

Sonderdruck
aus der Zeitschrift

**INTERNATIONALE REVUE
DER GESAMTEN
HYDROBIOLOGIE**

Band 47, Heft 1, 1962



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

V/12/6

Int. Revue ges. Hydrobiol.	47	1	1962	33-84
----------------------------	----	---	------	-------

NOËL MAGIS

Étude limnologique des lacs artificiels de la Lufira et du Lualaba (Haut Katanga)

I. Le régime hydraulique, les variations saisonnières de la température¹⁾

Sommaire

Introduction	34
Chapitre I: Le cadre naturel des lacs de retenue	
1. Le lac de retenue de la Lufira	35
2. Le lac de Koni	37
3. Le lac de N'Zilo I	38
Chapitre II: Renseignements climatologiques	
1. La pluviosité	40
2. La température atmosphérique	41
3. Le régime des vents	43
4. Le pouvoir desséchant du climat	43
Chapitre III: Caractéristiques hydrauliques des lacs de retenue	
1. Le régime des affluents	43
2. La retenue de la Lufira	44
3. Le lac de Koni	48
4. La retenue de N'Zilo I	48
Chapitre IV: Rapports entre le niveau des lacs de retenue, le débit des rivières et la plu- viosité	49
Chapitre V: Les instruments et les méthodes de mesure thermique	
1. Thermomètres	51
2. Méthodes	51
Chapitre VI: Les variations de la température des eaux du lac de Mwadingusha	
1. Lieux d'observation	52
2. Les variations de la température des eaux de surface	53
3. Les variations journalières de la température	55
4. Les variations de la température dans la profondeur	59
5. La stratification thermique dans le lac de Mwadingusha	61

¹⁾ Travail subsidié par le Fondation de l'Université de Liège pour les Recherches scientifiques au Congo et au Ruanda Urundi (F.U.L.R.E.A.C.) et le Centre d'Etudes des Problèmes Sociaux Indigènes (C.E.P.S.I.).

6. Observations dans d'autres régions de la retenue	62
7. Conclusions	65
Chapitre VII: Les variations de la température des eaux du lac de Koni	
1. Lieux d'observation	66
2. Variations de la température des eaux de surface	66
3. Variations de la température dans la profondeur	68
4. La stratification thermique	68
5. Influence des eaux provenant du lac de Mwadingusha	70
6. La température d'une baie fermée	71
7. Conclusion	72
Chapitre VIII: Les variations de la température des eaux du lac de N'Zilo	
1. Lieux d'observation	73
2. Variations de la température des eaux de surface	74
3. Variations de la température dans la profondeur, la stratification thermique	74
4. Observations dans d'autres régions du lac	77
5. Conclusions	79
Chapitre IX: Conclusions générales	80
Résumé	82
Références bibliographiques	83

Introduction

Depuis la publication des recherches de RUTTNER (1931) dans les lacs de l'Archipel de la Sonde, l'intérêt de l'étude de la biologie lacustre des régions chaudes du globe n'a cessé de se développer. Toutefois les travaux abondants qui lui sont consacrés s'inscrivent généralement dans le cadre de missions scientifiques dont la durée est relativement courte. Or la connaissance des rythmes saisonniers, soigneusement analysés dans les lacs des régions tempérées, revêt une importance primordiale non seulement sur le plan théorique de la limnologie mais aussi dans le cadre pratique des pêcheries. L'existence de ces phénomènes n'a pas échappé aux chercheurs, mais la durée restreinte des périodes d'observation leur a permis tout au plus d'en fournir une idée assez schématique.

Des recherches étendues sur de longues périodes sont donc indispensables sous des latitudes où la notion de saison est généralement plus ténue que dans nos régions tempérées. La littérature intéressant cet aspect des problèmes est malheureusement très pauvre. Citons, pour l'Afrique, la publication de DUBOIS (1957) relative à l'extrémité Nord du lac Tanganika. Les rapports de la mission belge aux lacs Kivu Edouard et Albert (VERBEKE, 1957) fournissent quelques données sur les variations saisonnières de la température de leurs eaux. Malheureusement la rédaction en est hâtive et la question n'y est pas discutée en détail.

Sous les auspices de la Fondation de l'Université de Liège pour les Recherches Scientifiques au Congo et au Ruanda-Urundi (F.U.L.R.E.A.C.) nous avons abordé l'étude de trois lacs artificiels, réserves hydrauliques de centrales construites sur la Lufira et le Lualaba, dans le Haut Katanga et avons cherché à préciser les variations saisonnières de la température et de la chimie de leurs eaux. Ce mémoire présente la première étape de la mise en ordre des nombreuses observations qui s'étaient sur deux années complètes. Il est consacré à l'exposé des faits relatifs à la thermique des eaux.

Nous remercions vivement M. M. DUBUISSON, Recteur de l'Université de Liège et Président de la F.U.L.R.E.A.C. qui nous a confié cette mission; les Membres du Conseil d'Administration du Centre d'Étude des Problèmes Sociaux Indigènes (C.E.P.S.I.) qui ont patronné nos recherches; M. H. DAMAS, Professeur à l'Université de Liège, notre Chef de Mission ainsi que les nombreuses personnes qui, en Afrique, nous ont accueillis aimablement et aidés de leurs conseils.

M. J. LIETAR, Auxiliaire médical à Jadotville et spécialiste des questions bilharziennes a collaboré étroitement à nos travaux en procédant à des observations périodiques dans différents secteurs du lac de retenue de la Lufira. Cette aide précieuse nous a permis de comprendre maints problèmes que l'observation limitée d'une seule région aurait laissés pendants. Nous exprimons à J. LIETAR notre plus vive gratitude.

Chapitre I

Le cadre naturel des lacs de retenue

1. Le lac de retenue de la Lufira (fig. 1)

Le plateau de Musofi (alt. 1.510 mètres) situé à la frontière rhodésienne est la zone de partage des eaux vers les bassins du Zambèze, du Lualaba et de la Lufira (ROBERT, 1956). La Lufira prend sa source à l'altitude de 1.435 mètres, à l'Est de ce plateau. Entièrement creusé dans le bourrelet plissé, schisto-gréseux, du Sud katangais, le cours supérieur de la rivière et ses affluents ont un caractère franchement montagneux. Au lieu-dit «Pont de Kapolowe», approximativement à mi-distance entre Elisabethville et Jadotville, la rivière s'étale dans une vaste dépression naturelle. Cette plaine alluviale, large d'une vingtaine de kilomètres, a une altitude oscillant entre les cotes 1.100 et 1.125 mètres. Les marais y tiennent une place importante et le paysage actuel montre l'existence de petits lacs. Certains auteurs (DAMAS, 1959) sont enclins à considérer ces dépressions lacustres comme les vestiges de lacs anciennement plus étendus; ceci n'est encore qu'une hypothèse. Au N.E., la plaine de la Moyenne Lufira bute contre le bourrelet des Monts Koni appartenant au système schistodolomitique (ROBERT, loc. cit.). La Lufira les traverse en deux bords successifs. Elle creuse d'abord une cluse (ROBERT, loc. cit.) aux chutes Cornet, hautes de 115 mètres, situées à Mwadingusha. Sur une dizaine de kilomètres, elle dévale ensuite les rapides de Koni qui totalisent une cinquantaine de mètres de dénivellation.

C'est immédiatement en amont des chutes Cornet qu'a été construit, en 1930, le barrage créant la retenue de la Lufira (ou lac de Mwadingusha) qui toute entière s'étale dans l'ancienne plaine alluviale décrite plus haut. La superficie inondée (410 km²) dessine grossièrement un parallélogramme coupé par les méridiens de 27° long. E. et 11° lat. S. La Lufira le traverse approximativement suivant une diagonale orientée S.W.-N.E., longue d'environ 25 kilomètres puis, dans la même direction, le prolonge jusqu'au barrage par un chenal méandreux d'une quinzaine de kilomètres. Cette forme est assez particulière. Elle s'écarte nettement de celle de nombreux lacs de barrage connus, habituellement étirés et serpentiformes.

Un réseau hydrographique ramifié et sinueux sillonnait autrefois l'emplacement du lac. En période de crue il inondait les nombreuses surfaces marécageuses qui s'y intercalaient. Le fond du lac est donc constitué par une mosaïque de dépressions

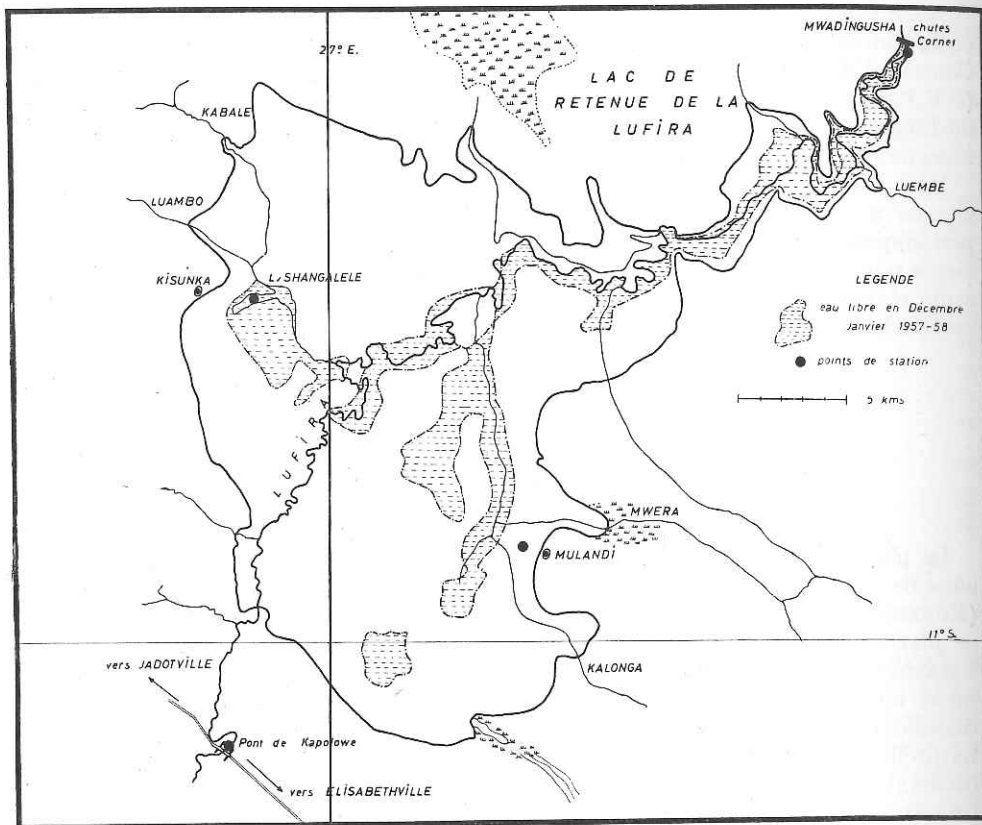


Fig. 1. Lac de retenue de Mwadingusha.

séparées par de faibles reliefs qui apparaissent parfois aux époques de très basses eaux. Outre les eaux de la Lufira, celles de divers affluents s'écoulent encore dans le lac. A l'exception de la Luembe, au N.E., le cours aval des autres rivières s'étale en deltas marécageux plus ou moins asséchés durant les mois de sécheresse. Comparée à celui de la Lufira, l'influence de leur débit sur le niveau du lac est négligeable.

En période de crue, les levées de la Lufira se surélèvent, nourries par l'alluvionnement. En période d'étiage, c'est au contraire dans le lit mineur de la rivière que se déposent les alluvions. Ce type d'alluvionnement est tout à fait semblable à celui qui s'observe dans la plaine du Kamolondo traversée par le Lualaba (ROBERT, loc. cit.), il ne résulte donc pas des conditions artificielles imposées par l'exploitation. Un alluvionnement aussi important a pour conséquence de limiter considérablement l'influence du courant sur les parties franchement lacustres de la retenue de la Lufira.

D'une façon générale, les rives du lac sont basses, largement colonisées par une végétation semi-aquatique. Ces végétaux s'ancrent d'abord mais sont susceptibles de se détacher de leur substrat pour former des prairies flottantes. Selon les années, 40 à 90% de la superficie du lac sont ainsi envahis par ces plantes. Nous renvoyons

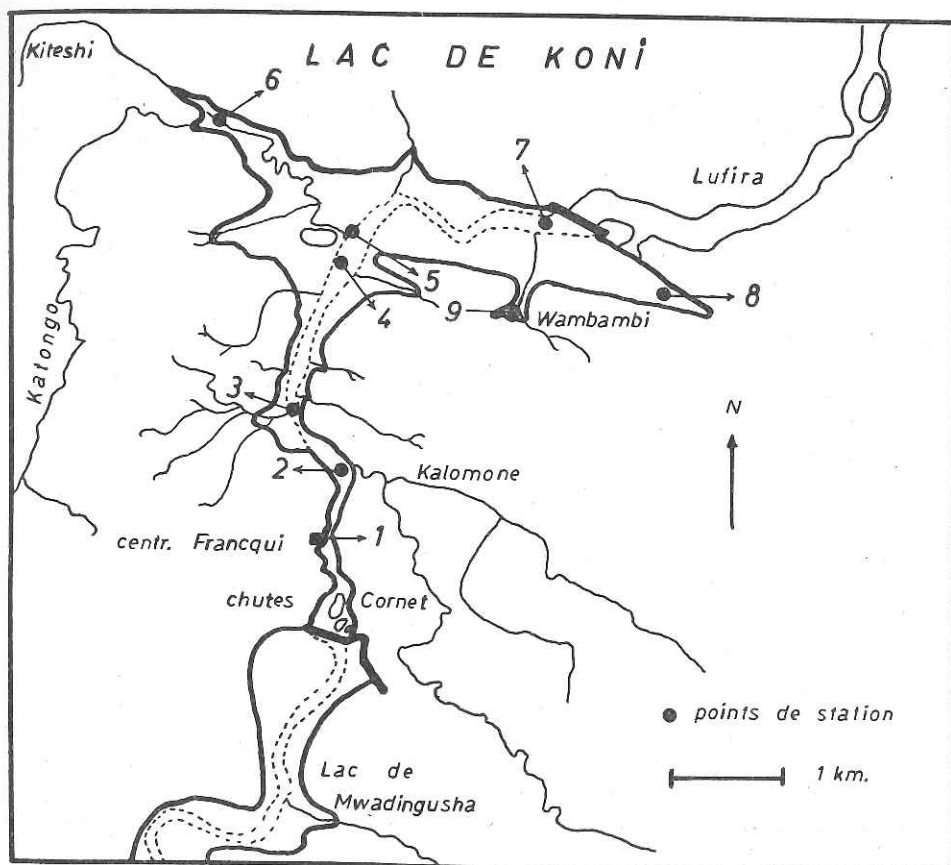


Fig. 2. Lac de Koni.

le lecteur au travail publié en collaboration avec DAMAS et NASSOGNE (1959) où figure une carte du développement des végétaux ainsi que des renseignements sur l'écologie des principaux groupements. Ce faciès limite très sérieusement le sens qu'on peut donner à ce «lac» de retenue. Cette situation offre d'ailleurs de grandes analogies avec les «lacs» du graben de l'Upemba (VAN MEEL, 1953).

2. Le lac de Koni (fig.2)

A leur sortie des turbines de la centrale Francqui, les eaux du lac de Mwadingusha sont récupérées dans le lac de Koni, réservoir hydraulique de la centrale Bia. Mis sous eau en 1949, le lac est encaissé entre les collines des Monts Koni dont la pente est parfois très abrupte. Ce caractère sauvage et tourmenté contraste singulièrement avec celui calme et plat du lac de Mwadingusha.

La forme du réservoir rappelle grossièrement celle d'un «T». Sa branche verticale, orientée S.S.W.-N.N.E. est peu large. Elle est, en fait, l'ancien lit de la Lufira qui, sur sa rive gauche, a inondé quelques terrasses étroites s'étalant jadis entre le pied

des collines et le lit mineur de la rivière. Trois kilomètres en aval, au point de confluence de la Katongo, la Lufira dessine vers l'E. un coude accusé. L'axe Katongo — Lufira, orienté E.S.E. — W.N.W. forme la branche horizontale du «T» longue d'environ cinq kilomètres. La zone d'inondation est parallèle à cet axe. La superficie du lac est de 4,5 km², soit donc le centième environ de celle du lac principal.

La végétation si caractéristique du lac de la Lufira y existe également mais n'y atteint pas un développement aussi important. Les groupements végétaux sont surtout localisés dans la barre verticale du «T», ils couvrent 70 à 80% environ de sa surface. Dans le lac proprement dit, le fond des baies formées par les anciennes rivières (la Katongo, la Wambambi) est colonisé par une ceinture de *Typha* ancrés, mais la surface reste généralement tout à fait libre.

La plupart des rivières qui s'écoulent dans le lac sont temporaires, leur débit de saison des pluies n'influence que très secondairement le niveau du lac. Comme nous l'avons signalé plus haut, la branche verticale reçoit directement les eaux turbinées à la centrale Francqui, il s'y forme donc un courant assez vif. Nous aurons l'occasion de démontrer que l'influence de ce courant est amortie très rapidement, tout au moins dans les conditions normales de fonctionnement.

3. Le lac de N'Zilo (fig. 3)

Le Lualaba — nom que porte le fleuve Congo jusqu'à Stanleyville — prend sa source à la même altitude (1.435 mètres) que la Lufira, à l'Ouest du plateau de Musofi. Comme celui de la Lufira, le cours supérieur du Lualaba est creusé dans le bourrelet plissé du Katanga méridional. Jusqu'à l'entrée des gorges de N'Zilo (alt. 1.220 mètres) son profil est assez régulier mais est entrecoupé de nombreux rapides; sa pente moyenne a été évaluée à 0,62 mètre pour 1.000 mètres. D'après ROBERT (loc. cit.) le cours du Lualaba se serait surimposé dans la région de N'Zilo au Quaternaire. Les conséquences de ces mouvements tectoniques se sont marquées par la formation d'un lac qui se serait asséché au fur et à mesure que les gorges de N'Zilo se creusaient plus profondément. Ce serait dans la plaine alluviale de cette première expansion lacustre que s'étale aujourd'hui le lac artificiel.

Comme on peut le voir sur la carte (fig. 3), le plan général de cette retenue est tout à l'opposé de celle de Mwadingusha. Il s'agit d'un lac étiré, long d'une cinquantaine de kilomètres qui suit pratiquement l'ancienne vallée du fleuve. Toutefois, un peu en aval du pont-route Jadotville — Kolwezi, la retenue s'évase en une poche triangulaire perpendiculaire au lit du Lualaba. Ce sont les marais de Kazembe, salines autrefois exploitées par les autochtones. Cinq kilomètres en amont de ce même pont-route, l'inondation envahit la vallée de la Kando, affluent de la rive droite. Elle y forme une baie très étirée, longue d'une quinzaine de kilomètres. Les profondeurs les plus grandes se mesurent dans la partie extrême-aval de la retenue (25 à 45 mètres); on enregistre très régulièrement 10 à 13 mètres dans la baie de Kazembe tandis que le plomb sondeur descend jusqu'à 5 ou 6 mètres dans la Kando.

Actuellement, la surface de l'eau est libre dans sa plus grande partie mais le fond des baies, où les rives sont basses (Kazembe et Kando), est colonisé par une végétation comparable à celle des deux autres lacs.

Comme dans les lacs de la Lufira, l'influence du débit des affluents reste négligeable par rapport à celle du Lualaba. Cependant l'orientation générale du lac, as forme étirée, scindée en tronçons par l'étranglement des rives, rendent le lac de N'Zilo particulièrement sensible à l'action des vents dominants.

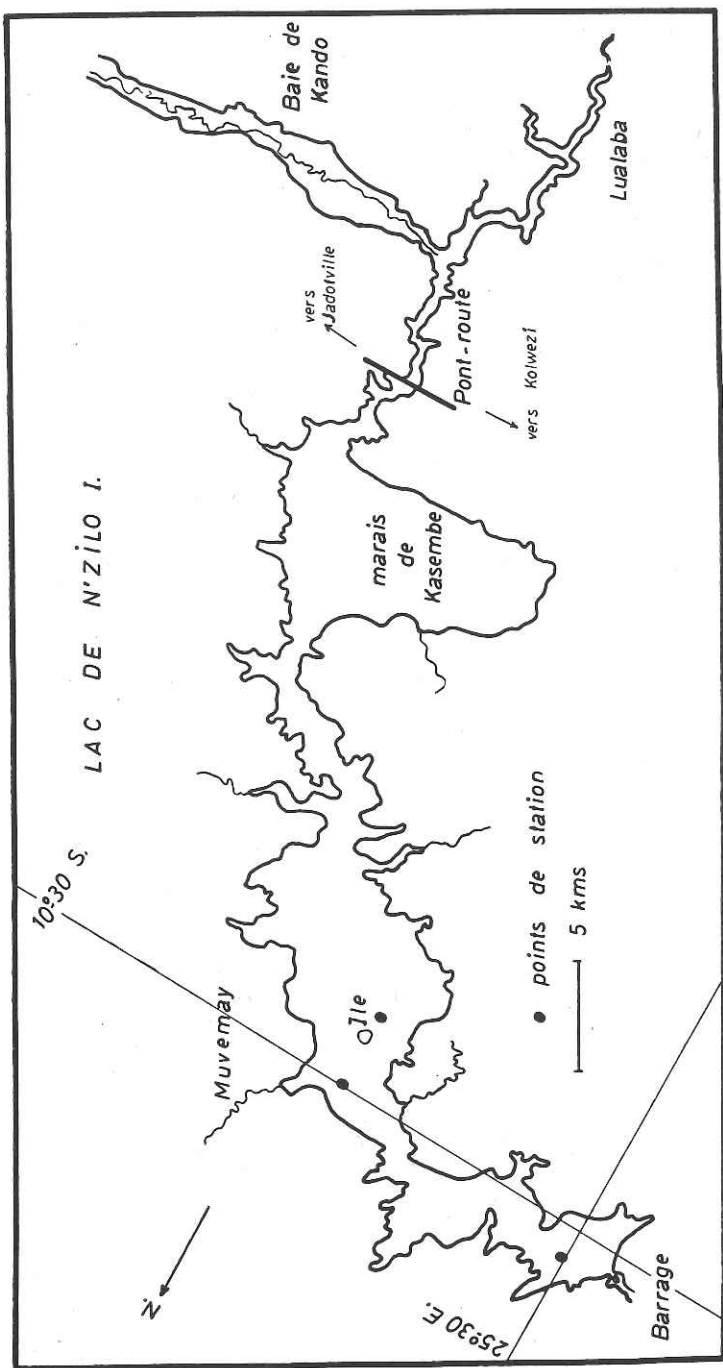


Fig. 3. Lac de retenue de N'zilo I.

Chapitre II
Renseignements climatologiques

1. La pluviosité

Le Tableau I présente quelques informations sur la pluviosité des régions où s'étalent les lacs de retenue.

Tableau I. Répartition des moyennes mensuelles de la pluviosité
(en mm.)

Mois	Lufira ¹⁾ (bassin aval de Kapolowe)	Lualaba ²⁾ (région du lac)
I	230	172,6
II	230	149,5
III	210	164,3
IV	65	82,6
V	5	3,7
VI	4	0,0
VII	0	0,0
VIII	0	0,6
IX	4	11,9
X	46	63,9
XI	155	176,2
XII	235	222,7

¹⁾ période de référence: 1932—1956

²⁾ période de référence: 1953 — premier semestre 1959 (documents communiqués par la SOGEFOR, services d'Afrique)

Il est hasardeux de comparer des moyennes établies sur des périodes de référence aussi différentes et d'interpréter des chiffres fournis par des pluviomètres distribués inégalement sur des aires peu comparables. Les chiffres présentés dans le Tableau ont donc une valeur très relative. Malgré cela, ils s'accordent avec les données publiées par BULTOT (1950, 1954a, b). Sur la carte des subdivisions climatiques du Congo, établie sur les critères classiques de KÖPPEN, la région du lac de N'Zilo appartient à la zone à cinq mois de saison sèche, celle de Mwadingusha est située à la limite des zones à cinq et six mois de saison sèche.¹⁾ La cote udométrique moyenne du mois d'octobre y est de 46 mm., elle reflète bien la position intermédiaire occupée par la retenue de la Lufira. D'après Bultot (1954, a) la saison des pluies apparaît en moyenne entre le 10 et le 15 octobre sur la Lufira; la saison sèche débute entre le 15 et le 20 avril et sa durée moyenne est de 175 jours. La région du Lualaba est soumise à la même alternance des périodes sèches et pluvieuses et les différences qui la séparent de la précédente sont minimales: la durée moyenne de la saison sèche est de 170—172 jours, les pluies débutent en moyenne vers le 10 octobre et la saison sèche commence le 20 avril.

¹⁾ Les météorologues considèrent comme sec un mois dont la cote udométrique est inférieure à 50 mm.

Les cartes dressées par BULTOT montrent d'autre part que les cours supérieurs du Lualaba et de la Lufira sont compris dans la même zone de KÖPPEN. On doit donc s'attendre à ce que les périodes de crue et de décrue s'y succèdent parallèlement.

Le total moyen d'une saison des pluies est de 1.180 mm sur la Lufira. Cette moyenne est comprise entre un maximum de 1.698,6 mm (1946—47) et un minimum de 906,5 mm (1945—46). Si nous comparons les totaux observés pendant notre séjour, la saison 1957—58 avec un total de 969,3 mm accuse un déficit de 210,7 mm; 1958—59 a totalisé 1.130,2 mm, elle aussi accuse un très léger déficit de 49,8 mm. D'après MARTHOZ (1954) la moyenne des pluies à N'Zilo I est de 1.200 mm pour la période de référence 1921—1938. Cette moyenne est comprise entre 912 (1922) et 1.458 mm (1930). Les saisons 1957—58 et 1958—59 y ont été également déficitaires.

On parle habituellement d'une petite saison sèche qui, en janvier, vient interrompre la fréquence des périodes pluvieuses. BULTOT (1954) a démontré que, dans le Haut Katanga, la fréquence des périodes sèches et pluvieuses n'est pas modifiée à cette époque. Le vocable «petite saison sèche» est donc fort peu significatif dans la région qui nous occupe.

2. La température atmosphérique

Dans le Haut Katanga, les maxima les plus élevés apparaissent en septembre — octobre, les plus faibles en juin — juillet. Décembre et janvier sont caractérisés par les minima les plus élevés en valeur absolue, juin et juillet par les plus faibles. Les amplitudes diurnes sont donc maxima en juin—juillet, minima en décembre—janvier. Le régime des températures moyennes s'établit ainsi: en général octobre est le mois le plus chaud, juin et juillet sont les plus froids; la température moyenne de l'air est très constante de décembre à janvier durant la saison des pluies (BERNARD, 1950).

Le Tableau II présente les diverses moyennes calculées sur les observations journalières faites à Mwadingusha par les soins de la Sogefor. On peut aisément constater que la température atmosphérique de la région de la retenue ne s'écarte pas des variations générales décrites plus haut. On remarquera toutefois qu'en 1958 juillet a été réellement le mois le plus froid puisque les valeurs les plus basses de toutes les moyennes et les écarts les plus élevés s'y trouvent réunis, ce qui n'est pas le cas des autres années où ces minima sont plus dispersés.

Les diverses moyennes de la température de l'air à Mwadingusha, Elisabethville et Kolwezi, station la plus proche du lac de N'Zilo, figurent dans le Tableau III. Le climat de Mwadingusha est de 2 à 3 °C plus chaud que celui des deux autres stations. Les différences s'expliquent d'abord par l'altitude plus basse de Mwadingusha, ensuite par le rôle modérateur exercé par les eaux elles-mêmes comme nous le montrerons ultérieurement. En comparant les températures d'Elisabethville en 1957—59 à celles établies sur une période de référence plus significative, nous devons conclure que les observations ont été faites pendant une période relativement chaude.

En ce qui concerne les fluctuations journalières de la température de l'air, les renseignements publiés par BERNARD (loc. cit.) montrent qu'à Elisabethville l'air est le plus froid vers 6 heures du matin, le plus chaud entre 14 et 16 heures. Si la montée de la température est particulièrement rapide entre 6 et 14 heures en toute saison, le refroidissement de l'air l'est tout autant en saison sèche où les écarts diurnes sont très accentués. Par contre, en saison des pluies où ces écarts sont minimum, la baisse est plus lente, principalement entre 16 et 20 heures.

Tableau II. Moyennes mensuelles de la température de l'air à Mwadingusha
(27° Long. E.; 11° lat. S., 1.106 m.)

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Année	Ampli- tude
1957														
Maximum	26,6	26,6	28,0	28,6	29,0	28,0	29,2	31,1	34,2	34,1	32,3	28,0	29,6	7,6
Moyenne	22,2	22,1	23,0	23,0	22,2	19,3	20,8	22,7	26,4	25,5	25,1	23,2	22,9	7,1
Minimum	17,8	17,6	18,0	17,4	15,5	10,6	12,4	14,2	18,6	17,0	17,9	18,4	16,3	8,0
Ecarts	8,8	9,0	10,0	11,2	13,5	17,4	16,8	16,9	15,6	17,1	14,4	9,6	13,4	8,6
1958														
Maximum	28,1	28,4	29,1	30,6	29,4	27,4	27,2	29,4	32,4	32,1	31,1	27,8	29,4	5,2
Moyenne	23,5	23,4	23,5	24,1	21,7	20,1	19,1	21,7	25,3	25,0	24,6	22,7	22,9	6,2
Minimum	19,0	18,5	18,0	17,7	14,1	12,8	10,9	13,9	18,2	18,0	18,1	17,6	16,4	8,1
Ecarts	9,1	9,9	11,1	12,9	15,3	14,6	16,3	15,5	14,2	14,1	13,0	10,2	13,0	7,2
1959														
Maximum	28,0	27,0	29,0	29,7	30,5	27,7	27,6	30,0	32,6	32,3	29,5	28,0	27,6	5,6
Moyenne	22,9	22,5	23,2	23,1	22,0	19,6	19,9	21,9	24,4	24,8	23,0	22,7	22,5	5,2
Minimum	17,8	18,0	17,3	16,5	13,5	11,5	12,3	13,9	16,3	17,2	16,5	17,5	15,7	6,5
Ecarts	10,2	9,0	11,7	13,2	17,0	16,2	15,3	16,1	16,3	15,1	13,0	10,5	13,6	8,0

Tableau III. Moyennes annuelles de la température à Elisabethville, Mwadingusha
et Kolwezi (Haut Katanga)

	Elisabethville ¹⁾	Mwadingusha	Kolwezi ¹⁾
	27° 28' long. E., 11° 39' lat. S., 1.274 m	27° long. E., 11° lat. S., 1.106 m	25° 28' long. E., 10° 41' lat. S., 1.500 m
1957			
Maximum	27,5 (31,5—24,9)	29,6 (34,2—26,6)	26,5 (30,0—23,7)
Moyenne	20,8 (24,2—16,3)	22,9 (26,4—19,3)	19,5 (23,45—15,8)
Minimum	14,0 (17,0—7,7)	16,3 (18,6—10,6)	12,55 (17,8—6,2)
Ecarts	13,5 (17,2—9,5)	13,4 (17,4—8,8)	13,95 (19,2—9,1)
1958			
Maximum	27,5 (30,6—24,3)	29,4 (32,4—27,2)	26,2 (28,1—24,9)
Moyenne	20,9 (23,5—16,0)	22,9 (25,3—19,1)	19,17 (21,2—16,15)
Minimum	14,4 (17,4—7,8)	16,4 (19,0—10,9)	13,2 (16,1—7,5)
Ecarts	13,1 (16,5—9,7)	13,0 (16,3—9,1)	13,0 (17,3—8,8)
1959			
Maximum	27,5 (31,4—25,1)	27,6 (32,6—27,0)	26,7 (29,6—25,1)
Moyenne	21,0 (23,5—17,4)	22,5 (24,8—19,6)	19,8 (21,75—17,2)
Minimum	14,4 (17,1—9,5)	15,7 (18,0—11,5)	13,3 (15,8—9,0)
Ecarts	13,1 (16,1—9,2)	13,6 (16,3—9,0)	13,4 (16,9—9,2)
1930—1954			
Maximum	28,1 (32,2—25,6)		
Moyenne	20,5 (23,5—15,9)		
Minimum	12,8 (16,7—6,0)		
Ecarts	15,25 (19,8—10,7)		

¹⁾ Ces documents nous ont été aimablement communiqués par M. N. VANDER ELST, Directeur du Service météorologique du Congo.

3. Le régime des vents

Au cours de la saison sèche, les lacs sont soumis à l'Alizé de l'Océan Indien qui souffle principalement du secteur Sud-Est. En décembre, janvier et février, mois les plus humides, surviennent des vents irréguliers et peu constants provenant surtout des secteurs Nord et Nord-Est. Ces vents dérivent du courant continental égyptien qui est très sec. (BERNARD, loc. cit.). Ce régime des vents démontre que les pluies saisonnières sont avant tout conditionnées par la position méridienne du soleil autour du zénith. On constate cependant que la pluviosité est moins élevée à basse qu'à plus haute altitude. Ceci s'explique par l'orientation des hauts plateaux qui, tels les Kundelungu à l'Est de la plaine de la Lufira, forment un écran contre lequel s'assèchent les vents alizés.

4. Le pouvoir desséchant du climat

L'évaporation moyenne des mois de saison des pluies, calculée selon la méthode de PENNMAN, est de 134,7 mm; de 167,6 mm durant les mois de saison sèche. L'évaporation journalière est minimum en décembre et en janvier (3,6 mm) maximum en septembre et octobre (7 mm). Ces chiffres sont extraits du travail de BULTOT (1954, a) qui conclut que le pouvoir desséchant de l'atmosphère du Katanga méridional est le plus élevé de toutes les régions du Congo.

Chapitre III

Caractéristiques hydrauliques des lacs de retenue

1. Le régime des affluents

Puisque l'alimentation des lacs artificiels dépend pratiquement des seuls apports de la Lufira et du Lualaba, il convient de préciser les caractéristiques du régime de ces rivières. Les données sur leur débit moyen figurent dans le Tableau IV.

Tableau IV. Débits moyens mensuels (m³/sec.) de la Lufira et du Lualaba

Mois	Lufira	Lualaba
	Pont de Kapolowe 1920—1956 (rens. Sogefor)	Gorges de N'Zilo I 1921—1938 (MARTHOZ, 1954)
I	52,0	120,55
II	82,0	167,64
III	111,0	231,39
IV	82,0	201,50
V	45,0	115,47
VI	31,5	84,11
VII	25,5	66,75
VIII	21,5	53,50
IX	17,5	42,97
X	15,5	37,20
XI	17,5	44,66
XII	32,0	79,28
Moyenne sur 12 mois	44,4	103,75
Maximum	197,2 (III. 1931)	475,00 (III. 1931)
Minimum	7,7 (X. 1944)	28,00 (X. 1928)
Bassin versant	11.980 km ²	16.300 km ²

Le Lualaba a donc, pendant toute l'année, un débit qui est près de deux fois supérieur à celui de la Lufira. Le régime des rivières est cependant comparable comme le laissait d'ailleurs supposer la position de leur cours supérieur dans les mêmes régions climatiques. La période de hautes eaux débute en novembre, atteint son maximum en mars et se termine en avril, l'étiage s'étend d'avril à octobre, mois où leur débit est minimum.

Sur la fig. 4, nous avons dressé les courbes du débit de la Lufira (niveau minimum atteint de 10 en 10 jours) de ces dernières années. Elles montrent certaines variations auxquelles le régime moyen de la rivière est soumis. On voit que le maximum de la crue peut être retardé jusqu'en avril (1951, 1957). Le maximum de l'étiage est plus irrégulier. Il paraît assez souvent postposé d'un mois, mais il peut parfois se prolonger jusqu'en décembre comme en 1957, année où les pluies furent tardives et particulièrement peu abondantes en octobre et en novembre. La fig. 8 montre que le débit du Lualaba est soumis aux mêmes irrégularités.

2. La retenue de la Lufira (ou lac de Mwadingusha)

A la cote maximum de 210,05 (ou 1.105,7 mètres d'altitude), la superficie du lac de retenue est de 410 km² et son volume de 1.063 millions de m³.¹⁾ La profondeur moyenne du lac est donc de 2,6 mètres.

On voit, sur la courbe bathymétrique de la fig. 5 que le volume et la surface du lac ne varient pas parallèlement en fonction de la profondeur. La courbe figurant les volumes est très régulière; par contre, celle représentant les surfaces montre un point d'inflexion à la cote 208,5. Entre ce niveau et la cote maximum, la superficie du lac passe de 360 à 410 km² tandis que le volume accumulé varie de 468 à 1.063 millions de m³. Cette inflexion est l'indice d'un redressement assez brutal des flancs de la lacustre. Il en résulte que la surface exondée chaque année à la décrue peut être fort variable selon que l'on dépasse ou non la cote critique de 208,50.

La prise d'eau du lac de Mwadingusha est située à l'entrée d'un canal d'amenée qui capte une colonne d'eau comprise entre le niveau de la surface et la cote 203, seuil de ce canal, à 7 mètres en dessous du niveau maximum.

La centrale Francqui fonctionne toute l'année; la production d'électricité varie d'année en année et de mois en mois sans aucune périodicité. Les variations journalières du niveau du plan d'eau sont donc faibles, comprises entre 0 et 3 cms seulement. Cette constatation laisse prévoir que les variations du niveau du lac sont liées en premier lieu aux conditions atmosphériques et, sous cet angle, assez comparables aux conditions qui régissent les fluctuations du niveau d'un lac naturel.

La fig. 6 montre quelles ont été les variations du plan d'eau correspondant aux années figurées dans le graphique 4. Sauf en fin 1959, les courbes ont été dessinées en considérant le niveau le plus bas atteint de 10 en 10 jours. Il faut attirer l'attention sur les faits suivants:

a. — l'amplitude des variations du niveau de la retenue varie considérablement d'une année à l'autre: en 1954—55 et 1955—56, les différences ont chiffré respectivement 4,51 et 5,35 mètres; en 1956—57, 0,52 mètre seulement, soit près de 10 fois moins.

¹⁾ D'après les renseignements fournis par la Direction des Services d'Afrique de la Sogefor.

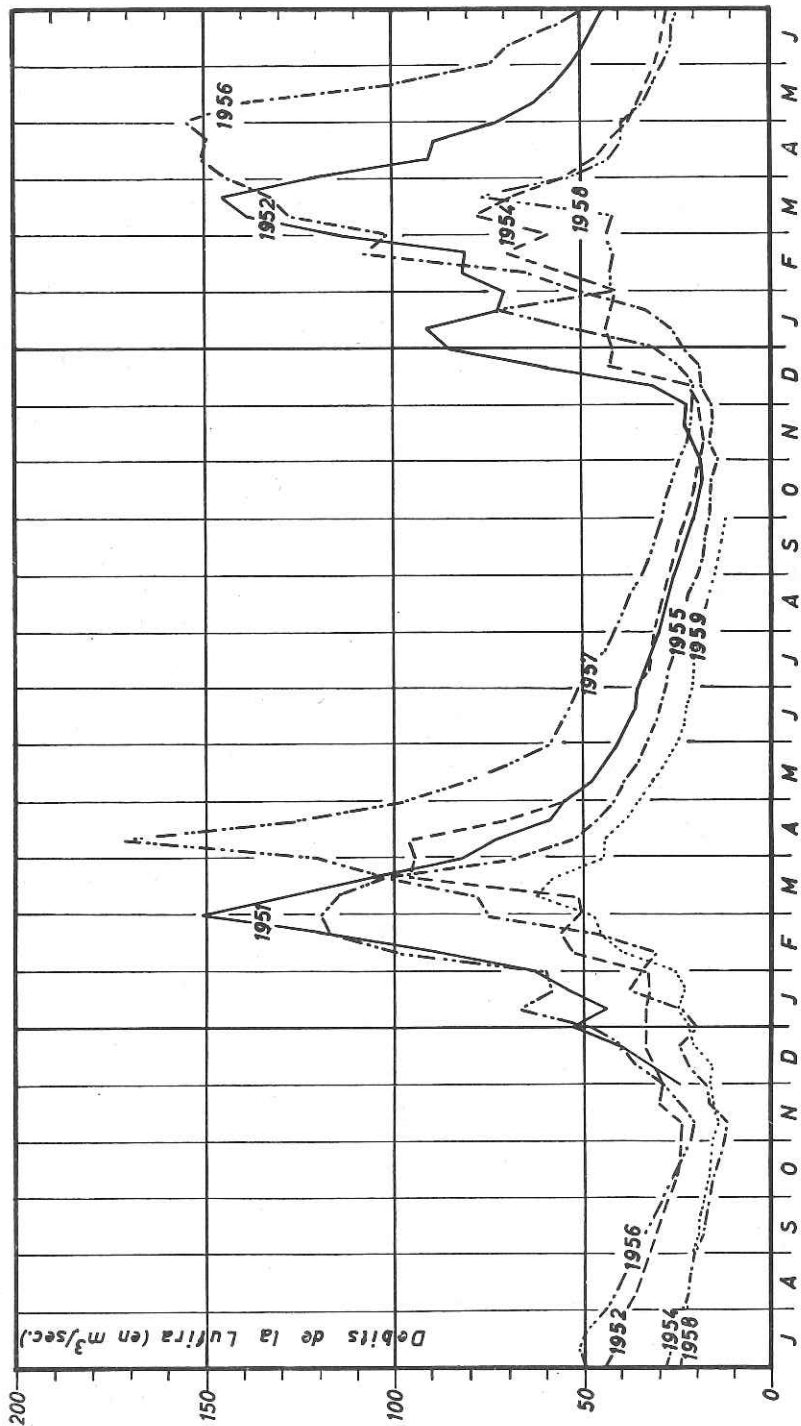


Fig. 4. Débit de la Lufira pour les années 1950—1959 (niveau minimum atteint de 10 en 10 jours).

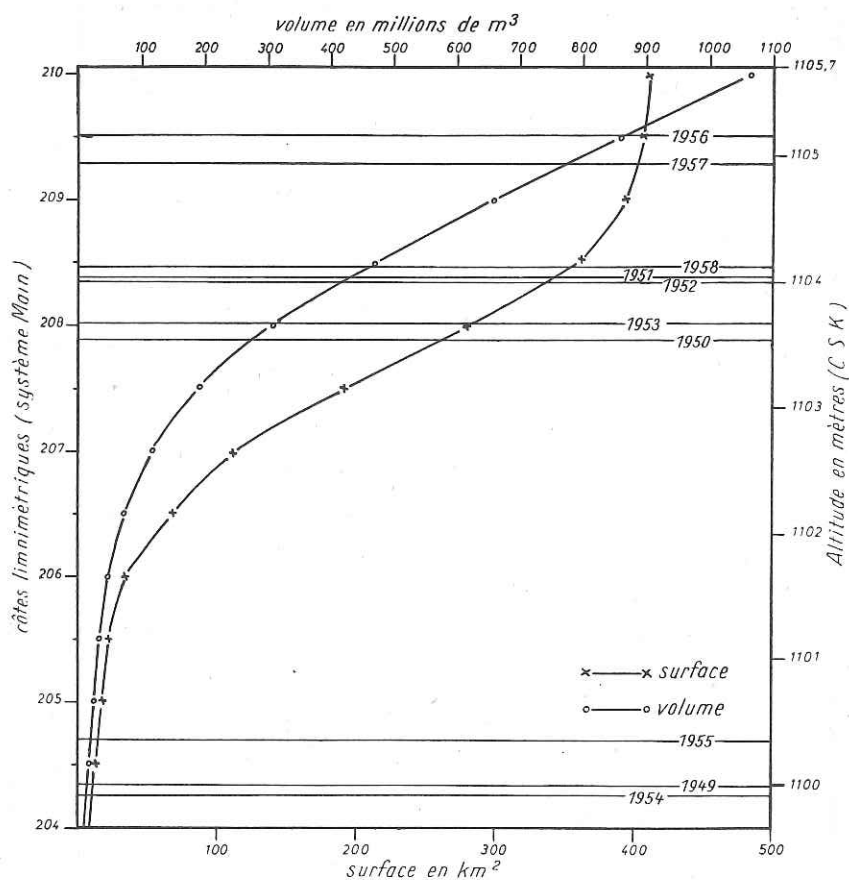


Fig. 5. Courbe bathymétrique du lac de Mwadingusha avec indication du niveau minimum atteint en ces dernières années.

b. — l'allure des courbes démontre l'existence d'une périodicité assez régulière. La crue survient généralement fin décembre. Elle peut être précoce et débiter fin novembre (1956) ou tardive et ne commencer qu'à la seconde décade de janvier (1960). La hausse du niveau se prolonge généralement jusqu'à la fin avril, parfois en mars (1954) ou en mai (1957). A cette période de crue succède généralement un étale transitoire précédant la décrue. Sa durée est tout à fait irrégulière: un mois en avril 1951 ou durant mars-avril 1958; deux mois de mai à juin 1953; trois mois de juin à août 1957; quatre mois de mai à août 1956. Mais comme le montre également le graphique, il est certaines années où l'étale disparaît de sorte que la décrue succède sans transition à la crue (cf. 1954, 1955, 1959). Par ailleurs, lorsque les apports d'eau sont supérieurs à la capacité du lac, le surplus est éliminé par les vannes de crue. Les périodes où sont ouvertes ces vannes sont elles aussi très irrégulières. Ainsi, en 1956, 348,921 millions de m³ furent éliminés entre avril et août; en 1957

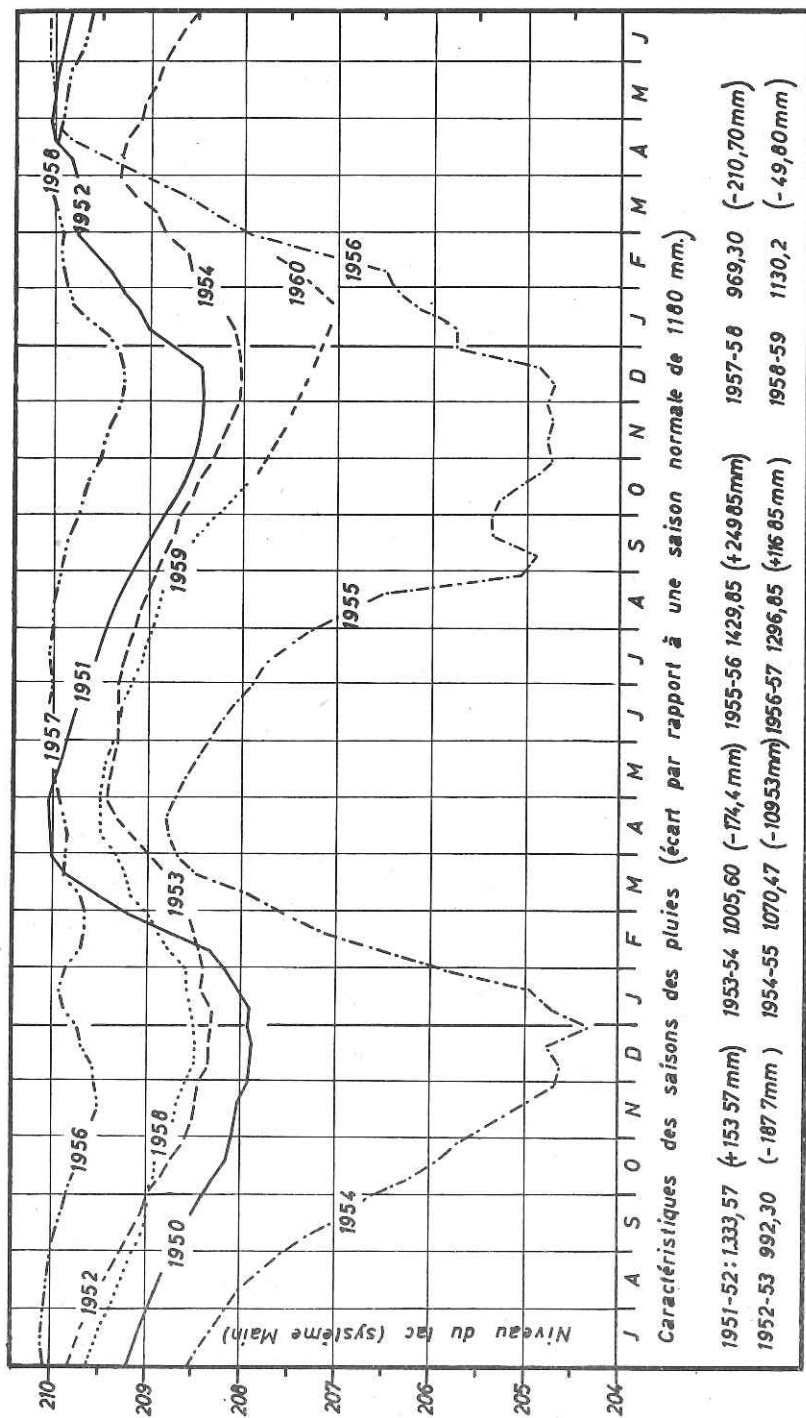


Fig. 6. Variations du niveau du lac de Mwadingusha, (Période de référence: juillet 1950 — février 1960).

1.395,275 millions de m³ de janvier à juin; en 1958 157 millions de m³ de janvier à mars.

3. Le lac de Koni

La retenue de Koni possède un volume d'eau utilisable de 16 millions de m³ sous une surface de 4,5 km² (MARTHOZ, 1954). Le lac bénéficie de la régularisation de la Lufira créée par le barrage de Mwadingusha. En temps normal, il est alimenté uniquement par le volume d'eau employé à la fabrication d'électricité de la centrale Francqui (coefficient d'utilisation: 3,8 m³ par KWH.). En période de hautes eaux, il peut toutefois recevoir l'afflux d'eau évacué par les vannes de crue du barrage d'amont. Après avoir traversé la retenue, ces eaux sont éliminées à leur tour dans l'ancien lit de la rivière par un déversoir situé à proximité du barrage de Koni. Il s'agit donc d'un lac de récupération dont le régime hydraulique est tout à fait différent de celui de la retenue de la Lufira. La réserve d'eau qui y est accumulée peut cependant servir à une régularisation journalière de la puissance développée par la centrale Bia dont la marche est ainsi plus ou moins indépendante de celle située en amont. Ces circonstances se produisent très rarement de sorte que le niveau du lac est pratiquement constant durant toute l'année. Comme au lac de Mwadingusha, le dispositif de prise d'eau est réalisé par un canal d'amenée dont le seuil est situé à 3,5 mètres sous le niveau maximum.

4. La retenue du N'Zilo I (lac Delcommune)

Le lac Delcommune représente le premier étage d'une série de retenues qui doivent s'échelonner sur 64 kilomètres depuis l'entrée des gorges de N'Zilo I (alt. 1220 mètres) jusqu'à 8 kilomètres en aval de Busanga (alt. 775 mètres). (MARTHOZ, loc. cit.).

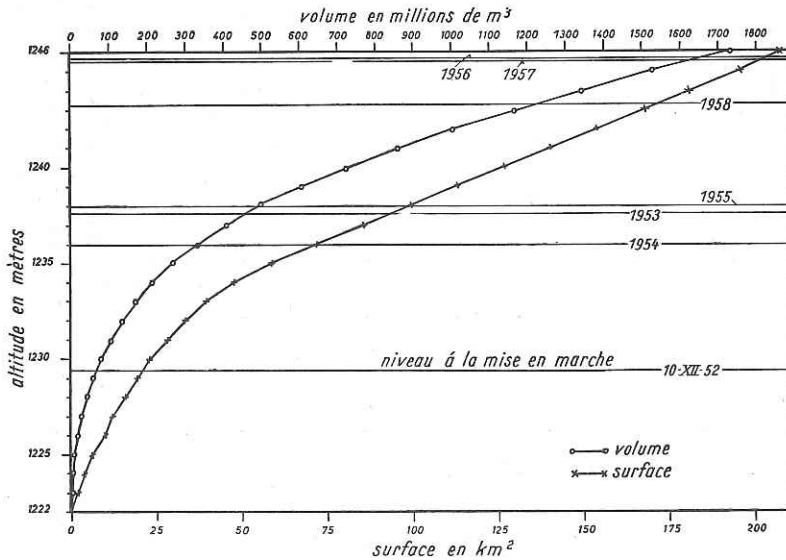


Fig. 7. Courbe bathymétrique du lac de N'Zilo I avec indication du niveau minimum atteint depuis la mise sous eau en 1952.

A la cote 1246 mètres, le lac a une superficie de 207 km² et sa réserve est de 1.773 millions de m³; sa profondeur moyenne est de 8,3 mètres.

La courbe bathymétrique (fig. 7) montre que le volume et la surface du lac varient régulièrement en fonction de la profondeur. Un profil transversal théorique montrerait donc un relèvement régulier des flancs de la cuvette lacustre. Rappelons que ce n'était pas du tout le cas dans le lac de Mwadingusha. Les variations du niveau du plan d'eau de ces dernières années ont été dessinées sur la fig. 8. Elles montrent une périodicité tout à fait comparable à celle vue dans la retenue de la Lufira.

La prise d'eau à une hauteur de six mètres mais le seuil des pertuis est à la cote 1.220 m de sorte que ce sont toujours des eaux profondes qui servent à l'alimentation des turbines de la centrale Delcommune.

Chapitre IV

Rapports entre le niveau des lacs de retenue, le débit des rivières et la pluviosité

Il convient, à présent, de comparer les variations du niveau du plan d'eau des lacs de Mwadingusha et de N'Zilo au régime de leur affluent principal et à la pluviosité. Ces données, une fois acquises, pourront être mises en rapport avec les variations subies par le lac Upemba, lac naturel du Bas — Katanga.

Les différentes courbes de la fig. 8 montrent un décalage régulier qui se traduit comme suit:

a) La saison des pluies débute généralement vers la mi-octobre (un peu plus tôt semble-t-il à N'Zilo) mais ces pluies sont locales. D'autre part, la capacité d'imbibition des terres est la plus forte à cette époque et l'évaporation atmosphérique est voisine de son maximum. L'action conjuguée de ces divers éléments empêche le ruissellement des eaux vers les rivières. Celles-ci et le lac poursuivent donc leur décrue.

b) La pluviosité est la plus élevée en décembre, janvier et février. Le ruissellement maintenant rendu possible accroît le débit de la rivière. Le maximum de la crue se localise en mars alors que l'intensité des pluies devient moins forte. Malgré l'apport des pluies directes, malgré l'augmentation du débit de la rivière, le lac poursuit sa décrue jusqu'en décembre, son niveau commencera seulement à s'élever en janvier.

c) Le débit de la rivière diminue rapidement dès que, vers la mi-avril, apparaît la saison sèche. Le lac peut suivre ce mouvement, surtout si la cote udométrique de la saison accuse un net déficit. Généralement le niveau des retenues reste stationnaire. Mais la durée de cet étale est fort variable; si la retenue a été entièrement comblée, le niveau peut ne pas varier pendant 3 ou 4 mois. Les lacs présentent ainsi une phase de hautes eaux qui empiète largement sur la saison sèche. Cette situation est évidemment tout à fait artificielle et résulte surtout du jeu des vannes de crue (voir page 46).

D'après VAN MEEL (1953) le régime du lac Upemba est le suivant: le niveau est minimum en décembre et maximum en mai. Par contre, l'étiage du Lualaba (mesuré à Bukama) se situe fin août et le maximum de la crue apparaît en mars. Le niveau du lac Upemba montre donc un décalage qui affecte aussi bien le moment de la crue que celui de la décrue. Ces écarts sont du même ordre de grandeur que ceux observés dans les lacs artificiels tout au moins en ce qui concerne la crue, celui de la décrue

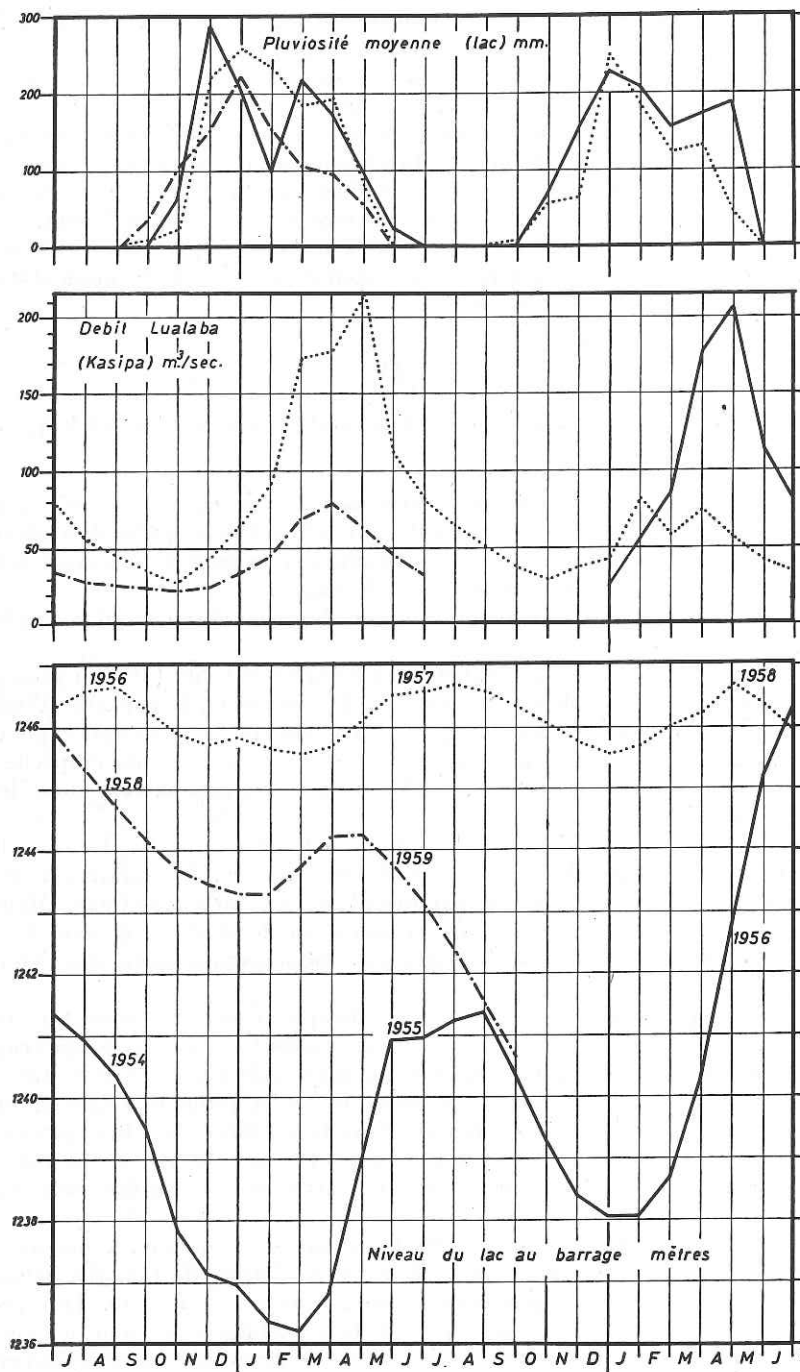


Fig. 8. Variations du niveau du lac en rapport avec le débit du Luabala et la pluviosité. La mise sous eau du lac Delcommune a été réalisée durant le second semestre 1952. Ce n'est pourtant qu'en 1956 que la réserve a été comblée pour la première fois. Les niveaux les plus hauts atteints en 1954 et 1955 ne résultent donc pas d'une variation importante survenue antérieurement.

est par co
compris e
eaux et c
intermédi

Le régi
pas très d
la durée
d'eau éle
de l'explo
soit l'imp
laquelle l
à l'autre
dans les l

Les sim
dingusha
conçu tec

La ten
Dans les
thermom
pompe à
et perme
apprécier
les autres
dans les
par MOR
les deux
Ces vérif
cet instru
servi qu'
sur leque

La ten
thermom
mistor.

L'étud
hydrogra
ainsi que
mois en
tempéra

1) Com

est par contre plus irrégulier. Les courbes des fig. 6 et 8 nous ont montré qu'il est compris entre deux cas extrêmes: celui où la décrue suit immédiatement les hautes eaux et celui où elle en est séparée par une durée artificiellement longue. Les cas intermédiaires se rapprochent des écarts mesurés dans le lac naturel.

Le régime des lacs artificiels de Mwadingusha et de N'Zilo I n'est donc, au fond, pas très différent de celui d'un lac naturel. La différence la plus importante intéresse la durée de l'étalement qui, certaines années, se marque par la persistance d'un niveau d'eau élevé durant une bonne partie de la saison sèche. D'autre part, les nécessités de l'exploitation soustraient du lac artificiel un volume d'eau déterminé quelle que soit l'importance de la reconstitution de la réserve disponible.¹⁾ C'est la raison pour laquelle l'amplitude des variations du niveau peut être fort différente d'une année à l'autre (voir fig. 6 et 8). Ces circonstances ne se manifestent qu'accidentellement dans les lacs naturels au cours d'années anormalement sèches (VAN MEEL, loc. cit.).

Les similitudes qui permettent d'apparenter le régime des lacs artificiels de Mwadingusha et de N'Zilo à celui du lac Upemba ne sont pas valables pour le lac de Koni, conçu techniquement pour fonctionner à niveau constant toute l'année.

Chapitre V

Les instruments et les méthodes de mesure thermique

1. Thermomètres

La température de l'eau a été mesurée à l'aide de deux instruments distincts. Dans les parties du lac de Mwadingusha qu'il a étudiées, LIETAR s'est servi d'un thermomètre bimétallique à cadran, intercalé sur le courant d'aspiration d'une pompe à main du type décrit par DAMAS (1954). Ce thermomètre est gradué en °C et permet l'estimation au 1/10 °C. Cette précision est largement suffisante pour apprécier les différences de température entre les couches d'eau successives. Dans les autres cas, nous avons utilisé un électrothermomètre «Thermistor», construit dans les ateliers de l'Institut Edouard Van Beneden selon les indications publiées par MORTIMER et MOORE (1953). L'étalonnage périodique de l'appareil a été fait tous les deux mois en utilisant un thermomètre à mercure contrôlé, gradué au 1/20 °C. Ces vérifications nous ont permis de constater la qualité et la parfaite sensibilité de cet instrument. Le thermomètre à mercure inclus dans la bouteille de Ruttner n'a servi qu'exceptionnellement. Il s'agit d'un instrument gradué simplement en 1/2 °C sur lequel des lectures peuvent être faites au 1/10 °C.

La température de l'air a été mesurée, au moment des observations, soit avec un thermomètre fronde (mouvement de rotation d'une minute) soit à l'aide du thermistor. Les valeurs fournies ne prétendent donc à aucune précision particulière.

2. Méthodes

L'étude périodique du lac de Mwadingusha a débuté en juillet 1957. Une station hydrographique comprenant le relevé des températures de l'eau (de mètre en mètre) ainsi que la récolte d'échantillons en vue de leur analyse chimique a été faite chaque mois en différents points du lac. En outre, de janvier 1958 à septembre 1959 la température des eaux a été relevée une fois par semaine dans le secteur Nord du lac,

¹⁾ Compte tenu de la réserve „utile“ effectivement exploitable.

région qui comprend les plus grandes profondeurs. Enfin, à certaines dates caractéristiques des saisons, dans le but d'étudier le rythme nyctéméral des eaux, des relevés de température ont été répétés au cours d'une même journée.

L'étude du lac de Koni, second lac artificiel de la Lufira, a débuté en décembre 1957 et s'est poursuivie jusqu'en septembre 1959. La fréquence mensuelle n'a pas été entièrement respectée; la série des observations présente donc certaines lacunes. La région profonde du lac a seul été étudiée systématiquement; des contrôles occasionnels ont toutefois été réalisés dans des zones moins profondes.

Les exigences de notre travail au lac de Mwadingusha ne nous ont pas permis de visiter chaque mois le lac de N'Zilo. Nous avons, en outre, été contraints de limiter notre étude à la seule section aval de la retenue.

Dans les trois lacs nous nous sommes efforcés de choisir des points de station suffisamment distants de la prise d'eau afin de n'en pas subir l'influence. Signalons enfin que toutes les mesures ont été faites le matin, généralement entre 8 et 9 heures. Les écarts à cette règle générale seront mentionnés au cours de l'exposé.

Chapitre VI

Les variations de la température des eaux du lac de Mwadingusha

1. Lieux d'observation

L'étude hydrographique d'une surface aussi grande, morcelée en faciès multiples par la présence de la végétation ancrée ou flottante, exigeait d'être entreprise simultanément en plusieurs endroits. La chose a été possible grâce à l'aide de M. J. LIETAR. Après une prospection générale du lac, nous avons choisi les stations suivantes qui présentaient, en quelque sorte, un raccourci de l'hétérogénéité de la retenue.

a) La Lufira: nous avons d'abord élu une station située en face de la mission bénédictine de Kapolowe, là où les eaux de la rivière sont encore discernables tout en se mêlant déjà à des eaux plus lacustres. (Juillet — Septembre 1957). Les difficultés d'accès aux basses eaux (trois à quatre heures de pirogue) ont fait préférer la station de jaugeage de la Sogefor installée au „Pont de Kapolowe“ soit à une dizaine de kilomètres en amont de la rive méridionale du lac. Les températures y ont été mesurées entre 09 et 10 heures.

b) Mulandi: ce village est situé sur la rive Sud-Ouest du lac, entre la Mwera, au Nord, et la Kalonga, au Sud. La pente de la rive y est faible et toute la région est abondamment colonisée par les végétaux (DAMAS, MAGIS et NASSOGNE, 1959). Ce fouillis de végétation est traversé par d'étroits chenaux ouverts par les pêcheurs. Ça et là ils s'élargissent et s'ouvrent sur des plages d'eau libre dont la surface varie de quelques mètres carrés à quelques ares. Autant que le permettaient les circonstances, les eaux ont été étudiées dans ces plages, à un kilomètre environ de la rive. On y a mesuré des profondeurs variant de 0,6 à 3 mètres suivant le niveau de l'eau dans la retenue. La température y a été relevée entre 09.30 et 10 heures.

c) Le Shangalele: on dénomme ainsi la région d'un ancien lac d'une quinzaine d'hectares situé à environ 6 kms de la rive gauche de la Lufira. La surface du lac Shangalele est maintenant comprise dans la plaine inondée par le barrage. Il y est parfaitement circonscrit par la cote 206. Sa profondeur maximum y est de cinq mètres environ. Actuellement il apparaît comme un plan d'eau libre isolé au milieu d'importantes roselières qui l'enserrent telle une gangue. Toutefois, sous l'action

des vent
sifs et en
nai plus
nence da
droit des
pérature

d) Mw
l'aplomb
dans le li
de 10 à
du barra
juillet et
mois. D
Les obse
8,15 heu

Mwad
plus pré
mènes p
autres ré
du lac.

Les re
permett
moyenne
temps, a
(cf. Tabl

Les co
a) Les
l'air amb
de la ten

b) Cet
phases d

I. Un
la saison
les deux
pluies de
l'air amb
qu'à cet
octobre
des calo
La périod
maximu
d'un phé
de l'eau.

II.
des plu
constam

des vents violents de la saison sèche, il arrive que des flots se détachent de ces massifs et envahissent la surface du lac. L'encombrement peut être tel qu'on y reconnaît plus que quelques espaces libres rappelant ceux qui existent en permanence dans la région de Mulandi. Cette situation est cependant temporaire. A l'endroit des stations, on a mesuré des profondeurs variant de 1,20 à 3 mètres; la température a été relevée entre 09 et 10 heures.

d) Mwadingusha: cette station se situe à l'exutoire du lac, de 4 à 500 mètres de l'aplomb du barrage. C'est la région de la retenue la plus profonde, tout au moins dans le lit étroit de la Lufira où nous mesurons régulièrement des profondeurs allant de 10 à 14 mètres. Grâce à l'existence d'une grille située à 2 kilomètres en amont du barrage, le plan d'eau reste, en principe, dégagé de toute végétation. Entre juillet et décembre 1957, la température de l'eau a été relevée une ou deux fois par mois. De janvier 1958 à septembre 1959 nous disposons de relevés hebdomadaires. Les observations sur la chimie et la thermique des eaux ont été faites entre 07,45 et 8,15 heures.

Mwadingusha a donc fourni à notre étude ses matériaux les plus nombreux et les plus précis. C'est donc eux qui nous serviront à décrire et à commenter les phénomènes périodiques qui font l'objet de notre travail. Les renseignements issus des autres régions seront utiles pour étendre et pour nuancer nos conclusions à l'ensemble du lac.

2. Les variations de la température des eaux de surface

Les relevés hebdomadaires de la température entrepris dès janvier 1958 nous permettent de donner dans la fig. 9 les variations mensuelles de la température moyenne des eaux de surface. La figure montre également comment, dans le même temps, a varié la température de l'air ambiant enregistrée à la station de la SOGEFOR (cf. Tableau II p. 42).

Les conclusions suivantes ressortent de l'examen de cette figure.

a) Les variations de la température des eaux de surface sont identiques à celles de l'air ambiant; les valeurs de la température moyenne de l'eau tendent à se rapprocher de la température moyenne de l'atmosphère.

b) Cette dépendance permet donc de scinder le cycle thermique annuel en trois phases distinctes:

I. *Une période de réchauffement*: elle débute en août, dans la seconde moitié de la saison sèche, couvre les mois de septembre et d'octobre ou mois de transition entre les deux types de saison et s'achève dans le courant de novembre, au moment où les pluies deviennent plus abondantes. Cette période correspond au réchauffement de l'air ambiant. La comparaison des températures moyennes de l'air et de l'eau indique qu'à cette époque l'air est plus chaud que la nappe liquide. Mais en septembre ou octobre l'atmosphère cesse de se réchauffer tandis que l'eau continue à accumuler des calories jusqu'en novembre. A ce moment, l'eau est plus chaude que l'air. La période du réchauffement de l'eau est donc plus lente que celle de l'air; les maximums sont atteints à deux mois de distance. Ce décalage est l'expression d'un phénomène classique résultant des différences de chaleur spécifique de l'air et de l'eau.

II. *Une période de constance* y fait directement suite; elle couvre toute la saison des pluies et se termine en avril. La température moyenne de l'eau se maintient constamment entre 25 et 26 °C tout en restant de 1 à 3 °C plus chaude que la moyenne

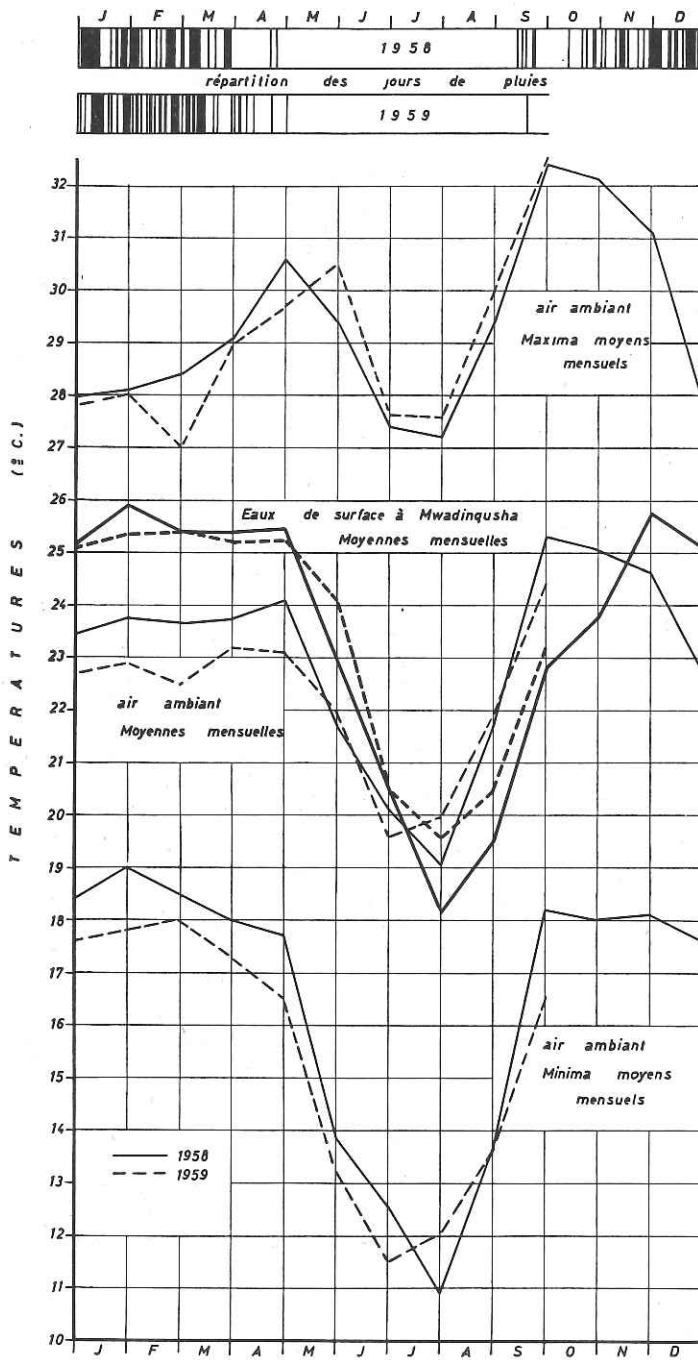


Fig. 9. Relations entre la température moyenne des eaux de surface et les différentes moyennes de la température atmosphérique.

atmosphérique. La constance de la température est largement favorisée par les conditions climatiques de la saison des pluies. En effet, la température nocturne de l'air reste constante et élevée et limite l'amplitude des écarts journaliers; l'évaporation est évidemment la plus faible à cette époque et les vents sont beaucoup moins violents qu'en saison sèche.

III. *Une période de refroidissement*, comprise entre avril et juillet, couvre la première partie de la saison sèche et coïncide avec le refroidissement de l'atmosphère. La température de l'eau reste plus élevée que celle de l'air ambiant jusqu'au mois de juin. En juillet, la température de l'air rattrape en quelque sorte celle de l'eau avant de la dépasser jusqu'en octobre.

Le maximum absolu de la température des eaux de surface mesuré à 8 heures a été de 26,8 °C le 18 janvier 1958; de 26,0 °C le 23 janvier 1959. Le minimum absolu mesuré a été de 17,8 °C le 26 juillet 1958, de 19,3 °C le 25 juillet 1959. L'écart annuel entre ces extrêmes a été de 9 °C en 1958, de 6,7 °C en 1959.

L'examen des courbes de la fig. 9 confirme ce qui a été dit précédemment sur le rôle modérateur que le lac exerce sur le climat local.

3. Les variations journalières de la température

On trouvera, au Tableau V, les résultats relatifs aux variations journalières de la température des eaux superficielles observées au cours de journées caractéristiques du cycle thermique déjà décrit. La journée du 20 janvier 1958 a été qualifiée un peu arbitrairement de «petite saison sèche» car elle se situait à la fin d'une série de huit journées sans précipitation. Elle n'a d'ailleurs pas eu d'homologue en 1959; ceci confirme bien ce que nous avons dit plus haut sur la valeur de cette petite saison sèche.

Le comparaison des chiffres de ce Tableau montre que :

a) D'une façon générale, les eaux se réchauffent dès les premières heures d'insolation. Cette augmentation, normalement moins rapide que le réchauffement atmosphérique, atteint son maximum journalier aux environs de 15 heures; les eaux se maintiennent dans cet état fort peu de temps car, dès 18 heures, le thermomètre enregistre le plus souvent des températures nettement inférieures. Un plafond se dessine toutefois durant la petite saison sèche ou au début de la grande saison sèche; à ces dates, la température des eaux de surface se maintient à son maximum pendant trois ou quatre heures. Le Tableau V situe le minimum thermique journalier à l'aube.

b) L'examen de la station du 19. XII. 1957 montre que les précipitations conduisent à un refroidissement assez sensible des eaux de surface (0,6 °C). Le rythme journalier normal de la température est donc perturbé par les pluies. Il peut l'être différemment selon le moment de la journée marqué par la précipitation.

c) L'amplitude des variations thermiques journalières varie selon les saisons. Pendant la saison des pluies, la nébulosité persistante limite les écarts à moins de 1 °C (0,70 à 0,8 °C dans les exemples décrits). Les écarts sont les plus élevés pendant les périodes particulièrement chaudes de la fin de la saison sèche ou pendant la «petite saison sèche», ils chiffrant 2,0 à 2,7 °C dans les exemples présentés. Enfin, pendant la période de refroidissement des eaux les écarts sont de l'ordre de 1,5 °C.

Les variations journalières de la température des eaux de surface du lac de Mwa-dingusha sont du même ordre de grandeur que celles des eaux du bassin Nord du lac Tanganika (DUBOIS, 1958). Elles sont aussi très voisines des valeurs publiées par RUTTNER (1931) pour le lac Lamongan, dans l'île de Java.

Tableau V. Variations journalières de la température des eaux de surface (°C)

Heures . . .	06	09	12	15	18	21—22	03—06
21—22. X. 1957: saison sèche, période des températures croissantes temps calme, insolation pratiquement totale, nuit très claire.							
température de l'air	21,0	32,0	—	31,5	29,0	25,0	22,5
température de l'eau	25,3	25,6	—	27,3	25,9	25,9	25,1
19. XII. 1957: saison des pluies, période des températures constantes vent faible à assez fort, forte pluie entre 15 et 16 heures; journée couverte avec de très brèves éclaircies							
température de l'air	20,0	23,0	23,7	21,8	—	21,5	—
température de l'eau	25,0	25,2	25,8	25,2	—	25,1	—
20. I. 1958: petite saison sèche, période des températures constantes vent léger, insolation pratiquement totale, nuit claire							
température de l'air	21,2	24,9	32,0	31,0	25,2	22,2	—
température de l'eau	26,2	26,4	26,9	28,8	28,9	27,2	—
23. IV. 1958: fin saison des pluies, période des températures constantes vent léger, journée partiellement couverte, nuit claire							
température de l'air	21,1	23,5	26,0	26,7	23,4	22,0	20,1
température de l'eau	25,2	25,3	25,7	25,9	25,5	25,2	25,0
17. VII. 1958: début saison sèche, période de refroidissement vent faible, insolation presque totale, nuit claire							
température de l'air	12,8	19,9	22,9	25,9	21,0	15,8	12,1
température de l'eau	18,5	18,6	19,2	19,9	19,7	18,9	18,4

Les courbes des fig. 10 et 11 permettent de préciser l'influence du réchauffement diurne sur la masse entière des eaux. Leur examen révèle les faits suivants.

Au d
miers m
mais c'
plus fo
plus ré
froides.
(respec
encore
avant d
est unifi
entre c
d'un hy
A l'é
sous la

La m
en oct
La néb
La plu
Toute
donc p
L'ex
lière d
matin,
plus fr
série d

A se
saut tl
se sont
tempé
la péri
deux r
sont d
les cov
0,2°C
leur ét
tempé
d'eau.
Le
vieuse
mètre

A. Octobre 1957, fin saison sèche, période des températures croissantes
(fig. 10 A.)

Au début de la journée, la température est à peu près uniforme dans les trois premiers mètres (25,3—25,4 °C). Elle décroît irrégulièrement entre trois et sept mètres, mais c'est entre cinq et sept mètres que le thermomètre enregistre la différence la plus forte (1,5 °C). De sept à neuf mètres la température diminue plus faiblement et plus régulièrement. Les eaux en contact avec le sapropèle sont sensiblement plus froides. A 15 heures, les eaux se sont fortement réchauffées en surface et à un mètre (respectivement de deux et de un °C). La courbe dessine une oblique mais montre encore une cassure très nette entre cinq et sept mètres. A trois heures, le lendemain, avant que la température de l'air atteigne son minimum journalier, la température est uniforme dans les quatre premiers mètres (25,1 °C), un thermocline s'individualise entre cinq et sept mètres (valeur: 1,7 °C) il sépare un épilimnion épais de cinq mètres d'un hypolimnion compris entre sept et neuf mètres cinquante.

A l'époque du réchauffement des eaux, les cinq premiers mètres d'eau sont donc sous la dépendance directe des variations journalières de la température de l'air.

B. Décembre 1957, début saison des pluies, période des températures constantes (fig. 10 B.)

La masse des eaux est pratiquement homéotherme à six heures du matin. Comme en octobre, le réchauffement de l'air se marque sur une épaisseur de deux mètres. La nébulosité et le vent limite cependant ce réchauffement qui n'atteint pas un degré. La pluie qui tombe entre quinze et seize heures à têt fait d'homogénéiser ces couches. Toute stratification a disparu au début de la nuit. Le refroidissement ultérieur aura donc prise ce jour-là sur tout le volume d'eau.

L'exemple commenté n'est pas général car il est certain que l'évolution journalière de la température des eaux sera différente selon que les pluies surviennent le matin, l'après-midi ou la nuit. De toute façon, les précipitations apportent des eaux plus froides qui provoquent, à partir de la surface, l'homogénéisation thermique d'une série de couches plus ou moins profondes.

C. Janvier 1958, „petite saison sèche“ (fig. 11 C et C')

A sept heures du matin, le 20 janvier, les eaux sont faiblement stratifiées. Un petit saut thermique s'observe entre trois et cinq mètres. A quinze heures trente, les eaux se sont réchauffées sur une hauteur de deux mètres. En surface, l'augmentation de température est de 2,6 °C, un peu plus élevée que celle observée en octobre, pendant la période du réchauffement. Elle n'est déjà plus que de 0,7 °C à un mètre et de 0,4 à deux mètres. Le relevé fait à 22,30 heures démontre que les courants de convection sont déjà actifs à cette heure. En effet, l'eau de surface s'est refroidie de 1,6 °C mais les couches immédiatement sous-jacentes se sont très régulièrement réchauffées de 0,2 °C jusqu'au niveau de 4 mètres. Les couches plus profondes se maintiennent dans leur état thermique précédent. Les mesures répétées du 20 janvier montrent que la température extérieure influence, à cette époque, les quatre à cinq premiers mètres d'eau.

Le graphique C' réunit trois courbes relevées pendant cette période moins pluvieuse. Leur comparaison démontre que la température des eaux comprises entre six mètres et le fond n'a pratiquement pas varié. Les modifications de température sur-

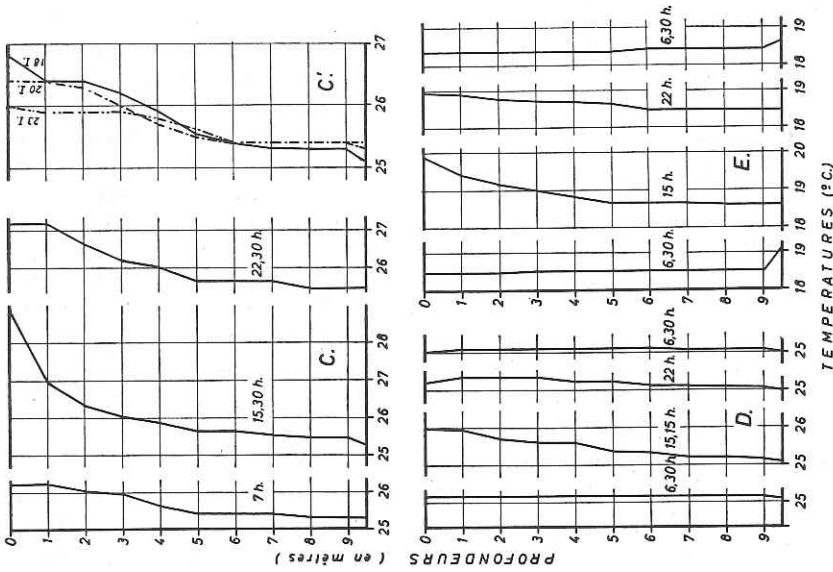


Fig. 10. Variations journalières de la température.
 A. 21—22. X. 1957, saison sèche;
 B. 19. XII. 1957, saison des pluies.

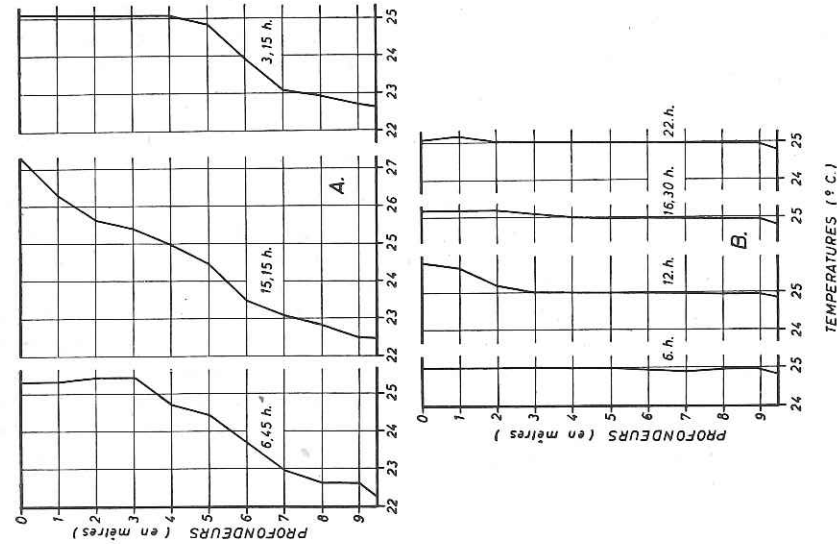


Fig. 11. Variations journalières de la température.
 C et C' 18.20 et 23. I. 1958, "petite saison sèche"; D. 23. IV. 1958
 fin saison des pluies; E. 17. VII. 1958, début saison sèche.

Ét
 venues
 dire dan
 des var

Conu
 trent u
 beauco
 Nous a
 toute l

A 6,
 surface
 les aut
 sont n
 eaux d
 froidit
 paraît

Le l
 queme
 mesur
 mètres

A ce
 couran
 vectio

Les
 eaux d
 2 à 3
 dépass
 refroid
 res, à

D'a
 ters d
 de ce
 reten
 dans

No
 refroid
 Les p
 brass

L'a
 prof
 les t

venues dans ce laps de temps sont limitées aux cinq premiers mètres d'eau, c'est-à-dire dans un volume qui, nous venons de le constater, est sous l'influence immédiate des variations quotidiennes de l'air atmosphérique.

D. Avril 1958, transition entre la saison des pluies et la saison sèche, fin de la période des températures constantes (fig. 11 D.)

Contrairement aux autres stations, les relevés successifs de la température montrent un réchauffement plus faible (moins de un °C) mais étendu à un volume d'eau beaucoup plus important puisqu'il se manifeste jusqu'à six mètres de profondeur. Nous attribuons ce réchauffement profond à l'action du vent qui a soufflé pendant toute la période d'insolation.

E. Juillet 1958, saison sèche, période des températures décroissantes (fig. 11 E.)

A 6,30 heures, le 17 juillet, la température de l'eau est pratiquement identique de la surface au fond. Les deux premiers mètres d'eau sont un peu plus froids que les autres couches (18,45 au lieu de 18,5 °C) tandis que les eaux baignant le sapropèle sont nettement plus chaudes (19,3 °C). A quinze heures, l'insolation a réchauffé les eaux comprises entre 0 et 4 mètres. Dès 22 heures, pourtant tout ce volume se refroidit. La fig. indique en plus un refroidissement des eaux sous six mètres. Ceci paraît assez aberrant, difficilement explicable.

Le lendemain matin, à 6,30 heures, la température de l'eau est de nouveau pratiquement identique de la surface au fond. Comme le jour précédent, le thermomètre mesure des eaux plus froides de 0 à cinq mètres (18,35 au lieu de 18,45 °C de 6 à 9,50 mètres).

A cette époque, le volume total des eaux est brassé entièrement chaque jour par des courants dus au refroidissement de la température extérieure. Ces courants de convection agissent sur tout le volume d'eau dès la fin de la période d'insolation.

Les résultats qui viennent d'être exposés démontrent que le réchauffement des eaux de surface varie évidemment d'une saison à l'autre. Il est quotidiennement de 2 à 3 °C durant les périodes de réchauffement (octobre, janvier) mais il peut ne pas dépasser 1 °C lorsque la nébulosité est plus élevée. D'une façon assez générale, le refroidissement et les courants de convection qu'il entraîne se manifestent dès 18 heures, à la nuit tombante.

D'autre part, ces relevés démontrent également que les quatre à six premiers mètres d'eau subissent l'influence immédiate des conditions extérieures. La hauteur de ce volume d'eau est nettement supérieure à la profondeur moyenne de toute la retenue (2,6 mètres). Cette donnée explique la fréquence des brassages qui s'observent dans les régions du lac moins profondes que le secteur Nord (voir Tableau VI ci-après).

Nous avons vu, enfin, que les pluies tombant directement sur la surface du lac refroidissent les eaux superficielles et sont donc à l'origine de courants de convection. Les précipitations doivent donc être retenues comme un élément favorisant des brassages tout au moins superficiels.

4. Les variations de la température dans la profondeur

L'abondance et la régularité des documents recueillis dans la zone du lac la plus profonde nous permettent de dresser un graphique des isothermes montrant comment les températures se répartissent dans la masse des eaux. Sur la fig. 12, les traits

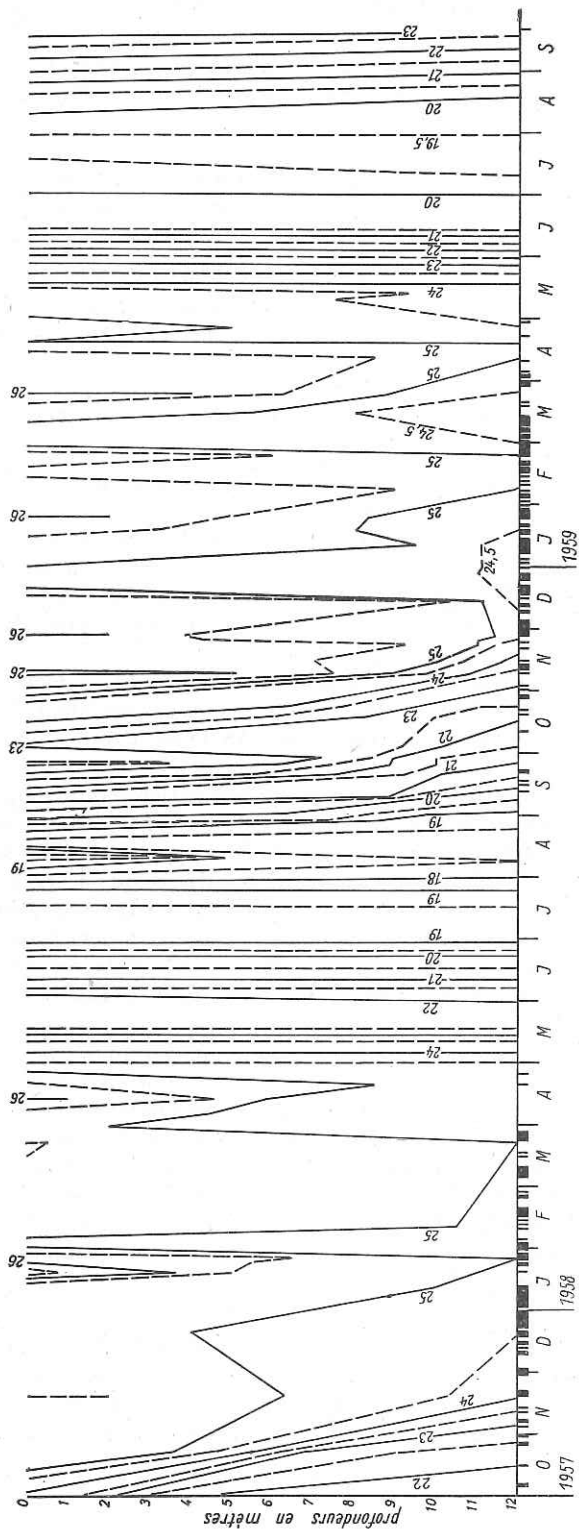


Fig. 12. Courbes isothermes dans les eaux du secteur Nord du lac de Mvadingusha (intervalle: $\frac{1}{2}$ °C).

plein
degré
plus
comm
cation
appel
a)
de pr
succè
essen
dém
que
brass
dans
perm
I.
très
grou
II
rapid
main
de r
l'exis
II
large
mass
celui
fe te
tériss
cette
c)
des
diffé
limit

La
Elle
cara
O
7 m
deu
péra
mar
épili
3 et
est t

pleins figurent les °C, les traits interrompus représentent les isothermes du demi-degré C. correspondant. Nous avons arrêté les courbes à 12 mètres, profondeur la plus régulièrement mesurée à cet endroit. Enfin, pour faciliter la compréhension du commentaire, l'abscisse porte, sous forme de traits noirs plus ou moins épais, l'indication des journées pluvieuses observées chaque mois à Mwadingusha. Le graphique appelle les commentaires suivants :

a) L'obliquité des isothermes en période de réchauffement, les grandes différences de profondeur qui, pendant la saison des pluies, séparent souvent deux isothermes successifs, leur verticalité durant la phase de refroidissement sont les caractéristiques essentielles de l'évolution thermique de la masse entière des eaux. Ces caractères démontrent la rapidité avec laquelle toute la masse des eaux suit l'évolution thermique déjà décrite pour les eaux de surface. Ils indiquent en outre la fréquence des brassages qui, pratiquement toute l'année, remuent les eaux de la retenue, même dans sa région la plus profonde.

b) L'analyse plus détaillée des différentes étapes du cycle thermique saisonnier permet de préciser quelles sont leurs températures absolues caractéristiques :

I. la période de refroidissement voit se succéder un faisceau de droites verticales ou très faiblement obliques. Selon que la saison est plus ou moins froide, ce faisceau groupe les isothermes de 24 à 18 °C.

II. Au début de la période de réchauffement, en août, ces isothermes disparaissent rapidement. En septembre ne subsistent que les courbes de 22 et 23 °C. Elles se maintiennent entre 5 mètres et le fond jusqu'en novembre, à la fin de cette période de réchauffement. La position des divers isothermes démontre, à cette époque, l'existence d'eaux thermiquement stratifiées.

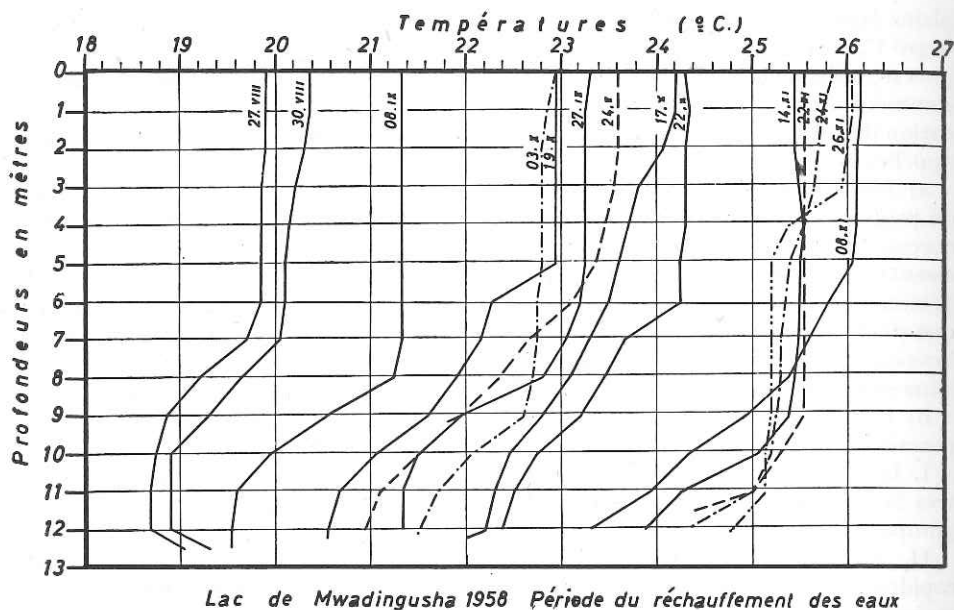
III. La période où la température des eaux reste pratiquement constante est largement dominée par les isothermes de 25 ou de 25,5 °C. Ils fluctuent au sein de la masse d'eau entre la surface et le fond. L'isotherme de 26 °C — exceptionnellement celui de 26,5 °C — se superposent à eux aux époques où la température de l'air se réchauffe temporairement (voir Tableau II). En suivant la position des deux isothermes caractéristiques de cette période, on constatera la fréquence des brassages durant toute cette période de stagnation thermique.

c) Enfin, le graphique 12 apprend que, pendant la saison des pluies, toute la masse des eaux est de 2,5 à 3 °C plus chaude que la température moyenne de l'air. Ces différences sont importantes et montrent que le lac de retenue de Mwadingusha limite certainement l'amplitude des variations de la température du climat local.

5. La stratification thermique dans le lac de Mwadingusha

La fig. 13 présente une série de courbes enregistrées entre août et novembre 1958. Elles intéressent toute la phase du réchauffement et fournissent des indications sur les caractères de la stratification qui se marque à cette époque.

On y constate l'existence d'une région épilimnique, généralement épaisse de 5 à 7 mètres, atteignant parfois 8 (08. IX) ou même 9 mètres (22. XI.). Sous ces profondeurs, occupant pratiquement tout le volume restant, s'étend une zone où la température décroît progressivement (19. IX. ; 03,22 et 24. X. ; 8,14 et 22. XI.). Quand se marque un hypolimnion, il a toujours un volume dérisoire comparé à celui des couches épilimniques. La courbe du 26. XI. montre un thermocline bien individualisé entre 3 et 5 mètres. Son importance n'atteint toutefois pas un °C (0,75 °C) et sa position est très superficielle. En fait, il est compris dans les couches soumises habituellement



Lac de Mwadingusha 1958 Période du réchauffement des eaux

Fig. 13. La température des eaux du lac à Mwadingusha pendant la période de leur réchauffement (VIII — XI, 1958).

à l'influence directe de la température atmosphérique. Cette situation est tout à fait semblable à celle fournie par le relevé fait à 06,45 heures en octobre 1957 (voir fig. 10). Le faible saut thermique (1 °C) situé à cette heure entre 3 et 5 mètres se confond avec les eaux épilimniques lors du réchauffement diurne et n'apparaît plus le lendemain. En comparant encore entre elles les courbes les plus voisines de la fig. 13 (27. IX. et 03. X. ou 22,24 et 26. XI.) ou celles relevées en janvier 1958 (voir fig. 11) on sera convaincu de la précarité et de l'instabilité de la stratification des eaux au point le plus profond du lac.

Les documents rassemblés par VAN MEEL (loc. cit.) démontrent que la stratification des eaux revêt la même précarité au lac Upemba.

6. Observations dans d'autres régions de la retenue

Les relevés de température faits, une fois par mois, dans les différentes régions du lac étudiées par LIETAR et par nous-mêmes sont réunis dans le Tableau VI. Toutes ces stations, celles de Mwadingusha comprises, ont été effectuées dans l'intervalle d'une même semaine.

a) La température des eaux de la Lufira est systématiquement plus basse que celle mesurée dans les parties franchement lacustres de la retenue. Aux époques les plus chaudes de l'année, la rivière apporte des eaux dont la température dépasse rarement 25 °C (nov. 1957), un minimum de 16 °C y a été mesuré aux époques les plus froides. Le réchauffement et le refroidissement se manifestent en saison sèche, comme dans le lac. En saison des pluies, toutefois, la température est plus variable dans l'affluent.

Ce fait s'explique
mais également

b) Sur la rive
la thermique
au même mo-
ment dans ce
l'ancien lac
chaudes qu'a
hétérogénéité
deux zones li-
paraissent de

c) Malgré
chiffres du T
étendu à l'en-

c. L'examen
celles-ci sont
faible dans le
variations ne
inscrits dans
les variations
démontrent
d'origine direct
pratiquement
avons dit pr
thermiques
différences e

peu profond
s'y dessiner
en soi auqu
abordé dans

d. L'emp
à Mulandi
La chose fi
du Tableau

ment des
Ceci est vi

sait pendan
atteindre p

également,
époques. L

bordant les
de son trav

Il limitera
thermiques

températu
pluies, le b
à une temp
suffit à m
masse du s

Ce fait s'explique puisque, à cette époque, son débit est non seulement plus élevé mais également soumis à des variations importantes et irrégulières.

b) Sur la rive orientale du lac, dans la région de Mulandi encombrée de végétation, la thermique des eaux est franchement lacustre. On peut y mettre en évidence et au même moment la succession des phases qui ont été décrites plus haut. C'est cependant dans cette région que les eaux sont les plus froides. Sur la rive opposée, dans l'ancien lac Shangalele ceinturé de typhaies, les eaux sont systématiquement plus chaudes qu'ailleurs. Nous ne pouvons encore préciser les causes exactes de cette hétérogénéité thermique. Le secteur de Mulandi comme celui du Shangalele sont deux zones littorales que ne traverse pas la Lufira. Ces différences thermiques ne paraissent donc pas liées à l'influence des eaux plus froides de la Lufira.

c) Malgré ces différences dans la valeur absolue des températures mesurées, les chiffres du Tableau VI démontrent que le cycle thermique décrit p. 53 peut être étendu à l'ensemble de la retenue.

e. L'examen des différences entre la température en surface et au fond montre que celles-ci sont pratiquement nulles dans la Lufira. Elles restent, toute l'année, très faible dans les régions peu profondes de Mulandi et du Shangalele. L'heure des observations ne permet d'ailleurs d'accorder qu'une valeur très relative aux écarts inscrits dans le Tableau VI. La température des eaux de fond suit donc de très près les variations périodiques de la température des eaux superficielles. Ces mesures démontrent que toute la masse des eaux baignant ces deux secteurs est sous la dépendance directe des conditions atmosphériques extérieures. La circulation y est donc pratiquement continue. Ces constatations apportent une confirmation à ce que nous avons dit précédemment à propos de l'influence de l'insolation sur les mouvements thermiques quotidiens des eaux de la région du lac la plus profonde. Certaines différences entre les couches extrêmes suggèrent cependant que les eaux de ces régions peu profondes peuvent se stratifier périodiquement et qu'un thermocline peut même s'y dessiner. La stratification dans une colonne d'eau aussi faible est un problème en soi auquel doivent s'adapter les instruments et les techniques. Il n'a pu être abordé dans le cadre de notre étude.

d. L'emploi d'un thermomètre bimétallique branché sur la pompe n'a pas permis, à Mulandi et dans le Shangalele, la mesure de la température au sein du sapropèle. La chose fut possible dans le secteur Nord grâce au „thermistor“. Les chiffres du Tableau VI montrent que, de mai à juillet, pendant la période du refroidissement des eaux, le sapropèle est toujours plus chaud que le reste des eaux. Ceci est vrai le matin car nous avons vu (voir p. 59) que ce gradient disparaissait pendant les heures de forte insolation. La différence de température peut atteindre parfois 1,0°C, elle est généralement de l'ordre de 0,2—0,4°C. On voit également, dans le Tableau VI que la vase est au contraire plus froide aux autres époques. BEADLE (1932) rapporte des faits analogues dans son étude des marais bordant les lacs Naivasha (Kenya) et Katungura (Uganda). Dans les conclusions de son travail, l'auteur anglais compare l'action du sapropèle à celle d'un thermostat. Il limiterait les modifications de la température du fond en dépit des variations thermiques importantes des eaux de surface. Il semble normal que cette inversion de température puisse n'être décelable qu'à la saison froide. En effet, en saison des pluies, le bilan thermique du lac est largement positif puisque les eaux profondes sont à une température nettement supérieure à la moyenne de l'air. La valeur du bilan suffit à masquer complètement celle résultant de l'activité métabolique dans la masse du sapropèle. Pendant la période de refroidissement, au contraire, les calories

Tableau VI. Variations de la température des eaux dans différentes régions du lac

	1957												1958												1959											
	juil.	août.	sept.	oct.	nov.	déc.	jan.	févr.	mars	avril	mai	juin.	juil.	août.	sept.	oct.	nov.	déc.	jan.	févr.	mars	avril	mai	juin.	juil.	août.	sept.									
A. Inifira (au pont-route) surface				23,6	25,1	23,0	22,7																													
fond				23,0	23,0	23,0	22,5	22,5																												
B. Mbandi (rive orientale) surface							24,7																													
fond							23,0																													
C. Shangalele (rive occidentale) surface	20,5	20,5	23,1	26,2	26,9	26,6	26,6	25,5	26,1	25,8	24,7	19,3	19,1	19,2	23,9	24,8	26,3	25,2	26,4	25,2	26,9	24,5	23,9	20,0	22,0	19,7	21,3									
fond	19,8	20,1	22,6	23,0	25,7	26,0	26,2	25,3	25,4	25,3	24,2	18,9	18,9	18,9	23,6	24,0	26,0	24,2	25,7	24,8	26,5	24,3	23,2	19,8	21,6	19,5	21,1									
D. Mwangusha (zone nord) surface	°	°	°	20,2	23,0	23,5	24,2	25,5	23,0	20,5	18,2	19,5	22,8	23,8	25,8	25,1	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,3	24,1	20,5	19,6	20,5	23,2									
fond	19,0	20,5	21,5	21,8	24,3	24,8	25,1	24,7	24,9	24,8	23,1	20,9	18,6	18,9	20,6	21,9	24,0	24,6	24,3	24,8	24,3	24,7	24,0	20,7	19,6	20,3	22,6									
(dans la boue)																																				

° températures relevées entre 10 et 12 heures.

Étude l
accumulées
Il permet a
et les eaux

a) Nous
les secteurs
on a mis en
régions plu
LAC D'EGUZON
pendant to
d'Eguzon,
a transform
une ancien
ment plate
cours est d
dépressions
le lac en b
déroulent p
expliquer l
déroulées r

b) Ces d
ture des es
cycle para
sphère. Ce
En effet, e

- 1° une p
- 2° une
- s'ach
- géné

En saison
prise, en m
supérieure
l'air duran
l'air est en
de l'année
régulateur

Les obs
cycle ther
Artificiel,

c) Les e
riode de r
cline qui
s'explique
avons dé
influencer

accumulées au sein de l'eau sont rapidement restituées et le bilan accuse un déficit. Il permet alors la mise en évidence d'un gradient thermique positif entre le sapropèle et les eaux sus-jacentes.

7. Conclusions

a) Nous avons vu que la température de l'eau est loin d'être identique dans tous les secteurs du lac de Mwadingusha. Dans certaines retenues des régions tempérées, on a mis en évidence des régimes thermiques différents selon que l'on considère les régions plus ou moins soumises à l'influence de l'affluent (COMMISSION D'ÉTUDES DU LAC D'EGUZON). Ce ne semble cependant pas être le cas au lac de Mwadingusha où, pendant toute l'année, la Lufira apporte pourtant des eaux plus froides. Au lac d'Éguzon, le profil de la Creuse est celui d'une rivière jeune que le barrage artificiel a transformé en un lac très encaissé. Le barrage de la Lufira, au contraire a inondé une ancienne plaine alluviale de la rivière. La cuvette lacustre est donc anormalement plate pour un lac artificiel. D'autre part, la Lufira alluvionne sans cesse, son cours est donc rapidement ralenti par ces méandres qui forment une mosaïque de dépressions et de faibles reliefs. Il est possible que ces bourrelets d'alluvion morcellent le lac en bassins plus ou moins autonomes. Les phénomènes thermiques qui s'y déroulent pourraient y acquérir une indépendance relative. Cette dernière pourrait expliquer l'hétérogénéité thermique constatée entre les différents secteurs où se sont déroulées nos observations.

b) Ces différences locales intéressent seulement les valeurs absolues de la température des eaux; partout, en effet, l'évolution saisonnière de la température suit un cycle parallèle, superposable aux variations de la température moyenne de l'atmosphère. Ce rythme ne coïncide pas avec l'alternance des périodes sèches et pluvieuses. En effet, en saison sèche (15—20 avril au 10—15 octobre) se succèdent :

- 1° une période de refroidissement qui atteint son minimum en juin-juillet,
- 2° une période de réchauffement couvrant les autres mois de la saison sèche et s'achevant en novembre, premier mois où les précipitations ont un caractère général et abondant.

En saison des pluies, la température de l'eau reste remarquablement constante, comprise, en moyenne, entre 25 et 26°C. A cette époque, la température de l'eau est supérieure de 1 à 3°C à celle de l'atmosphère. L'eau demeure encore plus chaude que l'air durant la phase de refroidissement mais, à partir de juillet et jusqu'en novembre, l'air est en moyenne de 1 à 3°C plus chaud que l'eau. Ainsi, pendant plus de la moitié de l'année les eaux sont en moyenne plus chaudes que l'air. Le lac joue donc un rôle régulateur sur le climat local.

Les observations de VAN MEEL au lac Upemba (loc. cit.) montrent l'existence d'un cycle thermique très semblable bien que le climat y soit en moyenne plus chaud. Artificiel, le lac de Mwadingusha n'en est donc pas moins comparable à un lac naturel.

c) Les eaux couvrant la partie la plus profonde du lac se stratifient durant la période de réchauffement. Cette stratification n'aboutit pas à la création d'un thermocline qui en assurerait la stabilité. L'absence d'une stratification nette et stable s'explique étant donné la faible profondeur et la grande surface de la retenue. Nous avons démontré que les variations journalières de la température atmosphérique influencent, selon les saisons et les types de temps, les 4 ou 6 premiers mètres d'eau.

Or plus de 71% de la surface du lac ont une profondeur inférieure à 3 mètres. Ceci explique qu'un énorme volume d'eau soit soumis à des brassages quasi journaliers.

RUTTNER (1931) a démontré l'existence d'un rapport entre la surface d'un lac équatorial et la profondeur du thermocline. Cette relation a été vérifiée dans divers lacs africains (DAMAS, 1937, 1954) et en Amazonie (BRAUN, 1952). Le lac de Mwadingusha a sans doute une superficie fort variable, généralement supérieure à 100 km² (voir fig. 2). Pour répondre à la relation de RUTTNER, le thermocline devrait être situé, au minimum, entre 12 et 15 mètres. Ces profondeurs sont tout au plus atteintes dans le lit relativement étroit de la Lufira, immédiatement en amont des chutes Cornet. Partout ailleurs, la profondeur est de loin inférieure à celle du thermocline théorique. La relation de RUTTNER qui s'applique au lac de Mwadingusha confirme que la stratification qui s'y établit occasionnellement est tout à fait précaire et instable.

d) Il ressort des observations réalisées dans de nombreux lacs des régions chaudes que la saison sèche amène des brassages tandis que la saison des pluies augmente la stabilité des couches. Sous le climat katangais, la circulation est également fort intense pendant les mois les plus froids du début de la saison sèche. Nous avons par contre démontré que les eaux du lac de Mwadingusha circulaient fréquemment en saison des pluies. Ce fait est assez inattendu car les conditions du climat (Tableau II, p. 42) sont plutôt favorables au maintien de la stagnation. Ces brassages sont naturellement favorisés par la faible profondeur moyenne de la retenue et par l'importance relative des zones littorales. Un autre facteur doit cependant être retenu. Comme le démontrent les mesures faites au cours d'une journée pluvieuse de décembre 1957 (p. 57 et fig. 10), les précipitations refroidissent brutalement les eaux de surfaces et par conséquent aident au brassage. Nous aurons l'occasion de nous étendre plus longuement sur l'influence des pluies.

Chapitre VII

Les variations de la température des eaux du lac de Koni

1. Lieux d'observation

L'étude de la température des eaux du lac de Koni a débuté en décembre 1957 mais ce n'est qu'à partir de mars 1958 qu'elle a pris un caractère systématique. Jusqu'en mai 1958, nous avons travaillé à l'entrée du canal d'amenée, à l'extrémité orientale du lac. Une grille flottante y était fixée et permettait l'ancrage aisé de l'embarcation. Par suite du déplacement de cette grille dans le canal lui-même, nous avons déplacé notre point de station dans une zone voisine de l'aplomb du barrage. En arrêtant notre bateau au dessus du lit de la Lufira, nous avons mesuré des profondeurs variant de 12 à 16 mètres. A l'aide du „Thermistor“, la température des eaux a été relevée de mètre en mètre, entre 08 et 09 heures.

2. Variations de la température des eaux de surface

La comparaison des fig. 9 et 14 montre que la température des eaux de surface du lac de Koni les mêmes variations que celles déjà mises en évidence dans le lac de Mwadingusha. La fig. 14 indique l'existence de trois périodes qui divisent le cycle thermique annuel:

a) en août, débute la période du réchauffement qui s'achève en novembre, au début de la saison des pluies;

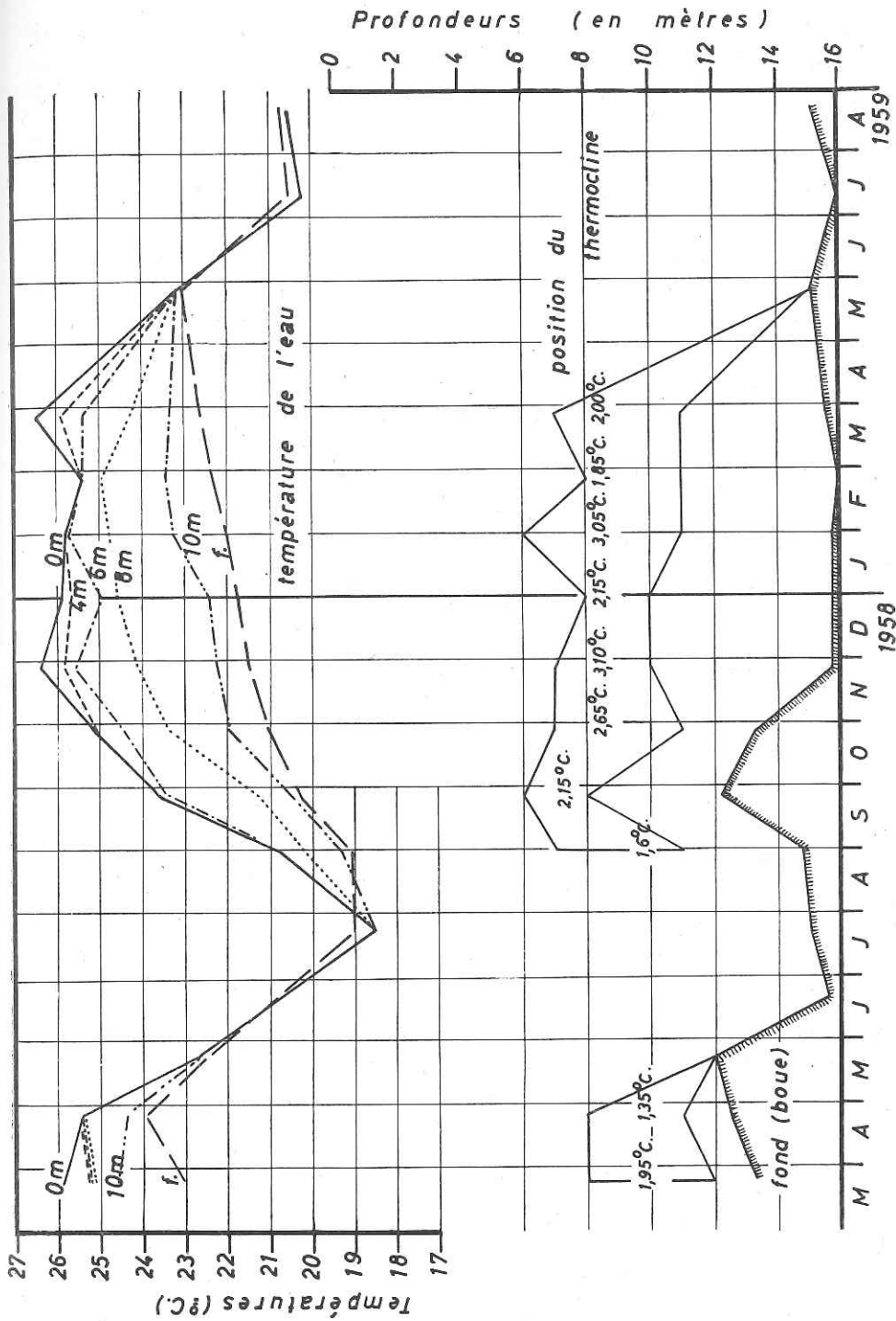


Fig. 14. Variations saisonnières de la température des eaux du lac Koni et position relative du thermocline.

b) pendant toute la saison des pluies, la température des eaux superficielles se maintient pratiquement constante jusqu'en avril;

c) la période du refroidissement y fait suite jusqu'en juillet où la température des eaux passe par son minimum absolu.

On constate cependant que la température des eaux de surface est légèrement mais significativement plus élevée à Koni qu'à Mwadingusha, tout au moins au-dessus des zones les plus profondes. L'explication peut être trouvée dans l'action conjuguée des facteurs suivants:

a) les collines qui ensèrrent la cuvette encaissée du lac de Koni forment un écran à l'action des vents;

b) on peut aussi penser que les conditions atmosphériques qui règnent au-dessus du plan d'eau subissent non seulement l'influence d'une altitude plus basse d'une centaine de mètres mais encore l'action modératrice exercée par le lac de Mwadingusha;

c) la profondeur moyenne du lac de Koni est supérieure à celle de la retenue de la Lufira et les zones littorales y sont proportionnellement beaucoup plus réduites. La masse d'eau accumulée oppose donc aux facteurs climatiques extérieurs une force d'inertie comparativement plus grande. Enfin, la surface du lac est près de cent fois plus petite que celle du lac d'amont; les pertes de calories par évaporation y sont donc moins fortes.

3. Variations de la température dans la profondeur

La fig. 14 indique aussi les variations de la température des eaux profondes.

Au début de la saison sèche, le refroidissement du climat affecte rapidement toute la masse des eaux. Ainsi que nous l'avons vu à Mwadingusha les eaux en contact direct avec le sapropèle sont, à cette époque, un peu plus chaudes que les eaux sus-jacentes.

En fin de saison sèche, on voit un réchauffement très rapide des six premiers mètres d'eau, les eaux des couches plus profondes se réchauffent également mais d'une façon plus lente. Les différences de température entre les couches démontrent l'existence d'une stratification. Celle-ci est beaucoup plus nette que dans le lac d'amont bien que les profondeurs n'y soient pas très différentes. Pendant cette période 1,75 à 4,15 °C séparent les eaux de surface et de fond; ces différences chiffrèrent seulement 0,65 à 2,2 °C à Mwadingusha.

En saison des pluies, la température des six premiers mètres ne varie guère. Les eaux de 8,10 mètres et celles du fond se réchauffent encore très régulièrement. Malgré cela, les différences de température entre surface et fond se maintiennent entre 3 et 4 °C alors qu'elles dépassent rarement 1 °C à Mwadingusha. La stratification, apparue lors du réchauffement de la fin de saison sèche, persiste donc pendant toute la saison des pluies.

4. La stratification thermique

La partie inférieure de l'axe des ordonnées de la fig. 14 est graduée en mètres et sert à repérer les positions successives de la zone du saut thermique. Les différences de température observables entre ces limites sont comprises entre 1,35 °C en avril 1958, à la fin de la période de stagnation, et 3,10 °C en novembre 1958, au maximum

de la pé

tificati

(DAMA

La li

inférieu

10 mètr

compos

forme

(4,5 km

si cette

pres du

Dans

Majeur

s'instal

Ce n'es

acquier

la péri

Fig. 15.

que des

de leur

58, fin d

tion; 2

Ces

chaqu

des 24

ture d

ment

dizain

d'eau

Le r

europé

Cette s

de la f

eaux;

élevés

intens

de la période du réchauffement. Ces valeurs suffisent à assurer la stabilité de la stratification, étant donné les caractéristiques de la densité de l'eau à ces températures (DAMAS, 1937).

La limite supérieure de la zone métalimnique varie entre 6 et 8 mètres, sa limite inférieure fluctue entre 8 et 12 mètres mais est généralement située en-dessous de 10 mètres de profondeur. Le métalimnion est donc compris dans les couches d'eau composant le second tiers du volume total. Cette position n'est pas entièrement conforme à ce que prévoit la relation de RUTTNER (loc. cit.). La faible surface du lac (4,5 km²) exigerait que le thermocline y soit plus superficiel. Il est malaisé de préciser si cette situation est causée par la nature artificielle du lac ou par les conditions propres du climat katangais qui n'est pas équatorial.

Dans les lacs européens chauds (Ohrid, STANKOVIC, 1960; Léman, DUSSART, 1954; Majeur, PIROCCI, 1949), la stratification des eaux en épi-, méta- et hypolimnion ne s'installe pas au début de la période de réchauffement mais bien à la fin de celle-ci. Ce n'est qu'à ce moment, en effet, que l'épilimnion, devenu suffisamment stable, acquiert une individualité propre. La fig. 15 rassemble une série de courbes illustrant la période de réchauffement du lac de Koni en 1958.

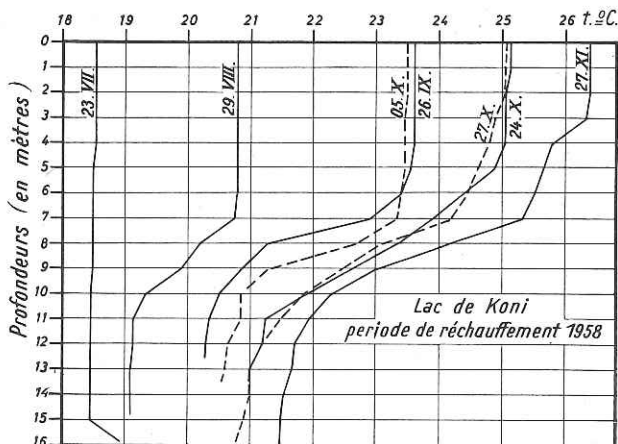


Fig. 15. Stratification thermique des eaux pendant la période de leur réchauffement (23. VII. 58, fin de la période de circulation; 27. XI. 58, début de la stagnation).

Ces courbes révèlent l'existence permanente d'une stratification tripartite où chaque zone est parfaitement individualisée. Les courbes des 26. IX et 05. X, celles des 24 et 27. X relevées à des dates pourtant fort voisines indiquent que la température de l'épilimnion varie largement en très peu de temps. Elles permettent également d'attirer l'attention sur l'importance des courants de convection qui, en une dizaine de jours, peuvent modifier complètement l'état thermique de tout le volume d'eau (cf. 26. IX et 05. X).

Le mécanisme du réchauffement du lac de Koni diffère donc de celui des lacs européens „chauds“ par le fait que l'épilimnion s'individualise très précocement. Cette situation, qui rappelle celle connue dans les lacs européens tempérés, s'explique de la façon suivante: c'est en fin de saison sèche que se situe le réchauffement des eaux; à cette époque, les écarts journaliers de la température atmosphérique sont élevés (14 à 17°C, cf. Tableau II, p. 42), la grande sécheresse du climat entraîne une intense évaporation et les vents assez violents favorisent largement le mélange des

eaux. L'action simultanée de ces facteurs du climat entraîne une homogénéisation quasi complète et journalière des couches épilimniques. Cette façon de voir est confirmée par l'analyse de l'épaisseur de l'épilimnion qui est de l'ordre de 5 à 7 mètres. Elle représente une hauteur d'eau très voisine de celle qui, nous l'avons démontré au lac de Mwadingusha, dépend de l'influence directe des variations journalières de la température de l'air.

5. Influence des eaux provenant du lac de Mwadingusha

Nous donnons, dans le Tableau VII, les résultats des mesures effectuées sur un trajet conduisant de la Centrale Francqui, au pied des chutes Cornet, jusqu'à l'aplomb du barrage de Koni. Ce parcours a été scindé en sept stations qui répondent aux caractéristiques suivantes :

- station 1 : au pied des chutes Cornet, en face de la Centrale Francqui, en contact direct avec les eaux turbinées — courant vif — fond pierreux ;
- station 2 : 600 mètres en aval, dans la Lufira, à hauteur du point de confluence de la Kalomone — courant rapide — fond pierreux ;
- station 3 : 750 mètres en aval du point 2, à hauteur d'un coude de la Lufira — courant ralenti — fond vaseux ;
- station 4 : 1500 mètres en aval du point 3, dans la Lufira — courant peu sensible — fond vaseux ;
- station 5 : 300 mètres en aval du précédent, confluence des parties verticale et horizontale du „T“ — fond vaseux ;
- station 6 : extrémité nord-orientale du lac proprement dit, à l'entrée de la baie de la Katongo-Kiteshi — fond terreux ;
- station 7 : dans la région voisine de l'aplomb du barrage.

On constate à l'examen des températures figurant au Tableau VII que les eaux sortant des turbines sont plus froides que celles du lac proprement dit. L'influence de ce courant froid est rapidement amortie. En effet, à la station 3, la température du sapropèle nous montre déjà l'augmentation brutale qui est bien la caractéristique des eaux lacustres à cette époque. A la station 4, on reconnaît encore l'influence des eaux plus froides de l'amont par le léger refroidissement que crée ce courant entre 4 mètres et le fond. Les différences de température entre les eaux profondes des stations 5 et 7 ne dépassent guère les erreurs de mesure ; le point de confluence des deux parties du lac appartient donc entièrement au type lacustre. Enfin, au point 6, on remarque que tout le volume d'eau de cette baie se confond pratiquement avec la région épilimnique mise en évidence dans le lac.

On peut donc conclure que les eaux courantes provenant du lac de Mwadingusha n'exercent qu'une très faible influence sur l'état thermique des eaux du lac de Koni. L'explication en est la suivante. Tout d'abord, le courant créé par les turbines est sans doute régulier mais faible comparé à la masse d'eau accumulée dans la retenue. Au point 4, ensuite, l'inondation a formé deux baies qui s'étalent de part et d'autre du lit mineur de la Lufira. Elles forment une sorte d'avant-lac large de 1,8 km mais peu profond, qui tamponne les eaux plus froides issues de l'amont.

Ces mesures, il importe de le faire remarquer, ont été faites à une date où seul les eaux turbinées alimentaient le lac. Les circonstances, qui nous auraient permis de répéter ces mesures à un moment où le lac de Koni reçoit en outre l'apport des eaux

dévalant les chutes Cornet, ne se sont pas produites durant notre séjour. Nous ne pouvons donc préciser les conséquences de cet afflux d'eau sur l'état thermique du lac de Koni.

Tableau VII. Relevés de la température des eaux en différents endroits du lac (28. V. 1958)

Stations	faciès „Lufira“ (branche verticale du „T“)				Confluence	faciès „Lac“ (branche horizontale du „T“)	
	1	2	3	4		5	6
heures . . .	8,00	08,30	09,00	09,45	11,45	10,15	11,30
t° air (°C)	17,55	16,10	16,50	17,60	18,40	17,45	18,40
profondeurs: (en mètres)							
0,00	20,75	20,80	20,85	21,15	21,40	21,35	21,40
0,50	20,75	20,80	—	—	—	—	—
1,00	20,75	20,80	20,80	21,15	21,40	21,25	21,35
1,30	20,75	—	—	—	—	—	—
2,00		20,80	20,80	21,00	21,20	21,15	21,25
3,00		20,80	20,80	21,00	21,10	21,15	21,15
4,00		20,80	20,80	20,95	21,05	21,15	21,10
4,10		—	—	—	—	21,20	—
4,70		20,80	—	—	—	—	—
5,00			20,80	20,90	21,00		21,10
6,00			20,80	21,20	21,00		21,05
6,10			21,10		—		—
7,00					21,00		21,05
8,00					21,00		21,05
10,00					21,00		21,05
11,00					21,20		21,05
11,10					21,35		21,05
12,00							21,05
13,00							21,05
13,90							21,05

6. La température d'une baie fermée

Pour compléter nos informations sur l'hétérogénéité thermique du lac, nous avons cherché à savoir quelles étaient les conditions de température des eaux d'une baie peu profonde. Celle de Wambambi, située sur la rive droite de la Lufira, en face du barrage, a été choisie. C'est un diverticule du lac, pratiquement fermé, orienté N.-S., long de 500 mètres, large d'une centaine en son milieu. Son fond où débouche la rivière Wambambi, asséchée à cette époque, est large d'environ deux cents mètres. Les relevés comparatifs figurent dans le Tableau VIII.

Comparées à celles du lac, les eaux de fond de la baie de Wambambi sont 0,5°C plus froides. Ce refroidissement s'explique aisément par le volume d'eau plus faible de la baie qui oppose aux variations extérieures une force d'inertie proportionnellement plus faible. Au point de confluence de la baie et du lac on observe d'autre part une stratification qui tend à démontrer que les eaux du sommet de la baie, celles qui sont les plus refroidies, coulent vers le lac en suivant l'axe longitudinal de la baie.

Tableau VIII. Comparaison de l'état thermique des eaux dans le lac et dans la baie fermée de Wambambi (°C) (09. VII. 1959)

Stations:	Baie de Wambambi		Confluence Baie-lac	lac aplomb du barrage
	au fond de la baie	dans la baie		
Heures . . .	09,45	09,55	10,05	08,45
t° air (°C)	19,15	19,15	19,15	17,30
profondeurs: (mètres)				
0,00	20,05	20,20	20,20	20,00
0,50	19,90	20,20	20,20	—
1,00	19,60	19,90	20,15	20,05
1,10	19,50	—	—	—
2,00		19,75	20,05	20,05
2,40		19,70	—	—
3,00			20,00	20,05
4,00			20,00	20,05
5,00			19,95	20,05
6,00			19,60	20,05
7,00			19,60	20,05
8,00				20,05
10,00				20,05
16,00				20,05
16,50 (boue)				20,50

Tout en présentant le même cycle des variations saisonnières de la pleine eau, l'état thermique de la baie en diffère par la valeur absolue de ses températures. Cette situation rappelle celle vue dans la région de Mulandi, sur le lac de retenue de la Lufira.

7. Conclusions

a) Le courant qui alimente le lac de Koni n'exerce qu'une très faible influence sur l'état thermique des eaux de la retenue. Ses effets sont rapidement amortis par l'existence d'une sorte d'avant-lac. La lac de Koni possède donc des caractéristiques thermiques qui lui sont propres.

b) Les eaux du lac sont soumises aux mêmes variations saisonnières que celles de la retenue de Mwadingusha. Toutefois, la profondeur du lac est suffisante pour créer une stratification durable. Elle apparaît au moment du réchauffement des eaux, en fin de saison sèche; contrairement à ce qui s'observait au lac de Mwadingusha, cette stratification se maintient durant toute la saison des pluies. Celle-ci est donc une période de stagnation véritable. Le début de la saison sèche coïncide avec le refroidissement du lac et doit être considéré comme la période de circulation des eaux. Au point de vue dynamique, le cycle thermique annuel du lac de Koni se divise donc en deux grandes périodes: une circulation comprise entre les mois de mai et juillet, en saison sèche, une stagnation qui chevauche la saison sèche et la saison des pluies. Ce rythme s'apparente étroitement à celui que montrent les lacs subtropicaux au sens défini par YOSHIMURA (1936).

c) La stratification thermique permet de reconnaître un épilimnion étendu sur les 6 ou 8 premiers mètres d'eau, un métalimnion dont la limite inférieure oscille entre 8 et 12 mètres et un hypolimnion qui occupe le volume restant. La stabilité de cette stratification thermique est prouvée par l'existence d'une stratification chimique ainsi que nous aurons l'occasion de le démontrer dans un autre travail.

d) Contrairement à ce qui se passe dans certains lacs européens „chauds“, les couches épilimniques s'individualisent très rapidement. Cette individualisation précoce s'explique par les conditions climatiques régnant à la fin de la saison sèche : écart journalier de la température atmosphérique, évaporation intense et action des vents.

e) Pendant la stagnation, le thermocline ne forme pas une barrière isolant complètement l'hypolimnion. Comme on peut le voir sur la fig. 14, la température de cette zone ne cesse de croître, lentement sans doute, mais régulièrement. Cette circulation ralentie résulte d'un brassage presque journalier de la région épilimnique qui est certainement favorisé par les pluies directes qui apportent au lac des eaux plus froides.

f) L'amplitude des variations de la température est plus forte dans les baies fermées et peu profondes que dans les eaux ouvertes. Il se forme ainsi un déséquilibre thermique qui peut engendrer des courants internes qui suivent l'axe longitudinal de ces baies et débouchent dans le lac. Dans l'état actuel des travaux, nous ne pouvons encore préciser dans quelle mesure ces courants internes agissent sur la stratification observée en pleine eau.

g) Les conclusions qui viennent d'être tirées sont valables lorsque l'alimentation du lac est assurée par les seules eaux turbinées à la centrale Francqui. Les deux saisons pluvieuses déficitaires qui ont marqué la durée de notre séjour ne nous ont pas permis d'étudier la thermique du lac lorsqu'il reçoit en outre le flux d'eau éliminé par les vannes de crue du barrage de Mwadingusha. Nos conclusions sont donc forcément incomplètes.

Chapitre VIII

Les variations de la température des eaux du lac de N'Zilo I

1. Lieux d'observation

D'octobre 1957 à octobre 1958, la température des eaux a été mesurée, en principe chaque mois, en prenant comme point d'ancrage, le milieu de la grille flottante barrant l'entrée des gorges (profondeurs 41 à 45 mètres).

Après la suppression de cette grille, nous avons été obligés de choisir un autre point de station permettant un ancrage facile. Il est situé à 250 mètres en amont du précédent et correspond à ce qui, autrefois, était la galerie forestière bordant les gorges. Nous y avons mesuré des profondeurs de 17,5 à 19 mètres seulement. Cependant, afin de ne pas perdre le bénéfice des observations de l'année précédente, nous avons relevé parallèlement la température de l'eau au barrage lui-même, en installant nos instruments sur une plate-forme construite au milieu de l'ouvrage d'art. Ces observations s'étendent de novembre 1958 à septembre 1959.

Nous ferons également état de quelques observations accessoires réalisées au cours de différentes traversées du lac. Certaines ont été faites par le Prof. H. DAMAS lors d'une mission de prospection entreprise au début de 1957.

2. Variations de la température des eaux de surface

Les résultats de nos observations périodiques sont présentés graphiquement sur la fig. 16. Celle-ci démontre que les variations saisonnières de la température des eaux de surface du lac du Lualaba sont tout à fait semblables à celles décrites dans les deux retenues de la Lufira. Le cycle thermique annuel se scinde également en trois périodes qui sont :

a) une phase de réchauffement qui commence en août et s'achève en octobre-novembre. A cette époque on enregistre un maximum thermique compris, selon les années, entre 25 et 26 °C.

b) en saison des pluies, la température présente, en surface, une certaine constance, moins nette que dans les cas de Mwadingusha. En effet, bien que l'amplitude des variations soit assez faible (1,7 ou 0,9 °C selon les années) les eaux superficielles se refroidissent jusqu'en février — mars et se réchauffent ensuite en avril, à la fin de la saison des pluies. Le refroidissement des eaux, au début de la saison des pluies, n'est pas en rapport avec une modification de la température atmosphérique¹⁾ mais se produit à l'époque où les pluies sont les plus fortes (voir fig. 8). Les pluies directes ont donc pour conséquence de refroidir les eaux superficielles.

c) la période de refroidissement débute dans le courant d'avril et s'achève en juillet ou en août suivant les années. La température passe par un minimum absolu égal à 19 ou 20,3 °C.

3. Les variations de la température dans la profondeur, la stratification thermique

Les variations de la température des eaux profondes sont également représentées sur la fig. 16. L'allure générale des différentes courbes est, en fait, très semblable à celle montrée dans le lac de Koni. Les différences sont très légères et s'expliquent par la plus grande profondeur du point de station à N'Zilo I.

La fig. 17 présente une série de courbes, dessinées de mètre en mètre, montrant les états successifs de la stratification thermique dans la partie la plus profonde du lac. En voici le commentaire.

a) Après la circulation totale qui, en juillet ou au début août, achève la phase de refroidissement, les eaux montrent une stratification tripartite dès que commence la phase de réchauffement. Ainsi, en septembre, la valeur du thermocline est comprise entre 2,75 (1958) et 1,95 °C (1959); il occupe un volume d'eau variable, toujours assez superficiel. L'hypolimnion, épais de 30 à 35 mètres conserve la température atteinte en juillet, durant la circulation totale.

b) en novembre 1957, la stratification tripartite est évidente; la valeur du thermocline est de 2,2 °C, il est compris entre 13 et 18 mètres, un peu plus profondément qu'en septembre. Nous ferons momentanément abstraction des observations faites en 1958.

¹⁾ Pendant la saison des pluies, les valeurs de la température moyenne de l'air $\frac{(M + m)}{2}$ °C sont les suivantes à Kolwezi (alt. 1500 m)

	oct.	nov.	déc.	janv.	févr.	mars	avr.
1957—58	21,7	23,45	20,40	20,35	20,45	20,8	20,9
1958—59	21,2	21,0	20,5	20,6	20,45	20,55	20,4

c) en janvier 1958, bien que les eaux soient encore stratifiées, les différences de température qui séparent les couches successives ne permettent plus d'isoler un thermocline. En comparant les valeurs absolues de la température mesurées en novembre 1957 et en janvier 1958 (en réalité le 31 décembre), on constate un réchauffement sensible jusqu'à 39 mètres de profondeur. En décembre, ce sont donc produits des courants internes qui ont réduit le thermocline et réchauffé l'eau de proche en proche. Ces mouvements ne sont pourtant pas assez forts pour assurer l'homogénéité parfaite de l'épilimnion. En effet, comme nous le démontrerons dans un prochain travail, il existe un chémocline très net, compris entre 15 et 20 mètres, soit à hauteur du thermocline enregistré en novembre. Comme le montre la fig. 16, l'origine de ces mouvements s'explique par le refroidissement des eaux superficielles.

d) ces conclusions éclairent la situation particulière observée en novembre 1958. En comparant les températures relevées à cette date et en octobre, on remarque qu'une circulation partielle a repoussé le thermocline jusqu'à trente mètres; ensuite un réchauffement de l'épilimnion a fait réapparaître un thermocline superficiel entre 10 et 13 mètres. Il n'y a pas eu, à l'époque, de manœuvres inhabituelles causées par les nécessités de l'exploitation. Ce n'est donc pas „artificiellement“ que ces mouvements ont été provoqués. En se référant à la fig. 8 on doit admettre que ce brassage est lié à la pluviosité qui, comparativement à l'année précédente, a été précoce et assez abondante en septembre et en octobre.

e) La fig. 16 montre un regroupement des courbes de 0 à 25 mètres qui apparaît en février ou en mars, selon les années. On peut voir sur la fig. 17 que ce brassage est encore plus important et affecte, en réalité, les trente premiers mètres d'eau. Les petites différences de température qui existaient antérieurement dans l'épilimnion disparaissent et celui-ci se présente comme

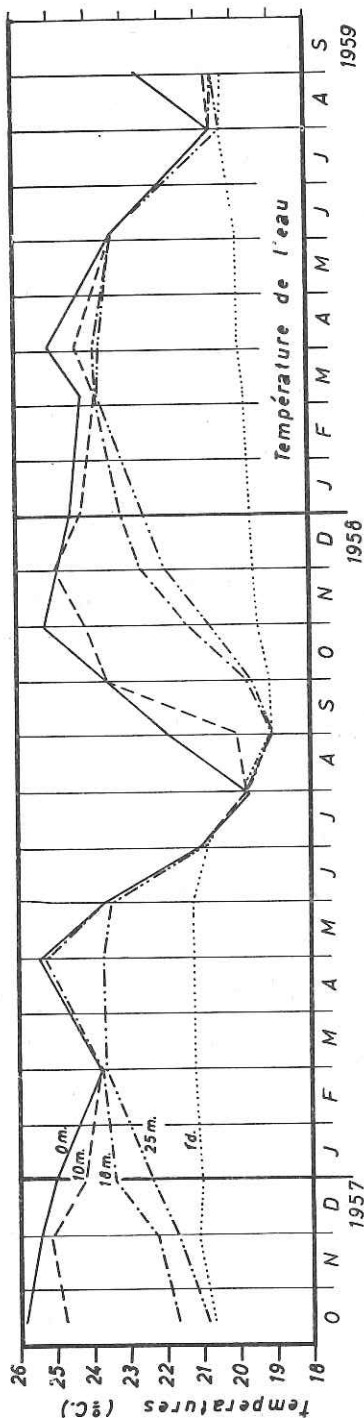


Fig. 16. Variations saisonnières de la température des eaux du lac de N'Zilo I (période d'observation comprise entre octobre 1957 et septembre 1959).

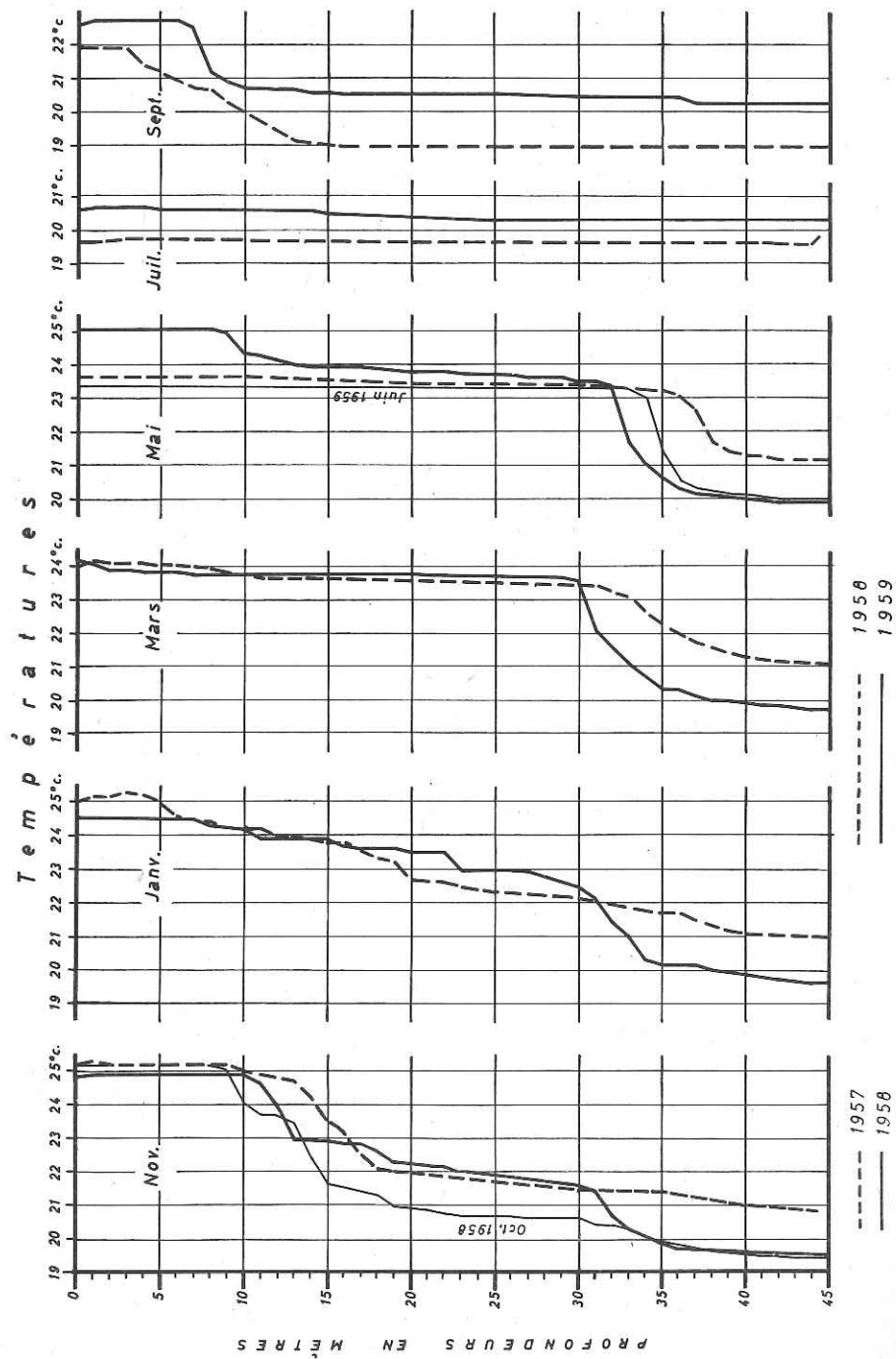


Fig. 17. États successifs de la stratification thermique dans la région la plus profonde du lac de N'Zilo I. (Température mesurée de mètre en mètre).

Ét
 une ma
 cette h
 été en l
 soit do
 f) au
 redevi
 refroid
 nent t
 valeur
 Le c
 tants r
 faut m
 tion d
 de l'at
 les ven
 violen
 teurs d
 Les
 une co
 tation
 Mwad
 un élé
 là, les
 super
 moins
 therm
 stence
 le cas
 assur
 des p
 pouvo
 mène
 Da
 tielle
 était
 sur l
 cette
 relev
 fores
 Le
 les e
 l'apl
 La c
 poss

une masse d'eau très importante, pratiquement homéotherme. Cependant, malgré cette homogénéité thermique, les dosages chimiques faits en 1958 — ils ne l'ont pas été en 1959 — démontrent la persistance d'un chémocline compris entre 25 et 30 mètres soit donc immédiatement au dessus du thermocline.

f) au moment du réchauffement de la fin de saison des pluies, en avril, l'épilimnion redevient hétérogène pour un temps très court. En mai, au début de la phase de refroidissement et de circulation, les couches épilimniques se refroidissent et redeviennent thermiquement homogènes. Le thermocline subsiste en profondeur mais sa valeur et son épaisseur diminuent jusqu'en juillet, mois où la circulation est totale.

Le commentaire chronologique de la fig. 17 nous amène à conclure que d'importants remaniements thermiques se produisent durant la période de stagnation. Il faut maintenant en préciser les causes. On ne peut retenir les facteurs liés à l'exploitation du lac qui varient certes mais indépendamment des saisons. L'état thermique de l'atmosphère reste d'autre part très constant durant toute la saison des pluies et les vents, sans doute actifs dans le couloir des gorges, ne sont pourtant pas les plus violents en période pluvieuse. Pas plus que les conditions de l'exploitation, les facteurs climatiques envisagés ne fournissent une explication valable des phénomènes.

Les observations réalisées en octobre et en novembre 1958 démontrent par contre une corrélation directe entre les mouvements de convection et l'intensité des précipitations. Dans l'étude des variations journalières de la température des eaux du lac de Mwadingusha, nous avons pu montrer que les pluies devaient être retenues comme un élément favorable au brassage, cette opinion se vérifie donc à N'Zilo. Ici comme là, les pluies apportent des eaux plus froides et plus denses qui refroidissent les eaux superficielles (voir fig. 16). Les courants de convection ainsi engendrés sont néanmoins assez faibles. En effet, les couches épilimniques du lac de N'Zilo sont d'abord thermiquement hétérogènes. D'autre part, les dosages chimiques démontrent l'existence d'un chémocline distinct et plus superficiel que le thermocline. Tel n'est pas le cas à l'époque du refroidissement des eaux où ces courants sont suffisants pour assurer l'homogénéité thermique et chimique de toute la masse des eaux. En saison des pluies le brassage apparaît donc comme un phénomène lent et progressif. Nous pouvons donc affirmer qu'en plus des courants de convection agissent des phénomènes de diffusion qui étendent lentement la circulation dans les eaux profondes.

4. Observations dans d'autres régions du lac

Dans la région du lac la plus profonde, nous venons de le voir, une circulation partielle des eaux se fait pendant la phase de stagnation. Il était utile de vérifier si elle était totale dans les régions moins profondes de façon à éliminer tout doute possible sur l'influence du barrage. Les résultats présentés dans le Tableau IX répondent à cette question. Y figurent les mesures faites à l'aplomb du barrage (A) et celles, relevées à des dates voisines, dans le secteur des gorges autrefois occupé par la galerie forestière, 2 kilomètres en amont (B).

Les résultats du mois de mars 1959 démontrent que la circulation est totale dans les eaux couvrant les régions moins profondes du lac. Si elle n'est que partielle à l'aplomb du barrage, c'est donc bien à cause de la profondeur du lac à cet endroit. La comparaison des valeurs figurant dans le Tableau IX permet de rejeter l'influence possible des constructions et des différents dispositifs nécessaires à l'exploitation

Tableau IX. Comparaison de la température des eaux (°C) à l'aplomb du barrage (A) et à hauteur de la galerie forestière, (B) (observations faites à 08,00 heures)

	XII. 1958		I. 1959		III. 1959		IV. 1959		VI. 1959	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Dates:	02	03	03	05	07 (11 h.)	07	03	03	05	04
t° air:	18,6	20,7	18,3	19,1	23,0	19,6	20,7	21,4	17,4	17,0
profondeurs:										
0	24,95	25,3	24,5	24,7	24,2	23,75	25,05	25,05	23,35	23,50
1	24,90	25,3	24,5	24,7	24,1	23,80	25,05	25,05	23,35	23,50
2	24,90	25,3	24,5	24,7	23,9	23,80	25,05	25,05	23,35	23,50
3	24,90	25,3	24,5	24,7	23,9	23,80	25,05	25,05	23,35	23,50
4	24,90	25,3	24,5	24,7	23,85	23,75	25,05	25,05	23,35	23,50
5	24,90	25,3	24,5	24,7	23,85	23,75	25,05	25,05	23,35	23,50
6	24,90	25,3	24,5	24,7	23,85	23,75	25,05	25,05	23,35	23,50
7	24,90	25,2	24,5	24,7	23,8	23,70	25,05	25,05	23,35	23,50
8	24,90	25,1	24,35	24,6	23,8	23,70	25,05	25,05	23,35	23,50
9	24,90	25,0	24,25	24,5	23,8	23,70	24,9	24,95	23,35	23,50
10	24,90	24,95	24,20	24,3	23,8	23,70	24,35	24,6	23,35	23,50
11	24,55	24,5	23,9	24,15	23,8	23,70	24,25	24,45	23,35	23,50
12	23,9	24,25	23,9	24,0	23,8	23,70	24,10	24,10	23,35	23,50
13	22,95	23,45	23,9	23,95	23,8	23,70	23,95	24,0	23,35	23,50
14	22,9	23,2	23,9	23,90	23,8	23,70	23,90	23,95	23,35	23,50
15	22,9	23,05	23,9	23,75	23,75	23,70	23,90	23,90	23,35	23,50
16	22,85	22,95	23,70	23,70	23,75	23,70	23,90	23,80	23,35	23,50
17	22,80	22,80	23,60	23,60	23,75	23,70	23,90	23,80	23,35	23,50
18	22,60	22,20	23,60	23,60	23,75	23,70	23,85	23,80	23,35	23,50
19	22,30	22,15	23,60	23,40	23,75	23,70	23,80	23,80	23,35	23,50
20	22,25		23,50		23,75		23,75		23,35	
30	21,60		22,50		23,60		23,50		23,30	
35	19,85		20,15		20,40		20,65		21,35	
40	19,60		19,85		19,90		19,95		20,15	
45	19,50		19,60		19,75		19,90		19,95	

hydroélectrique du lac¹). Comme autre conséquence de la faible profondeur, le Tableau montre également que la période de circulation totale du début de la saison sèche y commence plus tôt et a donc une durée plus longue que dans la région limitée aux gorges de N'Zilo (cf. juin 1959).

Les températures présentées dans le Tableau X sont celles qui ont été mesurées en avril 1957 par le Prof. H. DAMAS. Ces observations ont été faites à une époque de très hautes eaux où fonctionnaient les vannes de crue du barrage. Nous y avons ajouté des observations que nous avons réalisées en décembre 1957 au confluent de la Kando et du Lualaba; à cette date les vannes étaient fermées.

Les renseignements apportés par ce Tableau permettent d'affirmer que les eaux du Lualaba n'acquièrent des caractères véritablement lacustres qu'à hauteur de la baie de Kazembe. La stratification qui persiste à Kazembe malgré la crue du Lualaba et le courant d'appel créé par l'ouverture des vannes au barrage en apporte la preuve.

¹) Les données déjà publiées par DAMAS (1957) démontrent d'ailleurs que l'ouverture des vannes de crue n'influence pas la stratification des eaux à l'entrée des gorges.

Toutefois, les différences de température qui séparent les différentes couches d'eau sont moins importantes à Kazembe que dans les gorges, il faut donc admettre que la stratification qui se développe dans les régions peu profondes du lac a un caractère beaucoup plus labile que dans les gorges.

Tableau X. Mesures de la température des eaux du Lualaba et de la baie de Kazembe

	Baie de Kando, au confluent du Lualaba	Lualaba, à 1 km en aval du pont-route	Dans la baie de Kazembe	Lualaba, à 2,5 km en aval de l'exu- toire de la baie de Kazembe
Dates	03 déc. 1957	03 avr. 1957	04 avr. 1957	04 avr. 1957
Heure	08,30	11,00	10,30	11,30
profondeurs:				
0	25,50	23,90	25,90	25,60
1	25,50	23,90	24,40	24,90
2	25,50	23,90	24,40	24,65
3	25,50	23,90	24,40	24,65
4	25,50	23,90	24,20	24,45
5	25,50	23,90	24,20	24,25
6	25,30	23,90	24,10	24,15
7		23,90	23,80	24,05
8		23,90	23,50	23,80
9		23,90	23,50	23,80
10		23,90	23,40	23,45
10		23,90	23,40	23,45
12		23,90	23,40	23,45
13		23,90	23,40	23,45
13,50		23,90		—
14				23,30
15				23,30
16				23,30
17				23,30
18				23,20
	homogénéité thermique	homogénéité thermique	stratification faible, sans thermocline	stratification faible, sans thermocline

5. Conclusions

a) En amont de la baie de Kazembe, le Lualaba conserve toutes les caractéristiques thermiques d'une eau fluviale. A hauteur de cette baie, les eaux du fleuve ont une thermique d'eau lacustre. Elles conservent ces caractéristiques jusqu'à l'aplomb du barrage. Nous n'avons pu étudier la thermique de la baie de Kando alimentée toute l'année par la rivière du même nom. Il est possible qu'une stratification s'y développe car le courant y est lent. Elle doit cependant y être précaire car la profondeur y est de 5 à 6 mètres seulement.

b) L'ensemble des résultats de notre étude démontre que les diverses manœuvres qu'exige l'exploitation industrielle des eaux ne perturbent guère le cycle thermique. Il est sous l'étroite dépendance des conditions atmosphériques locales.

c) Le cycle thermique annuel du lac de N'Zilo I est analogue à celui qui a été mis en évidence dans les deux lacs artificiels de la Lufira.

d) Il se produit des mouvements de brassage durant la période de stabilité. Ceux-ci sont favorisés par les pluies tombant sur le lac. Elles refroidissent les eaux superficielles et créent des courants de convection superficiels. A ceux-ci s'ajoutent des phénomènes de diffusion qui répartissent lentement les calories dans une colonne d'eau d'une trentaine de mètres d'épaisseur. La stratification subsiste cependant à cause de la profondeur des gorges. Dans les régions moins profondes le brassage est toutefois total et l'on ne peut plus parler de période de stagnation. Ces mouvements rappellent ceux qui ont été mis en évidence dans le lac peu profond de Mwadingusha.

Chapitre IX

Conclusions générales

1. *Le régime des lacs artificiels de Mwadingusha et de N'Zilo I peut être assimilé à celui des lacs naturels*

Les réserves d'eau accumulées dans ces lacs artificiels sont utilisées toute l'année aux fins de production d'électricité. Comme l'attestent les faibles écarts journaliers du niveau des plans d'eau, la consommation des centrales montre, en général, une très grande régularité. Le régime de ces deux retenues dépend donc avant tout des conditions atmosphériques locales.

Le cours supérieur des deux affluents se situe dans une même zone climatique et à des altitudes très voisines. Le régime des deux lacs montre des variations parallèles, liées principalement aux caractéristiques des saisons pluvieuses.

L'analyse des relations existant entre le niveau du plan d'eau, le débit des affluents et la pluviosité nous a permis de conclure que la succession des périodes de basses et de hautes eaux n'est, dans le fond, pas très différente de celle que VAN MEEL a observée dans le lac Upemba, lac naturel situé dans le Bas Katanga. Les différences les plus importantes résident d'une part dans la durée de l'étalement qui, dans les lacs artificiels peut être artificiellement allongée et s'étendre anormalement en saison sèche. Cette situation ne se produit toutefois pas systématiquement chaque année. D'autre part, la reconstitution de la réserve dépendant étroitement de l'abondance des pluies, les variations successives du niveau ont une amplitude beaucoup plus variable que dans un lac naturel.

La réserve de Koni est un lac de récupération doté d'une autonomie très faible. Son niveau reste pratiquement constant en toute saison. Les variations du plan d'eau ont toujours un caractère aperiodique. Contrairement aux deux lacs précédents, le régime de cette retenue n'est donc pas comparable à celui d'un lac naturel.

2. *La forme et le profil des cuvettes lacustres limitent et localisent l'influence des affluents à une faible portion du lac*

Dans le lac de Mwadingusha, les eaux de l'affluent serpentent dans une ancienne plaine alluviale où se manifeste encore un alluvionnement important. Les nombreux méandres qui se forment et se recourent ralentissent et limitent l'influence du courant. La surface occupée par la Lufira constitue une portion minime de la retenue comparée à l'immense développement des régions littorales de très faible profondeur.

L'état de la partie présente est perturbée et peut être perturbée de nouveau.

Dans le cas de principe comparé à un canalisation d'avant-lac. Dans le cas qu'à haute

3. Les variations de température

En conclusion les variations laissent apparaître

A. une première période jusqu'en juin

B. une seconde période Elle couvre la saison de

C. une troisième période durant la moyenne

Les études déjà citées permettent de conclure finalement

4.

Au lac de réchauffement position de stagnation

ment en Au lac de réchauffement artificielles. La cline est b

1) Tout ce qui reste fermé

L'état thermique des eaux baignant ces zones est différent selon que l'on considère la partie orientale du lac (rive droite de la Lufira) ou sa portion occidentale. Il présente cependant toutes les caractéristiques thermiques d'une eau stagnante non perturbée par l'affluent. Les causes exactes de cette hétérogénéité thermique n'ont pu être précisées dans le cadre de ces recherches. On peut supposer que l'existence de nombreuses levées intralacustres n'y est pas étrangère.

Dans le lac de Koni, ce sont les eaux turbinées à la centrale Francqui qui servent de principal „affluent“¹⁾. Le courant créé est sans doute très régulier mais faible comparé à la masse d'eau accumulée dans la retenue. Ce courant d'eau plus froide, canalisé dans l'ancien lit de la Lufira, se heurte et se mélange aux eaux d'une sorte d'avant-lac, région peu profonde orientée perpendiculairement au lit de la Lufira.

Dans le lac de N'Zilo, les eaux du Lualaba n'acquièrent leur caractère lacustre qu'à hauteur de la baie de Kazembe.

3. Les variations saisonnières de la thermique des eaux sont superposables à celles de la température moyenne de l'atmosphère. Elles ne correspondent pas à l'alternance des périodes sèches et pluvieuses pourtant bien tranchées sous cette latitude

En comparant les fig. 9 (Mwadingusha), 14 (Koni) et 16 (N'Zilo I), on constate que les variations de la température des eaux de surface ont une périodicité identique, laissant apparaître les étapes successives suivantes:

A. *une période de refroidissement* s'étend de la fin-avril à la fin-juillet pendant la première partie de la saison sèche. La température moyenne de l'eau reste, jusqu'en juin, supérieure à celle de l'atmosphère.

B. *une période de réchauffement* commence en août et s'achève en novembre. Elle couvre la seconde partie de la saison sèche et les premiers mois de la saison des pluies. La température de l'eau est inférieure à celle de l'atmosphère.

C. *une période de constance thermique* relative s'étend entre décembre et mars durant les autres mois de la saison des pluies. A cette époque, la température moyenne de l'eau est supérieure à celle de l'atmosphère.

Les études récentes de VERBEKE (1957) aux lacs Kivu, Edouard et Albert, celles déjà citées de VAN MEEL à l'Upemba et de DUBOIS dans la baie Nord du lac Tanganika, permettent de conclure que le cycle thermique saisonnier des lacs artificiels est parfaitement comparable à celui de ces lacs naturels.

4. La stratification thermique existe mais revêt un caractère fort précaire

Au lac de Mwadingusha, une stratification s'établit au début de la période de réchauffement. Conformément à la relation de RUTTNER entre la superficie et la position du thermocline, la faible profondeur du lac et l'importance des régions littorales s'opposent à la formation d'un thermocline qui assurerait la permanence de la stagnation. Les eaux du lac de Mwadingusha circulent donc très fréquemment en toute saison.

Au lac de N'Zilo I, la stratification s'établit également au début de la période du réchauffement. Il s'y forme un thermocline d'abord situé dans les couches superficielles. Au fur et à mesure que l'importance des précipitations augmente, ce thermocline est brutalement repoussé à des profondeurs qui dépassent largement celles de

¹⁾ Tout au moins pendant les périodes où les vannes de crue du barrage de Mwadingusha restent fermées.

la plupart des régions inondées. La stratification des eaux en saison des pluies n'est donc stable que dans la région très limitée des gorges, le reste de la retenue se comporte d'une façon très semblable à ce qui a été vu au lac de Mwadingusha.

Les travaux consacrés à l'étude de la thermique des lacs des régions chaudes concordent généralement pour démontrer que la stabilité des couches est favorisée par la saison des pluies tandis que les mois les plus froids de la saison sèche entraînent la circulation totale des eaux. La régularité et le nombre de nos observations nous obligent à nuancer cette opinion. Sous la latitude du Haut Katanga la circulation des eaux peut être causée par deux facteurs. En saison sèche d'abord, le refroidissement atmosphérique, les vents violents et la forte évaporation s'unissent pour créer des courants de convection qui rendent les eaux thermiquement et chimiquement homogènes. En saison des pluies, ensuite, l'importance des précipitations l'emporte sur les autres conditions climatiques. Les pluies refroidissent les eaux superficielles et créent des courants dont l'intensité est toutefois beaucoup plus faible que celle des courants du début de la saison sèche.

Nous avons vu qu'à N'Zilo, ces courants ne détruisaient pas nécessairement la stratification chimique, tout au moins au début de leur action. Au lac de Koni, la fig. 14 indique d'autre part que les eaux du fond se réchauffent de près de 4°C entre deux périodes de circulation successives. Cette augmentation de température se produit malgré le maintien d'un thermocline et d'un chémocline. La permanence d'une stratification superficielle à Koni et pas ailleurs doit sans doute s'expliquer par la faible superficie et le profil plus encaissé de sa cuvette. Mais ce lent réchauffement des eaux profondes ne peut se comprendre qu'en faisant appel aux phénomènes de diffusion qui s'ajouteraient aux mouvements de convection.

L'ensemble de nos observations confirme l'opinion déjà émise (DUBOIS, loc. cit.) selon laquelle le thermocline n'est pas, comme dans les régions tempérées, une barrière empêchant tout échange entre l'épi-et l'hypolimnion.

5. *Les variations saisonnières de la température apparentent les lacs artificiels du haut Katanga au type des lacs subtropicaux*

Le cycle thermique des lacs étudiés présente de très grandes ressemblances avec celui des lacs subtropicaux étudiés par YOSHIMURA (1936). Il est remarquable de constater que ces derniers se situent au Japon méridional à des latitudes comprises entre 31 et 35°N. tandis que les retenues du Haut Katanga se localisent entre le 10^{ème} et le 11^{ème} parallèle Sud.

6. *Lors du réchauffement des eaux, l'épilimnion s'individualise très précocement*

Ce fait original est apparu très clairement dans l'étude des phénomènes thermiques propres au lac de Koni, il paraît analogue au lac de N'Zilo comme le suggèrent les courbes de la fig. 17. Ce mécanisme est très différent de celui mis en évidence dans certains lacs européens du type „chaud“. Il s'explique par les conditions atmosphériques qui règnent à cette époque: importants écarts journaliers de la température de l'air, forte évaporation et vents violents.

Résumé

1. Ce travail s'intègre dans le cadre de la publication des résultats d'une mission consacrée à l'étude limnologique de trois lacs artificiels construits sur la Lufira et le

Étu
Lualaba
documen
position
prête les
2. Le
périodici
secondair
fluence d
La plus g
des eaux
ment la
faible su
tout aux
troisième
autonom
3. La
correspon
posables
nait succ
— 1°: u
d
t
— 2°: u
c
le
C
e
— 3°: u
P
4. No
tropicale
de stagn
deux fac
forte éva
et rende
pluies, le
courants
mouvement
5. Les
permett
qui a été

BEADLE,
res. of
135.

Lualaba dans le Haut Katanga. Nous nous sommes efforcés de récolter le plus de documents visant à préciser les variations saisonnières de la température, de la composition chimique et de la richesse des eaux en plancton. Ce mémoire décrit et interprète les variations saisonnières de la température des eaux.

2. Le régime des deux retenues (Mwadingusha et N'Zilo) montre des variations périodiques qui dépendent avant tout des conditions atmosphériques locales et secondairement des nécessités de l'exploitation des réserves d'eau accumulées. L'influence de l'affluent est localisée et limitée à une faible superficie de ces retenues. La plus grande proportion du volume d'eau présente donc toutes les caractéristiques des eaux stagnantes. Les manoeuvres et les installations hydrauliques (particulièrement la position des prises d'eau et des vannes de crue) n'ont qu'une influence très faible sur les phénomènes étudiés. Le comportement des eaux est donc lié avant tout aux conditions atmosphériques et donc très voisin de celui d'un lac naturel. Le troisième lac étudié (Koni) est un réservoir d'accumulation doté d'une très faible autonomie, il s'écarte donc plus nettement d'un milieu lacustre naturel.

3. La température des eaux est soumise à des variations saisonnières. Celles-ci ne correspondent pas à l'alternance des périodes sèches et pluvieuses mais sont superposables aux modifications de la température moyenne de l'atmosphère. On reconnaît successivement :

- 1° : une phase de refroidissement et de circulation totale correspondant au début de la saison sèche soit d'avril-mai à juin-juillet. La diminution de la température est, selon les années, de 5 à 10 °C.
- 2° : une phase de réchauffement correspondant à la fin de la saison sèche (août — octobre) et au début de la saison des pluies (novembre). Les eaux atteignent leur température maximum comprise entre 25 et 26 °C.
Ce réchauffement s'accompagne d'une stratification plus ou moins nette des eaux.
- 3° : une phase de constance thermique relative marque la fin de la saison des pluies. Elle peut, dans certains cas particuliers, être considérée comme une période de stagnation.

4. Nous devons nuancer l'opinion habituelle selon laquelle, dans la zone intertropicale, la saison sèche est la période de circulation et la saison des pluies la période de stagnation. Dans les lacs du Haut Katanga, la circulation peut être causée par deux facteurs. En saison sèche, le refroidissement du climat, les vents violents et la forte évaporation créent des courants de convection qui brassent tout le volume d'eau et rendent homogènes sa température et sa composition chimique. En saison des pluies, les précipitations, apportent des eaux froides et lourdes qui engendrent des courants de convection d'intensité plus faible que les précédents. En plus de ces mouvements s'en ajoutent d'autres, créés par les phénomènes de diffusion qui augmentent progressivement le volume d'eau en circulation.

5. Les conditions atmosphériques régnant au début de la phase du réchauffement permettent l'isolement précoce d'un épilimnion. Ce mécanisme est différent de celui qui a été observé dans certains lacs européens du type chaud.

Références bibliographiques

- BEADLE, L. C., 1932: Observations on the bionomics of some East African swamps. Scientific res. of the Cambridge exp. to East African lakes, 1930. Journ. Linn. Soc. London, XXXVIII. 135.

- BERNARD, E., 1950: Aperçus fondamentaux sur la climatologie du Katanga. C. R. Congrès scientif. Elisabethville, IV, n°1, p. 56. Public. C.S.K., coll. in 8°, Bruxelles.
- BRAUN, R., 1952: Limnologische Untersuchungen an einigen Seen im Amazonasgebiet. Rev. Suisse Hydrol. XVI, 1:1.
- BULTOT, F., 1950: Carte des régions climatiques du Congo belge établie d'après les critères de KÖPPEN. Public. bureau climatologique I.N.E.A.C., 2, 15 pp.
- 1954a: Saisons et périodes sèches et pluvieuses au Congo belge et au Ruanda-Urundi. Public. bureau climatologique I.N.E.A.C., 9, 70 pp.
- 1954b: Notice sur la carte des zones climatiques du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Atlas général du Congo, fasc. XXXIII. Public. Acad. r. Sc. colon. Bruxelles.
- COMMISSION D'ÉTUDES DU LAC D'EGUZON, 1956: Le lac d'Eguzon. Contribution à l'étude physique, chimique et biologique d'un lac de barrage artificiel. Ann. Stat. centr. Hydrobiol. appl. VI: 5.
- DAMAS, H., 1937: Recherches hydrobiologiques dans les lacs Kivu, Edouard et Ndalaga. Exploration Parc National Albert, Mission H. DAMAS (1935—1936) Fasc. I, 128 pp. — Inst. Parcs Nationaux Congo belge, Bruxelles.
- 1954: Etude limnologique de quelques lacs ruandais. II. Etude thermique et chimique. Inst. r. colon. belge, Sect. Sc. Nat. et médie., Mém. in 8°, XXIV, fasc. 4: 116 pp.
- 1957: In „Mission interdisciplinaire d'étude du Haut Katanga". Fondation Université de Liège pour les Recherches Scientifiques au Congo belge et au Ruanda-Urundi (F.U.L.R.E.A.C.), premier rapport, mai 1957: 26.
- 1958: Ecologie d'un marécage katangais. Ann. Soc. r. zool. Belgique, LXXXIX, 1958—59, 1: 93.
- , MAGIS, N., et NASSOGNE, A., 1959: Contribution à l'étude hydrobiologique des lacs de Mwadingusha Koni et N'Zilo. Publ. trim. Centre Etude Problèmes Sociaux Indigènes (C.E.P.S.I.) 46: 49 pp.
- DUBOIS, J. TH., 1958: Evolution de la température, de l'oxygène dissous et de la transparence dans la baie Nord du lac Tanganika. Hydrobiologia X: 215.
- DUSSART, B., 1954: Température et mouvements des eaux dans un lac. Introduction à l'étude d'un milieu. Ann. Stat. centr. Hydrobiol. appl. V: 7.
- MARTHOZ, A., 1954: Le problème de l'énergie électrique au Katanga. Energie, fasc. 124: 56 pp.
- MORTIMER, C. H., et MOORE, W. H., 1953: The use of thermistors for the measurement of lake temperature. Assoc. internat. Limnol. théor. et appl., communic. 2: 42 pp.
- PIROCCHI, L., 1949: Osservazioni sulla termica delle acque superficiali del lago Maggiore. Mem. Ist. ital. Idrobiol. Milano V: 257.
- ROBERT, M., 1956: Géologie et géographie du Katanga y compris l'étude des ressources et de la mise en valeur. Public. U.M.H.K., Bruxelles.
- RUTTNER, F., 1931: Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. Arch. Hydrobiol., suppl. VIII: 197.
- STANKOVIC, S., 1960: The balkan lake Ohrid and its living world. Monograph. biolog., IX, 357 pp. W. Junk, édit.
- VAN MEEL, L., 1953: Contribution à l'étude du lac Upemba. A. Le milieu physico-chimique. Exploration Parc National Upemba, fasc. 9. Inst. Parcs nat. Congo belge, Bruxelles.
- VERBEKE, J., 1957: Recherches écologiques sur la faune des grands lacs de l'Est du Congo belge. Explor. hydrobiol. des lacs Kivu, Edouard et Albert (1952). III, 1: 177 pp. (Inst. r. Sc. Nat. Belgique, Bruxelles).
- YOSHIMURA, S., 1936: A contribution to the knowledge of deep temperatures of Japanese lakes. Japan Journ. Astron. Geophys. XXX, p. 61 et XIV, p. 57.

NOËL MAGIS
 Université de Liège,
 Institut Zoologique ED. VAN BENEDEN,
 Laboratoire d'Ecologie Animale,
 Liège, Quai Van Beneden, 22.