très découpées, la densité des algues planctoniques est en général plus élevée dans les eaux néritiques.

Suivant H.L. GOLTERMAN (1975), le lac Tanganika possède la morphologie typique d'un lac tectonique: profondeur considérable, parois accores et des montagnes s'élevant abruptement depuis les rives. Les dimensions énormes d'un lac semblable affectent profondément son régime hydrologique, sa chimie et sa biologie. Il semble que la rétention de l'eau serait en moyenne de l'ordre de 1500 années. Il présente la stratification thermique et 90 %

de sa masse aquatique sont situés en dessous d'un thermocline stable, cette partie ne se mélange jamais avec la couche supérieure et est en permanence anoxique. La même remarque a été faite par J. KUFFERATH (1952): toute la surface du lac (zone littorale, sublittorale et pélagique) est fortement oxygénée, à plus de la moitié de la concentration saturante, jusqu'à une profondeur qui varie selon les saisons et, aussi, selon les endroits de 4 à 100 mètres. Les couches profondes formant la zone bathypélagique qui, toujours suivant les saisons et les endroits, commencent en dessous d'une profondeur variant de 100 à 225 mètres, sont constituées d'une énorme masse d'eau putride, complètement anoxique. Cette zone bathypélagique représente la grosse partie du volume total du lac, puisqu'elle en constitue environ les trois quarts. Seules y prospèrent les bactéries anaérobies responsables notamment de la production du sulfure d'hydrogène caractérisant cette zone. L'épaisseur des couches d'eau aérées est assez variable au Tanganika. A un endroit donné, la répartition de celles-ci peut différer selon l'époque de l'année. Ces variations dépendent à la fois du mélange des eaux durant la saison froide (turn-over limité) et en partie de l'activité biologique. On notera tout particulièrement le fait que l'oxygène dépasse notablement le thermocline principal. Alors que ce dernier se situe selon les saisons et les endroits, entre -25 et -75 m de profondeur, l'oxygénation atteint en moyenne 150 mètres.

J.F. et I.B. TALLING (1965) ont suggéré qu'à des latitudes plus élevées, l'apport variable d'énergie solaire constituerait le facteur le plus important et que près de l'équateur, le régime des vents et de l'humidité règlent le processus saisonnier de refroidissement et de mélange. C'est la raison pour laquelle le Tanganika présente un épilimnion "froid" mélangé ( $\pm 200$  m), uniquement au mois de juin. Une image de la stratification a été tracée par R.S.A. BEAUCHAMP (1964). L'influence des vents intervient cependant également (J. KUFFERATH, 1952) comme on peut le voir dans le graphique (Fascicule 1, fig. 16), qui donne une coupe N-S du lac vers le mois d'avril 1947. Les couches aérobies sont, à l'époque de cette coupe, beaucoup plus fortes dans le Sud du lac que dans le Nord. Ceci dû au fait qu'à ce moment de l'année, les vents dominants soufflent puissamment du N-E et provoquent des courants laminaires qui tassent les eaux aérées pélagiques dans le bassin méridional. Outre leur concentration notable en oxygène, ces couches superficielles sont caractérisées par leur appauvrissement en un certain nombre de substances dissoutes ayant un rôle biologique. Cela ressort nettement du graphique (Figure 16, fascicule 1). Celui-ci reprend les couches moyennes de tous les sondages au large. Pour l'oxygène dissous on a donné les limites supérieures et inférieures des variations.

D'après H. GOLTERMAN encore, la basse productivité du lac Tanganika serait due à la perte de matières organiques et de substances nutritives dans la couche inférieure (R.S.A. BEAUCHAMP, 1964). Suivant J. EDMOND in H. CRAIG (1974) les valeurs analytiques de 1973 sont généralement semblables à celles obtenues précédemment, pour les cations majeurs et la réserve alcaline, les concentrations en surface avec celles de P. KILHAM et R.E. HICKEY (1973). Les auteurs n'ont cependant pas observé une diminution semblable du calcium comme celle publiée par E.T. DEGENS et ses collaborateurs (1971). Ces derniers ont obtenu une décroissance depuis la surface jusqu'au fond. R.S.A. BEAUCHAMP (dans D.A. LIVINGSTONE, 1963) avait observé une augmentation nette entre la surface et -700 m. Les concentrations mesurées par J. KUFFERATH évoluent également dans le sens de l'enrichissement.

En résumé, sur une profondeur maximum de -1470 m, 200 m environ constituent une zone aérobie.

Le pH est d'environ 9,25 en surface, à 8,7 à 100 m et à 8,5 à partir de 200 m.

L'azote est quasi nul en surface, atteint un premier maximum à 0,2 mg/ l NO<sub>3</sub> vers 100 m et ± 0,5 mg NH<sub>3</sub> en profondeur (au delà de - 200 m.

Le phosphore est presque nul en surface, augmente à partir de - 100 m jusqu'à 0,55 mg/l à - 250 m.

La silice aussi est presque nulle en surface, augmente vers le fond, jusque vers 12 mg/litre.

L'hydrogène sulfuré apparaît vers - 200 m en moyenne.

Par la résistivité de 1500 Ohms, on peut conclure à un résidu sec de 0,5 g/litre environ.

\*\*\*\*\*

Avant de clôturer cette étude forcément assez sommaire encore, nous voulons calculer les balances ioniques des analyses effectuées par différents auteurs avec leur présentation graphique suivant la méthode de I. TELKESSY - R. MAUCHA simplifiée par J. KUFFERATH (1951) et la présentation triangulaire de BAKHUIS-ROZENBOOM. Nous calculons en même temps la composition probable du résidu. En 1951, J. KUFFERATH a publié une analyse complète de l'eau du lac Tanganika, dans laquelle les alcalins ont été déterminés par le calcul.

Anions:

CO <sub>3</sub> H	5,737 méq.		73,78%	
		6,864		88,27%
CO <sub>3</sub>	1,127 méq.		14,49	
Cl	0,808		10,39	
SO <sub>4</sub>	0,104		1,34	
	-----		-----	
	7,776		100,00	

Cations:

Ca	0,619 méq.		7,89	
Mg	3,503		44,69	
Na	2,890		36,87	
		3,717		47,42
K	0,827		10,55	
	-----		-----	
	7,839		100,00	

Dans la même publication, l'auteur renseigne une analyse complète effectuée postérieurement à la première, mais dans laquelle les alcalins ont été dosés effectivement. On remarquera certaines différences entre les deux résultats dues à des corrections. Dans sa publication de 1952 figure également l'analyse d'un échantillon pris à -1300 m à la station 161.

Tableau 2

		Surface		station 161		- 1300 m.
Alcalinité	6,81	6,81	89,74	6,69	6,69	88,73
Cl mg/l	27	0,716	9,436	27,9	0,7869	10,43
SO <sub>4</sub>	3	<u>0,062</u>	<u>0,817</u>	3	<u>0,0624</u>	<u>0,827</u>
		7,588	99,99		7,539	99,98
Ca	13	0,6487	8,549	17,6	0,8782	10,83
Mg	42,6	3,504	46,178	43,2	3,5538	43,84
Na				63,6	2,7664	34,13
K		<u>3,436</u>	<u>45,28</u>	<u>35,5</u>	<u>0,9078</u>	<u>11,19</u>
		7,588	100,00		8,106	99,99

Cette dernière analyse montre clairement l'augmentation du Ca<sup>++</sup> vers le fond, telle qu'elle a été reproduite dans le graphique de J. KUFFERATH. En nous basant sur l'analyse de 1951 de ce dernier, le calcul de la composition probable devient (en méq.):

CO <sub>3</sub>	6,864	Na+K	3,717	Mg	3,503
Ca	0,619	Cl	0,808	SO <sub>4</sub>	0,104
	<u>6,245</u>		<u>2,909</u>		<u>3,399</u>
reste: Mg	3,399				
Na+K	2,909				
	<u>6,308</u>	6,308		Cations	7,839
		CO <sub>3</sub>	6,245	Anions	<u>7,776</u>
			<u>0,063</u>		0,063

soit: CaCO<sub>3</sub>, NaCl, MgSO<sub>4</sub>, MgCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

L'eau du Tanganika est donc une eau hydrocarbonatée sodico-potassique-magnésienne.

A 27 années d'intervalle, P. KILHAM et R.E. HECKY ont publié une analyse. On peut facilement constater que les résultats sont sensiblement les mêmes. Les alcalins n'ont pas été calculés mais réellement dosés (1973).

Alcalinité	6,67	6,670 méq.	86,39 %
Cl	27 mg/l	0,762	9,87
SO <sub>4</sub>	13,9	0,289	3,74
		-----	-----
		7,721	100,00
Ca	10,4 mg/l	0,519 méq.	7,04 %
Mg	40	3,291	44,67
Na	63	2,740	37,19
K	32	0,818	11,10
		-----	-----
		7,368	100,00

Les résultats de l'analyse de P. KILHAM et R.E. HECKY confirment ceux de J. KUFFERATH.

CO <sub>3</sub>	6,670	Na+K	2,740	Mg	0,291
Ca	0,519		0,818	SO <sub>4</sub>	0,289
	-----		-----		-----
	6,151		3,558		3,002
		Cl	0,762		
			-----		
			2,796		
reste: Mg	3,002				
Na+K	2,796	CO <sub>3</sub>	6,151		7,721
	-----		5,798		7,368
	5,798		-----		-----
			0,353		0,353

Nous disposons également d'une analyse complète effectuée en 1939 par R.S.A. BEAUCHAMP. Nous la reproduisons ici à titre comparatif.

CO <sub>3</sub> mg/l	190,9	6,362 méq.	87,75 %
Cl	28,3	0,798	11,01
SO <sub>4</sub>	4,3	0,090	1,24
		-----	-----
		7,25	100,00

Ca	11,9	0,594	7,95
Mg	41,6	3,422	45,82
Na	59,9	2,606	34,89
K	33,1	0,847	11,34
		-----	-----
		7,469	100,00

Lorsqu'on se rapporte aux analyses effectuées au cours d'un laps de temps de 34 années, de 1939 à 1973, on peut conclure, du point de vue strictement géochimique, que l'eau du lac Tanganika n'a pas subi de variations notables. Il n'est malheureusement pas possible de nous baser sur les analyses effectuées sur les échantillons rapportées par L. STAPPERS, étant donné des différences dans le bilan ionique.

L'eau du Tanganika n'est pas seulement hydrocarbonée sodico-potassique-magnésienne, mais peut en outre être considérée comme presque a-sulfatée.

A l'exception d'une légère augmentation de la concentration en  $Ca^{++}$  les eaux des différentes stations (en 1946-1947) ont sensiblement la même composition ionique. (J. KUFFERATH, 1952).

Tableau 3

Station 161 Mission Tanganika

	Surface	- 1300 m
Alcalinité	6,81	6,96
Cl mg/l	27,0	27,9
SO <sub>4</sub> mg/l	3	3
Mg mg/l	42,6	43,2
Ca mg/l	13	17,6

Ces chiffres confirment les recherches effectuées par R.S.A. BEAUCHAMP sur la composition relative d'un échantillon de surface et d'un autre à - 200 m. La petite variation de la concentration en  $Ca^{++}$  est imputable à un appauvrissement local dans la zone pélagique lacustre dû à l'assimilation de cet élément par les organismes vivants des couches aérées.

Parallèlement d'ailleurs, le même phénomène se répète pour un certain nombre d'autres éléments d'importance vitale.

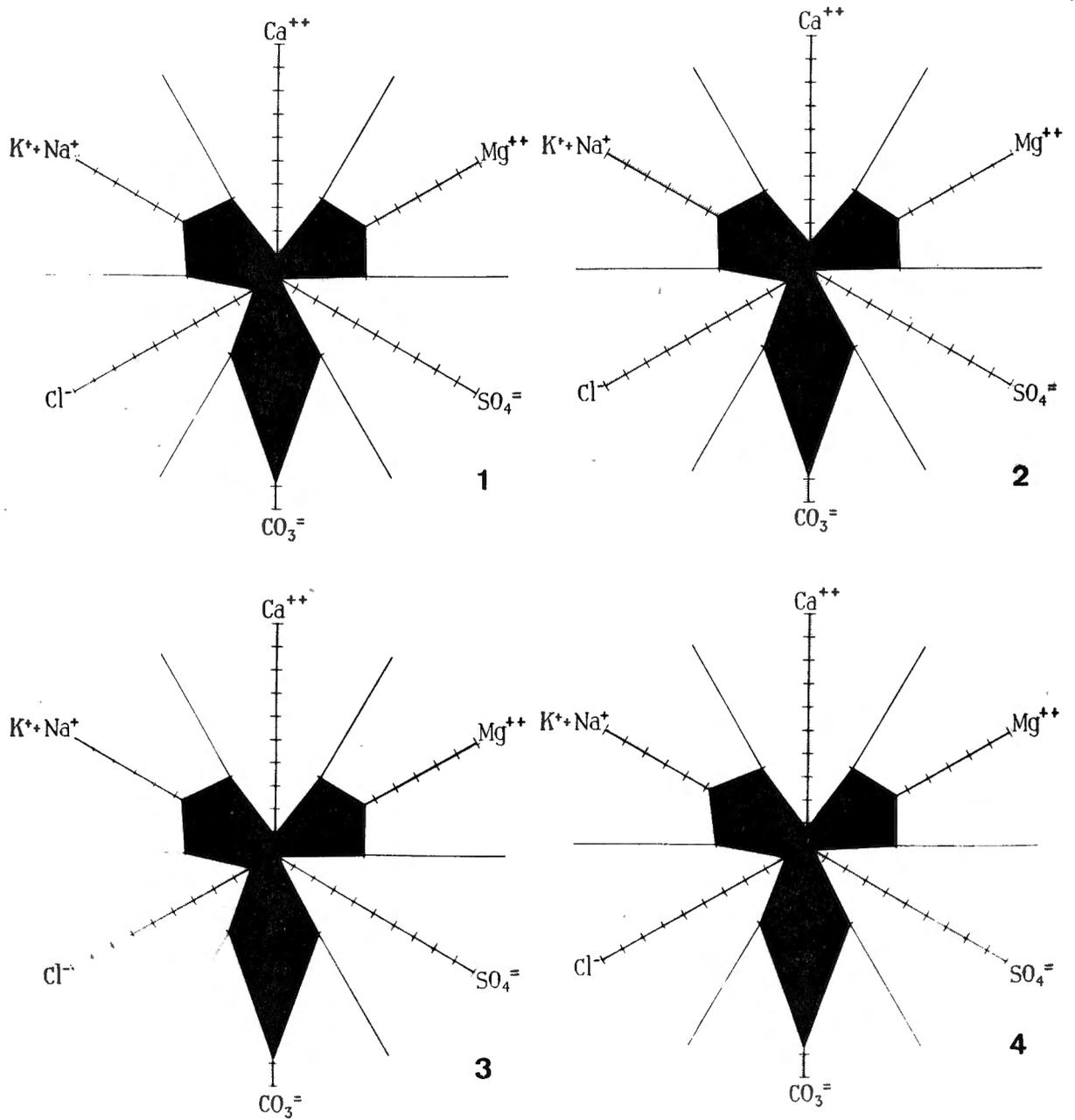


Fig. 2 - Tanganika, composition ionique de l'eau d'après différents auteurs.

1. - Station 161, surface; 2. - 1300 m (J. KUFFERATH); 3. - R.S.A. BEAUCHAMP, 1939; 4. - Surface, P. KILHAM, 1973.

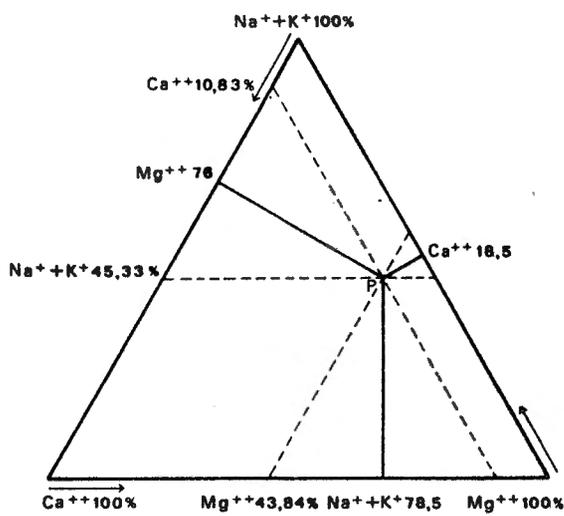
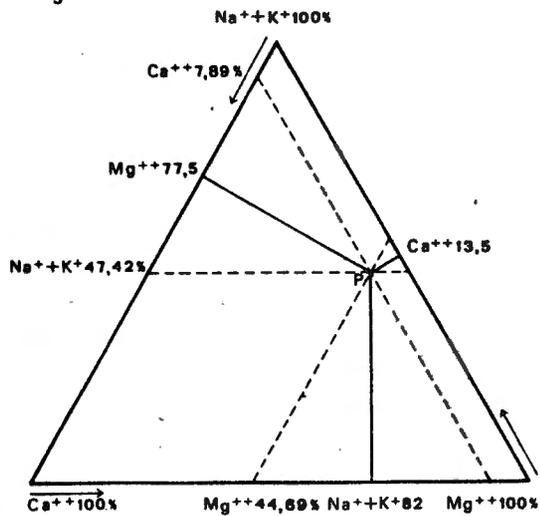
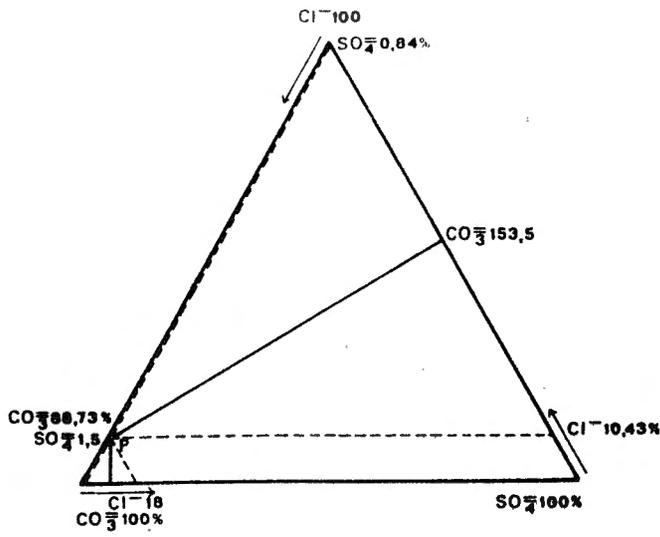
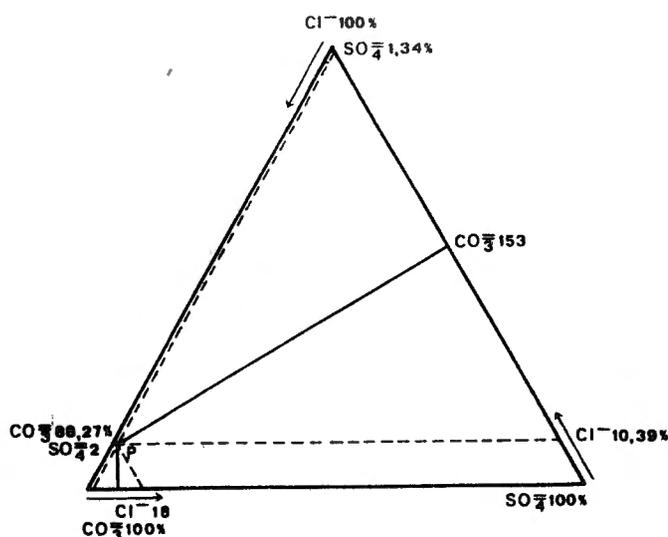


Fig. 3 - Tanganika, composition ionique de l'eau, Station 161, surface. (J. KUFFERATH).

Fig. 4 - Tanganika, composition ionique de l'eau, Station 161, -1300 m (J. KUFFERATH).

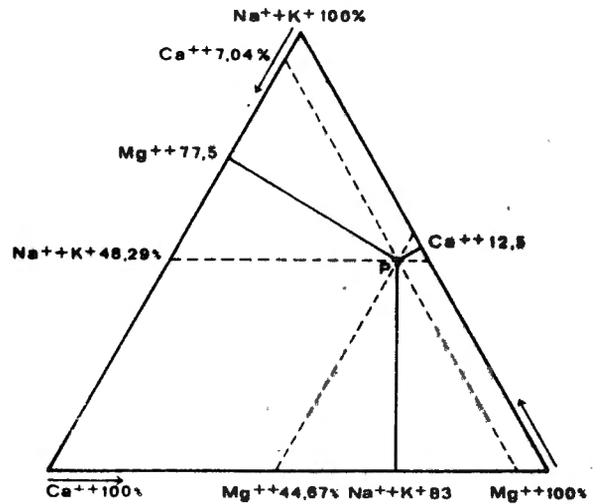
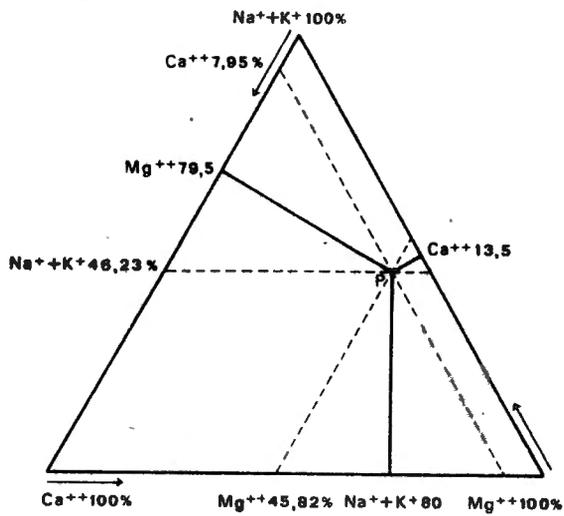
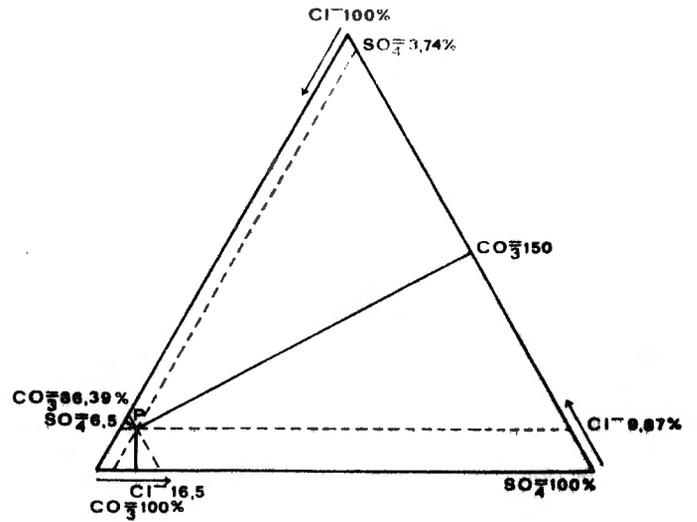
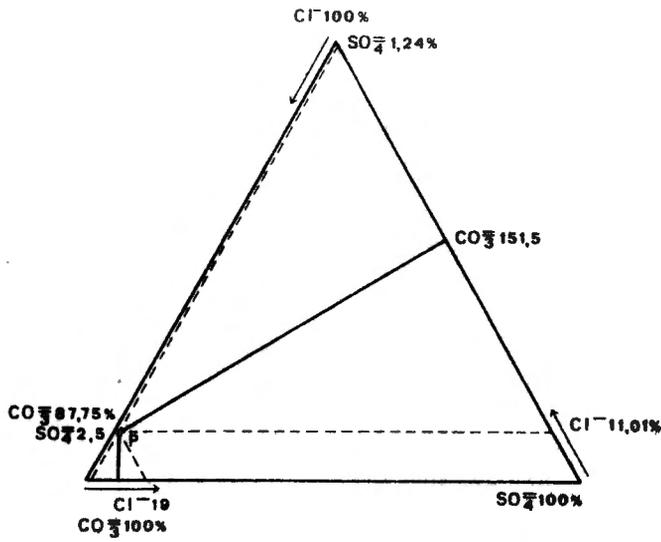


Fig. 5 - Tanganika, composition ionique de l'eau. Surface. (R.S.A. BEAUCHAMP, 1939).

Fig. 6 - Tanganika, composition ionique de l'eau. Surface. (P. KILHAM, 1973).

Tableau 4

Station 161 Mission Tanganika

	Surface	- 1300 m
Oxygène mg/L	7,28	0,0 m
SiO <sub>2</sub> mg/l	0,3	12
PO <sub>4</sub> mg/l	0,02	0 (à des profondeurs intermédiaires jusque 0,45 mg/l)
NH <sub>3</sub>	0,04	0,6
NO <sub>3</sub>	0,0	0,25

Selon E.T. DEGENS (1971), contrairement aux différences considérables et systématiques entre les concentrations des éléments nutritifs et celles des ions majeurs, ces derniers subissent très peu de fluctuations avec les profondeurs ou la région. D'après-lui, sur 54 échantillons, les valeurs moyennes seraient.

Na mg/l	65	Cl mg/l	22
K	31	SO <sub>4</sub>	3,6
Mg	42		
Ca	7	CO <sub>3</sub> méq	6,24

Au point de vue limnologique, nous avons proposé dans notre mémoire de 1954 (Tableau 72, p. 242 (243) l'hypothèse que le lac Tanganika serait un lac du type pseudo-eutrophe, alternativement holomictique pour une courte durée, masse aquatique ne participant pas à la circulation totale annuelle. En 1963, G.W. COULTER, nous cite à ce sujet: "VAN MEEL (1954) described Lake Tanganyika as pseudoeutrophic, possessing both oligotrophic and eutrophic characteristics. This classification is supported by dense blooms of phytoplankton observed by R.S.A. BEAUCHAMP, J.J. SYMOENS (1955, 1956, 1959), Th. DUBOIS (1958) and my self. No single classification of the lake is possible because, although part is permanently oligotrophic in appearance, periodic high plankton populations occur. In addition, fish are abundant in certain areas. VAN MEEL (1954) found abundant phytoplankton, though with marked periodicity, in the large bays and bights. He made a distinction between the productivity of pelagic and bay regions, which our observations corroborate".

Déjà en 1952, J. KUFFERATH avait écrit: "La seule observation de la surface du Tanganika, de nuit, suffit à convaincre que si oligotropisme il y a, il doit être d'un type très particulier".

R.E. HECKY et ses collaborateurs (1981) ajoutent: "VAN MEEL attempted to reconcile the observed paucity of algae with the obvious abundance of zooplankton and fish by suggesting that rapid degradation of organic material by bacteria at tropical temperatures would make the bacteria an important food source in the lake. "There are observational data (R.E. HECKY, 1978) to suggest that the bacterial production is prominent in Lake Tanganyika and that the food web is more complex than algae to

zooplankton to fish. These data also indicate that the lake may have sources of fixed carbon independent of modern primary production. R.E. HECKY & H. KLING (1961) reported direct counts of bacteria in Lake Tanganyika and estimated the bacterial biomass is nearly equal to phytoplankton biomass and is greater than the protozoan biomass in the euphotic zone of the lake. If this bacterial biomass is replacing itself as rapidly as the algal biomass, then it would be potentially of equal importance as a food source to the pelagic food web. "Chez G.W. COULTER (1961) nous trouvons encore: "Extreme examples of inverse relationships between turn-over rate and trophic level occur among the pelagic biota of Lake Tanganyika at the base of the food chain, phytoplankton standing stocks are usually very low but rates of growth and recycling of organic material are extremely high (R.E. HECKY & E.J. FEE, 1981), with the result that the pelagic waters have a deceptive appearance of oligotrophy".

Tout récemment (1979), dans un mémoire de Licence en Agronomie, consacré à l'étude du lac Tanganika et d'un de ses poissons endémiques, E. CAYRON a effectué des mesures de productivité primaire et arrivé à des conclusions analogues: "VAN MEEL (1954) signale la présence d'une quantité importante de bactéries dans le Tanganika. Il émet l'hypothèse qu'elles pourraient constituer une source importante de nourriture dans le lac.

Pendant l'expédition d'octobre-novembre 1975, des échantillons furent prélevés pour l'énumération des bactéries. Dans la partie centrale et la partie sud du lac, la biomasse des bactéries était égale et même supérieure à celle du phytoplancton et des protozoaires ensemble (R.E. HECKY & H. KLING, 1979). La biomasse moyenne des bactéries pour la période octobre-novembre était de 100 mg/m<sup>3</sup>.

Les protozoaires jouent également un rôle important dans les échelons de la production primaire du lac Tanganika. R.E. HECKY et H. KLING (1979) observent que pendant les périodes de faible biomasse en phytoplancton, la biomasse des protozoaires est soit égale, soit plus grande que celle-ci.

Avant de terminer ce mémoire, nous avons tenu à souligner, au moyen de travaux récents, qu'ils n'infirmant pas nos hypothèses de 1954.

## II - Annexes

### Annexe I

Principes directeurs et conditions générales  
du travail chimique. (d'après les notes  
inédites de J. KUFFERATH).

L'expédition au Lac Tanganika ayant été prévue pour une durée d'un an maximum, nous avons, dès le début, et pour atteindre un rendement acceptable posé le principe de ne faire en Afrique que les dosages strictement nécessaires. Il fut donc prévu que tous les dosages qui pourraient être faits sans inconvénient sur des échantillons renvoyés en Europe seraient réservés pour l'analyse subséquente. Seules seraient à prévoir les analyses ne souffrant peu ou pas de retard. C'est ainsi que nous diviserons plus loin l'exposé des méthodes utilisées en deux parties: A. - Les méthodes *in situ* ", B. - les méthodes *a posteriori*". Cette distinction permettrait de réduire considérablement l'équipement de laboratoire et d'augmenter d'autant les possibilités du chimiste.

Les méthodes *in situ* devaient nécessairement comprendre les dosages des gaz (oxygène, sulfure d'hydrogène, acide carbonique) et ceux des ions ou corps instables par nature comme ammonium, nitrites, nitrates et matières organiques ou modifiables par une longue conservation comme silice dissoute et phosphates. Elles devaient comprendre enfin des déterminations physiques (température, résistivité, pH et potentiel oxydo-réducteur). Nous y avons ajouté, à l'occasion, et aussi à titre de contrôle pour des échantillons conservés, la dureté totale, la dureté calcique, le dosage des ions bicarbonique et carbonique, ainsi que, mais exceptionnellement dans ces cas, le dosage de l'ion chlore, de l'ion sulfate et de l'ion magnésium.

Cette distinction entre méthodes *in situ* et *méthode a posteriori* avait enfin le gros avantage de laisser pour l'Europe toutes les méthodes gravimétriques ou délicates. Bien nous a pris d'avoir ainsi allégé notre travail car l'exploration s'est faite à un rythme tel, que sans cette simplification de principe, le chimiste aurait dû déclarer forfait. Durant toute la période d'exploration du Tanganika, nous avons *tenu*, si l'on peut ainsi dire (sans compter les travaux de sondage et de conservation des échantillons) la moyenne journalière de 11 dosages et déterminations (calculs et reports en graphiques préliminaires compris). Pourtant, malgré notre bonne volonté, nous avons souvent été débordé et nous avons dû, à regret, conserver des échantillons d'eau qu'il nous avait été impossible à analyser comme nous l'aurions voulu.

Les journées étaient, en principe, consacrées aux explorations des rives ou à la pêche. Force fut donc bien souvent à la chimie de s'accommoder du travail de nuit. Un programme général chargé et des déplacements trop rapides, nous ont fréquemment empêché de faire le travail selon notre désir. Ainsi rares furent les stations où l'on eut le temps de répéter un sondage; exceptionnelles les occasions d'étudier le cycle diurne du lac. Néanmoins, nous croyons avoir tiré le maximum des possibilités qui nous furent laissées et avoir contribué au mieux des circonstances à éclaircir le problème du Tanganika.

### Les laboratoires.

La variété et le nombre des analyses prévues interdisaient de travailler commodément dans des conditions de fortune (cas si fréquent en Afrique). Deux possibilités s'offraient à nous: ou bien un laboratoire fixe à Albertville, où les échantillons auraient été apportés, ou bien, un laboratoire flottant. La mise à la disposition de la Mission Hydrobiologique au Tanganika d'un bateau de 1000 tonnes -- le s/s "BARON DHANIS" -- réalisa les conditions optimales en nous permettant de travailler sur place et sans les retards inévitables lors du transport des échantillons à une base terrestre.

#### Le laboratoire flottant.

La transformation d'une cabine de passagers en laboratoire de chimie est une chose aisée. Une fois les couchettes enlevées et remplacées par des tablettes et des étagères, il n'est pas de chimiste qui ne parvienne à s'y installer confortablement avec son matériel. En fait, nous eûmes ainsi à notre disposition un laboratoire parfait. Sa petitesse même le rendait fort commode à l'usage. Bien entendu, toutes les précautions avaient été prises contre le tangage et le roulis: les flacons à réactifs étant tenus dans des compartiments fixés aux tables; le matériel et la verrerie courants déposés dans des étagères à rebords compartimentés; les supports à burettes et autres fixés aux tables par des pinces amovibles. Les flacons de produits chimiques et l'appareillage non d'usage courant restaient sous les tables, dans les malles d'expédition.

Evidemment, un laboratoire flottant interdisait l'emploi précis de la balance. Aussi, toutes les méthodes utilisées furent-elles volumétriques, colorimétriques ou électriques.

#### Le laboratoire terrestre.

Les pesées indispensables furent faites à terre, préalablement. Dans ce but, un premier laboratoire avait été monté dans une annexe de la villa mise à notre disposition par le "Comité Spécial du Katanga". Ce laboratoire nous a servi aussi de magasin. Toutes les solutions, titrées ou non, y furent préparées, soit avant le début de l'exploration, soit durant les escales à Albertville.

Après la fin de l'exploration, le laboratoire terrestre dût malheureusement être déménagé d'une maison dans une autre. Au total donc, durant notre séjour au Tanganika, nous avons eu trois laboratoires à installer ou à déménager. Nous comptons avoir perdu ainsi plusieurs précieuses semaines.

#### Difficultés et solutions.

Signalons ici les points qui ont donné lieu à des difficultés surmontées ou non. Ceci pourra éventuellement servir à ceux qui auraient à affronter des cas ou des situations semblables.

#### L'eau distillée.

La plus grosse difficulté fut d'assurer la fabrication d'eau distillée -- 5 à 10 litres par jour --, tant pour les dosages que pour le nettoyage de la verrerie et pour les besoins de la photographie. Indépen-

damment des difficultés mises à l'exportation d'un alambic de Belgique au Congo, le fonctionnement de cet appareil nous réserva des surprises les plus variées durant notre séjour à Albertville. Le courant électrique y était très irrégulier durant notre séjour et il n'était généralement pas donné de jour. Aussi le chauffage électrique prévu ne fut-il pas possible. Nous nous rabattîmes sur le chauffage à essence avec tous ses désagréments. Quand les réchauds fonctionnaient bien, c'était alors la distribution urbaine qui s'arrêtait de fournir l'eau nécessaire au condensateur.

Sur le bateau, toutes ces difficultés s'applanirent: une dérivation branchée sur la conduite générale de vapeur fournissait directement l'eau vaporisée à l'alambic. La réfrigération par le circuit d'eau du bord s'avéra parfaite. La qualité de l'eau distillée obtenue était bonne: résistivité de 0,8 à 1,5  $10^5$  Ohms à 25°C, pH de 6 environ.

#### Eau bidistillée.

Elle fut préparée avec l'appareil spécial de Iena en verre Duran, chauffé à l'aide de la platine chauffante électrique (500 Watt). La forme fort ramassée de cet appareil lui donne une stabilité fort appréciable à bord du bateau. L'eau traitée était de l'eau distillée additionnée de permanganate acide. L'élimination des premiers et derniers quarts donnait directement une eau présentant une résistivité de l'ordre du Mégohm. Malgré ses bonnes qualités physiques, cette eau contenait pourtant encore des traces infimes d'ammonium (environ 0,01 mg  $\text{NH}_3$  par litre). Aussi lui avons-nous préféré, pour confectionner les types de dosage d'ammonium, une eau naturelle trouvée exempte de traces de ce corps. A cette exception près, l'eau bidistillée a servi à établir toutes les échelles types pour colorimétrie.

#### La mesure du pH.

Nous avons commandé pour nos travaux un pH-mètre électrique fonctionnant sur courant alternatif. Il nous a été livré à Albertville... deux semaines avant la fin de nos croisières. Le courant du réseau n'étant pas constant, ni en voltage ni en fréquence, il nous a été impossible de faire des mesures exactes. L'emploi d'un vibreur à courant filtré a amélioré les résultats sans nous donner pourtant satisfaction. L'utilisation du pH-mètre sur courant alternatif nous paraît à déconseiller pour l'Afrique. Signalons enfin que les ampoules de liquides tampon de référence avaient été brisées au cours du voyage et que le chlorure de potassium, pour l'électrode au calomel, était inexistant dans nos pharmacies africaines. Ceci donnera une idée des ressources inventives dont doit faire preuve le chimiste qui n'a pas préalablement prévu toutes les difficultés prévisibles ou imaginables. La plupart de nos mesures de pH ont donc été faites colorimétriquement. Ceci a été d'autant plus regrettable que nos solutions de colorants pour pH se conservèrent fort mal.

Au total, la déficience de l'appareil électrique et les imperfections de la méthode colorimétrique en général et spécialement pour les eaux peu tamponnées telles que la plupart des eaux africaines, font que les pH indiqués ne sont à considérer que comme des ordres de grandeur. Seul l'aspect des courbes de pH des sondages est à retenir comme donnée intéressante.

### Etalonnage des solutions titrées.

Nous avons pris comme étalon de base le bioiodate de potassium qui, depuis de longues années, nous donna entière satisfaction. Sa conservation parfaite, même en solution, son équivalent élevé et la possibilité qu'on a de l'utiliser à la fois pour l'iodométrie et l'acidimétrie, en font un étalon précieux. Nous n'avons eu aucune difficulté dans ce domaine. En guise de recoupement, nous avons aussi utilisé comme étalon, l'acide oxalique et le carbonate de sodium. La température de référence choisie a été 20°C. Les corrections de température nécessaires ont été faites chaque fois qu'elles pouvaient influencer la précision des mesures.

### Dosages volumétriques.

L'emploi de burettes ordinaires sur un bateau mobile, instable et trépidant par définition, conduit à certaines difficultés de lecture exacte du ménisque. Aussi avons-nous très rapidement adopté la microburette pour nos dosages. Les vibrations du bateau n'ont, dans ce cas, pratiquement plus d'influence. D'autre part, le remplissage de la microburette par aspiration est beaucoup plus facile que celui de la burette ordinaire qui conduit facilement à épancher du réactif lorsque le bateau remue un tant soit peu. Même par bonne houle, même lorsque l'allégresse du retour vers Albertville après 2 ou 3 semaines de croisière, incitait les chauffeurs à faire donner aux machines le maximum de trépidation, l'emploi de microburettes s'est montré irréprochable. Celle que nous avons utilisée couramment était de 3 ml avec graduation au 1/100e de ml. Les gouttes délivrées par l'ajutage capillaire (préalablement paraffiné) avaient un volume moyen de 0,017 ml (soit 60 gouttes au ml). Le fractionnement des gouttes avec l'agitateur nous donnait aisément une précision de lecture inférieure à 0,01 ml et pratiquement constatée de  $\pm 0,005$  ml. Dans les cas où la précision de 0,2 à 1 % donnée par cette microburette était insuffisante, on a eu recours à la burette de 15 ml ou même de 50 ml (pour la réserve alcaline, notamment).

Pour certaines déterminations en série -- dosage de l'ion  $\text{CO}_3$ , par exemple, dûreté totale) nous avons utilisé une série de burettes GAY-LUSSAC qui se plaçaient très pratiquement dans une simple étagère à tubes à essais, beaucoup plus stables que les pieds individuels en bois normalement prévus pour ces appareils.

### Mesures colorimétriques.

N'espérant pas parvenir à obtenir en 1946 un photomètre à cellule photoélectrique, nous avons demandé un colorimètre visuel. Les conditions défavorables de l'après-guerre ont fait que le commerce spécialisé n'a pu fournir cet appareil.

Le Fonds National de la Recherche scientifique consulté a déclaré n'avoir aucun colorimètre disponible. Une demande de comparateur à verres colorés et à cuvette de 20 à 25 mm n'a pas eu plus de succès. Force nous a donc été de recourir à la vieille méthode des échelles de types. Cette obligation nous a fait évidemment perdre beaucoup de temps et assez de précision. Pour ce qui est de cette dernière (encore qu'elle soit suffisante avec un peu de pratique), nous indiquerons, dans chaque cas particulier, son ordre de grandeur, lors de l'exposé détaillé des méthodes utilisées.

### Transport du matériel chimique.

On nous avait prédit et nous avons craint une casse importante au cours du transport de notre matériel. Aussi avons-nous prévu largement nos quantités et pris soin de fractionner autant que possible, entre des malles différentes, nos stocks de matériel et de produits. Nos craintes se sont avérées vaines. Grâce à l'usage très large d'ouate cellulosique, la casse a été réduite au minimum. A signaler le bris de deux flacons de molybdate d'ammonium causé par le fait que le produit était en gros blocs dans des récipients non complètement remplis, ce qui lui permit de s'agiter au point de briser les flacons. Le succès inespéré du transport a été dû aux soins compétents et tout particuliers du personnel de l'Institut Royal des Sciences Naturelles à Bruxelles pris lors de l'emballage du matériel de l'expédition.

### Récolte et conservation des échantillons d'eau.

Bouteilles à eau. La technique de prélèvement pour des buts océanographiques étant bien mise au point, n'offrait, en principe, aucune difficulté. Pour tous nos prélèvements d'eau dans le lac Tanganika, nous avons fait usage de bouteilles en bronze, à renversement, du type NANSEN. Là où les bouteilles étaient fixées par un système de pinces à vis sur le cable de sonde lesté, elles étaient fermées à la profondeur voulue par des messagers. Les bouteilles furent celles utilisées par H. DAMAS lors de ses explorations des lacs Kivu, Edouard et Ndalaga (1937). On trouvera dans son mémoire les caractéristiques et une photographie de ces bouteilles qui nous ont donné satisfaction. Nous avons commandé dix autres bouteilles un peu plus grandes du même type, mais elles n'arrivèrent que vers la moitié de notre mission. Comme, d'autre part, les thermomètres spéciaux qui devaient compléter ces bouteilles n'arrivèrent jamais, nous n'avons pratiquement utilisé que les trois bouteilles qui avaient servi à l'expédition H. DAMAS.

Pour le déclenchement des bouteilles, en profondeur, nous avons eu quelques ennuis avec les messagers. Pour leur fixation aux mécanismes de déclenchement, nous avons utilisé, au début, des chaînettes se terminant par un anneau assez grand (22mm Ø). Il arriva plusieurs fois que l'un de ces anneaux s'accrochât au robinet supérieur ou au crochet d'amarage de la bouteille qu'il devait faire basculer, le retenant ainsi en position oblique, vannes ouvertes.

Nous adoptâmes alors des anneaux plus petits de 10 mm de diamètre et les ennuis disparurent. Il arriva aussi, mais exceptionnellement, qu'une bouteille ne se déclenchât point sous le choc d'un messenger. Lorsque, par l'absence de secousses caractéristiques du cable de sonde, nous étions prévenu de cette carence, l'envoi d'un deuxième messenger a chaque fois rétabli le fonctionnement normal du déclenchement.

Si nous signalons ici des petits ennuis (exceptionnels du reste), c'est à l'intention de ceux qui pourraient à l'occasion rencontrer des avatars analogues.

### Treuils

Il avait été prévu un treuil électrique pour les sondages chimiques. Malheureusement les circonstances défavorables de l'après-guerre amenèrent le constructeur à déclarer forfait peu avant notre départ.

Force fut donc de se rabattre sur un treuil à main. On imagine aisément que la manoeuvre manuelle de remontée des bouteilles et des sondes ne fut pas faite pour favoriser les sondages profonds. Ceci et la pénurie perpétuelle de temps qui caractérisa notre mission d'exploration expliquent pourquoi nous avons dû nous borner la plupart du temps aux sondages de la couche superficielle aérobie du Tanganika.

#### Profondeur des prélèvements.

La profondeur des prélèvements a été déterminée par l'utilisation d'une poulie métrique. Pour éviter toute erreur due à un patinage éventuel du câble sur la poulie de mesure, on a toujours vérifié si la longueur du câble à la remontée était bien égale à celle filée à la descente. Les écarts, quand il y en eut, furent faibles et tout au plus de l'ordre du mètre. Nous n'en avons donc pas tenu compte. Autrement importantes sont les erreurs due à l'inclinaison du câble causée par la dérive ou les courants profonds. Pour les corriger, nous avons utilisé la table de correction de WUST (in J. ROUCH, Traité d'Océanographie, 1943. I. 246).

Plusieurs profondeurs obtenues à la sonde furent contrôlées plus tard par écho-sonde ultrasonore. Les concordances obtenues furent bonnes.

#### Comparaison des profondeurs par sonde et par écho.

Stations		211	216	271	271	294
Sonde	m	462	215	430	435	108/109
Echo		450	212	428	435	110
Nature du fond		vase	vase	vase	vase	vase

Pour les très grands fonds, vu la nature très fluide de la vase, les mesures à la sonde furent généralement fort aléatoires. Nous avons alors pris comme référence les mesures données par l'écho-sonde.

Signalons enfin que dans certains cas où l'importance de la dérive tendait à devenir trop forte, nous avons fait corriger l'inclinaison du fil par la manoeuvre du navire. En principe, nous n'avons jamais procédé à des sondages que si l'angle d'inclinaison du fil de sonde ne dépassait pas 20° (correction théorique maximum de 1,5 %).

#### Conservation des échantillons pour analyse chimique.

Comme nous l'avons dit, nous avons, par principe, prévu la conservation de nombreux échantillons d'eau pour complément d'analyse en Europe. L'eau Tanganika étant fort alcaline, la conservation en récipients de verre était à proscrire. Notre choix s'est porté sur des récipients métalliques peu attaquables et, en l'occurrence, sur des boîtes en tôle de cuivre étamé à l'étain fin. Outre leur manque de fragilité, ces récipients offraient les grands avantages de leur légèreté relative et d'une fermeture hermétique par soudure. Aucun antiseptique ne fut ajouté aux échantillons d'eau. Quelques échantillons plus importants furent conservés en cruches en fer étamé, à fermeture étanche (cruche à lait), aux fins d'analyses complètes.

Des échantillons divers furent joints aux collections d'eau: tufs, vases, dépôts divers, poissons, plancton, algues. Ces échantillons devaient servir à divers examens chimiques. Il furent conservés suivant

les méthodes classiques. Pour quelques organismes vivants, conservés à des fins chimiques, nous avons uniquement utilisé l'alcool pur, ceci pour éviter toute pollution préjudiciable à l'exactitude des analyses futures.

#### Les méthodes de dosages et de mesures.

##### A. Mesures "in situ".

Parmi les dosages et mesures à effectuer sur place, soit au moment des prélèvements, soit peu après, mais de toute façon, sans jamais attendre plus de quelques jours, nous citerons successivement:

a. Les mesures et dosages courants, qui furent exécutés soit de façon constante pour tous les sondages, soit uniquement d'après les possibilités.

b. Les mesures et dosages occasionnels;

a.-Les mesures et dosages courants,

En principe, tout échantillonnage d'eau donnait au aurait dû donner lieu aux déterminations suivantes:

1. - Mesure de la température in situ;
2. - Dosage de l'oxygène dissous;
3. - Dosage du sulfure d'hydrogène dissous;
4. - Mesure du pH;
5. - Mesure de la résistivité;
6. - Dosage de la silice dissoute;
7. - Dosage des phosphates;
8. - Dosage de l'ammoniaque libre (sous forme minérale);
9. - Dosage de l'azote nitrique;
- 10.- Dosage de la réserve alcaline.

b.-Les mesures et dosages occasionnels.

Lorsqu'on avait le temps, diverses autres déterminations furent faites sur certains échantillons ou séries d'échantillons. Citons:

- 11.- Acide carbonique libre;
- 12.- Carbonates neutres et bicarbonates;
- 13.- Oxydabilité;
- 14.- Chlorures;
- 15.- Sulfates;
- 16.- Calcium;
- 17.- Magnésium;
- 18.- Nitrites;
- 19.- Turbidité;
- 20.- Débits (pour les rivières seulement).

a. Mesures et dosages courants.

1.-Mesure des températures "in situ".

Toutes les mesures de température faites lors des sondages du lac ont été déterminées en degrés Celsius avec des thermomètres à renversement gradués en 0,1 . Pour les premières mesures, jusqu'à la station n°12, nous nous sommes contentés de cette précision. Pour toutes les autres mesures, les températures furent appréciées au 0,01 ° à l'aide de la loupe.

Les thermomètres à renversement utilisés provenaient de la Firme SCHMIDT de Berlin et avaient été recontrôlés avant le départ au 0,01 ° par le laboratoire des "Poids et Mesures de l'Etat Belge" au 0,001 ° près.

Les températures lues avec ces thermomètres ont été exprimées avec une ou deux décimales selon les conditions plus ou moins rigoureuses d'observation. Quelques rares mesures de température de rivières ou de pièces d'eau ont enfin été déterminées avec des thermomètres ordinaires mais contrôlés. Les températures lues ont été, dans ce cas, exprimées en degrés et demi-degrés.

## 2.-Dosage de l'oxygène dissous.

La méthode utilisée pour ce dosage fut la technique volumétrique classique de WINKLER.

La méthode d'Alsterberg n'est, en effet, pas exacte pour des concentrations faibles ou nulles en oxygène et en tout cas, moins exacte que la technique de WINKLER pour les eaux pas trop riches en matières organiques.

Le remplissage des flacons spéciaux à bouchon de verre biseauté fût toujours fait par siphonnage lent à l'aide d'un mince tube de caoutchouc adapté au robinet inférieur de la bouteille à eau et aboutissant au fond du flacon de WINKLER. Bien entendu, un rinçage préalable du flacon a toujours précédé la prise de l'échantillon.

Pour ce qui concerne les réactifs, notons qu'au lieu de thiosulfate N/100 utilisé dans une burette ordinaire, nous avons toujours fait usage de solutions N/10 stabilisées à l'isobutanol et contenues dans une microburette de 3 ml graduée en 0,01 ml. L'emploi d'acide chlorhydrique fumant ayant été jugé incommode, nous avons utilisé, comme solution acide, une solution aqueuse de  $\text{SO}_4\text{HNa}$  à 50% qui nous a donné entière satisfaction. L'empois d'amidon fut stabilisé à l'isobutanol au lieu d'acide benzoïque.

Pour ce qui a trait à l'expression des concentrations en oxygène dissous, nous les avons indiqués en milligrammes par litre et aussi en % de la saturation dans les conditions locales, c'est-à-dire pour la température "in situ" et pour la pression barométrique moyenne de 689 mm de Hg (extrêmes: 759 à 762 mm ramenés à 0° et au niveau de la mer).

Les solubilités de l'oxygène dans l'eau utilisée pour ces calculs sont celles données par WINKLER. Ces valeurs diffèrent légèrement de celles données selon G.C. WHIPPLE et M.C. WHIPPLE d'après les mesures de C.J.J. FOX. Les écarts entre les deux tables sont pourtant faibles: 0,08 à 0,13 mg  $\text{O}_2$  par litre dans le domaine des températures utilisées. Ceci correspond à des écarts en saturation de l'ordre de 1 à 1.5% relatifs. La précision moyenne des dosages était de l'ordre de 0,1 mg  $\text{O}_2$  dissous/litre soit environ 1% de la saturation, mais les concordances étaient généralement de l'ordre de 0,05 mg. Le plus grand écart constaté entre deux mesures fut de 0,2 mg et relatif à deux échantillons prélevés successivement d'une eau de même profondeur (échantillon 271 à 158 m et 271 à 160 m).

Signalons que R.S.A. BEAUCHAMP, en utilisant la méthode colorimétrique, limitait sa précision par une erreur probable estimée pouvant atteindre 0,5 mg  $\text{O}_2$ /litre, ce qui correspondait à une précision plus ou moins de 6% de la saturation.

### 3.-Dosage du sulfure d'hydrogène dissous.

Nous avons utilisé le principe de la méthode de WINKLER mais en usant d'un comparateur avec disques colorés (HELLIGE disque 3060/64 Manuel Hellige 1034 F, supplément VI/1935). La méthode utilisée donnait le  $H_2S$  de 0,2 en 0,2 mg entre 0,6 et 1,4 mg/litre. Les concentrations inférieures ou intermédiaires ont été appréciées par l'interpolation visuelle.

### 4.-Mesure du pH.

Nous avons espéré pouvoir déterminer les pH et les potentiels d'oxydo-réduction électriquement. Le matériel américain sur lequel notre choix s'était porté, n'était livrable qu'avec des délais énormes. Nous commandâmes donc un pH-mètre de construction française qui devait nous être livré et expédié un ou deux mois après notre arrivée en Afrique. A notre grand désespoir, divers incidents firent que l'appareil ne nous fut fourni que quinze jours avant la fin de nos explorations continues. Enfin, comme si un malheur n'allait jamais seul, les ampoules-tampon de référence s'étaient brisées au cours du voyage. Si nous ajoutons à cela que ne disposant pas de chlorure de potassium pur pour l'électrode de calomel. J. KUFFERATH dut, de fortune, en faire une préparation lui-même; on ne s'étonnera plus d'apprendre que notre unique électrode de verre, se révéla pour finir, incurablement instable.

Nous donnerons dans les tableaux quelques mesures que nous fîmes électriquement (Stations 302, 304 et 315 ainsi que quelques échantillons isolés subséquents). Il est bien entendu qu'il ne faut accorder aucune valeur rigoureuse à ces mesures. Seule importe l'allure générale de la variation en fonction de la profondeur. Si nous citons ces chiffres parmi nos autres résultats (et avec toutes réserves) c'est parce que nous avons négligé volontairement les mesures colorimétriques des pH dans nos premiers sondages, escomptant toujours pouvoir déterminer enfin plus exactement ces valeurs avec l'appareillage électrique commandé et attendu de mois en mois. On a vu ce que devinrent nos espoirs à ce sujet. Ceux qui connaissent les conditions parfois assez spéciales de travail en Afrique comprendront et excuseront, nous l'espérons, notre insuffisance bien involontaire dans ce domaine.

Au demeurant, suite à divers contrôles, les quelques pH colorimétriquement déterminés, peuvent être considérés comme exactes à  $\pm 0,1$  unité pH.

### 5.-Mesure de la résistivité.

Principe: Mesure comparative au pont de Wheatstone. L'appareil utilisé a été un "Philoscope" (Philips) alimenté par accumulateurs et vibreur mécanique avec filtration du courant alternatif ainsi produit (fréquence environ 50 périodes/seconde). Les premières mesures furent faites en utilisant les résistances étalonnées incluses dans l'appareil. Par la suite, pour améliorer l'exactitude, nous avons travaillé en pont en utilisant deux résistances fixes de résistance en carbone. Deux cellules de conductivité furent utilisées, la deuxième étant gardée comme cellule de référence. A noter que nous avons dû légèrement corriger les facteurs indiqués sur ces cellules, suite à des contrôles avec des solutions de KCl type. Pour des raisons de commodité locale, la température de référence choisie a été en s'améliorant tout au long du travail. Pour

la facilité, nous indiquons la précision appréciée à la suite des premières mesures. Les dernières mesures (à partir de la Station 161) peuvent être considérées comme de précision constante c'est-à-dire à environ 0,1 à 0,2 % près.

#### 6.-Dosage de la silice dissoute.

Principe: Colorimétrie du silicomolybdate. La technique utilisée au début fut celle indiquée par R. MAUCHA (1932). Par la suite, nous avons réduit les quantités et travaillé sur 20 ml d'eau en terminant par une comparaison visuelle avec une échelle stable de chromate de potassium.

La conservation des échantillons d'eaux alcalines en récipients de verre augmente rapidement la concentration en silice dissoute (de 20 à 60 mg SiO<sub>2</sub>/litre en 4 jours). Aussi avons-nous systématiquement conservé une partie de tous nos échantillons (environ 100 ml) en récipients paraffinés. Ceci nous a permis d'éviter toute modification des concentrations en silice dissoute ainsi que toute interférence nuisible sur le dosage subséquent des phosphates.

Signalons encore que le dosage de la silice dissoute dans des eaux a-noxiques contenant du sulfure d'hydrogène est gêné par une réduction du complexe silicomolybdique provoquant une coloration bleue parasite.

Cet inconvénient a été évité fort simplement en ajoutant un rien de chloramine, qui, par son pouvoir oxydant, restitue immédiatement la teinte jaune pur nécessaire. La précision des dosages de silice dissoute est variable selon les concentrations et, parfois, selon la teinte propre des échantillons d'eau. Nous admettons en principe une précision de l'ordre de 5 à 10 % relatifs sauf pour les plus faibles concentrations (en dessous de 2 mg/litre) où la précision absolue reste de l'ordre de 0,1 mg.

#### 7.-Dosage des phosphates.

Principe: Réduction du phosphomolybdate et colorimétrie. Nous avons utilisé la technique de K. HOLL en travaillant sur 20 ml d'eau et en comparant visuellement avec une échelle de types préparés simultanément (en principe: blanc, 0,03 - 0,05 - 0,1 - 0,5 et 1 mg PO<sub>4</sub>/litre). La solution de chlorure stanneux était préparée non pas à partir de SnCl<sub>2</sub> cristallisé, mais en attaquant un fragment d'étain pur durant 1 minute d'ébullition par 2 à 3 ml de HCl 5N. Ceci évitait toute précipitation ou trouble dûs à l'acide stannique lors des comparaisons.

Quant aux types de PO<sub>4</sub>, nous les préparions par dilution d'une solution stock de PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>K à 1 % en PO<sub>4</sub>. Ces solutions moisissant facilement, nous avons eu l'idée de constituer une seule solution qui nous servirait d'étalon stock à la fois pour les phosphates, pour l'ammoniaque et les nitrates, et qui contenait 1,433 g PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>K, 2,996 g NH<sub>4</sub>Cl et 16,12 ml de NO<sub>3</sub>H N dans 100 ml de solution (soit 1 % en PO<sub>4</sub>, 1 % en NH<sub>4</sub> et 1 % en NO<sub>3</sub>). La présence de NO<sub>3</sub>H, acide fort, empêchait tout développement de moisissures ou d'algues. Nous n'avons eu qu'à nous louer de cette technique et la recommandons vivement à ceux qui comme nous devraient faire usage de solutions type de ce genre.

#### 8.-Dosage de l'ammoniaque libre.

Principe: Colorimétrie par le réactif de NESSLER. La technique adoptée fût celle de WINKLER telle que reprise par R. MAUCHA (1932). Ici aussi, nous avons réduit les quantités et travaillé en tubes à essais sur des échantillons de 20 ml en comparant les teintes obtenues à celles d'une échelle préparée en même temps. Nous avons eu de grosses difficultés à disposer pour les échantillons d'une eau exempte de toute trace de  $\text{NH}_4$ . Seules certaines préparations d'eau bidistillée nous ont donné satisfaction. Aussi, en pratique, avons-nous utilisé pour ces types des échantillons d'eau du lac qui s'étaient avérés à l'analyse complètement exempts de dérivés ammoniacaux (0,00 mg  $\text{NH}_4$  par litre). Pour la préparation par dilution de types, nous avons utilisé la solution combinée  $\text{NH}_4$ :  $\text{NO}_3$  -  $\text{PO}_4$ . Les concentrations ont été uniformément exprimées en mg  $\text{NH}_4$  par litre.

#### 9.-Dosage de l'azote nitrique.

Principe: Colorimétrie de la coloration jaune obtenue par la brucine en solution sulfurique. La technique fut celle donnée par la firme HELLIGE pour l'usage de son comparateur. Cependant, étant donné les faibles concentrations en nitrates des eaux lacustres, la comparaison au disque à verres colorés fut dans ce cas remplacée par une comparaison visuelle à une échelle de types préparés au moment du dosage (types à 0,00 - 0,05 - 0,1 - 0,2 et 0,5 mg  $\text{NO}_3$  par litre), obtenus par dilution d'une solution stock. L'observation se faisait après 10 minutes et dans l'axe des tubes à essai. Signalons enfin, pour être complets, qu'à l'usage, nous avons constaté que les colorations faibles obtenues en n'utilisant que 0,2 ml de solution sulfurique de brucine, au lieu de 1 ml recommandé par HELLIGE étaient plus faciles à comparer.

#### 10.-Dosage de la réserve alcaline.

Principe: Dosage volumétrique par HCl en présence de méthylorange (WARTHA). La technique utilisée fut celle donnée par R. MAUCHA, en utilisant toujours le méthylorange comme indicateur. Conformément aux données de MILLER, nous avons contrôlé la valeur du blanc. Nous avons trouvé dans les conditions utilisées 0,09 à 0,12 ml d'acide N/10. Tous nos chiffres expérimentaux ont donc subi une correction de -0,1 ml N/10. Les résultats furent exprimés en ml N par litre d'eau, soit donc en millinormalité.

#### b. Mesures et dosages occasionnels.

#### 11.-Dosage de l'acide carbonique libre.

#### 12.-Dosage des carbonates neutres et des bicarbonates.

Ces trois dosages ont été effectués occasionnellement. Les techniques utilisées furent celles de WINKLER telles qu'elles ont été reprises par R. MAUCHA. Les résultats furent toujours exprimés en mg/l de  $\text{CO}_2$  libre, de  $\text{CO}_3$  ou de  $\text{CO}_3\text{H}$  selon le cas. Les erreurs absolues peuvent être considérées comme inférieures à 0,5 mg, 5 et 2,5 mg/litre respectivement.

#### 13.-Oxydabilité.

N'ayant pas le temps de faire les déterminations d'oxydabilité par les méthodes classiques utilisant l'ébullition, nous avons utilisé une

technique de fortune à froid dont voici le détail. 100 ml d'eau mis dans un Erlenmeyer de 300 ml sont additionnés de 10 ml de permanganate alcalin N/100 (100 ml N/10 + 120 ml NaOH 16 % complétés à 1 litre). Laisser à température ambiante. Si la solution vire rapidement au vert ou même se décolore, on rajoute une quantité mesurée de solution de permanganate alcalin. Après 24 heures, ajouter 1 ml de solution KI 10 %. Acidifier par 5 ml acide sulfurique 25% en volume (ou 5 ml NaHSO<sub>4</sub> à 50 gr %). Titrer alors par l'hyposulfite N/10 l'iode libéré, selon les techniques iodométriques classiques (microburette).

On exprime l'oxydabilité en mg d'oxygène par litre. Les chiffres obtenus ainsi ne sont pas comparables aux résultats obtenus par les méthodes classiques: ils n'ont qu'une valeur relative, mais suffisante pour avoir une idée de la variation de la concentration en matières organiques ou oxydables en fonction de la profondeur.

#### 14.-Dosage des chlorures.

Principe: Méthode de MOHR. L'ion chlore, quand il fut dosé, le fut suivant la technique de WINKLER basée sur la méthode de MOHR avec correction. L'erreur absolue est estimée à moins de 0,8 mg/l.

#### 15.-Dosage des sulfates.

Principe: Colorimétrie de CrO<sub>4</sub>. La technique suivie fut celle donnée par R. MAUCHA (WINKLER modifiée par W. ANDREWS). Notons pourtant, pour être complets, qu'ayant cru remarquer une certaine influence du pH sur la précision des dosages, nous avons toujours travaillé à pH fixe tant pour la précipitation du sulfate de baryum que pour la lecture colorimétrique finale (décoloration exacte de la phénolphthaléine). La colorimétrie, vu les faibles concentrations en SO<sub>4</sub> de l'eau du lac, s'est faite par comparaison avec une échelle type de chromate de potassium. L'erreur absolue peut être estimée à environ 0,5 mg SO<sub>4</sub>/litre.

#### 16.-Dosage du calcium.

Principe: Hydrotimétrie à l'oléate de calcium. Ici encore, nous avons suivi la technique de WINKLER (dûreté calcique). Les résultats obtenus concordent à 0,05 à 0,1 degré de dûreté. Ceci correspond à des erreurs absolues de l'ordre de 0,5 mg Ca/litre.

#### 17.-Dosage du magnésium.

Nous avons utilisé deux techniques de dosage du magnésium. Pour les eaux magnésiennes (eaux du lac) nous avons utilisé le mode opératoire de WINKLER où le magnésium se calcule à partir de la dûreté totale et de la dûreté calcique. L'erreur obtenue par cette méthode, si on travaille avec soin, est de l'ordre de 1 mg/litre. Pour les eaux de rivière pauvres en magnésium, nous avons utilisé une méthode colorimétrique inspirée de la technique de KOLTHOFF. Voici, à titre documentaire, la technique utilisée. Verser 10 ml d'eau à analyser dans un tube à essai. Ajouter 5 ml d'empois d'amidon à 1% (avantageusement remplacé par une solution de dextrine à 5%). Ajouter alors 5 ml d'une solution aqueuse de jaune de titane (jaune de thiazol) à 0,5 % et enfin, 5 ml d'eau de chaux filtrée.

La solution est bien mélangée à chaque addition à l'aide d'un agitateur dont l'extrémité est aplatie en forme de petit plateau. Dans un tube identique, on traite de la même façon 10 ml d'eau bidistillée. Pour le dosage, on ajoute dans le mélange, goutte à goutte, à l'aide d'une microburette, en agitant vigoureusement, une solution type de magnésium (empois d'amidon à 1% ou dextrine à 5 % contenant 10 mg de Mg par ml) jusqu'à l'obtention de l'égalité de teinte avec l'essai. Le nombre de ml de solution type x 10 = concentration de Mg en mg/l. Le maximum de sensibilité se trouve entre 0,5 et 1 mg de solution type (5 à 10 mg Mg/l).

#### 18.-Dosage des nitrites.

Les deux seules fois où nous avons dosé les nitrites, nous l'avons fait avec le réactif de GRIESS et comparativement à une échelle type. Technique selon CHARLOT et BEZIER

#### 19.-Turbidité.

En dehors des mesures de transparence des eaux du large déterminées au disque de SECCHI, nous avons déterminé exceptionnellement la turbidité de l'eau au cours d'un sondage en face de l'estuaire de la Ruzizi. Ces turbidités furent déterminées par comparaison visuelle par rapport à l'eau de la rivière prise comme type unitaire. Ici encore le manque de colorimètre s'est fait péniblement sentir. Quoiqu'il en soit, vu l'absence de type référentiel scientifique, les turbidités données sont tout à fait relatives.

#### 20.-Débit des rivières.

Nous avons pensé d'abord mesurer les débits des rivières dans le but d'estimer aussi exactement que possible l'apport des affluents. Une fois sur place, il nous fut évident que de telles mesures n'auraient de signification que poursuivies au cours de l'année. La quasi totalité des rivières africaines sont en effet sous la dépendance de la pluviosité. Les orages provoquent des crues telles que toute mesure à ce moment n'a plus aucun rapport avec le débit moyen ou normal. C'est ainsi, par exemple, que nous avons vu la rivière Lubileye d'un débit normal de 2 m<sup>3</sup>/sec., passer en crue à 21 m<sup>3</sup>/sec. D'après les indications des habitants, on peut même estimer que des crues exceptionnelles peuvent amener le débit de cette rivière à plus de 100 m<sup>3</sup> par seconde. Une autre rivière torrentueuse, la Kalémie qui, en saison sèche, débite 0,25 m<sup>3</sup>, voit son débit passer à 2 m<sup>3</sup> sec. en saison des pluies: en crue, on atteint 18 m<sup>3</sup> et une crue exceptionnelle aurait donné un débit qu'on peut estimer à 54 m<sup>3</sup> sec.

On voit de même les débits de la plupart des rivières varier dans des proportions énormes. Nous n'avons donc noté que les débits normaux en saison des pluies. Jusqu'à preuve du contraire, on peut tenir ces chiffres comme représentatifs du débit moyen. Pour juger de la normalité du cours, nous nous sommes basés sur les dires des habitants et éventuellement sur l'aspect du lit.

La largeur, la profondeur moyenne ou maximum et la vitesse maximum superficielle furent les chiffres à partir desquels les débits furent

estimés grâce à l'utilisation des coefficients de l'hydraulique. Les seules rivières dont nous ayons mesuré les débits d'une façon précise sont la Lukuga, exutoire du lac et la Ruzizi. Pour ces rivières, les mesures ont été faites au moulinet en travaillant par tranches, de la façon classique.

#### B. Les dosages "à postériori."

Comme nous l'avons dit ailleurs, nous ne pouvions pas, en Afrique, dans les conditions de travail dont nous étions obligés de nous satisfaire, procéder à des analyses complètes ou exigeant l'emploi de techniques trop minutieuses ou trop lentes. Tant aux fins de pouvoir contrôler certains résultats obtenus sur place que pour compléter certaines analyses, des déterminations furent faites sur des échantillons conservés, après le retour de la Mission en Belgique.

Ces analyses, outre les dosages déjà cités, comprirent principalement les déterminations suivantes dont on trouvera ci-dessous les références.

##### 1 - Extrait sec.

Gravimétriquement, en capsule de platine, après évaporation et dessiccation finale à 105° C, jusqu'à poids constant.

##### 2 - Extrait sec calciné.

Sur l'extrait sec. Température de calcination: 550° C.

##### 3 - Silice totale.

Gravimétriquement, après insolubilisation par HCl.

##### 4 - Potassium et Sodium.

Ces deux éléments ont été déterminés selon la technique de WINKLER. La seule modification fut de remplacer, pour le dosage du bitartrate de potassium, la soude caustique N/10 par l'eau de chaux à 0,4 N/10.

##### 5 - Dosage du fer.

Technique au thiocyanate d'après M. MAYER, selon R. MAUCHA.

##### 6 - Borates.

Volumétrique au mannitol.

##### 7 - Brôme.

La recherche du brôme a été faite à l'aide de la réaction de DENIGES sur de l'eau fortement concentrée.

-----

Annexe II.

Examen microscopique sommaire de  
quelques sédiments du lac.

A l'occasion de sondages à des titres divers, dans les couches profondes du lac, on a simultanément, mais occasionnellement, prélevé des sédiments. Ce carottage a été effectué au moyen de tubes d'acier prolongeant les plombs de sonde. Ces tubes de 20 à 30 cm de long, avaient un diamètre de 1 1/2", soit environ 3,5 cm. La carotte était expulsée au moyen d'un mandrin et placée dans un fin tube de verre bouché au liège. Certaines d'entre-elles, surtout celles des grands fonds, présentaient une consistance gélatineuse et une teinte verdâtre. L'échantillon a été conservé tel quel après simple dessiccation spontanée à l'air libre. On note, en général, une rétraction notable du diamètre et de la longueur de la carotte. Certaines possèdent une structure ferme, souvent stratifiée, rendue visible par la dessiccation. Quelques-unes font effervescence avec les acides dilués et sont donc carbonatées.

Nous donnons ci-après la liste des sédiments avec leur gisement et une description sommaire de leur aspect extérieur.

N°

- 2.-10.XII.1946. Baie de Katibili.-5m.  
4.-10.XII. Large de Katibili, 8,5 milles ENE.-200 m. Vase gris-verdâtre, structure feuilletée bien visible après dessiccation à l'air libre.  
6.-12.XII.1946. 22,1 milles S 84 E Kalemie.-304 m. Vase gris-verdâtre. Structure feuilletée.  
7.-12.XII.1946. 28 milles S 84 E Kalemie. -290 m. Vase gris-verdâtre. Structure feuilletée.  
11.-13.XII.1946. 5 milles Cap Kabogo. -330 m. Vase verte.  
54.-7-8.I.1947. Large delta Malagarasi.16-20 km NW.-24 m. Vase noire.  
66.-15.I.1974. 4 milles E du Cap Tembwe. -360 m.  
(1). La partie supérieure de la carotte est constituée par une vase gris-verdâtre, assez claire, légère, feuilletée.  
(2). La partie inférieure est plus foncée, plus dure aussi.  
94.-28.I.1947. 9 milles NE Cap N Kavaala.-1270 m. Vase molle grisâtre très onctueuse.  
155.-6.III.1047.M-Pala.-5m.  
211.-30.III.1947. 13,7 milles W. Kasanga.-450 m. Vase molle, gris-verdâtre, structure feuilletée.  
216.-31.III.1947. 1 km S Cap Kipimbie. -212/215 m.  
(1) Partie supérieure, couleur gris-verdâtre, structure feuilletée.  
(2) Partie inférieure, couleur gris-verdâtre, plus dure.  
271.-2.V.1947. 10 km E Cap Banza. -439 m.  
(1) Partie supérieure, couleur gris-verdâtre, consistance assez dure.  
(2) Partie inférieure, couleur gris-verdâtre, consistance plus dure, structure feuilletée.  
294.-10.V.1947. Baie de Burton, face Kapala.-110 m. Vase molle grisâtre.  
321.-29.V.1947. Large de Karema.-125/-180 m/Vase grise molle.  
325.-30.V.1947. 4 milles NW Edith Bay. -404 m.  
326.-1.VI.1947. Large du Cap Kungwe. -720 m. Vase dure, compacte gris-verdâtre.

Un premier examen microscopique des sédiments a été effectué par feu H. KUFFERATH (1956). Il a publié une étude sur les organismes contenus dans ces vases. A cette description très fouillée, nous empruntons quelques détails. "L'étude des carottes a démontré que dans cet énorme lac on constate l'existence d'une sorte de diatomite très spéciale constituée aux dépens de longues *Nitzschia* planctoniques (*Nitzschia profunda*), dont les frustules intacts mesurent jusque 500  $\mu$  de long. Cette diatomite particulière a été trouvée dans les sondages profonds dépassant -100 m. Lorsqu'on situe sur la carte les stations de cette diatomite, on constate qu'elles se trouvent sur toute la longueur de la cuvette lacustre et qu'elles ne sont donc pas localisées dans une région particulière. Les stations les plus nombreuses sont celles entre Kabimba et Tembwe, sur la rive ouest et entre Lagosa, Edith Bay et Karema, sur la rive est. On les trouve également à de plus grandes profondeurs du Nord et du Sud."

Signalons à ce sujet qu'en 1937-1947, Th. REINHOLD a publié une étude sur la flore fossile à Diatomées à Moliro, au Sud du lac Tanganika. (Mém. Soc.Géol.Belg. LXI, fasc.1, 39-47). Cette diatomite a été signalée en 1933 par I. DE MAGNEE: "Découverte à Moliro (Katanga) de roches à diatomées dans des dépôts de terrasses au lac Tanganyika" (Bull.Inst.Roy.Col.Belge, 1936, VII, n°2).

Il nous a semblé intéressant à un double point de vue, de reprendre ici le texte pratiquement intégral de I. DE MAGNEE, d'abord parce que notre but étant d'essayer d'établir une comparaison entre les déterminations de Th. REINHOLD sur les espèces relevées dans la diatomite de Moliro et les espèces signalées par H. KUFFERATH dans les sédiments du lac. En second lieu, parce que la description géomorphique de I. DE MAGNEE nous apporte en même temps une vue très particulièrement nette de cette région assez peu connue en général.

"La rive belge du lac Tanganika, qui s'étend de Baudouinville (Zaïre) à la frontière rhodésienne (Zambia), est presque constamment très élevée et abrupte; aux falaises rocheuses que baigne le lac, succèdent des pentes rapides formant le rebord des hauts plateaux des Marungu et de l'Itabwa.

"Les sommets des Marungu atteignent la cote + 2500 et dominent donc le lac de plus de 1700 m. La ligne de niveau + 2000 se rapproche en plusieurs points à moins de 10 km du lac, là où celui-ci accuse de très grandes profondeurs. Les rivières, véritables torrents coupés de chutes, ont creusé des ravins profonds; la partie inférieure de ces ravins se poursuit sous les eaux du lac et forme de véritables fjords. Ceux-ci sont en voie de remblaiement par les alluvions des torrents.

"Dans l'abrupt montagneux qui borde le Tanganyika, la région de Moliro constitue une espèce d'échancrure où le terrain descend en pente douce vers le lac. Cette région déprimée s'étend du Cap Kipimbie, frontière de la Rhodésie, au Cap Mangala, soit sur une largeur d'environ 10 km. Cette dépression est due probablement à l'existence d'une dépendance latérale du graben du Tanganyika, formant palier suspendu.

"La région de Moliro, tout comme les zones voisines, est formée de rhyolites anciennes dévitrifiées (Rhyolites des Marungu), avec bancs de tuf cinérétique interstratifiés dans les coulées (Ces épanchements acides constituant une des plus grandes coulées du monde, entourent toute la

partie Sud du lac Tanganyika). Ces coulées sont restées subhorizontales, comme d'ailleurs les lambeaux de Kundelungu gréseux qui les recouvrent sur le versant méridional des Marungu (Itabwa).

"Dans la dépression de Moliro, les rhyolites et tufs sont, en grande partie, recouverts par des éluvions ou arènes argileuses, ou encore par des cailloutis qui couronnent souvent de petites collines isolées et proviennent manifestement du remaniement (par des rivières) du poudingue de base du Kundelungu; celui-ci affleure partout sur le haut-plateau au-dessus de la cote + 1250 .

"Près de la frontière rhodésienne, au pied du grand escarpement qui aboutit au Cap Kipimbie, coule la petite rivière Libondwe. Ce cours d'eau est assez profondément encaissé dans ses propres alluvions ou dans les cônes de déjection des petits ruisseaux qui descendent de l'escarpement.

"A partir d'environ 1 km de l'embouchure dans le lac Tanganyika, les petits affluents temporaires de la rive gauche ont raviné des roches friables d'une teinte gris-clair un peu jaunâtre ou blanc sale, à grain excessivement fin et à stratification horizontale assez régulière, soulignée par de minces lits de petits cailloux roulés (principalement du quartz).

"Les échantillons de cette roche que j'ai prélevés en 1933 ont été étudiés au microscope, ce qui a permis de reconnaître leur véritable nature: ce sont des diatomites (terres d'infusoires) souillées par la présence d'une certaine proportion de petits grains de quartz anguleux. La nature exacte de ces roches n'ayant pas été reconnue sur le terrain, il n'a pas été fait de tentative pour reconnaître leur extension et leur épaisseur. La stratification régulière, la situation et la nature même de ces formations indiquent qu'il s'agit incontestablement d'un dépôt de terrasse du Tanganyika.

"On a signalé de nombreuses formations de terrasses du lac Tanganyika. La plupart n'atteignent pas 20 m d'altitude au-dessus du niveau actuel des eaux. Ce sont des cailloutis ou sables, cimentés ou non par du calcaire et contenant de nombreuses coquilles à test calcaire. MM. A. SALEE et F. DELHAYE ont signalé au N du lac, des alluvions lacustres analogues situées jusqu'à 340 m au-dessus de son niveau et même en un point à 507 m.

"La terrasse à diatomite de la Libondwe, qui ne contient pas trace de calcaire, est d'une nature totalement différente et très spéciale. A l'époque où elle s'est formée régnaient donc dans le Tanganyika des conditions de milieu différents des conditions actuelles.

"L'étude complète de la diatomite, actuellement aux mains d'un spécialiste, permettra sans doute de tirer des conclusions importantes en ce qui concerne l'évolution lacustre et même les climats du Pléistocène.

"Les points où a été observée la diatomite sont à une altitude variant de 30 à 60 m au-dessus du lac. On pourrait donc croire que cette terrasse est d'âge assez récent, intermédiaire entre celui des basses terrasses signalées au N par MM. A. SALEE et F. DELHAYE. Cependant, il faut remarquer que la terrasse de la Libondwe est située au pied d'un escarpement de faille haut de 300 m et à peine entamé par l'érosion.

"Cette faille d'effondrement doit donc être d'âge relativement récent, et il est possible qu'elle ait joué après la formation de la diatomite. Celle-ci a donc pu se former à une altitude relativement bien plus élevée que celle où elle se trouve actuellement et être relativement ancienne".

Tableau 5

Tableau comparatif entre les espèces de diatomées de la diatomite de Moliro et celles identifiées dans les sédiments du lac Tanganika.

Espèces	Diatomite de Moliro Th. REINHOLD	Qualification Th. REINHOLD	Sédiments du lac. H./KUFFERATH
<i>Achnanthes similis</i>	+	Saumâtre	0
<i>Aedium dilatatum</i>	0		+
<i>Amphora ovalis v. pediculus</i>	0		+
<i>A. subrobusta v. pliocenica</i>	+	Halophile	0
<i>Cocconeis placentula v. euglypta</i>	0		+
<i>C. pediculus</i>	+	Dulcicole, halophile	0
<i>Cymatopleura elliptica</i>	+	Dulcicole	0
<i>C. solea</i>	+	Dulcicole	0
<i>Cymbella affinis</i>	+	Dulcicole	0
<i>C. aspera</i>	+	Dulcicole	0
<i>C. Cesatii</i>	+	Dulcicole, halophile	0
<i>C. cucumis</i>	+	Dulcicole	+
<i>C. glomerata</i>	+	Dulcicole	+
<i>C. grossestriata v. obtusiuscula</i>	+	Dulcicole, halophile	0
<i>C. lata</i>	+	Dulcicole, halophile	0
<i>C. Muelleri</i>	0		+
<i>C. parva</i>	+	Dulcicole	0
<i>C. prostrata</i>	+	Dulcicole, halophile	0
<i>C. turgida</i>	+	Dulcicole	0
<i>C. ventricosa</i>	0		+
<i>Denticula pelagica</i>	+	Dulcicole	0
<i>D. Van Heurckii</i>	+	Dulcicole	0
<i>Diploneis ovalis</i>	0		+
<i>D. subovalis</i>	0		+
<i>D. subovalis v. argentina</i>	+	Dulcicole, saumâtre	0
<i>Eunotia pectinalis v. minor</i>	0		+
<i>Fragilaria africana</i>	0		+
<i>Gomphonema africanum</i>	0		+
<i>Gomphonema intricatum</i>	+	Dulcicole	0
<i>Gomphonema lanceolatum</i>	+	Dulcicole	0
<i>Melosira Goetzeana fa tenuior</i>	0		+
<i>W. granulata</i>	+	Dulcicole	+
<i>W. granulata v. angustissima</i>	0		+
<i>M. italica</i>	0		+
<i>M. pyxis</i>	0		+
<i>Navicula amplexans</i>	+	Dulcicole	0
<i>N. bacillum</i>	+	Dulcicole	0
<i>N. crucicula</i>	0	Dulcicole	+

<i>N. farta</i>	+		0
<i>N. gastrum</i>	+		+
<i>N. nyassensis</i>	0		+
<i>N. placentula</i>	+	Dulcicole	0
<i>N. placentula fa rostrata</i>	+	Dulcicole	0
<i>N. placentula fa latiuscula</i>	+	Dulcicole	0
<i>N. subgastrum</i>	+	Dulcicole	0
<i>Neidium dilatatum</i>	0		+
<i>N. iridis</i>	+	Dulcicole, halophile	0
<i>Nitzschia aequalis</i>	0		+
<i>N. amphibia</i>	+	Dulcicole	+
<i>N. confinis</i>	0		+
<i>N. frustulum v. perminuta</i>	0		+
<i>N. frustulum v. subsalina</i>	+	Saumâtre	0
<i>N. lancettula</i>	+		+
<i>N. paleacea</i>	0		+
<i>Rhopalodia gracilis</i>	0		+
<i>R. hirundiniformis</i>	+		+
<i>R. hirundiniformis v. parva</i>	0		+
<i>R. vermicularis fa recta</i>	+	Dulcicole	0
<i>Surirella biseriata v. constricta</i>	+	Dulcicole	0
<i>Surirella biseriata v. bifrons</i>	+	Dulcicole	0
<i>C. caproni</i>	+	Dulcicole, saumâtre	0
<i>S. Engleri</i>	+	Dulcicole	0
<i>S. Fullebornii v. elliptica</i>	+	Dulcicole	0
<i>S. linearis</i>	+	Dulcicole	0
<i>S. tenera</i>	+	Dulcicole	0
<i>Synedra pulchella</i>	+	Saumâtre	0
<i>S. Ulna</i>	+	Dulcicole	0
<i>S. Ulna v. aequalis</i>	0		+
<i>S. Ulna v. danica</i>	0		+
<i>S. Ulna v. oxyrrhynchus</i>	0		+

En exceptant les espèces et variétés nouvelles créées respectivement par Th. REINHOLD et H. KUFFERATH, on dénombre 70 espèces et variétés dont: 44 espèces pour Moliro et 23 pour les sédiments (H. KUFFERATH, 1956).

Sept espèces seulement sont communes aux deux listes, soit:

<i>Cymbella cucumis</i>	<i>Nitzschia amphibia</i>
<i>Cymbella glomerata</i>	<i>Nitzschia lancettula</i>
<i>Melosira granulata</i>	<i>Rhopalodia hirundiniformis</i>
<i>Navicula gastrum</i>	

Des espèces renseignées par Th. RHEINHOLD, 12 sont connues du plancton lacustre actuel proprement dit, les autres, pour autant que nous le sachions, n'ont jamais été signalées du Tanganika (L. VAN MEEL, 1954).

Parmi celles encore actuellement connues du lac, citons:

<i>Cocconeis placentula v. euglypta</i>	<i>Navicula gastrum</i>
<i>Cocconeis pediculus</i>	<i>Rhopalodia hirundiniformis</i>
<i>Cymatopleura solea</i>	<i>Surirella Engleri</i>
<i>Cymbella turgida</i>	<i>Synedra pulchella</i>
<i>Cymbella ventricosa</i>	<i>Synedra Ulna</i>
<i>Fragilaria africana</i>	<i>S. Ulna v. danica</i>

On pourrait conclure de cette comparaison à une grande différence entre les flores d'époques probablement très éloignées. L'existence d'espèces connues encore actuellement du plancton du lac pourrait être une preuve d'une relation entre cette diatomite de Moliro et le plancton du lac à une époque lointaine, ou bien encore que le niveau du lac se trouvait à cette hauteur, ou bien que, par des mouvements tectoniques, un soulèvement se soit produit de sorte que ces couches de diatomite se trouvent à l'heure actuelle au-dessus du niveau lacustre. Nous ne pouvons trancher cette question: c'est à la géologie de trouver la solution à ce problème.

-----

### Annexe III.

#### Examen chimique des sédiments. (R. VAN TASSEL)

Les analyses chimiques ont été effectuées en partie au laboratoire de la Section d'Hydrobiologie (analyste G. VAN DER VEKEN) et en partie à la Section de Minéralogie-Pétrographie (analyste L. VAN STIPHOUDT).

Les analyses ont été exécutées, essentiellement, sur des sédiments fins. Ceux-ci proviennent de profondeurs entre -110 et -1270 m et furent tous qualifiés de vases (vertes ou noires) par H. KUFFERATH (1956). Les données obtenues sont consignées dans le tableau 6.

Quelques sédiments (n° 271, 294 et 325) sont carbonatés et ne donnent que 56 à 73 % de résidu avec HCl 4n à froid. Il s'agit, du moins pour l'échantillon n° 271-1 étudié plus en détail, de carbonate de calcium (CaO: 14,1 %; CO<sub>2</sub>: 10,8 %, soit en rapport moléculaire CaO: CO<sub>2</sub> = 1,02: 1). Ces sédiments sont caractérisés par la présence de menus corps fusiformes, anisotropes, fortement biréfringents, de l'ordre de 20 µm (figure 7). Ces derniers constituent les "cristallisations pseudo-naviculoïdes ou pseudo-cristallisations naviculoïdes" citées par H. KUFFERATH dans son mémoire de 1956, qu'il illustre abondamment (sa planche VII).

Comme d'une part ces sédiments se révèlent relativement riches en CaCO<sub>3</sub> et font apparaître, à la diffraction des rayons X, des raies caractéristiques de l'aragonite, et comme, d'autre part, les corps fusiformes disparaissent, avec effervescence, sous l'action de l'acide chlorhydrique dilué froid, et sont composés, d'après la microsonde électronique, de calcium, il y a lieu d'assimiler ces cristallisations à de l'aragonite (Figure 7).

Tableau 6

N°	Profondeur m	P.F.*	SiO <sub>2</sub> *	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> sol**	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tot**	CO <sub>2</sub> **	CaO sol**
4	200	18.8	52.5	3.2	.	-	.
6	304	16.6	56.8	2.9	.	-	.
7	290	19.4	51.7	2.4	.	.	.
11	330	20.2	53.9	4.0	.	-	.
66-1	360	20.5	50.9	4.0	4.7	-	.
66-2	360	24.3	45.4	5.0	.	-	.
94-1	1270	12.3	56.4	3.7	6.4	-	.
94-2	1270	11.8	53.4	4.3	7.9	-	.
211	450	8.3	59.1	1.8	.	-	.
216-1	212-215	6.6	59.0	1.8	14.3	-	.
216-2	212-215	13.9	54.6	2.8	.	-	.
271-1	430	28.4	31.3	4.1	.	10.8	14.1
271-2	430	24.8	40.0	3.2	.	+	.
294-2	118	22.8	37.3	4.9	.	+	.
321	150-180	14.2	61.3	4.6	.	-	.
325	404	21.8	43.6	4.7	.	+	.
326	720	28.1	42.5	4.5	.	-	.

P.F.= perte au feu ; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sol = fer calculé comme Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> soluble dans HCl 4n chaud ; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tot = fer total calculé comme Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ; CaO sol = CaO en solution dans HCl 4n chaud.

(\* analyste G. VAN DER VEKEN: \*\* L. VAN STIPHOUDT).

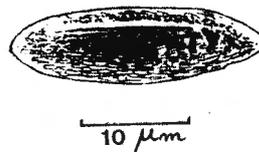


Fig. 7 Cristal fusiforme d'aragonite. (Stat.271. Prof. -430 m)

La teneur en silice des sédiments examinés, subtraction faite éventuellement de la fraction carbonatée, varie entre 42 et 61 %  $\text{SiO}_2$ . Comme les sédiments font apparaître sous le microscope une masse de fond importante, cryptocristalline, leurs radiogrammes, à la diffraction des rayons X, sont peu nets, mais permettent de déceler des minéraux argileux du type kaolinite-illite.

Les sédiments laissent extraire de 1,8 à 5 % de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  par  $\text{HCl}$  4n froid, mais la teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total peut être considérablement plus élevée, par exemple 6,4 à 7,9 voire 14,3 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Ceci souligne que certains composés ferrifères des sédiments résistent relativement bien à une attaque à l'acide.

Pour les sédiments où le quartz, même de faibles dimensions, semble être absent, les pertes au feu varient entre 16,6 et 28,1 %, ce qui peut être l'effet de fortes teneurs en minéraux argileux.

#### Annexe IV.

Examen sédimentologique. Texte  
rédigé par M. LABBE et S. WARTEL.

Nous avons pu examiner 25 échantillons de sédiments provenant du lac et prélevés en 1946-1947, au cours de la Mission Hydrobiologique Belge. Les gisements sont reportés sur la carte (Figure 8). Un examen microscopique a été effectué sur préparations extemporanées en vue de déterminer la dimension des grains, en estimant la médiane (M), le grain le plus gros (C) et le classement des éléments (Cl). Un examen plus détaillé n'a pas été possible, les matériaux disponibles n'étant pas assez copieux. Les minéraux lourds (d 2,8) ont été déterminés au microscope. Sur quelques carottes de sondage, non dérangées, restées dans leur état original, on a exécuté un examen radiographique.

#### Examen de la dimension des grains.

On trouve les résultats de cet examen dans le tableau 7. A l'exception de l'échantillon 134, tous les sédiments présentent une texture très fine. Pour la plupart d'entre-eux, la valeur médiane est inférieure à 9  $\mu\text{m}$ . Le classement est mauvais à très mauvais, sauf pour les échantillons 2 (moyennement bon) et 134 (bon). Dans un diagramme-M (Figure 10) (R.PASSEGA, 1957, 1964), les échantillons peuvent être classés en trois groupes.

Un premier groupe (2,54a, 54b et 134) comprend des sédiments situés dans la zone QR, indiquant ainsi qu'ils ont été déposés lors d'un transport par saltation. Comme un courant important semble inexistant au lac, il est plus que probable que le transport du sédiment a été effectué par les vagues sous l'effet du vent. Le sédiment plus grossier de ces échantillons est probablement originaire des rivières tributaires du lac (e.a. la Malagarasi, 54.)

Un second groupe de sédiments (6,66 - 1,155,321) est situé dans la zone RS. La présence de particules entre 100 et 180  $\mu\text{m}$  montre l'apport d'une suspension homogène et l'existence d'un certain courant. Ici aussi érosion et transport sont occasionnés par l'action du vent.

Il est vraisemblable que ce sédiment en suspension provient de l'apport de rivières. Ainsi le n° 321, provenant de la vallée sous-lacustre de la riv. Ifume, visible sur la carte bathymétrique de A. CAPART (1949), pour être transporté plus loin dans le lac sous l'effet de courants.

Un troisième groupe (7, 11, 66-2, 94, 241, 216, 271, 294, 325, 326) forme un essaim de points situés dans le champ T. Ces sédiments ont une valeur très petite (plus petite que  $9 \mu\text{m}$ ). Un pareil sédiment est caractéristique d'un bassin de sédimentation très calme, de très grande profondeur (sédiments pélagiques). Ceci correspond à des profondeurs dépassant -200 m.

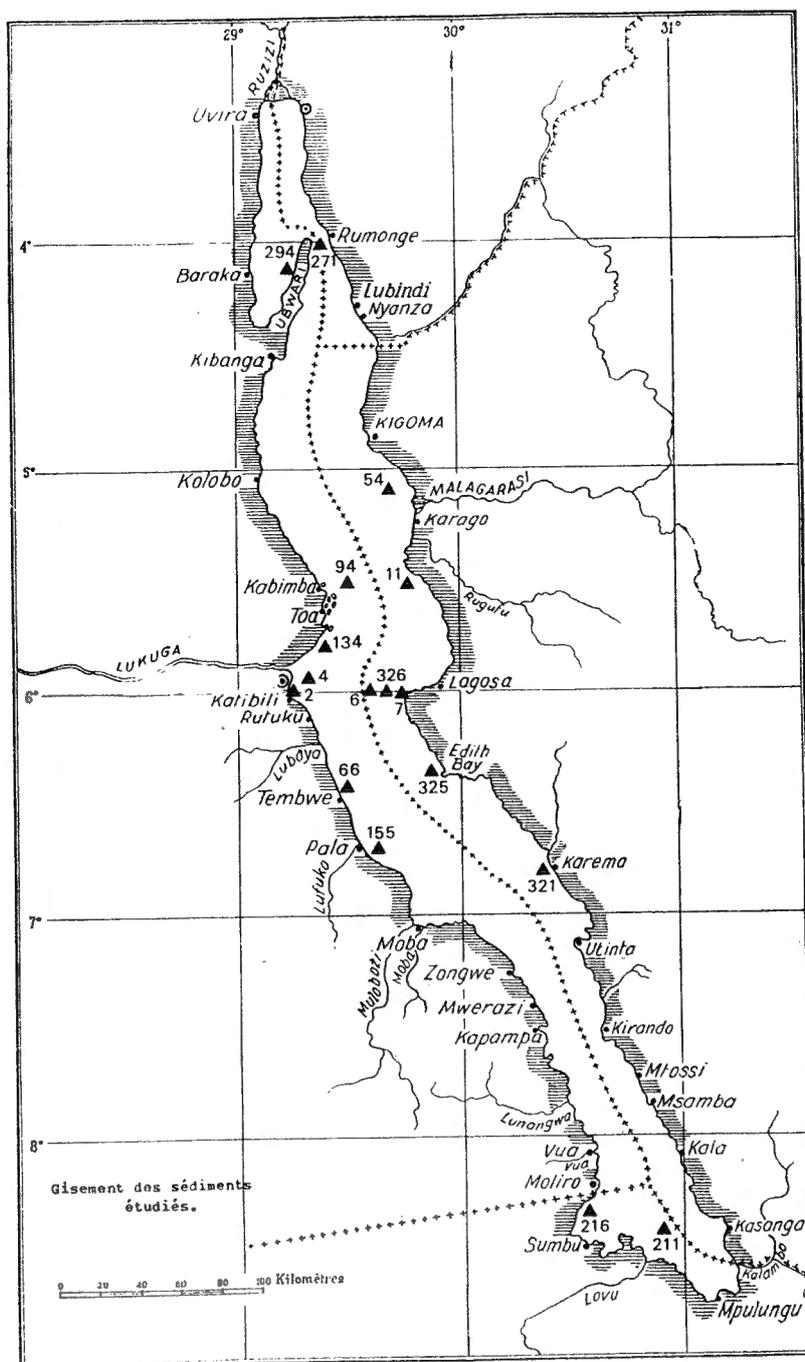


Fig.8 Gisement des sédiments étudiés.

On a exécuté un examen radiographique de deux carottes de sondage, l'une (54) prise à -140m montrant une alternance d'argile sableuse (couleur plus claire sur la photo (Fig.11,12) et des lames argileuses (teinte plus foncée). Cette structure en lames donne l'impression d'un milieu à sédimentation calme dans lequel des variations périodiques dans l'apport des sédiments se manifestent. Ces images caractérisent probablement une transition dans la sédimentation d'une suspension homogène (QH dans le diagramme CM) vers un sédiment pélagique (T dans le diagramme CM).

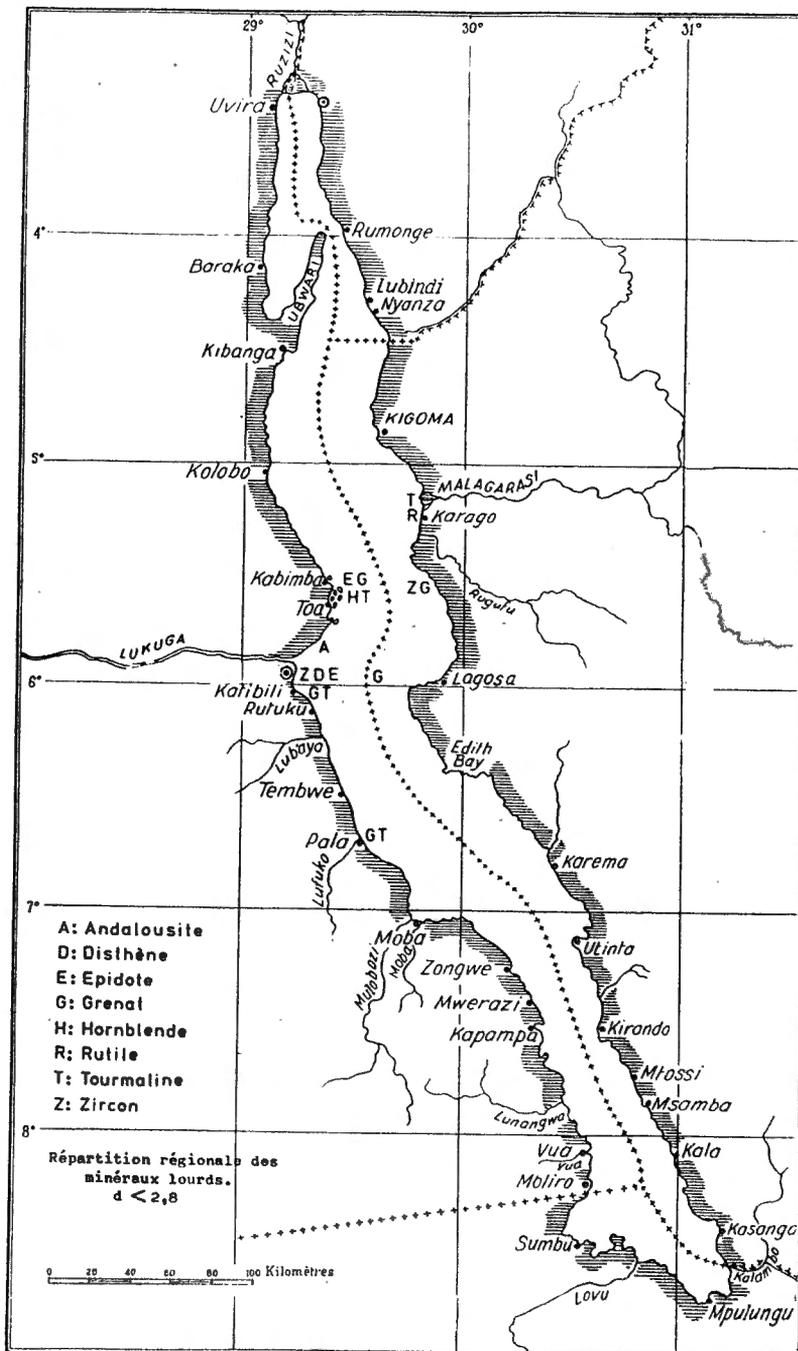


Fig. 9. Répartition régionale des minéraux lourds.

### Examen radiographique.

On a exécuté un examen radiographique de deux carottes de sondage, l'une (54) prise à -140 m montrant une alternance d'argile sableuse (couleur plus claire sur la photo (Figure ) et des lames argileuses (teinte plus foncée). Cette structure en lames donne l'impression d'un milieu à sédimentation calme dans lequel des variations périodiques dans l'apport des sédiments se manifestent. Ces images caractérisent probablement une transition dans la sédimentation d'une suspension homogène (QR dans le diagramme CM) vers un sédiment pélagique (T dans le diagramme CM).

### Minéraux lourds.

Dans le tableau 7 on a présenté un aperçu des minéraux lourds observés dans les sédiments. Certains échantillons étaient trop fins pour permettre la recherche de minéraux lourds par voie microscopique. Des huit minéraux rencontrés, trois (disthène, épidote et grenat) proviennent de roches métamorphiques, trois (andalousite, hornblende et tourmaline) peuvent avoir une origine métamorphique mais provenir également de roches plutoniennes acides, alors que le rutile et le zircon proviennent presque certainement de roches plutoniennes acides.

Le nombre des échantillons est trop restreint pour permettre une conclusion quelconque au sujet d'une répartition régionale (Figure 9 ).

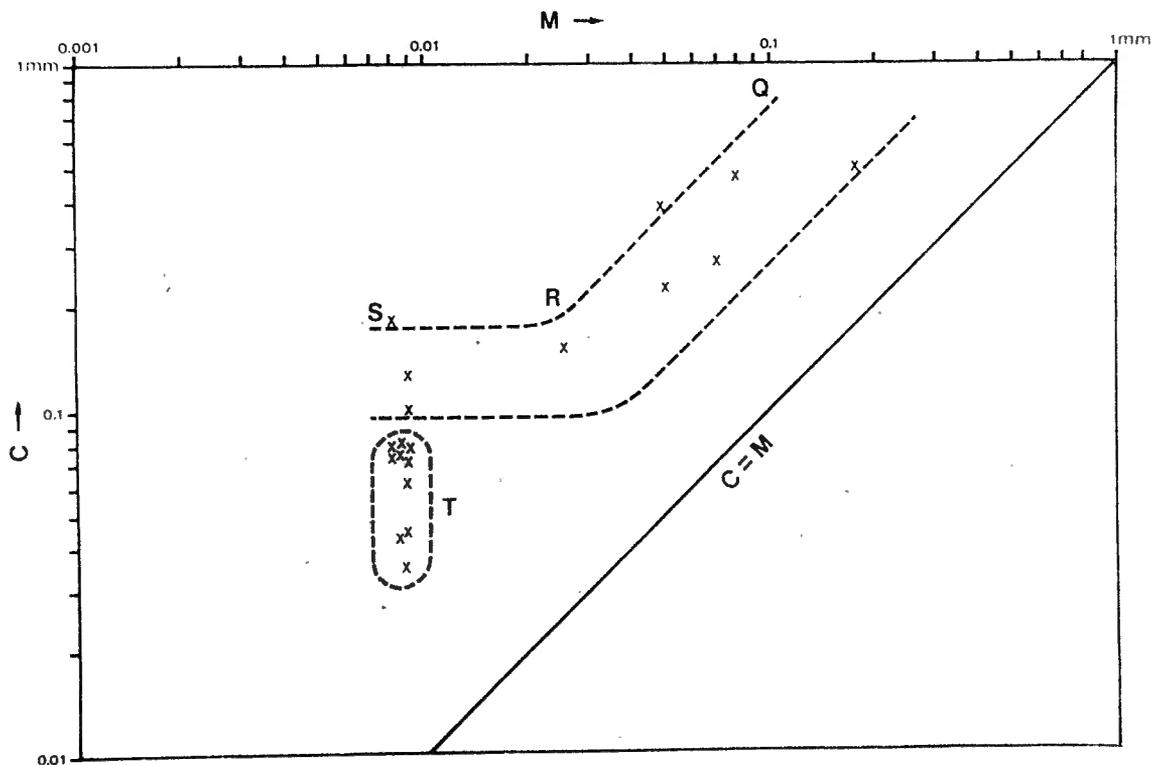


Fig. 10 Diagramme M: dimension des grains dans le sédiment.

Observations générales.

L'examen sédimentologique de quelques échantillons permet de conclure que ces sédiments proviennent de roches métamorphiques et pluto-niennes acides. Ils furent transportés vers le lac par les rivières tributaires. Des courants provoqués par l'impact des vents ont transporté le sédiment plus loin dans le lac occasionnant ainsi une sédimentation des éléments de plus en plus fins. Dans les parties à profondeur dépassant -200 m, se manifeste un sédiment pélagique typique.

Bibliographie.

- CAPART A., 1949. Sondages et carte bathymétrique. (Expl. Hydrob. lac Tanganika. II. fasc. 3).
- PASSEGA R., 1957. Texture as characteristic of clastic deposition. (Bull. Am.Ass.Petr.Geol. XLI (9) 1952-1984).
- PASSEGA R., 1964. Grain size representation by CM-patterns as a geological tool. (Journ.Sed.Petr. XXXIV (4), 830-847).

Tableau 7

Echant. N°	Profond. m	C µm	M µm	Cl	Minéraux lourds	Onservations
2	-5	260	70	mb	zircon, disthène, épidote, grenat, tourmaline	spicules biotite
4	-200	30	<25	m		spicules
6	-304	180	< 9	tm	grenat	
7	-290	10	< 9	m		
11	-330	80	< 9	tm	zircon, grenat	
54-1	-5	470	80	m	tourmaline	
54-2	-5	370	50	m	rutile	
54-3	-5	220	50	m		mica
66-1	-360	100	< 9	tm		
66-2	-360	50	< 9	m		
94-1	-1270	80	< 9	tm	épidote, hornblende	biotite
94-2	-1270	80	< 9	tm	épidote, grenat, tourmaline	
134	-80	480	140	b	andalousite	muscovite
155	-1	150	25	tm	grenat, tourmaline	feldspath
211	-450	80	< 9	tm		
216-1	-212/215	50	< 9	m		
216-2	-212/215	60	< 9	m		spicules
271-1	-430	40	< 9	m		
271-2	-430	80	< 9	tm		
294-2	-118	50	< 9	m		
321	-150/180	130	< 9	m		spicules
325	-404	70	< 9	m		spicules
326	-720	40	< 9	m		spicules

Explication des sigles: C: dimension maximale des grains; M: valeur médiane; Cl: classement b: bon; m: mauvais; tm: très mauvais.

Examen radiographique de quelques carottes de sondage du lac Tanganika.

(Expédition hydrobiologique, 1946-1947).



-----  
argile et débris coquilliers  
-----

argile sableuse (teinte claire) et lames d'argile (teinte foncée), coquilles réparties dans la masse (lignes courbes, noires).

-----  
RX 7 - Tan 54

Fig. 11



-----  
dominance de lames d'argile (teinte foncée)  
argile sableuse (teinte claire) et argile  
----- laminée (teinte foncée)

dominance de lames d'argile  
-----

RX 13 - Tan 54, 140 m

Fig. 12

Note: les traits blancs sont provoqués par la dessiccation des carottes avec formation de fêlures.

Annexe 5

Bibliographie pour les quatre lacs

Aux fins d'éviter des redites, nous avons réuni la bibliographie pour les quatre lacs à la fin du 2ième fascicule Lac Tanganika.

- ALEXANDER, M., 1971. Biochemical ecology of microorganisms. *Ann. Rev. Microbiol.*, 25: 361-392.
- ALLGEIER, R. J., PETERSON, W. H., JUDAY, C. & BIRGE, E. A., 1932. The anaerobic fermentation of Lake deposits. *Int. Rev. ges. Hydrob.*, 26: 444-461.
- ANAGNOSTIDES, K. & OVERBECK, J., 1966. Methanoxydier und hypolimnischen Schwefelbakterien. Studie zur ökologische Biocönotik der Gewässermikroorganismen. *Ber. dtsh. Bot. Ges.*, 79: 163-174.
- ASSELBERGHS, E., 1938. Quelques données nouvelles sur le graben du lac Edouard. *Bull. Soc. belge Géol.*, 48: 150-155.
- ASSELBERGHS, E., 1939. Note explicative de la carte géologique de la région du Kivu au 500.000e. *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*, 9(1): 281-307.
- ATKINSON, L. P. & EICHARDS, P. A., 1967. The occurrence and distribution of methane in the marine environment. *Deep-Sea Res.*, 14: 673-684.
- BAKER, B. H., MOHR, P. A. & WILLIAMS, L. A. J., 1972. Geology of the Eastern Rift System of Africa. *The geological Soc. Amer. Special paper*, 136 pp.
- BAKER, S. W., 1866. The Albert-Nyanza, great basin of the Nile. London., 2 vol. 395-484 pp.
- BARKER, R. A., 1936. On the biochemistry of methane fermentation. *Arch. Mikrobiol.*, 7: 1404.
- BARNES, R. O. & GOLDBERG, E. D., 1976. Methane production and consumption in anoxic marine sediments. *Geology*, 4: 297-300.
- BAXTER, R. W., PROSSER, M. V., TALLING, J. F. & WOOD, R. B., 1965. Stratification in tropical african lakes at moderate altitudes, 155 to 200 m. *Limnol. Oceanogr.*, 10: 510-520.
- BEADLE, L. C., 1932. The waters of some East African lakes in relation to their fauna and flora. *Scient. Res. of the Cambridge Exped. to the East Afr. Lakes. 1930-1931. J. Linn. Soc. Zool.*, 38: 157-211.
- BEADLE, L. C., 1968. East African Lakes in R. N. FAIRBRIDGE. *The Encyclopedia of Geomorphology*. N.Y.: 303-308.
- BEADLE, L. C., 1874. *The inland waters of tropical Africa*. Thatfort. 365 pp.

- BEAUCHAMP, R.S.A., 1939. Hydrology of Lake Tanganyika. *Intern.Rev.ges.Hydrob.*, 39: 316-358.
- BEAUCHAMP, R.S.A., 1940. Chemistry and Hydrography of Lakes Tanganyika and Nyassa. *Nature*, 146: 253-256.
- BEAUCHAMP, R.S.A., 1946. Lake Tanganyika. *Nature*, 157: 183-188.
- BEAUCHAMP, R.S.A., 1953. Sulphates in African inland waters. *Nature*, 171: 769-771.
- BEAUCHAMP, R.S.A., 1964. The Rift Valley Lakes of Africa. *Verh.Int.Ver.Theor. angew.Limnol.*, 15: 91-99.
- BERNER, R.A., 1964. Distribution and diagenesis of sulfur in some sediments of the Gulf of California. *J.mar.Geol.*, 1: 177.
- BISHOP, W.W., 1963. The later Tertiary and Pleistocene in Eastern Equatorial Africa, in: HOWELL, F.C. & BOULIERE, F. African ecology and human evolution: 246-275.
- BISHOP, W.W. & POSNANSKY, M., 1960. Pleistocene environments and early man in Uganda. *Uganda J.*, 24: 44-61.
- BISHOP, W.W. & TRENDALL, A.F., 1967. Erosion surface tectonics and volcanic activity in Uganda. *Quart.J.Geol.Soc.Lond.*, 122: 385-420.
- BOUTAKOFF, N., 1933. Le coude du système des fractures du graben central africain au lac Kivu et ses ramifications dans la cuvette congolaise. *Bull.Soc.belge Géol.*, 43: 42.
- BOUTAKOFF, N., 1937. Sur l'écoulement vers le Nord au lac Tanganika au Pleistocène. *Ac.Roy.Belg.Bull.Cl.Sc.*, 5.22: 703-715.
- BROCON, J.F., 1962. Inclusion compounds. *Scient.Amer.*, 207: 82.
- BROOKS, C.E.P., 1923. Variations in the levels of the Central African lakes Victoria and Albert. *Geophysical mem.*, 20(2): 326-344.
- BROOKS, J.L., 1950. Speciation in ancient lakes. *Quart.Rev.Biol.*, 25: 131-176.
- BRYANT, M.P., WOIN, E.A. & WOLFA, R.S., 1967. *Methanobacillus omeliaskii*, a symbiotic association of two species of bacteria. *Arch.Mikrobiol.*, 59: 20.
- BRYLINSKY, M. & MANN, K.H., 1973. An analysis of factors governing productivity in lakes and reservoirs., *Limnol.Oceanogr.*, 18: 1-4.
- BULTOT, F., 1965. A propos de l'évaporation du lac Tanganika. *Acad.Roy. Sc.Outre-Mer, Bull.séanc.*, 4: 1926.
- BURGESS, C.F., 1986. The structural and stratigraphic evolution of Lake Tanganyika: a case study of continental rifting. Thesis. Duke University: 46 pp.
- BURGIS, M.J., 1984. Food chain efficiency in the open waters of Lake Tanganika. *Bull.Acad.Roy.Sci.Outre-Mer. Bull.séances*, 30: 283-284.

- BURTON, R.F., 1860. The lake region of Central Africa. 2 vol.: 412, 468 pp.
- BUTZEN, K.W., ISAAC, G.L., RICHARDSSON, J.L. & WASHBOURNE-KAMAN, C., 1972. Radiocarbon dating of East African lake levels. *Science*, 175: 1069-1076.
- CAHEN, L., 1954. Géologie du Congo Belge: 577 pp.
- CAMUS, C., 1965. Fluctuation du niveau du Lac Tanganika. *Acad. roy. Sc. Outre-Mer. Bull. séances*, 4: 1242-1256.
- CAPART, A., 1949. Sondages et carte bathymétrique. *Expl. Hydrob. Lac Tanganika, 1946-1947, Rés. scient.*, 2(2): 16 pp.
- CAPART, A., 1952. Le milieu géographique et géophysique. *Expl. Hydrob. Lac Tanganika. Rés. scient.*, I: 1-27.
- CAPART, A., 1955. Les déplacements récents de l'estuaire de la Ruzizi, affluent du Lac Tanganika. *Acad. roy. Sci. colon. Bull. séances*. N/S 1: 1055-1103.
- CAPART, A., 1955. L'écho-sondage dans les lacs du Congo Belge. Techniques et résultats. *Bull. agric. Congo Belge*: 46(5): 1075-1104.
- CAPART, A., 1960. Le Lac Kivu. *Les Naturalistes belges. Bull. mens.*, 41: 397-417.
- CAPART, A. & KUFFERATH, J., 1956. Recherches hydrobiologiques au Congo Belge et leurs résultats pratiques. *Bull. Agric. Congo-Belge*, 47: 1-12.
- CAPPENBERG, Th.E., 1974. Interrelationships between sulfate-reducing and methane producing bacteria in bottom deposits of a fresh-water lake. I. Field observations. *Anton v. Leeuwenhoek*, 40: 285-295.
- CAPPENBERG, Th.E., 1974. II. Inhibition experiments. *Anton v. Leeuwenhoek*, 40: 285-295.
- CAPPENBERG, Th.E., 1975. A study of mixed continuous cultures of sulfate reducing and methane producing bacteria. *Microbiol. Ecol.*, 2: 60-72.
- CARSON, A., 1892. The rise and fall of Lake Tanganika. *Quart. J. Geol. Soc.*, 48: 401.
- CHOROWICZ, J., MUKONKI, N.B. & POTTIER, Y., 1979. Evidence of horizontal compression linked with the opening of the east African rifts (Western branch) in the ridge between the Kivu and the Tanganyika lakes. *C.R. som. Séance. Soc. géol. France*, (5-6): 231-234.
- CLAUSSEN, W.F., 1951. A second water structure for inert gas hydrates. *J. Chem. Phys.*, 19: 142.
- CLAUSSEN, W.F., 1951. Suggested structures for inert gas hydrates. *J. Chem. Phys.*, 19: 259, 662.
- CLAUSSEN, W.F. & POLGLASE, W.F., 1952. Solubilities and structures in aqueous aliphatic hydrocarbon solutions. *J. Amer. Chem. Soc.*, 74: 4817.

- CLAYPOOL, G.E. & KAPLAN, I.R., 1974. The origin and distribution of methane in marine sediments in: I.R.KAPLAN; 1974. Natural gases in marine sediments: 99-140.
- COOKE, H.B.S., 1958. Observations relating to quaternary environments in East and Southern Africa. *Trans.Proc.Geol.Soc.S.Afr.*, (5): 1-73.
- CORNET, J., 1896. Le Tanganika est-il un "Relicten-Sea?". *Mouv.Géogr.*, 25: 302-304; 26: 313-315.
- CORSON, A., 1892. The Rise and Fall of Lake Tanganika. *Quart.J.Geol.Soc.*, 48: 401.
- COULTER, G.M., 1962. Lake Tanganyika Research. *Joint Fish.Res.Organ.Ann.Rept.*, 10:160.
- COULTER, G.W., 1963. Hydrological changes in relation to biological production in southern Lake Tanganyika. *Limnol.Oceanogr.*, 8: 463-477.
- COULTER, G.W., 1966. Hydrological processes and the deep-water fish community in Lake Tanganyika. Queens Univ.Belfast.Ph.D.Thesis. 204 pp.
- COULTER, G.W., 1967. Low apparent oxygen requirements of deep-water fishes in Lake Tanganyika. *Nature Lond.*, 215: 317-318.
- COULTER, G.W., 1968. Thermal stratification in the deep hypolimnion of Lake Tanganyika. *Limnol.Oceanogr.*, 13: 385-388.
- COULTER, G.W., 1969. Hydrological processes and primary production in Lake Tanganyika. *Proc.11th.Conf.Lakes Inst.Ass.great Lakes res.:* 609-626.
- COULTER, G.W., 1977. Approaches to estimation fish biomass and potential yield in Lake Tanganyika. *Journ.Fish.Biol.*, 2: 393-408.
- COULTER, G.W., 1981. Biomass, Production and Potential yield of the Lake Tanganyika. Pelagic fish Community. *Trans.Am.Fish.Soc.*, 110: 325-355.
- COULTER, G.W., HARDING, D., ECCLES, D.H. & BELLCROSS, G., 1965. Unique opportunities for research in the Great Lakes of Central Africa. *Nature Lond.*, 206: 4-6.
- CRAIG, H., 1975. Lake Tanganyika. Geochemical and hydrographic study. 1973 Expedition. *Scripps Inst.Oceanogr. Ser.* 75-5: 83 pp.
- CULBERSON, D.L., MCKETTA, J. Jr., 1951. Phase equilibria in hydrocarbon water systems. III. The solubility of methane in water at pressures to 10.000 PSIA. *Petrol.Transact.AIME*, 192: 223-226.

- CUNNINGTON, W.A., 1905-1906. The third Tanganyika Expedition. *Nature*. 73: 310.
- CUNNINGTON, W.A., 1920. The fauna of the African Lakes: a study in comparative Limnology with special reference to Tanganyika. *Proc. Zool. Soc.*, Lond. 507-622.
- DAMAS, H., 1937. Recherches hydrobiologiques dans les lacs Kivu, Edouard et Ndalaga. *Expl. Parc Nat. Albert Mission H. DAMAS, 1935-1936*. 1: 128 pp.
- DAMAS, H., 1937. La stratification thermique et chimique dans les lacs Kivu, Edouard et Ndalaga (Congo Belge). *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 8: 51-68.
- DAMAS, H., 1938. Quelques caractères écologiques de trois lacs équatoriaux: Kivu, Edouard, Ndalaga. *Ann. Soc. Roy. Belge Zool.*, 68: 121-135.
- DAMAS, H., 1954. Etude limnologique de quelques lacs Ruandais. II. Etude thermique et chimique. *Inst. Roy. Col. Belge Sect. Sc. Nat. et Méd.*, in 8°. 24: 116 pp.
- DARTEVELLE, E. & SCHWETZ, J., 1947. Contribution à l'étude de la faune malacologique des grands lacs africains. 1e étude: lacs Albert, Edouard, Kivu. *Inst. Roy. Col. Belge Sect. Sc. nat. et Méd.*, 14(4): 48 pp.
- DARTEVELLE, E. & SCHWETZ, J., 2e étude. Le lac Tanganika d'après les résultats des dragages de L. STAPPERS. *Inst. Roy. Col. Belge Mém. in 8° Sect. Sc. nat. et méd. Mém.*, 14(5): 126 pp.
- DAVIES, S.L. & W ITTENBURY, B., 1970. Fine structure of methane and other hydrocarbon utilizing Bacteria, *J. gen. Microbiol.*, 61: 227-232.
- DAVIES, T.R.. Isolation of bacteria capable of utilizing methane as a hydrogen donor in the process of denitrification. *Water. Res.*, 7: 575-579.
- DEELSTRA, H., 1971. La teneur en fluor dans les lacs de l'Afrique centrale et orientale. *Bull. Soc. Belge Et. géogr.*, 40: 112-119.
- DEGENS, E.T. & KULBICKI, G., 1973. Hydrothermal origin in some East-African rift lakes. *Mineral deposits*. Berlin, 8: 388-404.
- DEGENS, E.T., OKADA, H., HONJO, S. & HATHAWAY, J.C., 1972. Microcrystalline sphalerite in resin globules suspended in lake Kivu, *East Africa Mineral deposits*. Berlin, 7: 4-12.
- DEGENS, E.T., VON HERZON, R.P. & WONG, H.K., 1971. Lake Tanganyika, water chemistry, sediments, geological structure. *Naturwiss.*, 57: 229-241.

- DUBOIS, J.Th., 1958. Composition chimique des affluents dans le Nord du Lac Tanganika. *Bull. séance Acad. sc. colon.*, 4: 1226-1237.
- DUBOIS, J.Th., 1962. Conditions hydrologiques du bassin nord du lac Tanganika. *Coop. Techn. Afric.*, 3<sup>e</sup> coll. Lusaka. 163: 133-135.
- EMERY, K.O. & HOGGAN, D., 1958. Gases in marine sediments. *Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 42: 2174.
- ENNS, T., SCHOLANDER, P.F. & BRADSTREED, E.D., 1965. Effect of hydrostatic pressure on gases dissolved in water. *J. Phys. Chem.*, 69: 389.
- EVANS, J.B., 1962. The distribution of phytoplankton in some central East-African waters. *Hydrobiologia*, 69: 389.
- EVERT, M.J., 1970-1980. Le Lac Tanganika, sa faune et la pêche au Burundi. *Miméogr. Bujumbura*; 226 pp.
- FERRO, W., 1975. Observations limnologiques dans le Nord du Lac Tanganika. F.A.O. Rome.
- FERRO, W. & COULTER, J.W., 1974. Etude limnologique de la partie nord du Lac Tanganika. *Projet de recherches halieutiques. Bujumbura. Rome F.A.O.*
- FINDENEGG, I., 1937. Holomictische und meromictische Seen. *Int. Rev. Ges. Hydrob.*, 35: 586-610.
- FOURMARIER, P., 1919. Observations de géographie physique dans la région du Tanganika. *Les grands lacs de l'Afrique centrale. Ann. Soc. Belge Géol.*, 42, Annexe C.: 59-78.
- FRANK, H.S., 1970. The structure of ordinary water. *Science*, 159: 635.
- FREYER, G., 1967. Speciation and adaptive radiation in african lakes. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 17: 303-315.
- FROST, E.M. Jr. & DEATON, W.M., 1946. Gas hydrate composition and equilibrium data. *Oil. Gas. J.*, 45: 170.
- FUCHS, V.E., 1936. Extinct Pleistocene Mollusca from Lake Edward, Uganda, and their bearing on the Tanganika problem. *J. Linn. Soc. Lond.*, 40: 93-106.
- GAUTIER, A., 1965. Relative dating of peneplanes and sediments in the Lake Albert Rift Area. *Am. J. Sc.*, 263: 537-547.
- GILLMAN, C., 1935. The hydrology of lake Tanganyika. *Geol. Surv. Dept. Tanganyika Bull.*, 5: 1-25.
- GIRDLER, R.W. édit., 1972. East African Rifts. *Tectonophysics*, 15: 1-19.
- GLEW, D.N., 1962. Aqueous solubility and the gas hydrates. The methane-water system. *J. Phys. Chem.*, 66: 605.
- GOLDHABER, M.B. & KAPLAN, I.R., 1972. The sulfur cycle in : GOLDBERG, E., *The Sea*. 5: 394-454.

- de la VALLEE POUSSIN, J., 1932. La capture de la Semliki dans la région du seuil de Beni. *Bull.Soc.Belge Géol.*, 42: 274.
- de la VALLEE POUSSIN, J., 1933. Quelques faits nouveaux à propos du graben central africain. *Bull.Soc.Belge Géol.*, 43(1): 69.
- DELHAYE, F., 1941. Les volcans au Nord du lac Kivu. *Bull.Inst.Roy.Col.Belge*, 12: 409-459.
- DELHAYE, F. & SALLEE, A., 1923. Le plateau central africain entre le lac Tanganika et le lac Albert-Edouard. *C.rend.Ac.Sc.Paris*, 176: 1905-1907.
- De MAGNEE, I., 1936. Découverte à Moliro (Katanga) de roches à diatomées dans des dépôts de terrasses du Lac Tanganika. *Bull.Inst. Roy.Col.Belge*, VII: n°2.
- DENAYER, E., 1954. Les anciens volcans sous-lacustres de la bordure nord du Lac Livu. *Bull.Soc.Belge Géol.*, 58 (3): 280-298.
- DENAYER, E., 1963. Les hyaloclastites de la rive nord du Lac Kivu. *Bull.volcanol.*, 25: 201-215.
- DEUSER, W., DEGENS, E.T., HARVEY, G.C. & RUBIN, M., 1975. Methane in lake Kivu. Data bearing on its origin. *Science*, 181: 51-54.
- DEVROEY, E., 1938. Le Tanganika. *Inst.Roy.Col.Belge Bull.Séance*, 9: 444-452.
- DEVROEY, E.J., 1939. Les fluctuations de niveau du lac Tanganika. *C.R.Assoc. Franç.Avanc.Sc. Liège*, 134-147.
- DEVROEY, E., 1938. Le lac Tanganika et les fluctuations de son niveau. *Bull.Ass.Ing.Br.*, (1) 7: 155-204 (?)
- DEVROEY, E., 1949. A propos de la stabilisation du niveau du lac Tanganika. *Mém.Inst.Roy.Col.Belge Sc.techn.*, 5: 1-135.
- DEVROEY, E. & VANDERLINDEN, F., 1939. Le lac Kivu. *Mém.Inst.Roy.Col.belge*, I (6): 1-75.
- DIXEY, F., 1956. The East African Rift System. *Colonial Geology and Mineral Resources Bulletin. Suppl.Series*, 1(1): 71 pp.
- DUBOIS, J.Th., 1957. Notes sur la composition chimique des dépôts calcaires des rives rocheuses du Lac Tanganika. *Inst.Rech.Sc.Afric. Centr. 10e Rapport ann.731. Fol.Sc.afr.cent.*, 3: 45.
- DUBOIS, J., 1958. Les concrétions déposées par les eaux du Lac Tanganika sur ses rives rocheuses. *Centre Belge Et. et Docum.des eaux*, 96: 4 pp.
- DUBOIS, J.Th., 1958. Evolution de la température, de l'oxygène dissous et de la transparence dans la baie nord du lac Tanganika. *Hydrobiologia*, 10: 215-240.

- GOLTERMAN, H.L., 1960. Studies on the cycle of elements in freshwater. *Acta Bot. Neerl.*, 9: 1-58.
- GOLTERMAN, H.L., 1960. Physiological Limnology. The approach to the physiology of Lake ecosystems. Amsterdam. 489 pp.
- GREENWOOD, P.H., 1964. Explosive speciation in african lakes. *Proc. R. Inst. Gr. Br.*, 40: 256-269.
- GREGORY, J.W., 1929. The African riftvalleys., *Geogr. Journ.*, 56: 13-47.
- GRESSWELL, R. & HUXLEY, A., 1965. Standard Encyclopedia of the worlds Rivers and Lakes. N.Y., 484 pp.
- GROVES, A.W., 1934. The physiography of Uganda. The evolution of the great lakes and the Victoria Nile drainage system. *Journ. Afric. Soc.*, 33 (130): 59-69.
- GUNN, D.L., 1973. Consequences of cycles in East African climate. *Nature*, 242: 457.
- GUNTER, E.D. & MUSGRAVE, B.C., 1971. New evidence of the origin of methane in hydrothermal gases. *Geochem. Cosmochim. Acta.*, 35:113.
- HALBFASS, W., 1928. Der Baikar und Tanganyika. *Geogr. Zeitschr.*, 34.
- HARVEY, T.J., 1976. The palaeolimnology of Lake Mobutu Sese Seko (UGANDA-ZAIRE) the last 28.000 years. Thesis Duke Univ.
- HECKY, R.E., 1978. The Kivu-Tanganyika basin. The last 14.000 years. *Pol. Arch. Hydrob.*, 25: 159-165.
- HECKY, R.E. & DEGENS, T.E., 1973. Late pleistocene-Holocene chemical stratigraphy and paleolimnology of the rift valley lakes of East Africa. *Technical report of the Woods Hole Oceanographic Institute.* (unpublished manuscript, 129 pp): 73-82.
- HECKY, R.E. & FEE, E.J., 1981. Primary production and rates of algal growth in Lake Tanganyika. *Limnol. Oceanography*, 24: 532-547.
- HECKY, R.E. & KLING, H., 1981. Phytoplankton and protozooplankton of the euphotic zone of Lake Tanganyika, species, composition, biomass, chlorophyll content and spatio-temporal distribution. *Limnol. Oceanogr.*, 26: 548-564.
- HECKY, R.E., FEE, E.J., KLING, H. & RUDD, J.W.A., 1978. Studies on the planktonic ecology of Lake Tanganyika. *Can. Fish. & mar. Serv. Tech. Rept.*, 816. Winipeg Canada.
- HEINRICHS, G., 1936. Les fluctuations du niveau du Lac Tanganika. *Bull. Inst. Roy. Colon. Belge*, 7: 366-385.
- HENRY, A.J., 1924. Discussion on variations of level of the central african lakes by BROOKS. *Monthly weather Rec.* March 1924.

- HESSE, P.R., 1957. The distribution of sulphur in the mud, water and vegetation of Lake Victoria. *Hydrobiol.*, 11: 29-39.
- HEUKELEKIAN, H. & DONDERO, N.C., 1964. Principles and applications in aquatic microbiology, N.Y., 452 pp.
- HITCHON, B., 1974. Occurrence of natural gashydrates in sedimentary basins. in: KAPLAN, I.R., Natural gases in marine sediments. N.Y.: 195-225.
- HOIER, R., 1950. Exploration du Parc National Albert. A travers plaines et volcans au Parc National Albert. Inst. Parcs Nat. Congo belge. 172 pp.
- HUTCHINSON, G.E., 1930. On the chemical ecology of Lake Tanganika. *Science*, 71: 616.
- HUTCHINSON, G.E., 1957. A Treatise on Limnology. I-II N.Y., 1015, 1115 pp.
- HUTTON, W.E. & ZOBELL, C.E., 1949. The occurrence and characterisation of methane oxidizing bacteria in marine sediments. *J. Bact.*, 58: 463.
- JOHNSON, T.C., ROSENDAHL, B.R. & HALFMAN, J.D., 1983. Comparison of side-scan SONAR records from Lake Superior and Lake Tanganyika. *26th annual meeting of the International Association of Great Lakes Research*. Oswego, N.Y.
- KAPLAN, I.R., 1974. Natural gases in marine sediments. N.Y. 324 pp.
- KARABABA, I., 1964. Methane research in the Black Sea. *J. min. Res. Expl. Inst. Ankara*, 58: 1-15.
- KEENEY, D.R., CHEN, R.L. & GRAEVE, D.A., 1971. Importance of denitrification and nitrate reducing in sediments to the nitrogen budgets of lakes. *Nature*, 233: 66.
- KENDALL, R.L., 1969. An ecological history of the lake Victoria basin. *Ecol. Monogr.*, 39: 121-176.
- KILHAM, P. & HECKY, R.E., 1973. Fluoride. Geochemical and ecological significance in East African waters and sediments. *Limnol. Oceanogr.*, 18: 932-945.
- KISS, R., 1966. Le lac Kivu. *Chronique de l'IRSAC*, 1: 20-28
- KOBAYASHI, R. & KATZ, D.L., 1949. Methane hydrate at high pressure. *Trans. AIME*, 186: 66.
- KOYAMA, T., 1963. Gaseous metabolism in lake sediments and paddy soils and the production of atmospheric methane and hydrogen. *J. Geophys. Res.*, 68: 3971-3973.
- KOYAMA, T., 1964. Gaseous metabolism in lake sediments and paddy soils. in: COLOMBO, V. & HOBSON, G.D., *Advances in organic chemistry*, N.Y., 363-375.

- KRAUSKOPF, K.B., 1958. Dissolution and precipitation of silica at low temperatures. (*Geochim. Cosmochim. Acta*, X, 1-26).
- KRENKEL, E., 1922. Die Bruchzonen Ostafricas. Berlin: 184 pp.
- KRISS, A.E., 1949. The role of microorganisms in the accumulation of hydrogen sulfide, ammonia and nitrogen in the depths of the Black Sea. *Priroda*, 6: 35-46.
- KRISS, A.E., 1962. Marine Microbiology (Transl.) London, 536 pp.
- KUFFERATH, H., 1956. Organismes trouvés dans les carottes de sondages et les vases prélevées au fond du Lac Tanganika. *Expl. Hydrob. Lac Tanganika. Rés. scient.*, (3), 73 pp.
- KUFFERATH, J., 1952. Le milieu biochimique. *Explor. Hydrob. Lac Tanganika. Rés. scient.*, 1, Vol d'introduction; 31-44.
- LADIGES, W., 1968. Die Bedeutung ökologischer Faktoren für die Differenzierung der Cicliden des Tanganika- und Nyassa-Sees. *Int. Rev. Ges. Hydrob. Hydrogr.*, 53: 339-352.
- LAMONTAGNE, R.A., SWIMMERTON, J.W. & SMITH, W.D., 1978. Methane concentrations in various marine environments. *J. Geophys. Res.*, 78: 5317.
- LEADBETTER, E.R. & FOSTER, J.W., . Studies on some methane-utilizing bacteria. *Arch. Microbiol.*, 91-118.
- LEBAN, M. & WHITE, C.R., 1963. Sulfate reduction by bacteria. UCRL. 10866, UC-4 Chemistry. TID.4500 19th ed Lawrence Radiation Lab. Univ. California Berkeley: 86 pp. (Unpublished manuscript).
- LELOUP, E., 1949. Relevé des stations. *Explor. Hydrob. Lac Tanganika. 1946-1947. Rés. scient.*, 2(1): 119 pp.
- LELOUP, E., 1949. Une Mission hydrobiologique belge au lac Tanganika (1946-1947). *Bull. Naturalistes belges.*, 30: 2-9.
- LELOUP, E., 1952. Avant-Propos. *Explor. Hydrob. Lac Tanganika. Rés. scient. Introduction*: 3-6.
- LEPERSONNE, J., 1949. La fosse tectonique lac Albert-Semliki-lac Edouard. *Ann. Soc. Géol. Belg. Liège*, 72: 3-88.
- LIVINGSTONE, D.A., 1965. Sedimentation and the history of water level changes in Lake Tanganyika. *Limnol. Oceanogr.*, 10: 607-609.
- LORBER, P.J., 1984. The Kigoma Basin of Lake Tanganyika: Acoustic stratigraphy and structure of an active continental rift. M.S. Thesis, Duke University Durham, N.C. (unpublished): 73 pp.
- LUGARD, F.D., 1892. Lake Albert-Lake Edouard. *Proc. Roy. Soc. Geogr. London*, 14.
- McCARTY, P.L., 1964. The methane fermentation in H. HEUKELEKIAN & DONDERO, N.C., *Principles and application in aquatic microbiology*. N.Y.: 452 pp

- McCONNELL, R.B., 1951. Rift and shield structure in East Africa. *Int. Geol. Congr. Rept. of the eighteenth Sess. Great Brit. 1948*, 14: 199-207.
- MAGIS, N., 1962. Etude limnologique des lacs artificiels de la Lufira et du Lualaba (Haut-Katanga). I. Le régime hydraulique, les variations saisonnières de la température. *Int. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 10: 33-84.
- II. Etude chimique des eaux de retenue de la Lufira. *Bull. Soc. Roy. Sc. Liège*, 23(11): 684-730.
- MAITRE, H., 1902. Le bassin du Lac Kivu. *Bull. Soc. Géogr. Lille*, 37.
- MARLIER, G., 1958. Observations sur la biologie littorale du lac Tanganika. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 59: 164-183.
- MARLIER, G., 1958. Réflexions sur l'origine probable du Lac Tanganika. *Acad. R. Sc. colon.*, N.S. 4: 100-104.
- MARLIER, G., 1972. La température des eaux littorales du Lac Tanganika. *Bull. Inst. R. Sc. nat. Belg.*, 38(7): 29 pp.
- MARTENS, C.S. & BENNER, R.A., 1974. Methane production in the interstitial waters of sulfate depleting marine sediments. *Science*: 1167-1169.
- MARTENS, C.S. & BENNER, R.A., 1977. Interstitial water chemistry of anoxic Long Island Sound sediments. I. Dissolved gases. *Limnol. Oceanogr.*, 22: 10-25.
- MATTHES, H., 1962. L'exploration sous-lacustre du lac Tanganika. *Africa-Terraviva*, 8: 1-11.
- MECHALAS, B.J., 1974. Pathways and environmental requirements for biogenic gas production in the ocean. in: KAPLAN, I.R., 1974: 11-25).
- MECHALAS, B.J. & RITTENBERG, S.C., 1960. Energy coupling in *Desulphovibrio desulfuricans*. *J. Bact.*, 80: 501.
- MEESEN, J.M.Th., 1947. Esquisse d'une climatologie de la région congolaise du lac Albert. *Bull. Agron. du Congo Belge*, 38.
- MEESEN, J.W.Th., 1951. Monographie de l'Ituri. Histoire, Géographie, Economie. Brux., 302 pp.
- MELACK, J.M., 1980. An initial measurement of primary productivity in Lake Tanganyika. *Hydrobiologia*, 72: 243-247.
- MELCHIOR, P.J., 1956. Sur l'effet des marées terrestres dans les oscillations du niveau du Lac Tanganika à Albertville. *Bull. Ac. R. Belg. Cl. Sc.*, 368-371.
- MEYER, A., 1955. Aperçu historique de l'exploration et de l'étude des régions volcaniques du Kivu. *Inst. Parcs Nat. Albert. Mission d'études volcanologiques*. (1) 31 pp.

- MOORE, J.E.S., 1903. The Tanganika problem. London: 371 pp.
- MORTIMER, C.H., 1941. The exchange of dissolved substances between muds and water in lakes. *J.Ecol.*, 29: 317.
- NEWELL, B.S., 1960. The hydrology of Lake Victoria. *Hydrobiologia*, 15: 363-382.
- NEWMAN, F., 1976. Temperature steps in lake Kivu: a bottom heated saline lake. *J.Phys.Oceanogr.*, 6: 157-163.
- NOLDE, B., 1928. Etude météorologique du lac Albert. *Bull.Soc.Belge Géogr.* 52: 73-80
- OHLE, W., 1968. Chemische und mikrobiologische Aspekte des biogenen Stoffhaushaltes der Binnengewässer. *Mitt.Ver.Theor.angew. Limnol.*, 14: 123-133.
- OKADA, H., HONJO, S., HATAWAY, J.C., 1972. Microcrystalline sphalerite in resin globules suspended in lake Kivu, East Afrika. *Mineral.deposits Berl.*, VII: 1-15.
- OLSEN, F.C.W. & WILDER, B., 1961. Gases in bottom sediments. *Bull.Mar.Sc. Gulf.Carrib.*, 11: 207.
- OREMLAND, R.S., 1975. Methane production in shallow water; tropical marine sediments. *Appl.Microbiol.*, 30: 602-608.
- OREMLAND, R.S. & TAYLOR, B.F., 1978. Sulfate reduction of methane oxidizing bacteria. *Geochim.Cosmochim.Acta*, 42: 209-214.
- OVERBECK, J. & OHLE, W., 1964. Contribution to the biology of methane oxidizing bacteria. *Verh.Int.Ver.Theor.Angew.Limnol.*, 15: 535-543.
- PATTERSON, M.B., 1983. Structure and acoustic stratigraphy of the Lake Tanganyika rift valley. *M.S. Thesis, Duke University, Durham, N.C.*, (unpublished): 30 pp.
- PEETERS, L., 1957. Contribution à l'étude de la genèse du lac Kivu. *Bull.Soc. belge Géogr.*, 26: 155-168.
- PINE, M.J. & BARKER, H.A., 1956. Studies on methane fermentation. 12. The pathway of hydrogen in the acetate fermentation. *J.Bact.*, 71: 644-648.
- POLL, M., 1951. Histoire du peuplement et origine des espèces de la faune ichtyologique du Lac Tanganika. *Ann.Soc.R.Zool.Belge.*, 81: 140 pp.
- POSTGATE, J.R., 1960. On the autotrophy of *Desulphovibrio desulfuricans*. *Z.allgem.Mikrobiol.*, 1: 53.
- POSTGATE, J.R., 1965. Recent advances in the study of the sulfate-reducing bacteria. *Bacterial.Rev.*, 29: 425
- PRESLEY, B.J. & KAPLAN, I.R., 1968. Changes in sulfate, calcium and carbonate from interstitial water of nearshore sediments. *Géochim.Cosmochim. Acta*, 32: 1037.

- REEBURH, W.S. & HEGGIE, D.T., 1977. Microbial methane consumption reactions and their effect on methane distribution in freshwater and marine environments. *Limnol. Oceanogr.*, 22: 1-9.
- RICHARDS, F.A., 1965. Chemical observations in some anoxic-sulfide bearing basins and fjords in: PEARSON, E.A. *The Proceedings of the second international Water pollution. Res. Conf. Tokyo, 1964*: 215-243.
- RICHARDS, F.A., 1965. Anoxic basins and fjords in: RILEY, J.P. & SKIRROW, G., *Chemical Oceanography. I*: 611-645.
- RICHARDSON, J.L., 1968. Diatoms and lake typology in East and Central Africa. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 53: 299-338.
- RICHARDSON, J.L., 1969. Characteristic planktonic diatoms of the lakes of tropical Africa. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 54: 175-176.
- RICHARDSON, J.L., & A.E., 1972. History of an African rift lake and its climate implications. *Ecol. Monogr.*, 42: 499-534.
- RICHARDSON, J.L., HARVEY, T.J. & HOLDSHIP, S.A., 1978. Diatoms in the history of shallow East African Lakes. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 25: 341-353.
- ROBERT, M., 1939. Contribution à la morphologie du Katanga. *Mém. Inst. R. colon. belge. Sect. Sc. nat. et médic.*, in 8°. 11: 559 pp.
- ROBERT, M., 1942. *Le Congo physique*. 2e éd. Brux.: 369 pp.
- ROBINSON, D.B. & HUTTON, J.M., 1967. Hydrate formation in systems containing methane, hydrogen sulphide and carbon dioxide. *J. Can. Petrol. techn.*, 6:6.
- ROSENDAHL, B.R., EBINGER, C.J., PATTERSON, M.P. & LIVINGSTONE, O.A., 1982. Seismic surveys lakes Malawi and Tanganyika. Preliminary results. *Journal of African Earth Sciences*. 1 (3-4): 368.
- ROSENDAHL, B. & FROSTICK, L. et al. Sedimentation in the African Rifts. *Geol. Soc. of London. Special Public.*, 23.
- ROSENDAHL, B.R. & LIVINGSTONE, D.A., 1983. Rift lakes of East Africa. New seismic data and implications for future research. *Episodes*, 1938 (1): 14-19.
- RUDD, J.W.M., 1980. Methane-oxidation in lake Tanganyika. *Limnol. Oceanogr.*, 25: 958-963.
- RUTTNER, F., 1953. *Fundamentals of Limnology*. Toronto. 242 pp.
- SAHAMA, T.G. & MEYER, A., 1958. Study of the volcano Nyiragongo; A progress report. *Inst. Parcs nat. Congo Belge. Mission d'études volcanologiques*, (2): 85 pp.
- SALEE, A., 1927. Le détournement du Lac Tanganika. *Ass. Soc. scientif. Brux.*, 47: 200-208.

- SALEE, A., 1930. Le Kivu et le fossé des grands lacs africains. *Rev. Quest.Scient.*, 18(3): 407-426.
- SANDER, S.D., BURGESS, C.F., ROSENDAHL, B.R. & EBINGER, C.J., 1985. Structure of Lake Tanganyika and Malawi. A.G.E. Spring Meeting. *Transactions*, 66(18): 364.
- SCAETTA, H., 1933. Les précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du fossé tectonique. *Inst.Roy.col.belge*, 2: 106 pp.
- SCAETTA, H., 1934. Le climat écologique dans la dorsale Congo-Nil. *Mém.Inst.Roy.Col.belge*, in 4° 3: 335 pp.
- SCHMITZ, D. & KUFFERATH, J., 1955. Problèmes posés par la présence de gaz dissous dans les eaux profondes du lac Kivu. *Acad.Roy.col.belge Bull.Séances*. 1: 326-356.
- SERVAIS, F., 1957. Etude des oscillations libres (seiches) du lac Tanganika. *Rés.scient.Explor.hydrob.lac Tanganika*. 1946-1947, 2: 311 pp.
- SHARPE, A.H., 1899. Lake Kivu and the Albert Nyanza. *Géogr.J.*, 14: 662.
- SIEGER, E., 1898. The rise and fall of lake Tanganyika. *Quart.J.Geogr.Soc.*, 49: 579.
- SOROKIN, Y.I., 1957. On the ability of sulfate reducing bacteria to utilise methane for the reduction of sulfates to hydrogen sulfide. *Dokl. Akad.Nauk.SSSR*, 115: 816-818.
- SOROKIN, Y.I. & KADOTA, H., 1972. Techniques for the assesement of microbial production and decomposition in fresh waters. *Intern.Biol.Progr. Handl.*, 23.
- STADTMAN, F.G. & BARBER, K.A., 1951. Methane fermentation. 8. Tracer experiments on fatty acid oxidation by methane bacteria. *J.Bact.*, 41: 67-80.
- STAPPERS, L. Composition des eaux de surface des lacs Moero et Tanganika. *Rens.Off.Col.Brux.*: 189.
- STAPPERS, L., 1924. Recherches bathymétriques sur les lacs Moero et Tanganika. Exploration. Dr. L. STAPPERS (1911-1913). *Ann.Biol.lac.*, 7: 83-144.
- STEFFERS, P. & HECKY, R.E., 1978. Late Pleistocene evolution in the Kivu-Tanganika basin. in: MATTER, A. & TUCKER, M.E. Modern and ancient lake sediments. *Int.Assoc.sediment Spec.Publ.*, 2: 43-54.
- STUMM, W. & MORGAN, J.J., 1970. Aquatic chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. N.Y., 583 pp.
- SYMOENS, J.J., 1956. Le lac Tanganika. *Bull.Natur.Belges*, 38: 11-12, 288-316.
- TALLING, J.F., 1957. Diurnal changes of stratification and photosynthesis in some tropical african water. *Proc.Roy.Soc.Lond.Ser.B*, 147: 57-83.

- TALLING, J.F., 1957. Some observations on the stratification of lake Victoria. *Limnol. Oceanogr.* 11: 213-221.
- TALLING, J.F., 1965. The photosynthetic activity of phytoplankton in East african lakes. *Intern. Rev. ges. Hydrob.*, 50: 1-32.
- TALLING, J.F., 1965. The incidence of vertical mixing and some biological and chemical consequences in tropical african waters. *Verh. int. Rev. theor. angew. Limnol.*, 17: 998-1012.
- TALLING, J.F. & TALLING, I.B., 1965. The chemical composition of african lake waters. *Int. Rev. ges. Hydrob.*, 50: 421-463.
- THEEUWS, R., 1920. Le lac Tanganika. *Mouv. Géogr.* 33.
- THIENEMANN, A., 1831. Tropische Seen und Seetypenlehre. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 9.
- TIETZE, K., STAHL, W., MOLLER, H., SCHRODER, L. & WEHNER, H., 1980. Die Genese des Methans in Kivusee. *Geol. Rundschau*, 69(2).
- UNRUM, C.H. & KATZ, D.L., 1949. Gas hydrates of carbon dioxide-methan mixtures. *Trans. AIME*, 186: 83.
- VAN DER BEN, D., 1959. La végétation des rives des lacs Kivu, Edouard, Albert. *Explor. hydrob. lacs, Kivu, Albert, Edouard*, VI(1): 191 pp.
- VAN MEEL, L.I.J., 1952. Le milieu végétal. *Explor. hydrob. Lac Tanganika. Rés. scient. Introduct.* 1: 51-58.
- VAN MEEL, L.I.J., 1954. Le phytoplancton. *Explor. Hydrob. Lac Tanganika. 1946-1947. Rés. scient.* 4(1): 681 pp.
- VAN MEEL, L.I.J., 1953. Contribution à l'étude du Lac Upemba. A. Le milieu physico-chimique. *Explor. Parc. nat. Upemba.* 9: 190 pp.
- VAN MEEL, L.I.J., 1966. Le milieu végétal. *Explor. Parc nat. Upemba. Introd.*: 39-122.
- VERBEKE, J., 1957. Recherches écologiques sur la faune des grands lacs de l'Est du Congo belge. *Explor. Hydrob. lacs Kivu, Edouard, Albert*, 3(1): 176 pp.
- VERHAEGEN, M.A.P., 1958. Le volcan MUGOGO. *Inst. Parcs nat. Congo. Mission ét. volcanologiques.* (1): 85 pp.
- VERHOOGEN, J., 1948. Les éruptions 1938-1940 du volcan NYAMURAGYRA. *Mission ét. volcanologiques.* (1): 187 pp.
- VISSER, S.A., 1974. Composition of waters of lakes in East and West-Africa. *Afr. trop. Hydrob.*, 3: 43-60.
- VON HERZEN, R.P. & MAXWELL, A.E., 1959. The measurement of thermal conductivity of deepsea sediments by a needle-probe method. *J. Geophys. Res.*, 64: 1557-1563.
- WAYLAND, E.J., 1921. Some account of the Geology of the lake Albert Rift-Valley. *Geogr. Journ.*, 11, 1921.

- WEIMER, P.J. & ZEIKUS, J.G., 1977. Fermentation of cellulose and cellobiose by *Closterium thermocellum* in the absence and presence of *Methanobacterium thermoautotrophicum*. *Appl. Env. Microbiol.*, 33: 289-297.
- WEISS, G., 1959. Le pays d'Uvira. *Acad. Roy. Sc. colon. Cl. Sc. Nat. et Médic.*, in 8°N.S.5: 286 pp.
- WELCH, P.S., 1935. Limnology. N.Y.: 471 pp.
- WELCOMME, R.L., 1972. The inland waters of Africa. Committee for inland Fisheries of Africa. F.A.O. CIFA. *Technical paper n° 1.117* pp.
- WILLIS, B., 1936. East African Plateaux and Rift Valleys. *Carnegie Inst. Publ. Washgt.* 470.
- WINFREY, M.R. & ZEIKUS, J.G., 1977. Effect of sulfate on carbon and electron flow during microbial methanogenesis in freshwater sediments. *Appl. Env. Microbiol.* 32: 275-281.
- WINFREY, M.R., NELSON, D.R., KLEVICKIS, S.C. & ZEIKUS, J.G., 1977. Association of hydrogen metabolism with methanogenesis in lake Mendota sediments. *Appl. Env. Microbiol.*
- WOLFE, R.S., 1971. Microbial formation of methane. *Adv. Microbial Physiol.* 6: 106-146.
- WONG, H.K. & von HERZEN, R.P., 1974. A geophysical study of Lake Kivu, East Africa. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society.* 37: 381-389.
- WORTHINGTON, E.B. & BEADLE, L.C., 1932. Thermoclines in tropical lakes. *Nature*, 126: 55-56.
- WORTHINGTON, S., 1930. Observations on the temperature, Hydrogen-ion concentration and other physical conditions of the Victoria and Albert-Nyanzas. *Intern. Rev. ges. Hydrobiol.*, 24: 328-357.
- WORTHINGTON, S. & E.B., Inland waters of Africa. London: 259 pp.
- ZEIKUS, J.G. & WOLFE, R.S., 1972. *Methanobacterium thermoautotrophicum* sp. nov. an anaerobic, autotrophic, extreme thermophile. *J. Bact.*, 109: 707.
- ZOBELL, E.F., 1939. Occurrence and activity of bacteria in marine sediments. in: TRANSK, P.D. Recent marine sediments. Lond. 416-427.

ANNEXE 6

Tableaux complets des résultats  
analytiques pour les eaux du  
lac Tanganika.



Prof.	°C	Oxygène		H <sub>2</sub> S	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Alcal.	Oxydab.	pH	CO <sub>2</sub> H	CO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>
		mg/l	o/o												
Stat. 221 5 km NNW Cap Banza. 23.VIII.1953															
- 0	26,20	6,26	84,3	-	4,7	0,05	0,02	0,09	-	-	9,12	-	-	-	-
- 20	25,49	6,84	90,9	-	5,9	0,46	0,00	0,06	-	-	9,13	-	-	-	-
- 40	25,36	6,20	82,1	-	5,0	0,42	0,01	0,13	-	-	9,12	-	-	-	-
- 60	24,78	3,16	41,4	-	9,1	1,05	0,75?	0,18	-	-	9,02	-	-	-	-
- 80	24,50	1,15	15,0	-	5,4	0,10	0,02	0,20	-	-	8,93	-	-	-	-
- 100	24,09	0,22	2,8	-	7,4	0,41	0,11	0,12	-	-	8,86	-	-	-	-
- 120	23,90	0,30	3,9	0	6,9	0,20	0,05	0,06	-	-	8,84	-	-	-	-
- 140	23,75	0	0	0,3	8,1	0,29	0,12	0,07	-	-	8,81	-	-	-	-
- 160	23,58	-	-	0,65	12,8	0,30	0,33	0,10	-	-	8,76	-	-	-	-
- 180	23,53	-	-	0,9	12,3	0,24	0,17	0,09	-	-	8,75	-	-	-	-
- 200	23,45	-	-	1,15	13,0	0,24	0,13	0,05	-	-	8,71	-	-	-	-
Stat. 267 Env. 2 km N Cap Banza 2.X.1953															
											Dureté °F	Transparence 9 m.			
- 1	27,17	7,77	106,6	-	2,1	0,07	0,07	0,05	7,16	20,40	9,09	-	-	-	9,1
- 10	25,98	7,92	106,3	-	2,4	0,05	0,21	0,05	6,90	21,50	9,11	-	-	-	10,0
- 20	25,87	7,78	104,1	-	2,7	0,06	0,24	0,09	6,72	20,90	9,11	-	-	-	8,0
- 30	25,85	7,64	102,1	-	2,1	0,07	0,19	0,04	6,77	20,90	9,11	-	-	-	11,0
- 40	25,71	7,32	97,6	-	2,0	0,01	0,10	0,05	6,65	20,70	9,09	-	-	-	8,0
- 50	25,17	4,80	63,4	-	2,3	0,08	0,12	0,04	6,67	20,90	9,06	-	-	-	8,0
- 60	24,55	4,17	54,4	-	2,6	0,10	0,18	0,05	6,67	20,90	9,00	-	-	-	10,2
- 80	24,46	2,77	36,1	0	3,0	0,11	0,21	0,06	6,70	20,80	8,93	-	-	-	9,6
- 120	23,75	0,04	0,5	0,3?	5,7	0,31	0,10	0,05	6,72	21,20	8,75	-	-	-	7,4
- 140	23,65	-	-	0,5	7,1	0,28	0,14	0,06	6,70	21,40	8,72	-	-	-	7,4
- 160	23,51	-	-	0,75	7,8	0,34	0,22	0,03	6,72	21,30	8,70	-	-	-	8,6
- 180	23,51	-	-	0,85	8,9	0,31	0,38	0,07	6,77	21,50	8,68	-	-	-	9,6
- 200	23,44	-	-	1,0	9,0	0,30	0,10	0,06	6,85	21,50	8,68	-	-	-	6,4
Stat. 267 Env. 2 km N Cap Banza 2.X.1953															
											Dureté °F	Transparence 9 m.			
- 1	27,17	7,77	106,6	-	2,1	0,07	0,07	0,05	7,16	20,40	9,09	-	-	-	9,1
- 10	25,98	7,92	106,3	-	2,4	0,05	0,21	0,05	6,90	21,50	9,11	-	-	-	10,0
- 20	25,87	7,78	104,1	-	2,7	0,06	0,24	0,09	6,72	20,90	9,11	-	-	-	8,0
- 30	25,85	7,64	102,1	-	2,1	0,07	0,19	0,04	6,77	20,90	9,11	-	-	-	11,0
- 40	25,71	7,32	97,6	-	2,0	0,01	0,10	0,05	6,65	20,70	9,09	-	-	-	8,0
- 50	25,17	4,80	63,4	-	2,3	0,08	0,12	0,04	6,67	20,90	9,06	-	-	-	8,0
- 60	24,55	4,17	54,4	-	2,6	0,10	0,18	0,05	6,67	20,90	9,00	-	-	-	10,2
- 80	24,46	2,77	36,1	0	3,0	0,11	0,21	0,06	6,70	20,80	8,93	-	-	-	9,6
- 120	23,75	0,04	0,5	0,3?	5,7	0,31	0,10	0,05	6,72	21,20	8,75	-	-	-	7,4
- 140	23,65	-	-	0,5	7,1	0,28	0,14	0,06	6,70	21,40	8,72	-	-	-	7,4
- 160	23,51	-	-	0,75	7,8	0,34	0,22	0,03	6,72	21,30	8,70	-	-	-	8,6
- 180	23,51	-	-	0,85	8,9	0,31	0,38	0,07	6,77	21,50	8,68	-	-	-	9,6
- 200	23,44	-	-	1,0	9,0	0,30	0,10	0,06	6,85	21,50	8,68	-	-	-	6,4
Stat. 289 5.XI.1953 3 à 5 Km N Cap Banza															
											Transparence 12 m.				
- 1	26,56	6,97	94,4	-	4,5	0,009	0,00	0,25	6,72	-	-	-	-	-	6,72
- 10	25,65	7,00	93,2	-	4,4	0,017	0,00	0,18	6,87	-	-	-	-	-	6,87
- 20	25,40	6,43	85,9	-	4,4	0,009	0,00	0,19	6,80	-	-	-	-	-	6,80
- 40	24,60	4,20	54,8	-	4,7	0,009	0,00	0,23	6,85	-	-	-	-	-	6,85
- 60	24,43	1,37	17,8	-	5,5	0,014	0,01	0,31	6,85	-	-	-	-	-	6,85
- 80	23,92	0,19	2,4	-	6,6	0,10	0,01	0,39	6,77	-	-	-	-	-	6,85
- 100	23,81	0,30	3,8	0	7,5	0,20	0,01	0,17	6,82	-	-	-	-	-	6,77
- 120	23,68	0,05	0,6	0,4	2,4	0,23	0,01	0,19	6,80	-	-	-	-	-	6,82
- 140	23,65	-	-	0,6	8,8	0,24	0,02	0,15	6,80	-	-	-	-	-	6,80
- 160	23,58	-	-	0,75	9,8	0,23	0,03	0,11	6,82	-	-	-	-	-	6,80
- 180	23,54	-	-	0,85	10,5	0,23	0,04	0,06	6,82	-	-	-	-	-	6,82
- 200	23,47	-	-	1,0	3,8	0,22	0,04	0,22	6,85	-	-	-	-	-	6,82

Note :

En étudiant les notes de feu J. KUFFERATH au sujet de l'exploration des lacs de la Mission K.E.A., nous nous sommes aperçu qu'au cours de cette exploration il a eu l'occasion de retourner trois fois au Tanganika : le 23.VI, le 2.X. et le 5.XI.1953, chaque fois au large du Cap Banza, dans le bassin Nord du lac. Nous nous sommes empressé d'introduire ces nouveaux éléments dans ce mémoire étant donné les années séparant les deux missions (1946-1947 et 1953). Cela nous permet en outre d'introduire ces résultats là où ils font défaut parmi ceux de la Mission Tanganika.







Tableau II

BASSIN SUD

Prof.	°C	Oxygène mg/l	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Alcal.	Oxydab.	pH	CO <sub>2</sub> H	CO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>
Stat. 121 A. Edith Bay. 14.II.1947															
- 0,2	26,77	7,44	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 2	26,67	7,42	100,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 5	26,62	7,57	101,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 10	26,60	7,57	101,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 15	26,58	7,48	100,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 17	26,63	7,50	100,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 121 B. Edith Bay. 5h.															
- 0,2	26,33	7,60	98,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 2	26,63	7,54	98,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 10	26,35	7,53	98,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 15	26,41	7,50	97,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 18	26,37	7,55	98,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 4. 8 M ENE Katibilli 12.1946. 14h.															
0	26,7	7,46	100,0	-	-	-	-	-	7,03	-	8,72	364	31,9	-	-
- 165	-	0,16	2,1	0	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 29 10,8 M E de M'Pala. 21.XII.1946. 21h30.															
- 0	26,54	7,86	105,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 20	25,88	7,95	98,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 40	25,45	6,54	85,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 60	24,65	4,55	58,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 80	23,95	3,04	38,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 100	23,84	2,55	32,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 150	23,30	1,10	14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 175	23,45	1,16	14,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 200	23,40	0	0	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 225	23,35	0	0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 2. Hauteur de Katibilli. 10.XII.1946 9h.															
0	25,9	7,38	97,6	-	-	-	-	-	-	-	8,72	-	-	-	-
- 1	25,9	6,98	92,2	-	-	-	-	-	-	-	9,3	-	-	-	-
- 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 115. Hauteur de Katibilli. 8.II.1947 8h															
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 3	25,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	25,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 36 A Moba 27.XII.1946 9h30															
- 0,1	26,87	7,40	99,7	-	-	-	-	-	6,84	-	-	-	-	-	-
- 1	26,94	7,51	101,7	-	-	-	-	-	6,71	-	-	-	-	-	-
- 2	26,64	7,55	101,3	-	-	-	-	-	6,71	-	-	-	-	-	-
- 4	26,56	7,51	100,5	-	-	-	-	-	6,80	-	-	-	-	-	-
- 6	26,50	7,89	105,4	-	-	-	-	-	6,80	-	-	-	-	-	-
- 8	26,46	7,17	95,9	-	-	-	-	-	6,77	-	-	-	-	-	-
- 10	26,38	7,50	100,3	-	-	-	-	-	6,74	-	-	-	-	-	-
- 15	26,32	7,50	99,9	-	-	-	-	-	6,75	-	-	-	-	-	-
- 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 36 B Moba 27.XII.1946 12h.															
0	28,35	7,36	101,5	-	-	-	-	-	6,74	-	-	-	-	-	-
- 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	6,81	-	-	-	-	-	-
- 0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	6,85	-	-	-	-	-	-
- 1	27,80	7,44	101,5	-	-	-	-	-	6,81	-	-	-	-	-	-
- 2	27,23	7,44	100,6	-	-	-	-	-	6,80	-	-	-	-	-	-
- 4	26,60	7,58	101,5	-	-	-	-	-	6,74	-	-	-	-	-	-
- 8	26,85	7,56	100,7	-	-	-	-	-	6,80	-	-	-	-	-	-
- 10	26,40	7,40	98,7	-	-	-	-	-	6,77	-	-	-	-	-	-
- 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 36 D Moba 27.XII.1946 18h.															
- 0,1	28,80	7,27	100,9	-	-	-	-	-	6,74	-	-	-	-	-	-
- 1	28,72	7,37	102,1	-	-	-	-	-	6,71	-	-	-	-	-	-
- 2	28,70	7,27	100,7	-	-	-	-	-	6,80	-	-	-	-	-	-
- 4	27,20	7,70	104,1	-	-	-	-	-	6,77	-	-	-	-	-	-
- 6	26,72	7,54	101,1	-	-	-	-	-	6,70	-	-	-	-	-	-
- 8	26,60	7,61	102,0	-	-	-	-	-	6,75	-	-	-	-	-	-
- 10	26,54	7,53	100,8	-	-	-	-	-	6,80	-	-	-	-	-	-
- 14	26,41	7,32	97,9	-	-	-	-	-	6,80	-	-	-	-	-	-
Stat. 36 E Moba 27.XII.1946															
- 0,1	26,75	7,33	98,5	-	-	-	-	-	6,64	-	-	-	-	-	-
- 1	26,70	7,38	99,0	-	-	-	-	-	6,57	-	-	-	-	-	-
- 2	26,60	7,26	98,0	-	-	-	-	-	6,51	-	-	-	-	-	-
- 4	26,65	7,29	98,0	-	-	-	-	-	6,67	-	-	-	-	-	-
- 6	26,53	7,44	99,6	-	-	-	-	-	6,71	-	-	-	-	-	-
- 8	26,46	7,37	98,6	-	-	-	-	-	6,84	-	-	-	-	-	-
- 10	26,45	7,45	99,6	-	-	-	-	-	6,81	-	-	-	-	-	-
- 15	26,40	7,50	100,0	-	-	-	-	-	6,71	-	-	-	-	-	-



Prof.	°C	Oxygène mg/l	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Alcal.	Oxydab.	pH	CO <sub>2</sub> H	CO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>
tat.258 2,5 M E Cap Tembwe. 27.IV.1947. 17,20 à 17,40 h.															
-80	24,22	0,21	8,8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	23,83	0,13	1,7	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-120	23,67	0,21	2,6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-140	23,62	0,19	2,4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-160	23,61	0,17	2,1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-180	23,51	0,0	0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tat.219 M Tossi 2.IV.1947															
-2	-	-	-	-	0,6	0,01	0,01	0,03	6,74	-	9,0	-	-	30,6	3,6
-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ca	12,3	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Cl	30,5	-
tat.41 M Toto 30.XII.1946 12 h.															
0	28,20	6,79	93,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-4	26,75	6,90	92,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tat.1 3 1/4 M SSE Kalemie. 2.XII.1946. 17 h.															
-10	25,6	7,55	98,9	-	+ 1,0	-	-	-	6,9	-	9,3	326	46,9	-	-
tat.6. 22 M S 84 E Kalemie. 12.XII.1946. <span style="float: right;">Transparence : 12,3 m.</span>															
0	26,7	7,72	103,7	-	-	-	-	-	6,86	-	9,3	306	54,4	-	-
10	26,0	7,75	102,8	-	-	-	-	-	6,81	-	9,3	309	52,3	-	-
50	25,1	7,35	70,0	-	-	-	-	-	6,80	-	9,25	338	38,4	-	-
100	23,9	7,01	-	+0	-	-	-	-	6,90	-	8,9	349	34,7	-	-
200	0	0	-	+1	-	-	-	-	7,03	-	8,5	360	33,3	-	-
226	-	-	-	+ 1,3	-	-	-	-	6,96	-	8,5	364	29,5	-	-
276	-	-	-	+ 1,5	-	-	-	-	7,01	-	8,5	374	26,3	-	-
tat. 216 1 km S Cap Kapimbie. 31.XII.1947. 17 h.															
162	23,62	3,14	40,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
182	23,56	2,36	30,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	23,51	0,88	11,1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
210	23,51	0,32	4,1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tat.30 1 km large Karema 22.XII.1946															
-5	26,50	8,02	107,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	27,27	8,00	108,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tat.32 A. 1 km large de Karema. 22.XII.1946. 18 h.															
5	27,27	8,00	108,5	-	-	-	-	-	6,87	-	-	-	-	-	-
tat. 32 B 22.XII.1946. 21 h.															
0	26,75	7,8	106,0	-	-	-	-	-	6,87	-	-	-	-	-	-
-1	26,72	7,91	107,5	-	-	-	-	-	6,87	-	-	-	-	-	-
-2	26,71	7,8	105,9	-	-	-	-	-	6,74	-	-	-	-	-	-
-3	26,68	7,82	106,0	-	-	-	-	-	6,84	-	-	-	-	-	-

Prof. m	°C	Oxygène mg/l	o/o	H <sub>2</sub> S	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Alcal.	Oxydab.	pH	CO <sub>3</sub> H	CO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>
Stat. 17 5 M NNE Cap Tembwe 15.XII.1946															
Saison des pluies Transparence 21,7 m															
- 128	23,65	0,92	11,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 137	23,65	0,34	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 152	23,6	0,77	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 160	23,55	0,93	11,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 170	23,5	0,25	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 200	23,46	0,14	1,8	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 45 Entre le Cap Kibwesa à 16 M Moba															
Saison des pluies Transparence 20 m.															
- 10	26,3	-	-	-	-	-	0,05	-	6,80	-	-	344	33,8	-	-
- 10	26,4	7,62	101,7	0	-	-	0,05	0,22	6,74	-	-	317	46,4	-	-
- 50	24,82	5,01	65,1	0	-	-	0,07	0,1	6,75	-	-	331	39,3	-	-
- 99	23,73	0,64	8,2	0	-	-	0,05	0,2	6,76	-	-	363	28,1	-	-
- 199	23,45	0,17	2,1	+0,5	-	-	0,1	0,3	6,88	-	-	373	23,4	-	-
- 386	23,29	0,0	0	1,25	-	-	0,6	0,2	6,89	-	-	391	18,2	-	-
- 591	23,28	0,0	0	1,2	-	-	0,6	0,2	6,99	-	-	383	21,9	-	-
Stat. 664 M E Cap Tembwe 15.1.1947															
Saison des pluies Transparence 14 m.															
- 10	26,24	7,66	102,0	-	0,2	0,0	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
- 15	26,20	7,66	101,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 20	26,19	7,62	101,3	-	0,1	0,0	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
- 25	26,10	7,44	98,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 30	26,02	7,40	98,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 40	25,72	6,47	85,4	-	0,4	0,01	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
- 45	25,32	5,52	72,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 50	24,93	4,79	62,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 55	24,75	3,92	50,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 60	24,45	2,66	34,4	-	0,8	0,025	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-
- 80	23,96	3,17	40,8	-	-	0,12	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-
- 100	23,82	3,79	48,3	-	1,8	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-
- 120	25,69	3,07	39,6	-	-	0,2	0,025	-	-	-	-	-	-	-	-
- 140	23,68	2,89	36,7	-	-	0,15	0,025	-	-	-	-	-	-	-	-
- 150	23,62	2,20	28,0	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 160	23,58	2,09	26,6	-	-	0,25	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
- 170	23,58	2,16	27,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 180	23,52	1,07	13,1	0	-	0,3	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
- 190	23,52	0,43	5,4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 200	23,49	0,40	5,0	-	6,5	0,3	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-
- 225	23,45	0	0	0,8	8,0	0,4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 105 4 Km E Cap Tembwe															
Saison des pluies															
- 0,2	26,13	7,74	103,0	-	-	0,4	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
- 0,4	-	7,15?	95,1?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 10	26,15	7,66	101,9	-	-	0,02	0,0	0,05	-	-	-	-	-	-	-
- 20	25,74	6,72	88,7	-	-	0,03	0,01	0,05	-	-	-	-	-	-	-
- 30	25,03	4,58	59,5	-	-	0,07	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
- 40	24,76	4,33	56,2	-	-	0,13	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
- 50	24,35	2,89	37,3	-	-	0,15	0,02	0,05	-	-	-	-	-	-	-
- 60	24,12	2,18	28,0	-	-	0,15	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
- 70	23,97	1,61	20,6	-	-	0,18	0,0	0,05	-	-	-	-	-	-	-
- 80	23,83	3,29	42,0	-	-	0,17	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
- 90	23,74	2,84	36,0	-	-	0,2	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
- 100	23,69	1,02	13,0	-	-	0,25	0,01	0,1	-	-	-	-	-	-	-
		1,16	14,8												
- 125	23,62	1,54	19,6	-	-	0,3	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
- 150	23,54	0,39	4,9	-	-	0,35	0,02	0,08	-	-	-	-	-	-	-
- 175	23,49	0,16	2,0	+0,2	-	0,4	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
- 200	23,42	0	0	0,5	-	0,45	0,3	0,015	-	-	-	-	-	-	-
- 225	23,40	0	0	0,75	-	0,45	0,33	0,05	-	-	-	-	-	-	-





Les baies et les eaux côtières.



Prof.	°C	Oxygène mg/l	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Alcal.	Oxydab.	pH	CO <sub>3</sub> H	CO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca
Stat. 211 13,7 M W de Kasanga 30.III.1947 Saison des pluies																
0,2	27,36	7,38	100,0	-	0,2	0,04	0,01	0,00	6,73	0,71	-	-	-	-	2,8	12,4
5	27,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	27,22	7,41	100,2	-	-	-	0,01	0,03	-	0,80	-	-	-	-	-	-
20	27,08	7,44	100,3	-	0,3	0,04	0,015	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
30	26,91	7,32	98,5	-	-	-	0,0	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
40	26,53	6,84	91,5	-	0,3	0,08	0,01	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
50	25,82	5,15	68,1	-	-	-	0,02	0,04	6,78	0,69	-	-	-	-	1,6	-
60	25,01	4,16	54,1	-	0,6	0,14	0,0	0,2	-	-	-	-	-	-	-	12,2
70	24,53	4,01	51,8	-	-	-	0,0	0,25	-	-	-	-	-	-	-	12,8
81	24,17	4,17	53,5	-	1,4	0,27	0,0	0,25	-	0,68	-	-	-	-	-	-
90	23,90	3,98	50,8	-	-	-	0,01	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-
101	23,82	3,57	45,5	-	1,6	0,27	0,0	0,25	6,81	-	-	-	-	-	2,8	13,7
123	-	3,49	44,4	-	-	-	0,0	0,3	-	0,62	-	-	-	-	-	-
142	-	3,46	44,1	-	-	-	0,01	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
162	23,60	3,50	44,5	-	2	0,3	0,0	0,3	-	0,67	-	-	-	-	-	2,7
182	23,57	2,90	36,8	0	2,5	0,26	0,01	0,32	-	-	-	-	-	-	2,7	-
203	23,52	2,16	27,4	0	4,7	0,25	0,01	0,35	6,87	0,66	-	-	-	-	3,3	-
223	23,51	0,57	7,2	0	3,7	0,3	0,01	0,27	-	-	-	-	-	-	3,5	14,14
250	23,40	0,0	0,0	0,5	6	0,47	0,22	0,0	6,87	0,68	-	-	-	-	3,9	-
299	23,32	0,0	0,0	0,7	11	0,45	0,3	0,03	6,93	0,62	-	-	-	-	3,3	15,9
404	23,30	-	-	1,2	13,5	0,59	0,4	0,04	6,93	0,61	-	-	-	-	5,3	17,0
NO <sub>2</sub> x 10 <sup>-1</sup> de ± 1 à 4 (-50m) ; 1 à - 404m																
Stat. 228 10 M au large du Cap Tembwe 4-5.IV.1947 Petite saison sèche																
141	23,66	0,94	12,0	-	2,5	0,15?	0,04	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
161	23,59	0,50	6,3	-	4	0,25?	0,015	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
182	23,49	0,32	4,1	0	6	0,3?	0,01	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
209	23,44	0,0	0,0	±0,4	7,7	0,55?	0,01	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
229	23,40	0,0	0,0	0,75	8,5	0,27?	0,01	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
244	23,39	0,0	0,0	0,9	9	0,22?	0,02	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
255	23,37	-	-	0,95	9,5	0,3?	0,02	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
305	23,33	-	-	1,2	11	0,4?	0,02	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
702	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stat. 315 10 M au large du Cap Tembwe 27.V.1947 Saison sèche.																
1	25,82	7,43	98,3	-	0,03	0,005	0,005	0,05	-	0,77	8,8	-	-	-	-	-
5	25,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	25,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	25,83	7,22	95,4	-	0,6	0,04	0,01	0,07	-	0,79	8,8	-	-	-	-	-
40	25,87	7,18	95,1	-	0,4	0,01	0,00	0,05	-	0,70	8,81	-	-	-	-	-
60	25,82	7,25	96,0	-	0,6	0,00	0,005	0,07	-	0,63	8,83	-	-	-	-	-
82	23,92	0,87	11,1	-	2,4	0,13	0,00	0,25	-	0,47	8,58	-	-	-	-	-
102	23,82	0,48	6,2	-	3	0,25	0,005	0,2	-	0,48	8,55	-	-	-	-	-
122	23,75	0,53	6,7	-	3,5	0,2	0,005	0,15	-	0,55	8,52	-	-	-	-	-
140	25,56	0,54	6,8	-	3,5	0,3	0,005	0,1	-	0,49	8,56	-	-	-	-	-
160	23,53	0,42	5,4	0	4	0,35	0,005	0,15	-	0,50	8,53	-	-	-	-	-
180	23,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
195	23,47	0,03	0,4	0,5	5	0,45	0,005	0,07	-	0,63	8,57	-	-	-	-	-
198	23,41	0	0	0,6	7	0,6	0,01	0,05	-	0,68	8,5	-	-	-	-	-
218	23,40	0	0	0,65	8	0,8	0,01	0,03	-	0,75	8,57	-	-	-	-	-
247	23,35	-	-	0,75	8,5	0,6	0,05	0,0	-	1,11	8,52	-	-	-	-	-

Tableau 2

Stat.3 1970											
m	Ca	Mg	K mg/l	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	Alcal.	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> ug at/l	NH <sub>4</sub>	SI
2	8,20	41,5	34,2	66,3	21	3,4	5,64	1,14	0,18	5,05	1,2
50	8,14	39,5	33,2	67,3	21	3,7	5,70	0,31	0,10	2,52	18,0
100	8,08	41,5	34,4	70,0	22	4,3	6,02	1,48	7,70	2,21	37,4
150	7,00	41,0	33,7	69,3	25	3,7	6,18	1,80	2,08	2,10	86,9
200	n.d.	42,0	33,7	70,5	22	3,4	6,08	3,68	0,23	2,39	138
250	5,84	40,5	33,7	71,6	21	3,4	6,22	4,12	0,18	2,70	177
460	5,47	42,0	33,4	68,8	21	3,4	5,98	4,92	0,32	2,46	245
760	5,42	42,0	33,7	70,2	22	3,6	6,30	5,28	0,39	2,24	273
960	5,41	42,0	33,5	73,3	24	4,0	6,44	5,38	0,25	1,90	282
1160	5,40	42,0	33,0	67,6	20	3,4	6,24	5,38	0,18	2,09	310
1360	5,45	40,0	33,2	68,1	22	2,4	6,48	5,38	0,19	3,39	309
1460	5,22	41,0	32,8	66,3	23	2,5	6,38	5,20	0,23	1,97	315
Stat 4 1970											
90	8,32	39,0	34,9	67,5	21	3,3	5,94	1,77	7,70	1,78	60
100	8,15	40,0	34,5	66,0	22	3,6	6,06	1,84	7,70	1,55	62,1
110	8,22	40,5	34,4	69,0	21	3,0	5,94	2,29	7,61	2,03	66,1
120	8,09	41,0	34,7	69,5	21	2,7	5,94	2,33	7,61	1,15	75,3
130	7,83	41,0	34,3	70,5	22	4,0	6,10	2,17	7,61	1,76	79,3
140	7,68	41,5	34,2	72,5	22	3,9	6,18	2,13	7,09	2,31	67,3
Stat 6 1970											
2	8,29	41,9	30,5	58,7	22	2,6	5,30	0,47	0,12	6,03	18,4
50	8,31	42,1	30,6	58,9	22	3,5	5,86	0,62	2,03	2,24	18,8
100	8,46	43,1	30,9	60,2	23	2,9	6,20	1,67	6,83	1,50	45,1
120	8,16	43,0	30,9	62,3	22	3,7	6,34	1,62	5,89	0,99	43,6
140	7,71	42,9	31,2	60,2	22	3,3	6,26	2,13	5,89	2,46	65,1
160	7,73	44,0	31,4	61,2	22	3,6	6,54	2,27	21,03	1,52	89,8
200	6,73	44,2	31,3	60,8	22	3,2	6,46	3,77	0,17	1,34	125
250	6,05	44,2	31,3	60,9	22	3,4	6,62	3,83	0,19	0,64	184
300	5,71	44,3	31,0	60,5	22	3,6	6,62	4,63	0,26	0,64	214
350	5,62	44,3	30,9	59,5	22	3,3	6,84	5,13	0,36	0,84	241
400	5,54	43,9	30,4	59,9	23	5,2	6,50	5,28	0,46	0,87	244
500	5,75	44,5	30,6	60,2	22	4,3	6,62	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Stat 15 1970											
2	7,76	36,4	30,5	62,7	22	3,6	5,86	0,36	0,19	0,87	26,4
25	7,70	36,6	30,7	70,1	22	4,0	5,76	0,27	0,14	0,85	20,8
50	-	-	-	-	-	-	6,06	0,36	2,36	0,89	22,9
75	7,78	37,7	32,4	71,6	23	4,7	6,14	1,12	6,66	1,55	37,5
80	7,81	37,6	31,3	73,1	20	3,3	6,18	1,49	7,40	1,03	34,4
90	7,79	37,9	32,1	73,3	20	3,0	6,10	1,28	7,27	1,04	44,7
100	7,24	38,1	32,1	73,1	20	3,3	6,20	1,92	7,57	2,18	64,1
100	7,42	37,7	32,0	72,8	20	3,3	6,22	2,07	7,18	1,27	63,1
110	7,39	37,9	31,7	73,8	22	3,7	6,54	2,05	6,23	1,50	62,1
120	6,81	38,2	31,9	72,3	21	3,3	6,40	2,16	4,17	1,50	105
125	6,59	38,8	32,1	74,3	20	3,4	6,54	2,44	2,19	1,46	101
130	6,85	38,4	31,8	73,1	20	3,3	6,28	2,18	0,20	1,43	88,2
900	5,22	40,2	31,3	74,1	21	4,0	6,48	6,84	0,22	0,96	318
950	5,19	40,2	31,5	72,9	21	4,4	-	6,47	0,08	1,27	347
1000	5,21	40,5	31,4	71,4	20	4,0	6,70	5,99	0,08	1,69	341
1050	5,33	39,4	30,7	73,7	23	3,9	6,84	6,29	0,36	1,20	341
1100	5,21	40,0	30,4	71,9	23	3,4	6,44	6,59	0,18	1,43	340
1150	5,21	40,4	30,2	70,2	23	3,5	6,50	6,35	0,16	1,81	344

Lake Tanganyika Geochemical and Hydrographic Study.

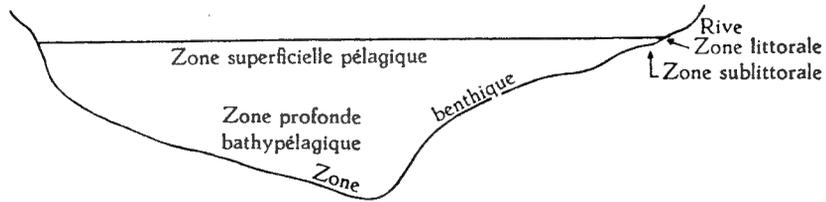
1973 Expedition (H. CRAIG, 1974).

Tableau 3

Bassin Nord, Stations Kigoma.

n	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	PO <sub>4</sub> mg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l
- 5	62,53	32,06	40,10	10,70	0,059	0,204
- 27	60,46	34,41	40,10	10,78	0,016	0,216
- 45	62,53	35,58	40,59	10,70	0,048	0,168
- 63	65,52	33,63		10,90	0,188	0,493
- 91	91,49	33,24	41,32	10,90	0,102	1,550
- 120	63,91	36,36	42,05	11,10	0,284	5,432
- 144	65,52	34,02	41,56	11,38	0,306	4,615
- 168	68,97	34,80	42,29	11,38	0,397	5,840
- 187	64,83	35,58	42,05	12,10	0,424	6,934
- 216	68,97	34,02	41,07	11,90	0,462	7,438
- 250	68,05	36,36	42,30	11,70	0,397	7,667
- 300	65,06	35,97	41,80	12,18	0,462	8,616
- 350	70,58	34,02		12,10	0,488	9,890
- 400	66,44	36,36	40,83	12,18	0,537	11,092
- 450	65,52	35,19	42,29	12,50	0,515	10,455
- 625	65,06	35,19	41,56	12,90	0,526	10,851
- 721	65,52	34,41	41,32	12,58	0,488	11,128
- 818	63,91	35,19	41,80	13,31	0,569	11,969
- 867	62,53		41,07	12,91	0,633	12,97 <sup>B</sup>

Stat 2			Stat 3			Stat 4			Stat 5		
n	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>									
- 5	0,071	2,644	- 12	0,047	2,764	- 5	0,071	2,644	- 5	0,057	2,163
- 99	0,190	3,725	- 100	0,486	4,566	- 72	0,128	3,245	- 48	0,104	5,528
- 218	0,399	7,210	- 179	0,389	6,369	- 145	0,375	5,047	- 97	0,538	4,206
- 328	0,451	8,127	- 269	0,582	7,451	- 217	0,444	7,090	- 145	0,332	5,888
- 447	0,551	8,652	- 359	0,444	7,811	- 290	0,489	5,528	- 193	0,418	7,571



Coupe Usumbura-Kamango

Echelle des longueurs = 1:500.000

Echelle des profondeurs = 1:10.000

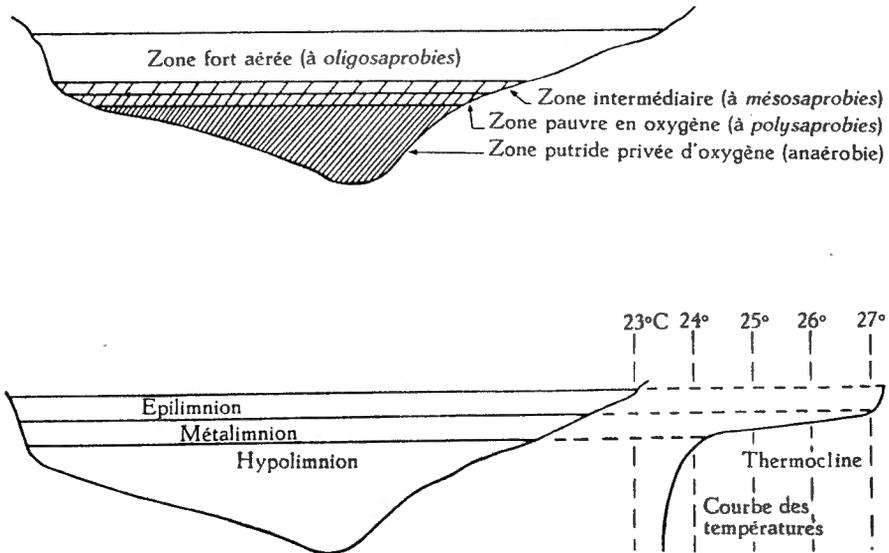


Fig. 13 - Zonation dans le lac, bassin nord. (J.KUFFERATH).

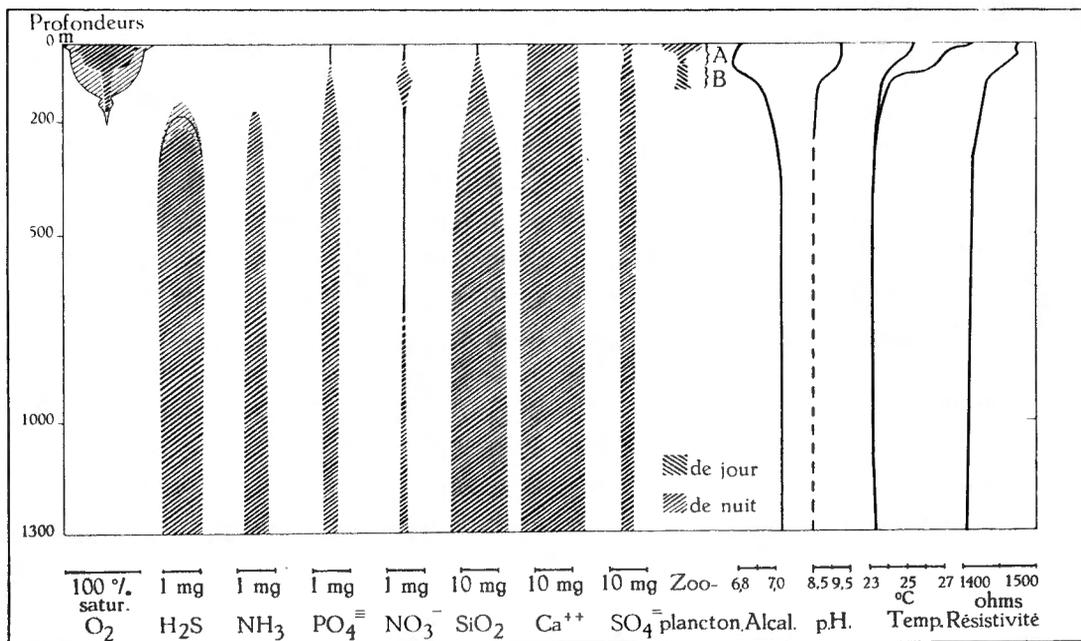


Fig. 14 - Caractéristiques chimiques et physiques variables en fonction de la profondeur. (J.KUFFERATH).