

**UN LAC ACIDE DE MONTAGNES ANCIENNES**  
**LE LAC DE LISPACH, DANS LES VOSGES**

---

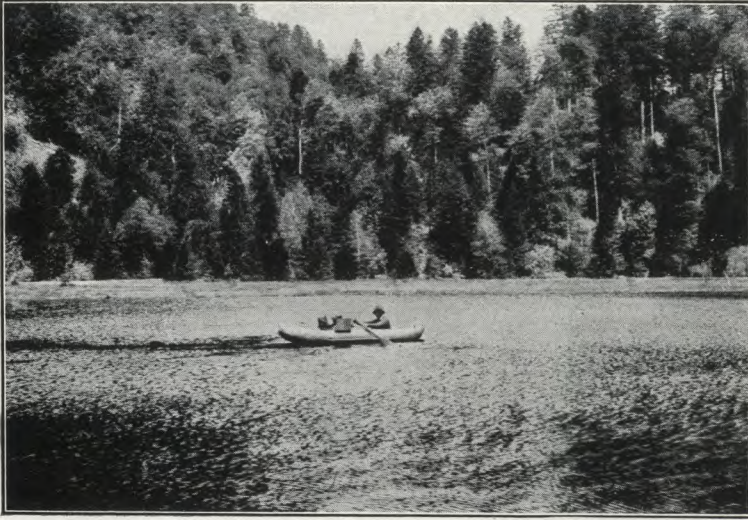
**ÉTUDE HYDROBIOLOGIQUE**

**Par Étienne HUBAULT**

PROFESSEUR DE ZOOLOGIE A L'ÉCOLE NATIONALE DES EAUX ET FORÊTS

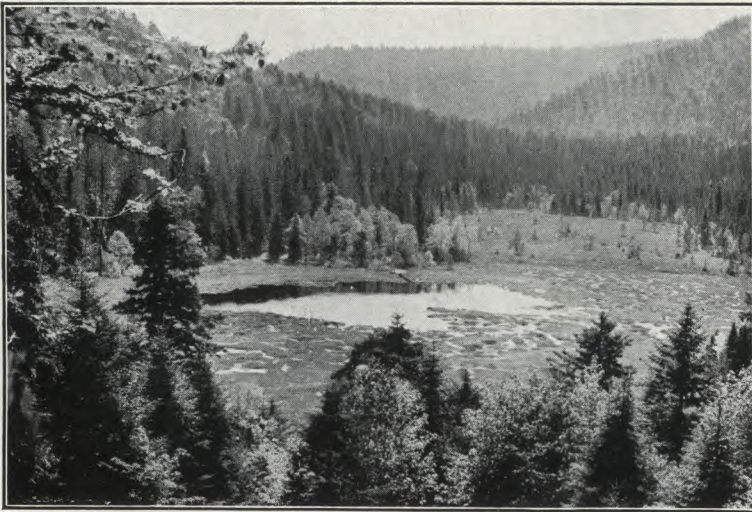


PLANCHE I



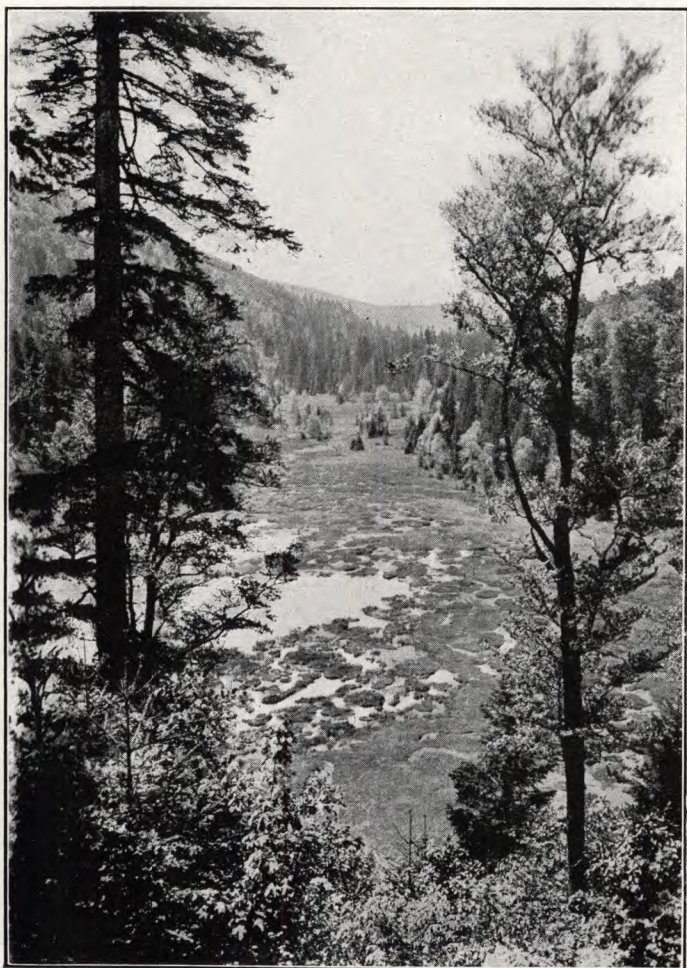
*Cl. Rol*

Le lac de Lispach. Le bassin central.



*Cl. Rol*

Le lac de Lispach. Les îlots flottants formés par les sphaignes.



*Cl. Rol*

Le lac de Lispach. Les îlots flottants formés par les sphaignes.



# UN LAC ACIDE DE MONTAGNES ANCIENNES

## LE LAC DE LISPACH, DANS LES VOSGES

---

### ÉTUDE HYDROBIOLOGIQUE

---

Le lac de Lispach est situé à 912 mètres d'altitude, à quelques kilomètres au sud de celui de Longemer, au milieu des massifs de granite à amphibole qui forment les épaulements occidentaux de l'arête centrale des Hautes-Vosges, au Hohneck.

Il se déverse dans la Moselotte. Il est entouré de forêts d'épicéas et de sapins pectinés.

Cette nappe d'eau de faibles dimensions (Pl. I et II), — elle a environ 200 mètres de longueur sur 100 de largeur et 10,30 de profondeur, — n'offrirait qu'un médiocre intérêt, si elle ne présentait au point de vue biologique, quelques particularités curieuses. L'envahissement de la totalité de ses rives par une puissante lande de sphaignes qui envoie loin jusqu'en pleine eau des presqu'îles et des îlots flottants couverts de *Calluna vulgaris*, d'*Oxycoccus palustris*, d'*Andromeda polifolia*, des trois espèces de *Drosera*, en fait un lac *dystrophe*, *nettement acide*. De nombreuses observations faites en 1931 et 1932 sur la nature de ses eaux et sur sa faune planctonique, ont permis d'en tirer les résultats suivants.

#### I. — TEMPÉRATURES DES EAUX (Pl. III).

Les températures aux diverses profondeurs ont été prises avec un thermomètre à renversement contrôlé. Le tableau suivant rend compte de ces mesures.

TABLEAU I.

PROFONDEURS	30 mai 1931	7 juillet 1931	7 octobre 1931	30 décembre 1931	2 mars 1932	20 mai 1932	29 juillet 1932	13 octobre 1932
Fond. . . . .	5° 4	5° 6	6°	(1)	(2)	5° 3	5° 5	5° 7
5 mètres . . . .	5° 8	6°	7°	»	4° 5	4° 9	6°	8° 05
Surface. . . . .	21° 1	17° 85	9° 8	0° 1	0° 4	(3)	14° 9	8° 8

(1) Sous 20 centimètres de glace.  
(2) Sous 45 centimètres de glace.  
(3) Inversion possible du fait des faibles différences du poids spécifique de l'eau au voisinage de son maximum.

Le lac gèle tous les hivers, et si fort qu'il est impossible à une personne non avertie, de le distinguer sous son manteau de neige, d'une grande clairière de forêt.

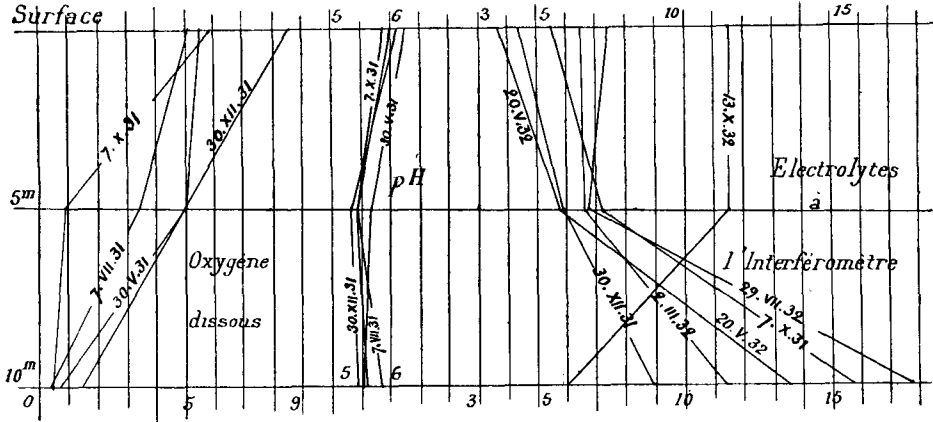
Il peut paraître d'autre part assez étrange qu'une nappe d'eau aussi peu profonde puisse présenter, par les chaudes journées de la fin du printemps ou de l'été, des couches superficielles à une température aussi élevée et des couches profondes aussi fraîches. Dans le lac voisin, de Retournemer, d'une profondeur comparable, le phénomène est moins accusé. La présence d'une couche de saut thermique, d'un thermocline aussi net, peut s'expliquer à Lispach, par des sources sous-lacustres et par la présence des nappes flottantes de tourbe, qui échauffent par contact les eaux superficielles, tout en garantissant au contraire les couches profondes contre la chaleur solaire.

Le 2 mars et le 20 mai 1932, les eaux à 5 mètres et au fond ont présenté une légère inversion : la couche la plus dense n'était pas au fond. Ce fait n'est pas impossible à cause des variations de densité extrêmement faibles au voisinage du maximum; ceci a déjà été observé ailleurs.

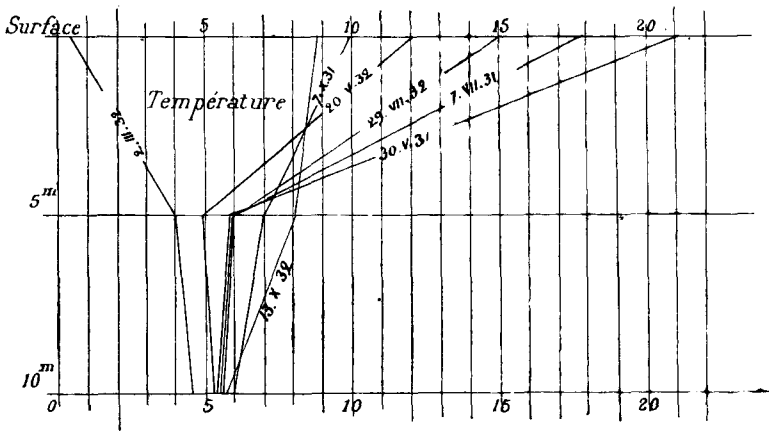
## II. — TRANSPARENCE ET COULEUR DES EAUX (Pl. IV).

Les eaux sont toujours de couleur brune et peu transparentes du fait des matières humiques dissoutes et des corps en suspen-

PLANCHE III

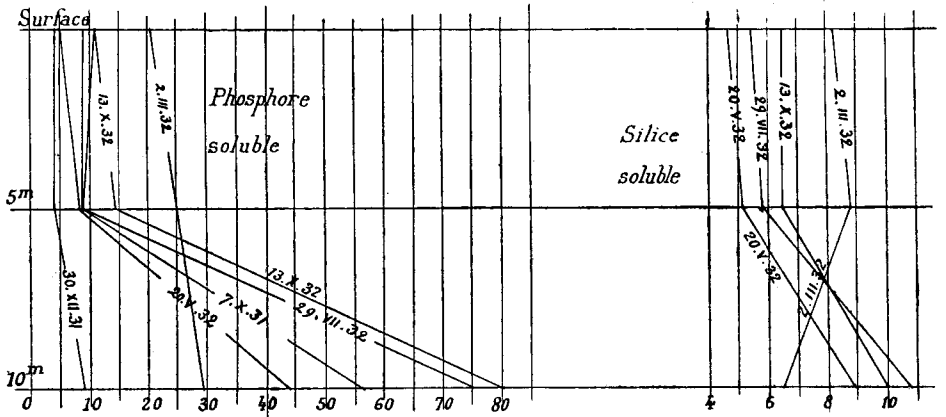


Graphiques des variations de l'oxygène dissous, du pH, de la quantité totale d'électrolytes, avec la profondeur au cours de l'année.

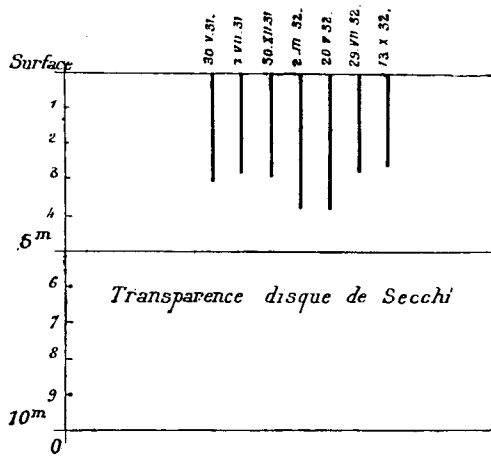


Graphique des variations de température, avec la profondeur au cours de l'année.

PLANCHE IV



Graphique des variations de la silice et du phosphore dissous, avec la profondeur au cours de l'année.



Graphique des variations de la transparence des eaux, avec la profondeur au cours de l'année.



sion, du plancton notamment. Le disque de Secchi y disparaît vite.

TABLEAU II.

	30 mai 1931 8 h. 15	7 juillet 1931 17 heures	30 décembre 1931 11 h. 25	2 mars 1932 9 h. 15	20 mai 1932 8 h. 10	29 juillet 1932 14 h. 20	13 octobre 1932 15 h. 25
Limite de visibilité du disque de Secchi. . .	3 <sup>m</sup> 1 (1)	2 <sup>m</sup> 9 (2)	2 <sup>m</sup> 9 (3)	3 <sup>m</sup> 8 (1)	3 <sup>m</sup> 8 (1)	2 <sup>m</sup> 8 (4)	2 <sup>m</sup> 7 (2)
(1) Beau temps. (2) Couvert : pluie. (3) Couvert : neige et blizzard. (4) Couvert.							

La limite de visibilité du disque blanc est naturellement plus profonde par beau temps. C'est même la principale objection que l'on puisse faire à l'exactitude de la méthode, comme du reste de toutes celles qui visent à la mesure de la transparence des eaux, car elles sont éminemment dépendantes de la nébulosité.

### III. — ACIDITÉ DES EAUX (pH) (Pl. III).

L'acidité a été mesurée colorimétriquement sur place, concurrentement avec deux échelles d'indicateurs colorés, l'une au bromocrésol pourpre (de 5,2 à 6,8) et l'autre au bromothymol bleu (de 6 à 7,6). Voici les résultats :

TABLEAU III.

PROFONDEUR	30 mai 1931	7 juillet 1931	7 octobre 1931	30 décembre 1931
Fond . . . . .	5,5	5,8	5,6	5,4
5 mètres. . . . .	5,7	5,4	5,4	5,3
Surface. . . . .	6,5	6	5,8	6,2

Il y a généralement un léger minimum dans les couches moyennes.

#### IV. — OXYGÈNE DISSOUS DANS L'EAU (Pl. III).

Il a été dosé en pipette d'Albert-Lévy par la méthode de WINCKLER (1888) : action du chlorure de manganèse, puis de l'iodure de potassium en solution alcaline, suivie d'un retour en milieu acide; dosage subséquent du précipité d'iode formé au moyen d'une solution titrée d'hyposulfite de soude correspondant à un volume connu d'oxygène, et en employant comme indicateur l'empois d'amidon. Les volumes d'oxygène obtenus sont réduits à 0° et à 76 cm.

TABLEAU IV.

PROFONDEURS	30 mai 1931			3 juillet 1931			7 octobre 1931			30 décembre 1931		
	cm <sup>3</sup>	Différence avec la saturation à la même température	Pour cent de la saturation	cm <sup>3</sup>	Différence avec la saturation à la même température	Pour cent de la saturation	cm <sup>3</sup>	Différence avec la saturation à la même température	Pour cent de la saturation	cm <sup>3</sup>	Différence avec la saturation à la même température	Pour cent de la saturation
Fond . . .	0,7	— 8,2	8	0,4	— 8,5	4	0,5	— 8,3	6	1,5	»	»
5 mètres. .	5	— 3,8	57	3,4	— 5,4	39	0,9	— 7,7	10	4,9	»	»
Surface . .	5,4	— 1	84	5,05	— 1,78	74	5,8	— 2,2	72	8,6 (1)	— 1,7	83

(1) Couche d'eau imprégnée de neige sur la glace.

La saturation à la température des eaux du lac était donnée par les tables de Fox (BIRGE et JUDAY 1912, 1914).

On peut déduire de l'examen des nombres précédents quelques considérations sur les conditions de vie dans le lac de Lispach. Le 30 décembre 1931, je trouvai 8 cm<sup>3</sup> 6 d'oxygène dissous par litre dans les eaux de surface. Il y avait ce jour-là un dégel momentané et sur une couche de glace de 25 centimètres d'épaisseur reposait une nappe d'eau de fonte de cette glace, mélangée

à de la neige, le tout au contact de l'air et à la température de  $0^{\circ},1$ , donc très oxygénée. Quand la glace eût été brisée pour les prises d'échantillons au fond et à 5 mètres, les eaux de surface se mélangèrent à cette eau de fonte de la glace, ce qui augmenta leur teneur en oxygène.

Au printemps, en été et en automne, les couches d'eau profondes sont extrêmement pauvres en oxygène dissous et aucun être vivant ne s'y rencontre. On doit chercher la cause de ce phénomène dans la masse de cadavres provenant du zooplancton, qui se décomposent sur le fond. En hiver, le zooplancton est infiniment plus pauvre et la teneur des eaux de fond en oxygène dissous est plus élevée.

## V. — QUANTITÉS TOTALES D'ÉLECTROLYTES (Pl. III).

Ces quantités totales d'électrolytes ont été mesurées au moyen d'un interféromètre à eau dont voici brièvement le principe :

Imaginons une lunette (fig. 1) recevant des rayons parallèles à son axe optique et qui proviennent d'un point lumineux au foyer d'une lentille collimatrice.

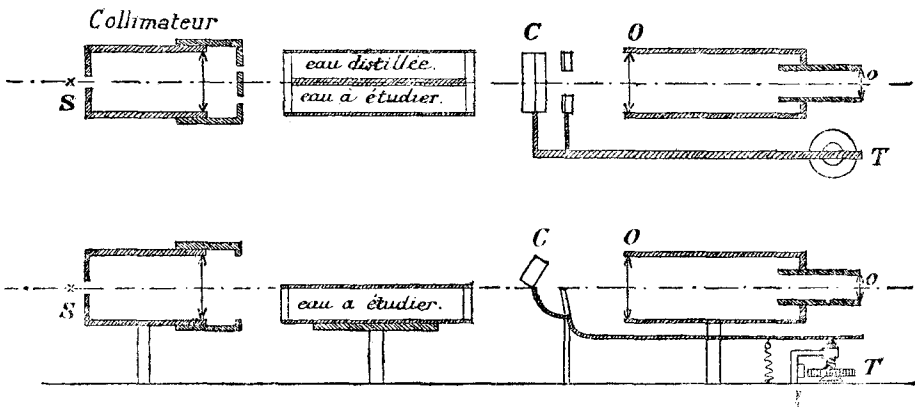


Fig. 1. — Interféromètre à eau. — Schémas en projections horizontale et verticale. — S, source lumineuse du collimateur; C, compensateur; O, o, objectif et oculaire de la lunette; T, tambour gradué calé sur un pas de vis agissant sur le bras de levier du compensateur et se déplaçant devant un index fixe I.

Si l'on place devant l'objectif de la lunette une fente rectangulaire, on obtient dans le plan focal de cet objectif, des franges de diffraction parallèles à la fente et qu'on observe au travers de l'oculaire. Ces franges restent les mêmes si l'on déplace la fente devant l'objectif sans changer son orientation.

Soit maintenant devant l'objectif deux fentes au lieu d'une, verticales et de mêmes dimensions. Chacune d'elles donnent les mêmes franges de diffraction. Mais on observe en outre des *franges d'interférence* qui proviennent de l'interférence des rayons diffractés par la première fente avec les rayons diffractés par la seconde. Ces franges d'interférence s'expliquent comme les franges de la classique expérience d'Young. Quand la lumière est blanche, ces franges sont colorées; le centre du phénomène est blanc et de part et d'autre, on observe deux franges sombres avec une teinte légèrement rougeâtre du côté du centre et bleuâtre à l'opposé. Supposons maintenant qu'on place devant l'une des fentes une colonne de liquide plus réfringente que celle qui est devant l'autre fente, les franges se déplacent dans le champ, le centre du phénomène se déplaçant du côté de la fente devant laquelle se trouve la colonne liquide plus réfringente.

Dans l'interféromètre à eau, les moitiés supérieures des deux fentes reçoivent des rayons qui arrivent concordants sur celles-ci (fig. 1). Les moitiés inférieures reçoivent, l'une, des rayons qui ont traversé le liquide de comparaison, ici, de l'eau distillée ou bidistillée très pure; l'autre des rayons ayant traversé l'eau à étudier dont la réfringence plus ou moins grande est fonction de la quantité d'électrolytes qu'elle contient.

Les deux systèmes de rayons arrivent sur les demi-fentes inférieures respectives avec une certaine différence de marche; les franges sont d'autant plus décalées par rapport à celles que donnent les demi-fentes supérieures que l'eau à étudier est plus riche en électrolytes. On supprime et on mesure le décalage au moyen d'un système optique spécial appelé compensateur. Ce compensateur (fig. 1) est relié par un bras de levier à un tambour gradué se déplaçant devant un index fixe; on a ainsi en unités arbitraires, la richesse en électrolytes de l'eau à étudier par rapport à l'eau distillée.

Sur l'index fixe, sont graduées les centaines; sur le tambour, les dizaines et les unités.

Voici en degrés interférométriques la richesse des eaux du lac de Lispach à diverses profondeurs et à diverses époques de l'année.

TABLEAU V.

PROFONDEURS	7 octobre 1931	30 décembre 1931	2 mars 1932	20 mai 1932	29 juillet 1932	13 octobre 1932
Fond . . . . .	15,7	8,9	11,3	13,5	17,7	6
5 mètres . . . . .	7,2	5,9	6,6	5,8	6,7	11,5
Surface . . . . .	5,5	4,4	6,5	3,7	7,3	11,5

Ce sont des eaux remarquablement pauvres en électrolytes. D'une façon générale, la richesse diminue du fond à la surface. Il y a eu pourtant une inversion le 13 octobre 1932. Les observations furent faites au cours d'une période de pluies alors que les tributaires amenaient au lac des masses d'eau plus chaudes que les eaux de profondeur et plus riches en substances dissoutes.

#### VI. — ÉTUDES PARTICULIÈRES DU PHOSPHORE ET DE LA SILICE SOLUBLES CONTENUS DANS LES EAUX DU LAC (Pl. IV).

Il peut y avoir intérêt à connaître d'une façon aussi exacte que possible, les quantités de certaines matières nécessaires à la vie et contenues dans des eaux closes, car de leur abondance dépend la quantité de matière vivante de la nappe d'eau, ce que l'on a appelé sa *production biologique* (NAUMANN 1931). Parmi ces substances, il y a les azotes ammoniacal, nitreux et nitrique, le phosphore soluble, le phosphore en combinaisons organiques, les silices soluble et colloïdale. Ces matières sont, dans la plupart des cas, susceptibles de dosages colorimétriques rapides et suffisamment exacts. Pourtant, au cas particulier, j'ai dû me borner à la détermination du phosphore et de la silice

solubles; les substances humiques présentes dans les eaux ont rendu assez douteux les dosages colorimétriques de l'azote ammoniacal par la méthode de Nessler, de l'azote nitreux par celle de Griess, et de l'azote nitrique par le procédé de Grandval et Lajoux (KLING 1922).

Seules, les méthodes de DENIGÈS (1920), pour le phosphore soluble, et de WINKLER (1914), pour la silice soluble, m'ont fourni des résultats fort admissibles et que l'on peut regarder comme proches de la vérité.

Avant de passer à l'étude de la présence de ces deux corps dans les eaux du lac de Lispach, je dirai quelques mots de l'appareil qui m'a permis une comparaison aussi exacte que possible des diverses liqueurs colorées.

### A) Photomètre différentiel.

Cet instrument (fig. 2), d'un emploi avantageux comme colorimètre, se compose théoriquement des parties suivantes.

Tout d'abord, une source lumineuse unique  $S$ , productrice de deux faisceaux de rayons parallèles et d'intensité identique, grâce à deux miroirs plans  $M, M'$  et à deux lentilles convergentes de même distance focale  $S_1 L$  et  $S_2 L'$ .

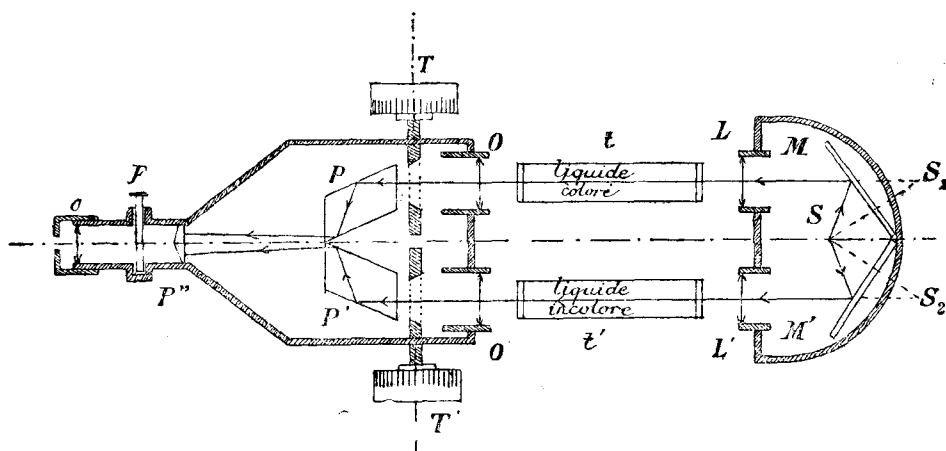


Fig. 2. — Photomètre différentiel. — Schéma en projection horizontale.

Ces deux faisceaux pénètrent dans le corps du photomètre lui-même par deux lentilles objectifs O et O', puis sont repris par deux prismes à réflexion totale P, P' et viennent se projeter sur un biprisme P'' en deux plages lumineuses mitoyennes que l'on examine avec un oculaire o. Entre les objectifs O et O', et les prismes à réflexion totale P et P', il y a deux diaphragmes d'ouverture variable, reliés à deux tambours gradués T T' tournant devant un index fixe. La graduation 100 des tambours correspond à l'ouverture maxima des diaphragmes; zéro à leur fermeture complète. Entre l'oculaire o et les plages lumineuses mitoyennes formées sur le biprisme P'', on peut intercaler à volonté des écrans ou filtres colorés, F, correspondant à des longueurs d'ondes connues, donc à des lumières rigoureusement monochromatiques.

Supposons maintenant que sur le trajet des rayons lumineux, entre les lentilles L L' de la source lumineuse et les objectifs O et O' du corps du photomètre, on interpose deux tubes identiques t et t' contenant, l'un, t, un liquide coloré, l'autre t', un liquide incolore. Les deux plages lumineuses mitoyennes en P'' vont apparaître alors, l'une colorée comme t, l'autre incolore. Ou bien, si l'on intercale entre P'' et l'oculaire o, le filtre coloré F le mieux choisi pour absorber le *maximum* des radiations colorées que laisse passer le tube t, on apercevra dans l'oculaire non plus une plage de la couleur de t et une plage incolore, mais bien une plage sombre et une plage de la couleur de F. La plage sombre le sera d'autant plus que la couleur de t sera plus foncée. On ramènera alors l'égalité d'éclairement en diminuant par le jeu du tambour T', l'ouverture du diaphragme correspondant à t'. Cette égalité obtenue, T' indiquera en pour cent la transparence du tube coloré t.

On conçoit que, pour les dosages colorimétriques de certaines substances dissoutes, il soit possible d'établir des courbes en préparant des séries d'étalons contenant en solutions, des quantités strictement connues des diverses substances à étudier. On compare chaque étalon au mélange incolore constitué par de l'eau distillée absolument pure, additionnée des réactifs appropriés. La courbe se construit alors facilement (fig. 3) si l'on porte en abscisses les concentrations des étalons et en or-



données les pour cent de transparence des étalons de plus en plus foncés. Quand on étudiera ensuite les substances dissoutes dans les eaux, il suffira de comparer au mélange incolore, les

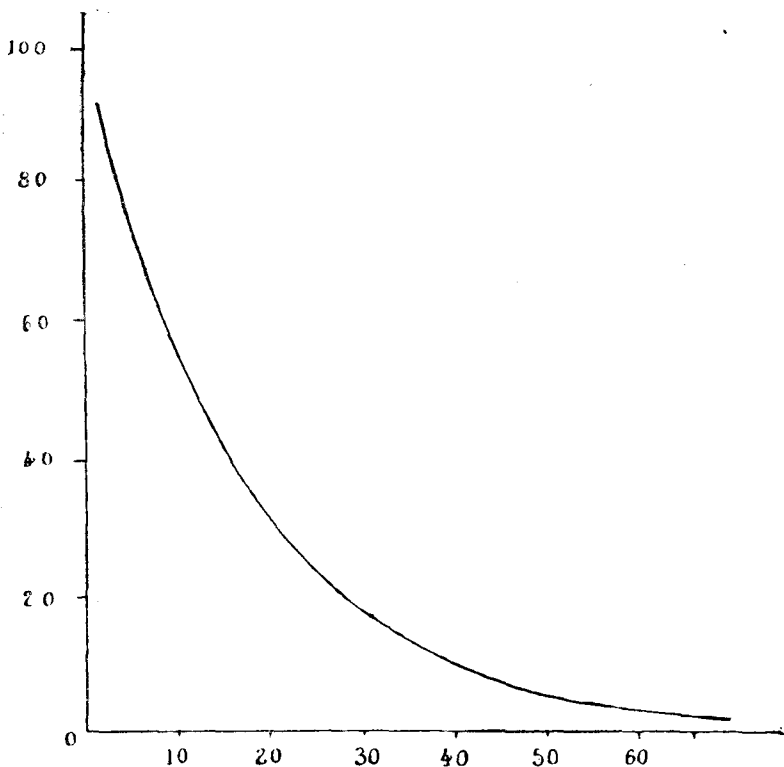


Fig. 3. — Courbe de concentrations fournie par le photomètre différentiel.

teintes qu'elles produisent en présence des réactifs appropriés. Le photomètre différentiel marquera le pour cent de transparence. On en déduira immédiatement au moyen de la courbe, la quantité correspondante de substance dissoute dans l'eau examinée.

Mais il y a des cas où de telles courbes ne sont pas commodes à construire. Les quantités de substances dissoutes sont alors calculées en ayant recours à la notion de *coefficient d'extinction*. Voici brièvement ce dont il s'agit.

Soit  $t_1$  la transparence marquée par le tambour de l'appareil pour une solution colorée quelconque, d'un centimètre d'épaisseur. L'expérience vérifie que la transparence  $t_n$  de cette même solution, pour  $n$  centimètres d'épaisseur, sera donnée par la formule :

$$t_n = t_1^n \quad (1)$$

D'où :

$$\log t_n = n \log t_1 \quad (2)$$

Ainsi donc, la transparence lue sur le tambour de l'appareil n'est pas une fonction rectiligne de l'épaisseur du liquide, mais bien seulement les logarithmes de cette grandeur. On tire de (2) :

$$\log t_1 = \frac{1}{n} \log t_n \quad (3)$$

Les transparences étant toujours inférieures ou au plus égales à 1, leurs logarithmes sont négatifs; il est plus commode de les remplacer par leurs cologarithmes. Ce sont ces cologarithmes que l'on nomme *coefficients d'extinction*, et que l'on désigne par les notations  $k_1 \dots k_n$ .

On a donc :

$$\text{colog } t_1 = \frac{1}{n} \text{colog } t_n \quad (4)$$

$$k_1 = \frac{1}{n} k_n$$

Des tables donnent, pour chaque transparence lue, les coefficients d'extinction correspondants. D'autre part, ces coefficients d'extinction étant proportionnels à l'épaisseur du liquide coloré, il en résulte que pour une même épaisseur, ils sont proportionnels à la concentration de la substance qui, traitée par les réactifs, donne la couleur à l'eau envisagée. Ainsi donc on aura :

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{k_1}{k_2} \quad (5)$$

En appelant  $c_1$  et  $c_2$ , deux concentrations différentes d'un même corps en solution, et  $k_1$ ,  $k_2$ , les coefficients d'extinction correspondant aux transparences lues sur le tambour. D'où :

$$c_2 = c_1 \frac{k_1}{k_2} \quad (6)$$

Si donc on fabrique un étalon de concentration connue  $c_1$ , il sera facile d'en déduire la concentration  $c_2$  du corps à étudier dans une eau, à condition de comparer, avec le photomètre, l'étalon et l'eau convenablement traitée, au mélange incolore formé par l'eau distillée pure, plus les réactifs appropriés.

**Couleur propre des eaux.** — On en tiendra compte dans l'examen en comparant au préalable, l'eau qu'on étudie, au mélange incolore de l'eau distillée et des réactifs; il faudra employer comme filtre coloré, celui dont on se servira ensuite pour le dosage de la substance. On obtiendra ainsi une certaine transparence, généralement élevée, que l'on convertira en une quantité fictive de matières dissoutes, à retrancher ensuite des résultats définitifs trouvés.

### B) Phosphore soluble dans les eaux du lac de Lispach

(Pl. IV).

J'ai employé la méthode colorimétrique de DENIGÈS (1920), adaptée par Atkins (HARVEY 1929) et en me servant des quantités de réactifs indiquées par JUDAY, BIRGE, KEMMERER et ROBINSON (1928).

Le principe du procédé est le suivant. On traite l'eau à analyser par quelques centimètres cubes du mélange d'une solution de molybdate d'ammoniaque et d'acide sulfurique au demi; on ajoute ensuite quelques gouttes d'une solution de chlorure stanneux. Il se développe en une dizaine de minutes, une coloration bleue qui persiste une heure environ et qui est proportionnelle à la quantité de phosphore contenue dans l'eau.

Deux causes d'erreurs sont à envisager. Tout d'abord, la coloration bleue se produit avec l'arsenic, corps de la même famille que le phosphore, mais moins commun dans la nature. De plus, l'acide sulfurique altère la couleur propre des eaux humiques, en les clarifiant. On évitera tout mécompte à ce sujet en versant d'abord l'acide dans les échantillons à analyser, en le laissant agir un certain temps, une demi-heure environ, jusqu'à ce que la couleur propre de l'eau se stabilise à nouveau. On passera alors les échantillons au photomètre pour établir la correction due à cette couleur propre. On ajoutera ensuite le molybdate d'ammoniaque, puis le chlorure stanneux pour le dosage définitif. La méthode est extrêmement sensible et il faut avoir soin, ainsi que le conseille MAUCHA (1932), de n'opérer que dans des vases d'une rigoureuse propreté.

Voici les résultats obtenus.

TABLEAU VI.

PROFONDEURS	MILLIGRAMMES PAR TONNE D'EAU					
	7 octobre 1931	30 décembre 1931	2 mars 1932	20 mai 1932	29 juillet 1932	13 octobre 1932
Fond . . . . .	56	8	29	43	75	80
5 mètres. . . . .	8	4	25	7	8	14
Surface . . . . .	11	4	21	5	8	11

Il est impossible de ne pas remarquer la richesse des eaux de fond en phosphore soluble, précisément à l'époque ou juste après l'époque où le plancton est le plus abondant, c'est-à-dire en été. La masse de cadavres en s'accumulant, enrichit beaucoup les couches profondes. Tandis qu'au cœur de l'hiver, saison pendant laquelle le plancton se raréfie beaucoup, la teneur des eaux s'abaisse aussi largement. Une seule fois, le 2 mars 1932, les couches d'eau ont toutes présenté des richesses comparables. Et pourtant, à ce moment de l'année, le plancton est pauvre et l'on peut constater en se reportant au tableau des températures

des eaux, que la circulation vernale n'avait pas encore eu lieu.

*Dans tous les cas on voit quel intérêt présenteraient pour l'agriculture, des irrigations faites avec des eaux de fond de grands lacs riches en plancton.*

### C) Silice soluble (Pl. IV).

Elle a été dosée par la méthode colorimétrique de WINKLER (1914), avec quelques modifications dues à DIÉNERT et WANDENBULCKE (1923) ainsi que, dernièrement, à King et Lucas (ROBINSON et KEMMERER 1930).

On acidifie légèrement l'échantillon d'eau par quelques gouttes d'acide sulfurique au demi et on y ajoute le vingt-cinquième de son volume d'une solution de molybdate d'ammoniaque à 10 %. Il se fait une teinte jaune qui fonce en dix minutes, puis qui se maintient constante pendant trois heures, à peu près.

L'échelle de teintes nécessaire pour la confection de la courbe se fabrique facilement, si l'on sait qu'une solution de 25 mmgr. 6 par litre, d'acide picrique pur a exactement la même couleur que celle obtenue avec une solution contenant 50 mmgr. par litre de silice.

Il faut prendre, pour tenir compte de la couleur propre des eaux, les mêmes précautions que pour la détermination de la quantité de phosphore soluble.

Voici les résultats obtenus pour le lac de Lispach.

TABLEAU VII.

PROFONDEUR	MILLIGRAMMES PAR LITRE D'EAU			
	2 mars 1932	20 mai 1932	29 juillet 1932	13 octobre 1932
Fond . . . . .	6,5	8,9	10,7	10
5 mètres. . . . .	8,8	5,2	5,8	6,5
Surface. . . . .	8,2	4,7	5,5	6,5

Les couches profondes sont plus riches, sauf le 2 mars 1932.

Ce résultat, joint à celui trouvé le même jour pour le phosphore soluble tendrait néanmoins à prouver qu'il y avait un début de circulation dans le lac, en dépit des 45 centimètres de glace qui le couvraient; cette opinion peut être confirmée par la légère inversion de température qui a été constatée entre les eaux de fond et celles de 5 mètres.

## VII. — ÉTUDE DU ZOOPLANCTON

Il a été de ma part l'objet d'une attention soutenue au cours des deux années que durèrent mes recherches.

Je dirai de suite qu'il n'y a de plancton qu'en surface et que les couches profondes n'en contiennent pas, eu égard à l'absence presque complète d'oxygène dissous.

Voici la liste non limitative des espèces que j'ai recueillies. Une partie des déterminations est due au professeur J. ROY, de Paris, à qui j'adresse ici mes remerciements. A côté de chaque groupe, j'ai fait figurer les noms des auteurs des ouvrages qui ont servi aux déterminations.

### **Rotifères** (DIEFFENBACH et SACHSE 1912, WEBER 1918).

*Conochilus unicornis* Rouss.

*Anurea aculeata* Ehrenb.

*A. cochlearis* Gosse.

### **Cladocères** (STINGELIN 1908, KEILHACK 1909).

*Diaphanosoma brachyurum* Liév.

*Daphnia longispina* O. F. M., var. *longispina* s. str., form. *litoralis* Sars et form. *typica* O. F. M.

*Simocephalus vetulus* O. F. M.

*Ceriodaphnia pulchella* G. O. Sars.

*Scapholeberis mucronata* O. F. M.

*Bosmina coregoni* Baird., var. *Stingelini* Burck.

*Eurycercus lamellatus* O. F. M.

*Acroperus harpae* Baird., var. *frigida* Eckm.

*Alonopsis elongata* G. O. Sars.

**Copépodes** (GIESBRECHT et SCHMEIL 1898, VAN DOUWE 1909, THIÉBAUD 1915, RYLOV 1924, PESTA 1928, KIEFER 1929).

*Heterocope saliens* Lillj.

*Diaptomus denticornis* Wierz.

*Cyclops (Megacyclops) viridis* Jur., var. *gigas* Claus.

*Cyclops strenuus* Fisch.

*Acanthocyclops vernalis* Fisch.

### Hydracariens.

Nymphe d'*Arrhenurus* Dug.

### Insectes.

Larves de Chironomides.

### Poissons.

*Salmo fario* L.

Il importe maintenant de revenir sur certaines de ces formes, leur rareté ou leur fréquence, ainsi que leurs époques d'apparition.

#### A) Rotifères.

La belle espèce *Conochilus unicornis* Rouss. est extrêmement abondante en été. IMHOF (1888) signale *Conochilus volvox* Ehrenb. dans le lac de Longemer, ainsi que dans le lac Noir sur le versant alsacien des Vosges et qui est à peu près à la même altitude que Lispach (950 mètres). Je n'ai pas rencontré *Conochilus volvox* dans les lacs des Vosges. Il s'agit sûrement de *Conochilus unicornis*, espèce décrite par Rousselet en 1892, bien après



la description de *C. volvox* par Ehrenberg en 1838, et postérieurement aussi au travail d'IMHOF.

Quant aux deux espèces d'*Anurea*, on ne les rencontre dans le lac de Lispach qu'en petites quantités et à l'état sporadique.

## B) Cladocères.

Parmi ceux-ci, il faut réserver une mention spéciale à :

*Eurycercus lamellatus* O. F. M. que VANDEL (1919) dans le Jura, n'a jamais rencontré dans les tourbières. On a peine à croire à une différence d'habitat aussi radicale à cent cinquante kilomètres de distance.

*Acroperus harpae* Baird, var. *frigida* Eckman. — Cette variété créée par Eckman en 1905, est surtout caractérisée chez la femelle par une régression de l'arête céphalique, et chez le mâle par un contour dorsal particulièrement bombé, ce qui rapproche sa silhouette générale de celle de la femelle. La variété *frigida* est identique à l'espèce *A. leucocephalus* créée par Wierzejski pour un *Acroperus* trouvé par lui dans les monts Tatra. L'auteur suédois rencontra cette variété en abondance dans les nappes d'eau de la zone supérieure (région à lichens) des Alpes scandinaves centrales et septentrionales. Il la regarde comme une forme d'eaux particulièrement froides.

*Scapholeberis mucronata* O. F. M. — Ce crustacé que SCHEFFELT (1909) signale comme assez rare dans la Forêt Noire, est extrêmement abondant en été, lui aussi, mais il est presque uniquement cantonné dans les mares chaudes et peu profondes circonscrites par les îlots flottants de sphaignes. Il est beaucoup plus rare par contre dans les eaux libres, au centre du lac. Sa couleur est foncée; le mucron céphalique manque chez beaucoup d'individus; il est toujours petit chez ceux qui en possèdent.

*Bosmina coregoni* Baird (fig. 4). — A la suite d'un grand nombre de mensurations, il me paraît que la forme qui habite le

lac de Lispach, se rapproche beaucoup de la variété *Stingelini* Burck. par sa région frontale bombée, son œil grand, sa carapace nettement striée, avec une épine basale à encoches. On rencontre également cette variété *Stingelini* dans les lacs de la

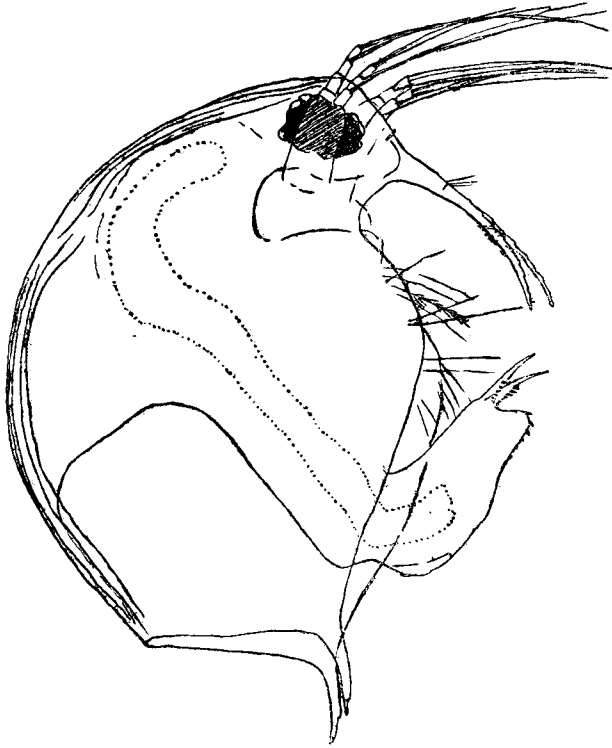


Fig. 4. — *Bosmina coregoni* Baird. var. *Stingelini* Burck.  
du lac de Lispach. — Gr = 80.

Forêt Noire (SCHEFFELT 1909, KEILHACK 1909), notamment dans le Titisee. C'est certainement le Cladocère le plus abondant à Lispach. On peut le récolter en toutes saisons, mais particulièrement en été.

*Diaphanosoma brachyurum* Liév. — Se rencontre seulement pendant la belle saison.

## C) Copépodes.

*Heterocope saliens* Lillj. — Ce beau Calanide est commun dans les eaux du lac en été, également. Il a été signalé par VIRIEUX (1916), et précédemment par DE GUERNE et RICHARD (1893) dans le lac de Saint-Point (Jura). KEILHACK (1909) l'a trouvé en Dauphiné, au lac de la Corne, dans le massif de Sept-Laux, mais ignorant la découverte de DE GUERNE et de RICHARD, il le considère à tort comme une espèce nouvelle pour la faune française. Après KEILHACK, TOLLINGER (1911) et PESTA (1928) qui ne connaissent que par la note de KEILHACK, la répartition du Copépode en Europe occidentale, omettent de le signaler dans le Jura. Tout compte fait, le lac de Lispach est la troisième station d'*Heterocope saliens* en France.

En Europe, *Heterocope saliens* a été trouvé par ECKMAN (1905) dans certains lacs élevés de la Suède septentrionale, en Laponie, dans les provinces de Norrland et de Jämtland, tant dans la zone subalpine de la forêt résineuse que dans la zone du bouleau (région de Frostviken, en Norrland), près de la frontière norvégienne, dans les Alpes scandinaves. Il existe également dans le lac Mälär et en Norvège. Cet auteur le signale également dans quelques stations de plaines ou de basses montagnes de l'Europe centrale.

D'après PESTA (1924, 1925, 1928), on le trouve dans d'assez nombreuses nappes d'eau des Alpes orientales et centrales, mais ce n'est pas une relique glaciaire, et toujours suivant cet auteur (1929), il n'est pas caractéristique des lacs des hautes régions; c'est



Fig. 5.  
*Heterocope saliens* Lillj.  
du lac de Lispach.  
♀. 5<sup>e</sup> patte droite.  
Gr = 285

plutôt un représentant des eaux riches en végétation et peu profondes de la zone forestière.

THIÉBAUD (1915), d'après les travaux d'Imhof, de Burckhardt et d'autres encore, admet son existence certaine dans les grands lacs subalpins de Zürich et de Lugano, ainsi que dans le lac Majeur.

SCHEFFELT (1909) l'a pêché dans le Titisee et le Nonnenmattweiher (Forêt Noire). Les œufs durables pondus par les femelles en été, éclosent au printemps suivant (KESSLER 1913). Pour ECKMAN (*loc. cit.*), *Heterocope saliens* est au contraire un sténotherme d'eau froide et une relique glaciaire. Malgré cela il se développe dans des eaux assez chaudes en été : 18° dans les Alpes scandinaves, 21° à Lispach.

Si on compare entre elles, la plupart des stations où on le rencontre, que ce soit les Alpes scandinaves, les Alpes proprement dites, le Jura, les Vosges, la Forêt Noire, on voit qu'il vit surtout dans les eaux riches en matières organiques de la zone des forêts.

Il est toujours nettement pélagique (ECKMAN, *loc. cit.*), ce que j'ai vérifié.

Chez beaucoup de femelles d'*Heterocope* de Lispach, les épines du deuxième article de l'exopodite de la V<sup>e</sup> paire de pattes présentent une denticulation plus prononcée qui les éloigne un peu du type ordinaire de *H. saliens* pour les rapprocher de *H. borealis* Fischer (= *H. Weismanni* Imh.) que l'on rencontre dans les montagnes élevées de l'Europe et dont l'aire s'étend jusqu'en Nouvelle-Zemble (ECKMAN 1905) et en Sibérie centrale (PESTA 1924) (fig. 5).

*Diaptomus denticornis* Wierz. — C'est le seul Diaptome qu'on rencontre à Lispach. Forme montagnarde d'ailleurs, et répandue en Europe. On la trouve en toutes saisons mais particulièrement abondante en été.

#### D) Considérations générales sur la faune planctonique de Lispach et comparaison avec celle d'autres lacs de montagnes.

Le lac de Lispach se distingue nettement de ses voisins de Gérardmer, de Longemer, de Retournermer.

Je n'y ai trouvé ni le Péridinien *Ceratium hirundinella* O. F. M., commun pourtant à Gérardmer et à Longemer, ni le Rhabdocoele *Mesostoma lingua* Abildg. que l'on rencontre communément dans le plancton de Longemer au printemps.

Le nombre des espèces de Rotifères est faible, et en été il n'y a de place que pour *Conochilus uniconis* que l'on rencontre d'ailleurs aussi en abondance dans les trois autres lacs voisins. Mais c'est tout. Si l'on y voit aussi quelques *Anurea* (*A. aculeata* et *A. cochlearis*), il n'y a pas à Lispach la riche faune de Rotifères qu'il y a, par exemple, à Retournermer : *Conochilus uniconis* Rouss., *Asplanchna priodonta* Gosse, *Synchaeta pectinata* Ehrenb., *Polyarthra platyptera* Ehrenb., *Triarthra longiseta* Ehrenb., *Anurea aculeata* Ehrenb., *Anurea cochlearis* Gosse, *Notholca longispina* Kellie. et d'autres encore.

Le Cladocère *Bosmina coregoni* Baird. fourmille tellement en été dans le lac de Lispach, avec *Scapholeberis mucronata* O. F. M. que les autres espèces sont reléguées très à l'arrière-plan, comme par exemple, *Ceriodaphnia pulchella* G. O. Sars. pourtant si abondant à Gérardmer, vers la fin de l'été. Quant à *Holopedium gibberum* Zadd. commun à Gérardmer, Longemer et Retournermer, signalé par IMHOFF (1888) dans le lac Noir, je ne l'ai jamais pêché à Lispach.

Même remarque pour les Copépodes : il n'y a place autant dire que pour *Heterocope saliens* en été et *Diaptomus denticornis* en toutes saisons, mais en été particulièrement. Dans de telles conditions, on ne rencontre les *Cyclops* qu'à l'état d'individus isolés. *Diaptomus denticornis* peuple aussi Gérardmer et Longemer. Mais Lispach ne possède, que je sache, ni *Diaptomus laciniatus* Lillj. qui fourmille en hiver à Gérardmer, ni *D. bacillifer* Kölbel que l'on pêche à Longemer au printemps, en petites quantités, à côté de *D. denticornis*.

En résumé, le lac de Lispach est un type de ces lacs de montagnes, froids, dans lesquels les quelques espèces bien adaptées prennent toute la place.

Parmi le grand nombre d'études sur le plancton des lacs français, il en est plusieurs récentes qui se rapportent à de petites nappes d'eau de montagnes, plus ou moins semblables à Lispach. Ce sont les travaux de VIRIEUX (1916) et de PELOSSE (1925,

1926, 1927, 1928, 1930). Nous possédons également quelques pages de MONARD (1928) et de ROY (1931) sur le même sujet. Les deux premiers sont surtout des travaux de faunistique et de morphologie; les auteurs donnent peu ou pas de renseignements sur les milieux dans lesquels ils ont effectué leurs pêches. A peine y a-t-il quelques indications sur les dimensions des nappes d'eau et les températures en surface.

Si l'on consulte la partie bionomique du travail de VIRIEUX, sur les lacs du Jura, on voit qu'il les divise en deux groupes :

a) Les « grands lacs », terme d'ailleurs tout relatif : Joux, Saint-Point, Remoray, Chalin, les Rousses, etc..., c'est-à-dire les plus grands et les plus profonds. Ces lacs possèdent régulièrement des Diptomes, *D. laciniatus* Lillj., *D. denticornis* Wierz., *D. gracilis* G. O. Sars; des *Daphnia* des groupes *hyalina* et *galeata*; des *Diaphanosoma*, en été, et quelques *Ceriodaphnia pulchella* G. O. Sars. Les *Bosmina* y jouent un rôle peu marqué. Enfin, les Rotifères n'y sont généralement pas prédominants;

b) De petits bassins tourbeux de faible profondeur. On n'y retrouve pas les Crustacés pélagiques cités plus haut. Il y a pourtant des *Daphnia* (*D. longispina* et *galeata*) et des Diptomes (*D. gracilis*). Mais ce sont surtout des mares à Rotifères (*Asplanchna*, *Anurea*, *Polyarthra*).

Comparons ces données au lac de Lispach dont l'altitude et les dimensions correspondent à celles de beaucoup de ces nappes d'eau. Ce que nous voyons là surtout, ce sont d'importantes différences qui écartent nettement Lispach des catégories citées par VIRIEUX. Il ressemble par ses Copépodes et certains de ses Cladocères, aux lacs profonds du Jura, bien qu'il soit impossible de lui refuser l'épithète de tourbeux; mais la présence de *Bosmina* et du Rotifère *Conochilus unicornis* éloigne Lispach des grands lacs jurassiens.

C'est un lac acide qui devrait se rapprocher des bassins tourbeux signalés par VIRIEUX. Mais Lispach est loin d'être une « mare à Rotifères », car il ne contient à proprement parler qu'une espèce de ce groupe.

Il faut donc chercher ailleurs des traits communs.

PELOSSE a fait de nombreuses pêches dans les petits lacs très élevés de la haute Tarentaise et de la haute Maurienne, dans les

Alpes de Savoie. Il y a là des points de ressemblance avec Lispach : *Daphnia longispina* O. F. M., *Scapholeberis mucronata* O. F. M., répandus presque partout ; *Acroperus harpae* Baird., moins commun ; *Diaptomus denticornis*, espèce arctico-alpine, assez fréquente dans ces lacs alpins. Mais comme PELOSSE n'a traité la question que du point de vue des Crustacés, on ne peut dire s'il y a ou non des analogies quant aux peuplements en Rotifères.

Une étude du même auteur (1927) a paru sur le lac d'Issarlès, dans le Massif Central. Je regrette qu'elle se soit bornée aussi aux Crustacés, car là il doit y avoir des Rotifères et d'autres organismes encore, peut-être variés et en grande quantité, si l'on en juge par la liste assez longue des Cladocères et des Copépodes. Ce lac d'Issarlès, plus grand que Lispach, est d'une profondeur énorme (108 mètres) eu égard à sa surface et sans rapport, par conséquent, avec celle du lac vosgien. Les altitudes des deux nappes d'eau sont à peu près les mêmes, ainsi que les roches dans lesquelles ils sont creusés.

Il y a des traits communs dans la faune : *Acroperus harpae*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Cyclops strenuus*. Mais point de *Daphnia* ni de *Scapholeberis* dans le lac cévenol, et, absence qui surprend, pas de *Diaphanosoma brachyurum*. Par contre, on voit à Issarlès *Bosmina longirostris* O. F. M. et *Diaptomus laciniatus* Lillj. au lieu de *Bosmina coregoni* Baird. et *Diaptomus denticornis* Wierz., à Lispach. La présence de *Diaptomus laciniatus*, espèce moins montagnarde que *D. denticornis*, semble indiquer un lac moins froid.

Enfin MONARD (1928) et ROY (1931) ont décrit la faune pélagique de certains lacs des Pyrénées. Les investigations du premier ont porté sur des nappes d'eau du massif du Carlitte, dans une région de schistes et de roches primitives. Il y a là des formes de Crustacés communes avec Lispach : *Diaphanosoma brachyurum*, *Scapholeberis mucronata*, *Simocephalus vetulus*, *Eurycercus lamellatus*, *Cyclops strenuus*, *C. viridis*, *Acanthocyclops vernalis*. D'autre part, les différences sont nombreuses : les nappes d'eau pyrénéennes ont une faune de Rotifères riche et variée, mais *Conochilus unicornis* n'y paraît pas. Parmi les Cladocères, *Holopedium gibberum*, organisme d'eaux moyennement acides,



existe dans les Pyrénées; *Daphnia pulex* de Geer, *Ceriodaphnia reticulata* Jurine et, parmi les Copépodes, *Diaptomus laciniatus*, remplacent les formes de Lispach, *Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Diaptomus denticornis*. Quant à ROY, il a examiné des pêches provenant du massif de Néouvicille. Les lacs qui les ont fournies sont élevés et leurs altitudes varient de 1.850 à 2.350 mètres. Ils ont de communs avec Lispach, *Daphnia longispina*, *Scapholeberis mucronata*, *Eurycercus lamellatus*, *Acroperus harpae*, *Cyclops strenuus*, mais *Diaptomus vulgaris* Schmeil, *D. laciniatus*, *D. castaneti* Burck., *Bosmina longirostris* remplacent *Diaptomus denticornis* et *B. coregoni*.

Passons maintenant à l'examen de quelques faunes planctoniques lacustres en Europe. ECKMAN (1905) a étudié les Cladocères et les Copépodes des nappes d'eau des Alpes scandinaves septentrionales et centrales, où il reconnaît trois zones : la plus basse, celle du Bouleau, puis celle du Saule cendré, enfin la zone des lichens, celle dont l'altitude est la plus élevée. Il y a là, avec la faune de Lispach, onze formes communes : *Daphnia longispina*, *Simocephalus vetulus*, *Scapholeberis mucronata*, *Eurycercus lamellatus*, *Acroperus harpae*, var. *frigida*, *Alonopsis elongata*, *Heterocope saliens*, *Diaptomus denticornis*, *Cyclops viridis*, *Cyclops strenuus*, *Acanthocyclops vernalis*. *Ceriodaphnia pulchella* et *Bosmina coregoni* du lac vosgien sont remplacés dans ces lacs septentrionaux par *Ceriodaphnia quadrangula* et *Bosmina obtusirostris*. Il faut ajouter que les deux *Ceriodaphnia* se ressemblent beaucoup par leur aspect général.

Nous retrouvons tous les composants de la faune planctonique de Lispach dans la longue liste dressée par PESTA (1924) à la suite de son exploration des lacs des Alpes orientales. Mais bien des formes du lac vosgien sont plus fréquentes sur le versant nord de la grande chaîne ou bien dans les Alpes centrales, que sur le versant sud. Telles sont *Daphnia longispina*, *Simocephalus vetulus*, *Scapholeberis mucronata*, *Bosmina coregoni*, *Eurycercus lamellatus*, *Diaptomus denticornis*, *Cyclops strenuus*, *Acanthocyclops vernalis*, *Heterocope saliens*. Quant à *Acroperus harpae*, var. *frigida* et à *Alonopsis elongata*, PESTA les a rencontrés uniquement sur le versant nord.

Le travail de SCHEFFELT (1909) concerne les Cladocères et les

Copépodes de nombreuses nappes d'eau de la Forêt Noire. Il distingue parmi elles quatre divisions : les lacs de la haute Forêt Noire, bien homologues aux lacs des hautes Vosges, les tourbières de montagne, les nappes d'eau du pourtour de la chaîne, celles de la plaine du Rhin, enfin. Les premiers seuls nous occupent. On s'attendrait en somme, à une identité des deux faunes, eu égard à la similitude complète des deux systèmes montagneux. Il y a certes de nombreux points communs, mais à côté de cela, de sensibles différences. Voyons celles-ci tout d'abord, nous verrons ensuite ceux-là.

Soit par défaut de captures, soit du fait d'une absence réelle, l'auteur allemand ne signale pas dans la Forêt Noire *Diaphanosoma brachyurum*. L'absence réelle de cette forme commune est assez surprenante. *Acanthocyclops vernalis* n'est noté qu'une fois dans la plaine du Rhin. *Scapholeberis mucronata* est rare, nous l'avons dit. Par contre *Holopedium gibberum* que je n'ai jamais rencontré à Lispach, semble être plus abondant dans la Forêt Noire, et *Heterocope appendiculata*, forme boréale, se trouverait dans le Feldsee. Il est vrai que VAN DOUWE (1909) ne le signale, en Allemagne, que dans les lacs de la plaine septentrionale. SCHEFFELT ne note *Ceriodaphnia pulchella* que dans la plaine du Rhin; partout ailleurs dans les lacs de la montagne, il est remplacé par *C. quadrangula*. *Bosmina longirostris* se trouverait dans le Schluchsee et le Waldsee près de Fribourg; or je ne l'ai jamais rencontré ni à Gérardmer, ni à Longemer, ni à Retournermer, ni à Lispach. *Heterocope saliens* paraît plus fréquent dans la Forêt Noire. D'autre part, voici les formes communes aux lacs des deux chaînes montagneuses et que je n'ai pas encore nommées : *Bosmina coregoni*, var. *Stingelini*, *Daphnia longispina*, *Simocephalus vetulus*, *Eurycercus lamellatus*, *Acroperus harpæ* (= *Acroperus leucocephalus*), *Alonopsis elongata*, *Diaptomus denticornis*, *Megacyclops viridis*, *Cyclops strenuus*.

En résumé, le lac de Lispach est un lac dystrophe de montagnes anciennes, à faune planctonique de caractère boréo-alpin.

Voici enfin, d'après M. ROL, assistant de Botanique à l'École des Eaux et Forêts, une liste, non limitative, des végétaux herbacés des îlots de sphaignes sur le lac de Lispach. Elle ne fait

que confirmer et accentuer si possible le caractère boréo-alpin marqué par la faune planctonique.

### Muscinées.

- Sphagnum acutifolium* Ehr. commun.  
 — *compactum* de Cand. commun.  
 — *cuspidatum* Ehr. commun.  
 — *cymbifolium* Ehr. commun.  
 — *rufescens* Limpr. commun.  
 -- *plumulosum* Röll. commun.  
 --- *subsecundum* Limpr. commun.  
 — *fuscum* v. Klinggr. rare.  
 — *riparium* Aongstr. rare.  
 — *Dusenii* Jens. rare.  
*Polytrichum strictum* Menz.  
*Aulacomnium palustre* Schw.  
*Hypnum* sp. mult.

### Hépatiques.

- Calypogeia trichomanis* Husn.  
*Cephalozia connivens* Spr.

### Phanérogames.

- Malaxis paludosa* Swartz.  
*Rhynchospora alba* Vahl.  
*Drosera rotundifolia* L.  
 — *longifolia* L.  
 — *intermedia* Hayne.  
*Calluna vulgaris* Salisb.  
*Oxycoccus palustris* Pers.  
*Andromeda polifolia* L.  
*Menyanthes trifoliata* L.  
*Comarum palustre* L.
-

## BIBLIOGRAPHIE

---

- BIRGE (E. A.) et JUDAY (C.), A limnological study of the Finger Lakes of New-York. (*Bull. Bur. Fisheries*, XXXII, p. 529, 1912, paru en 1914.)
- DENIGÈS (G.), Réaction de coloration extrêmement sensible des phosphates et des arsénates. Ses applications. (*C. R. Ac. Sc.*, 171, p. 802, 1920.)
- DIEFFENBACH (H.) et SACHSE (R.), Rotatoria. (*Süsswasserf. Deutschl.*, 14, Iéna, 1912.)
- DIÉNERT (F.) et WANDENBULCKE (F.), Sur le dosage de la silice dans les eaux. (*C. R. Ac. Sc.*, 176, p. 1478, 1923.)
- VAN DOUWE (C.), *Copepoda*. (*Süsswasserf. Deutschl.*, 11, Iéna, 1909.)
- ECKMAN (S.), Die Phyllopoden, Cladoceren und freilebenden Copepoden der nord-schwedischen Hochgebirge. (*Zool. Jahrb., Abt. Syst.*, XXI, p. 1, 1905.)
- GIESBRECHT (W.) et SCHMEIL (P.), *Crustacea Copepoda*. I. *Gymnoplea*. (*Das Tierreich*, fasc. 6, Berlin, 1898.)
- DE GUERNE (J.) et RICHARD (J.), Sur la faune pélagique des lacs du Jura français. (*C. R. Ac. Sc.*, 117, p. 187, 1893.)
- HARVEY (H. W.), Methods of estimating phosphates and nitrates in seawater. (*Rapp. et proc.-verb. des Réunions du Cons. perm. intern. pour l'explor. d. l. mer*, LIII, p. 68, 1929.)
- IMHOF (O. E.), Beitrag zur Kenntnis der Süßwasserfauna der Vogesen. (*Zool., Anz.*, XI, p. 565, 1888.)
- JUDAY (C.), BIRGE (E. A.), KEMMERER (G. I.) et ROBINSON (R. J.), Phosphorus content of lake waters of north-eastern Wisconsin. (*Trans. Wisc. Ac. Sc., Arts and Lett.*, XXIII, p. 233, 1928.)
- KEILHACK (L.), *Phyllopoda*. (*Süsswasserf. Deutschl.*, 10, Iéna, 1909.)  
— Bemerkenswerte Cladoceren und Copepoden aus den Dauphiné-Alpen. (3. Beitrag zur Kenntnis der Süßwasserfauna aus den Dauphiné-Alpen (*Arch. f. Hydrob.*, IV, p. 329, 1909.)
- KESSLER (E.), Dauereier von *Heterocope saliens* Lillj. (*Zool. Anz.*, XLI, p. 546, 1913.)
- KIEFER (F.), *Crustacea Copepoda*. II. *Cyclopoida Gnathostoma*. (*Das Tierreich*, fasc. 53, Berlin & Leipzig, 1929.)
- KLING (A.), Méthodes actuelles d'expertises employées au laboratoire municipal de Paris, V. Eaux et Air, Paris, 1922.

- MAUCHA (R.), Hydrochemische Methoden in der Limnologie. (*Die Binnengewässer*, XII, Stuttgart, 1932.)
- MONARD (A.), Sur la faune de quelques lacs des Pyrénées. (*Bull. Soc. Zool. France*, LIII, p. 243, 1928.)
- NAUMANN (E.), Limnologische Terminologie, Berlin, 1931.
- PELOSSE (J.), Contribution à la connaissance de la faune d'eau douce des Alpes de Savoie. I. Cladocères et Copépodes de la région de Peisey. (*Bull. Soc. Zool. France*, L, p. 263, 1925.)
- II. Cladocères et Copépodes de la haute vallée de l'Isère (Tarentaise). (*Ibid.*, LI, p. 356, 1926.)
- III. Cladocères et Copépodes des régions Nord et Ouest du massif de la Vanoise (Tarentaise). (*Ibid.*, LII, p. 153, 1927.)
- Considérations sur la faune des Cladocères et des Copépodes du lac d'Issarlès (Ardèche). (*Ibid.*, p. 287.)
- Contribution à la connaissance de la faune d'eau douce des Alpes de Savoie. IV. Copépodes et Cladocères de la haute vallée de l'Arc (Maurienne). (*Ibid.*, LIII, p. 341, 1928.)
- V. Cladocères et Copépodes de la région située entre les massifs de Polset-Pécelet et du Grand Arc (Tarentaise et Maurienne). (*Ibid.*, LV, p. 284, 1930.)
- PESTA (O.), Hydrobiologische Studien über Ostalpenseen. (*Arch. f. Hydrob.*, tome suppl., III, p. 385, 1924.)
- Neue Fundorte von *Diaptomus tatricus* Wierz., *Heterocope saliens* Lillj., *Polyphemus pediculus* L. und einigen anderen Entomotraken in den Ostalpen. (*Ann. naturhist. Mus. Wien*, 38, p. 1, 1926.)
- Krebstiere oder Crustacea: I. Ruderfüsser oder Copepoda (1. Calanoida, 2. Cyclopoida). (*Die Tierwelt Deutschlands*, 9, Iéna, 1928.)
- Der Hochgebirgssee der Alpen. (*Die Binnengewässer*, VIII, Stuttgart, 1929.)
- ROBINSON (R. J.) et KEMMERER (G. I.), Determination of silica in mineral waters. (*Trans. Wisc. Ac. Sc., Arts & Lett.*, XXV, p. 129, 1930.)
- ROY (J.), Copépodes et Cladocères de la région pyrénéenne. (*Bull. Soc. Zool. France*, XLI, p. 542, 1931.)
- RYLOW (W. M.), Ueber zwei wenig bekannte *Heterocope* Arten (*Copepoda*, *Calanoida*). (*Zool. Anz.*, LIX, p. 225, 1924.)
- SCHEFFELT (E.), Die Copepoden und Cladoceren des südlichen Schwarzwaldes. (*Arch. f. Hydrob. u. Planktonk.*, IV, p. 91, 1909.)
- STINGELIN (Th.), Phyllopodes. (*Catal. Invert. d. l. Suisse*, 2, Genève, 1908.)
- THIÉBAUD (M.), Copépodes. (*Ibid.*, 8, Genève, 1915.)
- TOLLINGER (A.), Die geographische Verbreitung der Diaptomiden. (*Zool. Jahrb.*, Abt. Syst. XXX, p. 1, 1911.)
- VANDEL (A.), Contribution à la connaissance des eaux douces du Jura. (*Bull. Soc. Zool. France*, XLIV, p. 80, 1919.)

- VIRIEUX (J.), Recherches sur le plancton des lacs du Jura central  
(*Ann. Biol. lac.*, VIII, p. 5, 1916.)
- WÉBER (E. F.), Rotateurs. (*Catal. Invert. d. la Suisse*, II, Genève, 1918.)
- WINKLER (L. W.), Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes. (*Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, 21<sup>e</sup> année, 2, p. 2843, 1888.)
- Ueber die Bestimmung der Kieselsäure in naturlichen Wässern. (*Zeitschr. f. angew. Chem.*, XXVII, I, p. 511, 1914.)
-

## AN ACID LAKE OF ANCIENT MOUNTAINS

---

The lake of Lispach is situated in the higher Vosges, at 912 metres above the sea-level.

It is a dystrophic lake, with acid, brown coloured waters. In spite of its shallowness (10 m 3), the bottom water is always at a low and steady temperature varying between 4° 5 and 6° C. This determines a very distinct thermocline during the warm season.

The hydrogen ion concentration varies from 5,3 to 6,5.

The surface water is invariably supplied well enough with dissolved oxygen (5,05 to 8,6 cm<sup>3</sup> per litre); but the bottom is always very poor, if not unprovided with this gas (0,4 to 1,5 cm<sup>3</sup> per litre).

The quantity of electrolytes is very low. Soluble phosphorus and silica are relatively plentiful at bottom : respectively, 8 to 80 mmgr. per ton of water, and 6,5 to 10,7 mmgr. per litre, according to seasons. At the surface, the contents are lower : from 4 to 11 mmgr. per ton for phosphorus and from 4,7 to 8,2 mmgr. per litre for silica. The amount of soluble phosphorus in the bottom water, through the different seasons, is a function of the quantity of zooplankton in the surface water.

This surface water is rich in zooplankton, but chiefly in summer. It contains various species of Entomostracea which give to the lake a rather well marked northerly- alpine character.

---

## EIN SÄUREHALTIGER SEE IN ÄLTEREM GEBIRG

---

Der Lispachsee befindet sich in den Hochvogesen bei 912 M. Höhe über dem Meeresspiegel.

Dieser dystrophe See hat säurehaltiges, braunfarbiges Wasser. Trotz seiner geringen Tiefe haben die Wasser an der Sohle stets eine niedere, beständige Temperatur, die sich zwischen 4° 5 und 6° C. bewegt; daraus ergibt sich eine Sprungschicht die während der warmen Jahreszeit immer sehr deutlich erkennbar ist.

Das  $pH$  des Wassers schwankt zwischen 5,3 und 6,5.

Das Wasser an der Oberfläche ist an aufgelöstem Sauerstoff stets ziemlich reichhaltig (5,05 bis 8,6 ccm. pro Liter) hingegen findet sich im Wasser an der Sohle dieses Gas, wenn überhaupt nicht, so doch nur ganz wenig vor (0,4 bis 1,5 ccm. pro Liter).

Die elektrolytische Leitfähigkeit ist sehr schwach. Auflösbare Phosphor und reine Kieselerde finden sich in verhältnismässig reichlichen Masse an der Sohle; bzw. von 8 bis 80 mmgr. pro Wasser-Tonne und von 6,5 bis 10,7 mmgr. pro Liter, je nach den Jahreszeiten. An der Oberfläche ist der Inhalt schwächer, von 4 bis 11 mmgr. pro Wasser-Tonne, was den Phosphor betrifft; von 4,7 bis 8,2 mmgr. pro Liter für die reine Kieselerde. Der der Jahreszeit entsprechende Reichtum von auflösbarem Phosphor im Wasser an der Sohle ist in steter Beziehung mit der Reichhaltigkeit in Plankton der oberen Schichten.

Diese Schichten sind reich an Zooplankton, besonders im Sommer. Sie enthalten gewisse Entomostracaarten, welche diesem See einen ziemlich stark ausgeprägten nördlichalpinen Charakter verleihen.

---



