

Travaux de l'Institut
Ed van Beneden fascicule 41.
Extrait des *Annales de la Société Royale Zoologique de Belgique*

Tome LXVIII, 1937

Quelques caractères écologiques
de trois lacs équatoriaux :
Kivu, Edouard, Ndalaga

PAR

H. DAMAS

(Institut Ed. van Beneden, Liège).



BRUXELLES
IMPRIMERIE FORTON
20, Rue Victor Greyson
1938

Quelques caractères écologiques de trois lacs équatoriaux : Kivu, Edouard, Ndalaga

PAR

H. DAMAS

(Institut Ed. van Beneden, Liège).

Les recherches exposées dans cette note ont été poursuivies en 1935 au Parc National Albert. Pendant les quatorze mois que j'ai passés en Afrique à collectionner la faune aquatique, je me suis efforcé de rassembler des documents aussi nombreux que possible sur la biologie des animaux capturés ainsi que sur les caractères hydrobiologiques des lacs où je travaillais. C'est une partie de ces derniers documents que je désire exposer ici. Les collections zoologiques sont encore entre les mains des spécialistes et il serait prématuré de tirer dès à présent des conclusions sur des spécimens non encore déterminés.

Par contre, les recherches écologiques ont été faites sur place et les documents réunis dès mon retour.

Les lacs Kivu, Edouard et Ndalaga les trois lacs que j'ai principalement étudiés, sont loin d'être les plus célèbres d'Afrique, au point de vue zoologique tout au moins. Leur intérêt n'est cependant pas mince, ainsi que je vais chercher à le montrer (1).

Les deux premiers appartiennent à la série des grands lacs alignés dans l'axe de l'Afrique. Ce sont de véritables mers intérieures de taille à peu près identique. Leur superficie dépasse 2250 km², leur longueur 80 km. Ces deux grands lacs sont relativement voisins l'un

(1) Le détail de ces recherches a paru dans une publication récente de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge sous le titre "Recherches hydrobiologiques dans les lacs Kivu, Edouard et Ndalaga". Exploration du P. N. A., 2, Mission Damas, fascicule 1, 1937.

de l'autre puisque 150 km. seulement les séparent. Ils sont situés immédiatement au sud de l'Equateur, dans le grand Graben central Africain, dans une région fort montagneuse par conséquent, dans la zone la plus pluvieuse d'Afrique. A priori, cette ressemblance dans la taille, dans la situation géographique suggère qu'il s'agit de deux lacs identiques.

Or, en fait, tout les oppose. Autour du Kivu, les montagnes se ressèrent très fort. Leurs sommets atteignant 3 et parfois 4.000 mètres d'altitude ne sont distants du lac que de quelques kilomètres. Au nord, s'élèvent les fameux volcans Virunga, compris dans le Parc National Albert. Toutes ces montagnes se prolongent dans le lac en presque îles, en promontoires, en chaînes d'îles, et y découpent de larges baies, des couloirs étroits affectant parfois l'allure de véritables fjords. Ce lac découpé et anguleux présente des coins d'un pittoresque et d'une sauvagerie rares. Aussi, son prestige touristique n'a pas d'égal en Afrique.

Mais, le zoologiste et le pêcheur n'éprouvent pas pour le Kivu la même admiration. Ses eaux claires et transparentes sont un véritable désert. Les plantes aquatiques, les oiseaux et les poissons sont concentrés dans le fond bien abrité des baies ou à l'embouchure des affluents. Le fait s'illustre aisément par la rareté des villages de pêcheurs. Le long des rives extrêmement peuplées d'un lac de 100 km. de long et de 40 km. de large, n'existent, au maximum, qu'une dizaine de hameaux de pêcheurs indigènes !

Il suffit actuellement de quelques heures d'automobile pour se transporter du Kivu jusqu'à la rive sud de l'Edouard. Le touriste arrive ainsi devant ce qui lui paraît, à première vue, n'être qu'un immense marécage. Le lac est presque partout entouré de plaines et la limite des eaux, encombrée de papyrus, de joncs et de petits épineux, est souvent fort vague. Les rives nord, est, sud et sud-ouest présentent le même aspect. Seule, la rive occidentale comporte pendant une trentaine de kilomètres des promontoires rocheux et escarpés, branches de la chaîne des Mitumba. Mais une brume continue couvrent le lac et dérobe à la vue ce seul endroit un peu accidenté des rives.

Avec ses rives fangeuses, marécageuses et mal dessinées, le lac Edouard semble ne posséder aucun attrait. Et cependant, l'intensité de la vie animale en fait pour le naturaliste, et même pour le touriste un véritable paradis terrestre. Dans les baies, des centaines d'hippopotames dorment au soleil, tandis que le long de la rive, buffes et éléphants viennent se baigner durant les heures chaudes. D'immenses

vols de mo
cans explor
aigrettes et
et animée
teurs. L'es
surface est
leurs adver
leur gorgée
à des diza
impression
magnifiques
de cette fa

Semblab
Quelles pé
et la riche

Le Nda
guère qu'
Kivu et l'
celle du l
est du lac
des innom
central al
glanque, s
le Ndalag
pièce d'e
abruptes
l'eau circ
Entre les
nouilles,
toplancton
épaisses
ordinaire
végétale

Un fa
Ndalaga,
poissons
endroit c
tenant à
milieu d
m'expliq

vois de mouettes, de cormorans, des compagnies nombreuses de pélicans explorent les eaux. Dans les roseaux de la berge, hérons, spatules, aigrettes et ibis cherchent leur nourriture. Cette faune ailée multicolore et animée s'accroît encore, durant l'hiver, d'une foule d'oiseaux migrateurs. L'eau elle-même, verte de plancton, semble vivante, tant sa surface est fréquemment brisée par les sauts des petits poissons fuyant leurs adversaires ou par les protoptères venant en surface chercher leur gorgée d'air. Des nuages d'insectes, si compacts qu'on les aperçoit à des dizaines de kilomètres de distance, augmentent encore cette impression de vie luxuriante. Quant on arrive du Kivu, aux rives magnifiques, mais immobiles, on demeure émerveillé de l'exubérance de cette faune.

Semblable contraste entre deux lacs aussi voisins pose un problème. Quelles peuvent être les facteurs qui expliquent la pauvreté du Kivu et la richesse de l'Edouard.

Le Ndalaga, le troisième lac que j'ai eu l'occasion d'étudier n'est guère qu'un grand étang à côté des deux énormes mers que sont le Kivu et l'Edouard. Sa superficie n'atteint que 320 km², soit trois fois celle du lac de la Gileppe. Il est situé à environ 50 km. au nord-est du lac Kivu, dans la région montagneuse du Mushari. C'est l'un des innombrables lacs de barrage créés sur les flancs du grand Graben central africain par l'activité volcanique. Grand ruban étroit, vert glauque, sinueux, poussant des baies arrondies dans les vallées latérales, le Ndalaga apparaît du haut des collines voisines comme une grande pièce d'eau ménagée dans un parc pour l'agrément de l'œil. Ses rives abruptes sont ornées d'une bande de papyrus et de nénuphars. Sur l'eau circulent des bandes de canards, de plongeurs, de cormorans. Entre les plantes se cachent un nombre incalculable d'animaux : grenouilles, insectes aquatiques, mollusques, sangsues, éponges. Le phytoplancton y est tellement abondant qu'il s'agglomère souvent en croûtes épaisses et presque solides. La vie dans ce lac minuscule est extraordinairement riche; proportionnellement, la population animale et végétale y est encore plus dense que dans l'Edouard lui-même.

Un fait me surprit vivement. Lors de mon passage au bord du Ndalaga, il me fut impossible de capturer un seul exemplaire de poissons alors que je savais que M. DE WITTE, passé par le même endroit quelques mois auparavant y avait capturé des poissons appartenant à trois espèces différentes. Mes essais de pêches se firent au milieu des exclamations septiques des indigènes de l'endroit, qui m'expliquèrent que le Ndalaga n'abritait des poissons qu'en saison

des pluies, mais qu'en saison sèche, — or en août 1935 nous étions en saison sèche — il n'en contenait aucun. Quant à eux, ils avaient renoncé à la pêche et tiré sur la rive un nombre considérable de nasses.

Personnellement, je crois volontiers à l'expérience d'indigènes en contact journalier avec le lac. D'après eux, on se trouverait donc ici en présence d'un phénomène saisonnier, ce qui n'a guère été signalé jusqu'à présent dans les eaux équatoriales.

Nous nous trouvons donc en présence de trois lacs de types écologiques nettement tranchés : le Kivu, véritable désert, l'Edouard à la faune exubérante et le Ndalaga, aux eaux sursaturées d'animaux, mais susceptibles cependant d'un appauvrissement saisonnier.

L'examen hydrographique de ces trois milieux permet de mettre en évidence quelques facteurs que nous pouvons considérer comme responsables de ces différences de productivité. Pour établir ce point, il me sera nécessaire de citer quelques chiffres. Je réduirai autant que possible cette nomenclature

LE KIVU

Le Kivu constitue le cas le plus aberrant, c'est pourquoi je commencerai par lui.

En Afrique, des recherches hydrobiologiques ne peuvent se faire exactement comme ici. Des documents nombreux manquent, et on est obligé de commencer l'étude par le début, par exemple par mesurer la profondeur du lac. Le Kivu est un lac très profond. On le savait depuis longtemps, mais sans pouvoir donner de chiffre précis. L'éminent géologue qu'était l'Abbé SALÉE a écrit dans un de ses travaux qu'il paraîtrait que la profondeur du Kivu dépasse 2.000 mètres. C'était l'opinion courante, et lorsque j'annonçai aux blancs habitant la région que, ayant fait 202 sondages couvrant régulièrement la surface du lac, je n'avais trouvé comme profondeur maximum que 478 m., je fus, je l'avoue, assez fraîchement reçu, et ma prétention parut grande d'enlever à leur lac le record du monde de profondeur ! Mais si ces sondages n'ont pas donné de chiffres sensationnels, ils ont indiqué des faits peut-être plus intéressants. Ils montrent que, au pied de rives très abruptes, le fond du lac est une plaine inclinée régulièrement du sud vers le nord, soit en sens inverse de la direction actuelle d'écoulement des eaux. De plus, en prolongeant par la pensée la pente du fond vers le nord, sous les volcans du Parc Albert, on atteint la plaine du lac Edouard. Il ne pouvait y avoir de confirmation meilleure de

la théorie
barrage pa
Edouard
ganika et

Cette
du Kivu,
plus de la
action, d'
quantitati

Pour tr
il nous fa
est vérita
façon est
phique. L
sur la riv
260 mètr
moment
provenai
légèreme
de 100
arrive ex
parties
échapper
horriblen
de Seltz
50 m. A
statent,
remonté

Une
La supé
indique
si la co
indique
couche
séparém

Elim
dans to
lac, av
les me
La lim

la théorie géologique en cours concernant l'origine du lac Kivu : le barrage par les volcans Virunga d'un ancien fleuve tributaire du lac Edouard et du Nil, Actuellement, le Kivu se déverse dans le Tanganyika et fait donc partie du bassin du Congo.

Cette histoire géologique explique certains caractères de la faune du Kivu, par exemple que les poissons qui l'habitent se rapprochent plus de la faune nilotique que de la faune congolaise. Mais cette action, d'ordre purement qualitatif, ne peut expliquer la pauvreté quantitative de la faune lacustre.

Pour trouver des facteurs susceptibles d'intervenir à ce point de vue, il nous faut examiner la nature chimique de l'eau. L'eau du lac Kivu est véritablement étrange. Pour en donner une idée, la meilleure façon est probablement de raconter ma première station hydrographique. Donc, en avril 35, peu de jours après mon arrivée à Ngoma, sur la rive nord du lac Kivu, je sortis en baleinière et ancrâi par 260 mètres de profondeur. La température en surface était à ce moment de 24°1 C. Au fur et à mesure que les échantillons examinés provenaient d'une profondeur plus grande, la température diminuait légèrement 23°99 à 5 m., 22°36 à 40 m., 22°32 à 50 m. A partir de 100 m. de profondeur, tout change. Lorsque la bouteille à eau arrive en surface, ma surprise est très grande de voir toutes les parties en cuivre complètement noircies. La bouteille laissait échapper des bulles de gaz le long de ses robinets. L'eau sentait horriblement l'hydrogène sulfuré et pétillait comme un véritable eau de Seltz. La température était de 1/10 de degré C. plus élevée qu'à 50 m. A 200 et 250 m. Les mêmes phénomènes étranges se constatent, mais plus marqués encore. A 250 m. La température avait remonté de un degré centigrade et atteignait 23°40 C.

Une pareille situation hydrographique est véritablement sensationnelle. La superposition permanente d'une eau chaude sous une eau plus froide indique qu'il s'agit de deux couches essentiellement différentes, car si la composition en était homogène, une pareille courbe thermique indiquerait la superposition permanente d'une couche lourde sur une couche d'eau plus légère. Il faut donc examiner les deux zones séparément.

Éliminons d'abord le cas de la couche profonde. Je l'ai retrouvée dans toute l'étendue du lac Kivu : au nord, au centre et au sud du lac, avec des caractères absolument identiques. Les différences entre les mesures sont de l'ordre du degré de précision de mes appareils. La limite des deux zones est située à 65 m. et en dessous de cette

profondeur le Kivu n'abrite aucune forme animale. Pas le moindre plancton. D'ailleurs, on ne peut guère imaginer comment il pourrait y vivre tant l'eau y est anormale. Sa température croît de 22°30 à 65 m. jusqu'à 25°25, à 375 m., c'est-à-dire plus qu'en surface à midi. Ainsi que le fait prévoir ce paradoxe thermique, la concentration totale des sels augmente avec la profondeur, de 1 gr. à approximativement 3 grs par litre. L'eau dégage une odeur fétide d'hydrogène sulfuré. L'acide carbonique libre y est extraordinairement abondant, atteignant au dessus du fond jusqu'à 1.500 mgr. par litre. L'eau a une réaction légèrement alcaline, avec un pH de 6,75. Un caractère très étrange est sa forte teneur en sels ammoniacaux et en phosphates. Il y a environ 3 mgr./litre de phosphore dans l'eau profonde et 56 mgr./litre d'azote ammoniacal. Or, les teneurs les plus fortes constatées jusqu'à présent dans le monde entier sont pour ces deux corps d'environ 1 mgr./litre. Le précédent record est donc largement battu.

A quelque point de vue qu'on l'examine, par conséquent, l'eau profonde du lac Kivu se révèle tout-à-fait anormale. L'explication de cette composition doit se chercher dans les phénomènes volcaniques qui ont amené la formation du lac Kivu. L'eau profonde, avec tous ses caractères étranges, est un témoin des éruptions passées. Lorsque les coulées qui ont formé la rive nord ont atteint le lac, l'eau en contact avec la lave chaude se sera chargée de sels, et devenue plus lourde, s'est amassée dans le fond de la cuvette, où elle demeure avec une partie de la température acquise autrefois.

Je trouve un argument en faveur de cette hypothèse dans la situation de la baie de Kabuno Kashanga. Au nord-est du Kivu, une grande baie de 15 km. sur 6 environ, a été presque complètement isolée du lac proprement dit par l'éruption du Rumoka, datant de 1913. La passe de Nzulu ne possède qu'une largeur de 150 m. et sa profondeur est seulement de 16 mètres. Dans ce lac presque indépendant, j'ai mesuré une courbe de température différente de celle que j'indiquais tantôt. Egalement une courbe brisée, mais cette fois son point minimum n'est situé qu'à 20 mètres de profondeur seulement, soit 4 mètres plus bas que le seuil de la passe. En dessous, la température augmente très vite et sur le fond, à 130 m. de profondeur, elle est de 23°7, c'est-à-dire que le réchauffement est égal à celui constaté à 270 m. de profondeur dans le restant du Kivu. Ceci me démontre que la couche profonde, séparée du grand lac par le seuil de laves, demeure immobile, influencée encore maintenant par les phénomènes géologiques volcaniques anciens.

Les r
profonde
morte",
absolument

Repr
Kivu q
stations
concord
effectués

La d
1936 (1
se trou
la tem
25 m.
Ce ch

En
est plu
diminu
où ell

Qu
rappe
europ

Ap

l'eau
et ay
le lac
pri t

l'influ
Géné

25°

serve

trouv

estiv

En

devi

lac

lorsq

Ap

nou

froi

me

Les mêmes facteurs doivent être invoqués par le grand lac. L'eau profonde, en dessous de 65 m. est une couche immobile, une "couche morte", encore sous l'influence d'anciens phénomènes géologiques, absolument inhabitable à l'heure actuelle par les organismes.

Reprenons le cas de la couche superficielle, la seule région du Kivu qui puisse être comparée à l'ensemble d'un lac normal. Les 9 stations hydrographiques que j'y ai effectuées ont donné des résultats concordants et fourni deux types de courbes suivant qu'elles ont été effectuées en saison des pluies ou en saison sèche.

La courbe la plus complète a été mesurée à Ngoma en février 1936 (saison des pluies). Sous la surface fortement échauffée à 24°95, se trouve une région remarquablement homéotherme, de 5 à 20 m.; la température de l'eau dans cette zone était de 23°65. A partir de 25 m. La température décroît et à 30 m. elle est d'environ 22°30. Ce chiffre va maintenant rester fixe jusqu'à la couche profonde.

En saison sèche, pareille stratification n'existe pas. La température est plus basse d'un degré centigrade dans les 25 premiers mètres et diminue assez progressivement depuis la surface jusqu'à 40 mètres où elle atteint 22°3, comme en saison des pluies.

Que signifie cette stratification thermique ? Je me permettrai de vous rappeler ici brièvement le cycle thermique saisonnier de nos lacs européens, beaucoup mieux connus évidemment.

Après la fonte des glaces amenée par le réchauffement printanier, l'eau de surface passe un moment donné par la température de 4° C. et ayant ainsi acquis sa densité maximum, coule vers le fond. Ainsi, le lac s'homogénéise sur toute sa hauteur. C'est la période de *circulation pri tanière*. Puis vient l'été, les couches superficielles s'échauffent sous l'influence du soleil et progressivement s'établit une stratification. Généralement, la couche superficielle atteint la température de 20 à 25° C., tandis que les eaux de profondeur supérieure à 10 m. conservent leur température d'hiver, à 4 ou 5° C. Entre les deux, se trouve une zone de saut thermique. Pendant cette période de *stagnation estivale*, le lac est divisé en épilimnion, thermocline et hypolimnion. En automne, de nouveau, les couches superficielles se refroidissent, deviennent plus lourdes et coulent vers le fond. Progressivement, le lac acquiert une nouvelle homogénéité thermique, qui est parfaite lorsque les eaux de surface sont revenues à la température de 4°. Après cette période de *circulation automnale*, le lac se stratifie à nouveau, mais la courbe des températures est inverses, les eaux plus froides étant superficielles. Cette *stratification hivernale* est particulièrement marquée lorsque le lac arrive à geler.

Revenons aux courbes de température du lac Kivu. Il saute aux yeux qu'en saison des pluies, le lac se trouvait en période de stratification. C'est la même courbe de température que dans nos lacs européens. L'épilimnion est beaucoup plus homéotherme, ce qui indique une homogénéité parfaite des 25 premiers mètres. C'est le résultat du refroidissement nocturne qui abaisse la température de l'eau de surface à une valeur inférieure à celle des 25 premiers mètres et brasse par conséquent cette couche. Le thermocline est très net, fort marqué, mais sa valeur absolue n'est que de un degré centigrade, vraiment faible par conséquent, à côté des thermoclines de 20° C. qu'on observe parfois dans nos lacs. En réalité, ce thermocline est beaucoup plus important qu'on ne s'imaginerait car son influence sur la densité de l'eau est énorme. Un degré centigrade de différence aux environs de 4° C. ne provoque presque aucune modification de la densité de l'eau. Il n'en est pas de même aux environs de 25° C. Ce thermocline d'1° C. constaté dans le lac Kivu suffit à assurer une différence de densité égale à celle qu'on constaterait dans nos régions entre 12 et 4° C. Elle joue le rôle d'une barrière véritable séparant deux couches d'eau.

En saison sèche, la stratification disparaît. Le lac est en période de circulation. Le refroidissement des couches superficielles du lac est dû à l'action des nuits extrêmement froides de cette période de l'année.

Ces phénomènes de stratification et leurs variations influencent évidemment les substances dissoutes : l'O₂ par exemple, n'est présent en saison des pluies que dans l'épilimnion, qui en est saturé tandis que l'hypolimnion n'en contient que des traces. En saison sèche, j'en ai observé des quantités importantes jusqu'à 50 mètres.

L'eau est extrêmement alcaline; son pH atteint 9,4. Elle est très pauvre en substances utilisables par le phytoplancton; phosphates et nitrates n'existent qu'en traces.

Telle est la stratification des eaux du lac Kivu. Elle révèle un état anormal, témoin en quelque sorte de l'origine volcanique du lac. Cette stratification cause la pauvreté quantitative de la faune et de la flore lacustres. En premier lieu, contrairement à ce que l'on serait tenté d'admettre comme évident, seule une pellicule superficielle du lac est habitable. Au centre du lac, une zone de plus de 400 m. de hauteur d'eau constitue une "couche morte", non colonisable, dont l'effet négatif et nocif pour la productivité du lac est évident.

En effet, dans le lac Kivu, le cycle de la matière n'est pas comme

partout
minérale
plancto
cousom
des al
les bac
est com
qui, en
une pé
certain
dans l
trappe
et sulf
stérilis

Ma
de co
menf.
à 19°
moyen
mètre
la po
sulfur
ficiell
organ
que
une
sorte
d'un

A
grap
au c
com
U
bon
La
peu
de
Le

partout ailleurs un cycle fermé. Dans tout autre lac, des substances minérales assez simples, utilisées sous l'action du soleil par le phytoplancton, deviennent de la substance organique vivante. Les algues consommées par le plancton animal sont, par cet intermédiaire la proie des animaux carnassiers. Finalement, la destruction des cadavres par les bactéries remet en liberté les substances minérales. Ainsi le cycle est complet. Dans le Kivu, par contre, il n'en est rien. Chaque cadavre qui, entraîné par son poids, tombe lentement dans la zone morte, est une perte définitive pour l'économie du lac. Les bactéries le détruisent certainement. Mais les substances minérales ainsi libérées s'accumulent dans la zone profonde. La couche "morte" joue donc l'effet d'une trappe où s'accumulent sans fin, des substances phosphorées, azotées et sulfurées ainsi que de l'acide carbonique. Cet appauvrissement stérilise en quelque sorte le lac.

Mais, supposons qu'une année un peu plus froide, le mouvement de convection, au lieu de s'arrêter à 65 m., descende plus profondément. J'ai calculé que si la température de l'eau de surface descendait à 19° C., soit 2° environ de moins que la température atmosphérique moyenne de la région, il en résulterait un brassage des 250 premiers mètres d'eau. Il en résulterait aussi une catastrophe extraordinaire pour la population animale lacustre. Car un rapport aussi brutal d'hydrogène sulfuré, d'acide carbonique, rendrait momentanément les couches superficielles inhabitables. On assisterait à la mort en masse de tous les organismes incapables de se contenter d'une eau ne contenant plus que des traces d'Oxygène. En même temps, le phytoplancton recevrait une quantité considérable de phosphates, de sels ammoniacaux, de sorte que cette catastrophe parmi les animaux du lac serait suivie d'une efflorescence des algues.

LE LAC EDOUARD

Après cet examen, forcément un peu rapide, de la situation hydrographique du lac Kivu et de ses répercussions sur ses habitants, venons-en au cas du lac Edouard. Pour reprendre le même programme, je commencerai par exposer la forme de la cuvette.

Un naturaliste anglais, WORTHINGTON, a procédé en 1932 à un bon nombre de sondages que mes mesures ont confirmés entièrement. La forme du bassin est monotone. La majeure partie du lac est très peu profonde. Devant les rives nord, est, sud et sud-ouest, les isobathes de 5 et de 10 mètres sont distants de la rive de nombreux kilomètres. Le fond du lac s'incline lentement vers la rive occidentale, où, au

pied des Mitumba, se trouve une fosse atteignant une profondeur maximum de 117 mètres. La profondeur moyenne du lac est sans aucun doute inférieure à 40 mètres.

Il y a évidemment lieu d'examiner à part les zones peu profondes et la fosse centrale. Les grandes baies du sud, par exemple, celles dont la population animale est la plus forte, atteignant à peine 10 m. de profondeur. On conçoit immédiatement que cette eau est perpétuellement brassée par le vent, les vagues et le refroidissement nocturne. Certes, une journée calme et ensoleillée peut amener une stratification thermique. J'ai eu l'occasion de constater un jour un thermocline remarquable dans la baie de Kamande : une différence de 1° C. sur 25 cm. Mais pareille situation ne dure guère. Le refroidissement nocturne de l'eau superficielle suffit à assurer un brassage total quotidien. Inutile d'insister sur l'importance de ce phénomène : chaque nuit, l'oxygène est ramené jusqu'au contact du fond ; en même temps, les substances libérées par les corps en putréfaction sont détruites avant d'avoir pu s'accumuler en quantités suffisantes pour devenir nuisibles. Le cycle de la production organique est fermé, et profitant de la haute température de l'équateur, peut se produire et se répéter avec une intensité énorme.

Au centre du lac, par contre, la situation est un peu plus complexe. Une courbe de température très typique fut mesurée en mai 1935, à la fin de la saison des pluies. Sous la surface très échauffée atteignant 27°4, se place l'épilimnion avec une température variant de 25°9 à 5 m., à 25°55 à 20 m. Entre 20 et 35 m. le thermocline ne comporte pas une chute bien importante de la température (24°88 à 35 m.) mais cette différence de 0,77° suffit à provoquer une énorme variation de la densité de l'eau, égale à celle qui existe entre 4° et 9° C. Dans l'hypolimnion, la chute de température est presque nulle (24°64 à 85 m.).

C'est la même situation que celle constatée dans le Kivu pendant la saison des pluies. Au fur et à mesure que la saison sèche s'est établie, j'ai pu constater que le thermocline s'estompait. Par contre, en décembre, au début de la saison des pluies, j'ai constaté l'apparition progressive du thermocline. Le lac Edouard présente donc la même périodicité que le lac Kivu : la saison sèche est un saison de circulation verticale des eaux, la saison des pluies, une période de stagnation et de stratification.

Lorsque la masse des eaux de l'Edouard est divisée en deux couches de températures différentes, la répartition verticale des sub-

stances
stratific
que l'h
n'y tro
mene
exemp

L'e
Son p
élevés
Même
de 30
stance
dans
dans
que
niacat
couch
rappo
la pl
pour
qui,

La
Edou
couch
en q
pério
éclair
au c
du
therm
toute
accé

Il
Ain
d'un
des
retr
de

stances dissoutes et par suite des organismes, est conditionnée par la stratification thermique. Seul, l'épilimnion contient de l'oxygène, tandis que l'hypolimnion possède une légère odeur d'hydrogène sulfuré. On n'y trouve guère comme plancton que des organismes capables de mener une existence semi-anaérobie, les larves de *Chaoburus* par exemple.

L'eau du lac Edouard est également une eau fortement alcaline. Son pH atteint 9,45 en surface et 8,9 au dessus du fond. Ces chiffres élevés expliquent que l'eau ne contient pas d'acide carbonique libre. Même au dessus du fond, le déficit en acide carbonique est encore de 30 mgr./litre. Les nitrates et les phosphates, les principales substances minérales utiles au développement des algues, sont présentes dans les eaux superficielles en quantités légèrement plus fortes que dans le Kivu. Par contre, dans l'hypolimnion, je n'ai pu en doser que des quantités relativement faibles : 0,1 mgr./litre de sels ammoniacaux, 0,015 mgr./litre de phosphore PO_4 . Cette faible teneur des couches profondes en phosphates et sels ammoniacaux est à mettre en rapport avec le fait que les brassages verticaux de l'eau atteignent la plus grande profondeur du lac. Ainsi ont été ramenées en surface pour y être consommées par le phytoplancton, toutes les substances qui, dans le lac Kivu, s'accumulent dans les eaux profondes.

La différence de productivité biologique entre les lacs Kivu et Edouard s'explique de la sorte. Tandis que dans le premier les couches profondes stagnantes constituent une sorte de trappe stérilisant en quelque sorte les eaux sus-jacentes, dans l'Edouard le brassage périodique et total, des eaux, ramène dans les couches superficielles éclairées toutes les substances de déchets et permet par conséquent au cycle productif de recommencer. D'ailleurs, la plus grande partie du lac n'a qu'une profondeur inférieure à 35 m. niveau du thermocline, et l'eau n'y est par conséquent jamais stratifiée. Dans toute cette région, le brassage est quotidien et la production organique accélérée.

LE LAC NDALACA

Il me reste à exposer mes observations sur le petit lac Ndalaga. Ainsi que je l'énonçais tantôt, ce petit lac a été créé par le barrage d'une ancienne vallée par l'extrémité des coulées de laves venant des Virunga. On peut, à l'aide des sondages que j'y ai effectués, retracer le cours de l'ancien ruisseau. Il courait à une vingtaine de mètres sous la surface actuelle des eaux, dans une vallée

au fond très plat. En effet, à peine s'est-on écarté d'une dizaine de mètres des rives, que la sonde indique à peu près la profondeur maximum de ce bras du lac. Les rives sont tellement accores que la section du lac ne diminue guère de largeur lorsqu'on la mesure à des profondeurs plus grandes.

Ma seule visite au lac Ndalaga date d'août 1935, au milieu de la saison sèche par conséquent. Cette circonstance m'a permis de constater une situation hydrographique assez étrange.

En premier lieu, l'eau du lac ne présentait presque aucune stratification thermique. Entre la température de surface et celle de fond (21 m.) la différence n'était que de 1°4 C. Cette faible chute de température se produisait presque entièrement dans les 2 premiers mètres (21°3 C. à 0 m. et 20°3 à 1 m. 70). Entre 1 m. 70 et le fond, la chute de température était très progressive et il n'était pas possible d'y trouver trace de stratification. Quelques jours après cette première observation, j'ai pu constater que le refroidissement du lac n'était pas entièrement terminé, mais qu'il s'accroissait. Par conséquent, j'ai assisté à un mouvement de circulation verticale des eaux du lac.

Le caractère le plus étrange des eaux, à ce moment, était leur pauvreté en oxygène. Même en surface, je n'ai pu doser que 5 mg./litre soit environ 65 % de la saturation. Cette valeur restait fixe dans les 5 premiers mètres d'eau. A 11 m. la concentration en O² tombait à 1,6 mgr./litre. A partir de 17 m., absence totale d'oxygène.

Par contre, même en surface, l'eau contenait de l'acide carbonique agressif, en quantités notables : 5 mgr./litre. Au dessus du fond il y avait plus de 20 mgr./litre d'acide carbonique agressif.

Pareille situation est vraiment extraordinaire : voilà une eau agitée au contact de l'atmosphère, sursaturée d'algues dont l'activité doit dégager de l'oxygène et consommer par contre de l'acide carbonique, et cette eau n'est pas saturée en oxygène et contient au contraire relativement beaucoup d'acide carbonique agressif ! Comment expliquer ce fait ? Le seul facteur qui puisse intervenir est le mouvement de circulation verticale des eaux que les mesures thermiques indiquent. C'est l'apport brusque de l'eau du fond, privée d'O², sursaturée de produits dégagés par la pourriture des cadavres de plantes et d'animaux, qui a consommé une part importante de l'O² dissous et amené par contre de l'acide carbonique en quantités trop grandes pour être absorbé par le pouvoir tampon de l'eau. Il demeure comme acide agressif jusqu'à ce qu'il soit consommé par l'activité des plantes.

Et vo
Si les p
par la li
saison d
moins d
partant

Des
signalés
poissons
ont été
A caus
mortalit
HAM, c
Victori
produit
la pop
réalité
volcan
dont l
volcan

No
géolog
leur c
de le
stérili
favori
circul
cycle
de l'
de
ce q
temp
R
de n
toute
ditio
cont
à 2

Et voici l'explication des caractères spéciaux de la faune du lac. Si les poissons disparaissent en saison sèche, c'est qu'ils sont chassés par la libération brutale de substances aussi nocives pour eux. En saison des pluies, par contre, le lac se stratifie et l'épilimnion au moins devient habitable. Ils recolonisent vraisemblablement le lac en partant des affluents.

Des phénomènes analogues, plus importants mêmes ont déjà été signalés dans d'autres lacs équatoriaux. Des morts catastrophiques de poissons en des moments où l'eau du lac sentant l'hydrogène sulfuré ont été signalées à plusieurs reprises dans le lac Victoria par exemple. A cause même de l'odeur dégagée par l'eau, on a admis que cette mortalité était le résultat d'éruptions volcaniques sous-lacustres, GRAHAM, qui rapporte cette théorie dans son étude sur les pêcheries du Victoria déclare qu'évidemment si pareille éruption sous-lacustre se produit vraiment, elle doit avoir pour résultat de tuer l'ensemble de la population animale. Mais il laisse percer son septicisme sur la réalité de ces éruptions. En fait, le Victoria est très éloigné des volcans et c'est, des tous les lacs centre-africains, peut-être le seul dont l'histoire géologique ne fasse intervenir à aucun moment l'activité volcanique.

Conclusions

Nous pouvons, je pense, arrêter ici cette revue des conditions géologiques des trois lacs. Elle montre ce qui caractérise et différencie leur capacité de production biologique, c'est principalement le type de leur stratification. La stagnation permanente du Kivu provoque sa stérilité, le brassage quotidien de la plus grande partie de l'Edouard favorise sa richesse, l'alternance de périodes de stratification et de circulation dans le Ndalaga provoque une alternance semblable du cycle productif. Ce serait donc en vérité le rapport entre le volume de l'épilimnion et des couches profondes qui détermine la capacité de production des lacs équatoriaux. Ceci amène à concevoir ce qui constitue la différence essentielle entre un lac des régions tempérées et un lac équatorial.

Reprenons le schéma que je faisais tantôt du cycle saisonnier de nos lacs tempérés. On constate que les couches profondes demeurent toute l'année à une température voisine de 4 à 5° C, dans des conditions hivernales par conséquent. La couche superficielle passe par contre un tiers de l'année environ à une température voisine de 20° C, à 25° C. soit des conditions proprement équatoriales. Toute autre est

la situation thermique d'une eau placée sous l'équateur. Epilimnion et hypolimnion jouissent d'une température analogue, ne différant que d'un ou de 2° C.

Or, dans un lac, les couches superficielles seules sont productrices. Seules elles sont atteintes par l'énergie solaire et seules par conséquent elles permettent la photosynthèse. C'est ce qu'on appelle souvent la zone trophogène du lac. Les autres couches ne peuvent être colonisées que par des organismes animaux, donc consommateurs, ou bactériens, donc destructeurs. C'est la zone tropholytique du lac. Nous pouvons ainsi diviser le lac en deux couches de valeur économique différentes.

Dans tous les lacs étudiés jusqu'à présent, on a pu constater cette division se superpose pratiquement avec la stratification thermique. L'épilimnion est la zone trophogène, l'hypolimnion est la zone tropholytique. Or, les couches profondes jouissent dans les régions équatoriales d'une température supérieure d'environ 20° C. à celle dont ils jouissent ici. On conçoit immédiatement la répercussion de ce facteur sur les processus tropholytiques qui doivent, suivant la loi de van't Hoff, s'y produire avec une activité plus que quintuplée. Par contre, la température des couches superficielles productrices est analogue pendant une bonne partie de l'année, dans les deux types de lacs. Par conséquent la haute température des régions équatoriales influence dans un lac beaucoup plus les facteurs de destruction que les facteurs de production.

Ainsi s'explique qu'en quelques mois puissent s'accumuler dans cette couche profonde des quantités de substances de déchet suffisantes pour modifier complètement le régime du lac lorsqu'elles sont brusquement libérées dans les couches superficielles. D'autant plus qu'il suffit sous l'équateur d'une diminution de température de surface de 1 à 2 degrés centigrades pour amener un brassage total. Ce refroidissement peut éventuellement se produire en quelques jours. Dans nos régions tempérées, pour abaisser la température de l'épilimnion jusqu'à 4° C., il faut évidemment de nombreuses semaines. Le mélange des zones trophogène et tropholytique se fait donc progressivement.

Ici, je présenterais volontiers un hypothèse. Il me paraît extrêmement probable que la situation explosive pour ainsi dire des eaux équatoriales est à mettre en rapport avec le nombre de poissons et autres animaux aquatiques de cette région du globe qui ont acquis des possibilités de respiration aérienne. Que tous les poissons à respiration aérienne complète ou partielle habitent les eaux équatoriales n'est probablement pas un hasard.

Ainsi que je viens de l'exposer, la haute température de l'équateur agit

proportion
sur les r
exemple
une aug
est d'un
Mais i
ment un
générale
par con
me para
un ryth
final n'

proportionnellement plus dans un lac sur les processus destructifs que sur les régions productrices. L'étude des lacs nous fournit donc un exemple où la haute température ne provoque pas nécessairement une augmentation de la capacité de production biologique. Le fait est d'une importance capitale dans la biologie lacustre équatoriale. Mais il a peut-être une portée plus générale. Le climat perpétuellement uniforme, perpétuellement chaud, de l'équateur, est considéré généralement comme favorable à un développement intense de la vie et par conséquent à une forte production biologique. Cette conception me paraît devoir être légèrement corrigée. Si la production se fait à un rythme accéléré, les destructions sont aussi plus rapides. Le résultat final n'est pas nécessairement meilleur que dans nos régions tempérées.