

Institut Royal Colonial Belge

SECTION DES SCIENCES NATURELLES
ET MÉDICALES

Mémoires. — Collection in-8°.
Tome XXIV, fasc. 4 et dernier.

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

SECTIE VOOR NATUUR- EN
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling
in-8°. Boek XXIV, afl. 4 en laatste.

Etude limnologique de quelques lacs ruandais

II

ÉTUDE THERMIQUE ET CHIMIQUE

PAR

H. DAMAS

PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE.



Avenue Marnix, 25
BRUXELLES

Marnixlaan, 25
BRUSSEL

1954

PRIX : F 100
PRIJS :

INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

MÉMOIRES

KONINKLIJK BELGISCH KOLONIAAL INSTITUUT

VERHANDELINGEN



SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

SECTIE VOOR NATUUR- EN GENEESKUNDIGE
WETENSCHAPPEN

TABLE DES MÉMOIRES
CONTENUS DANS LE TOME XXIV

VERHANDELINGEN BEGREPEN IN BOEK XXIV

1. La transformation des paysages congolais par le chemin de fer. L'exemple du B. C. K. (208 pages, 28 figures, 33 photos hors-texte, 7 cartes hors-texte, 1954) par H. NICOLAÏ et J. JACQUES.
 2. Étude limnologique de quelques lacs ruandais. Tome I. Le cadre géographique (92 pages, 12 figures, 8 photos hors-texte, 5 cartes hors-texte, 1954) par H. DAMAS.
 3. Contribution à la géographie du Katanga. Essai de sociologie (128 pages, 1954) par M. ROBERT.
 4. Étude limnologique de quelques lacs ruandais. Tome II. Étude thermique et chimique (116 pages, 9 figures, 28 annexes, 1954) par H. DAMAS.
-

INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

Section des Sciences naturelles et médicales.

MÉMOIRES

KONINKLIJK BELGISCH KOLONIAAL INSTITUUT

Sectie voor Natuur- en Geneeskundige
Wetenschappen.

VERHANDELINGEN

In-8° — XXIV — 1954

Avenue Marnix, 25
BRUXELLES

Marnixlaan, 25
BRUSSEL

1954

IMPRIMERIE J. DUCULOT
S. A.
GEMBLoux

Étude limnologique
de
quelques lacs ruandais

II

ÉTUDE THERMIQUE ET CHIMIQUE

PAR

H. DAMAS

PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE.

Mémoire présenté à la séance du 20 février 1954.

Étude limnologique de quelques lacs ruandais

DEUXIÈME PARTIE

Étude thermique et chimique

Préliminaires.

Ce mémoire constitue le second d'une série destinée à exposer les résultats des recherches hydrobiologiques poursuivies par l'auteur, durant les 7 premiers mois de 1952, dans quelques lacs du Ruanda. L'enquête, rendue possible par le soutien financier et matériel de l'I. R. S. A. C., avait deux buts principaux. Existe-t-il, parmi les nombreux lacs éparpillés entre les collines ruandaises, des types hydrographiques variés ? Dans quelle mesure, les conditions de milieu se reflètent-elles dans la composition et la richesse de la faune et de la flore ? Pour résoudre ces questions, quelques lacs caractéristiques furent choisis comme objets d'études.

Le thème général des recherches entreprises était la productivité biologique des eaux. Il exigeait de connaître en premier lieu la forme générale des bassins, et par conséquent d'établir des cartes bathymétriques. Les sondages effectués dans ce but ont été étudiés dans le premier mémoire de cette série. Ils ont montré l'existence de 3 types de lacs : le premier comptant uniquement deux lacs très profonds voisins des volcans Virunga : le Bulera (175 m) et le Luhondo (68 m), le second réduit au seul lac Mohasi isolé dans les collines du Buganza (13,8 m), enfin, les eaux peu profondes, atteignant rare-

ment 6 m, des nombreux lacs de la plaine où serpente la Nyawarongo.

Le second pas de l'enquête devait être naturellement l'examen des conditions physiques et chimiques du milieu. Pour cela, de nombreuses stations hydrographiques (21 au total) ont été effectuées. Le travail actuel est consacré à en discuter et en interpréter les résultats. Mais qu'on ne s'attende pas à y trouver une analyse détaillée de tous les constituants de l'eau, ni une étude exhaustive de tous les phénomènes que pose la thermique des lacs ruandais. En effet, dans le laps de temps très court qui pouvait être consacré aux recherches, et étant donné l'ampleur géographique du problème, il ne pouvait être question d'effectuer autre chose qu'une enquête préliminaire. Dès avant le départ, le but assigné par l'I. R. S. A. C. à cette mission au Ruanda était de débrouiller le terrain pour des recherches ultérieures et en particulier, de chercher à préciser la nature des problèmes posés par ces lacs équatoriaux d'altitude moyenne.

Les recherches décrites dans ce mémoire sont d'ailleurs préparatoires à l'étude de la population et de la productivité biologique de ces lacs, étude qui sera faite dans d'autres mémoires, spécialement dans celui consacré au plancton. Aussi, les analyses portèrent sur les caractères connus pour influencer le plus la flore et la faune. D'autre part, des raisons pratiques, telles que le fait de séjourner toujours sous la tente ou dans des gîtes d'étapes, limitaient les possibilités d'examen aux caractères pour la détermination desquels ont été mises au point des techniques simples, ne nécessitant aucun appareillage compliqué.

L'étude a été, par conséquent, volontairement limitée à la mesure de la stratification thermique, de la conductibilité électrique, de la dureté totale, de l'alcalinité, du pH, de la teneur en oxygène dissous, hydrogène sul-

furé, acide carbonique, phosphates, nitrates, nitrites, sels ammoniacaux et silicates. De plus, des échantillons d'eau ont été prélevés dans chaque lac et envoyés pour analyses, les uns au laboratoire du Service géologique du Bukavu, les autres au Centre d'Études des Eaux à Liège. Je tiens à remercier encore très vivement ces deux institutions d'avoir ainsi complété mon information.

I. — Instruments et méthodes.

Prélèvement des échantillons d'eau.

Suivant les circonstances, des instruments très différents ont été utilisés. Dans les lacs profonds, BULERA, LUHONDO et MOHASI — l'eau nécessaire aux analyses fut récoltée à l'aide soit d'une bouteille du type NANSEN, soit d'une bouteille du type RUTTNER, toutes deux de fabrication liégeoise. La préférence a été, très généralement, donnée à la bouteille à renversement, type NANSEN, parce qu'elle a l'avantage de fournir, grâce au thermomètre qui lui est attaché, une mesure plus exacte de la température.

La bouteille à renversement utilisée n'était pas identique à la bouteille NANSEN classique, mais semblable à celle dont la photographie a été donnée dans un travail précédent (DAMAS 1937). Son avantage sur l'instrument original consiste en ce que les robinets, beaucoup plus larges, permettent un passage plus rapide de l'eau à travers le corps de l'appareil.

Dans les lacs de profondeur inférieure à 10 m, il ne pouvait être question d'utiliser ces bouteilles à eau, car leur taille amène une imprécision trop grande dans le niveau auquel l'échantillon est récolté, peut même troubler complètement une stratification. On verra en effet que, dans certains cas, quelques centimètres de hauteur seulement peuvent séparer des couches très différentes. Une bouteille à eau classique mélangerait tout. Pour récolter l'eau dans ces lacs, l'instrument le meilleur parut être une petite pompe vue autrefois au laboratoire de Lunz (Autriche) où elle servait à l'étude des mares

alpines. L'instrument n'a jamais été décrit. Sur les conseils du professeur F. RUTNER, que je remercie encore à ce propos, je donnerai brièvement une description de l'appareil tel qu'il fut réalisé dans les ateliers de l'Institut Van Beneden (fig. 1).

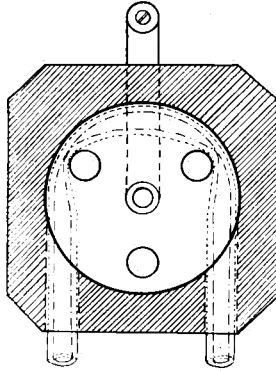


FIG. 1. — Pompe hydrographique.

Dans la pompe, le vide est créé par l'écrasement progressif d'un tube en caoutchouc. Ce dernier (d'un diamètre extérieur de 20 mm, intérieur de 16 mm) est disposé en U dans un bloc de bois. Les deux branches de l'U traversent des trous forés à cet intention, tandis que la courbe s'appuie sur les $\frac{2}{3}$ du pourtour d'une fenêtre ronde de 10 cm de diamètre percée dans le bloc. Cette fenêtre est fermée par deux flasques placées de part et d'autre du tube de caoutchouc et fixées sur un axe muni d'une manivelle. Les flasques portent 3 tourillons séparés l'un de l'autre de 120° et disposés de telle façon qu'ils écrasent complètement le tube de caoutchouc contre la paroi de bois. Il suffit de tourner la manivelle pour chasser l'air ou l'eau, enfermé entre deux tourillons successifs. La pompe fonctionne évidemment dans les deux sens. Des tuyaux de caoutchouc prolongent les deux branches de l'U. L'un est descendu à la profondeur

désirée, l'autre permet de recueillir un échantillon qui n'a pas été en contact avec l'atmosphère. L'appareil fonctionne admirablement et permet de prendre des échantillons d'eau étagés de 10 ou de 20 cm seulement, à quelques centimètres au-dessus du fond, le cas échéant.

Thermomètres.

Le thermomètre utilisé pour les mesures de surface était gradué au $1/10^{\circ}\text{C}$ et avait été étalonné au $1/20^{\circ}\text{C}$. Les lectures se faisaient aisément au $1/20^{\circ}\text{C}$.

Le thermomètre à renversement provient de la maison FRANZ SCHMIDT de Berlin et permet la lecture au $1/100^{\circ}\text{C}$. Son certificat lui accorde une erreur maximum de $0,02^{\circ}\text{C}$. Les lectures ont cependant été faites au $1/20^{\circ}\text{C}$. Cette précision était, en effet, la limite de ce qu'il était possible d'atteindre avec les autres instruments utilisés.

En effet, le thermomètre contenu dans la bouteille de RUTTNER était simplement gradué en $1/2^{\circ}\text{C}$ et ne permettait donc que des mesures au $1/10^{\circ}\text{C}$.

Lorsque les échantillons d'eau étaient prélevés à la pompe, la température en était connue grâce à un thermomètre bimétallique, à cadran, intercalé sur le courant d'aspiration. Ce thermomètre très sensible est gradué en $^{\circ}\text{C}$ et permet l'estimation du $1/10^{\circ}\text{C}$. Il est certain que ces deux derniers instruments — thermomètre incorporé dans la bouteille de RUTTNER et thermomètre bimétallique — n'ont pas la même précision que le thermomètre à renversement. C'est pourquoi, autant qu'il fut possible, ce dernier fut employé de préférence. Mais quelque soit le thermomètre utilisé, la valeur intéressant spécialement l'hydrobiologiste — les différences de températures entre les diverses couches — pouvait être parfaitement appréciée.

Les températures de l'air indiquées dans nos tableaux ont été mesurées soit avec un thermomètre fronde, soit

avec un thermomètre maxima-minima de type ordinaire. Les valeurs fournies ne prétendent donc pas à une précision particulière.

Méthodes d'analyses.

Les produits chimiques et le matériel indispensable furent fournis par le Centre d'Uvira de l'I. R. S. A. C., où furent préparés les réactifs et les solutions titrées. Les pipettes et burettes étaient de la meilleure qualité et avaient subi un contrôle volumétrique. La colorimétrie a été exécutée dans des tubes à fond plat, de 16 mm de diamètre interne et 50 cc de contenu, sauf pour la recherche des nitrates. Ceux-ci furent dosés dans des tubes de 10 cc à bouchon de verre du type décrit par H. MULLER (1933). Les comparateurs colorimétriques ont été construits sur le modèle décrit par RUTTNER (1931) dans son travail classique sur les lacs de l'archipel de la Sonde.

1) La *concentration totale en sels* a été estimée par la mesure de la conductibilité électrique au pont de KOLHRAUSH. Pour permettre les comparaisons, les valeurs mesurées ont été toutes ramenées à 18°C. Elles sont données multipliées par 10⁶.

2) La *dureté* (Méthode développée par SCHWARZENBACH). Le dosage de la somme des ions calcium et magnésium présents dans l'eau a été exécuté à l'aide de Complexon (sel disodique de l'acide éthylène diamino-tétracétique) avec l'ériochrome T comme indicateur de fin de réaction, et en employant le tampon de BETZ et HOLL (1950) à borate-sulfure de soude. En employant une solution de complexon M/100 et opérant le dosage dans 100 cc d'eau, le nombre de cc de réactif utilisé indique immédiatement la dureté totale en ° français (= mg CaCO³ par 100 cc). Les valeurs ainsi obtenues

ont été utilisées pour les tableaux et les courbes publiés plus loin.

La méthode au complexon permet un dosage séparé des ions calcium. Elle donne donc par différence, la quantité d'ions magnésium. Le dosage se fait alors en employant le murexide comme indicateur de fin de réaction et pour 100 cc d'eau, 5 cc d'NaOH N comme tampon. L'analyse a toujours été effectuée. Malheureusement, le virage du murexide, du rose au violet, est difficile à apprécier exactement. Aussi, une confiance exagérée ne pourrait être accordée aux chiffres obtenus et ils ne seront pas publiés. Comme cependant les dosages effectués dans un même lac ont toujours fourni des valeurs peu différentes, une valeur moyenne sera établie pour chaque lac et utilisée dans la discussion.

D'après les renseignements bibliographiques consultés (voir STASSART 1950), cette technique au complexon paraît de la plus haute précision (de 0,1 mg/litre à 0,5 mg/CaCO³ par litre) et d'une commodité parfaite. Cependant, on constatera que le résultat de l'analyse d'échantillons d'eau effectuée par gravimétrie tant au laboratoire de Géologie de Bukavu qu'au Centre d'Étude des Eaux à l'Université de Liège ne concorde pas toujours avec les mesures faites sur place. Chose plus étonnante, les différences ne sont pas toujours du même ordre. Aucune explication n'a pu être fournie de ces divergences.

3) L'*alcalinité* est égale par définition, au nombre de cc de HCl N/10 nécessaires pour neutraliser 100 cc d'eau en présence de méthylorange, volume dont est soustrait 0,09 cc, quantité nécessaire pour obtenir le virage de l'indicateur dans l'eau distillée (MULLER, 1933).

4) *CO² libre*. Dosé dans 100 cc d'eau en présence de phénolphtaléine par Na²CO³ (ou dans le cas de déficit

par HCl) avec emploi de la correction de WINCKLER : ajouter à la quantité mesurée le $1/50$ de la valeur de l'alcalinité exprimée en ° allemands (= alcalinité $\times 2,8$) (voir MAUCHA 1932, page 75).

5) Le pH a été mesuré par colorimétrie à l'aide de l'appareil de HELLIGE qui utilise les colorants de CLARKS et LUBBS pour lesquels sont fournis des étalons séparés par 0,2 unité. Entre deux étalons successifs, il est possible d'apprécier 3 teintes, l'une exactement intermédiaire et 2 plus proches de l'un ou de l'autre étalon. Ainsi, les valeurs fournies dans les tableaux sont-elles portées à 0,05 unité près.

Malheureusement, au cours du voyage Europe-Afrique, le flacon de rouge de phénol fut détruit et il ne put être remplacé avant la fin du voyage. De la sorte, la série de colorants à ma disposition ne permettait pas de mesures entre 7,6 (limite supérieure d'emploi du bleu de thymol bromé) et 8,0 (limite inférieure d'emploi du bleu de thymol). Pour combler cette lacune, mon ami G. MARLIER me confectionna une gamme de tubes scellés contenant des solutions tampons colorées qui permettaient une estimation du pH . Bien que ce procédé ne permit pas de tenir compte de façon précise de la couleur propre de l'eau, il a comblé très heureusement une lacune grave de mon équipement.

6) O_2 . L'oxygène dissous a été dosé suivant la méthode classique de WINCKLER. Cette méthode a été critiquée parce que en présence de substances réductrices elle fournit des chiffres trop bas. Aussi, actuellement, on utilise souvent des techniques qui assurent une transformation préalable des substances réductrices. La plus connue de ces techniques est celle d'ALSTERBERG (1926). Mais dans un voyage précédent, j'eus l'occasion d'observer avec cette dernière méthode des valeurs absolument anormales, qui ne pouvaient s'expliquer

que soit par la présence de sels manganoux que le brome utilisé aurait transformés en sels manganiques et qui auraient été dosés ensuite comme oxygène, soit par une transformation de l'eau en H^2O^2 par le brome sous l'influence du soleil. Ces déboires expliquent que, dans ce voyage, la méthode originelle de WINCKLER ait été seule employée. L'échantillon d'eau destiné à l'analyse était récolté dans des flacons de WINCKLER de 100 à 125 cc. Il était évidemment intéressant de calculer les résultats non en milligrammes par litre mais en % de la saturation. Pour ce calcul, la connaissance de la pression barométrique est indispensable. Un calcul approché a été effectué en utilisant le tableau donné dans WELCH (*Limnological Methods*, p. 366) du rapport entre l'altitude et la pression barométrique. La constante de la solubilité de l' O^2 en fonction de la température a été prise dans WINCKLER (ALDERHALDEN, *Methoden IX — II Susswarsserbiologie*, p. 32).

7) Le dosage de l'*hydrogène sulfuré* fut effectué suivant la technique de OHLE (1936) : précipitation du gaz dissous par le $CdNO^3$. Le CdS formé, recueilli sur filtre, est ensuite attaqué par un acide fort en présence d'une quantité déterminée d'iode. Mais, lorsque l'eau était chargée d'hydrogène sulfuré, elle contenait souvent aussi du plancton mort en quantité énorme, ce qui enlevait toute précision au dosage de l'iode restant. C'est pourquoi, le plus souvent, les tableaux portent seulement une estimation qualitative de l' H^2S .

8) Les *sels d'ammoniaque* ont été dosés colorimétriquement par le réactif de NESSLER en présence de sels de Seignette. La réaction fut faite dans 50 cc d'eau. La méthode est sensible au 0,01 d' N/NH^3 par litre (voir MULLER, 1933).

9) Les *nitrites* furent recherchés par le réactif très sensible de GRIESS. La réaction fut faite également dans

50 cc et peut estimer 0,001 mg/litre N/NO² (voir MULLER, 1933).

10) Les *nitrates* furent dosés par la réaction du diphenylamine suivant la technique décrite par MULLER (1933). La réaction se fait dans 1 cc d'eau et est sensible à 0,02 mg N/NO³ par litre.

11) Les *phosphates*, ont été dosés colorimétriquement par la réaction de DENIGES au bleu de molybdène. Le dosage fut fait dans 50 cc d'eau. La méthode qui fut décrite par JUDAY 1928, est sensible à 0,001 mg de P/PO⁴ par litre.

12) Les *silicates*, ont été mis en évidence par la réaction au molybdate décrite par ATKINS, réaction peu sensible, qui ne met en évidence que 0,1 — 0,05 mg/litre de SiO². La recherche n'a jamais été faite que qualitativement, parce que les teintes développées dans les eaux, différaient trop de celle de l'acide picrique, l'étalon classique pour le travail sur le terrain.

Effectuer tous ces dosages exige plus d'un litre d'eau, quantité rapportée par les bouteilles de NANSEN et de RUTTNER. Aussi, les analyses ont dû être faites avec de l'eau prélevée à deux dates différentes, chose regrettable. Il est particulièrement dommage que le nombre peu élevé de bouteilles de WINCKLER à ma disposition n'ait pas permis de doser en même temps O² et CO². On excusera ces imperfections inévitables dans un travail poursuivi à plusieurs centaines de kilomètres d'un laboratoire.

II. — Lac Bulera.

A. Thermométrie.

TEMPÉRATURE DE L'AIR.

Du 21 mai au 10 juin 52, chaque matin, les températures maxima et minima ont été relevées, avec cependant une interruption du 28 au 30 mai. L'abri sous lequel se trouvait le thermomètre était situé au bord même du lac. Si les valeurs renseignées dans le tableau (annexe 1, page 86) n'ont pas la précision des mesures météorologiques des observatoires, elles apportent tout de même des renseignements précieux sur l'évolution du climat durant ce temps.

Les températures extrêmes relevées sont 11 et 27°. Les chiffres les plus fréquents sont cependant 14 et 25°. La température moyenne de cette période est approximativement égale à 19°. Les observations ne permettent de constater aucune tendance de la température à se modifier, bien que la fin du séjour coïncidât avec la fin de la saison des pluies.

TEMPÉRATURE DES AFFLUENTS.

Aucune mesure précise de la température des affluents n'a pu être effectuée. Ainsi que l'expose la première partie de ce travail, consacré à la description géographique des lieux visités, la plupart des rivières que nous eûmes l'occasion d'examiner étaient à sec. Seuls, le gros ruisseau Kabaga et la chute Rusumo, venant tous

les deux de la portion orientale du bassin versant, contenaient de l'eau. Tous deux descendent d'altitudes élevées (2.100 à 2.300 m), et amènent au lac une eau froide, dont la température doit être inférieure à 15°. Lorsque l'eau de la chute Rusumo aborde le Bulera, sa couleur brune permet de la distinguer du restant du lac. On la voit, après un trajet en surface de quelques mètres à peine, plonger le long du fond.

ENDROITS ET DATES DES STATIONS HYDROGRAPHIQUES.

Les deux stations hydrographiques ont été effectuées à l'endroit qui parut le plus représentatif, non loin du centre du lac, au large de la colline de Kinyababa, au-dessus des eaux les plus profondes. Au point des observations, la sonde indiquait 163 m. Deux jours seulement séparent les deux séries d'observations (2 et 4 juin 52). Les températures maxima et minima relevées le matin de ces journées sont respectivement 16 -23° et 14 -25°, températures qui représentent bien des chiffres moyens pour la période de notre séjour au bord du Bulera.

OBSERVATIONS DANS LE LAC.

Les deux stations hydrographiques faites dans le Bulera ont fourni des chiffres tout à fait semblables (annexes 2 et 3 pp. 87 et 88 ; fig. 2, p. 16).

Le 2 juin, de la surface jusque 15 mètres, la température diminuait régulièrement (de 22,10° à 20,10°), puis la chute de température continuait plus lente jusqu'à 19,60° chiffre atteint à 100 m. Ensuite, entre 100 et 150 mètres, la température était uniforme. Le 4 juin, la température de surface était nettement plus faible, mais à partir de 5 m de profondeur, la courbe des températures coïncide avec celle mesurée deux jours plus

tôt, à l'exception de la valeur trouvée à 20 m, qui est 0,1° plus basse. Le 2 juin par conséquent, le thermocline se terminait en surface et se confondait avec l'échauffement superficiel. Le 4 juin, journée moins ensoleillée,

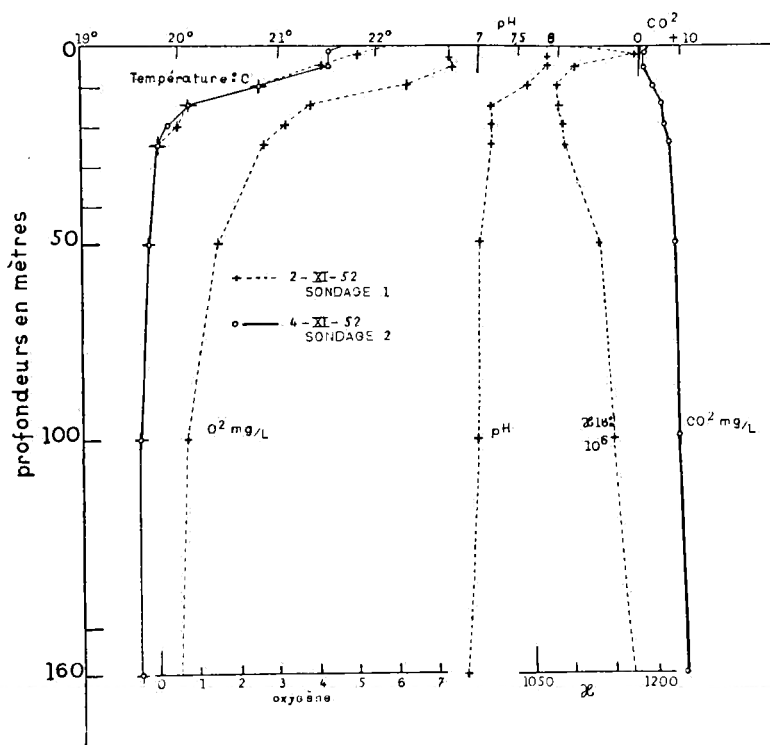


FIG. 2. — Lac Bulera.

il s'arrêterait vers le haut à 5 m. D'autre part, il est indubitable qu'à 25 m de profondeur on atteignait l'hypolimnion. La couche de saut thermique a donc une épaisseur de 20 m.

Les courbes mesurées dans le Bulera rappellent tout à fait celles mesurées dans les 65 premiers mètres du Kivu durant la saison sèche (H. DAMAS, 1937, p. 43). Ces dernières s'opposaient très nettement à celles relevées

durant la saison des pluies qui, elles, étaient franchement divisées en trois régions, avec un thermocline extrêmement net. A l'époque, ces courbes peu nettes avaient été interprétées comme l'indice de phénomènes de brassage, vraisemblablement saisonniers, dus à la saison sèche. Les courbes du Bulera doivent-elles être interprétées de la même façon ? La chose sera discutée plus loin, après qu'auront été étudiés les autres caractères de l'eau et analysées les stations hydrographiques faites dans le lac voisin, le Luhondo. Notons cependant dès à présent que ces observations du Bulera ont été faites à la fin de la saison des pluies, saison qui, jusqu'à plus ample informé, est considérée comme étant sous l'équateur, la période de stabilité des eaux.

La température mesurée entre 100 et 160 m (19,6°) est remarquablement semblable à la température moyenne entre les maxima et minima de l'air des jours précédant les stations hydrographiques. Elle est un peu supérieure à la moyenne des températures observées durant tout notre séjour.

B. Chimie des eaux.

EAU DE LA CHUTE RUSUMO.

L'eau de l'affluent principal, la chute Rusumo, diffère très fort de celle du lac par sa couleur, son aspect, sa composition. La rivière sort d'une immense étendue de papyrus située à haute altitude. Son eau brune sent le marécage. Sa conductibilité électrique extraordinairement faible (38×10^6) indique une charge en électrolytes quasi nulle. Son pH franchement acide (5,3) la rapproche également des eaux de tourbières d'Europe. Son alcalinité est nulle.

Les observations faites sur place ont été confirmées

par l'analyse par le Centre d'Études des Eaux de Liège, d'un échantillon rapporté en Europe, analyse, dont voici le résultat :

CaO mg/l	traces
MgO »	traces
SO ⁴ »	0
Cl »	0
résidu sec	152
résidu calciné	traces

La différence entre le résidu sec et le résidu calciné s'explique vraisemblablement par la nature organique des substances déposées par l'évaporation totale de l'échantillon et confirme par conséquent la comparaison faite plus haut avec les eaux de tourbières de nos pays.

EAU DU BULERA.

1) *Concentration totale.*

La conductibilité électrique nous renseigne de façon indirecte sur la charge en électrolytes. Le Bulera, dont une partie des rives est constituée par de la lave alcaline, est, de tous les lacs visités, celui dont la conductibilité électrique est la plus faible. Le fait s'explique évidemment par l'apport des eaux extraordinairement douces de la chute Rusumo. Les eaux du lac sont cependant près de trois fois plus riches en électrolytes que celles de l'affluent principal. Ici interviennent les autres affluents et spécialement ceux qui, descendant le cône du volcan Muhavura, disparaissent au moment où ils atteignent la plaine de laves et parviennent vraisemblablement au lac après avoir filtré à travers celle-ci.

Cet apport d'eau souterrain ne réussit pas à donner aux couches profondes une concentration notable. De la surface à 160 m, la conductibilité varie seulement de 109 à 117. La courbe dessinée par les résultats (annexe 3, p. 88 et fig. 2, p. 16) des mesures n'est pas régulière, elle présente à

2 m un maximum (117) qui atteint le chiffre observé au fond, tandis que de 10 à 20 m, se trouve une zone de minimum (107). La courbe est celle d'une eau en équilibre instable. Certes, la différence de 1° c entre la température de la couche de 2 m et celle des eaux de 10 m de profondeur compense vraisemblablement une inégalité de densité que pourrait causer la charge en électrolytes. Il ne doit plus être de même lorsque le rayonnement nocturne refroidit les eaux de surface. A ce moment peut-être, se passent des mouvements de convection et un mélange de ces eaux légèrement plus concentrées avec les autres.

D'où provient cette eau superficielle un peu plus concentrée ? Peut-on supposer qu'il s'agit de l'eau qui a filtré à travers la plaine de laves et s'est mélangée au lac au moment où elle a rencontré la nappe phréatique, c'est-à-dire au niveau de la surface des eaux ? A l'heure actuelle on ne peut que poser la question.

2) *Dureté.*

Le dosage au complexon des sels alcalino-terreux a fourni des valeurs variant entre 2,9 et 3,5° français. N'était la valeur trouvée à 5 m (3,5), on admettrait aisément que la composition de l'eau est, à ce point de vue, homogène sur toute la hauteur du lac. Ce maximum de dureté ne correspond pas à celui de la conductibilité électrique qui se situe à 2 m de profondeur. Comme lui, il peut signifier une hétérogénéité de l'épilimnion, due à des apports étrangers.

Dans les échantillons a été effectué le dosage séparé du Ca et du Mg. Les différences d'un échantillon à l'autre ne dépassent pas la précision de la méthode. En moyenne, le Ca constitue les 55 % des ions alcalino-terreux présents. Le résultat des dosages effectués sur place est confirmé par les analyses du laboratoire du Centre des Eaux à Liège (annexe 28, p. 113).

3) *Alcalinité* — CO_2 — *pH*.

Les eaux du Bulera sont très peu alcalines : il suffit de 0,80 à 0,93 cc d'HCl N/10 pour neutraliser 100 cc d'eau du lac en présence de méthylorange. De la surface jusqu'au fond, les valeurs observées sont pratiquement identiques. On hésite à accorder une signification particulière au fait que le chiffre maximum a été observé à 10 m de profondeur, c'est-à-dire à peu près à la limite inférieure de l'épilimnion, tant le chiffre diffère peu des autres. Le lac Bulera est probablement de tous les lacs africains étudiés jusqu'ici, celui dont les eaux sont les moins alcalines. Le fait est d'autant plus étonnant qu'il se trouve au contact direct des laves issues des Virunga, lesquelles sont connues pour leur richesse en potasse. (COMBE and SIMMONS, 1923). Il s'explique évidemment par l'influence dominante de l'apport des eaux extraordinairement douces de la chute Rusumo.

On exprime parfois l'alcalinité en degrés de dureté en supposant implicitement que tous les ions CO_2 sont liés à des ions Ca sous forme de $Ca(HCO_3)_2$ (dureté apparente). Des résultats d'analyse des eaux du Bulera, on peut tirer une valeur moyenne de l'alcalinité égale à 0,9, ce qui pourrait s'exprimer par une dureté de 4,5° français. En fait, la dureté réelle est voisine de 3° français. Une part importante (1/3) d'ions CO_2 est donc fixée à des ions alcalins. Dans une eau dont le pH varie de 7,9 à 6,85, il ne peut s'agir évidemment que de bicarbonates.

Dans cette eau, la phénolphtaléine ne se colore pas spontanément en rouge. Il suffit d'une goutte de carbonate de soude pour obtenir un virage dans des échantillons de 0 à 5 m. Le calcul indique la présence de 1,2 mg/l de CO_2 , chiffre auquel il ne faut donner évidemment qu'une valeur très approximative. Les quantités augmentent régulièrement avec la profondeur jusqu'à atteindre 10 mg/l au-dessus du fond. L'accroissement le plus rapide

se fait dans la zone de saut thermique comme il fallait s'y attendre.

La courbe du pH est l'inverse de celle du CO_2 dissous : elle oppose les cinq premiers mètres (7,9) à la zone entre 15 et 160 mètres (de 7,15 à 6,85) : traduisant ainsi le jeu de la photosynthèse sous la surface de l'eau, des combustions biologiques dans les couches profondes (fig. 2, p. 16 et annexe 3, p. 88).

On sait que TILLMANS a calculé le pH normal d'eaux d'alcalinités croissantes en admettant qu'elles contiennent uniquement des sels alcalino-terreux. D'après ce tableau, l'eau du Bulera, étant donnée son alcalinité, devrait avoir un pH de 8,0 à 8,3. C'est à peu près le chiffre atteint en surface. Mais à partir de 10 m de profondeur, les valeurs observées indiquent une dominance nette des oxydations.

En fait, comme l'eau du Bulera contient certainement des sels alcalins, son pH d'équilibre devrait certainement être plus alcalin. Le pH réel ne peut s'expliquer que par la présence dans l'eau de corps acides, analogues peut-être aux acides humiques et apportés des marécages par la chute Rusumo.

La présence d'une proportion importante de sels alcalins et la possibilité d'existence de ces corps humiques interdisent d'utiliser, pour la détermination de la zone productrice — celle où les végétaux consomment plus de CO_2 qu'il n'en n'est produit par les oxydations biologiques — la comparaison entre les valeurs du pH et les teneurs en CO_2 effectivement mesurées et celles qu'indiquent, pour les eaux d'alcalinité semblable, les courbes de TILLMANS et SCHAPERCLAUS. Celles-ci sont, en effet, établies pour des eaux contenant uniquement des sels alcalino-terreux. Dans un mélange de sels alcalins et alcalino-terreux, la situation est beaucoup plus complexe et plus difficile à analyser.

4) *Oxygène dissous.*

La courbe des concentrations en O² dissous (fig. 2, annexe 2) rappelle très fortement celle des températures mesurées le même jour (2 juin). Jusqu'à 5 mètres de profondeur, la concentration dépassait la saturation : (7,25 mg/l correspondent, à la température de plus de 20° et à une altitude de 1980 m, à environ 106 % de la saturation). Plus bas, les concentrations diminuent rapidement et la chute est particulièrement rapide entre 10 et 15 mètres. La courbe est celle d'un lac partagé en un épilimnion d'un peu moins de 10 m d'épaisseur, un thermocline s'étendant jusqu'à 15 m et d'un hypolimnion de 15 à 160 mètres. Elle confirme les déductions tirées de l'analyse de la courbe des températures, mais réduit l'épaisseur du thermocline. Fait curieux et important, *l'hypolimnion n'est pas entièrement dépourvu d'oxygène*. Même à 160 m de profondeur, les dosages indiquent encore 0,52 mg/l. On sait que dans les lacs équatoriaux étudiés jusqu'à présent, l'hypolimnion a toujours été trouvé dépourvu d'oxygène, en période de stratification stable au moins. Tandis qu'habituellement la courbe d'O² dissous mesurée dans les lacs équatoriaux rappelle celle des lacs eutrophes de la région tempérée, celle du Bulera se rapproche un peu des courbes des lacs oligotrophes.

La présence d'oxygène dans le fond du lac Bulera indique-t-elle que la stratification venait de s'installer depuis un temps relativement bref et que l'activité biologique n'avait pas pu consommer entièrement toute la quantité de gaz introduite dans les couches profondes par un mouvement de brassage des eaux ? Ou la consommation d'O² dans ce lac aux eaux transparentes est-elle particulièrement faible. Cette seconde hypothèse est peu vraisemblable. Le fait de ne posséder qu'une seule série de mesures relatives au Bulera ne permet

évidemment pas d'émettre des conclusions définitives. Mais il y a lieu d'observer que la station hydrographique a été effectuée à la fin de la saison des pluies, période où d'après toutes les observations connues, les eaux des lacs équatoriaux présentent la plus grande stabilité. Le lac Bulera est-il une exception à ce point de vue et aurait-il, peu de temps avant la date des observations, en pleine saison des pluies, subi un brassage total ? La chose paraît d'autant plus difficile à admettre que le lac Luhondo voisin, soumis aux mêmes influences climatiques présentait 12 jours plus tard une stratification parfaite avec un hypolimnion complètement dépourvu d'oxygène. Une autre explication peut être proposée : un brassage partiel permanent dû aux circonstances géographiques. La courbe de conductibilité électrique indiquait l'existence d'une couche superficielle légèrement plus concentrée, couche due vraisemblablement à l'influence de la nappe phréatique et qui chaque nuit, doit tendre à descendre et à se mélanger aux eaux du fond. D'autre part, l'affluent principal du Bulera, la chute Rusumo, lui apporte une eau très froide qui coule immédiatement vers le fond. Cette eau doit apporter dans l'hypolimnion une certaine quantité d'oxygène.

Deux hypothèses se présentent donc : ou la station hydrographique a été exécutée peu de temps après un brassage total des eaux, ou le Bulera est continuellement remué dans toute sa masse. La nature relativement oxydée de la boue du fond me fait admettre cette seconde explication. Mais évidemment, de nouvelles observations sont nécessaires pour trancher ce point.

La présence d'oxygène jusqu'au contact du fond a comme corollaire le résultat négatif de la recherche de l'hydrogène sulfuré.

5) *Nitrates — Nitrites — Sels ammoniacaux*
Phosphates — Silicates.

Il est assez surprenant de constater que seules des traces de nitrites purent être mises en évidence dans l'eau du Bulera. Comme la réaction de GRIESS est très sensible, les mesures indiquent une concentration inférieure à 0,001 mg/l. N/NO² ! De quelque profondeur qu'elle vint, l'eau donnait la même réaction. Aucune trace de sels ammoniacaux, ni de nitrates, ne put être mise en évidence.

Au moment de l'analyse, les eaux du Bulera étaient donc particulièrement dépourvues en corps azotés, corps que l'on considère généralement comme un des facteurs limitant la croissance du phytoplancton.

Les eaux de l'hypolimnion étaient seules à contenir des traces de phosphates qui apparaissaient dès 25 m de profondeur et dont la concentration atteignait au maximum 0,021 mg/l. Ce chiffre peu important montre que ces substances aussi doivent être rangées parmi celles qui limitent la productivité du Bulera.

Les silicates par contre, existaient en quantités notables sur toute la hauteur de l'eau. Il n'a pas été tenté de les évaluer quantitativement mais la réaction augmentait d'intensité, très nettement, avec la profondeur. Cela suggère une stratification de l'eau ayant déjà duré un certain temps.

III. — Lac Luhondo.

A. Thermométrie.

TEMPÉRATURE DE L'AIR.

Les températures maxima et minima de l'air, relevées dans notre campement, ne peuvent être considérées comme caractéristiques de la région du Luhondo. L'endroit, la vallée qui sert d'exutoire au lac, était parcouru chaque nuit par un vent violent qui le refroidissait très fort et ne pouvait influencer de la même façon tout le lac. Aussi, les chiffres relevés ne seront pas publiés ou commentés. Il suffira de signaler que le minimum nocturne constaté fut de 10,5° le maximum diurne de 25°, la température moyenne de 17°. Toutes ces valeurs sont inférieures aux valeurs correspondantes relevées au bord du Bulera, à une altitude de 100 mètres plus élevée cependant. Certainement, le lac lui-même, avec sa forme compliquée, est soumis à des climats locaux légèrement variés.

TEMPÉRATURE DES AFFLUENTS.

En juin 52, date des observations, 15 jours à peine après la dernière pluie, tous les affluents du Luhondo étaient taris. Seule, la chute Ntaruka amenait au lac le trop-plein du Bulera. Sa température était évidemment celle du Bulera soit environ 21,5°

LOCALISATION DES STATIONS HYDROGRAPHIQUES.

Le 14 et 18 juin, les observations ont été effectuées sur le bras oriental au-dessus du point le plus profond

du lac, c'est-à-dire à mi-distance entre la pointe de Mbogo et la crête Kiboga-Mweko. Les mesures du 16 juin, limitées aux 15 premiers mètres, l'ont été dans la moitié occidentale du lac, entre les collines de Kalambo et de Lemera. Or, ainsi que le premier travail de cette série l'a montré, le fond du lac Luhondo est assez irrégulier, coupé de crêtes et semé de collines cachées sous les eaux. En particulier, la presqu'île de Mbogo est prolongée par un seuil qui sépare les moitiés orientale et occidentale du lac. On peut donc se demander jusqu'à quel point une station hydrographique effectuée dans un des bras est valable pour l'autre.

Il ne faut pas exagérer la portée de cette remarque. Certes, le fond du Luhondo est divisé en cuvettes — traces d'anciennes vallées, il semble possible d'en distinguer trois — mais les deux vallées qui composent le bras occidental ne sont pas beaucoup plus profondes que le point inférieur du seuil qui les sépare du bras oriental. Tout au plus, durant une période de stratification, quatre ou cinq mètres d'eau au maximum peuvent-ils demeurer isolés dans chacun de ces creux. Aussi, en première approximation, — et c'est bien le caractère de cette étude — il est permis de considérer le lac comme un ensemble.

TEMPÉRATURE DU LAC.

Du Luhondo, je ne possède que deux séries de mesures de températures. Une seule série a été poursuivie jusqu'au fond, celle du 18 juin. La chute de la température entre la surface (22,4°) et le fond (20,0°), n'est pas régulière (fig. 3, annexe 6, p. 91). Elle est particulièrement rapide entre 2,5 m (22,1°) et 7,5 m (20,8°). Elle est encore sensible entre 7,5 m et 25 m (20,05°). Plus bas, elle est pratiquement nulle.

La seconde courbe de température relevée dans le

Luhondo, l'a été le 16 juin (annexe 5, p. 90) et fut arrêtée à 15 m de profondeur. Cette courbe est pratiquement parallèle à celle du 18. Toutes les mesures sont légèrement plus élevées ; mais le graphique montre bien qu'il

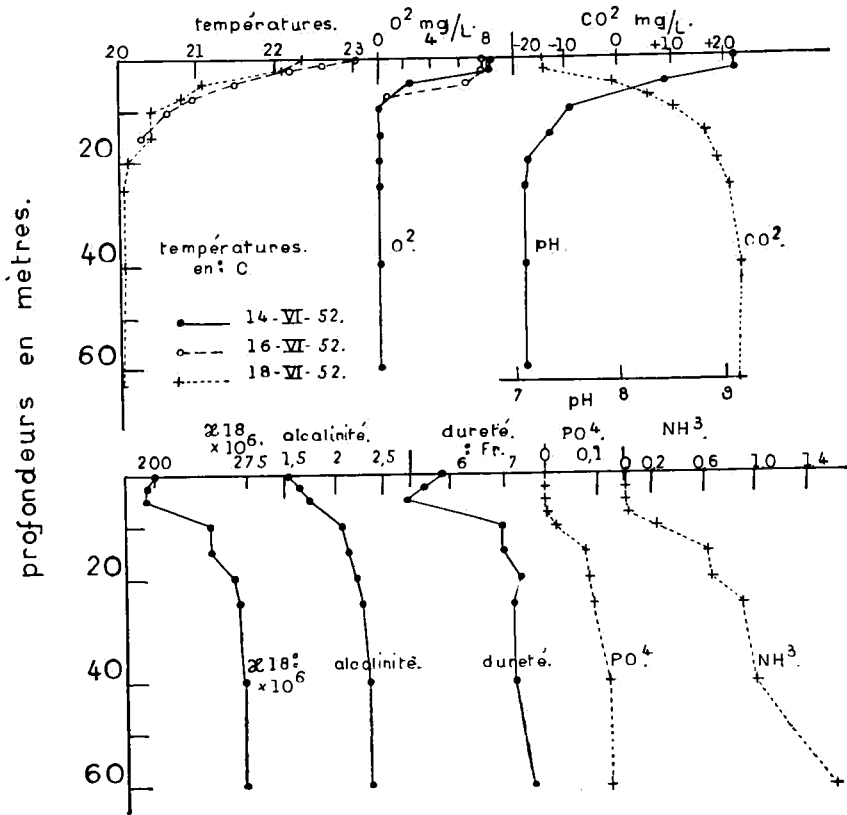


FIG. 3. — Lac Luhondo.

suffit d'une légère différence dans la profondeur à laquelle fut prise la mesure pour amener ces variations. De plus, des vagues internes — du type des seiches — causeraient aisément de pareilles inégalités. Il n'y a donc aucune raison d'y attacher de l'importance et les deux séries peuvent être considérées comme identiques.

Les courbes indiquent donc la présence d'un thermocline entre 2,5 m et 7,5 m. *L'épaisseur de l'épilimnion dans ce lac est extrêmement faible.* Quant à la température de l'hypolimnion, elle est nettement inférieure à celle mesurée en surface 15 jours plus tôt dans le Bulera (entre 21,6° et 22,1°). La température des eaux du Luhondo n'est donc pas réglée par celle de son affluent principal, la chute Ntaruka, mais, comme il est normal, par les circonstances météorologiques locales.

B. Chimie de l'eau.

1) CONCENTRATION TOTALE EN SELS.

Les mesures de conductibilité électrique confirment l'existence de deux masses d'eau de qualités différentes (fig. 3, p. 27 et annexe 4, p. 89). La concentration augmente très fort — environ $1/4$ — en-dessous de 10 m et plus encore — plus de $1/3$ par rapport à la surface — en-dessous de 20 m. Comme aucune mesure n'a été faite à 7,5 m, la limite épilimnion-hypolimnion n'a pas été aussi bien précisée que dans les courbes de température.

D'où provient la concentration plus forte des eaux profondes ? Deux explications peuvent être invoquées. D'abord, le jeu normal des processus biologiques, qui amènent le transport progressif des carbonates vers le fond. Ensuite, l'apport à une certaine profondeur, d'eaux chargées de sels alcalins à la suite de leur passage à travers les laves. La question doit être reprise après analyse des courbes de dureté, d'alcalinité et de CO_2 .

2) DURETÉ RÉELLE.

Les dosages au complexon montrent que la quantité de sels alcalino-terreux augmente avec la profondeur, mais pas régulièrement. La courbe de la dureté se rap-

proche de celle de la conductibilité électrique. Cette dernière est donc fonction surtout de la quantité de sels alcalino-terreux présents dans l'eau. La courbe montre (fig. 3, annexe 4) un contraste entre les valeurs de l'épilimnion (variant de 5,94 à 5,36° français) et celles de l'hypolimnion (passant de 7,18 à 7,64° français). Elle traduit évidemment un enrichissement des couches profondes en sels de Ca et de Mg, par suite de la précipitation de ces ions dans les couches superficielles, précipitation due à l'action de la photosynthèse. Le fait que dans l'épilimnion, les valeurs diminuent de 0 à 5 m indique peut-être que l'intensité de la photosynthèse est maximale à ce dernier niveau.

Les eaux du Luhondo sont de 2 à 2,3 fois plus dures que celles du Bulera. Il faut donc admettre que les sources — autres que la chute Ntaruka — qui alimentent le lac, apportent une nouvelle charge de sels alcalino-terreux. Cela est confirmé par la proportion toute différente des sels de Ca et de Mg, contenue dans l'eau des deux lacs. En moyenne, dans le Luhondo, le Ca constitue 38 % du total des ions alcalino-terreux présents, contre 55 % dans le Bulera. L'augmentation de la concentration et la modification de la composition de l'eau montrent l'importance des apports étrangers à la chute Ntaruka. Au moment de la visite, ces apports devaient être souterrains, puisque tous les affluents étaient taris. Les deux faits indiquent que la circulation souterraine ne doit pas être limitée à la plaine de laves — surtout riches en sels de potasse — mais se fait aussi à travers toutes les collines bordant le lac.

3) ALCALINITÉ — CO² — PH.

L'alcalinité croît assez régulièrement de la surface jusqu'au fond, l'augmentation étant particulièrement nette dans les 10 premiers mètres, c'est-à-dire dans

l'épilimnion et le thermocline. La différence entre les deux valeurs extrêmes 1,52 et 2,37 est si faible qu'elle s'explique certainement par le jeu des processus biologiques. On remarquera que les inflexions de la courbe de l'alcalinité dans l'épilimnion n'ont aucun rapport avec celles de la conductibilité électrique ou de la dureté (fig. 3, annexe 4).

Sur toute la hauteur de l'eau, le rapport entre la dureté réelle et la dureté des bicarbonates est voisin de $2/3$, chiffre semblable à celui qui avait été observé dans le Bulera. De nouveau, la présence de sels alcalins en quantités considérables est indispensable pour expliquer les résultats des mesures.

Les eaux de l'épilimnion colorent la phénolphthaléine, ce qui amène à y doser un déficit en CO_2 qui s'explique évidemment déjà par la présence des sels alcalins. Mais, sans doute, ce déficit est exagéré par la photosynthèse, importante dans un lac dont les eaux sont assez riches en phytoplancton pour que le disque de SECCHI disparaisse déjà à 1,2 m de profondeur. Au niveau du thermocline la situation change et dès 7,5 m de profondeur, le CO_2 devient dosable. La concentration de ce gaz s'accroît régulièrement et atteint environ 23 mg/l de 40 à 63 m. Des valeurs de cet ordre sont courantes dans les lacs en période de stagnation et n'impliquent certainement d'autres phénomènes que des processus biologiques.

Le pH, très élevé en surface (9,1), atteint à peu près la neutralité dans tout l'hypolimnion. Au niveau du thermocline, la modification est extrêmement brusque. La réaction des eaux de surface du Luhondo est donc très différente de celle des eaux du Bulera d'où elles proviennent cependant. Il est bon de rappeler que la distance entre les deux lacs est très faible (de l'ordre du kilomètre) et que les eaux passent de l'un à l'autre par une simple chute. La différence existant entre le pH des eaux

des deux lacs ne peut s'expliquer, comme l'augmentation de la concentration en sels et de la dureté, que par un apport souterrain d'eaux ayant traversé la lave.

D'après les valeurs données par TILLMANS-SCHAPERCLAUS, une eau d'alcalinité semblable à celle du lac Luhondo et qui ne contiendrait que des sels alcalino-terreux, devrait avoir un pH au moins égal à 7,8. Comme les eaux du Luhondo contiennent une part importante de carbonates alcalins, elles devraient posséder un pH plus élevé encore. C'est d'ailleurs ce que l'on mesure dans l'épilimnion. A partir de 10 m, par contre, le pH tombe progressivement de 7,55 à 7,10. Ce décalage vers la neutralité est évidemment le résultat des oxydations biologiques et de l'accumulation de CO_2 dans les couches séparées de la surface par le thermocline.

L'examen des courbes de dureté totale, d'alcalinité, de pH, montre donc que la circulation souterraine est importante tout autour du Luhondo. Mais, ces apports influencent uniformément toute la masse de l'eau. L'augmentation de la charge saline dans l'hypolimnion est due uniquement aux processus biologiques, à l'action combinée de la photosynthèse qui précipite les sels alcalino-terreux présents dans les couches superficielles éclairées et des oxydations biologiques qui libèrent dans l'hypolimnion de l'acide carbonique capable de redissoudre ces carbonates de Ca et de Mg.

4) OXYGÈNE DISSOUS.

Les courbes d'oxygène montrent également avec la plus grande netteté la division du lac en épilimnion et hypolimnion. Le 14 juin, jusqu'à 2,5 m de profondeur, l'eau était sursaturée en O_2 — plus de 8 mg/l. A 5 m, les dosages indiquaient seulement 35 % de la saturation. En dessous de 10 m plus rien (fig. 3, annexe 4). Le 16 juin, des traces d'oxygène (0,49 mg/l ou 6 % de la

saturation) existaient encore à 7,5 m. Au niveau du thermocline, la chute de la tension en O² est donc brutale et la division des eaux en deux couches indépendantes était, lors des deux stations, absolument indiscutable. Pareille situation indique qu'au moment des mesures la stratification thermique du lac était bien stable. Or, le lac Luhondo est un lac très profond. La pente des berges est très rapide, le fond est recouvert de plus de 10 mètres d'eau presque partout, et donc compris dans la zone dépourvue d'oxygène. Ce n'est que dans la partie occidentale, proche de l'exutoire, et autour des îles que le littoral prend une certaine extension (voir DAMAS, 1954). L'influence de cette situation sur la répartition des organismes, sur l'économie générale et la productivité du lac saute aux yeux.

5) H²S.

Une certaine quantité d'hydrogène sulfuré a été mesurée dans les échantillons de 60 m de profondeur prélevés le 14 juin. En elle-même, la teneur d'environ 1/2 g/l n'est pas très élevée. On s'attendrait à plus au fond d'un lac dont les eaux, dans la plus grande partie de leur volume, sont dépourvues d'oxygène, d'autant plus que la transparence de l'eau relativement faible (1,20 m) indique la présence d'un plancton assez abondant.

Des chiffres plus élevés ont été relevés dans d'autres lacs équatoriaux, à stratification normale :

Lac Édouard	1,95 mg/l à 85 m transparence 2,00 m (DAMAS, 1937)
Ranu Pakis	1,10 mg/l à 85 m transparence 2,50 m (RUTTNER, 1931)
Telaga Pasir	3,10 mg/l à 17 m transparence 1,70 m (RUTTNER, 1931)
Ranau	2,04 mg/l à 200 m transparence 3,25 m (RUTTNER, 1931)

La concentration faible en H²S des couches les plus profondes du Luhondo, démontre qu'elles ne peuvent avoir été séparées de l'atmosphère depuis un temps très long et par conséquent que la stratification de ce

lac subit des remaniements périodiques. L'aspect de la boue du fond, dont les échantillons montraient des traînées brunes au sein d'une masse noire, confirme cette conclusion en suggérant qu'à certaines saisons les eaux du lac sont oxygénées sur une plus grande hauteur. La brièveté de notre séjour n'a pas permis d'envisager l'étude de ces phénomènes saisonniers.

6) NITRATES — NITRITES — SELS AMMONIACAUX PHOSPHATES — SILICATES.

Dans ce lac également, il ne fut pas possible de mettre en évidence la moindre trace de nitrates ou de nitrites. Les nitrates devaient être consommés aussi vite qu'apparus et certainement ils doivent faire partie de ces substances minimum, dont la fourniture règle le degré de développement du phytoplancton.

Des sels ammoniacaux existaient, par contre, sur toute la hauteur du lac. Très faibles dans l'épilimnion, 20 γ au litre, les quantités présentes croissent progressivement dans l'hypolimnion jusqu'à atteindre au-dessus du fond, 1,5 mg/l. C'est là une quantité déjà importante et qui suggère soit une productivité biologique importante, soit une stagnation de longue durée, ayant permis une accumulation prolongée. Cette mesure semble contradictoire avec la faible teneur des mêmes eaux en hydrogène sulfuré, autre substance qui apparaît comme fin des oxydations biologiques en milieu privé d'oxygène.

Il est également étonnant de trouver déjà 0,02 mg/l N/NH³ dans l'épilimnion, dans l'eau bien oxygénée où les bactéries nitrifiantes devraient aisément les transformer en nitrites ou nitrates.

Les phosphates quant à eux, sont entièrement absents de l'épilimnion et doivent par conséquent être aussi considérés comme des substances minimum dont l'apport

règle la productivité biologique. Dans les eaux de l'hypolimnion, il apparaissent surtout à partir de 15 m de profondeur. La cassure de la courbe de concentration en P/PO⁴ ne se situe pas au même niveau que le thermocline, mais une dizaine de mètres plus bas. Les quantités présentes de 40 à 60 m (0,12 mg/l) sont évidemment aussi le résultat d'une stagnation assez prolongée. On remarque que ce chiffre est beaucoup plus élevé que celui mesuré dans le Bulera.

Quant à la silice, sa présence sur toute la hauteur de l'eau montre qu'elle ne peut agir comme élément minimum. De nouveau, la réaction augmente avec la profondeur et est particulièrement forte à partir de 20 mètres, c'est-à-dire dans la partie pratiquement homéotherme de l'hypolimnion.

IV. — Lac Mohasi.

Dans le lac Mohasi, des observations ont pu être faites à deux reprises : en janvier-février 52, soit durant la petite saison sèche et en avril-mai 52, soit durant la seconde saison des pluies. Leur comparaison documente légèrement sur les variations saisonnières subies par le lac.

A. Thermométrie.

TEMPÉRATURE DE L'AIR.

Un retard dans l'expédition des bagages ne permit pas de disposer d'un thermomètre maxima-minima durant le premier séjour au Mohasi. Dans le mois d'avril-mai 52, la température de l'air varia entre 15 et 31°. Les valeurs relevées sont données dans l'annexe 7, (p. 92). Elles montrent que la température ne s'est pratiquement pas modifiée durant ces deux semaines. La température moyenne de cette période fut de 22°8.

TEMPÉRATURE DES AFFLUENTS.

Toutes les rivières qui se jettent dans le Mohasi aboutissent au lac après avoir filtré dans un énorme marécage de plusieurs kilomètres de longueur. Au cours de ce trajet, elles sont soumises aux mêmes influences climatiques que le lac. De plus, les eaux sont tellement dispersées dans la masse des plantes, qu'il est impossible de distinguer ce qui est déjà le lac, de ce qui appartient encore au marécage ou à l'affluent. Aussi, les rivières ne

peuvent exercer une influence thermique appréciable sur le lac.

A la fin du séjour, ont été découvertes un certain nombre de sources situées immédiatement en bordure du lac et dont le trop-plein s'y écoule. Il s'agit de régions fangeuses dont l'eau suinte lentement sur le sol, des « hélocrènes » suivant la classification de THIENEMANN. Aucune mesure précise de la température n'a pu être exécutée, mais l'écoulement est si insignifiant qu'il ne peut influencer la thermique du lac. Celle-ci doit être entièrement déterminée par des circonstances climatiques.

LOCALISATION DES STATIONS HYDROGRAPHIQUES.

Les observations ont été faites au milieu du lac, soit devant le gîte de la Géoruanda à Karambi, soit non loin de là, au centre de la croix formée par l'arrivée au lac des deux baies de Sinda et de Kakoni. La profondeur à ces points variait de 10 à 12 m. Elle peut être considérée comme typique du lac, puisque la profondeur maximale de celui-ci est de 13,75 m.

TEMPÉRATURE DU LAC.

Lors de chacune des observations, la température diminuait irrégulièrement de la surface vers le fond. Parfois, la courbe suggère une division des eaux en un épilimnion et un hypolimnion. Mais la comparaison de deux séries de mesures faites à quelques jours de distance, montre que cette situation est toujours précaire.

La première observation, datée du 25 janvier 52, par exemple, montre 3 niveaux où la température diminue plus brusquement qu'ailleurs : entre 2 et 3 m, entre 4 et 5 m, entre 6 et 7 m. On aurait tendance à parler d'un hypolimnion s'arrêtant vers le haut à 4 m (fig. 4). Qua-

tre jours plus tard (29 juin), la chute est beaucoup plus régulière, plus rapide cependant entre 3 et 5 mètres qu'ailleurs. Le 1^{er} février, il semblait y avoir un thermocline entre 4 et 7 mètres. Survint, le 6, une tornade accompagnée d'un violent orage de grêle. Les mesures sont répétées le 7 : la température du lac est uniforme entre 0 et 5 mètres et s'abaisse ensuite assez régulièrement jusqu'au fond.

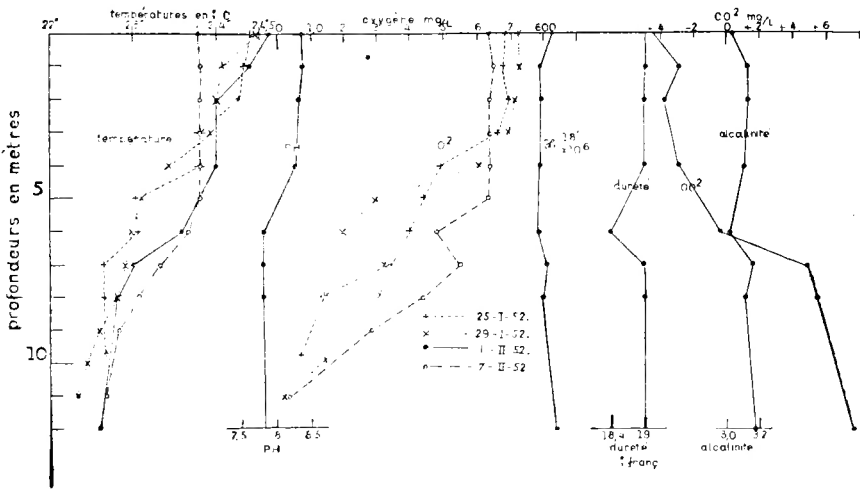


FIG. 4. — Lac Mohasi. (janvier-février).

Durant cette première série d'observations, par conséquent, les eaux du Mohasi ne présentaient pas une stratification bien marquée, ni durable. La comparaison des courbes tracées par les mesures du 1^{er} et du 7 février avec les deux autres, montre qu'entre les deux séries de mesures, les couches superficielles (de 0 à 4 m) se sont refroidies, tandis que les couches plus profondes se sont légèrement réchauffées, à la suite évidemment d'un mouvement de convection. Ces mesures, il est bon de le rappeler, ont été faites durant la petite saison sèche

et tendraient à confirmer que les saisons sèches sont bien les périodes de brassage des eaux.

Dans le courant de la petite saison des pluies, en avril-mai 52, la situation était presque aussi labile (fig. 5). Les températures, tant celles de surface que celles du fond, sont tout à fait semblables à celles de janvier-février (voir annexes). La première série de mesures montre une chute assez régulière de la température depuis la surface jusqu'au fond. La courbe zigzagante

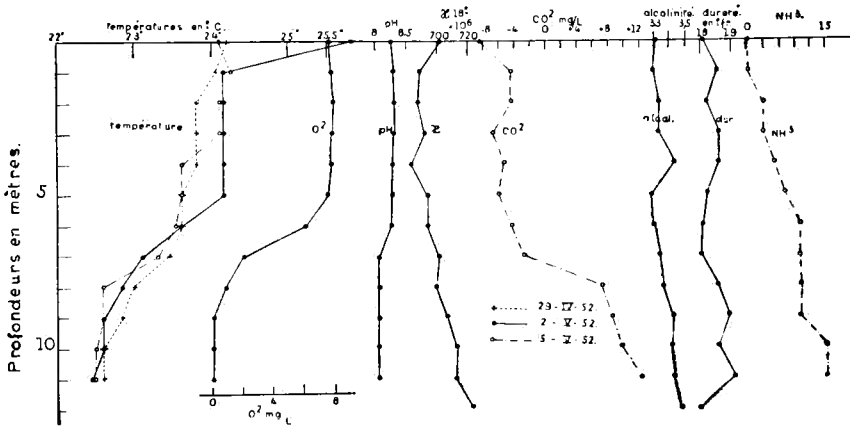


FIG. 5. — Lac Mohasi. (avril-mai).

tracée par les observations, ne suggère nullement une division des eaux en épilimnion et hypolimnion. Trois jours plus tard, la courbe est du type classique : épilimnion pratiquement homogène jusqu'à 5 m de profondeur à une température de 24,15° (faisons évidemment abstraction de la mesure de surface due à l'échauffement solaire momentané), thermocline entre 5 et 9 m, hypolimnion pratiquement homogène à partir de 9 m (22,60°-22,45°). Les mesures sont répétées après un nouvel intervalle de 3 jours, et de nouveau la courbe est différente : le thermocline est brisé, car la chute de température

se passe en deux paliers entre 3 et 4 mètres et entre 6 et 9 mètres.

Il est bon de noter ici qu'entre les mesures du 29 avril et du 2 mai, les températures de l'air avaient été assez uniformes : minima 16 ou 17° ; maxima 28, 29 et 30°. Pendant cette période de beau temps, coupée d'averses évidemment, la température du lac s'est stabilisée et les eaux se sont nettement stratifiées. La dernière mesure par contre, succédait à une journée pluvieuse et brumeuse : le soleil n'avait lui qu'à partir de 16 heures. Les maxima et minima relevés le matin du 4 mai, veille du jour de la station, étaient seulement de 16° et 26°. Il a donc suffi de cette journée un peu plus froide pour modifier la température du lac, estomper le thermocline et troubler la stratification.

Dans le Mohasi, par conséquent, la stratification doit toujours être précaire. Quelques nuits froides, quelques journées brumeuses, quelques orages de grêle, suffisent à la modifier. Il faut de plus tenir compte ici de la forme du lac, très long (40 km), très étroit (0,6 km en moyenne) et presque rectiligne. Toutes les conditions sont réunies pour que le vent, ou des différences de pression barométrique provoquent des mouvements de la masse de l'eau, du type des seiches internes. Nouvelle cause de mélange des eaux et de trouble pour la stratification. Il est invraisemblable donc qu'une stratification durable puisse s'y développer.

Les courbes mesurées indiquent cependant une tendance des eaux, durant cette période d'observation, à se diviser en deux masses, dont la limite se situe entre 5 et 8 m. Pareille constatation ressortait d'ailleurs déjà de l'examen des courbes relevées en janvier-février, période de saison sèche.

B. Chimie des eaux.**EAUX DES AFFLUENTS.**

L'eau de 4 rivières et de 3 sources a été analysée. Toutes sont situées dans le 1/3 oriental du lac, c'est-à-dire dans une région dont le sol est fait de granit décomposé. Dans la moitié occidentale, à sol schisteux, toutes les rivières visibles étaient à sec.

Toutes ces rivières abordent le lac à travers un énorme marécage atteignant souvent 5 km de longueur. Aussi, au niveau de leur embouchure, aucun courant n'est perceptible et leur eau ne peut être distinguée de celle du lac. Les échantillons ont donc été prélevés à une certaine distance en amont, en l'occurrence à l'endroit où la route qui entoure le lac, traverse la rivière.

Un coup d'œil sur le tableau (annexe 15, p. 100) montre que les eaux charriées par ces ruisseaux sont de qualités diverses. Les deux premières citées, Kafororo et Ntaruka, qui se jettent à l'extrémité du lac, ont une eau moins riche en électrolytes et moins dure que celle des deux autres. Le pH relativement bas de la Ntaruka, rivière coulant rapidement — (Ntaruka signifie torrent en kiniaruanda) comme son odeur, son aspect huileux indiquent sa provenance au moins partielle, d'un marécage. Le fait le plus intéressant cependant à propos de ces deux rivières est que le rapport entre la dureté réelle et la dureté des bicarbonates est voisin de 0,8. Les eaux contiennent donc une part de bicarbonates alcalins. Dans les autres rivières, qui se jettent dans la région nord-est du lac, le même rapport est voisin de 1,2 et les bicarbonates de Ca et Mg suffisent pour expliquer l'alcalinité de l'eau.

Des trois sources étudiées, une seule coulait véritablement : celle qui est située au fond de la baie de Sinda,

à quelques mètres seulement du lac dans lequel elle se déversait immédiatement. L'analyse de ses eaux incolores a montré que leur composition devait être très semblable à celle des eaux des rivières Shashogoshogo et Nyamatebe qui se jettent au fond des baies de la rive opposée. Les seules particularités notables sont : le pH relativement élevé (7,55) et la proportion assez faible de sels de Ca. Les deux autres sources étaient des régions humides d'où l'eau suintait en permanence. Elles avaient été creusées par les indigènes en sortes de puits d'où ils tiraient de l'eau pour abreuver leurs bestiaux. Toutes deux avaient la réputation d'être salées. Cependant, la première, située à proximité de la rivière Ntaruka, ne méritait guère ce nom. Son eau différait de celle de la rivière par son acidité un peu plus faible mais surtout par le rapport entre la dureté réelle et la dureté des bicarbonates (1,25), indiquant qu'elle contient une proportion inférieure de sels alcalins. Par contre, la dernière source, située celle-ci à une vingtaine de mètres du lac seulement, le long de la rive nord, en face de la colline de Karambi, est extraordinairement riche en sels. La conductibilité électrique et la dureté réelle y sont environ 15 fois plus élevées que dans les eaux les plus dures et les plus salées du tableau. Comme le rapport dureté réelle/dureté des bicarbonates y est égal à 3, ces eaux doivent être riches en sulfates et en chlorures alcalino-terreux.

Ces analyses, qui ont dû, malheureusement, être limitées aux eaux d'affluents et de quelques sources se jetant dans le 1/3 oriental du lac, montrent donc que le Mohasi est alimenté par des eaux de compositions très variées. Comme le débit de ces cours d'eau ou de ces sources n'a pu être mesuré, il est difficile d'apprécier leur influence exacte sur la composition de l'eau du lac.

EAU DU LAC.

1) *Concentration totale.*

En février 52, les mesures de conductibilité électrique indiquaient une eau pratiquement homogène (annexe 10, p. 95). L'augmentation au contact du fond est insignifiante. Le chiffre observé ne dépasse guère celui mesuré en surface. Ce dernier s'explique vraisemblablement par l'évaporation. En mai, saison des pluies, les valeurs mesurées croissent régulièrement de la surface vers le fond. La courbe en zig-zag (fig. 5, p. 38) contraste avec la régularité de la courbe des températures mesurées le même jour. Cette fois cependant, la conductibilité électrique de l'eau du fond est nettement la plus élevée et elle indique bien que les mesures ont été faites dans une période de stratification, au moins temporaire. La conductibilité plus forte en saison des pluies qu'en saison sèche est vraisemblablement le résultat d'un apport plus important des sources riveraines riches en sels.

L'analyse d'un échantillon prélevé en février devant Karambi, et effectué au Laboratoire du Centre des Eaux à Liège (annexe 28, p. 113), indique 436 mg/l de résidu sec. Celle d'un autre échantillon prélevé à l'extrémité du lac devant Gahine, le 12 mai 52, effectuée au Laboratoire de Géologie de Bukavu, indique 420 mg/l de résidu sec à 110° (annexe 16, p. 101). Ces chiffres correspondent assez bien aux valeurs de conductibilité électrique mesurées sur place, qui montrent que l'eau du Mohasi est près de trois fois plus concentrée que celle du Luhondo, elle même plus riche en sels que l'eau du Bulera.

Le tableau montre immédiatement que la concentration des eaux du Mohasi est supérieure à celle de la plupart de ses affluents. Seule l'eau de la source située au bord du lac dans la baie de Sinda a une conductibilité électrique semblable à celle des eaux du lac. Par

contre, la source salée, située en face de Karambi, déverse des eaux 10 fois plus concentrées que celles du lac. Mais cette source étant un simple suintement, son influence ne peut suffire à expliquer que la teneur en sels de l'eau du lac est plus élevée que celle des affluents. L'évaporation doit avoir ici une action prépondérante car les chiffres demeurent, malgré tout, du même ordre de grandeur.

2) *Dureté réelle.*

En février, la dureté réelle mesurait à peu près partout 19° français avec un minimum insignifiant (18,4) à 6 m. En mai, elle était de 18,13° en surface, de 19,04° à 11 m et un peu inférieure à 18° français dans l'eau extraite de la boue de fond. De nouveau, cette courbe n'est pas régulière, car elle présente un minimum (18,16 — 18,04) de 5 à 6 m, juste au début du thermocline par conséquent. L'augmentation au-dessus du fond n'est pas importante et ne suggère pas une accumulation de sels alcalino-terreux au-dessus du fond par suite de la photosynthèse. On peut en conclure que la stratification des eaux n'avait pas été de longue durée, ce qu'indiquait déjà les mesures de températures.

D'après les mesures faites sur place, le Ca constituait de 40 à 45 % de la dureté totale, chiffres qui répondent bien aux résultats des analyses faites en laboratoire. En février, les variations de ce rapport ne montraient aucun caractère systématique. En mai, par contre, la proportion de Ca était légèrement plus faible dans l'épilimnion (40 %) que dans l'hypolimnion (43 %).

3) *Alcalinité — CO_2 — pH .*

Le 1^{er} février 52, l'alcalinité ne variait que de 3,04 à 3,17 entre la surface et le fond. La courbe dessinée par les mesures est en zig-zag et montre un minimum à 6 mètres de profondeur (fig. 4, p. 37), niveau auquel certains

jours (29/I et 7/II) les courbes d'O² montraient aussi un minimum explicable par l'influence de bancs de boue des berges (voir plus loin). A ce niveau, ces jours-là, existait un thermocline assez net. A cette profondeur aussi, la courbe de CO² dissous se modifie : valeurs négatives au-dessus, positives en-dessous. Le pH jusqu'à 4 m, diminuait de 8,35 à 8,25. A partir de 6 mètres, il était de 7,8. Ces résultats montrent une stratification assez nette.

Quatre mois plus tard, les mêmes mesures sont refaites avec des résultats fort semblables. Le 2 mai, l'alcalinité ne varie guère (de 3,28 à 3,48). La courbe (fig. 5, p. 38) montre cependant un maximum peu explicable à 5 m de profondeur. La teneur en CO² — mesurée malheureusement 3 jours plus tard — est négative jusque 7 m, c'est-à-dire jusque sous le thermocline, positive dans l'hypolimnion. La courbe de pH est nettement cassée entre 6 et 7 m : au-dessus, la réaction est d'environ 8,3, plus bas d'environ 8,1, c'est-à-dire plus élevée dans l'hypolimnion que durant la première période de mesures.

Dans les eaux du Mohasi, le rapport entre la dureté réelle et la dureté des bicarbonates est supérieur à 1 (en février 52 : 1,2; en mai 1,1) ce qui, à première vue, amène à croire que les sels présents sont uniquement des alcalino-terreux. Or, l'analyse effectuée au laboratoire de Bukavu montre que l'eau du Mohasi a une teneur relativement élevée en ions Na⁺ (87,2 mg/l) teneur d'ailleurs largement compensée par des ions Cl⁻ (144 mg/l). La présence de cette proportion importante de chlorure sodique explique que la teneur en CO² et le pH observés ne correspondent nullement aux valeurs théoriques tirées des courbes de TILLMANS-SCHAPERCLAUS. Pour des eaux de cette alcalinité, en effet, ces auteurs admettent un pH de 7,7 à 7,8, valeur qui n'est atteinte que dans l'hypolimnion en février et nulle part en mai, et

une teneur en CO_2 respectivement de 7 mg/l environ en février, de 10 mg/l en mai. Seules les eaux de 11 m de profondeur au mois de mai contenaient une pareille quantité de CO_2 libre.

4) *Oxygène dissous.*

Durant le premier séjour, janvier-février, période de petite saison sèche, 3 séries de dosages ont été exécutées. Les courbes obtenues sont loin de se superposer (fig. 4, p. 37). Toutes trois montrent une diminution de la concentration de la surface vers le fond, sans cependant jamais tomber à 0. Traduites en % de la saturation, les valeurs au-dessus du fond étaient, le 25 janvier 9 %, le 29 janvier 3,5 % et le 7 février 5 %.

En surface et dans les premiers mètres, les tensions d'oxygène dissous n'atteignent jamais une grande valeur. Elles sont toutes inférieures à la saturation lors de la première et lors de la troisième observation, et atteignent au maximum 103 % à 0 et 1 m lors de la seconde, le 29 janvier. Les échantillons ont cependant été prélevés à 9 heures du matin, soit après 3 heures de lumière, qui devraient avoir suffi pour assurer une photosynthèse déjà importante. Cette observation montre bien que, durant cette période, il devait se produire pendant les nuits des brassages verticaux, amenant un mélange des eaux profondes, pauvres en oxygène, avec les eaux de surface. Elle confirme donc que cette période est une période d'instabilité des eaux.

Les 29 et 7 février, à 6 m de profondeur, existait une zone moins riche en oxygène que les eaux immédiatement supérieures ou inférieures. On connaît en Europe des cas assez nombreux de minima en O_2 situés immédiatement en dessous du thermocline. Une des causes les plus fréquentes est l'influence des bancs de boue riverains. Dans un lac étroit, des courants horizontaux se

développant au niveau du thermocline peuvent faire sentir au centre du lac, l'action désoxygénante de la boue. Il n'y a pas de doute que le déficit en O_2 constaté à 6 mètres, à deux reprises dans le Mohasi, ne soit dû à un phénomène de ce genre. Le fait remarquable est qu'il s'est développé sans qu'existe un thermocline bien net, mais simplement une chute de température plus nette qu'à toute autre hauteur. Toutes les autres conditions sont réalisées : lac étroit (600 m au point de la station), dépôts de boue importants. L'analyse des autres mesures confirme d'ailleurs que le niveau de 6 m correspond à la position normale du thermocline.

En effet, le seul dosage d'oxygène dissous effectué en saison des pluies, en période de stabilité un peu plus grande des eaux, montre que le Mohasi, à ce moment comportait un épilimnion sursaturé (de 0 à 5 m) et un hypolimnion pratiquement dépourvu d' O_2 (de 8 à 12 m) réunis par une zone où la chute de tension est relativement brutale. Ce jour-là, la courbe d' O_2 dissous est parallèle à la courbe des températures et présente par conséquent l'allure classique pour les lacs équatoriaux.

Étant donné la forme de la cuvette du Mohasi, le fait de la diminution brusque de la tension en O_2 à partir de 6 m, durant les périodes de stratification, a pour conséquence que l'immense majorité des dépôts de fond ne sont pas oxygénés. Les sondages indiquent en effet (voir DAMAS, 1954) que cette profondeur de 6 m est atteinte en moyenne à 30 m de distance de la rive. Dans le fond des baies cependant, l'isobathe de 6 m s'écarte un peu plus de la rive : le dernier kilomètre de la baie de Sinda, par exemple, n'a pas cette profondeur. La situation n'est évidemment pas favorable pour la plupart des animaux de fond, qui sont limités à cette bande relativement étroite. Il est probable de même que les poissons ne peuvent durant les périodes de stratification, coloniser que les couches superficielles du lac.

5) H^2S .

Sa présence n'a pu être démontrée dans aucun des échantillons. Cependant en mai, chaque matin, les bancs de Chara dégagaient une nette odeur d'hydrogène sulfuré.

6) *Nitrates — Nitrites — Sels ammoniacaux*
Phosphates — Silicates.

Les réactifs et les tubes de colorimétrie n'étant pas encore parvenus à ce moment en Afrique, il fut impossible d'effectuer dans le courant de février des dosages de ces corps.

En mai, nitrates et nitrites ne purent être décelés. Les corps ammoniacaux étaient visibles à partir de 2 m. Leur concentration augmentait régulièrement jusqu'à 0,015 mg/l au-dessus du fond, quantité évidemment extraordinairement faible qui souligne une fois de plus combien peu stable doit être la stratification du Mohasi.

Sur toute la hauteur, l'eau donnait une faible réaction des phosphates. Mais la teneur maximale observée, n'est que de 0,015 mg/l. Corps azotés et phosphates sont, d'après nos mesures, à ranger certainement parmi les substances minimum, dont la présence détermine le développement du phytoplancton.

Il est étonnant, que l'analyse faite à Bukavu indique une teneur de 1,2 mg/l d'ions NO_3^- , teneur extraordinairement élevée. Peut-on l'expliquer par un phénomène local, par exemple par une source ?

L'eau sur toute sa hauteur contenait des ions SiO_2 . Ce corps ne constitue certainement pas dans le Mohasi, pas plus que dans le Bulera et Luhondo, une substance limite.

V. — Lac Sake.

A. Thermométrie.

TEMPÉRATURE DE L'AIR.

Les observations faites dans trois lacs, Sake, Mugesera, Bilila, l'ont été toutes à partir du même camp de base : le dispensaire de Lukoma. Ce dernier est situé sur la crête qui sépare l'extrémité sud du Mugesera, du bras nord du Sake, à une altitude supérieure d'environ 25 mètres à celle des lacs. Le thermomètre maxima-minima était installé sur la terrasse de la maison mise à notre disposition par l'administrateur de Kibungu. Cette terrasse est orientée de telle façon que durant notre séjour, les rayons du soleil n'y pénétraient pas. Comme elle était couverte d'un toit de tôles et plafonnée, elle constituait un abri aussi convenable que possible pour le thermomètre.

Du 5 mars au 9 avril, les températures relevées ont varié entre 15 et 28°, mais plus généralement entre 18 et 24,5° (annexe 17, p. 102). La température moyenne de cette période fut de 21°75. Durant les 11 premières journées, la pluie tomba à torrents, et les températures maxima et minima diminuèrent peu à peu jusqu'aux valeurs relevées le 15 au matin (Ma 19° et ma 15°). La veille avait été une journée de pluie continuelle sans un rayon de soleil. Ensuite le temps s'améliora, la pluie ne tomba plus que par moments entre lesquels le soleil brillait, ce qui amena évidemment une légère hausse de la température moyenne.

TEMPÉRATURE DU LAC.

La température des eaux du Sake a été relevée 4 fois de la surface jusqu'au fond (4 m). Les courbes ne se superposent pas. Entre les observations, la température des eaux du fond a légèrement diminué. La différence est d'ailleurs très faible : (22,3° le 2 mars, 21,8° le 20 mars) (fig. 6 — annexes 18, 19, 20, 21, pp. 103-106). Cependant, comme il a été dit plus haut, à partir du 15 mars, la température moyenne qui avait jusque là diminué, remonta jusqu'aux valeurs observées au début du séjour. Il est

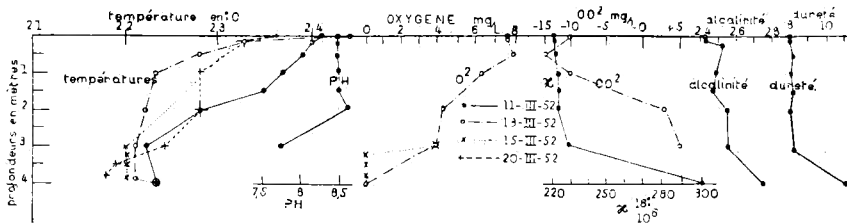


FIG. 6. — Lac Sake.

d'autre part impossible de voir un rapport entre la température du dernier mètre d'eau et la température moyenne des 24 heures ayant précédé l'observation. Ainsi, le 15 au matin, avaient été relevés les chiffres de 15 et 19°, valeurs les plus faibles du tableau publié dans l'annexe et la température au-dessus du fond était de 22°. Cependant, 5 jours après, l'eau du fond était encore un peu plus froide (21,8°) alors que la température moyenne de l'air avait augmenté.

Il est inutile, évidemment de chercher dans ces eaux si peu profondes, une division en épilimnion et hypolimnion. Au contraire, les couches paraissent se rapporter à des eaux qui prendraient à peu près chaque nuit un nouvel équilibre thermique.

B. Chimie des eaux.

Le lac est sans affluents visibles. Toutes les observations se rapportent donc au lac.

Les eaux du Sake étaient extraordinairement riches en plancton, spécialement en Cyanophycées : le disque de SECCHI disparaissait entre 40 et 50 cm de profondeur. La couleur vert foncé des eaux a fortement gêné les dosages. Ceci est particulièrement vrai pour les eaux prélevées dans le dernier mètre au-dessus du fond, eaux glaireuses, rendues opaques par un dépôt épais de phytoplancton mourant.

Lors de chaque station hydrographique, cette couche ayant l'aspect d'une véritable soupe aux pois, a été retrouvée, avec d'ailleurs une épaisseur variable. Le 15 mars, elle commençait à 3,25 m et allait en s'épaississant jusqu'à la boue du fond ; le 20 mars, elle ne mesurait que 10 cm d'épaisseur. Une bouteille de RUTTNER, envoyée jusque dans la boue est remontée remplie de quelques centimètres de boue et de 10 cm d'une couche liquide vert-brun surmontée d'eau plus claire. Les limites entre les 3 couches étaient nettes.

Effectuer des dosages colorimétriques dans une eau aussi chargée d'organismes exigeait évidemment une filtration préalable. Or, filtrer 100 cc de cette suspension prenait des heures et le liquide récolté était loin d'être incolore. Il fut donc impossible d'effectuer tous les dosages habituels.

La couche de plancton mourant qui tapisse le fond du Sake se continue dans la boue du fond, constituée uniquement de débris planctoniques.

1) CONCENTRATION TOTALE DES SELS.

La conductibilité électrique de l'eau demeure pratiquement identique à elle-même sur toute la hauteur de

l'eau (environ $220 \cdot 10^{-6}$) pour brusquement augmenter de plus de 30 % au-dessus du fond, dans la couche de plancton mourant (environ $300 \cdot 10^{-6}$).

D'après les analyses effectuées à Liège, au Centre d'Étude des Eaux le résidu sec des eaux de surface s'élevait à 218 mg/l, le résidu calciné à 72 mg/l.

L'eau du Sake est donc nettement plus riche en sels que celles du Bulera et Luhondo, mais moins riche que celle du Mohasi.

2) DURETÉ RÉELLE.

Entre 0 et 3 mètres, la dureté variait de 8 à 8,2° français. A 4 m, le point de virage était imprécis et la dureté devait dépasser 11° français. D'après les analyses effectuées sur place, les ions Ca constitueraient environ les 40 % de la masse des alcalino-terreux dans les eaux de surface et 50 % des eaux de 3 m de profondeur. Ces chiffres ne correspondent pas aux dosages effectués à Liège et d'après lesquels il y aurait, par litre d'eau de surface, 26 mg/ de CaO et 19,4 mg de MgO/l. Tandis que les teneurs en MgO sont identiques, les teneurs en CaO sont de moitié plus élevées dans les résultats d'analyses effectuées en laboratoire, par pesées. Il a été dit plus haut que les analyses sur place l'ont été par la méthode au complexon. Aucune explication n'a pu m'être fournie de cette différence dans les résultats obtenus par les deux méthodes.

3) ALCALINITÉ — CO² — PH.

L'alcalinité variait de 2,44 en surface à 2,75 au-dessus du fond. La courbe se rapproche de celle de la conductibilité électrique mesurée le même jour, car elle montre aussi une augmentation au-dessus du fond.

D'après les chiffres obtenus sur place, le rapport dure-

té réelle/dureté des bicarbonates égale environ 65 % dans les eaux de surface, 83 % dans les eaux de 4 m. D'après les mesures en laboratoire, la dureté réelle est approximativement égale à 9° français et le rapport dureté réelle/dureté des bicarbonates serait d'environ 78 %. Dans un cas comme dans l'autre, les sels alcalino-terreux ne peuvent expliquer la dureté des bicarbonates. Ils doivent certainement être suppléés par des sels alcalins.

Les teneurs en CO_2 sont négatives jusqu'1 m, positives en-dessous. En somme, le CO_2 se montre présent à partir du point où la tension en O_2 est nettement inférieure à la saturation. La couleur propre de l'eau interdit tout dosage au contact du fond.

Quant au pH, il demeure jusque 2 m aux environs de 8,5 et tombe à 7,55 à 3 m. De nouveau aucune mesure ne fut possible dans les eaux de fond. Les courbes de TILLMANS-SCHAPERCLAUS indiquent un pH théorique de 8,0 et une teneur en CO_2 de 7,68 mg/l pour des eaux d'alcalinité égale à celle mesurée dans le Sake. Ce pH doit être atteint dans le Sake aux environs de 2,5 m, tandis que cette teneur en CO_2 n'est pas atteinte à 3 m.

4) OXYGÈNE DISSOUS.

Il fut mesuré le 13 mars et les résultats obtenus ce jour-là montrent une chute assez régulière de la surface jusqu'au fond. *La courbe de teneur en O_2 n'a pas la même allure que celle des températures* qui est brisée à 1 m de profondeur.

A la réflexion, il apparut que des dosages de mètre en mètre étaient trop distants pour donner l'allure réelle des phénomènes et, le surlendemain, les dosages furent recommencés de 0,25 en 0,25 m, dans le dernier mètre exclusivement. A 3 m de profondeur, la teneur en oxygène se révéla être pratiquement identique à la valeur

mesurée le 13 mars (3,99 contre 3,94 mg/l). Elle représentait encore 56 % de la saturation. A partir de 3,25 m, dans la couche de plancton mort, il fut impossible de mettre en évidence la moindre trace d'oxygène.

Il faut remarquer que cette observation du 15 mars, se fit le lendemain de la journée la plus froide de tout le séjour. La température s'était abaissée jusqu'à 15° et n'avait pas dépassé 19°. Malgré le refroidissement du lac que cette journée aurait dû apporter, aucun brassage des eaux ne s'était produit et le calme avait continué à régner dans la masse du lac, privant le fond de tout apport d'oxygène. Cette observation démontre combien la période des pluies est favorable à la stagnation des eaux. En période de saison sèche, une nuit à température aussi basse aurait refroidi et brassé l'eau, par suite de l'évaporation. Ce phénomène ne se produit évidemment pas en saison des pluies.

5) H^2S .

La couleur propre de l'eau interdit tout dosage. Mais l'échantillon prélevé au-dessus du fond dégageait une légère odeur.

6) NITRATES — NITRITES — SELS AMMONIACAUX PHOSPHATES — SILICATES.

Une fois de plus, il fut impossible de mettre en évidence les ions NO^3 et NO^2 . L'ammoniaque ne pouvait se déceler qu'au contact du fond, dans l'eau chargée de plancton mort, où il fut possible de doser la quantité importante de 1,2 mg/l N/ NH^3 .

Sur toute la hauteur de l'eau, les phosphates se maintenaient à la limite de sensibilité de la méthode : moins de 0,001 mg/l P/ OP^4 .

La silice par contre se détectait dans toute la hauteur de l'eau.

VI. — Lac Mugesera.

Localisation des observations.

Les observations dans le Mugesera ont été faites au point qui se revéla le plus profond : à la jonction du grand bras orienté N.W.-S. E., avec le bras qui partant de la colline de Nsaza se dirige vers l'Ouest. Étant donné la forme découpée du lac, il a paru intéressant de comparer la composition de l'eau des divers bras, ainsi que de la portion du Mugesera proche de la Nyawarongo, actuellement coupée du lac par la croissance des papyrus. Tous ces échantillons ont été récoltés en surface.

Aucune observation n'a pu être faite sur les affluents qui tous arrivent au lac à travers plusieurs kilomètres de marécages. De nombreuses sources existent sur les rives du Mugesera. Malheureusement, leur eau n'a pas été analysée.

A. Thermométrie.

TEMPÉRATURE DE L'AIR.

Les mesures faites à notre station de base, Lukoma, ont été commentées à propos du lac Sake. Durant la fin mars, début avril qui furent consacrées à l'étude du Mugesera, le temps fut superbe, les journées généralement ensoleillées, avec de temps à autre une forte pluie, amenant une baisse momentanée de la température. Aussi, le minimum relevé le 26 mars au matin avait été constaté la veille à 11 h, durant un violent orage. La

température moyenne de cette période fut de 21,25°, les maxima et minima de 28 et 15°C.

Bien que la température moyenne fut sensiblement la même durant la période d'observation sur le lac Sake, le climat s'était modifié. La période de pluies continuelles avait cessé et l'humidité atmosphérique devait avoir fortement baissé. Le ciel était généralement découvert. Il en résultait certainement une évaporation nocturne et une perte de calories pour le lac ce qui devait y provoquer des phénomènes de brassage. Un indice de ces phénomènes peut être vu dans le fait que chaque matin, flottaient en surface des gâteaux de plancton d'aspect semblable au phytoplancton mort observé dans le fond du Sake.

TEMPÉRATURE DE L'EAU.

Les trois séries de mesures montrent une eau de température assez uniforme, avec les 10 premiers centimètres fortement échauffés. Entre les deux premières

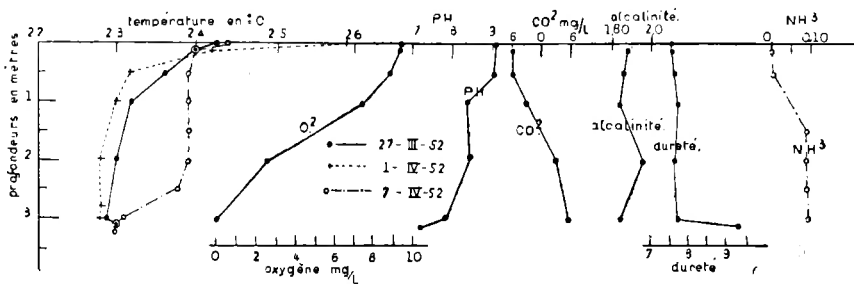


FIG. 7. — Lac Mugesera.

et la troisième station, la masse de l'eau réchauffée d'environ 1°C. Mais la température au-dessus du fond ou dans la boue liquide du fond était demeurée remarquablement constante (aux environs de 23°). Comme dans

le lac Sake, il fut possible en une occasion d'observer un relèvement léger de la température dans la boue liquide du fond (fig. 7, annexes 22-23-24, pp. 107-109).

La grande homogénéité de la température de l'eau — exception faite des mesures de surface — suggère un brassage nocturne.

B. Chimie des eaux.

L'eau du lac est extraordinairement verte de plancton. Le disque de SECCHI disparaissait déjà à 0,30 m. Ici aussi, la teinte propre de l'eau a beaucoup gêné les dosages. En aucune occasion, il ne fut possible de constater un dépôt de plancton mort au fond du lac comme dans le lac Sake. Cependant, la boue du fond avait la même apparence et était également formée de déchets planctoniques. Cette différence avec le lac voisin était vraisemblablement due à la légère transformation du climat signalée plus haut. Les mouvements de l'eau que l'homogénéité de la température suggère, avaient remis en suspension ce plancton mourant.

1) CONCENTRATION TOTALE.

Un accident arrivé à l'appareil de mesure de la conductibilité électrique a interdit de dresser une courbe de concentration en fonction de la profondeur. D'après les mesures faites en laboratoire, le résidu sec de l'eau du Mugesera est égal à 228 mg/l, le résidu calciné à 72 mg/l. C'est-à-dire que l'eau est, par sa concentration, fort semblable à celle du lac Sake voisin.

2) DURETÉ RÉELLE.

La dureté totale ne variait guère entre 0 et 3 mètres — de 7,57 à 7,70. Ensuite, brusquement, dans l'eau

extraite de la boue, elle montait à 9,30, ce qui montre qu'une quantité déjà importante de sels alcalino-terreux avait été incorporée au sédiment par précipitation biologique. D'après les mesures faites sur place, la part des ions Ca dans la masse des ions alcalino-terreux était d'environ 55 %. Il fut impossible d'effectuer le dosage du Ca dans l'eau extraite de la boue, eau beaucoup trop colorée.

De nouveau les résultats d'analyses effectuées au laboratoire de Liège ne correspondent pas aux résultats des mesures faites sur le terrain. Mais cette fois, tandis que la teneur en Ca est identique dans les deux dosages, la teneur en Mg est de moitié plus élevée dans les résultats obtenus en laboratoire. Par conséquent, l'erreur est inverse de celle constatée à propos du lac Sake. La dureté calculée en ° français sur la base des résultats d'analyses faites à Liège, serait d'environ 9,5, c'est-à-dire assez semblable à celle mesurée dans la boue du fond.

3) ALCALINITÉ — CO² — pH.

L'alcalinité varie très peu et irrégulièrement. Elle est sur toute la hauteur de l'eau, voisine d'1,9. La mesure n'en a pas été faite dans l'eau extraite de la boue du fond. Le rapport dureté réelle / dureté des bicarbonates est d'après les mesures faites sur place de 0,8 environ, de 1 d'après les mesures faites en laboratoires.

La courbe de CO² libre est pratiquement une droite allant de — 5,8 à + 5,8 mg/l. Le point O doit être atteint vers 1,5 m à mi-hauteur.

Le pH varie beaucoup entre 0 et 3 m. De la surface à 0,50 m, il dépasse 9 ; à 1 m et à 3 m, il est égal à 8,3 et tombe à 7,6 au-dessus du fond. Dans l'eau extraite de la boue, il était égal à 7,1.

D'après les courbes de TILLMANS-SCHAPERCLAUS, le pH théorique d'une eau d'alcalinité égale à 1,9 devrait

être 8,15 et la teneur en CO_2 environ 2 mg/l. Ces valeurs sont atteintes la première entre 2 et 3 mètres, la seconde entre 1 et 2 m.

4) OXYGÈNE DISSOUS.

Les résultats de dosages effectués le 27 mars, dessinent une courbe à pente régulière de la surface jusqu'au fond. *Cette courbe n'a aucun rapport avec la courbe de température* mesurée le même jour.

Immédiatement au-dessus du fond, aucune trace d'oxygène n'est visible.

5) H_2S .

N'a pu être mis en évidence, ce qui, de nouveau, par comparaison avec les résultats obtenus dans le Sake suggère un brassage de l'eau.

6) NITRATES — NITRITES — SELS AMMONIACAUX PHOSPHATES — SILICATES.

De nouveau aucune trace de nitrates, ni de nitrites ne fut décelable. L'ammoniaque se montrait à partir de 50 cm de profondeur et était uniformément de 0,08 mg/lN/ NH_3 à partir de 1,50 m. L'uniformité de cette répartition des sels ammoniacaux est une nouvelle preuve de l'existence de phénomènes de brassage.

Des traces de phosphates étaient décelables dans toute la hauteur de l'eau, mais n'atteignaient jamais la teneur de 0,001 mg/P/ PO_4 /l.

Tous les échantillons donnaient une réaction nettement positive pour la silice.

7) MESURES DANS LES AUTRES BRAS DU LAC.

Les analyses d'eau de surface des quatre longues baies qui constituent le lac, ainsi que de la pièce d'eau isolée au milieu des papyrus ne diffèrent que bien peu l'une de l'autre, au point de vue alcalinité et dureté totale (annexe 25, p. 110).

Seul le pH varie légèrement : la baie sud, avec un pH de 8,0 seulement s'écarte nettement des autres. Il est impossible de dire s'il s'agit de l'influence locale d'une source ou plus simplement de l'effet de la photosynthèse. Dans une eau aussi peu tamponnée, le pH varie évidemment au cours de la journée. Mes cahiers de notes n'indiquent pas l'heure de récolte de l'échantillon. Les autres caractères de l'eau sont si semblables dans l'échantillon du bras sud, au lieu des stations hydrographiques et dans les autres bras que, provisoirement au moins, cette différence de pH peut être expliquée par une différence des conditions de récolte.

VII. — Le Lac Bilila.

Le lac Bilila, voisin des Sake et Mugesera, a été visité occasionnellement, le 2 avril 52, durant notre séjour aux deux autres lacs. Il est un peu plus profond que les deux autres (6,50 m) ; il eut été intéressant de comparer les résultats d'une station hydrographique complète avec celles faites dans les deux lacs voisins. Malheureusement, les instruments emportés lors de cette excursion ne permirent pas de prélever des échantillons à plus de 5 m de profondeur.

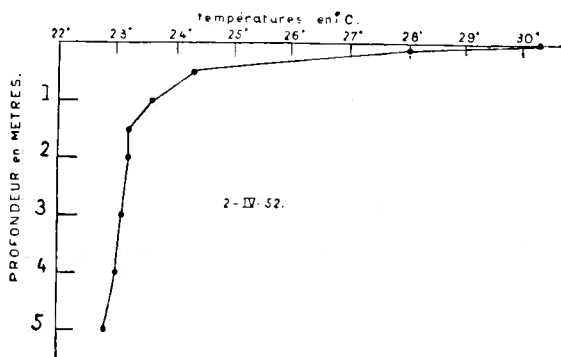


FIG. 8. — Lac Bilila.

Les observations furent restreintes à la mesure de la température jusqu'à 5 m de profondeur et à l'analyse de l'eau de surface. Les valeurs sont données dans l'annexe 26 (p. 111).

Au point de vue thermique, les mesures — faites à 14 heures 40 — montrent un réchauffement superficiel

énorme et, à partir de 1,50 m, une chute assez régulière menant de 23,2° à 22,8° à 5 m (fig. 8). C'est la même courbe que celle mesurée le 1^{er} avril au Mugesera.

L'eau de surface avait un pH de 9,00, une alcalinité de 1,71. La dureté s'élevait à 6,76° français. Les ions Ca formaient environ 40 % de la masse des alcalino-terreux. Rien dans ces caractères ne différencie fortement les eaux du Bilila de celles du Sake et Mugesera.

VIII. — Lac Rugwero.

Les circonstances de voyage n'ont permis qu'une brève visite au lac Rugwero. Ce dernier fait partie, comme les lacs Sake, Mugesera et Bilila, du groupe des lacs dispersés dans la plaine de papyrus où serpente la Nyawarongo. En ligne droite, il n'est pas séparé des trois autres lacs cités par plus de 15 km. Mais la barrière de marécages a constitué jusqu'à présent un obstacle infranchissable de sorte que le lac ne peut s'aborder que par le sud. Un voyage spécial fut donc nécessaire et il ne fut possible d'y consacrer que quelques jours.

Par sa taille, sa forme, le Rugwero constitue une exception parmi les lacs de la Nyawarongo. Tandis que tous les autres sont des vallées inondées, étroites et allongées, le Rugwero plus arrondi, s'étale largement et sa surface libre dépasse 100 km². Sa forme varie d'ailleurs continuellement, car les rives sont constituées de bancs de papyrus flottants qui se déplacent au gré du vent. Les Sake, Mugesera et Bilila sont blottis au creux des collines qui les protègent contre les vents. Le Rugwero est situé dans une plaine beaucoup plus vaste et s'expose aux circonstances météorologiques.

Le lac Rugwero n'est pas plus profond que les autres lacs de la Nyawarongo : au point le plus profond rencontré, le plus proche de la rivière, la sonde indiquait 4,70 m. Les échantillons d'eau ont été récoltés à peu près au centre du lac. A cet endroit, la profondeur était de 3,60 m.

Les observations ont été effectuées le 4 juillet 52, c'est-à-dire en pleine saison sèche.

A. Thermométrie.

TEMPÉRATURE DE L'AIR.

Durant le séjour, la température de l'air a varié entre 15 et 30°.

TEMPÉRATURE DU LAC.

De 0 à 1 m, la chute était progressive, de 21,8° à 21° (fig. 9, annexe 27, p. 112). Ensuite, la température se stabilisait à ce dernier chiffre qui correspond à peu près à la moyenne des températures observées le jour de la station. La courbe indique une grande homogénéité de l'eau.

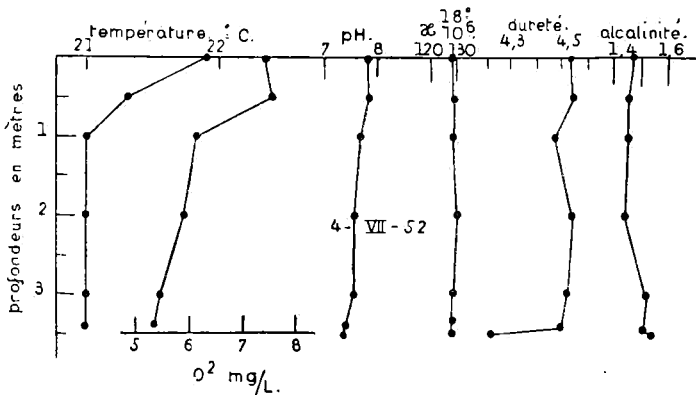


FIG. 9. — Lac Rugwero.

Parmi les observations faites dans d'autres lacs, seule la courbe — incomplète — mesurée le 2 avril dans le Bilila a une allure comparable à celle relevée dans le Rugwero. Mais dans le Bilila, l'homogénéité des eaux était loin d'être aussi grande.

B. Chimie des eaux du lac.

1) CONCENTRATION TOTALE.

Sur toute la hauteur de l'eau, même dans le liquide extrait de la boue du fond, la conductibilité électrique demeurait identique ($129 \cdot 10^{-6}$) ce qui confirme bien l'homogénéité de la masse.

Les analyses effectuées au laboratoire du Centre des Eaux à Liège indiquent que l'eau du Rugwero laisse un résidu à 110° de 130 mg/l et un résidu calciné de 140 mg/l. Cette eau diffère de celle des Mugesera et Sake voisins : elle est moins riche en sels, mais le résidu à la calcination est proportionnellement plus élevé (80 % contre 30 %).

2) DURETÉ RÉELLE.

Dans toute l'épaisseur d'eau libre, la dureté réelle demeure pratiquement identique à elle-même. L'eau extraite de la boue du fond, avait, chose étonnante, une dureté assez bien plus faible. Pour une différence de niveau de 10 cm la dureté tombe de $4,5^{\circ}$ français à $4,22^{\circ}$ franç. La mesure ayant été faite deux fois paraît exacte. Les ions Ca forment les 40 % de cette dureté réelle. Les chiffres obtenus par dosages sur place sont un peu plus faibles que ceux obtenus en laboratoire, par pesées.

D'après ces derniers, la dureté réelle serait d'environ $6,7^{\circ}$ avec la même proportion d'ions Ca.

3) ALCALINITÉ — PH.

L'alcalinité augmente très légèrement au contact du fond, mais sa variation totale est insignifiante : les valeurs extrêmes sont : 1,44 et 1,53. Le rapport dureté

réelle /dureté des bicarbonates serait d'après nos mesures de 0,6 d'après celles du Centre d'études des Eaux, d'environ 0,7. De nouveau, il s'agit d'une eau contenant une part importante d'ions alcalins.

Le pH diminue assez régulièrement de 7,9 en surface à 7,40 à 3,4 m. D'après les courbes de TILLMANS-SCHAPERCLAUS, une eau d'alcalinité aussi faible devrait avoir, même si elle ne contient que des sels alcalino-terreux, un pH supérieur à 8. Dans l'eau du Rugwero, riche en sels alcalins, cette valeur de 8 n'est pas atteinte même en surface. Ce caractère anormal de la réaction est-il dû à une charge particulièrement élevée en CO_2 , due à l'apport en surface d'eaux ayant séjourné longtemps au contact du fond ? Une pareille situation a été observée autrefois dans un lac du Kivu, le Ndalaga, dont les caractères hydrographiques sont assez semblables, mais dont la profondeur est beaucoup plus grande (21 m). L'hypothèse exigerait que le Rugwero acquière à certaines périodes une stratification thermique et chimique fort nette. Elle aurait comme conséquence qu'au cours de l'année, le pH des eaux de surface subirait de très fortes variations : devenant beaucoup plus basique en période de stratification. Il paraît peu vraisemblable qu'un lac de pareille taille (100 km²) et de si peu de profondeur puisse acquérir et garder une véritable stratification.

Une autre hypothèse peut être présentée. D'autres eaux (chute Rusumo près du Bulera, rivière Ntaruka près du Mohasi) ont permis d'observer l'influence acidifiante des marais de papyrus. Le lac Rugwero est ceinturé de papyrus qui s'étendent sur des kilomètres de largeur. Peut-être le pH relativement bas de l'eau du lac est-il dû à la présence de substances acides (du type acides humiques ?) rejetées par ces plantes.

4) OXYGÈNE DISSOUS.

La courbe (fig. 9, p. 63) mesurée dans le Rugwero contraste avec celles relevées dans les autres lacs : même à 10 cm au-dessus du fond, les eaux étaient encore saturées d'oxygène. Pareille quantité au contact d'une boue très organique ne peut s'expliquer que par un apport continuél suite à des brassages dus soit au refroidissement nocturne, soit à l'action des vents qui, sur ce lac exposé, de 100 km² de surface, ont évidemment forte prise.

Cette haute teneur de l'eau en O² dissous ne peut évidemment coïncider avec une charge élevée en acide carbonique libre. La courbe d'oxygène indique, par conséquent, que des deux hypothèses présentées au paragraphe précédent, la première doit être rejetée.

Discussion des observations.

Les mesures et dosages qui ont été analysés dans les chapitres précédents permettent de comparer les eaux de ces lacs ruandais avec les autres eaux africaines déjà étudiées, de tirer quelques conclusions générales sur la stratification des lacs et de souligner l'influence de certaines conditions de milieu sur la flore et la faune.

Le tableau, page 68, rappelle quelques caractères géographiques des lacs étudiés et rassemble les principaux résultats des mesures.

1. La stratification.

A. Aussi bien les courbes thermiques que la distribution des substances dissoutes montrent que l'eau de tous les lacs, même les moins profonds, tend à se stratifier. Un lac comme le Mugesera de 55 km² d'étendue, non encombré de plantes aquatiques, présente entre la surface et le fond — 3,3 m seulement — une chute de pH de 9,1 à 7,2, de la tension d'O₂ de 9,38 mg/l à 0. C'est là certainement un des résultats les plus notables des recherches entreprises.

Mais, dans les lacs les moins profonds, la stratification n'est pas de la même nature que dans les autres. Les courbes thermiques et les courbes chimiques y sont indépendantes les unes des autres. En effet, des lacs aussi peu profonds et aussi vastes, ne présentent pas les trois couches classiques : épilimnion, thermocline, hypolimnion. La stratification thermique résulte simplement de l'influence momentanée du soleil. Au point de vue chimique, se modifie avec la profondeur, la

*Tableau rappelant les principaux caractères
des lacs étudiés.*

Lacs	Bulera	Luhon- do	Mohasi 1/II	Sake	Muge- sera	Bilila	Rug- wero
Dates	2/VI	14/VII et	2/V	11/III	27/III	2/IV	4/VII
Superficie km ²	55	28	52	20	54	6	100
Altitude en m	1862	1764	1450	1350	1350	1350	1350
Prof. max. m	173	68	13,8	4,3	3,8	6,5	4,7
Prof. moyenne m	100	40	10	4	3	5,5	4
Transp. eau m	3,4	1,2	1,45	0,45	0,30	0,30	0,45
Temp. en surface	21°6	22°4	24°	24°	24°3	30°3	21°8
Temp. au fond	19°0	20°0	22°5	22°3	23°0	22°8	21°0
Position du thermocline m	5 à 25	5 à 7,5	5 à 9	—	—	—	—
Conduct. électrique							
18° × 10 ⁶	110	200	700	220	241,8	?	129
Résidu sec. mg/l	18	62	436	218	228	?	130
Résidu calcination	8	56	160	64	72	?	114
Dureté totale ° franç.	3,0	5,94	18,5	8	7,6	6,76	4,51
Alcalinité	0,86	1,52	3,30	2,44	1,89	1,71	1,47
pH 0 m	7,9	9,1	8,25	8,5	9,1	9,00	7,90
pH fond	6,85	7,1	8,10	7,7	7,6	—	7,40
O ² constaté jusque	160 m	7,5 m	11 m	3 m	2 m	?	fond
			en janvier				
			9 m				
			en mai				
Rapport							
<i>Dureté réelle</i>	0,66	0,66	1,20	0,80	0,80	0,80	0,60
Dureté apparente							
Nitrates	0	0	0	0	0		
Nitrites	traces	0	0	0	0		
Ammoniaque mg/l au dessus du fond	0	1,5	0,15	1,2	0,08		
Phosphates surf.	0	0	traces	traces	traces		
Phosphates au dessus du fond mg/l	0,021	0,12	0,003	traces	traces		
Silicates	+	++	+	+	+		

teneur en O², en CO², en sels ammoniacaux et le pH, c'est-à-dire les caractères les plus sensibles aux activités biologiques. Par contre, la conductibilité électrique, la

dureté, l'alcalinité ne changent pas — ou guère — sur toute la hauteur de l'eau.

La stratification chimique de ces lacs est donc d'une autre origine que celle qui se développe dans les lacs profonds. Les caractères spéciaux de l'eau de fond ne sont pas dus, comme d'habitude, au fait qu'elles sont séparées de la surface par une couche de saut thermique. Ils expriment l'influence des sédiments. C'est la « zone de microstratification » d'ALSTERBERG (1926). Dans la région tempérée, l'influence des sédiments se marque sur quelques centimètres couvrant le fond. *Dans les lacs équatoriaux, la zone de microstratification peut s'étendre sur plusieurs mètres d'épaisseur.*

Le fait est évidemment à mettre en relation avec la haute température. Il va de soi que l'activité des bactéries est plus intense à 20° (température des couches profondes des lacs visités) qu'à 5 - 6° (sédiments des lacs de régions tempérées). Ces faits analogues ont été signalés par BRAUN (1952) à propos des lacs de l'Amazonie.

Pareille stratification ne peut être durable. Quelques nuits froides, une période de vents violents suffiront à mélanger et homogénéiser l'eau. C'est la situation rencontrée dans le Rugwero où entre 1 m de profondeur et le fond, température et caractères chimiques ne changeaient pas. La taille du lac (+ de 100 km²) et sa forme arrondie, qui l'exposent aux vents, suffisent à expliquer cette situation.

B. La comparaison des résultats des mesures dans le Rugwero, le Sake et le Mugesera permet de saisir l'influence des facteurs saisonniers. Les trois lacs sont situés dans la même région, à la même altitude, et distants seulement de 15 km en ligne droite. Ils sont donc sous l'influence des mêmes facteurs climatiques. Or, lors des observations, la masse des eaux du Rugwero était d'environ 2° plus froide que celle des autres lacs.

Le Sake et le Mugesera ont été étudiés en saison des pluies, le Rugwero en saison sèche. Cette différence de température est donc vraisemblablement d'origine saisonnière. Elle confirme les observations antérieures suivant lesquelles, durant la saison sèche, le rayonnement nocturne provoque un refroidissement des lacs et amène par conséquent des brassages.

Par contre, les observations dans le Sake montrent que les périodes de grandes pluies sont favorables à la stabilité des couches d'eau. La station hydrographique du 15 mars 52, analysée plus haut, qui fut effectuée le lendemain de la journée la plus froide du séjour (ma, 10° — Ma, 15°), mais journée de pluies continuelles, a montré en effet, une stratification chimique à peu près identique à celle du 13 mars. Cette journée particulièrement froide n'avait pas réussi à modifier la disposition des couches. Ainsi, dans ce climat relativement constant, il n'y a pas de rapport immédiat entre les modifications de la température moyenne de l'air et les brassages de l'eau. Un facteur essentiel intervient à ce propos : l'humidité relative de l'air qui favorise ou interdit l'évaporation. *L'évaporation nocturne doit être considérée comme la cause principale du refroidissement des lacs et des brassages.*

C. Peut-on cependant croire que ces lacs peu profonds soient soumis à ce point aux saisons pour présenter une stratification stable durant la période des pluies, pour être toujours homogènes durant la saison sèche ? Certainement non. L'exemple du Mugesera l'indique. Ce lac, voisin du Sake, étudié comme lui durant la saison des pluies mais 15 jours plus tard, avait, dans l'intervalle, subi un brassage incomplet, dont le résultat avait été la dispersion de la couche de plancton mort et une répartition plus homogène des sels ammoniacaux.

Ces lacs peu profonds, ne sont donc pas des milieux

stables. Suivant les circonstances météorologiques, il doit s'y établir une stratification des eaux privant les couches profondes d'oxygène, les rendant plus acides, y accumulant des produits de déchet, puis des mélanges répartissant dans tout le lac ces substances accumulées au-dessus du fond. Tout fait penser que cette alternance est éminemment irrégulière et que *ces lacs équatoriaux peu profonds ne possèdent pas des saisons bien tranchées* comme les lacs des régions tempérées.

D. L'absence d'une stratification nette et stable dans les quatre lacs évoqués jusqu'à présent n'est évidemment pas extraordinaire étant donné leur faible profondeur et leur grande surface. On sait que RUTTNER, au cours de son étude des lacs de l'archipel de la Sonde, a démontré l'existence d'un rapport entre la surface d'un lac équatorial et la profondeur du thermocline. Les chiffres qu'il possède n'étaient malheureusement pas assez nombreux pour lui permettre de dresser une courbe complète et il donne simplement 3 cas : lacs de moins de 2 km² — thermocline à 3 — 4 m, lacs de 100 km² — thermocline situé entre 12 et 15 m, lacs de 1.000 km² — thermocline situé aux environs de 30 mètres. La règle a été confirmée par les observations ultérieures (DAMAS, 1937 et 1939). Les lacs de la plaine de la Nyawarongo étudiés ici, sont tous de taille largement supérieure à ceux de la première catégorie de RUTTNER et leur profondeur est à peu près celle du thermocline théorique.

E. Le Mohasi qui atteint 13 m de profondeur ne peut être rangé avec les lacs de la plaine de la Nyawarongo. Chez lui, apparaît une véritable stratification thermique : de la surface jusqu'au fond, la courbe des températures dessine un certain nombre de paliers. En une circonstance (2/V/52) le lac paraissait divisé en deux par une couche de saut thermique située entre 5 et 9 m. Lors

des autres observations, aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies, il montrait de même une tendance à se cliver de la même façon. Comme il mesure 55 km², il s'insère dans le schéma de RUTTNER.

Mais, d'observation à observation, à quelques jours de distance, de légères différences de température apparaissent qui décèlent des phénomènes de brassage. Ici aussi, la stratification thermique doit être extrêmement labile. D'ailleurs ni la dureté totale, ni l'alcalinité ne sont notablement augmentées au contact du fond, ce que la photosynthèse ne manquerait pas de produire dans un lac en période de stagnation prolongée.

De nouveau, la stratification chimique porte sur la teneur en oxygène, en acide carbonique, en sels ammoniacaux, sur le pH, ce qui indique qu'elle est dominée par l'influence des sédiments plus que par tout autre facteur. On notera qu'à deux reprises, le 29/I/52 et le 7/II/52, la courbe d'oxygène présentait à 6 m de profondeur un minima qui s'expliquait par l'action des bancs de boue littoraux (page 32).

Durant la saison des pluies, et durant elle seulement, les couches voisines du fond ont été trouvées dépourvues d'oxygène. De nouveau, la période des pluies se montre être celle où la stabilité des couches est la plus grande. *Le Mohasi présente donc certainement des phénomènes saisonniers.* En saison sèche, la tension d'oxygène diminuait progressivement sans jamais atteindre 0, mais dans les cinq derniers mètres, elle tombe toujours brusquement, évidemment sous l'influence des sédiments. *Il est donc invraisemblable que, même durant la période de brassage, les eaux de fond du Mohasi soient riches en oxygène.*

F. Les deux derniers lacs, Bulera (55 km² — 173 m) et Luhondo (28 km² — 68 m) sont évidemment assez profonds pour posséder un thermocline. La couche de

saut thermique est située dans le premier entre 5 et 10 m, dans le second entre 2,5 et 7,5 m. Ces chiffres s'inscrivent parfaitement dans le schéma de RUTTNER.

Mais la stratification chimique différait très fort dans les deux lacs, alors qu'ils ont été étudiés à quinze jours de distance seulement, alors que les conditions météorologiques ne paraissaient guère modifiées. Le Luhondo fut le seul lac à montrer une stratification chimique typique : la courbe de répartition de toutes les substances dissoutes était nettement influencée par la présence du thermocline : concentration totale, dureté, alcalinité plus fortes dans l'hypolimnion que dans l'épilimnion ; disparition de l'oxygène, apparition d'acide carbonique libre, abaissement du pH, présence de grandes quantités de phosphates et de sels ammoniacaux en-dessous du thermocline. Dans ce lac, la stratification chimique était fonction de la stratification thermique.

Dans le Bulera, par contre, seules les courbes d'oxygène, d'acide carbonique et de pH montraient un rapport avec la position du thermocline. Les autres caractères de l'eau étaient pratiquement identiques de la surface au fond. Comme, malgré la grande profondeur du lac, la courbe d'oxygène n'arrive pas à 0 (minimum atteint 7 %), il faut admettre ou bien que le thermocline venait à peine de s'établir, ou bien que l'eau subissait un léger brassage continu. La netteté de la stratification dans le Luhondo étudié quinze jours plus tard et distant seulement d'un km, la nature relativement oxydée de la boue du fond ont fait admettre la seconde hypothèse et attribuer, jusqu'à plus ample informé, la situation présentée par le Bulera à l'action combinée de l'apport d'eaux froides par la chute Rusumo et d'eaux plus salées par les infiltrations.

La première hypothèse, brièveté de la période de stagnation, signifierait que même en saison des pluies, un lac profond comme le Bulera peut subir des brassages

totaux. La seconde hypothèse, léger brassage permanent, indique qu'une influence extérieure minime suffit à altérer la position des masses d'eau. *Toutes deux soulignent combien instable doit être la stratification lacustre dans la région équatoriale.*

2. Comparaison des lacs Bulera et Luhondo avec le lac Kivu.

Les deux lacs Bulera et Luhondo occupent, au pied du Muhavura, deux vallées noyées, bloquées par un flot de laves, comme le Kivu remplit une portion du Graben barrée par la chaîne des Virunga. Au point de vue géographique, ils sont des réductions du Kivu. On pourrait s'attendre à ce qu'ils présentent les mêmes caractères hydrographiques.

Or, le fond de la cuvette de ce dernier lac est occupée (DAMAS, 1937) par une couche « morte », de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, couche immobile, soustraite à la circulation générale, riche en électrolytes et où la température augmente avec la profondeur. A l'époque, cette situation a été interprétée comme due à l'influence de la lave. Rien de semblable n'existe dans les Bulera et Luhondo. La stratification thermique y est directe. Dans le Bulera, la composition de l'eau est à peu près identique de la surface jusqu'au fond. Dans le Luhondo, les eaux de l'hypolimnion sont plus concentrées et plus alcalines que celles de l'épilimnion. Mais les variations s'expliquent aisément par le jeu des processus biologiques. Des circonstances géographiques identiques n'ont donc pas amené les mêmes conséquences dans les trois lacs.

Il est particulièrement intéressant de constater que les eaux de pluie et les ruisseaux dévalant du volcan éteint Muhavura qui se perdent dans la plaine de lave et ne peuvent parvenir au lac qu'après avoir filtré à travers le sol ne donnent pas aux couches profondes du

Bulera et du Luhondo, une concentration particulière. Ils influencent d'une façon uniforme toute la masse du lac.

3. Nature des eaux des lacs — Influence sur la faune et la flore.

A. *Tous ces lacs ont des eaux relativement pauvres en électrolytes.* A ce point de vue, ils se groupent en 3 catégories qui ne sont pas celles que leur disposition sur la carte eut fait prévoir. Deux d'entre eux, en effet, ont des eaux particulièrement pures, dont la conductibilité électrique est voisine de 100. Ce sont les Bulera et Rugwero, situés le premier en bordure de la plaine de laves aux pieds des volcans Virunga, le second au sein de la plaine de papyrus, au sud de la Nyawarongo. Des lacs étudiés, ce sont les plus distants. Un seul caractère leur est commun : tous deux sont fortement influencés par les papyrus. En effet, une bonne part des eaux du Bulera vient d'un énorme marais (voir p. 17) et le Rugwero, encerclé presque entièrement de papyrus qui s'étendent sur des dizaines de kilomètres carrés, est de plus continuellement parcouru par de grands îlots poussés par les vents. On peut se demander si les produits de décomposition rejetés par ces plantes ne précipitent pas les électrolytes au même titre que les acides humiques des tourbières. L'analyse des eaux de la chute Rusumo à conductibilité électrique quasi nulle, à résidu de calcination nul, tend à le faire admettre.

Dans trois lacs, le Luhondo, le Sake, le Mugesera, l'eau a une conductibilité électrique variant entre 200 et 250. Se trouvent réunis, de nouveau, un lac profond voisin des laves et deux lacs proches de la Nyawarongo. Ces cinq lacs diffèrent très fort, au point de vue charge saline, des grands lacs du Graben, si proches cependant. Ils appartiennent nettement à un territoire hydrographique différent et ressemblent beaucoup plus

au Victoria, au lac George dans lesquels finalement leurs eaux parviendront, ou aux lacs Mutanda et Bunyoni (E. A. H. C. — Annual Report 1952) situés dans l'Uganda, non loin du Bulera.

Le Mohasi, le dernier des lacs étudiés possède une eau plus riche en électrolytes. Sa conductibilité électrique atteint 700, chiffre qui se rapproche beaucoup des valeurs mesurées dans l'Édouard (900 à 1.100) ou dans le Kivu (1.300 en surface). Cependant, ce lac est situé à grande distance du Graben, 100 km en ligne droite. La présence au bord du Mohasi, d'une source ou plutôt d'un suintement dont les eaux ont une conductibilité électrique égale à 7060, montre d'ailleurs que des sources salées peuvent exister dans d'autres terrains que ceux influencés par les phénomènes volcaniques récents.

B. *Les eaux de tous ces lacs sont relativement douces, la plupart même très douces.* Seul le Mohasi, dont les eaux ont une dureté de 18,5° franç. peut être dit posséder une eau de la catégorie « dure ». Dans tous, l'alcalinité est faible : le chiffre le plus élevé est de nouveau atteint par le Mohasi 3,3. On est loin des valeurs limites indiquées par L. C. BEADLE (1932) et par P. M. JENKIN (1936). D'après ces auteurs, l'alcalinité éliminerait Algues vertes et Cladocères lorsqu'elle atteindrait une valeur de 23. Cependant, parmi les lacs visités, le Bulera et le Rugwero, c'est-à-dire les deux lacs à eaux les plus pures, les moins alcalines, sont les seuls à posséder un plancton de composition harmonieuse. Ailleurs, les Algues vertes, les Diatomées d'une part, les Cladocères d'autre part manquent ou sont rarissimes : le plancton est essentiellement constitué de Cyanophycées et de Cyclopidés. Il semble donc qu'avant même que soit atteintes les valeurs limites signalées par ces auteurs, l'action éliminatrice se fasse sentir. La question sera reprise dans le travail de cette série consacrée au plancton.

C. Les analyses montrent encore que *toutes les eaux examinées contiennent une proportion importante de sels alcalins*. En effet, sauf dans le cas du Mohasi, le rapport dureté réelle/dureté des bicarbonates varie de 0,6 à 0,8. Quant au Mohasi où ce rapport atteint 1,2, l'analyse effectuée au laboratoire de Géologie de Bukavu démontre la présence dans l'eau d'environ 230 mg/l de NaCl sur une charge saline totale de 420 mg/l. Le fait est capital pour les poissons planctonophages : les *Tilapia* introduits dans les lacs. G. D. FISH (1951) en effet avait signalé que ces poissons paraissent peu capables de digérer les Cyanophycées qui, dans les lacs ruandais, constituent en fait la majorité du phytoplancton. Le dernier rapport de l'East Africa Fisheries Research Organisation (1952) revient sur la question, pour signaler que la perméabilité de la matrice entourant les Algues vertes est influencée par la présence de sels de sodium. Par conséquent, une teneur élevée de l'eau en ions Na^+ permettrait aux poissons de digérer les Cyanophycées. Cette idée nouvelle expliquerait comment dans les lacs comme le Mohasi, le Rugwero, le Mugesera et le Luhondo, les *Tilapia* introduits se sont développés et parfois d'une manière extraordinaire. En effet, le plancton de ces lacs est pratiquement une culture pure de Cyanophycées. La proportion élevée de sels alcalins présents dans l'eau des lacs ruandais serait donc favorable à cette partie de la faune.

D. Comme presque tous les lacs équatoriaux étudiés jusqu'ici *ces lacs ruandais ont des eaux mal aérées*. Fait exception cependant le Rugwero, très vaste et peu profond, qui vraisemblablement, est toute l'année saturé d'oxygène, dans la région libre de papyrus au moins. Dans les autres, le fond est plus ou moins pauvre en oxygène. Le cas le plus favorable est représenté par le Bulera qui, si l'interprétation présentée plus haut est

exacte, est continuellement brassé par les eaux froides de la chute Rusumo et les eaux d'infiltration, plus lourdes, arrivant en surface. Cependant, même dans ce lac, les conditions sont loin d'être celles des lacs oligotrophes tempérés. La teneur en oxygène dissous tombe en effet à 3,68 mg/l à 15 m (50 % de saturation), à 1,51 mg/l à 50 m (20 % de saturation), à 0,52 mg/l à 160 m (7 % de saturation).

Partout ailleurs, les eaux profondes sont dépourvues périodiquement de toute trace d'oxygène. Il est même probable que lors des brassages, les sédiments absorbent immédiatement tout l'oxygène apporté et que jamais la tension en oxygène dissous ne monte très haut (voir p. 73). Ces eaux profondes sont évidemment interdites à bon nombre d'espèces animales incapables de supporter une anaérobiose temporaire.

La forme de toutes les cuvettes lacustres est telle que la plus grande partie des sédiments se trouve dans la zone périodiquement privée d'oxygène. Ainsi s'explique certainement la pauvreté et la monotonie de la faune benthique de tous ces lacs.

E. Les substances azotées et phosphorées manquent à peu près totalement aux eaux étudiées. Elles sont donc à ranger parmi les substances qui mettent une limite aux possibilités de croissance des Algues planctoniques.

En aucun cas, il ne fut possible de mettre des nitrates en évidence, même à l'état de traces. Ils sont donc consommés aussi vite que fournis aux lacs. Les nitrites ne purent être détectés que dans le Bulera, où leur concentration n'atteignait d'ailleurs pas 0,001 mg/l. Les eaux du lac, d'autre part, ne contenaient pas assez de sels ammoniacaux pour fournir une réaction positive. Comme il est oxygéné jusqu'au fond, le fait n'est guère étonnant car les déchets du métabolisme doivent y être transformés immédiatement en nitrites puis en nitrates.

L'ensemble de ces constatations souligne la pauvreté des eaux de ce magnifique lac, dont la transparence est, de loin la plus forte de celles mesurées dans les lacs étudiés.

Dans quatre lacs (les deux derniers n'ont pas fait l'objet d'analyses à ce point de vue), l'eau donnait une réaction positive pour l'ammoniaque, au-dessus du fond au moins. La concentration dépassait dans les Luhondo et Sake 1 mg/l tandis que dans les Mohasi et Mugesera, elle était de l'ordre de 0,1 mg. Ce groupement ne se justifie ni au point de vue géographique, ni au point de vue morphométrique. Le Luhondo et le Sake, en effet, sont situés dans des provinces différentes ; l'un a 65 m de profondeur, l'autre 4,5 m seulement. Un seul caractère les rapproche : au moment des mesures, leur stratification était fort nette. L'absence d'oxygène en dessous de 7,5 m dans le Luhondo, l'existence dans le Sake d'un dépôt de phytoplancton mourant couvrant le fond sur une épaisseur de 75 cm, sont des preuves d'une stabilité remarquable des couches. Dans ces eaux immobiles et désoxygénées, le cycle des matières azotées s'arrête à l'ammoniaque. Par contre, tout indique que dans le Mohasi et le Mugesera, la stratification n'était pas stable au moment des observations.

Quant aux phosphates, ils ne purent être trouvés en quantités notables que dans les lacs profonds et seulement en-dessous du thermocline. Dans la zone éclairée, ils étaient absents de ces lacs, de même qu'ils se maintenaient à la limite de sensibilité des méthodes (0,001 mg/l) dans les 7 premiers mètres du Mohasi et dans toute l'épaisseur de l'eau du Sake et du Mugesera. On ne peut douter que eux aussi soient à ranger dans la catégorie des substances limites. Les quantités présentes au-dessus du fond étaient beaucoup plus élevées dans le Luhondo (0,12 mg/l) que dans le Bulera (0,02 mg/l). Le fait s'accorde très bien avec les observations faites au labora-

toire de Jinja (E. A. H. C. rapport 1950) d'après lesquelles lorsque les eaux du fond sont privées d'oxygène, les dépôts libèrent de grandes quantités de phosphates. En effet, l'eau du Luhondo était à ce moment complètement dépourvue d'oxygène tandis que celle du Bulera contenait encore au-dessus du fond 0,52 mg/l.

Il est plus étonnant que les eaux du fond, désoxygénées au moment des observations, du Sake et du Mugesera ne contiennent que des traces de phosphate. Le fait est particulièrement remarquable pour le Sake dont les eaux de fond à ce moment avaient une teneur en sels ammoniacaux de 1,2 mg/l. Peut-être, les phosphates libérés par la destruction des produits organiques étaient-ils immédiatement consommés par les organismes planctoniques. Mais, l'observation me paraît montrer bien plus, combien dans ces eaux ruandaises, la quantité de phosphates mis à la disposition des organismes végétaux est réduite.

Dans ces lacs par conséquent, phosphates comme nitrates doivent être consommés aussi vite que fournis. A ce point de vue, il est bon de noter que tous leurs affluents leur parviennent après avoir filtré longuement dans des champs de papyrus. Ces marécages retiennent certainement et utilisent eux-mêmes les alluvions fertilisantes qui peuvent être apportées par les rivières. Seuls les lacs peu profonds dépendant de la Nyawarongo sont peut être dans une situation différente — bien que lors des observations, les dosages de N/NO^3 et de P/PO^4 aient été négatifs. En effet, périodiquement, cette grosse rivière gonflée par les pluies tombées sur la crête Congo-Nil et les volcans Virunga, rompt les barrages qui la séparent des lacs et inonde leur cuvette. Le niveau des lacs peut brusquement s'élever d'un mètre. Cet apport égal en volume au 1/3 ou au 1/4 des lacs, d'eaux chargées d'alluvions a certainement une influence décisive sur leur économie.

F. Enfin, dans tous ces lacs, *l'eau contient des quantités notables de silicates*. Ces corps ne peuvent donc être compris parmi les substances limites. Par conséquent, là où le phytoplancton est dépourvu de Diatomées — c'est le cas des Sake, Mugesera, Mohasi — l'absence de ces algues ne peut être causée par le manque d'éléments nécessaires à la fabrication des tests.

Contrairement à ce que l'examen de la carte faisait prévoir, l'étude du milieu ne met pas en évidence parmi ces lacs, de types hydrologiques bien tranchés. Lorsque l'on compare la concentration saline et la composition de leurs eaux, la répartition dans leur masse, des substances qui interviennent dans leur cycle biologique, on est amené à effectuer des groupements qui varient chaque fois et ne correspondent pas avec ceux que suggère la géographie. Le lecteur en sera convaincu qui aura vu fréquemment séparer les deux lacs profonds pour rapprocher l'un ou l'autre, d'un des lacs de la plaine de la Nyawarongo.

La constatation signifie en fait que les types de lacs présents au Ruanda sont plus nombreux que prévu. Leur distinction sera certes tout en nuances. Elle ne peut être faite sur la base seule de mesures physiques et d'analyses chimiques. Elle demande une étude de la population, surtout du plancton, qui d'un lac à l'autre varie fort tant en espèces qu'en nombre d'individus. C'est seulement quand l'étude de ces indicateurs biologiques du milieu sera achevée que pourra être tentée une interprétation synthétique des résultats décrits ici.

Résumé et conclusions de la 2^e partie.

1^o L'eau des 7 lacs étudiés présente une stratification thermique qui dans les 3 plus profonds (Bulera, Luhondo, Mohasi) amène la formation d'une couche de saut thermique. Le niveau auquel s'établit celle-ci est conforme à la règle établie par RUTTNER (rapport entre la surface du lac et la profondeur du thermocline).

2^o Dans le lac Bulera (173 m profondeur maximum, 55 km²) le thermocline se situe entre 5 et 10 m. Mais, l'hypolimnion contient encore des traces importantes d'oxygène (0,52 mg/l à 160 m). La situation est interprétée comme le résultat du trouble causé par l'apport d'eaux très froides par l'affluent principal, la chute Rusumo, et peut-être par l'arrivée en surface d'eaux d'infiltration plus lourdes.

3^o Le lac Luhondo (68 m profondeur maximum, 28 km²) montre une magnifique stratification thermique et chimique. Le thermocline est situé entre 2,5 et 7,5 m. L'hypolimnion, enrichi en sels et en substances produites par le cycle biologique (CO₂, phosphates, sels ammoniacaux), est entièrement privé d'oxygène.

4^o Bien que leurs eaux se trouvent au pied des volcans Virunga et bordées par la plaine de laves, dans la même situation géographique que le Kivu, ni le Bulera, ni le Luhondo, ne présentent le paradoxe thermique et la « couche morte » de ce dernier. Leur masse entière participe au cycle thermique et biologique.

5^o Le lac Mohasi (13,8 m profondeur maximum, 52 km²) présente à certaines périodes, un thermocline situé

entre 5 et 9 m. Dans ce cas, l'hypolimnion peut être entièrement dépourvu d'oxygène. Mais cette stratification est toujours labile. D'autre part, durant les brassages, l'influence des dépôts de fond empêche un enrichissement notable en oxygène.

6° Les lacs de la plaine de la Nyawarongo (3,5 à 6 m prof. ; taille de 6 à 100 km²), présentent une stratification thermique due uniquement à l'action momentanée du soleil. Dans le Rugwero, le plus grand d'entre eux, l'action du vent suffit à homogénéiser toute la masse des eaux. Dans les autres, l'influence des sédiments se traduit par l'existence d'une stratification chimique. Le dernier mètre d'eau peut être entièrement dépourvu d'oxygène. Évidemment cette stratification ne peut être que précaire.

7° Les documents rapportés suggèrent que les brassages verticaux sont causés principalement par le refroidissement dû à l'évaporation nocturne et donc favorisés par la saison sèche. Au contraire, toute période de pluies continuelles augmente la stabilité des couches. Cependant, dans aucun de ces lacs, les saisons ne peuvent être extrêmement tranchées.

8° Les eaux de tous ces lacs sont relativement pauvres en électrolytes. Les analyses de l'eau de la chute Rusumo, affluent principal du Bulera et de l'eau du Rugwero suggèrent que les marais de papyrus contribuent à diminuer la charge en sels des lacs qu'ils influencent.

9° Toutes ces eaux contiennent une proportion importante de sels alcalins. Dans le cas du lac Mohasi, il s'agit de NaCl qui constitue la moitié de la charge saline de l'eau. Le fait est vraisemblablement favorable aux poissons planctonophages, car la présence d'ions Na⁺ rendrait perméable les enveloppes des Cyanophycées, principal constituant du phytoplancton.

10° Sauf dans le Rugwero, très vaste et peu profond, la plus grande partie des sédiments se trouve compris dans la zone pauvre ou dépourvue d'oxygène ce qui explique la pauvreté et la monotonie de leur faune.

11° Les corps azotés et les phosphates doivent être rangés, à propos de ces lacs, dans la catégorie des substances limites. Les premiers n'ont pu être décelés qu'au contact du fond et ne sont abondants que dans les eaux en stagnation nette. Les seconds ne furent trouvés en quantités raisonnables que dans l'hypolimnion des deux lacs les plus profonds, Bulera et Luhondo.

12° Les silicates, par contre, ont pu être décelés partout et ne peuvent être considérés comme substances limites.

UNIVERSITÉ DE LIÈGE.

Institut Ed. Van Beneden.
Laboratoire d'Écologie animale.

Institut pour la Recherche Scientifique
en Afrique Centrale (I.R.S.A.C.)

Centre de Recherches du Tanganika
Uvira-Congo belge.

BIBLIOGRAPHIE

- ALSTERBERG G. (*Biochem. Zeitsches.*, 1926, 170).
- BEADLE I. C. (*Journ. Linn. Soc. Zool.*, 1932, 38).
- BRAUN R. (*Rev. Suisse d'Hydrologie*, 1952, 14).
- COMBE A. D. et SIMMONS W. C., The volcanic area of Bufumbiro. (*Geological Survey-Uganda. Mémoire III*. Entebbe, 1933).
- DAMAS H. (*Inst. Parcs Nationaux Congo belge*. Bruxelles, 1937).
- *Ass. Fr. Av. Sc.* Liège, 1939.
- *Mem. Inst. Roy. Col. Belg.*, 1954, 242.
- EAST AFRICA HIGH COMMISSION, East Africa Fisheries Research Organisation. Annual Report. (Boyd et Co Nairobi, 1950, 1951, 1952).
- FISH G. R. (*Nature*, 1951, juin).
- JENKIN P. M. (*Ann. and Mag. Nat. Hist*, 1936 (10), 18).
- JUDAY C., *Trans. Wisconsin Acad. Scs.*, 1928, 23.
- MAUCHA R., Hydrochemische Methoden in der Limnologie. Schweizerbart (Stuttgart, 1932).
- MULLER H. (*Inst. Rev. Ges. Hydro. und Hydro.*, 1933, 28).
- RUTTNER F. (*Tropische Binnengewasser*, 1931, 8).
- SCHAPERCLAUS W. (*Zeit. f. Fischerei.*, 1926, 24).
- STASSART M. (*Centre belge d'Étude et de Documentation des Eaux*. 1950, N° 7, page 98).
- TILLMANS J. (*Zeit. Unters. Nahrungs. u. Genussmittel*, 1919, 38).
- OHLE W. (*Angewandte Chemie*, 1936, 49).
- WELCH P. S., *Limnological Methods*. (Blakiston Co, Philadelphie-Toronto), 1948.
- WINCKLER, In *Abderhalden Methoden IX-II*. Susswasserbiologie.

ANNEXE 1.

SÉJOUR AU BULERA.

Températures de l'air relevées à 6 heures.

	ma	Ma
21 mai	13°	
22 mai	13°	23°
23 mai	14°	24°
24 mai	15°	22°
25 mai	15°	24°
26 mai	16°	22°
27 mai	14°5	27°
28 mai	} 16°5	} 25°
29 mai		
30 mai		
31 mai		
1 juin	15°5	25°
2 juin	16°	23°
3 juin	16°	24°
4 juin	14°	25°
5 juin	14°	25°
6 juin	14°	25°
7 juin	11°	25°
8 juin	14°	23°
9 juin	13°	22,5°
10 juin	16°	23,5°

ANNEXE 2.

LAC BULERA.

Station hydrographique: N° 1.

Au large de la pointe de KINYABABA.
Profondeur : 163 m.

2/VI/52.
de 10 à 11,40 h.
Ciel se découvrant.

Température de l'air : 20° C à 10 h.
21° C à 11,40 h.

Ma et ma relevés à 6 h : 23° — 16°.

Profon- deur	Tem- pérature en °C.	O ₂ mg/l	pH	H 18° × 10 ⁶	Alc. cc. HCl N/10%	dureté réelle ° franç.	P/PO ₄ mg/l
0 m	22,10°	7,26	7,9	109	0,86	2,94	0
2 m	21,80°	7,29	7,9	117	0,87	3,00	0
5 m	21,45°	7,32	7,9	109	0,85	3,54	0
10 m	20,80°	6,25	7,6	107	0,93	2,86	0
15 m	20,10°	3,68	7,15	107	0,86	2,92	0
20 m	20,00°	3,22	7,15	108	0,86	2,94	0
25 m	19,80°	2,86	7,15	108	0,81	3,00	+
50 m	19,70°	1,51	7,00	112	0,86	3,00	0,005
100 m	19,60°	0,75	6,95	114	0,89	3,06	0,009
160 m	19,60°	0,52	6,85	117	0,85	3,00	0,021

ANNEXE 3.

LAC BULERA.

Station hydrographique : N° 2.

Devant KINYABABA.

Profondeur : 163 m.

4 /VI/52.

10,35 h.

Ciel couvert, avec
qq. éclaircies.

Température de l'air : 19,6° C.

Minima nocturne précédent : 14° C.

Maxima du jour précédent : 25° C.

Transparence de l'eau : 3,40 m.

Profon- deur	Tem- pérature en °C.	CO ² mg/l	N/NO ³ mg/l	N/NO ² mg/l	N/NH ³ mg/l	SiO ²
0 m	21,60°	+ 1,6	0	traces	0	+
2 m	21,50°	+ 1,4	0	+	0	+
5 m	21,50°	+ 1,2	0	+	0	+
10 m	20,80°	+ 2,8	0	+	0	++
15 m	20,10°	+ 5,2	0	+	0	++
20 m	19,90°	+ 6,0	0	+	0	++
25 m	19,80°	+ 7,0	0	+	0	++
50 m	19,70°	+ 8,6	0	+	0	++
100 m	19,60°	+ 10,0	0	+	0	++
160 m	19,60°	+ 10,2	0	+	0	+++

ANNEXE 4.

LAC LUHONDO.

Station hydrographique : N° 1.

Dans le grand bras Est.

Profondeur : 66 m.

14/VI/52.

10,45 h.

Soleil.

Température de l'air : 21° C.

Température de l'eau en surface : 23,2°.

Profon- deur	O ² mg/l	pH	H 18° × 10 ⁶	H ² S mg/l	Alcal.	Dureté
0 m	8,27	9,1	293	0	1,52	5,94
2,5 m	8,19	9,1	197	0	1,68	5,60
5 m	2,57	8,45	196	0	1,78	5,36
10 m	0	7,55	247	0	2,08	7,18
15 m	0	7,35	248	0	2,12	7,18
20 m	0	7,15	263	0	2,21	7,40
25 m	0	7,10	269	0	2,29	7,30
40 m	0	7,10	272	0	2,31	7,36
60 m	0	7,10	274	0,58	2,37	7,64

ANNEXE 5.

LAC LUHONDO.

Station hydrographique : N° 2.

Au milieu de la baie de l'exutoire.

16 /VI /52.

15 h.

Température de l'air : 21° C.

Soleil au 2/3 couvert.

Profondeur	température en ° C.	O ² mg/l
0 m	23,05°	7,71
1 m	22,60°	7,70
2,5 m	22,15°	7,70
5 m	21,55°	6,32
7,5 m	20,95°	0,49
10 m	20,60°	0
15 m	20,25°	0

ANNEXE 6.

LAC LUHONDO.

Station hydrographique: N° 3.

Dans le grand bras Est.
Profondeur : 66 m.

18/VI/52.

9,10 h.

Ciel à 1/2 couvert.

Température de l'air : 18° C.

Transparence de l'eau : 1,20 m.

Profon- deur	Tem- pérature en ° C.	CO ² mg/l	P/PO ⁴ mg/l	N/NO ² N	N/NO ³ N	N/NH ³ mg/l	SiO ²
0 m	22,40°	— 14,8	0	0	0	0,02	++
2,5 m	22,10°	— 14,4	0	0	0	0,02	++
5 m	21,10°	— 0,6	0	0	0	0,02	++
7,5 m	20,80°	+ 5,8	0,001	0	0	0,03	++
10 m	20,40°	+ 10,4	0,018	0	0	0,23	++
15 m	20,20°	+ 16,4	0,080	0	0	0,64	++
20 m	20,10°	+ 18,8	0,085	0	0	0,65	+++
25 m	20,05°	+ 21,1	0,095	0	0	0,90	+++
40 m	20,05°	+ 23,2	0,120	0	0	1,00	+++
63 m	20,00°	+ 22,6	0,120	0	0	1,50	+++
66 m fond	20,00°(boue)						

ANNEXE 7.

SECOND SÉJOUR AU LAC MOHASI.

Températures de l'air relevées à 6 h.

	ma	Ma
28 avril 52	17°	29°
29 »	16°	28°
30 »	17°	30°
1 mai 52	17°	29°
2 »	16°	29°
3 »	17°	29°
4 »	16°	26°
5 »	17°	30°
6 »	16°	31°
7 »	17°	31°
8 »	16°	30°
9 »	15°	28°

ANNEXE 8.

LAC MOHASI.

*Station hydrographique: N° 1.*Devant KARAMBI.
Profondeur : 10 m.25/1/52.
16,30 h.
Beau temps, soleil.

Profondeur		Température en ° C.	O ² mg/l
0	m	24,40°	6,85
1	m	24,35°	6,78
2	m	24,25°	6,96
3	m	23,80°	6,54
4	m	23,80°	4,90
5	m	23,05°	4,45
6	m	23,05°	4,01
7	m	22,65°	3,49
8	m	22,65°	1,20
9,75	m	22,65°	0,65

ANNEXE 9.

LAC MOHASI.

Station hydrographique: N° 2.

Devant KARAMBI.

29 /1 /52.

Profondeur : 11,70 m.

9,20 h.

Beau temps, soleil.

Profondeur	Température en ° C.	O ² mg/l.
0 m	24,45°	7,22
1 m	24,10°	7,24
2 m	24,00°	7,12
3 m	23,90°	6,98
4 m	23,45°	6,02
5 m	23,10°	2,98
6 m	23,00°	1,95
7 m	22,90°	3,26
8 m	22,80°	3,22
9 m	22,60°	—
10 m	22,45°	1,34
11 m	22,35°	0,26

ANNEXE 10.

LAC MOHASI.

Station hydrographique: N° 3.

Devant KARAMBI.

Profondeur : 12,10 m.

1/2/52.

Entre 8 et 9 h.

Calme plat.

Profondeur	Température en ° C.	pH	H 18° × 10 ⁶	CO ² mg/l	Alcalinité HCl N/10 %	Dureté en ° franç.
0 m	24,55°	8,35	612	— 4,4	3,07	19,0
1 m	24,40°	8,35	599	— 3,0	3,16	19,0
2 m	24,00°	8,30	599	— 3,8	3,16	19,0
4 m	24,00°	8,25	598	— 3,0	3,13	19,0
6 m	23,60°	7,80	596	— 0,4	3,04	18,4
7 m	23,00°	7,80	603	+ 4,8	3,17	19,0
8 m	22,80°	7,80	600	+ 5,4	3,13	19,0
12 m	22,60°	7,80	611	+ 7,6	3,19	19,0

ANNEXE 11.

LAC MOHASI.

Station hydrographique: N° 4.

Devant KARAMBI.

Profondeur : 11,70 m.

7/2/52.

9,10 h.

Ciel couvert, légère
pluie.

Profondeur	Température en ° C.	O ² mg/l
0 m	23,80°	6,35
1 m	23,80°	6,48
2 m	23,80°	6,38
3 m	23,80°	6,35
4 m	23,80°	6,34
5 m	23,80°	6,32
6 m	23,65°	4,79
7 m	23,30°	5,51
8 m	23,05°	4,42
9 m	22,80°	2,81
11 m	22,65°	0,35

ANNEXE 12.

LAC MOHASI.

Station hydrographique : N° 5.

Devant KARAMBI.

Profondeur : 11,60 m.

29/IV/52.

9 h.

Ciel dégagé, soleil.

Température de l'air : 22,50°.

Ma et ma du jour précédent : 28° — 16°.

Profondeur	Température en ° C.
0 m	24,20°
1 m	24,05°
2 m	23,80°
3 m	23,80°
4 m	23,80°
5 m	23,60°
6 m	23,60°
7 m	23,45°
8 m	23,00°
9 m	22,85°
10 m	22,60°
11 m	22,60°

ANNEXE 13.

LAC MOHASI.

Station hydrographique: N° 6.

Devant KABAMBI.

Profondeur: 11,90 m.

Température de l'air: 24°.

Ma et ma des températures relevées le
matin: 29° — 16°.

2/V/52.

14,25 h.

Soleil perçant à tra-
vers de légers nuages.

Profon- deur	Tempé- rature en °C	O ₂ mg/l.	pH	H 18° × 10 ⁶	Dureté en ° franç.	Alcalinité HCl/N/10 %
0 m	25,8°	7,58	8,25	703	18,13	3,31
1 m	24,15°	7,81	8,35	688	18,56	3,29
2 m	24,15°	7,98	8,35	687	18,38	3,33
3 m	24,15°	7,80	8,35	692	18,62	3,33
4 m	24,15°	7,75	8,30	683	18,62	3,43
5 m	24,15°	7,58	8,30	694	18,38	3,28
6 m	23,60°	6,17	8,25	694	18,16	3,30
7 m	23,10°	2,01	8,10	701	18,04	3,33
8 m	22,85°	0,91	8,10	699	18,54	3,36
9 m	22,60°	0,03	8,10	706	18,84	3,42
10 m	22,60°	0		712	18,54	3,41
11 m	22,45°	0	8,10	712	19,01	3,42
11,80 m				723	17,98	3,48

ANNEXE 14.

LAC MOHASI.

Station hydrographique : N° 7.

Devant KARAMBI
Profondeur : 11,90 m.

5/V/52.
8 h.
Soleil.

Température de l'air : 19,8°.
Ma et ma relevés à 6 h. :
30°-17°.

Transparence de l'eau : 1,50 à 1,40.

Profon- deur	Tempé- rature en °C.	CO ₂ mg/l	P/PO ₄ mg/l	N/NH ₄ mg/l	N/NO ₂ mg/l	N/NO ₃ mg/l	SiO ₂ mg/l
0 m	24,10°	— 8,2	< 0,001	0,00	0	0	+
1 m	24,25°	— 4,4	< 0,001	0,00	0	0	+
2 m	24,10°	— 4,4	< 0,001	0,03	0	0	+
3 m	24,10°	— 6,8	0,001	0,03	0	0	+
4 m	23,60°	— 5,4	< 0,001	0,05	0	0	+
5 m	23,60°	— 6,0	0,001	0,07	0	0	+
6 m	23,55°	— 4,4	< 0,001	0,10	0	0	+
7 m	23,30°	— 2,8	0,001	0,10	0	0	+
8 m	22,60°	+ 7,2	0,003	0,11	0	0	+
9 m	22,60°	+ 8,4	0,005	0,11	0	0	+
10 m	22,50°	+ 9,6	0,005	0,15	0	0	+
11 m	22,50°	+ 12,2	0,003	0,15	0	0	+

ANNEXE 15.

AFFLUENTS.

Localité	Date	Couleur	H 18° × 10 ⁶	Alca- limité	pH	Dureté réelle	Ca mg/l	Mg mg/l	Rapport :	
									Dureté réelle	Dur. bicarbonates
Riv. Kafororo	7-V-52	incolore	292	2,79	7,00	11,9	30,06	10,60		0,85
Riv. Ntaruka	8-V-52	brune, eau sentant le marécage, couverte d'huile	281	2,59	6,30	10,64	?	?		0,81
Riv. Shashogshogo	8-V-52	incolore	308	2,76	6,90	17,04	33,27	21,16		1,23
Riv. Nyamatebe	8-V-52	incolore	555	3,35	7,00	19,60	73,15	4,13		1,17
Source, puits près de la Riv. Ntaruka	8-V-52	eau chargée d'argile	404	2,80	6,50	17,64	42,48	17,1		1,26
Source, rive nord, en face Karambi	8-V-52	eau chargée d'argile	7060	18,09	7,40	271,0	432	404,20		3,00
Source au fond de la baie Sinda	6-V-52	incolore	676	2,81	7,55	17,46	26,05	26,65		1,23
Lac en surface	1-II-52		612	3,07	8,35	19,0	34,8	25,0		1,23
Lac en surface	2-V-52		793	3,31	8,25	18,13	43,0	18,0		1,10
Lac exutoire	9-II-52		638	3,18	?	19,1	27,0	32,1		1,20

ANNEXE 16.

LAC MOHASI.

Analyse des eaux faites à Bukavu, par le laboratoire de Géologie.

Analyste : M. C. DELMOTTE.

Provenance : Lac Mohasi. Devant la Mission Gahine — 10 m de la rive — 20 cm de profondeur.

RÉSULTATS D'EXAMEN :

A) *Essais physiques* :

Aspect (couleur-transparence) : transparente.

Odeur : nulle.

pH. : 7,65.

B) *Analyse de l'eau filtrée* :

Résidu sec à 110° C. : 420 mg /litre.

Résidu sec à 800° C. : 338 mg /litre.

	mg /litre	Eq. /litre
SiO ²	8,8	0,58
Ti ⁴⁺	0,3	—
Al ⁺⁺⁺		
Fe ⁺⁺⁺		
Mn ⁺⁺⁺		
P ⁵⁺		
Mg ⁺⁺	25	2,06
Ca ⁺⁺	27,8	1,40
Na ⁺	87,2	3,78
K ⁺	9,2	0,23
NH ⁴⁺	+	—
CO ³⁻⁻	nt.	—
HCO ³⁻	196	3,104
Cl ⁻	144	4,061
SO ⁴⁻⁻	1,07	0,022
NO ³⁻	1,2	0,019
NO ²⁻	nt.	—
O ² consommé	5,5	—

ANNEXE 17.

SÉJOUR AUX MUGESERA — SAKE — BILILA.

Températures relevées à 6 heure.

	Ma	ma	
5 mars 52	25°	19°	
6 mars 52	20,5°	18°	
7 mars 52	25°	19°	
8 mars 52	24°	19°	
9 mars 52	24°	17°	
10 mars 52	25°	17°	
11 mars 52	23,5°	18°	
12 mars 52	23,5°	17,5°	
13 mars 52	21°	16°	
14 mars 52	25	19	
15 mars 52	19°	15°	
16 mars 52	24,5°	18°	
17 mars 52	26°	19°	
18 mars 52	24°	18°	
19 mars 52	24°	18°	
20 mars 52	25,5°	19°	
21 mars 52	23,5°	17°	
22 mars 52			
23 mars 52	26°	18°	
24 mars 52	28°	18°	
25 mars 52	28°	18°	
26 mars 52	20°	17°	Minimum constaté le 25 à 11 h
27 mars 52	25°	18°	(matin).
28 mars 52	24°	18°	
29 mars 52	26°	18°	
30 mars 52	27°	20°	
31 mars 52	27°	19°	
1 ^{er} avril 52	25,5°	17°	
2 avril 52	24°	19°	
3 avril 52	27°	18,5°	
4 avril 52	24°	18°	
5 avril 52			
6 avril 52	26°	19°	
7 avril 52	27°	20°	
8 avril 52	22,5°	18°	
9 avril 52	25°	19°	

ANNEXE 18.

LAC SAKE.

Station hydrographique: N° 1.

Devant LUKOMA.

11 / III / 52.

Profondeur : 4,10 m.

15,10 h.

Soleil.

Température de l'air : 24,3°.

Ma et ma des températures relevées le

matin : 23,5°—18°.

Profon- deur	Tempé- rature en °C.	pH	Alca- linité	Dureté en ° franç.	N/NH ³ mg/l	H 18° × 10 ⁶
0 m	24,1°					
0,10 m	24,0°	8,50	2,44	8,0	0	222
0,50 m	23,9°	8,50	2,52	8,2	0	222
1 m	23,7°	8,50	2,49	8,1	0	223
1,50 m	23,5°	8,50	2,47	8,2	0	223
2 m	22,8°	8,55	2,55	8,1	0	223
3 m	22,2°	7,75	2,55	8,2	0	227
4 m	22,3°	illisible (eau verte)	2,75	11,0 env.	1,20	299

ANNEXE 19.

LAC SAKE.

Station hydrographique: N° 2.

Devant LUKOMA.

13/III/52.

Profondeur : 4 m.

10 h.

Soleil.

Ma et ma des températures relevées le

matin : 21°-16°.

Transparence de l'eau : 0,40 à 0,50 m.

Température de l'air : 19,8°.

Profon- deur	Tempé- rature en °C.	O ² mg/l	CO ² mg/l	P/PO ⁴ mg/l	SiO ²	N/NO ² mg/l	N/NO ³ mg/l
0 m	24,25°						
0,10 m	23,3°	7,70	-- 11,6	< 0,001	+	0	0
0,50 m	22,8°	7,92	-- 15,0	< 0,001	+	0	0
1 m	22,3°	6,29	-- 10,0	< 0,001	+	0	0
2 m	22,2°	4,21	+ 3,0	< 0,001	+	0	0
3 m	22,1°	3,94	+ 5,0	traces	+	0	0
3,90 m	22,1°	0	+ indosable (eau colorée)	traces	+	0	0
4 m	22,3°	dans la boue du fond.					

ANNEXE 20.

LAC SAKE.

Station hydrographique: N° 3.

Devant LUKOMA.

Profondeur : 4,10 m.

15/III/52.

9,45 h.

Soleil.

Température de l'air : 18,5°.

Ma et ma des températures relevées le
matin : 19°-15°.

Profondeur	Température en ° C.		O ² mg/l
0 m	23,3°		
3 m	22°	eau claire	3,99
3,25 m	22°	eau brun-vert	0
3,50 m	22°	eau brune	0
3,80 m	22°	eau brune sentant H ² S	0
4 m		boue liquide	

ANNEXE 21.

LAC SAKE.

Station hydrographique: N° 4

Devant LUKOMA.

Profondeur : 4,10 m.

20/III/52.

10 h.

Temps brumeux,
averse.

Température de l'air : 20,5°.

Ma et ma des températures relevées le
matin : 25°5.-19°.

Transparence de l'eau : 0,40 m.

Profondeur	Température en ° C.
0 m	23,7°
0,10 m	23,3°
1 m	22,8°
2 m	22,8°
3 m	22,4°
3,50 m	21,9°
3,80 m	21,8° eau légèrement plus verte qu'en surface, contenant des filaments blanchâtres.
3,90 m	boue liquide.

ANNEXE 22.

LAC MUGESERA.

Station hydrographique: N° 1.

Devant la pointe de SANGAZA.
Profondeur : 3,40 m.

27 /III /52.

9,40 h.

Temps gris, légèrement couvert.

Température de l'air : 20,3°.

Transparence de l'eau : 0,30 m.

Ma et ma des températures relevées le
matin : 25°—18°.

Profon- deur	Tempé- rature en °C	O ₂ mg/l	pH	Alcali- nité	Dureté °franç.	CO ₂ mg/l
0 m	24,3°					
0,10 m	24°	9,38	9,1	1,89	7,57	— 5,8
0,50 m	23,6°	8,98	9,05	1,87	7,66	— 5,8
1 m	23,2°	7,36	8,30	1,84	7,67	— 3,4
2 m	23°	2,46	8,30	1,96	7,62	+ 3,4
3 m	22,9°	0	7,60	1,85	7,70	+ 5,8
3,10 m	23° (boue)		7,10		9,30	

ANNEXE 23.

LAC MUGESERA.

Station hydrographique: N° 2.

Devant la pointe de SANGAZA.

Profondeur : 3,10 m.

1°/IV/52.

11 h.

Ciel couvert.

Température de l'air : 22°.

Ma et ma des températures relevées

le matin : 25,50°—17°.

Profondeur	Température en °C
0 m	25,9°
0,10 m	24,2°
0,50 m	23,2°
1 m	23°
2 m	22,8°
2,80 m	22,8°
3 m	22,8° boue

ANNEXE 24.

LAC MUGESERA.

Station hydrographique : N° 3.

Devant la pointe de SANGAZA.

7 /IV /52.

Profondeur : 3,30 m.

9 h.

Ciel couvert, bruine.

Ma et ma des températures relevées le
matin : 27°—20°.

Profon- deur	Tempé- rature en °C	P/PO ⁴ mg/l	SiO ²	N/NO ³ mg/l	N/NO ² mg/l	N/NH ³ mg/l
0 m	24,4°					
0,10 m	24,0°	+	+	0	0	0
0,50 m	23,9°	+	+	0	0	0,03
1 m	23,9°	+	+	0	0	
1,50 m	23,9°	+	+	0	0	0,08
2 m	23,9°	+	+	0	0	0,08
2,50 m	23,8°	+	+	0	0	0,08
3 m	23,1°	+	+	0	0	0,08
3,10 m	23,0°	+	+	0		
3,20 m	23,0° (boue)					

ANNEXE 25.

LAC MUGESERA.

Observations occasionnelles.

Dates	Origine de l'eau	pH	Alca- linité	Dureté totale en ° franç.
26-III-52	Bras nord, sondage 20, n° 6	9,1	1,86	7,34
26-III-52	Lac sans nom, sondage 21, n° 3	8,70	1,79	6,97
26-III-52	Bras sud devant l'embarcadère	8,0	1,96	7,75
24-III-52	Baie de Sangaza, sondage 7, n° 7		1,89	7,42
24-III-52	Fond de la baie vers Nsaza, sondage 12, n° 2,		1,89	7,58
3-IV-52	Fond du bras nord, sondage 25, n° 2		1,76	6,83

ANNEXE 26.

LAC BILILA.

Station hydrographique: N° 1.

Au centre du lac.

2/IV/52.

Profondeur : 6 m.

14,40 h.

Soleil.

Température de l'air : 25,2°.

Transparence de l'eau : 0,30 m.

Ma et ma des températures relevées le

matin : 24°—19°.

Profon- deur	Tempé- rature en °C	Dureté totale	Alcali- nité	pH
0 m	30,3°	6,76	1,71	9,00
0,10 m	28°			
0,50 m	24,3°			
1 m	23,6°			
1,50 m	23,2°			
2 m	23,2°			
3 m	23,1°			
4 m	23,0°			
5 m	22,8°			
6 m	?			

ANNEXE 27.

LAC RUGWERO.

Station hydrographique

Au centre du lac.
 Profondeur : 3,60 m.

4/VII/52.
 8,30 h.
 Soleil.

Température de l'air : 18°5.
 Transparence de l'eau : 0,45 m

Profon- deur	Tempé- rature en °C	O ² mg/l	pH	H 18° × 10 ⁶	Alca- linité	Dureté réelle ° franç.
0 m	21,8°	7,49	7,90	129	1,47	4,54
0,50 m	21,3°	7,51	7,90	129	1,45	4,54
1 m	21°	6,13	7,70	129	1,45	4,48
2 m	21°	5,93	7,65	130	1,44	4,54
3 m	21°	5,43	7,60	129	1,51	4,52
3,40 m	21°	5,31	7,45	129	1,51	4,50
3,50 m	boue		7,40	129	1,53	4,22

ANNEXE 28.

Analyses d'échantillons d'eau, effectuées au laboratoire du Centre d'Étude des Eaux de Liège.

Origine de l'eau	Chute Ru- sumo	Bu- lera	Lu- hondo	Mo- hasi	Sake	Muge- sera	Rug- wero
Résidu sec 110°, mg/l	152	18	62	436	218	228	130
Résidu calciné mg/l	traces	8	56	160	64	72	114
CaO, mg/l	traces	10	14	44	26	26	16
MgO, mg/l	traces	6,4	14	48,2	19,4	19	15,8
SO ₄ , mg/l	0	0	0	0	0	0	0
Cl, mg/l	0	0	0	142	0	0	0



TABLE DES MATIÈRES

<i>Préliminaires</i>	3
I. INSTRUMENTS ET MÉTHODES	6
<i>Prélèvement des échantillons d'eau</i>	6
<i>Thermomètres</i>	8
<i>Méthodes d'analyses</i>	9
II. LE LAC BULERA	14
A. <i>Thermométrie</i>	14
Température de l'air	14
Température des affluents	14
Endroits et dates des stations hydrographiques	15
Observations dans le lac	15
B. <i>Chimie des eaux</i>	17
Eau de la chute Rusumo	17
Eau du Bulera	18
III. LE LAC LUHONDO	25
A. <i>Thermométrie</i>	25
Température de l'air	25
Température des affluents	25
Localisation des stations hydrographiques	25
Température du lac	26
B. <i>Chimie de l'eau</i>	28
IV. LE LAC MOHASI	35
A. <i>Thermométrie</i>	35
Température de l'air	35
Température des affluents	35
Localisation des stations hydrographiques	36
Température du lac	36

B. <i>Chimie des eaux</i>	40
Eaux des affluents	40
Eau du lac	42
V. LE LAC SAKE	48
A. <i>Thermométrie</i>	48
Température de l'air	48
Température du lac	49
B. <i>Chimie des eaux</i>	50
VI. LE LAC MUGESERA	54
Localisation des observations	54
A. <i>Thermométrie</i>	54
Température de l'air	54
Température de l'eau	55
B. <i>Chimie des eaux</i>	56
VII. LE LAC BILILA	60
VIII. LE LAC RUGWERO	62
A. <i>Thermométrie</i>	63
Température de l'air	63
Température du lac	63
B. <i>Chimie des eaux</i>	64
IX. DISCUSSION DES OBSERVATIONS	67
X. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS DE LA 2 ^e PARTIE	82
BIBLIOGRAPHIE	85
ANNEXES	86

