

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 52 (1918-1919)  
**Heft:** 195

**Artikel:** Contribution à l'étude de la répartition verticale du plancton dans le Léman  
**Autor:** Baudin, Louis  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-270194>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Contribution à l'étude de la répartition verticale du plancton dans le Léman.

PAR

LOUIS BAUDIN

## INTRODUCTION

De nombreuses études ont été faites déjà sur la répartition verticale du plancton. Toutes témoignent de la difficulté du problème, soit que leurs résultats ne soient pas concordants, soit qu'elles fassent appel aux facteurs physico-chimiques les plus divers pour expliquer les faits. Nous n'apportons pas de théorie nouvelle. Ce serait inutile, parce qu'il nous paraît que les conditions différant d'un milieu lacustre à un autre, une théorie ne saurait expliquer la généralité du problème. Nous apporterons plutôt des résultats quantitatifs aussi exacts que possible, comparables entre eux. Si l'on veut bien reconnaître quelque valeur à notre étude, nous le devons avant tout à la méthode que nous avons employée.

Nous avons commencé notre travail au printemps de 1913 sur le conseil de M. le professeur Henri Blanc, notre professeur de Zoologie à l'Université de Lausanne. Jusqu'à aujourd'hui, M. Blanc n'a cessé d'être pour nous un guide désintéressé et dévoué. Il nous a offert tous les appareils indispensables ; il nous a ouvert sa bibliothèque ; il nous a facilité l'obtention de crédits pour achats d'instruments. Nous lui en exprimons ici notre vive reconnaissance.

La Fondation F. A. Forel de la Société vaudoise des Sciences naturelles a marqué aussi l'intérêt qu'elle apportait à notre travail en nous allouant un subside de 250 fr. pour l'achat d'instruments. Grâce à cette somme, nous avons pu acheter un filet fermant de Nansen, un treuil avec compteur, un câble d'acier et un petit filet à l'usage de la pêche à la pompe.

Ces instruments restent à la disposition de la Société vaudoise des Sciences naturelles ; mais nous tenons à bien marquer le grand service que cette Société nous a rendu.

*Remarque.* — On pourra peut-être regretter que nous n'ayons pas écrit une mise au point historique des travaux qui nous ont

précédé. Un travail plus intéressant encore aurait consisté à analyser les résultats de nos devanciers, à les comparer avec les nôtres. Nous en aurions tiré des conclusions plus générales. Nous avons renoncé aussi à rapporter nos observations et nos mesures des variations saisonnières, bien qu'elles appartiennent, à certains égards, au cadre de notre sujet.

Mais nous avons dû nous limiter, étant données les circonstances actuelles.

*Champ d'observation.* — Nous avons choisi une région bien délimitée du lac Léman, au large de la petite ville de Rolle. Le lac y dessine une anse gracieuse dont la concavité regarde le Sud.

Le fond s'abaisse très lentement pour atteindre 50 m. à environ 2 km. de la rive. Puis, brusquement, à la hauteur du mont, la profondeur croît et atteint très vite 60 m. et davantage. La sonde atteint une centaine de mètres à quelque 3 km. du rivage.

Exception faite de l'allure toute classique du mont, le fond est partout d'une grande uniformité. Près du bord, des champs de Potamogeton et de Ceratophyllum balancent leurs tiges innombrables au gré de l'eau. Plus loin, toute cette végétation disparaît.

Nous nous sommes placé — dès que nous l'avons pu — à une profondeur constante de 50 m. au moins, à une distance de 2 km. de la rive. Nous voulions ainsi travailler loin des influences du bord, dans une région où la profondeur était assez grande pour que les vagues n'agissent pas sur le fond d'une manière appréciable.

Mais, si un certain nombre de conditions étaient ainsi réalisées, nous accumulions de nouvelles difficultés. Rien ne nous protégeait plus contre l'action des vents du S.-W. et du N.-E. Si d'autre part les plus grands orages n'amenaient pas les eaux limoneuses du fond jusqu'à la surface, les vagues y étaient hautes et le brassage des eaux énergique.

Nous ne rencontrons que rarement cette répartition verticale du plancton que nous recherchions, soit celle qui est réalisée après une longue période d'eaux calmes.

Dès que le vent souffle, les causes d'erreurs augmentent : le bateau se déplace rapidement ; le câble qui supporte le tuyau d'aspiration s'incline. Mais ces causes d'erreurs sont négligeables comparées aux perturbations que nous valut le brassage des eaux par les vagues.

Nous avons fait souvent la remarque que les résultats varient notablement suivant qu'ils s'appliquent à des eaux calmes depuis

un temps plus ou moins long. (YUNG conseille de ne jamais pêcher qu'en eaux tranquilles [23]<sup>1</sup>.)

Cela tient surtout à ce fait que les variations intéressantes dans la quantité d'organismes planctoniques, se rencontrent à des profondeurs peu considérables et accessibles à l'action des vagues. Nous avons alors éliminé des pêches entières, dès que nous nous sommes rendu compte que nous avions opéré dans des conditions défavorables. Nous n'avons refait des essais que trois jours après les périodes orageuses.

Mais le lac est variable dans ses conditions physiques. Plusieurs semaines de suite peuvent ne pas présenter les conditions requises. Il est alors bien difficile de faire régulièrement des essais.

*Méthode.* — Nos recherches ont commencé au printemps 1913 et ont été poursuivies jusqu'en automne 1916.

Celles de 1913 ne nous ont pas donné de résultats sérieux. Nous pratiquions des pêches verticales au filet Hensen, afin de nous familiariser avec l'ensemble du plancton. Plus tard, nous avons cherché à connaître la faune spéciale de chaque profondeur et sa densité par des pêches verticales sériées. La différence entre les résultats de deux montées de filet, l'une de 50 m. et l'autre de 40 m., devait nous renseigner qualitativement et quantitativement sur le caractère de la faune comprise entre 40 et 50 m. de profondeur.

Cette méthode ne nous a pas réussi, parce que les erreurs d'ordre systématique ou accidentel sont difficiles à apprécier ou à prévenir. Et puis, elles sont probablement du même ordre de grandeur que les variations à découvrir. Nous pensons à toutes les causes qui modifient définitivement ou accidentellement les mailles de la soie, aux difficultés de lavage des grands filets, etc.

Nous avons dû abandonner une méthode beaucoup plus grossière encore qui consistait à traîner ce même filet Hensen horizontalement derrière le bateau. La profondeur du filet était assurée par un poids et par un flotteur. Les quantités de plancton étaient considérables après un temps de rame de 10 minutes. Qualitativement, nous obtenions une idée très précise de la faune à une profondeur déterminée. Mais il nous était impossible d'établir une relation numérique entre deux pêches successives à la même profondeur. Le plus léger courant, la plus légère brise, modifiaient la vitesse du bateau<sup>2</sup>.

Au printemps 1914, nous étions en possession du filet fermant de Nansen. Nous ne l'avons utilisé que trois fois pour opérer à la

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets [] renvoient à l'index bibliographique.

<sup>2</sup> Voir [2], [7], [8], [13], [18].

profondeur de 100 m. Il nous a rendu service dans deux cas différents : il nous a permis d'apprécier l'état du plancton à des profondeurs supérieures à celles que la pompe atteignait.

En hiver, il nous a appris que la population planctonique descendait jusqu'à 100 m. et ne différait pas absolument de la population superficielle. En été, il nous a au contraire démontré que l'appauvrissement, déjà si considérable à 50 m., était très voisin de l'extinction. Enfin, grâce à lui, nous avons pu supprimer une ambiguïté gênante : à toute saison, mais en hiver surtout, la densité de la population augmente brusquement dès qu'on opère à peu de distance du fond. Il s'agissait de savoir si cette subite augmentation se retrouvait à la même profondeur dans une région plus profonde. Le filet fermant nous a montré qu'il n'en était rien. L'augmentation des organismes était due au voisinage immédiat du fond.

Mais plusieurs causes d'erreurs restaient les mêmes que lors des pêches au filet Hensen. Nous l'avons abandonné.

Nous nous étions rendu compte aussi de faits bien précis : c'est que, dans l'intervalle de quelques mètres en profondeur, le thermomètre présentait parfois des variations considérables. Densité et viscosité des eaux variaient donc aussi assez subitement. Et une pêche verticale au filet, embrassant une épaisseur trop considérable d'eau, ne pouvait pas étudier la variation parallèle que subissaient les organismes.

Il fallait donc opérer avec plus de précision encore. Nous avons alors utilisé la méthode à la pompe, la meilleure que nous possédions après l'emploi de la bouteille. Mais la bouteille était aussi à rejeter, parce qu'elle n'apporte que des quantités trop faibles de plancton. Nous avons donc utilisé le matériel encombrant de la pêche à la pompe.

Notre pompe à ailettes n° 0 donnait 1 dl. au coup de balancier. Nous la fixions sur le bord extérieur du bateau, au ras de l'eau. Le tuyau d'aspiration plongeait sous elle dans toute sa longueur de 50 m. A l'arrière, un treuil avec compteur de tours maintenait de son câble d'acier l'extrémité inférieure du tuyau aux profondeurs requises.

La pompe déversait l'eau dans un petit filet de soie à 77 fils au cm., qui plongeait lui-même dans un bidon fixé en dehors du bateau.

Nous avons pompé 20 l. chaque fois, à chaque profondeur. Nous versions le contenu du filet dans un flacon et le lavions quatre fois à l'eau filtrée.

Après maints essais, nous nous en sommes tenu à des prises aux profondeurs suivantes : 1 dm., 1 m., 3 m., 5 m., 10 m., 15 m.,

20 m., 30 m., 40 m., et 50 m. Ce choix nous a paru indiqué parce que le plancton est beaucoup plus abondant dans les couches superficielles que vers le fond, et parce que les variations plus considérables de température, d'éclairement, de densité, de viscosité, doivent y apporter les plus larges conséquences biologiques.

Enfin, nous n'avons jamais pompé à une profondeur déterminée sans en connaître la température. A l'extrémité inférieure du câble était fixé un thermomètre à maxima et minima de Negretti et Zambra. Chaque opération durant un quart d'heure au moins, nous obtenions les températures à un ou deux cinquièmes de degré centigrade près.

Du reste, si nous ne pouvons prétendre à la connaissance des températures exactes, nous sommes alors absolument certain de l'erreur maximum et nos résultats demeurent strictement comparables.

La répartition verticale du plancton varie considérablement au cours d'une journée de 24 heures<sup>1</sup>. Ce fait bien connu nous a conduit à pêcher toujours au même moment de la journée et dans des conditions d'éclairement aussi égales que possible. Nous avons fait régulièrement nos essais entre 2 et 5 heures de l'après-midi. Quant à la question de l'éclairement, nous avons évité les temps sombres de brouillard et de pluie. Mais des pêches qui se répartissent au cours d'une année ne peuvent éluder les variations saisonnières d'éclairement. Remarquons cependant que la transparence des eaux est bien plus parfaite en hiver qu'en été et que si la quantité de lumière est plus faible, elle pénètre plus facilement et plus profondément.

Nous avons dit que l'étude à la pompe est la plus précise. Est-ce à dire que les erreurs aient totalement disparu ? Il ne nous le paraît pas. Ainsi notre pompe ne nous a jamais apporté une seule *Leptodora*. Les *Bythotrephes* paraissent aussi moins fréquents que les résultats au filet le feraient supposer. Qu'en est-il des Copépodes ? Nous ne saurions le dire. Mais ici encore, les erreurs sont systématiques et les résultats demeurent strictement comparables.

Au retour du lac, nous examinons le matériel frais et le fixons ensuite au formol.

Les quantités de plancton étant relativement faibles, nous n'avons pas essayé de les mesurer volumétriquement.

Nous avons procédé chaque fois au dénombrement selon la méthode classique de Hensen et Apstein, quelque peu simplifiée dans les détails [2].

---

<sup>1</sup> Voir [4], [6], [17], [20].

Nous avons dénombré tout ce que nous avons trouvé, genre à genre, Diatomées, Péridiniens, Rotateurs, Crustacés.

Les Crustacés, relativement peu nombreux, ont été comptés intégralement dans des godets à fond plat que nous plaçons sur la plaque à dénombrement.

Les groupes inférieurs, en revanche, sont toujours si largement représentés que la méthode d'Apstein s'impose. Notons enfin la convention en usage pour le dénombrement des organismes qui vivent en colonies : chez *Asterionella*, nous avons compté les petites colonies étoilées et non les individus qui les composent ; chez *Fragilaria*, les rubans, sans tenir compte de leurs variations de longueur ; chez *Dinobryon*, les colonies tout entières, quelle que soit leur grandeur. Notons pourtant que les colonies ne sont jamais si développées qu'au moment du maximum d'expansion de l'espèce. L'erreur consiste donc à diminuer sensiblement l'étendue et l'importance de ce maximum. Mais l'allure générale de la courbe n'est pas changée.

*Conditions thermiques du milieu.* — Quels sont les facteurs qui influent sur la répartition verticale du plancton ? Ils sont plusieurs sans doute. La lumière est indispensable aux organismes chlorophylliens. La nourriture organique est indispensable aux organismes animaux. La température des eaux doit être comprise entre certaines limites [8].

La question devrait donc se poser ainsi : quelle est la part d'influence des facteurs lumière, température, etc., dans cette répartition ?

Nous avons étudié parallèlement variations biologiques et variations thermiques, parce que le facteur température est des plus importants. Non seulement il exerce directement son action sur la vie, mais il nous permet d'apprécier par un calcul élémentaire soit la densité, soit la viscosité des eaux.

Jetons un rapide coup d'œil sur les conditions thermiques du lac avant de passer à l'examen de nos résultats.

Ces conditions sont très différentes suivant que l'on considère celles d'été ou celles d'hiver.

En été, de la surface vers le fond, les couches d'eau se répartissent par couches de températures décroissantes, et par conséquent par ordre de densités croissantes. L'abaissement de température n'est pas régulier. Près de la surface, cet abaissement est d'abord assez faible. Puis tout à coup il se précipite dans une zone remarquable que FOREL a nommée « *la couche de saut thermique* » (la *Sprungschicht* des Allemands). Au-dessous de cette zone, la décroissance devient très faible ou nulle [12, tome I].

Si l'on étudie cette variation dans des lacs de faible étendue et de faible profondeur, on constate que l'épaisseur, la puissance de la couche de saut thermique n'atteint que de 1 à 5 m.

Ainsi BEHRENS nous apporte les chiffres suivants du lac Sakrow [4] :

*Profondeurs. Températures en °C et Dates :*

	6 mai	22 juillet	12 août	1 <sup>er</sup> sept.	3 oct.	21 oct.
0 m.			24°	20°	13°75	10°13
1 m.	12°3	22°	23°89	20°		
2 m.			23°89			
3 m.	11°7	20°17	21°92			
4 m.	10°7	19°39	20°70	20°		
5 m.	9°17	17°65	17°08	19°66	13°75	
6 m.	7°69	13°05	12°97	18°26		
7 m.	6°78	9°24	9°94	10°93		
8 m.		7°89	7°07	7°96	13°73	9°79
9 m.			6°33	6°52	9°76	9°79
10 m.	5°67	6°09	6°03	6°13	7°09	9°06
15 m.	5°27	5°60	5°54	5°55		5°76
20 m.	5°03	5°01	5°09	5°14		5°17
30 m.	4°82	4°80	4°87		4°91	

La couche de saut thermique est partout bien caractérisée. Elle est près de la surface, au printemps, lors du premier réchauffement des eaux. Elle descend peu à peu au cours de l'été pour atteindre le fond à l'automne. Mais sa puissance est faible. Au 6 mai, elle s'étend entre 4 et 7 m. ; au 22 juillet et au 12 août, elle s'établit entre 5 et 7 m. ; le 3 octobre, elle est descendue entre 8 et 10 m.

Dans le Léman, l'amplitude des courants, la puissance des vagues, créent un état de choses plus compliqué.

D'après FOREL, la chaleur se propage par conduction thermique avec une lenteur extrême. Il lui faudrait plusieurs années pour traverser une couche de 10 m. Si donc la variation saisonnière de température se fait sentir jusqu'à 100 m., elle est due aux actions mécaniques des grands vents. La chaleur se propage par convection [12, tome I].

Voici quelques-uns des chiffres que nous avons obtenus en été 1916 :

<i>Profondeurs.</i>	<i>Températures en °C et Dates:</i>			
	3 mai.	22 juin.	24 août.	5 octobre.
0,1 m.	11°6	19°8	19°8	14°
1 m.	11°6	16°4	18°6	14°
3 m.	9°6	16°	18°6	14°
5 m.	9°	15°6	18°4	13°8
10 m.	8°4	14°	18°	13°8
15 m.	8°	12°4	15°	13°8
20 m.	8°	11°8	13°	13°8
30 m.	7°	9°	8°8	11°6
40 m.	7°	9°	7°8	10°8
50 m.	7°	8°8	7°4	8°8

Le 3 mai, les eaux se sont déjà quelque peu réchauffées à la surface. L'écart le plus grand de température est compris entre 1 et 3 m. Mais le réchauffement se fait déjà sentir jusqu'à 20 m.

Au 22 juin et au 24 août, la couche de saut thermique s'étend entre 10 et 30 m. environ. Le 5 octobre, elle atteint le fond, alors que la surface se refroidit déjà beaucoup.

Il est possible que des sondages effectués de mètre en mètre jusqu'à 50 m., nous eussent montré une décroissance de température moins régulière. Nous aurions rencontré par exemple des couches de saut thermique au nombre de deux ou trois dans un même après-midi, et nous aurions pu en tirer des conséquences biologiques assez inattendues. Tel n'est pas le cas. Nous concluons donc, à la lumière de nos résultats, que la couche de saut thermique atteint une puissance plus considérable dans le Léman que dans un lac de faibles dimensions. Mais son allure reste la même et son importance biologique aussi.

A l'automne, l'eau de surface se refroidit. Elle tombe immédiatement dans les couches inférieures plus chaudes et par conséquent moins denses. Des courants de convection puissants gagnent en amplitude. Localisés d'abord près de la surface, ils agitent enfin la masse entière. C'est le moment qu'on caractérise par la « *circulation totale des eaux* ».

Puis l'équilibre s'établit. La température des eaux présente alors une constance remarquable. De la surface au fond, elle est la même.

Voici quelques chiffres de l'hiver 1915-16 :

<i>Profondeurs.</i>	<i>Températures en °C et Dates.</i>			
	16 oct. 15	15 déc. 15	22 janvier 16	4 mars 16
0,1 m.	12°8	7°2	6°8	5°8
1 m.	12°8	7°2	6°4	5°8
3 m.	12°2	7°2	6°2	5°8
5 m.	12°	7°2	6°2	5°8
10 m.	12°	7°2	6°2	5°8
15 m.	11°5	7°2	6°2	5°8
20 m.	11°5	7°2	6°2	5°8
30 m.	9°5	7°2	6°2	5°8

Les essais de décembre, janvier et mars donnent des résultats d'une constance remarquable.

Nous avons voulu rappeler d'abord cet ensemble de faits de la thermique du lac pour bien mettre en évidence le contraste qui existe entre les deux régimes d'été et d'hiver. Quand nous en viendrons à l'interprétation de nos résultats, nous en tirerons des conséquences biologiques intéressantes.

## RÉSULTATS

Nous laissons de côté les résultats de 1913 et de 1914, au point de vue quantitatif tout au moins; ceux de 1913, parce qu'ils n'ont pas été obtenus avec la pompe; ceux de 1914, parce que nos travaux ont été interrompus dès le mois d'août jusqu'au printemps 1915. Enfin, des circonstances malheureuses nous ont forcé d'interrompre encore de juin à octobre 1915. C'est tout spécialement sur la période 1915-1916 que nous baserons notre étude.

Nous donnons ci-après un tableau complet de chaque après-midi d'observation sur le lac et le faisons suivre de quelques explications complémentaires.

Nous rappelons en outre que le nombre des individus dénombrés provient de la filtration de 20 litres d'eau; que chez *Asterionella*, *Fragilaria* et *Dinobryon*, nous avons compté le nombre de colonies;

que chez les Rotateurs, le nombre indiqué est d'autant moins exact qu'il est plus petit ; qu'enfin, sauf à deux ou trois exceptions où le trop grand nombre de Nauplius nous a forcé à utiliser la méthode d'Apstein, les Crustacés ont été comptés intégralement.

8 mai 1915.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthra	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia
1 dm.	15,8	nombreuses.	16 000	200	750	600	600	—	—	—	—	—	—	—
1 m.	14		56 000	3 500	1 500	1 500	150	50	—	—	—	—	—	—
2 m.	13,8		76 000	250	1 500	700	50	50	—	1	—	6	—	—
3 m.	13		77 000	1 500	10 000	300	125	350	800	1	3	22	—	—
4 m.	11,8		100 000	3 000	60 000	1 000	250	250	700	—	5	23	—	—
5 m.	11,8		124 000	800	41 000	600	150	100	200	—	17	38	—	—
10 m.	10,5		100 000	1 500	70 000	350	100	400	—	3	208	11	2	—

Fond voisin de 15 m. Température à l'ombre : 22°. Temps chaud et orageux. Vent léger du N.-E.

Signalé Hydrodictyon et Asplanchna. Les Crustacés sont nombreux vers le fond, Cyclops spécialement.

25 mai 1915.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthra	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia	Bythotrephes
1 dm.	16	très nombreuses.	18 000	250	12 000	2 500	250	100	—	—	2	—	—	—	—
1 m.	15,5		15 000	200	7 000	1 800	300	50	50	10	1	1	—	—	—
2 m.	15		12 000	500	10 000	1 900	100	150	50	100	22	1	1	—	—
3 m.	14,8		14 000	1 000	8 000	3 000	150	150	50	100	24	12	2	—	—
4 m.	14,2		7 000	—	7 000	1 200	125	400	250	94	22	26	—	1	1
5 m.	14		8 000	400	6 000	1 000	250	1 000	200	200	38	30	—	2	—
10 m.	12		13 000	150	20 000	800	50	350	75	300	450	375	—	—	—

Fond voisin de 15 m. Température de l'air : 22°. Temps calme au départ, mais vent violent du N.-W. vers la fin de l'après-midi. Signalé *Asplanchna*. Le lac a monté de 80 cm. depuis le 8 mai. L'eau est trouble. Il a fait très chaud et l'élévation de température se fait partout sentir. Remarquons l'augmentation considérable des Copépodes surtout vers le fond et l'apparition des Cladocères. D'autre part, diminution bien marquée des Diatomées.

9 juin 1915.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthre	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia
1 dm.	21	très nombreuses	2 000	—	—	1 000	2 000	—	—	25	2	—	—	1
1 m.	21		3 000	—	—	1 000	2 000	—	—	6	3	—	—	—
2 m.	20,5		3 000	500	—	1 500	250	250	50	53	8	—	—	—
3 m.	20		1 000	500	—	3 000	500	850	50	500	81	1	—	—
4 m.	17		5 000	250	1 000	1 700	450	900	1 000	400	80	25	—	5
5 m.	14,5		3 000	1 000	1 000	1 700	1 000	8 000	500	2 000	87	34	—	—
10 m.	13		3 500	500	1 500	1 900	1 100	2 600	500	1 000	199	55	2	2
15 m.	12		3 600	1 000	1 000	3 200	1 800	2 000	500	500	65	1	—	2
20 m.	11,7	2 400	1 850	2 000	2 000	400	500	—	63	53	18	—	1	

Fond voisin de 30 m. Température de l'air : 28°. Temps calme. La température de l'eau a monté considérablement. Température élevée depuis dix jours. Le plancton vert est absent jusqu'à 4 m. il est ensuite réparti largement au-dessous, mais il disparaît de nouveau près de 20 m. Le lac a encore beaucoup monté. Les eaux sont si troubles que la transparence est nulle à 5 m.

*Synedra* est encore en nombre. Les autres Diatomées perdent encore du terrain. *Ceratium* marque deux maxima, à 3 et à 5 m., *Anurea* un fort maximum à 5 m.

Quant aux Crustacés, ils marquent une avance considérable. *Nauplius* établit son maximum à 5 m., *Cyclops* et *Diaptomus* à 10 mètres.

C'est entre 3 et 5 m. qu'existe le plus grand écart de température. C'est donc là qu'il faut situer la couche de saut thermique. Le maximum des Crustacés se rencontre à sa partie inférieure.

16 octobre 1915.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthra	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia
1 dm.	12,8	—	100	150	400	50	50	50	—	—	—	—	—	—
1 m.	12,8	—	300	500	500	700	800	—	—	20	—	6	22	—
2 m.	12,8	—	600	1 200	500	300	600	—	—	10	—	—	10	—
3 m.	12,2	—	1 100	4 300	1 100	500	500	—	—	24	—	2	6	—
4 m.	12	—	700	2 000	600	1 000	400	—	—	20	2	—	—	—
5 m.	12	—	300	1 800	600	1 200	100	100	—	12	2	—	—	2
10 m.	12	—	182 000	128 000	1 000	500	—	50	—	46	30	2	2	2
15 m.	11,5	—	200	300	100	1 000	300	10	100	26	16	18	—	4
20 m.	11,2	—	—	—	700	1 400	100	50	—	4	16	14	—	—

Fond vers 25 m. Température de l'air : 13°. Temps calme. Beau temps. Température de l'eau très égale.

Disparition de Synedra. Nous n'en rencontrons que quelques isolées. Epanouissement de Asterionella et Fragilaria à 10 m. Rareté des Rotateurs. A noter l'expansion de Bosmina en surface, entre 1 et 3 m.

Notons avec regret la lacune qui nous sépare du 9 juin et qui nous interdit de jeter un coup d'œil comparatif sur ces deux tableaux.

Le maximum des Crustacés, 80 individus, coïncide avec l'épanouissement des Diatomées (310 000 en tout).

15 décembre 1915.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthra	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia
1 dm.	7,2	—	44 000	62 000	100	300	—	—	—	4	2	—	—	—
1 m.	7,2	—	44 000	56 000	3 000	400	100	4	6	24	4	2	—	—
3 m.	7,2	—	41 000	103 000	100	500	500	—	—	188	8	42	—	—
5 m.	7,2	—	17 000	33 000	200	450	50	50	50	81	12	20	—	—
10 m.	7,2	—	27 000	42 000	1 500	350	50	50	—	76	44	18	—	2
15 m.	7,2	—	14 000	33 000	500	500	50	50	—	65	10	11	—	—
20 m.	7,2	—	25 000	67 000	500	500	50	—	50	33	13	9	—	—
25 m.	7,2	—	21 000	56 000	1 000	100	4	4	3	39	36	7	—	—
30 m.	7,2	—	25 000	66 000	300	700	—	150	12	57	81	16	—	1

Fond vers 32 m. Température de l'air : 4°2. Temps superbe. Eau calme depuis hier. Mais à noter une tempête avec vent du S.-W. le 10 et une bise violente le 11 et le 12. Les eaux sont donc très mélangées. Le lac a remonté. Déchets et boues en suspension. Remarqué Triarthra à 3 et 20 m., Hydrodictyon à 15 m. Température égale des eaux. La température de l'air, inférieure à celle des eaux, doit produire des courants de convection très doux, mais atteignant toute la masse.

Diatomées régulièrement réparties. Rotateurs en petit nombre. Nauplius et Diaptomus marquent un maximum à 3 m., Cyclops à 10 m., l'ensemble des Crustacés vers le fond. Notons d'autre part que les Diatomées offrent un total maximum de 144 000 à 3 m., en même temps que Nauplius, qu'un second maximum plus faible existe à 10 m., en même temps que celui des Crustacés adultes.

22 janvier 1916.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthra	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia
1 dm.	6,8		237 000	175 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 m.	6,4		260 000	213 000	50	100	—	2	—	—	—	—	—	—
3 m.	6,2		198 000	153 000	50	400	—	—	—	73	9	1	—	—
5 m.	6,2		197 000	173 000	—	300	—	—	100	91	18	1	—	—
10 m.	6,2	peu	232 000	232 000	50	50	—	—	—	69	85	16	—	—
15 m.	6,2		254 000	220 000	60	360	—	50	—	74	52	6	—	—
20 m.	6,2		275 000	258 000	—	240	—	—	—	90	32	7	—	—
25 m.	6,2		289 000	211 000	60	240	—	—	—	78	39	3	—	—
30 m.	6,2		278 000	220 000	120	60	—	4	—	70	45	2	—	—

Fond vers 35 m. Température de l'air : 10°. Depuis quelques jours, il fait un temps très doux et très calme. Le lac a été insolé. du matin jusqu'au soir, sans fraîchir un seul instant. Conditions excellentes pour une stratification normale du plancton. Les courants de convection doivent être nuls. La température des eaux a encore baissé. Le nombre des Diatomées est constant de la surface au fond.

Nauplius maintient un maximum quoique peu accusé à 5 m. Les Crustacés adultes l'établissent de nouveau à 10 m.

4 mars 1916.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthra	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia
1 dm.	5,8	peu	109 000	2 000	240	—	—	—	—	—	4	—	—	—
1 m.	5,8		94 000	3 000	100	180	—	—	—	14	13	—	—	—
3 m.	5,8		99 000	4 600	100	300	—	—	—	58	41	5	—	—
5 m.	5,8		75 000	8 400	—	20	3	3	—	90	55	19	—	—
10 m.	5,8		80 000	4 600	—	240	240	360	—	60	39	12	—	—
15 m.	5,8		96 000	6 000	60	600	—	—	3	63	62	32	1	—
20 m.	5,8		63 000	5 700	—	180	5	2	—	47	47	25	—	—
30 m.	5,8		63 000	6 200	—	600	60	3	—	13	15	8	—	—
45 m.	5,8		93 000	8 000	100	—	—	—	—	72	60	4	—	—

Fond voisin de 45 m. Température de l'air : 7°. Temps incertain depuis quinze jours. Grosses pluies il y a quinze jours. Aujourd'hui le baromètre remonte rapidement après avoir passé par un minimum extraordinaire. Le vent a soufflé dans tous les sens. Temps très calme aujourd'hui.

Remarqué Triarthra et Hydrodictyon à 1 m

Température rigoureusement égale de la surface au fond. Les courants de convection verticaux sont nuls.

Asterionella figure encore en nombre. Recul presque complet de Fragilaria. Rotateurs fort rares.

Maximum de Crustacés à 5 et 15 m. et en outre près du fond.

3 mai 1916.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthra	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia	
1 dm.	11,6	peu.	26 000	1 600	128 000	1 200	—	—	—	—	—	—	—	—	
1 m.	11,6		13 000	1 400	58 000	400	1	—	—	—	—	—	—	—	
3 m.	9,6		37 000	4 500	194 000	10 400	500	60	—	—	—	—	—	—	
5 m.	9		26 000	10 000	225 000	9 800	300	—	—	—	4	25	—	1	
10 m.	8,4		19 000	12 000	250 000	400	120	120	—	—	15	76	464	1	5
15 m.	8		40 000	6 900	250 000	200	60	60	—	—	16	127	130	—	—
20 m.	8		31 000	5 600	170 000	60	—	11	—	—	12	106	115	—	—
30 m.	7		18 000	2 100	16 000	—	—	—	—	—	13	10	13	1	7
40 m.	7		58 000	4 500	13 000	—	—	—	—	—	8	3	8	—	1
50 m.	7		32 000	4 500	42 000	—	—	—	—	—	7	7	14	1	—

Fond voisin de 55 m. Température de l'air : 14°. Temps calme depuis plusieurs jours.

Remarqué Hydrodictyon à plusieurs profondeurs : 5, 15 et 20 m. Les eaux se sont réchauffées de la surface au fond. Le calme de l'air et des eaux qui a caractérisé cette période, nous promet une stratification remarquable du plancton.

Asterionella recule à l'exemple de Fragilaria. Mais Dinobryon fait une avance formidable et atteint tout son épanouissement. Ceratium présente le même phénomène avec maximum à 3 m. Les Crustacés sont très abondants à 10 m.

Vers le fond, la décroissance de vie est très rapide.

22 juin 1916.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthra	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia	Asplanchna
1 dm.	19.8	62 400 000	6 000	300	600	6 000	60	—	—	—	—	—	—	—	—
1 m.	16,4		1 300	900	720	4 400	180	—	—	—	—	—	—	—	—
3 m.	16		9 000	1 000	24 600	28 200	1 560	1	—	—	—	—	—	—	900
5 m.	15,6	7 200 000	16 000	1 080	15 000	14 400	300	27	480	38	43	—	1	—	1 200
10 m.	14	13 320 000	13 000	3 600	1 800	5 400	4 200	50	—	60	28	30	2	2	1 500
15 m.	12,4	12 900 000	23 000	5 600	600	31 200	600	60	—	41	107	83	—	—	2 760
20 m.	11,8	7 800 000	44 000	3 600	1 200	25 200	660	60	—	22	100	38	—	—	420
30 m.	9	1 440 000	11 000	2 000	600	360	—	—	—	5	30	25	—	—	—
40 m.	9	300 000	12 000	2 400	—	120	—	—	—	2	30	25	—	—	—
50 m.	8 8	—	2 000	1 300	—	—	—	—	—	—	17	9	—	—	—

Fond voisin de 55 m. Température de l'air : 20°. Temps superbe. Il a plu beaucoup il y a quelques jours. Les eaux ont monté, beaucoup roulé de bise et de vent. Mais depuis deux jours, c'est le calme.

De 1 à 3 m., le dépôt de placton est gris bleuâtre ; de 3 à 10 m., gris vert ; de 10 à 20 m., gris jaune.

Synedra était presque absente en mai. Elle marque maintenant un développement considérable, à la surface et à 10 m. Asterionella fléchit encore, malgré une bonne tenue à 10 m.

Il ne reste presque plus rien de Dinobryon, tandis que Ceratium progresse encore avec deux maxima, l'un à 3 et l'autre à 15 m. Développement d'Asplanchna et Synchaeta. Chez les Crustacés,

Nauplius se développe quelque peu. Diaptomus perd considérablement.

Vers le fond, les organismes arrivent à extinction.

24 août 1916.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthra	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia
1 dm.	19,8	1 680	—	—	540	60	60	—	—	—	—	—	—	—
1 m.	18,6	1 800	—	240	1 300	180	—	60	—	—	—	—	—	—
3 m.	18,6	5 000	—	60	2 900	1 700	900	60	—	9	7	—	—	—
5 m.	18,4	6 000	—	—	1 600	2 600	5 400	120	—	121	117	—	—	—
10 m.	18	3 000	—	60	1 000	500	180	360	1	600	28	42	1	1
15 m.	15	26 000	—	—	1 560	300	180	960	60	1 140	9	10	—	2
20 m.	13	152 000	900	180	300	700	180	1 900	3	47	36	25	—	—
30 m.	8,8	43 000	600	180	200	120	60	2 700	—	17	67	15	—	—
40 m.	7,8	20 000	300	—	240	360	—	—	—	15	7	6	—	4
50 m.	7,4	20 000	—	60	—	—	—	420	—	4	12	2	—	52

Fond voisin de 50 m. Température de l'air : 20°. Beau temps. Légère brise. La comparaison des températures avec celles du 22 juin est curieuse. Les eaux du 24 août sont beaucoup plus chaudes. Mais à partir de 30 m., elles sont alors plus froides. A signaler simultanément le nombre relativement considérable de Daphnies à 50 m.

Synedra disparaît. Les autres Diatomées ne font plus que signaler leur existence.

Polyarthra et Anurea figurent en nombre à 5 et 30 m.

Dinobryon et Ceratium diminuent.

Les jeunes Crustacés sont à leur apogée avec maximum à 15 m.

Entre 10 et 30 m., la température baisse de 10°. Les Crustacés adultes marquent leur maximum vers la partie supérieure de cette couche de saut thermique, au point d'épanouissement de Polyarthra. Ils en marquent un second vers sa partie inférieure. Nauplius est à son apogée dans sa partie moyenne.

5 octobre 1916.

Profondeurs	Température	Synedra	Asterionella	Fragilaria	Dinobryon	Ceratium	Polyarthra	Anurea	Notholca	Nauplius	Cyclops	Diaptomus	Bosmina	Daphnia	Asplanchna
1 dm.	14	4 900	120	900											
1 m.	14	4 900	60	4 000	1 200	300	900	120	—	3	—	—	—	—	
3 m.	14	1 680	60	4 000	2 220	7 000	540	60	—	89	21	4	1	5	
5 m.	13,8	1 800	—	3 500	1 860	8 700	2 200	1 000	60	59	28	5	1	—	
10 m.	13,8	2 000	—	4 300	2 200	2 300	400	1 100		25	7	25	—	11	2 600
15 m.	13,8	3 500	—	3 700	1 600	1 000	300	700		57	5	41	—	8	500
20 m.	13,8	2 000	360	3 100	1 900	120	—	480		21	10	26	1	4	
30 m.	11,6	10 000	1 000	2 000	900	60	—	480		9	25	36	—	5	
40 m.	10,8	6 000	—	1 200	300	780	60	180		3	53	42	—	2	
50 m.	8,8	4 000	—	240	—	240	—	180	60	52	156	16	—		

Fond un peu au-dessous de 50 m. Température de l'air : 15°. Beau temps ; un peu brumeux.

Les Diatomées n'indiquent plus rien d'intéressant. Ceratium marque une légère avance, quoique moins sérieuse que celle de juin. Développement des Copépodes à 3—15 m., ainsi qu'au fond. Expansion des Daphnies.

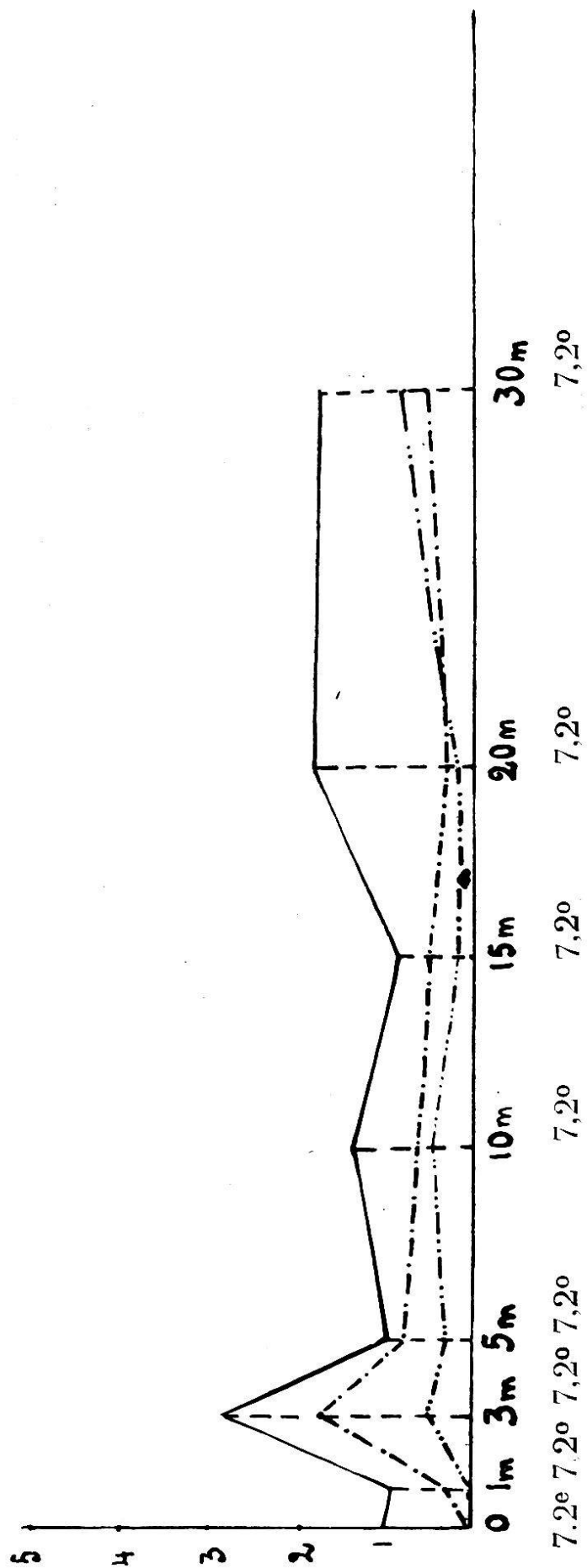
La température des eaux a bien baissé à la surface. Elle montre une constance presque parfaite jusqu'à 20 m., mais décroît ensuite rapidement jusqu'au fond.

Les courants de convection sont intenses. Nous nous acheminons vers le régime des eaux d'hiver.

## DISCUSSION DES FAITS

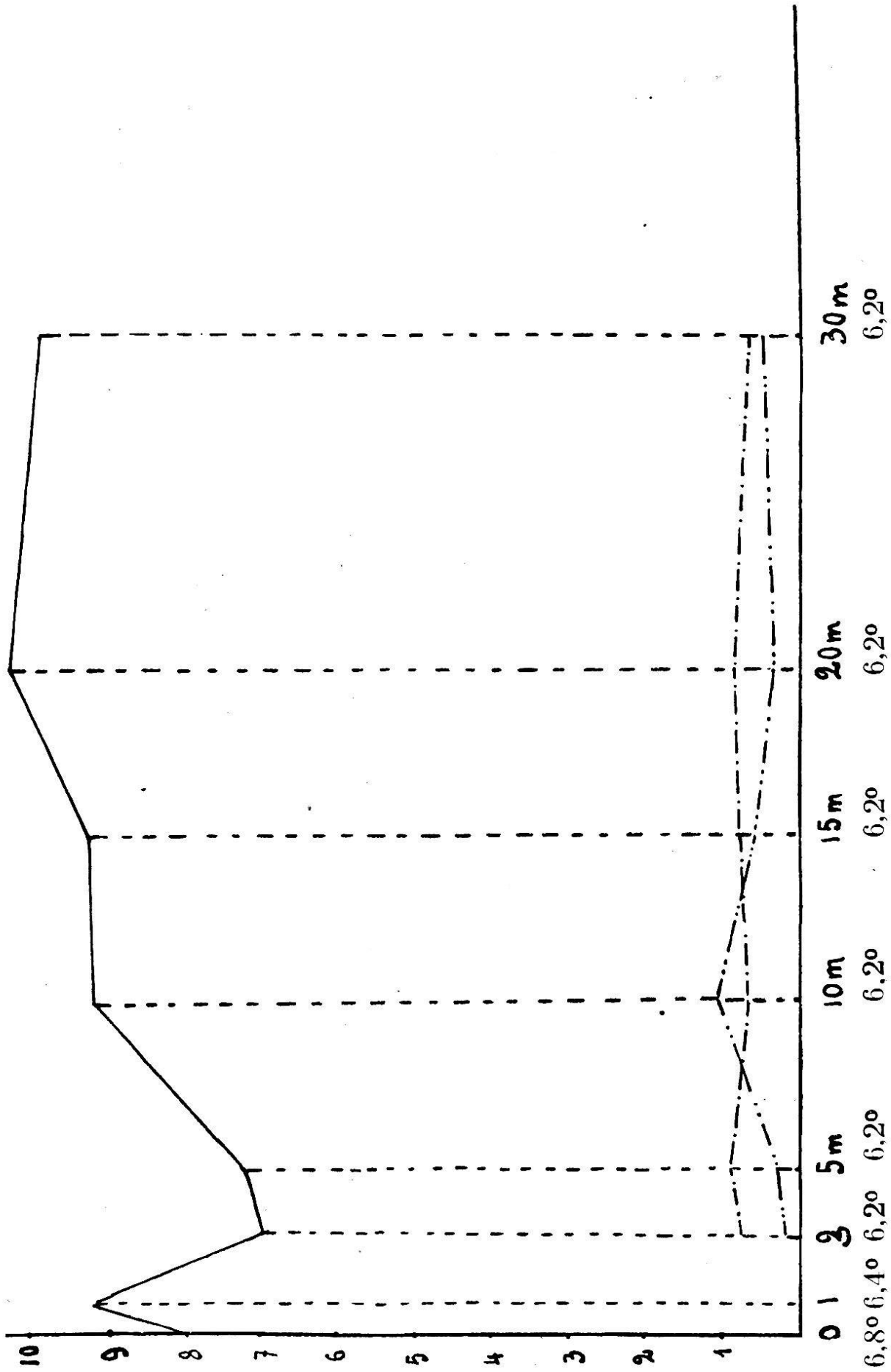
Dans l'étude qui va suivre, nous laisserons intentionnellement de côté les résultats de l'été 1915. Non pas qu'ils manquent de valeur, mais parce que nous constatons une trop grande lacune du 9 juin au 16 octobre. Puis les pêches ne s'étendent pas sur une profondeur égale à celles qui suivent.

Nous commenterons d'abord les résultats du 15 décembre 1915, du 22 janvier et du 4 mars 1916, et nous les grouperons sous la

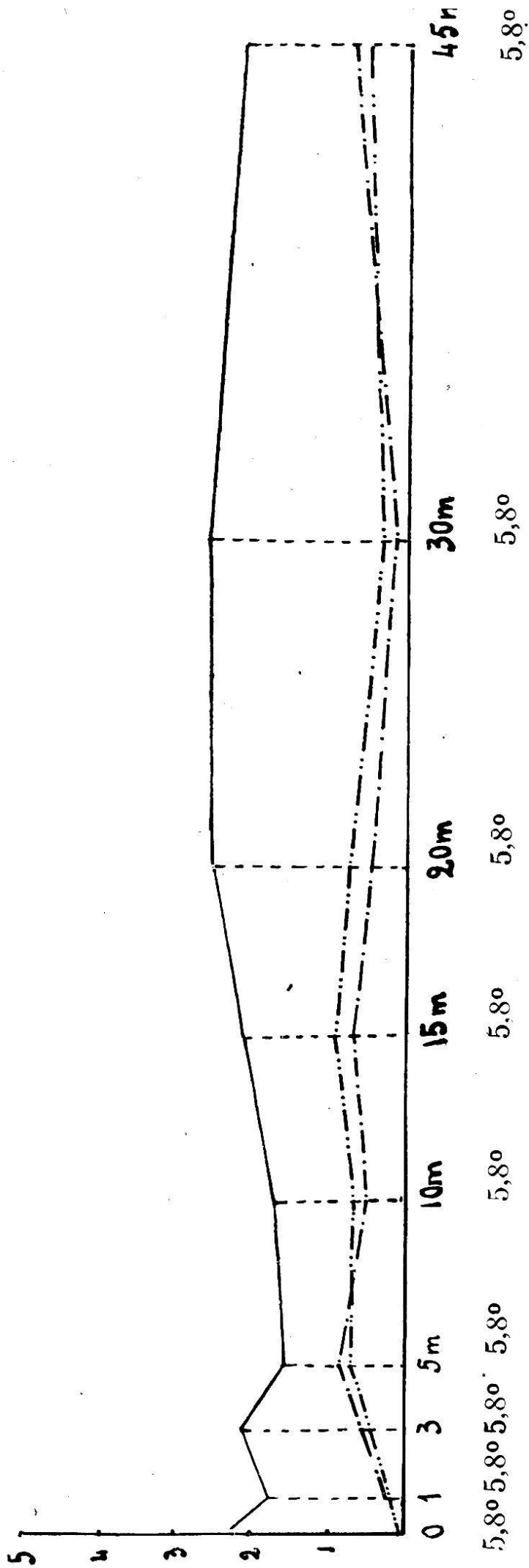


15 décembre 1915.

Fig. 1. — Ordonnées : Une division représente 100 Nauplius, 100 Crustacés adultes, 50 000 Diatomées.  
Asterionella + ; Fragilaria ..... ; Nauplius ---- ; Crustacés ; Diatomées —.



22 janvier 1916.



4 mars 1916.

Fig. 3. — Mêmes ordonnées et mêmes organismes que fig. 1.

dénomination de « Régime des eaux d'hiver ». Ensuite, nous examinerons les pêches suivantes, de mai, juin et août 1916, comme témoins du « Régime des eaux d'été ».

#### RÉGIME DES EAUX D'HIVER.

Voyons les faits. Nous ne reproduirons pas les chiffres déjà mentionnés précédemment. Nous nous contenterons de les interpréter graphiquement. En abscisses, nous porterons les profondeurs avec les températures correspondantes. En ordonnées, nous figurerons les nombres d'organismes qui nous paraissent caractéristiques de la faune ou de la flore au jour considéré.

Remarquons que le nombre des individus est si considérable pour les Diatomées que nous devons le reporter à plus petite échelle que les Rotateurs ou les Crustacés. Le désavantage est d'ailleurs très faible. C'est l'allure générale des courbes qui est intéressante.

Les Diatomées présentent un maximum superficiel dans les trois graphiques. Le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>e</sup> le montrent à 3 m., le 2<sup>e</sup> à 1 m. de profondeur. Puis, après une faible dépression, la population se maintient selon une grande régularité jusqu'au fond. Notons que le 22 janvier marque le maximum d'*Asterionella* et de *Fragilaria*. Le graphique en tire une importance toute spéciale. En effet, nous pensons que les périodes d'expansion d'une espèce doivent être représentatives de la plus grande originalité dans sa répartition verticale, comme à d'autres points de vue, du reste.

Au 15 décembre 1915, la température de l'air étant inférieure à celle de l'eau, la circulation doit être totale.

Le 22 janvier et le 4 mars 1916, il y a plutôt stratification. Malgré cela, les trois courbes ne diffèrent guère.

On ne rencontre pas ou guère de Crustacés à la surface. Nauplius s'épanouit à 3 et 5 m., puis varie peu jusque vers le fond.

Les Crustacés adultes établissent leur plus large expansion entre 3 et 10 m., et se maintiennent ensuite comme Nauplius. Enfin, à part une seule exception, il y a toujours augmentation du nombre des individus vers le fond.

Le maximum superficiel des Diatomées est très probablement placé au point où les conditions d'existence les meilleures se trouvent rassemblées. La lumière y pénètre facilement et ces êtres en ont besoin. C'est là probablement qu'il faut chercher les individus bien vivants et toutes les manifestations vitales de l'espèce.

Le maximum superficiel des Crustacés est aussi un fait constant. Malgré le passage de l'hiver à l'été, nous le trouverons encore figuré à la même profondeur.

C'est donc là aussi le milieu qui leur plaît. Nauplius s'épanouit à 3 et à 5 m. ; les Copépodes descendent en plein développement jusqu'à 10 m.

Mais que dire alors de la présence si nombreuse des Diatomées et des Crustacés vers le fond ? C'est ici que la thermique du lac intervient.

Nous avons dit qu'à l'automne des courants de convection puissants agitaient la masse des eaux. Les eaux superficielles refroidies tombent dans la profondeur. Elles sont remplacées par les eaux moins froides et moins denses qui se trouvaient à des profondeurs diverses.

Le plancton passif est entraîné dans ces multiples mouvements. Il descend jusqu'au point où les variations saisonnières de température se font sentir, c'est-à-dire partout où les courants de convection se manifestent. Nous l'avons rencontré, au filet Nansen, jusqu'à 100 m.

Que devient-il loin du milieu qui lui convient ? Il ne vivra pas longtemps si des courants remontants ne le ramènent pas à la surface. En réalité, il meurt le plus souvent, et les êtres diminués, séniles ou morts, tombent en pluie lente vers le fond.

Pourtant la lumière descend plus profondément qu'en été, parce que les eaux sont claires. Puis les courants de convection facilitent les échanges gazeux. Le plancton passif végétera quelque temps loin du milieu qui était le sien.

Le plancton actif, les Crustacés descendent aussi profondément dans l'eau. Mais les conditions sont bien différentes pour eux que pour les Diatomées. La lumière ne leur est pas indispensable comme à ces dernières ; ils ne sont donc pas aussi dépendants de la surface.

Grâce aux courants de convection, on peut admettre que la nourriture organique et organisée est partout répandue ; les échanges gazeux sont intenses ; l'acide carbonique ne s'amasse pas dans le fond, l'oxygène descend avec les eaux superficielles. Les Crustacés jouissent simplement d'un espace plus étendu.

Nous avons constaté deux fois pourtant un fléchissement dans le nombre des Copépodes ; une fois à 20 m., une seconde à 30 m. A partir de là, vers le fond, la densité croît de nouveau.

Dans ces deux cas, nous avons effectué nos dernières prises d'eau très près du fond. Le 4 mars, notre intention était de pêcher à 50 m. ; une « dérive » assez rapide du bateau nous ramena trop tôt à une profondeur inférieure. Cette augmentation existe donc très près du fond. L'accumulation se présente là comme devant toute paroi infranchissable verticale ou horizontale. Nous croyons que le fond ne joue pas présentement un autre rôle.

Dans tous les cas, l'essai de contrôle au filet Nansen ne nous

a pas révélé de maximum à 50 m., lorsque nous opérions à 100 m. de fond. Bien au contraire, Nous croyons que l'allure descendante de la courbe ne serait pas modifiée si le fond était plus bas. Le nombre des organismes diminuerait insensiblement.

En résumé, tous les organismes planctoniques présentent un maximum d'expansion dans les régions superficielles de l'eau, où les conditions d'existence paraissent les meilleures.

Près du fond considéré, un second maximum se manifeste. Il est dû simplement à la barrière que ce fond constitue.

A part l'absence de Crustacés près de la surface — absence qui est un fait constant — les écarts de population diffèrent peu de la moyenne. La régularité du plancton passif est encore plus remarquable.

#### RÉGIME DES EAUX D'ÉTÉ.

Elles sont plus chaudes dessus que dessous. Elles se succèdent par ordre de densités croissantes. Il y a stratification et stagnation de la masse.

De plus, une couche de saut thermique s'établit, qui a la tendance à descendre dans la profondeur au fur et à mesure de l'avancement de l'été.

La stratification des eaux nous promet une répartition nouvelle du plancton dans le sens de la profondeur. Les courants de convection verticaux, descendants ou ascendants, ont totalement disparu ; la facilité des échanges gazeux en est bien diminuée ; l'acide carbonique va s'accumuler dans la profondeur et l'oxygène ne pourra plus descendre. D'autre part, les températures ne sont plus égales. La densité de l'eau, sa viscosité, varient aussi.

Enfin les organismes morts flottent ; ils ne peuvent pas tomber. Les couches de plus en plus denses qu'ils rencontrent, constituent un plancher infranchissable. Les bons nageurs éprouvent probablement quelque difficulté à descendre.

C'est surtout dans la couche de saut thermique que ces conséquences s'exagèrent, parce que la stratification y est très accusée.

Mais, tant il est vrai que les problèmes ne sont jamais simples, cette ordonnance est troublée par des facteurs importants qui acquièrent, en été, une signification toute particulière.

Il y a d'abord les vagues. Près des côtes, la stratification doit être bien modifiée par elles.

L'influence du vent s'affirme d'une manière plus considérable encore. Il y a poussée des eaux superficielles sous le vent et courants de retour profonds sur le vent. Lorsque le vent du N.-E. souffle, les eaux de surface sont chassées de la rive vaudoise contre le large.

Elles sont alors remplacées par les eaux plus froides du courant en retour. C'est ce fait qui explique le refroidissement considérable des eaux de la côte suisse, lorsque la bise souffle, alors que celles de la côte savoissienne ne subissent pas du tout le même abaissement de température.

Ce fait remarquable, que nous avons rapporté du Léman de FOREL, doit bien modifier la stratification des eaux [12, tome 1].

Enfin, l'apport des émissaires est un troisième élément de perturbation. Quand leurs eaux sont hautes, ils transportent beaucoup de limon.

Ensuite, suivant leur température, ces eaux plongent plus ou moins à leur arrivée dans le lac, jusqu'à leur rencontre avec des couches d'égale densité. Elles sont richement oxygénées ; elles possèdent en suspension les éléments utiles à la vie. Les couches qu'elles forment doivent permettre la présence d'une flore et d'une faune abondantes.

Voilà donc trois facteurs qui modifient la stratification des eaux. Le premier agit superficiellement. Les autres sont importants par l'ampleur de leur action. Mais leur présence ne trouble que localement et accidentellement la stratification des eaux qui reste la caractéristique du régime d'été.

Nous traduirons nos résultats en graphiques analogues à ceux de l'hiver. Nous ne figurerons que les courbes des organismes assez nombreux pour jouer un rôle important. Nous compléterons ces graphiques, dans leur partie inférieure, par la courbe des températures. Enfin, nous considérerons les résultats du 3 mai, du 22 juin, du 24 août et du 5 octobre.

Un examen très rapide de ces graphiques nous montre bientôt que nous avons à faire à un régime différent de celui d'hiver ; régime bien spécialisé et généralement affirmé.

Les difficultés ne manquent pas pourtant :

La succession des faunes complique nos graphiques et leur enlève la belle unité de l'hiver.

Le 3 mai, Dinobryon est à son apogée. Asterionella, à son déclin, figure pourtant en nombre.

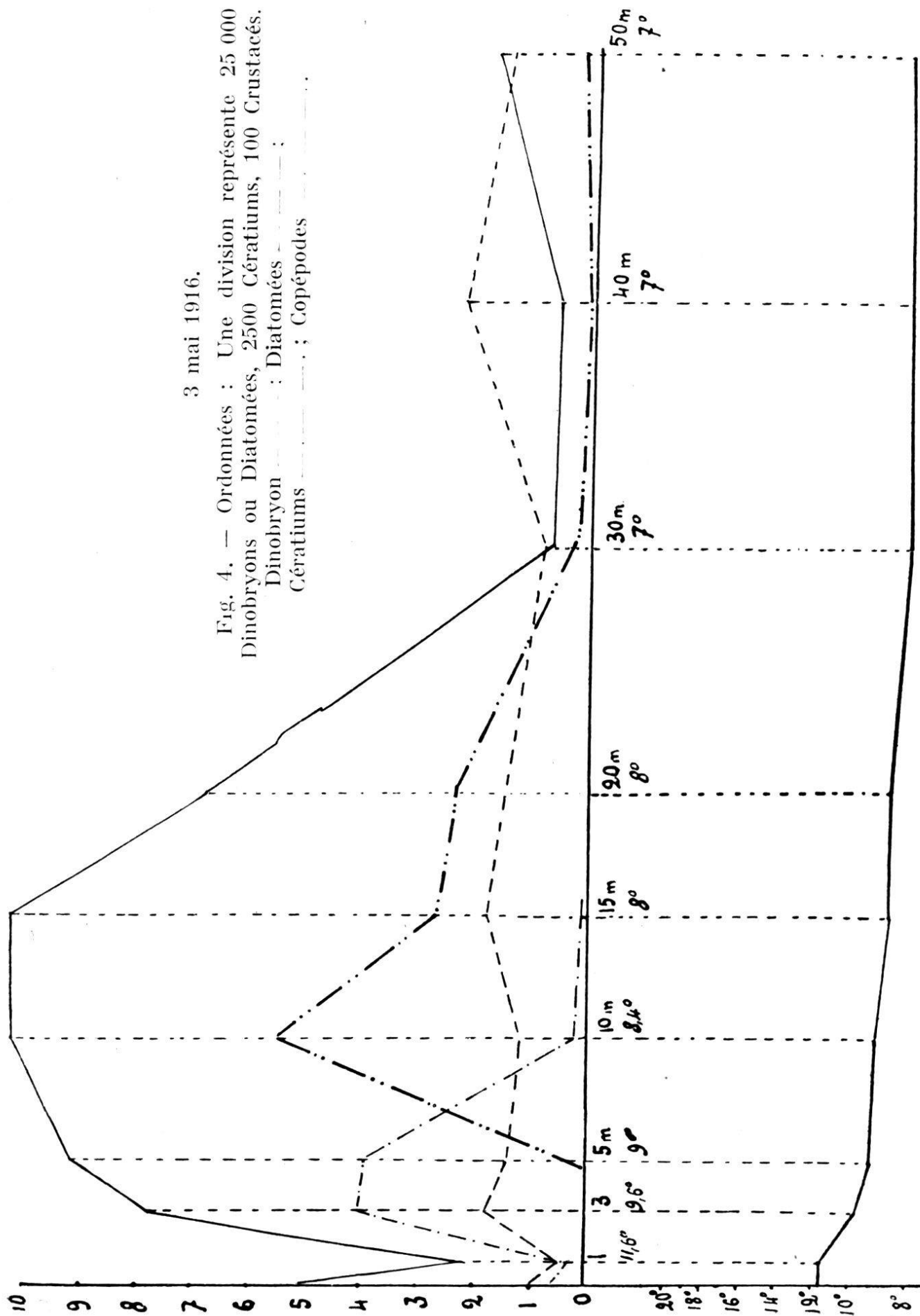
Le 22 juin, ces genres ont fait place à Synedra. C'est alors un épanouissement inouï de bâtonnets. L'eau de nos flacons en est troublée. Nos dénombrements en comptent plus de 60 millions à la surface.

Le 24 août, toute cette exubérance a disparu. Les Rotateurs affirment alors leur maximum, un maximum modeste. Avec eux, Nauplius figure en nombre considérable. Il y en a plus que jamais nous n'en avons rencontré.

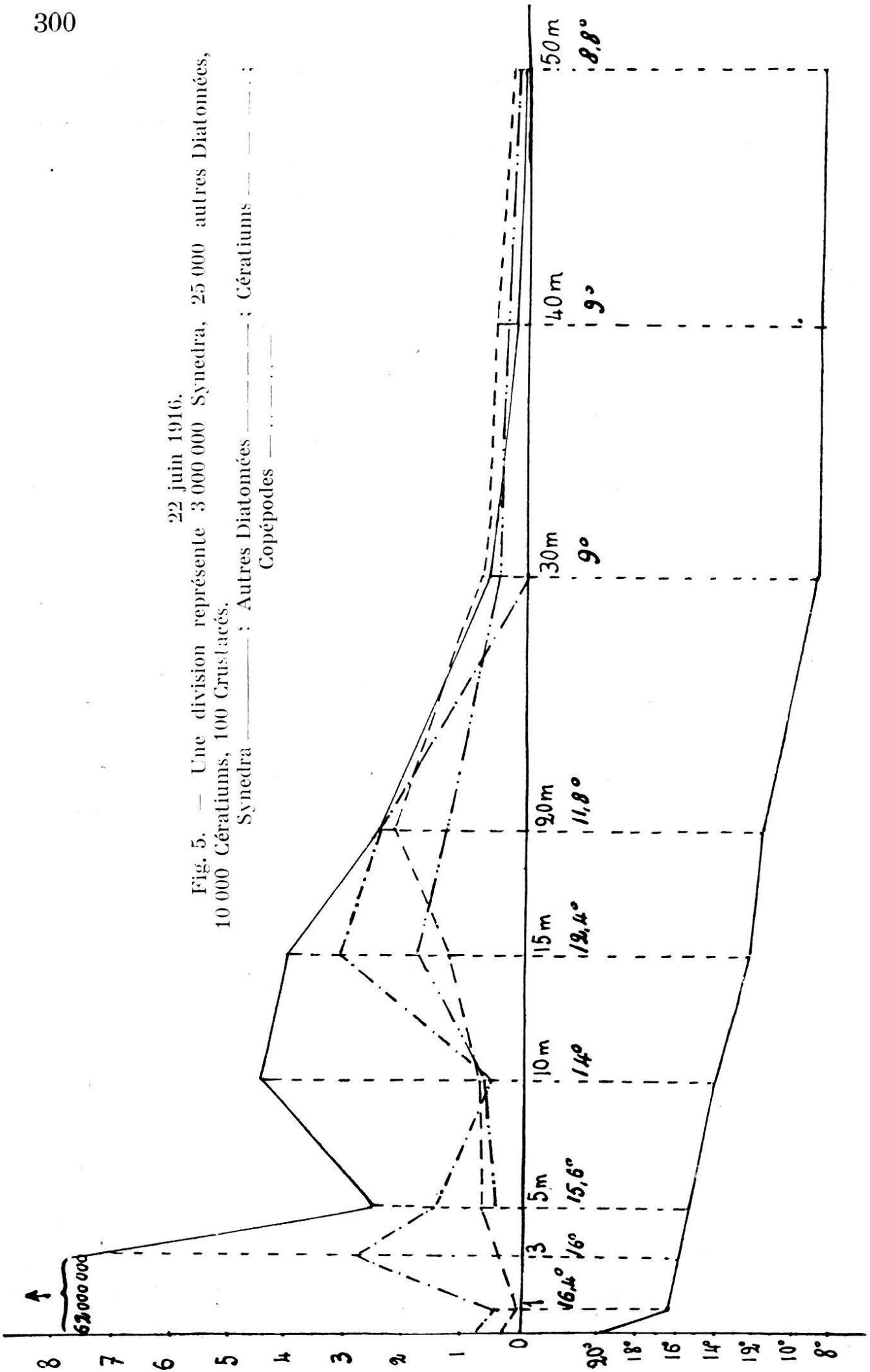
Le 5 octobre, il n'y a presque plus rien. Faune et flore accusent

3 mai 1916.

Fig. 4. — Ordonnées : Une division représente 25 000  
 Dinobryons ou Diatomées, 2500 Cératiums, 100 Crustacés.  
 Dinobryon — — — ; Diatomées — — — ;  
 Cératiums — — — ; Copépodes — — — .

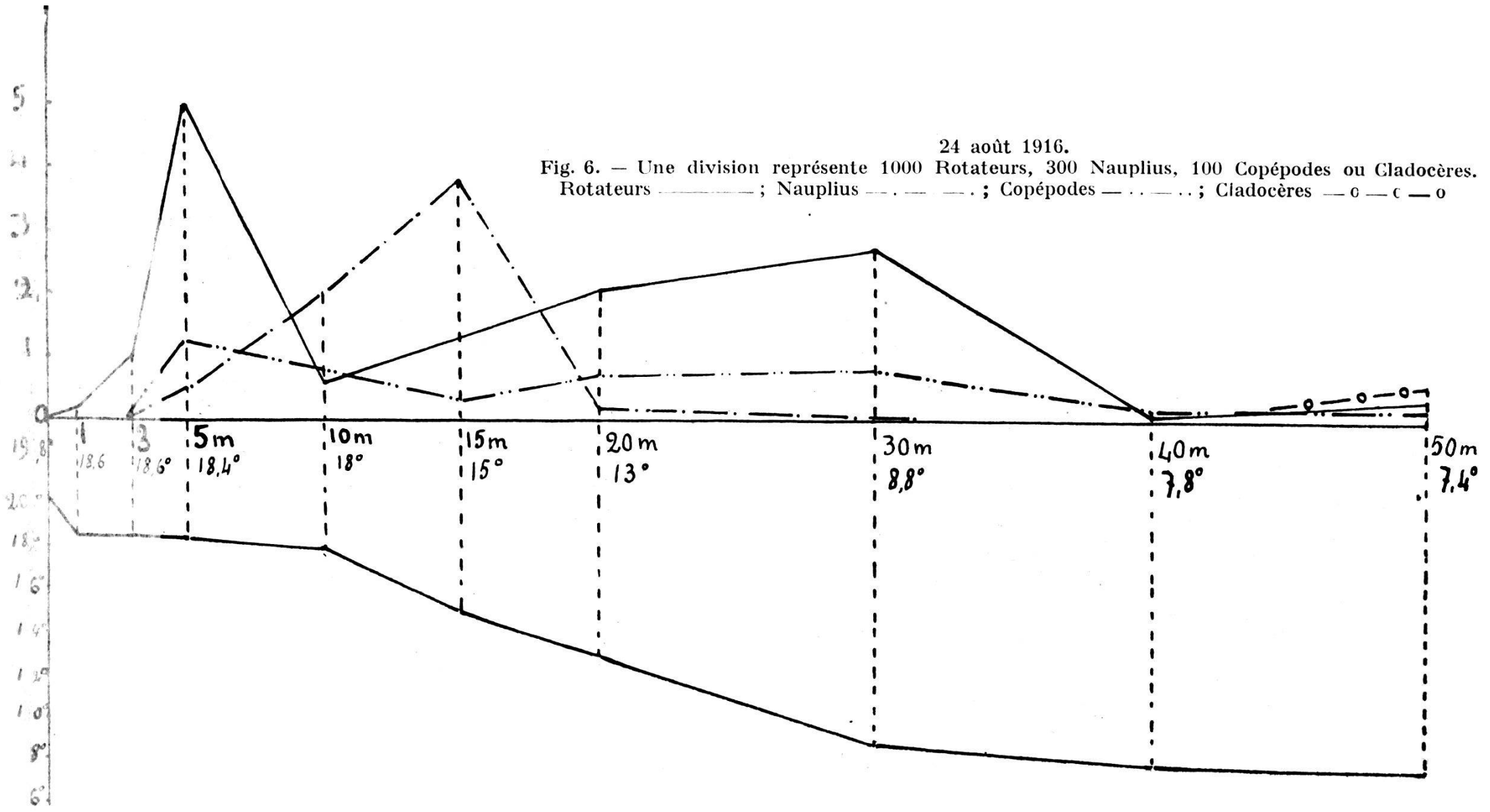


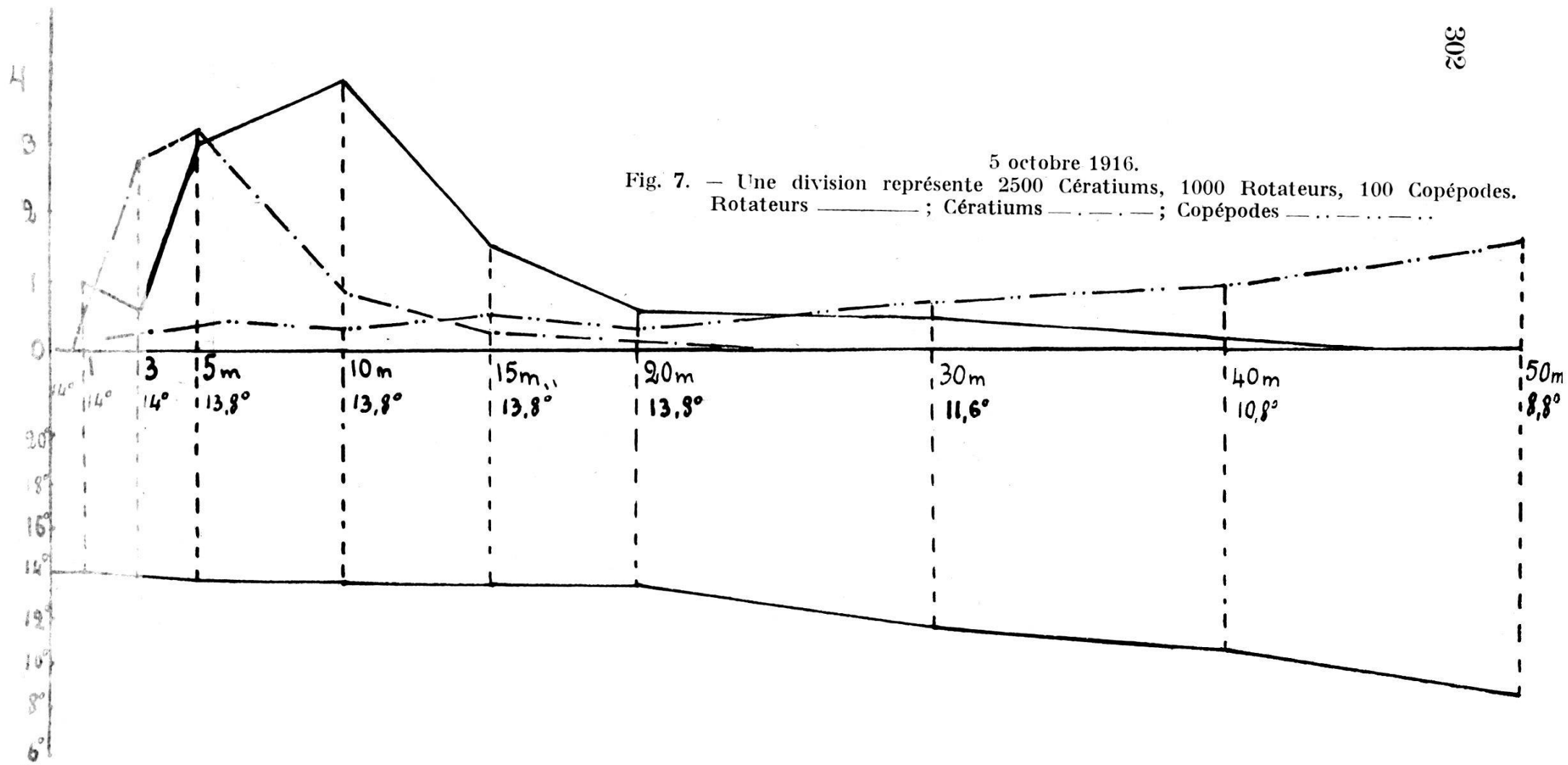
22 juin 1916.  
 Fig. 5. — Une division représente 3 000 000 Synedra, 25 000 autres Diatomées,  
 10 000 Cératiums, 100 Crustacés.  
 Synedra ———— ; Autres Diatomées ———— ; Cératiums ———— ;  
 Copépodes ————



24 août 1916.

Fig. 6. — Une division représente 1000 Rotateurs, 300 Nauplius, 100 Copépodes ou Cladocères.  
Rotateurs ———— ; Nauplius - · - · - · ; Copépodes - · · - · · ; Cladocères — o — o — o





la plus grande pauvreté de l'année. Du reste, nous pouvons traduire cette constante diminution par des chiffres moyens, ceux au moins qui concernent les Crustacés adultes. Ce serait impossible pour les autres groupements qui ne présentent pas pour chaque genre un développement embrassant tout l'été.

La densité moyenne de Cyclops et Diaptomus, de 5 m. à 50 m., évolue au cours de l'été de la manière suivante :

3 mai. . . . .	157	24 août . . . . .	54
22 juin. . . . .	81	5 octobre. . . . .	68

La diminution est nette. Le 5 octobre établit simplement la transition entre les deux régimes.

Cette diminution générale dans le nombre des organismes constitue une deuxième difficulté d'interprétation de nos graphiques.

Etudions-les pourtant l'un après l'autre.

*3 mai.* — La courbe des températures est peu accusée. Dinobryon présente un grand maximum entre 3 et 15 m. Au centre de ce mouvement, à 10 m., les Crustacés s'affirment aussi fortement. Ceratium augmente et s'indique nettement superficiel. A 30 m., les groupes sont très diminués. Ils ne présentent plus rien d'intéressant vers la profondeur.

*22 juin.* — Synedra attire l'attention. C'est un organisme qui ne redoute nullement la lumière et la chaleur. Il se développe en pleine surface. A 5 m., il est réduit déjà à son neuvième. Il reprend quelque ampleur entre 10 et 15 m., puis décroît à extinction vers 50 m. Les autres Diatomées ont leur maximum à 20 m.

Les Crustacés s'étalent à 15 m, Puis leur nombre décroît sans présenter d'intérêt.

Ceratium est au maximum d'expansion. Sa courbe épouse celle des Crustacés.

*24 août.* — Nous avons vu le rôle énorme joué par les Diatomées et les Dinobryons dans les graphiques précédents. Leur nombre est maintenant si diminué que leur influence en est annulée.

Les Rotateurs s'épanouissent. Ils nous offrent un maximum superficiel très accentué, mais sans ampleur, qui est dû à Polyarthra. A 10 m., il n'en reste presque plus rien. Mais de là, la courbe remonte et occupe largement l'espace de 20 à 30 m. avec Anurea.

Les Copépodes adultes suivent ce même mouvement. Eux aussi présentent deux maxima. Cette constatation est intéressante comme relation entre Crustacés et Rotateurs.

Les Nauplius, par contre, s'étalent au point le plus pauvre.

*5 octobre.* — Pêche remarquablement pauvre. La circulation des eaux est déjà très étendue par refroidissement superficiel. Les conditions d'existence tendent à s'uniformiser. C'est le retour progressif au régime d'hiver.

L'examen des trois premiers graphiques nous permet la constatation suivante : La vie descend jusqu'à 30 et 40 m. Depuis là, au-dessous, il n'y a plus rien qui mérite d'être mentionné. L'essai au filet Nansen nous confirme ce fait. De 50 à 100 m., il n'y a pratiquement plus rien.

Nous ne développerons pas cette conclusion. Nos graphiques sont assez parlants à cet égard.

Cette extinction de la vie vers la profondeur est particulière aux eaux d'été. Nous avons vu qu'en hiver le plancton est très uniformément réparti de la surface au fond.

C'est qu'ici interviennent les considérations que nous avons développées (page 299) en parlant de la stratification des eaux. Nous avons dit que cette stratification annulait les courants de convection, empêchait les échanges gazeux, gênait ou empêchait la chute des organismes morts par rencontre de couches plus denses, créait des difficultés, pour la même raison, aux bons nageurs dans leur descente.

Nous ne possédons malheureusement pas de chiffres pour indiquer la teneur en O, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S aux diverses profondeurs. Mais ceux qui nous proviennent d'autres lacs corroborent notre hypothèse.

La stratification des eaux confine donc la vie dans les couches superficielles.

Etudions maintenant les variations superficielles.

Comme en hiver, le maximum d'expansion des êtres chlorophylliens s'explique par les conditions optimales d'éclairement. Il n'y a pas à chercher plus loin. Certains organismes recherchent le maximum de lumière ; d'autres en désirent moins. Il y a là des sympathies spécifiques qu'il serait intéressant de connaître mieux. Mais, partout, la réponse du problème est la même.

Les Crustacés s'épanouissent en plein maximum des groupes inférieurs. Nous avons même remarqué que leur courbe suivait avec une grande fidélité celle d'autres groupes : le 22 juin, ils suivent l'évolution des Cératioms ; le 24 août, ils présentent deux maxima comme les Rotateurs.

Là encore, le facteur nutrition est prépondérant.

Les Copépodes se trouvent partout où la nourriture est abondante. Mais ils appartiennent au plancton actif ; leur aire de dispersion peut être plus étendue que celle des groupes inférieurs. Si on ne les rencontre pas plus bas, c'est que la nourriture y est absente.

Nauplius paraît faire exception. Son maximum d'expansion, le 24 août, correspond à la profondeur la plus pauvre de notre pêche. De quoi vivent ces nombreuses larves ? Est-ce que nos graphiques présentent une lacune en ce point ? Serait-ce celle du plancton nain que notre filet ne saurait retenir ? Dans tous les cas, la

couleur de nos bocaux était gris-jaune de 10 à 20 m., couleur différente des couches plus superficielles ou plus profondes.

Autre exception, enfin : l'arrivée inattendue des Daphnies à 50 m. Constatons ceci : le filet Nansen rapporte ces Cladocères des couches profondes. Enfin, considérant la courbe des températures au 22 juillet et au 24 août, nous voyons que les eaux sont plus chaudes à cette dernière date. A 30 m. et jusqu'au fond, elles sont au contraire plus froides. Nous devons être en présence d'un courant en retour très profond et d'une grande ampleur. Avec lui sont venues les Daphnies.

Enfin, la répartition verticale dans les couches superficielles nous offre encore un fait bien intéressant. Que faut-il penser des deux aires d'expansion en profondeur qu'une même espèce présente simultanément ? Nous avons déjà rencontré de semblables courbes en hiver. Nous les avons commentées à l'aide des courants de convection. Mais alors qu'en est-il en été ?

Le 3 mai, nous assistons au début d'épanouissement de *Ceratium*. Ce dernier, au moment de sa jeunesse, s'affirme nettement superficiel. La courbe est claire, nette.

Le 22 juin, deux maxima. L'expansion est totale. Le même maximum superficiel. Un deuxième plus profond et plus étendu. Nos observations au microscope nous ont révélé que le maximum profond est formé d'individus bien différents quant à leur forme de ceux de la surface. Il n'y a pas là une nouvelle espèce — comme nous tenterons de le montrer plus loin dans le petit chapitre consacré à chaque groupe particulier, — mais nous sommes probablement en présence de formes séniles ou mortes qui tombent, et leur chute est ralentie ou arrêtée par la rencontre de couches trop denses. Ce second maximum profond flotte en pleine couche du saut thermique.

Voyons si cette théorie se vérifie chez d'autres groupes : *Asterionella* et *Fragilaria* étaient des Diatomées d'hiver. Néanmoins, le 3 mai, la génération n'est pas terminée. Le maximum de 3 m. en témoigne. Mais les deux maxima profonds sont des vestiges de l'opulence passée. La stratification a produit la stagnation des eaux. Ces masses profondes sont mortes ou vont périr.

Le 22 juin, la génération superficielle est presque terminée, mais la grande masse des êtres usés flotte en pleine zone de saut thermique, comme les *Ceratiums*. Là encore, l'importance de cette zone n'échappera à personne.

Le 24 août, nos dénombrements n'en signalent plus que quelques-uns entre 20 et 40 m. C'est la fin.

*Synedra* maintenant. L'aire de génération est comprise entre la surface et 5 m. Un second maximum s'étale entre 10 et 20 m. Celui-ci est aussi formé par les êtres usés. Lui aussi s'affirme en

pleine couche de saut thermique. Le 24 août, nos dénombrements nous indiquent 1680 *Synedra* à 1 dm. Il y en avait 62 millions le 22 juin. C'est donc la fin. Mais le nombre grandit pour atteindre 152 000 à 20 m. Voilà le maximum profond. Il est descendu encore. Lui aussi n'est formé que d'organismes morts.

Enfin *Dinobryon*. Le faible développement à la surface, le 3 mai, nous paraît insuffisant pour expliquer l'expansion formidable qui lui succède à 3 m. déjà. Nous placerons l'aire optimum de génération entre 3 et 5 m, parce que le 22 juin et le 24 août, le maximum superficiel, quoique très atténué, figure à la même profondeur. (Voir les résultats pages 290 à 293.)

Dans le fond, des maxima très atténués marquent la place des organismes morts qui flottent. Mais il est fort probable que *Dinobryon* ne laisse pas de restes durables. On ne les voit pas durer longtemps dans la couche de saut thermique, après la fin de la période d'expansion, comme c'était le cas chez les Diatomées.

Donc le maximum qui coïncide avec la partie moyenne de la couche de saut thermique, est constitué par les organismes de déchet, usés ou morts, qui flottent.

La courbe des *Rotateurs* du 24 août fait exception parce qu'elle n'est pas due aux mêmes circonstances. Son maximum superficiel est dû à *Polyarthra* ; son maximum profond à *Anurea*. Cette courbe exprime seulement ceci : c'est que l'aire optimum de *Anurea* est plus profonde que celle de *Polyarthra*.

En résumé, le régime des eaux d'été nous a permis les constatations suivantes :

La stratification des eaux localise la vie dans les couches superficielles. Les conditions générales de la vie produisent un maximum d'expansion près de la surface. Un maximum plus profond est formé par le flottement des organismes de déchet.

D'une manière générale, au cours de l'été, le nombre des êtres dénombrés diminue graduellement.

### FAITS RELATIFS A LA RÉPARTITION VERTICALE DES DIVERS GROUPES

Nous avons étudié jusqu'à maintenant le problème dans sa généralité. Pour cela, chaque groupe planctonique a été considéré comme faisant partie d'un ensemble dont il ne pouvait être séparé biologiquement. Malgré la complication qui en est résultée dans la lecture de nos graphiques et dans l'interprétation des faits, nous avons été frappé de la simplicité des lois qui résumaient la répartition verticale des êtres planctoniques.

Nous nous proposons maintenant de prendre séparément chaque groupe des organismes dénombrés pour en indiquer les particula-

rités. Non pas que nous ayons l'intention de rapporter ici tout ce que le microscope a placé sous nos yeux. Nous resterons strictement dans le cadre de notre sujet. Mais des faits relatifs à la répartition verticale d'un certain groupe ne s'appliquent pas à la totalité des êtres planctoniques. Nous préférons les traiter à part pour ne pas embarrasser l'exposé général que nous venons de terminer.

Le dimorphisme saisonnier rentre dans cette étude. Nous en avons noté et mesuré de très nombreuses manifestations. Peut-être publierons-nous un jour nos résultats à ce sujet. Mais nous ne désirons pas alourdir ce travail. Nous nous en tiendrons donc à des généralités.

Nous avons déjà remarqué que les périodes d'épanouissement d'une espèce étaient celles qui convenaient à l'étude de sa répartition verticale. Sitôt que la population est très peu dense, au contraire, ces individus existent partout à l'état isolé. Leur faible nombre nuit à une statistique sérieuse; les intégrations sont fantaisistes. Aucun lien ne paraît attacher ces êtres à des profondeurs déterminées.

Quant au dimorphisme saisonnier, il nous paraît au contraire que les deux moments intéressants à étudier sont ceux du plein développement et du minimum.

## DIATOMÉES

1915	Synedra	Asterionella	Fragilaria
8, V	beaucoup	124 000 (5 m.)	3 500 (1 m.)
25, V	beaucoup	{ 18 000 (1 dm.)	1 000 (3 m.)
		{ 13 000 (10 m.)	
9, VI	beaucoup	{ 5 000 (4 m.)	1 800 (20 m.)
		{ 3 600 (15 m.)	
16, X	rare	{ 1 100 (3 m.)	{ 4 300 (3 m.)
		{ 182 000 (10 m.)	
15, XII	rare	44 000 (1 m.)	103 000 (3 m.)
1916			
22, I	rare	{ 260 000 (1 m.)	213 000 (1 m.)
4, III	rare	{ 289 000 (25 m.)	
		{ 109 000 (1 dm.)	{ 8 000 (45 m.)
3, V	rare	{ 37 000 (3 m.)	12 000 (10 m.)
		{ 58 000 (40 m.)	
22, VI	{ 62 400 000 (1 dm.)	{ 6 000 (1 dm.)	9 600 (20 m.)
		{ 13 000 000 (10 m.)	
24, VIII	152 000 (20 m.)	rare	rare
5, X	{ 4 900 (1 dm.)	rare	4 300 (10 m.)
	{ 10 000 (30 m.)		

Le tableau ci-dessus est un résumé de nos résultats des années 1915-1916. Nous n'y faisons figurer pour chaque journée de pêche que la quantité maximale dénombrée. Quelquefois, nous avons indiqué aussi le maximum profond. Pour chaque quantité, le nombre entre parenthèses indique la profondeur à laquelle elle a été trouvée.

Les eaux d'été sont pauvres en Asterionelles et en Fragilaires. Le 15 décembre 1915, nous constatons le retour d'un maximum superficiel seulement. Grâce à la circulation totale des eaux, les individus qui s'étaient maintenus par flottaison, quoique morts, sont tombés. Cet épanouissement superficiel se produit de la surface à 3 m. Le 22 janvier, les deux genres acquièrent toute leur ampleur. Le 4 mars, *Asterionella* est encore en pleine période de génération ; le développement de 109 000 individus à 1 dm. en témoigne. Mais si ce genre continue à s'affirmer jusqu'au 22 juin, il n'en est pas de même de *Fragilaria*. Toute expansion superficielle a disparu à partir du 4 mars. A cette date, le maximum superficiel est à 5 m., position déjà bien profonde. La génération est terminée. Comme une pluie lente, la dernière génération superficielle tombe : le 3 mai, elle est à 10 m. ; le 22 juin, à 20 m.

*Synedra* paraît brusquement le 22 juin. C'est une Diatomée d'été.

Le 24 août, il n'y en a plus qu'à 20 m. Sa vie est finie. Nous avons mesuré de nombreuses *Synedra*. La longueur est constante à toute saison et à toute profondeur. Le 5 octobre, nous avons trouvé des individus de longueur double de l'ordinaire et vivant avec ceux-ci. Nous ne croyons pas avoir affaire à une variation, mais bien à une autre espèce, car les formes intermédiaires n'existent pas.

Chez *Asterionella*, les variations individuelles nous sont inconnues. Toutefois, les colonies étoilées subissent quelques modifications. Au moment du maximum, le 22 janvier 1916, il y a beaucoup d'étoiles brisées à la surface et beaucoup moins dans le fond. Le 4 mars suivant, la plupart des formes ont quatre branches régulières, tandis que *Asterionella* est une étoile à 8 branches à l'ordinaire.

*Fragilaria* forme des colonies rubannées dont la longueur varie au cours de l'année. C'est au moment du maximum de population que les rubans sont le plus allongés. En décembre, les plus longs, mesurent 700 à 800 microns et comprennent environ 200 cellules.

En janvier, nous comptons encore 700 microns.

En mars, les rubans les plus courants mesurent 80 microns et comprennent 20 individus en moyenne.

Au cours de l'été, ces dimensions seront même atténuées, sans présenter de variations intéressantes.

## FLAGELLÉS

1915	Dinobryon	Ceratium
8, V	{ 60 000 (4 m.) 70 000 (10 m.)	{ 1 500 (1 m.) 1 000 (4 m.)
25, V	{ 12 000 (1 dm.) 20 000 (10 m.)	{ 2 500 (1 dm.) 3 000 (3 m.)
9, VI	2 000 (20 m.)	{ <b>3 000</b> (3 m.) 3 200 (15 m.)
16, X	{ 1 100 (3 m.) 1 000 (10 m.)	{ 1 200 (5 m.) 1 400 (20 m.)
15, XII	{ 3 000 (1 m.) 1 000 (25 m.)	peu
1916		
22, I	peu	peu
4, III	peu	peu
3, V	{ 128 000 (1 dm.) 250 000 (10 m.)	10 400 (3 m.)
22, VI	24 600 (3 m.)	{ <b>28 200</b> (3 m.) 31 200 (15 m.)
24, VIII	{ 2 900 (3 m.) 1 560 (15 m.)	2 600 (5 m.)
5, X	2 200 (3 m.)	8 700 (5 m.)

Nous avons établi pour les Flagellés le même tableau que pour les Diatomées. Nous en tirons les faits suivants : Dinobryon et Ceratium sont des organismes de printemps ou plus exactement d'eaux partiellement réchauffées.

Le 8 mai 1915, le 3 mai 1916 marquent les maxima chez Dinobryon. Le 9 juin 1915 et le 22 juin 1916 indiquent la même période pour Ceratium. Et, lorsque les eaux se sont quelque peu refroidies, les deux genres marquent une deuxième génération. Ainsi, le 15 décembre 1915 et le 5 octobre 1916 pour Dinobryon, le 5 décembre pour Ceratium. Ces deux genres ont un développement presque simultané.

Le plus souvent, nos dénombrements nous apportent un maximum superficiel et un maximum profond. Le maximum superficiel est toujours seul présent au début d'une période d'expansion. Ainsi le 3 mai pour Ceratium, le 5 octobre pour les deux.

Lorsque deux maxima s'affirment, le plus superficiel indique l'aire optimum de la génération ; le plus profond marque la zone de flottement des organismes séniles ou morts.

Lorsque le maximum profond est seul présent, il n'est que le vestige d'une génération éteinte. Ainsi le 9 juin pour *Dinobryon*, le 16 octobre pour *Ceratium*.

Nous n'insisterons pas sur les variations saisonnières de *Dinobryon*. Cela nous entraînerait trop loin. Remarquons seulement que les périodes d'extension nous offrent le maximum de diversité dans les formes. On y rencontre des colonies à 20 et 30 individus et simultanément, en très grande quantité, des petits rameaux à un ou deux calices, de jeunes colonies probablement.

Au contraire, à la fin de ces mêmes périodes, les colonies comprennent toutes un nombre plus considérable d'individus.

*Ceratium* a été l'objet de nombreuses études. Il le doit surtout à sa grande variabilité. Des auteurs ont créé des espèces nouvelles de toutes les formes qu'ils rencontraient. Mais tous les stades intermédiaires existent entre les formes extrêmes. La tendance actuelle prévaut de grouper tous ces organismes dans une seule et même espèce collective. Dans le Léman, BLANC a déjà prouvé en 1891 que *Ceratium hirundinella*, Muller, et *Ceratium reticulatum*, Imhof, ne formaient qu'une seule et même espèce.

L'évolution des formes présente une certaine régularité, comme ZACHARIAS, APSTEIN et AMBERG l'ont observé.

LINDER remarque que la variation saisonnière de *Ceratium* est prononcée dans le Léman. Il y a rencontré des individus plus grands en automne et en hiver, plus petits au printemps et en été.

Nous avons fait la même observation. Nos mesures indiquent une longueur moyenne de 240 microns en hiver et 177 microns le 22 juin. Nous précisons cette dernière date qui correspond à la grande génération de 1916. Et nous pourrions résumer ainsi nos observations : Dans les périodes de développement, *Ceratium* est généralement plus court, les cornes postérieures sont réduites. Dès que l'espèce est en repos, les formes sont plus longues, les cornes postérieures développées et divergentes.

Ainsi, le 24 août, deux mois après la période d'extension, nous rencontrons uniquement des individus analogues aux formes d'hiver.

Mais il y a plus. Nous avons pu même établir une différence de taille et de forme surtout suivant la profondeur. Le 22 juin, la longueur moyenne à 3 m. atteint 177 microns, et à 15 m., 155 microns.

Nous avons indiqué ailleurs la signification de ce second maximum profond.

## ROTATEURS

1915	Polyarthra	Anurea	Notholca	Asplanchna
8, V	600 (1 dm.)	rares	rares	très rares
25, V	300 (1 m.)	1000 (5 m.)	250 (4 m.)	» »
9, VI	2000 (1 dm.)	8000 (5 m.)	1000 (4 m.)	» »
16, X	800 (1 m.)	très rares	très rares	» »
15, XII	500 (3 m.)	» »	» »	» »
1916				
22, I	rares	» »	» »	» »
4, III	»	» »	» »	» »
3, V	500 (3 m.)	» »	» »	» »
22, VI	4200 (10 m.)	» »	480 (5 m.)	» »
24, VIII	5400 (5 m.)	2700 (30 m.)	rares	» »
5, X	2200 (5 m.)	1100 (10 m.)	»	2600 (1 dm.)

Tous les Rotateurs ont un développement parallèle. Chaque genre croît et arrive à son expansion maximum aux mêmes dates que les autres.

Ensuite, ils acquièrent ce développement maximum en été, dans les eaux chaudes. Quelles que soient les variantes, il y a presque extinction totale en hiver.

C'est Polyarthra que nous avons rencontrée le plus longtemps au cours de l'année. On peut dire du reste qu'elle est toujours présente. Il en est de même d'Anurea, qui a pourtant un développement moins étendu. Notholca et Asplanchna n'acquièrent pas l'importance des deux premières.

Enfin, quant à leur répartition verticale, les Rotateurs sont nettement superficiels. Polyarthra ne dépasse pas en nombre considérable la profondeur de 10 m. Notholca et Asplanchna occupent l'espace de la surface à 5 m. Il en est de même d'Anurea, tout en constatant l'exception d'août 1916.

Les Rotateurs se nourrissent d'Algues ; leur présence s'explique aisément dans les régions supérieures de l'eau.

Ce groupe nous apparaît donc biologiquement d'une homogénéité remarquable. Nous en tirons une conséquence immédiate : Ces êtres vivent ensemble. La lutte pour l'existence doit être dure entre eux. Nos résultats nous en donnent une idée : Ni en été 1915,

ni l'été suivant, nous ne trouvons les maxima de chaque groupe à la même profondeur. Le 9 juin 1915, *Polyarthra* est à 1 dm., *Anurea* à 5 m., *Notholca* à 4 m. Le 9 juin, même constatation. Enfin, soit en juin 1916, soit en août, soit en octobre, chaque genre a sa place, son domaine d'expansion.

Il y a là, dans des limites si étroites, plus qu'une circonstance fortuite.

Le dimorphisme saisonnier des Rotateurs a été déjà beaucoup étudié. Il est là, très apparent, chez tous les genres que nous avons observés. Il est conforme aux observations de Wesenberg-Lund.

Les appendices tégumentaires : cornes, pointes, épines, sont plus allongés en été qu'en hiver.

#### ENTOMOSTRACÉS

		Nauplius		Cyclops		Diaptomus		Daphnia		Bosmina	
1915	8 mai.	3	10 m.	208	10 m.	38	5 m.	—	—	2	10 m.
»	25 mai.	300	10 m.	450	10 m.	375	10 m.	2	5 m.	2	3 m.
»	9 juin.	2 000	5 m.	199	10 m.	55	10 m.	5	4 m.	2	10 m.
»	16 octobre.	46	10 m.	30	10 m.	18	15 m.	4	15 m.	22	1 m.
»	15 décemb.	188	3 m.	44	10 m.	42	3 m.	2	10 m.	—	—
1916	22 janvier.	91	5 m.	85	10 m.	16	10 m.	—	—	—	—
»	4 mars.	63	15 m.	62	15 m.	32	15 m.	—	—	1	15 m.
»	3 mai.	15	10 m.	127	15 m.	464	10 m.	7	30 m.	1	10 m.
»	22 juin.	60	10 m.	107	15 m.	83	15 m.	2	10 m.	2	10 m.
»	24 août.	1 140	15 m.	117	5 m.	42	10 m.	52	50 m.	1	10 m.
»	5 octobre.	89	3 m.	28	5 m.	41	15 m.	11	10 m.	1	5 m.

Au printemps, dès que les eaux se sont quelque peu réchauffées, le monde des Crustacés se réveille.

D'abord les Copépodes. Le 25 mai, nous dénombrons 450 *Cyclops* et 375 *Diaptomus*, le maximum de printemps et en même temps celui de l'année. Le 9 juin, déjà, le nombre en est fortement diminué. La déplorable lacune du 9 juin au 16 octobre nous empêche de suivre la courbe d'été 1915. Mais dès octobre, les maxima sont bien atténués. C'est en hiver que les Copépodes sont le moins nombreux.

Dès le 3 mai 1916, nous sommes revenus d'emblée à l'épanouissement qui caractérisait le mois de mai 1915.

La série de l'été 1916 nous montre que la population décroît moins vite qu'elle n'a crû au printemps.

*Daphnia* et *Bosmina* suivent le même mouvement, mais avec un certain retard. Nous voulons dire que ces Cladocères n'arrivent à leur expansion qu'en été, au moment où les eaux sont réchauffées.

De décembre à mars, on n'en rencontre **presque plus** ou plus du tout.

Les Nauplius ont, en somme, la même répartition verticale que les Cladocères. C'est en juin 1915 et en août 1916 que ces larves sont à leur maximum.

Evolution parallèle et environ simultanée des genres : voilà, en résumé, la conclusion qui s'impose à l'examen de nos résultats.

La répartition verticale présente aussi une belle unité. Les maxima des courbes, relativement aux Copépodes, s'établissent comme suit : 11 fois à 10 m. ; 7 fois à 15 m. ; 3 fois à 5 m. ; 1 fois à 3 m. La zone optimum s'étend donc autour de 10 m.

Quand on pense aux nombreux facteurs physiques et dynamiques qui modifient le milieu pélagique : température, densité, viscosité, éclaircissement, transparence, vagues et courants en retour, on s'étonne d'une telle régularité.

De part et d'autre du maximum, les Copépodes diminuent très diversément.

Vers la surface, on se rapproche très tôt de l'extinction. En hiver, on en rencontre encore quelques-uns à 1 dm. de profondeur. En été, on n'en rencontre pratiquement point avant 3 m. Vers le fond, les Copépodes descendent très bas en hiver et beaucoup moins en été. Nous avons même constaté des maxima profonds dans le régime des eaux froides. Précédemment, nous avons cherché à indiquer les causes de ces différences et nous n'y reviendrons pas.

Nauplius trouve aussi sa profondeur optimum à 10 m. Les écarts sont absolument du même ordre de grandeur que chez les adultes.

Si *Bosmina* occupe les eaux peu profondes et si *Daphnia* se rencontre déjà à 4 m., dans leur ensemble, ces Cladocères sont loin de présenter la belle unité des Copépodes. C'est qu'ils possèdent des organes de locomotion puissants. Les auteurs qui ont étudié le plancton nocturne les indiquent en masse à la surface de nuit, et ne les y signalent plus de jour.

Nous ne dirons pas grand'chose des *Daphnies* en particulier. Nous remarquerons seulement le nombre que nous en avons trouvé à 50 m., le 24 août. Nous en avons compté 52 pour la quantité d'eau habituelle. Jamais nos essais à 50 m. ne nous ont conduit à un résultat semblable.

C'est que le milieu présente aussi des particularités que nous avons indiquées ailleurs. Depuis le 22 juin, les eaux se sont notablement réchauffées.

	1 dm.	1 m.	3 m.	5 m.	10 m.	15 m.	20 m.	30m.	40 m.	50 m.
22 juin	19 <sup>08</sup>	16 <sup>04</sup>	16 <sup>0</sup>	15 <sup>06</sup>	14 <sup>0</sup>	12 <sup>04</sup>	11 <sup>08</sup>	9 <sup>0</sup>	9 <sup>0</sup>	8 <sup>08</sup>
24 août	19 <sup>08</sup>	18 <sup>06</sup>	18 <sup>06</sup>	18 <sup>04</sup>	10 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>	13 <sup>0</sup>	8 <sup>08</sup>	7 <sup>08</sup>	7 <sup>04</sup>

Mais brusquement, à 30 m., la température du 24 août est plus basse, et la différence s'accroît jusqu'à 50 m. Il semble bien qu'il y ait là une corrélation entre les deux phénomènes ; mais laquelle ? Avons-nous peut-être affaire à un courant en retour qui amène près des côtes les eaux de plus grands fonds et avec elles une grande population de Daphnies ? Et si tel était le cas, serions-nous alors en présence d'un de ces essaims dont parlent les auteurs ? Nous ne le savons ; mais cette arrivée inattendue d'eaux froides avec leur population nouvelle est un fait bien singulier.

*Bosmina* se réclame aussi de son originalité, mais en sens inverse de *Daphnia*. Après avoir égrené ses individus isolés jusqu'à 30 m. de fond, voici qu'une faune remarquable se développe le 22 octobre à 1 m. de profondeur.

#### LES ESSAIMS

Nous avons vu que la répartition verticale du plancton n'est pas abandonnée à l'arbitraire. Qu'en est-il dans le sens horizontal ? Les organismes sont-ils répartis uniformément ou se rencontrent-ils par essaims plus ou moins considérables au gré d'une cause encore inconnue ? Les opinions sont partagées.

Pour répondre à la question, il faudrait que nos essais se soient répétés le même jour, simultanément dans plusieurs stations assez voisines, distantes par exemple de 500 m. Nous en aurions tiré une conclusion définitive.

Mais ces essais ont été faits par divers naturalistes, et ils tendent à prouver que la répartition horizontale du plancton est uniforme pour tous les points de conditions analogues : profondeurs et distances à la côte égales.

BURCKHARDT croit que les différences qui ont été observées entre des stations voisines proviennent d'imperfections de méthode. LAMPERT tient la répartition horizontale pour uniforme lorsque les écarts de la moyenne ne sont pas supérieurs à 25 %. En admettant cette marge, LINDER a prouvé que le plancton est uniformément réparti dans le lac de Bret<sup>1</sup>.

Il nous paraît que nos résultats sont un indice sérieux en faveur d'une répartition horizontale uniforme.

Si, au cours d'une année, pour un même lieu placé quelque part à 2 km. de la rive, la répartition verticale est soumise à une loi régulière, ne pouvons-nous pas émettre l'hypothèse qu'il en est de même dans une région voisine ?

Que nous nous fassions bien comprendre. Nous ne pensons pas que les résultats trouvés dans une station placée à 500 m. ou à

<sup>1</sup> Voir [8], [16], [17].

1 km. de la nôtre, seraient absolument égaux à ceux de celle-ci. Nous voulons seulement dire que les deux courbes seraient semblables.

Mais nous devons pouvoir aller plus loin. Si la répartition verticale est si régulière dans des régions étendues du lac, la répartition horizontale doit être assez uniforme aussi.

Il semble bien, du reste, qu'il n'en puisse être autrement pour le plancton inférieur. Mais les Crustacés sont pourvus d'appareils locomoteurs puissants et il est concevable qu'ils puissent se déplacer en essaims.

Malgré ce fait, les Copépodes présentent une grande régularité. Leur répartition verticale ne paraît pas influencée par la migration nocturne, ou du moins celle-ci se produit si régulièrement que la même heure du jour présente toujours la même situation verticale.

Nous n'en pouvons dire autant des Cladocères, soit que 20 litres d'eau ne nous donnent que des nombres insuffisants de ces Crustacés, soit qu'ils échappent à l'aspiration.

D'autre part, les auteurs leur attribuent une intense migration nocturne. Un déplacement vertical considérable ne doit pas se produire sans de sérieuses perturbations dans le temps.

GANDOLFI et ALMEROOTH ont aussi étudié la répartition des Daphnies dans le Petit-Lac, en opérant au filet Burckhardt. Ils ont trouvé des résultats si divergents qu'ils ne peuvent les expliquer que par l'existence d'essaims [14].

## CONCLUSIONS

1° L'usage de la pompe est indispensable pour acquérir une notion claire de la répartition verticale du plancton.

2° Au point de vue planctonique, le régime des eaux d'hiver diffère essentiellement de celui des eaux d'été.

3° En hiver, le plancton est assez uniformément réparti de la surface jusqu'au fond, ou tout au moins jusqu'au point où les variations saisonnières de température sont sensibles.

4° En été, le plancton est confiné dans les couches superficielles. Il ne descend guère au-dessous de 40 m. En outre, sa répartition n'est pas uniforme.

5° Soit en hiver, soit en été, on constate des zones d'expansion superficielles qui sont les zones optimum de développement des espèces.

6° En été, plus spécialement pour les groupes d'organismes inférieurs, s'établissent des maxima plus profonds. Ils sont constitués par les organismes séniles ou morts qui flottent dans la couche de saut thermique.

7° La répartition horizontale est uniforme.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ANDRÉ. — Recherches sur la Faune pélagique du Léman et description de nouveaux genres d'Infusoires. (Revue suisse de Zool., vol. 22, 1914.)
2. APSTEIN. — Das Süßwasserplankton. Methode und Resultate der quantitativen Untersuchungen.
3. BACHMANN. — Planktonfänge mittels der Pumpe. (Biol. Centralblatt, XX, 1901.)
4. BEHRENS. — Vertikale Verteilung des Crustaceenplanktons. (Berlin, 1914.)
5. BLANC. — Note sur *Ceratium hirundinella*. Sa variabilité et son mode de reproduction. (Bull. Soc. vaud. Sc. nat., XX, 1884.)
6. — Le Plancton nocturne du Léman. (Bull. Soc. vaud. Sc. nat., XXXIV, 1898.)
7. — Critique de la pêche du Plancton. (Bull. Soc. vaud. Sc. nat., XXXIX, 1903.)
8. BURCKHARDT. — Quantitative Studien über das Zooplankton des Vierwaldstättersees. (Mitteilungen der naturforsch. Gesellschaft, Luzern, III, 1900.)
9. EYFERTH. — Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreiches. (Leipzig, 1900.)
10. FEHLMANN. — Tiefenfauna des Luganersees. (Leipzig, 1911.)
11. COLDITZ. — Beiträge zur Biologie des Mansfeldersees mit besonderen Studien über das Zentrifugenplankton. (Zeitsch. für Wissensch. Zoologie. Tome 104.)
12. FOREL. — Le Léman, monographie limnologique. (Tomes I, II et III.)  
— Série de pêches quantitatives de Plancton dans le Léman. (Bull. Soc. vaud. Sc. nat., XXXII, 1896.)
13. FUHRMANN. — Propositions techniques pour l'étude du Plancton dans les lacs suisses. (Archives Sc. nat. et phys., VIII, 1899.)
14. GANDOLFI ET ALMEROOTH. — Mitteilungen über die Verteilung von *Daphnia hyalina* im Genfersee. (Aus dem Zoologischen Institut der Universität Genf.)
15. HEUSCHER. — Das Zooplankton des Zürich-Sees. (Stuttgart, 1915.)
16. LAMPERT. — Das Leben der Binnengewässer. (Leipzig, 1910.)
17. LINDER. — Etude de la faune pélagique du lac de Bret. (Revue suisse de Zoologie, T. 12, 1904.)
18. LOZERON. — La répartition verticale du Plancton dans le lac de Zurich, de décembre 1900 à décembre 1901. (Vierteljahrsschrift der Naturforsch. Gesellschaft in Zürich, XLVII, 1902.)
19. RUTTNER. — Die Verteilung des Planktons in Süßwasserseen.
20. — Über das Verhalten des Oberflächenplanktons zu verschiedenen Tageszeiten im Grossen Plönersee.
21. STEUER. — Planktonkunde.
22. SUCHLANDT. — Beobachtungen über das Phytoplankton des Davosersees.
23. YUNG. — La station de zoologie lacustre et les variations quantitatives du Plancton dans le Léman. (IX<sup>e</sup> Congrès intern. de Monaco, 1913.)