

Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. Bull. K. Belg. Inst. Nat. Wet.	Bruxelles Brussel	1-VII-1980
52	B I O L O G I E	2

ETUDE COMPAREE
DE LA PRODUCTION PHYTOPLANCTONIQUE
DANS DEUX ETANGS A TRUITES DE HAUTE-BELGIQUE
(période 1967-1969)

PAR

Jean-Paul MOMMAERTS (*) et Léna BORSU-ELGMAN

(Avec 11 figures dans le texte)

INTRODUCTION

L'étude de certains étangs de la pisciculture du domaine provincial de Mirwart (province du Luxembourg) fait partie du programme de recherches sur la productivité des écosystèmes d'eau douce qui se poursuivent actuellement en Belgique dans le cadre du P. B. I.

La pisciculture de Mirwart comprend dans son site principal trois groupes d'étangs échelonnés en dérivation le long du ruisseau du Marsoult, affluent de la Lhomme. Ces trois groupes comprennent d'aval en amont : 1° neuf étangs de 8 à 50 ares (dits du Moulin); 2° un étang isolé (dit de la Scierie) et enfin 3° cinq étangs de 25 à 40 ares (dits du Marsoult). Ce dernier groupe nous intéresse particulièrement puisqu'il comporte deux des étangs étudiés. Un de ces étangs (n° 3) est artificiellement enrichi (« fumé »), comme la plupart des étangs de la pisciculture, et son voisin (n° 4) ne l'est plus depuis 1957 et peut servir de témoin. Ces deux étangs sont présumés semblables à tout autre point de vue (exposition, forme, superficie, etc.).

Les poissons produits sont des truitelles « fario » d'un été (*Salmo trutta* L.) ayant environ 8 cm de long, destinées au repeuplement des

Travail réalisé au Laboratoire de Botanique systématique et d'Ecologie, U.L.B., dans le cadre du Programme Biologique International, section P.T.-P.F. Projet Mirwart; contribution n° 10.

* Adresse actuelle : Unité de Gestion du Modèle Mathématique de la Mer du Nord et de l'Escaut. Min. de la Santé Publique et de l'Environnement. Quartier Vésale 2/3. C. A. E. 1010 Bruxelles.

TABLEAU 1

Fumure de l'étang 3 : dates d'épandage, nature et quantités des engrais

Chaux	175 kg le 10-XII-1968 lors de l'assèchement. 40 kg par semaine dans le moulin à chaux.
Scorie	30 kg le 10-XII-1968 lors de l'assèchement. 30 kg le 25-III-1969.
Kama	160 kg le 30-III-1969.
Kaïnite	30 kg le 10-XII-1968 lors de l'assèchement. 30 kg le 25-III-1969.
Luzerne	60 kg dans le courant du mois de mars.

TABLEAU 2

Composition chimique des engrais utilisés

Kama : Le kama contient :	
7,0	% d'azote d'origine animale;
6,5	% de P_2O_5 soluble dans l'eau et le citrate d'ammonium alcalin;
9,0	% de K_2O soluble dans l'eau;
16,0	% de matières organiques solubles dans NH_3 à 4 %;
34,0	% de matières organiques insolubles dans l'ammoniaque.
0,14	% de phosphore sous forme de phosphates solubles*;
0,02	% d'azote sous forme nitrate*.
Scories : Les scories de déphosphoration (phosphates Thomas) contiennent 14 à 22 % de pentoxyde de phosphore et 50 % de chaux. Elles contiennent 0,003 % de phosphates solubles*, 0,2 % de nitrates*, 0,001 % de calcium et 0,0002 % de sodium.	
Kaïnite : La kaïnite est composée de :	
21	% de KCl;
36	% de $MgSO_4$;
24	% de NaCl;
2	% de $CaSO_4$;
1	% de matières insolubles;
16	% d'eau;
0,004	% de phosphates solubles*.
Chaux : La chaux est composée de 100 % d'hydroxyde de calcium.	
Luzerne : Nous avons dosé les matières minérales solubles contenues dans la luzerne séchée. Les teneurs sont exprimées en % du poids sec*.	
Cendres	8,5 %;
Potassium	2,91 %;
Sodium	0,03 %;
Calcium	1,09 %;
Phosphore	0,15 %;
Azote	1,59 %;
Silice	0,22 %.

* mesures effectuées au laboratoire.

rivières ardennaises. Les truites sont déversées dans les étangs sous forme d'alevins à vésicule résorbée (mars-avril) produits à la pisciculture, et la capture se fait en octobre. Les étangs sont vidés durant une période qui s'étend à peu près de la mi-octobre à la mi-novembre. Durant plus d'un mois, les étangs restent à sec. Cette période est mise à profit pour commencer la fumure. L'engrais épandé se compose de chaux, de scories de déphosphoration, de kaïnite et d'engrais organiques présumés devoir favoriser le développement du phytoplancton (tabl. 1 et 2). Pendant les premiers mois qui suivent la mise sous eau de l'étang, on crée les conditions prévalant dans une eau stagnante en fermant les exutoires et les arrivées. Ceci dans l'espoir de favoriser l'intégration des substances nutritives au milieu.

Pour des raisons d'ordre économique, on cherche à obtenir une qualité bien définie de truitelles : truitelles de 8 à 10 cm (4 à 8 g). Le développement des poissons dépend du nombre d'alevins mis au m² pour une quantité d'engrais donnée (dont notamment ceux ajoutés à la mise à sec). Ainsi, dans les étangs de forme « ordinaire », on met quatre alevins nourris ou six alevins non nourris au m², pour récolter deux truitelles de 6 g/m². Si on met un plus grand nombre d'alevins, les truitelles seront plus nombreuses mais moins développées et donc beaucoup plus fragiles, ce qui n'est pas souhaité. Par contre, dans le cas d'un échec, les quelques survivants peuvent peser 40 g, soit cinq à dix fois plus que les truitelles s'étant développées selon le plan prévu.

Les rendements observés dans les deux étangs étudiés sont assez variables mais sont d'ordres de grandeur différents selon les traitements (tabl. 3). Les chiffres de ce tableau sont comparables à ceux trouvés pour les autres étangs de la pisciculture. La diminution sensible de la production « tertiaire » dans l'étang 4 pourrait cependant constituer un phénomène nouveau.

TABLEAU 3

Production piscicole en grammes/are depuis 1962, pour 6 à 7 alevins mis au m²

	Etang n° 3	Etang n° 4
1962-1965	800-1400	250-330
1966	2000	160
1967	157	220
1968	416	41
1969	910	10 (dont 9 en cage !)

L'adjonction aux étangs de matières nutritives (engrais) judicieusement dosées devrait permettre de contrôler la production primaire et, par conséquent, la production de poissons. Jusqu'ici, le dosage des engrais a été fait sur des bases empiriques et le rendement piscicole n'a pas toujours donné satisfaction.

On souhaite, à l'issue de ce programme de recherche collective, avoir élucidé un certain nombre de mécanismes fondamentaux et pouvoir fournir des indications pour un traitement piscicole optimal.

CARACTERISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT

Dimensions et situation des deux étangs

Du schéma de la figure 1, il apparaît que les superficies de ces deux étangs sont différentes. L'étang 4 a une superficie de quelque 30 ares. Sa profondeur moyenne est de 1 mètre, ce qui représente un volume de 3.000 m³. Par contre, l'étang 3 est non seulement un peu plus grand (36 ares) mais aussi plus profond (2 mètres en moyenne), ce qui représente un volume de 7.000 m³, soit près du double de l'étang 4. Il n'a pas été tenu compte de ce fait dans l'approvisionnement en alevins dont le nombre se rapporte à la superficie de l'étang. De la différence de profondeur, il découle également que l'inertie thermique de l'étang 4 est théoriquement plus faible que celle de l'étang 3.

Actuellement, la nature du fond est essentiellement pierreuse dans l'étang 4 tandis que la sole de l'étang 3 est tapissée d'une couche de vase relativement importante sur presque toute sa superficie. De plus, cette couche est elle-même partiellement recouverte toute l'année de Cyanophycées [*Aphanothece stagnina* (Spreng.) A. Br.]. La compartimentation du système d'étangs n'est pas aussi efficace qu'il apparaît sur le schéma (fig. 1). Des fuites permettent notamment une contamination de l'étang 4

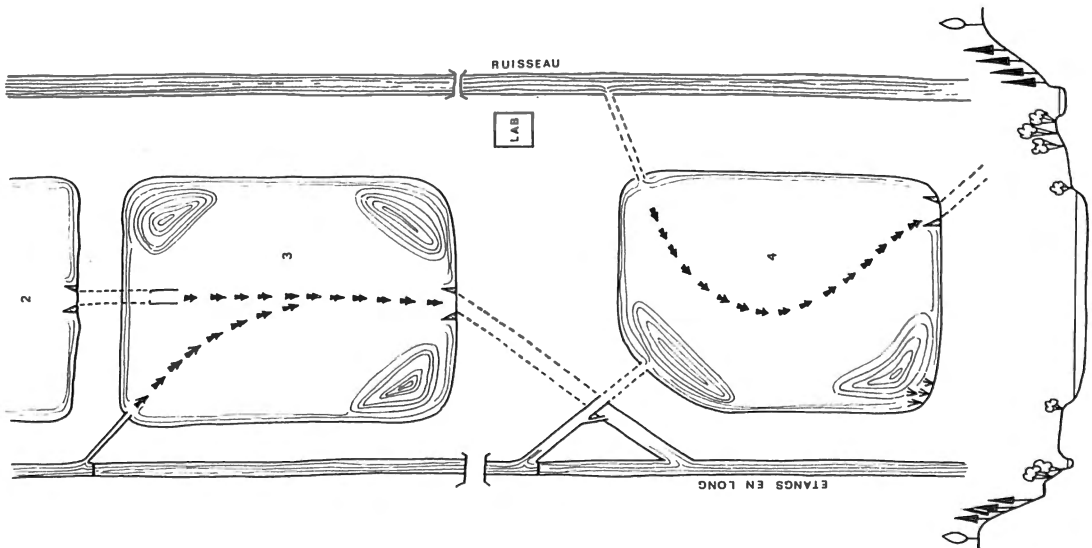


Fig. 1. — Dispositif des étangs étudiés et coupe du site. Les flèches indiquent le trajet principal du flux amenée d'eau — moine. Les lignes concentriques dans les angles des étangs y indiquent l'existence d'une pente douce. Les canalisations souterraines sont dessinées en trait interrompu.

par les eaux des étangs « en long » qui sont beaucoup plus riches en éléments nutritifs. Les débits respectifs des arrivées et exutoires ouverts ou théoriquement bouchés sont très variables au cours de l'année.

L'observation des mouvements d'eau dans les étangs (corroborée par les tracés des fossés de vidange observables pendant l'assec) révèle un brassage plus efficace dans l'étang 3.

L'exposition au soleil des deux étangs est légèrement différente en raison de la disposition des végétations riveraines et de la différence de niveau des étangs. On voit donc que les deux étangs ne sont pas parfaitement semblables. Ces différences pouvant avoir une influence sur l'évolution des populations planctoniques, il faut traiter les résultats avec prudence afin de ne pas attribuer aux seuls engrais des effets pouvant provenir des caractères particuliers de ces étangs.

Caractéristiques de l'eau

Méthodes

Dans les deux étangs, nous avons procédé à quelques mesures et analyses simples : température, pH, conductivité électrique, dosage par photométrie de flamme des ions K^+ , Na^+ et Ca^{++} lors de chaque visite et à une analyse générale des éléments majeurs (mêmes techniques que MOMMAERTS, 1965) afin de situer les deux étangs dans la classification typologique des eaux (KUFFERATH, 1951). L'eau a toujours été prélevée en surface au moins, vers 10 heures. Les visites se sont faites de mois en mois pendant les années 1967, 1968 et 1969. En 1969, les nitrates et les phosphates ont également été dosés, respectivement selon la méthode de CARON et RAQUET (1939) et la méthode de MURPHY et RILEY (1962).

Résultats (éléments majeurs et physicochimie)

Nos résultats indiquent que le type d'eau est identique dans les deux étangs étudiés et est caractéristique des eaux rencontrées en Ardenne et dans les Fagnes (fig. 2) (J. J. SYMOENS, 1957; J. P. MOMMAERTS, 1965 et 1966). Le diagramme ionique (fig. 3), tracé selon la technique de J. KUFFERATH (1951), révèle un type d'eau où aucun ion ou groupe d'ions ne domine grandement les autres (isovalence).

La conductivité est d'environ 60 micro-siemens, ce qui représente une teneur en électrolytes d'environ 0,6 mé/l. Le caractère de ces eaux est donc nettement oligotrophe.

Cependant, l'étang 4 est toujours légèrement moins riche que l'étang fumé. La différence, faible globalement (0,05 mé/l), se retrouve dans la teneur en calcium et corrélativement le pH et l'alcalinité S. B. V. (tabl. 4).

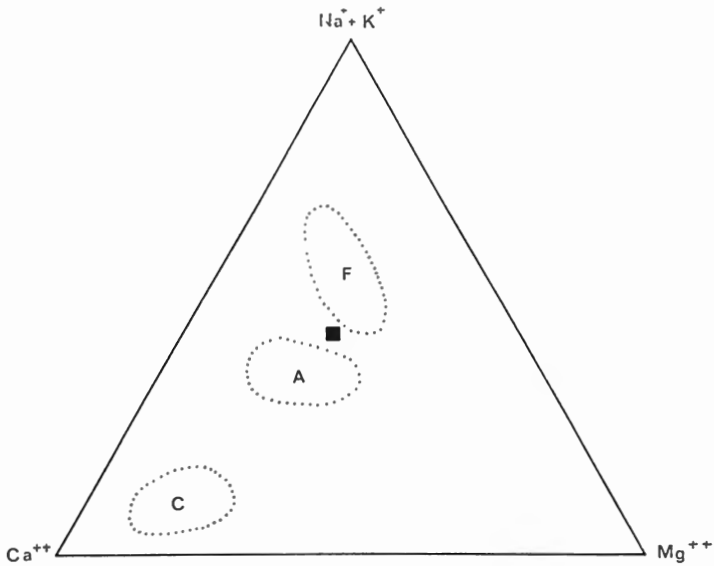


Fig. 2. — Représentation graphique des équilibres cationiques (Na+K)-Ca-Mg des étangs étudiés à Mirwart (petit carré noir) et des types d'eau rencontrés en Ardenne et dans les régions voisines (zone F: eaux fagnardes; zone A: eaux ardennaises; zone C: eaux condruisiennes, Symoens, 1957).

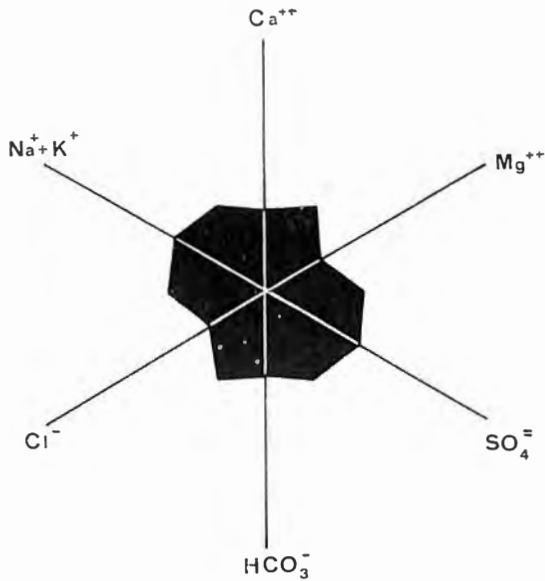


Fig. 3. — Représentation graphique (selon Kufferath, 1951) de la composition ionique des étangs étudiés (25 avril 1967).

L'évolution générale de ces résultats et particulièrement de la conductivité semble aller dans le sens d'une légère élévation au cours de l'année. Cette évolution n'est pas évidemment liée à la variation saisonnière du microplancton ni à l'introduction des engrais. Une certaine liaison semble cependant apparaître avec les précipitations locales (et aussi la fonte des neiges) quand on considère les jours précédant immédiatement la mesure du K_{25} (fig. 4). Il faut également tenir compte du système de canaux et de vannes régulatrices de débit dont la surveillance stricte nous échappe encore. Les quantités d'engrais en jeu ne sont peut-être pas suffisantes. Nous avons, par exemple, pu vérifier par analyse, dans le cas de la kaïnite que l'apport en K^+ est minime. Ainsi, si les 60 kg de kaïnite (produit totalement soluble) étaient déversés en une fois dans les 7.000 m³ de l'étang 3, l'augmentation en K^+ ne serait que de 1 mg/l. C'est-à-dire que le niveau resterait quand même très faible. Dans la réalité, on n'observe absolument aucune augmentation de la teneur en potassium dans l'eau, qui se maintient aux environs de 0,5 mg/l (tabl. 4). On peut dès lors suggérer que l'élimination des fractions solubles est rapide, non pas par métabolisation dans la biomasse, les organismes étant rares au moment du déversement des engrais, mais bien par remplacement rapide de l'eau enrichie par de l'eau nouvelle du Marsoult. Il est en effet malaisé de maintenir une étanchéité stricte des exutoires et dès lors d'obtenir un système clos pendant quelques mois, comme il est prévu dans le régime appliqué aux étangs.

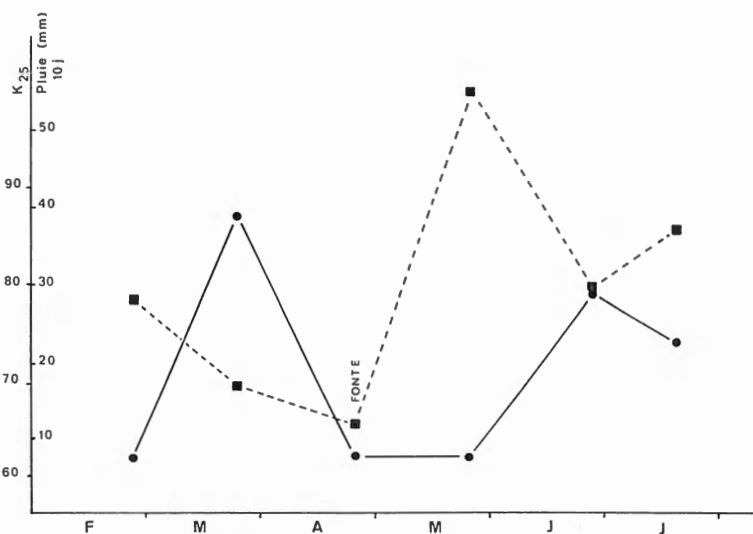


Fig. 4. — Evolution de la conductivité électrique de l'eau de l'étang 3 (K_{25}) (trait plein) et des précipitations totales pour la période de dix jours précédant la mesure de conductivité (trait interrompu) en 1967. Il est à souligner qu'à la valeur faible des précipitations à la fin d'avril s'ajoute un apport d'eau important, mais inconnu, dû à la fonte des neiges.

TABLEAU 4

Résultats des mesures physiques et chimiques faites sur les deux étangs pendant les années 1967, 1968 et 1969

	15-XII-1966	27-II-1967	24-III-1967	25-IV-1967	25-V-1967	27-VI-1967	19-VII-1967	25-VII-1967	22-VIII-1967	25-IX-1967	3-X-1967	17-X-1967	12-II-1968	20-III-1968	25-IV-1968	
Température Co° ...	3,5	7,0	6,7	8,2	12,9	18,4	23,0	18,8	16,7	13,9	13,7	12,9	2,8	5,3	13,1	} Etang 3
pH	—	7,0	—	7,3	7,1	7,0	8,7	—	—	7,2	—	—	6,7	7,5	9,1	
Conductivité K ₂₅ ...	62,0	62,0	87,0	62,0	62,5	79,0	74,0	76,0	79,0	78,0	78,0	84,0	71,0	52,3	67,0	
Ca ⁺⁺ mg/l	—	8,5	8,5	5,1	6,0	6,2	6,2	—	6,0	—	—	—	5,7	3,6	5,7	
K ⁺ mg/l	—	0,1	0,2	1,4	0,7	0,6	0,7	—	1,5	—	—	—	0,3	0,7	0,5	
Na ⁺ mg/l	—	—	—	6,6	6,6	3,2	8,2	—	6,5	—	—	—	3,4	3,5	5,3	
Température Co° ...	—	6,1	6,4	7,7	13,6	18,8	23,0	18,9	18,4	14,7	14,0	13,7	2,5	5,4	12,3	} Etang 4
pH	—	6,5	—	7,2	6,9	7,0	7,0	—	—	7,2	—	—	6,7	7,0	7,3	
Conductivité K ₂₅ ...	50,0	56,0	58,0	60,0	60,0	66,0	65,0	67,0	70,0	67,0	69,0	77,0	54,5	51,2	60,0	
Ca ⁺⁺ mg/l	—	4,5	4,5	3,9	4,7	4,7	5,4	—	4,5	—	—	—	5,8	2,5	3,3	
K ⁺ mg/l	—	0,1	0,2	0,6	0,6	0,4	0,6	—	0,3	—	—	—	0,1	0,7	0,2	
Na ⁺ mg/l	—	—	—	6,0	6,1	3,2	7,6	—	6,5	—	—	—	3,1	3,4	5,0	

TABLEAU 4 (suite et fin)

	27-V-1968	11-VI-1968	15-VIII-1968	27-IX-1968	* 11-XII-1968	17-XII-1968	2-I-1969	20-I-1969	19-II-1969	2-IV-1969	6-8-IV-1969	7-V-1969	21-V-1969	18-VI-1969	22-VII-1969
Température Co° ...	12,9	—	17,4	13,3	0,2	0,6	1,0	—	0,2	—	9,6	13,4	14,5	18,5	22,9
pH	7,3	—	7,2	6,9	9,6	9,0	7,0	—	6,6	—	8,2	7,0	7,2	9,4	7,6
Conductivité K _{cm} ...	72,5	—	71,0	72,0	270,0	60,0	56,5	69,0	56,0	70,0	73,0	74,0	72,0	82,0	76,0
Ca ⁺⁺ mg/l	5,8	6,3	4,0	6,0	34,5	8,3	5,5	—	5,7	6,7	6,1	6,0	6,6	8,1	7,0
K ⁺ mg/l	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	1,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	0,2	0,4	0,4
Na ⁺ mg/l	5,6	3,3	3,1	3,3	—	2,1	3,6	3,7	3,7	4,0	3,6	3,2	3,2	3,3	3,2
Température Co° ...	14,0	—	18,8	14,8	—	0,4	1,2	—	0,3	—	8,6	—	14,5	19,2	24,2
pH	7,1	—	7,1	6,9	—	7,0	6,4	—	6,5	—	6,8	6,9	6,9	7,0	7,4
Conductivité K _{cm} ...	65,0	—	66,0	65,0	52,0	57,0	53,0	54,0	48,0	54,0	60,0	59,5	61,5	63,0	65,0
Ca ⁺⁺ mg/l	4,6	4,6	3,4	4,9	2,4	5,3	4,9	—	4,2	4,5	4,7	4,3	4,7	4,2	4,3
K ⁺ mg/l	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Na ⁺ mg/l	5,3	3,3	3,1	3,1	—	2,0	3,4	2,8	3,2	2,9	3,0	2,8	3,0	3,3	3,1

Etang 3

Etang 4

* Jour d'épandage d'engrais. Eau collectée dans creux central.

Eléments biogènes

Les nitrates et les phosphates n'ont été dosés que lors de l'année 1969. Au sein des étangs, on ne constate pas de fortes différences dans les concentrations en nitrates d'un point à l'autre. Les variations observées sont en-deçà de la précision des mesures. On observe un maximum de la teneur en nitrates en hiver et un appauvrissement au printemps et en été lorsque les populations phytoplanctoniques se développent. L'apport en nitrates dans l'étang 3, dû à l'enrichissement artificiel, n'est que très peu sensible. Par contre, les eaux qui alimentent les deux étangs sont systématiquement plus riches en nitrates (tabl. 5).

TABLEAU 5

Résultats des analyses de nitrates (mg/l) faites dans les étangs 2, 3 et 4 en 1969

Etang	II		III			IV		
Lieu du prélèvement	Moine		Moine	Milieu	Arrivée	Moine	Milieu	Arrivée
Date								
17-XII-1968	—		0,23	—	3,60	0,12	—	0,22
2-I-1969	—		3,98	—	4,17	3,56	—	4,18
20-I-1969	5,30		—	4,30	5,00	4,50	—	5,00
19-II-1969	—		3,88	—	3,83	3,19	—	4,08
2-IV-1969	—		3,02	2,97	4,23	2,30	2,35	4,60
8-IV-1969	2,95		2,89	2,95	3,84	1,84	2,16	3,98
7-V-1969	2,82		3,15	2,98	4,13	1,68	1,60	3,80
21-V-1969	2,73		2,62	2,64	3,90	1,49	1,45	3,69
18-VI-1969	0,66		0,19	0,15	3,70	2,67	2,45	3,84
22-VII-1969	1,40		0,96	0,90	3,70	2,87	3,00	3,93

Au contraire des nitrates, l'effet de l'enrichissement de l'étang 3 en phosphates apparaît très clairement (tabl. 6) après le 8 avril 1969. Les eaux d'alimentation ont une teneur en phosphates très faible. Dans le courant de la saison 1968, on a également trouvé des quantités élevées de phosphates dans l'étang 4. Ceci est probablement dû au manque d'étanchéité des canaux qui peuvent mettre les deux étangs en communication.

TABLEAU 6

Résultats des analyses des phosphates (mg/l) faites dans les étangs 2, 3 et 4 en 1969.

Etang	II	III			IV		
Lieu du prélèvement	Moine	Moine	Milieu	Arrivée	Moine	Milieu	Arrivée
Date							
27-V-1968	—	0,0420	0,0416	—	0,0392	0,0353	—
21-VIII-1968	—	0,0198	—	—	0,0021	—	—
24-VIII-1968	—	0,0051	—	—	0,0025	—	—
11-XII-1968	—	—	—	0,0081	—	—	0,0054
17-XII-1968	—	0,0388	—	0,1090	0,0123	—	0,0070
2-I-1969	—	0,0274	0,0288	0,0120	0,0081	—	0,0090
20-I-1969	0,0192	—	0,0081	0,0011	0,0000	—	0,0000
19-II-1969	—	0,0140	—	0,0113	0,0108	—	0,0192
2-IV-1969	—	0,0210	0,0186	0,0080	0,0065	0,0034	0,0107
8-IV-1969	0,0119	0,0142	0,0150	0,0071	0,0086	0,0077	0,0057
7-V-1969	0,0750	0,0189	0,1066	0,0099	0,0032	0,0032	0,0079
21-V-1969	0,0983	0,1630	0,1642	0,0070	0,0055	0,0012	0,0066
18-VI-1969	0,1501	0,1689	0,1599	0,0058	0,0043	0,0031	0,0070
22-VII-1969	0,0790	0,0874	0,0937	0,0089	0,0110	0,0082	0,0100

POPULATIONS VEGETALES RIPUAIRES ET PLANCTONIQUES

La végétation ripuaire est assez réduite, surtout dans l'étang 3. On note la présence de *Carex elongata*, *Phragmites communis* et de *Juncus effusus* en quelques endroits. *Glyceria fluitans* est assez commun dans l'angle S-O de l'étang 4 où on trouve aussi *Ranunculus flammula*. On a aussi relevé la présence de *Nitella* sp. sur le fond de l'étang 4, pendant l'assec.

L'essentiel de la production primaire est planctonique et benthique.

Parmi les organismes phytoplanctoniques, deux catégories principales peuvent être définies par leur taille et pratiquement par la méthode de récolte. Il s'agit du *microplancton*, généralement défini comme le phytoplancton recueilli dans un filet à mailles fines et donc de taille égale ou supérieure à environ 50 microns, et du *nannoplancton* généralement

constitué de petits flagellates appartenant aux classes des Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées et Dinophycées et qui passent au travers des mailles du filet.

A Mirwart, bien que nous ayons eu plusieurs fois l'indication de la très grande abondance de ce nanoplancton, nous n'avons d'informations plus précises que pour l'année 1969. Dans l'étang 3, le nanoplancton est très vite présent en quantités importantes (entre 1 et 3 millions de cellules par litre, de la mi-janvier à la mi-mai, les genres les plus représentatifs étant *Chlamydomonas* et *Cryptomonas*). A la mi-juin, il y a développement d'une population de très petits *Synedra* (Bacillariophycées) à raison de quelque 80 millions de cellules par litre, et parallèlement au développement de la fleur d'eau à *Volvox*. Dans l'étang 4, le nanoplancton reste tout le temps relativement pauvre (moins d'un million de cellules par litre) et est composé principalement de *Chlamydomonas* et de cellules isolées de *Dinobryon*.

La première phase de ce travail est essentiellement consacrée au microplancton récolté en 1967, 1968 et 1969 à l'aide d'un filet à mailles de 65 microns halé sur une longueur de l'étang. Les échantillons ainsi récoltés ont été fixés au Lugol acétique.

Les données que nous possédons sont donc essentiellement qualitatives et limitées à la seule catégorie du microplancton. Une approximation a cependant été tentée quant à l'évolution quantitative des espèces au cours

		ECHANTILLON					
		.	1	2	3	4	
ESPECE	0	
	1	0,1	.	0,5	1	2	4,5
	2	0,5	.	1	1,5	3,5	8
	3-4	4	.	1,5	3,5	7,5	16
	5	8,5	.	2	4,5	9,5	20

Fig. 5. — Quantification des données qualitatives. Un coefficient d'abondance, relatif à l'échantillon entier, (1, 10, 100 et 1.000) est multiplié par un coefficient d'abondance, relatif à l'espèce considérée, (coefficient directement dérivé de l'échelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet, 1927). La racine cubique (valeur forcée à la demi-unité) du résultat de la multiplication est utilisée pour exprimer graphiquement l'abondance de l'espèce considérée, en unités se prêtant aux comparaisons d'un échantillon à l'autre (tous les échantillons sont pris dans les mêmes conditions évidement). L'utilisation des racines cubiques (voir aussi Lohmann, 1908) des valeurs calculées ou des nombres directement comptés permet de minimiser les erreurs et les variations non significatives et fait que les valeurs faibles ne sont pas totalement éclipsées par les valeurs importantes (Ruttner, 1964).

Blocs extérieurs : indices utilisés dans les tableaux.

Bloc intérieur : grille des racines cubiques.

Entre les blocs : coefficients correspondant aux indices.

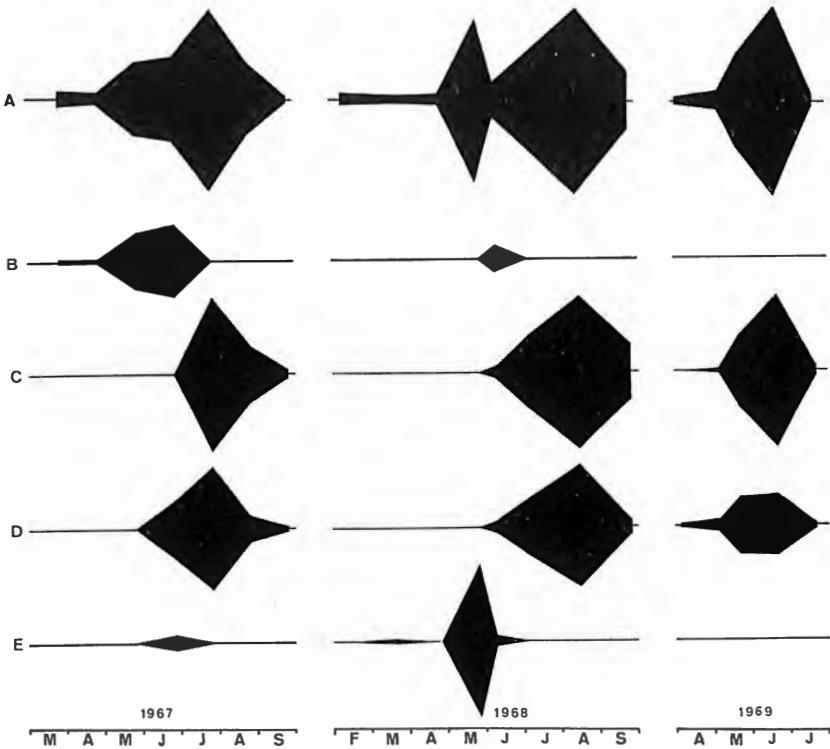


Fig. 6. — Evolution quantitative du microplancton de l'étang 3 au cours des années 1967, 1968 et 1969 (microplancton total et espèces principales ou caractéristiques).

A : microplancton total

B : *Volvox aureus*

C : *Volvox globator*

D : *Euglena* sp.

E : *Dinobryon cylindricum* var. *palustre*.

du temps. La technique utilisée pour l'établissement de telles valeurs est expliquée en figure 5. Les graphiques ainsi construits (fig. 6 et 7) montrent que l'évolution saisonnière se répète approximativement de la même manière chaque année. Un développement important du microplancton se manifeste dès le mois de mai. Des phénomènes intéressants apparaissent plus clairement tels la disparition progressive d'une espèce (*Volvox aureus*) et le maintien d'une autre (*Volvox globator*). Nous ne pouvons malheureusement pas fournir d'explication pour ce phénomène. L'apparition exceptionnelle d'une population importante de *Dinobryon cylindricum* var. *palustre* dans l'étang 3 au moment de son développement maximal dans l'étang 4 (mai 1968) est également à signaler. Du tableau général (tabl. 7), on peut déduire que les différences entre les deux étangs sont importantes tant par la productivité que par la nature des espèces dominantes. Nous avons recensé 39 espèces dans l'étang 3 et 60

TABLEAU 7a

Composition de la flore microplanctonique de l'étang 3 pendant les années 1967-1968-1969. — Les indices utilisés sont expliqués en fig. 5.

Echantillon :	24-III-1967	25-IV-1967	25-V-1967	26-VI-1967	25-VII-1967	22-VIII-1967	25-IX-1967	20-III-1968	25-IV-1968	27-V-1968	11-VI-1968	4-VII-1968	15-VIII-1968	27-IX-1968	2-IV-1969	7-V-1969	22-V-1969	18-VI-1969	22-VII-1969
	1	1	3	3	4	3	1	1	1	4	2	3	4	3	1	1	3	4	1
CHLOROPHYTA																			
Volvocales :																			
<i>Chlamydomonas</i> sp.	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	2	—	1	1	2	1	1
<i>Eudorina elegans</i> EHR.	3-4	3-4	3-4	1	1	1	—	1	3-4	1	3-4	3-4	2	1	1	5	3-4	—	2
<i>Gonium pectorale</i> MÜLLER	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Gonium sociale</i> (DUJ.) WARM.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—
<i>Pandorina morum</i> (MÜLLER) BORY	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	1	—
<i>Volvox aureus</i> EHR.	1	1	3-4	5	—	—	—	—	—	—	3-4	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Volvox globator</i> (LINNÉ) EHR.	—	—	—	—	5	3-4	2	—	—	—	2	5	5	3-4	—	1	5	5	3-4
Chlorococcales et Tetrasporales :																			
<i>Ankyra ancora</i> (G. M. SMITH) FOTT	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pediastrum Boryanum</i> (TURP.) MENEGH.	3-4	1	1	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1	1
<i>Scenedesmus bijuga</i> (TURP.) LAGERH.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Scenedesmus cf. incrassulatus</i> BOHLIN	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Scenedesmus obliquus</i> (TURP.) KÜTZ.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (TURP.) BRÉB.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>Sphaerocystis</i> sp.	—	—	—	—	—	3-4	2	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Desmidiées :																			
<i>Closterium didymotocum</i> CORDA	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—
<i>Closterium leibleinii</i> KÜTZ.	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Closterium praelongum</i> BRÉB.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Closterium rostratum</i> EHR.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Closterium toxon</i> WEST	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—
<i>Euastrum verrucosum</i> EHR.	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Genicularia spirotaenia</i> DE BARY	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
<i>Hyalotheca mucosa</i> (DILLW.) EHR.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Staurastrum gracile</i> RALFS	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	—	—

TABLEAU 7a (suite et fin)

Echantillon :	24-III-1967	25-IV-1967	25-V-1967	26-VI-1967	25-VII-1967	22-VIII-1967	25-IX-1967	20-III-1968	25-IV-1968	27-V-1968	11-VI-1968	4-VII-1968	15-VIII-1968	27-IX-1968	2-IV-1969	7-V-1969	22-V-1969	18-VI-1969	22-VII-1969
	1	1	3	3	4	3	1	1	1	4	2	3	4	3	1	1	3	4	1
<i>Staurastrum furcigerum</i> BRÉB.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Staurodesmus convergens</i> (EHR.) FLORIN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	—	1	—	—
CHRYSOPHYTA																			
Chrysophyceae :																			
<i>Dinibyon cylindricum</i> IMHOF. var <i>palustre</i> LEMM.	—	—	—	1	—	—	—	1	—	5	2	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Synura uvella</i> EHR.	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Bacillariophyceae :																			
<i>Fragilaria</i> sp.	1	—	1	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	1	2	2	1	—
<i>Navicula</i> spp.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Pinnularia</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pleurosigma</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
<i>Surirella elegans</i> EHR.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Synedra ulna</i> (NITZSCH) Kg.	—	2	—	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Synedra</i> spp.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
EUGLENOPHYTA																			
<i>Euglena</i> sp.	—	—	—	3-4	3-4	2	1	—	—	—	2	3-4	3-4	1	1	3-4	3-4	2	1
PYRRROPHYTA																			
<i>Peridinium cinctum</i> (O. F. M.) EHR.	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CYANOPHYTA																			
<i>Oscillatoria tenuis</i> AG.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	2	—
CRYPTOPHYTA																			
<i>Cryptomonas</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	3-4	—
<i>Cryptomonas</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—

TABLEAU 7b

Composition de la flore microplanctonique de l'étang 4 pendant les années 1967-1968-1969. — Les indices utilisés sont expliqués en fig. 5.

Echantillon :	24-III-1967	25-IV-1967	25-V-1967	26-VI-1967	25-VII-1967	22-VIII-1967	25-IX-1967	20-III-1968	25-IV-1968	27-V-1968	11-VI-1968	4-VII-1968	15-VIII-1968	27-IX-1968	2-IV-1969	7-V-1969	22-V-1969	18-VI-1969	22-VII-1969	
	1	1	2	1	1	1	2	1	1	3	2	1	1	1	3	1	1	4	1	
CHLOROPHYTA																				
Volvocales :																				
<i>Chlamydomonas</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
<i>Eudorina elegans</i> EHR.	—	1	—	—	—	—	1	1	1	2	1	—	2	1	1	1	1	1	1	1
<i>Gonium pectorale</i> MÜLLER	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Gonium sociale</i> (DUJARD.) WARM.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—
<i>Pandorina morum</i> (MÜLLER) BORY	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—
<i>Volvox aureus</i> EHR.	—	—	—	—	1	—	1	—	1	—	—	1	2	1	—	—	—	—	—	—
<i>Volvox globator</i> (L.) EHR.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	1	1	1	1
Chlorococcales et Tetrasporales :																				
<i>Ankyra ancora</i> (G. M. SMITH) FOTT	—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	1	—	2	2	—	—	—	1	2	—
<i>Crucigenia</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
<i>Oocystis</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	—
<i>Pediastrum Boryanum</i> (TURP.) MENEGH	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1	—	—	1	—	—	—
<i>Pediastrum duplex</i> MEYEN	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sphaerocystis</i> sp.	—	—	—	—	1	3-4	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	3-4	—
<i>Tetraspora cylindrica</i> (WAHLENB.) AG.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Desmidiiales :																				
<i>Closterium angustatum</i> KÜTZ.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Closterium Dianae</i> EHR.	1	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Closterium didymotocum</i> CORDA	1	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Closterium Kützingii</i> BRÉB.	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
<i>Closterium rostratum</i> EHR.	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Closterium setaceum</i> EHR.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cosmarium</i> sp.	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Euastrum oblongum</i>	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Euastrum verrucosum</i> EHR.	1	1	1	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Genicularia spirotaenia</i> DE BARY	—	2	—	—	—	—	1	—	2	1	2	—	—	—	—	1	—	—	—	—
<i>Hyalotheca mucosa</i> (DILLW.) EHR.	—	2	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	5	1	—	—	—	—	—
<i>Micrasterias americana</i> (EHR.) RALFS	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Micrasterias denticulata</i> BRÉB.	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Penium</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Pleurotaenium maximum</i> (REINSCH.) LUND	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Spondylosium pygmaeum</i> (COOKE) WEST	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Staurastrum Arctiscon</i> (EHR.) LUND	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Staurastrum gracile</i> RALFS	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	3-4	1	1	1	2	3-4	—
<i>Staurastrum furcigerum</i> BRÉB.	—	1	1	—	1	1	1	—	—	—	2	—	—	—	—	1	—	—	1	—
<i>Staurastrum Sebaldi</i> REINSCH.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Staurastrum</i> sp. (sect. odonastrium)	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1

TABLEAU 7b (suite et fin)

Echantillon :	24-III-1967	25-IV-1967	25-V-1967	26-VI-1967	25-VII-1967	22-VIII-1967	25-IX-1967	20-III-1968	25-IV-1968	27-V-1968	11-VI-1968	4-VII-1968	15-VIII-1968	27-IX-1968	2-IV-1969	7-V-1969	22-V-1969	18-VI-1969	22-VII-1969
	1	1	2	1	1	1	2	1	1	3	2	1	1	1	3	1	1	4	1
<i>Staurodesmus connatus</i> (LUND.) THOMASSON ...	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Staurodesmus convergens</i> (EHR.) FLORIN ...	—	1	1	—	—	1	—	1	1	1	1	—	—	—	—	1	—	1	1
<i>Xanthidium antilopaeum</i> (BRÉB.) KÜTZ. ...	—	1	1	—	1	1	1	—	1	—	1	—	1	—	—	1	—	—	1
CHRYSOPHYTA																			
Chrysophyceae :																			
<i>Botryococcus Braunii</i> KÜTZ. ...	—	—	—	2	1	1	1	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—
<i>Dinobryon cylindricum</i> IMHOF. var. <i>palustre</i> LEMM.	—	5	—	1	1	—	5	2	1	5	1	—	1	3-4	3-4	—	—	5	3-4
<i>Dinobryon divergens</i> IMHOF. ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	5	—	—	—	—	—	—	—
<i>Dinobryon cf. sociale</i> EHR. ...	3-4	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	3-4	—	—	—	—
<i>Dinobryon stipitatum</i> STEIN ...	1	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
<i>Synura uvella</i> EHR. ...	1	1	—	—	—	—	—	3-4	1	—	—	—	—	—	3-4	—	—	—	—
Bacillariophyceae :																			
<i>Fragilaria</i> sp. ...	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
<i>Navicula</i> spp. ...	2	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	1	—	1
<i>Pinnularia</i> sp. ...	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
<i>Pleurosigma</i> sp. ...	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Surirella elegans</i> EHR. ...	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Surirella</i> sp. ...	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Synedra ulna</i> (NITZSCH) EHR. ...	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Synedra</i> spp. ...	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	—	1	—
<i>Tabellaria fenestrata</i> (LYNGB.) KG. ...	—	1	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
<i>Tabellaria flocculosa</i> (ROTH.) KG. ...	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—
CRYPTOPHYTA																			
<i>Cryptomonas</i> sp. ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—
<i>Cryptomonas</i> sp. ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	—
<i>Cryptomonas</i> sp. ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
EUGLENOPHYTA																			
<i>Euglena</i> sp. ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	—	—	1	—
PYRROPHYTA																			
<i>Peridinium cinctum</i> (O. F. M.) EHR. ...	—	1	—	—	1	2	1	1	2	—	1	—	—	—	2	—	—	—	—
CYANOPHYTA																			
<i>Oscillatoria tenuis</i> AG. ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	2	—	—	—	—	—

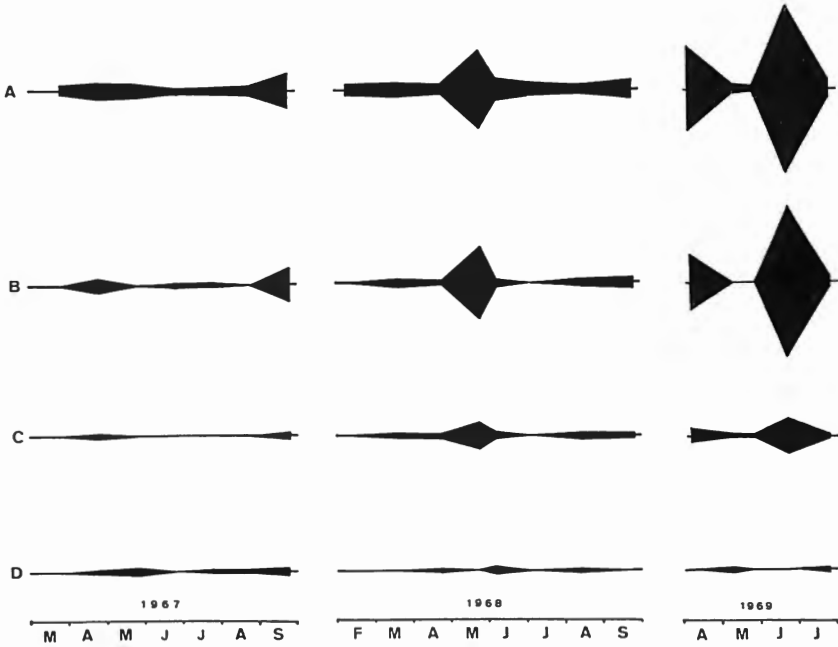


Fig. 7. — Evolution quantitative du microplancton de l'étang 4 au cours des années 1967, 1968 et 1969 (microplancton total et espèces principales ou caractéristiques).
 A : microplancton total
 B : *Dinobryon cylindricum* var. *palustre*
 C : *Eudorina elegans*
 D : *Xanthidium antilopaeum*.

dans l'étang 4, mais presque toutes les espèces de l'étang 3 se retrouvent dans l'étang 4, ce qui souligne la similitude fondamentale des deux biotopes (fig. 8). Cependant, il semble aussi exister un certain taux de contamination (exemple : plusieurs espèces de Volvocales sont présentes dans

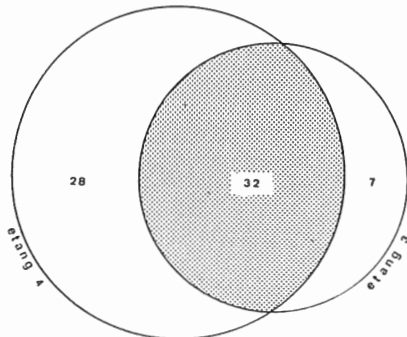


Fig. 8. — Similitude fondamentale des deux étangs étudiés. Le microplancton de l'étang 3 comporte 39 espèces dont 32 se retrouvent dans l'étang 4. L'eutrophisation de l'étang 3 lui fait cependant perdre 28 espèces pour un gain de 7 seulement.

l'étang 4 au moment où on observe la fleur d'eau à Volvocales dans l'étang 3) d'un étang à l'autre. Les résultats corrigés en ce sens nous donnent des compositions qualitatives plus en rapport avec les estimations quantitatives (fig. 9). Il n'en reste pas moins qu'un glissement marqué de l'oligotrophie vers la mésotrophie s'est produit. On peut en déduire que l'effet des engrais est quand même positif et que la perte d'éléments biogènes par lessivage n'est pas totale. Dans l'étang 3, les espèces dominantes se rencontrent parmi les Volvocales (*Eudorina elegans*, *Volvox* spp.) et les Eugléniens. Ceux-ci sont présents en même temps que les *Volvox* et recouvrent souvent les colonies de ces dernières en nombres considérables. Ceci pose le problème de la nature des relations entre ces deux espèces (parasitisme ?). La dominance de ces espèces ainsi que la présence d'un important tapis benthique d'*Aphanothece stagnina* soulignent le caractère plus eutrophe de l'étang 3.

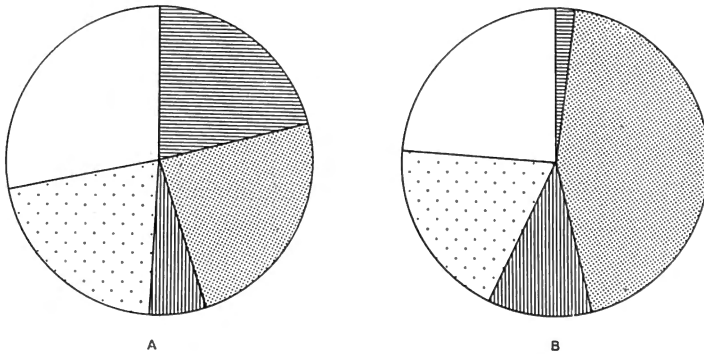


Fig. 9. — Compositions taxonomiques des deux étangs (corrigées pour les cas de contamination d'un étang vers l'autre). A : étang 3, B : étang 4.
hachures horizontales : nombre d'espèces de Volvocales
pointillé serré : nombre d'espèces de Desmidiées
hachures verticales : nombre d'espèces de Chrysophycées
pointillé lâche : nombre d'espèces de Diatomées
zone blanche : autres espèces.

Comme pour Assenois (SYMOENS, 1957), l'étude du phytoplancton de l'étang 3 révèle la coexistence d'espèces typiques des eaux oligotrophes et d'espèces typiques des eaux eutrophes capables par leur abondance et leur photosynthèse active d'élever fortement le pH de l'eau (jusqu'à 9,4, le 18 juin 1969). Nous en concluons au caractère mésotrophe de ses eaux. Cet étang est semblable par sa composition floristique aux autres étangs de la même pisciculture qui sont également fumés (exemples : étangs 2, 62). Dans l'étang 4, ce sont surtout les Chrysophycées du genre *Dinobryon* (besoins en phosphates très faibles, HUTCHINSON, 1944 et RHODE, 1948) qui constituent l'essentiel de la biomasse du microplankton. Une grande variété de Desmidiées tant planctoniques (*Xanthidium antilopaenum*, *Staurastrum furcigerum*) que benthiques (*Hyalotheca mu-*

cosa) indiquent également le caractère oligotrophe des eaux de l'étang 4, ce qui l'apparente complètement aux autres étangs ardennais décrits par SYMOENS (1957). Ce caractère oligotrophe semble pourtant devoir s'atténuer au cours du temps ainsi qu'en témoigne le tableau 8 où la diminution du nombre de Desmidiées est assez frappante (contamination progressive par les étangs voisins ?).

TABLEAU 8

Evolution des proportions entre les différents groupes systématiques du microplancton de l'étang 4, au cours des années 1967-1968-1969.

	1967		1968		1969	
	nbre espèces	%	nbre espèces	%	nbre espèces	%
Volvocales	3	7,5	6	11,5	5	13,8
Desmidiées	20	50,0	14	33,3	11	30,5
Chrysophycées ...	5	12,5	6	11,5	5	13,8
Diatomées	7	17,5	8	19,0	6	16,6
Autres	5	12,5	8	19,0	9	25,0

D'un point de vue tout différent, on peut comparer les deux étangs en ce qui concerne la diversité de la communauté phytoplanctonique. Nous avons pu chiffrer cette diversité en faisant usage des valeurs obtenues par le procédé expliqué en figure 5. On constate que dans l'étang 4, la diversité calculée selon la formule de FISHER, CORBET et WILLIAMS (1943) est beaucoup plus élevée (en moyenne 2,11 fois plus) que dans l'étang 3. Exprimée en termes simples, la règle est que la stabilité d'une communauté biologique est liée à la diversité. Plus elle est diverse, plus elle est stable (à l'image de l'écosystème entier d'ailleurs). La productivité varierait généralement à l'inverse de la stabilité. La figure 10 confirme cette hypothèse.

L'introduction d'engrais modifie la stabilité d'un écosystème. Il y a promotion de la productivité mais il y a également introduction d'un risque de déséquilibre avec conséquences négatives (eutrophisation irréversible). Le calcul de diversité donne probablement un index valable permettant de suivre l'évolution des étangs artificiellement enrichis.

Phytobenthos et vase

L'élément le plus remarquable du phytobenthos est la couche d'*Aphanothece stagnina* déjà mentionnée. On en trouve beaucoup dans l'étang 3 (recouvrement de 50 % environ) et un petit peu dans l'étang 4 (une

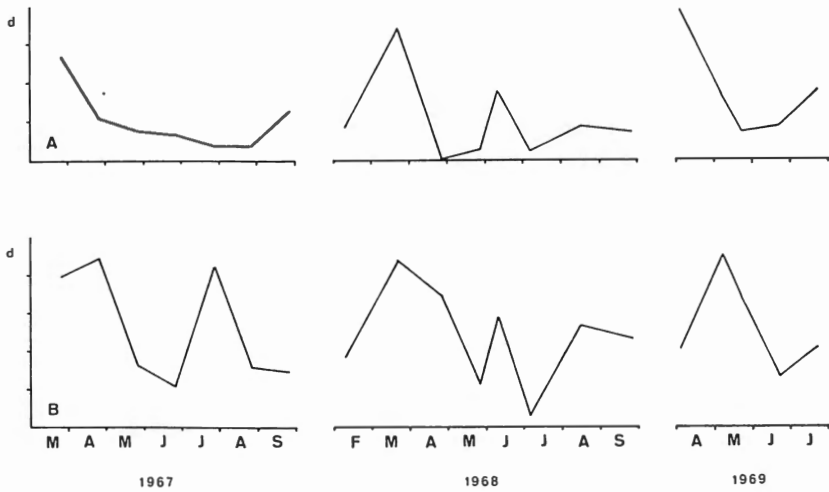


Fig. 10. — Evolution de la diversité du microplancton (unités relatives calculées sur la base des valeurs quantifiées) dans l'étang 3 (A) et l'étang 4 (B) au cours des années 1967, 1968 et 1969.

petite plage). La comparaison des compositions chimiques de ces deux populations apparaît au tableau 9. On y voit que les éléments biogènes N, P et K sont présents en quantités significativement plus importantes dans les algues récoltées dans l'étang fertilisé. La teneur élevée en silice s'explique par le fait qu'il est difficile d'éliminer entièrement la vase attachée aux algues. Les différences constatées entre les deux populations pouvaient en fait provenir de la vase qui était attachée aux échantillons.

TABLEAU 9

Analyse chimique des *Aphanothece stagnina* présentes sur le fond des étangs 3 et 4.

	Etang 3	Etang 4
Teneur en cendres	45,2 %	40,6 %
Teneur en K ⁺	0,611 %	0,310 %
Teneur en Na ⁺	0,114 %	0,115 %
Teneur en Ca ⁺⁺	0,415 %	0,575 %
Teneur en P	0,91 %	0,12 %
Teneur en N	3,62 %	2,58 %
Teneur en silice	33,2 %	30,3 %

Cette vase a donc fait l'objet de quelques analyses séparées (tabl. 10). On constate que le pH de la vase est généralement plus élevé dans l'étang 3 que dans l'étang 4. Ceci est probablement à mettre en rapport avec le chaulage de l'étang 3. La fumure ne semble pas introduire de grandes différences dans la teneur des vases en métaux alcalins et alcalino-terreux autres que le calcium. Les teneurs en C et N sont particulièrement faibles (minéralisation rapide). On peut donc en conclure que les *Aphanothece* de l'étang 3 ont une composition plus riche que celles de l'étang 4.

TABLEAU 10

Composition chimique de la vase des étangs 3 et 4.

Date et lieu de prélèvement	a.	b.	pH	C (%)	N (%)	C/N	K+ (méq/%)	Na+ (méq/%)	Ca++ (méq/%)
Etang 3									
25-VIII-1968 (étang sous eau) berge	—	5	5,60	5,12	0,50	10,25	0,283	0,304	6,25
14-X-1968 (assec.) au milieu	+	2	7,65	1,13	0,41	2,75	0,230	0,260	10,60
au milieu	—	2	7,62	2,90	0,40	7,22	0,218	0,260	11,00
10-XII-1968 (assec.) au milieu	—	2	6,90	3,64	0,50	7,30	0,256	0,248	13,00
17-XII-1968 (étang sous eau) berge	—	2	6,55	0,65	0,35	1,88	0,110	0,774	5,75
22-VII-1969 (étang sous eau) milieu	—	10	7,50	2,48	0,26	9,35	0,256	0,282	17,60
Etang 4									
25-VIII-1968 (étang sous eau) berge	—	2	5,40	2,56	0,37	6,88	0,164	0,217	4,60
14-X-1968 (assec.) au milieu	—	2	6,70	5,25	0,63	8,34	0,460	0,292	7,85
au milieu	+	2	6,85	2,97	0,34	8,60	0,179	0,278	7,50
10-XII-1968 (sous eau) au milieu	—	2	6,50	4,20	0,56	7,55	0,307	0,291	8,75
au milieu	—	2	6,90	2,07	0,56	3,66	0,256	0,334	6,05
22-VII-1969 (sous eau) au milieu	—	10	5,75	5,13	0,30	1,72	0,154	0,296	4,90
au milieu	—	10	5,75	2,05	0,37	5,58	0,167	0,296	4,10

Colonne (a) : (+) indique que le prélèvement a été fait en un endroit couvert d'*Aphanothece*; (—) indique le contraire.

Colonne (b) : épaisseur en cm de la couche de vase prélevée.

ZOOPLANCTON

Le tableau 11 nous donne l'évolution du zooplancton telle qu'elle ressort de l'observation rapide des échantillons récoltés à l'aide d'un filet à mailles de 250 microns de côté. La comparaison des évolutions quantitatives du microplancton et du zooplancton (fig. 6, 7 et 11) nous apprend que le zooplancton varie à l'inverse du phytoplancton. Cependant, le contenu informatif de ce fait est relativement faible. En effet, du point de vue trophique, le microplancton est beaucoup moins intéressant que le nanoplancton, sauf au moment de sa décomposition. On sait en effet que les Cladocères du type *Daphnia*, les Diatomides et les Rotifères ne se nourrissent que de particules très fines. On peut supposer que l'évolution du nanoplancton est parallèle à celle du microplancton (on a l'exemple pour l'année 1969) et dans ce cas, on est en présence d'une évolution classique.

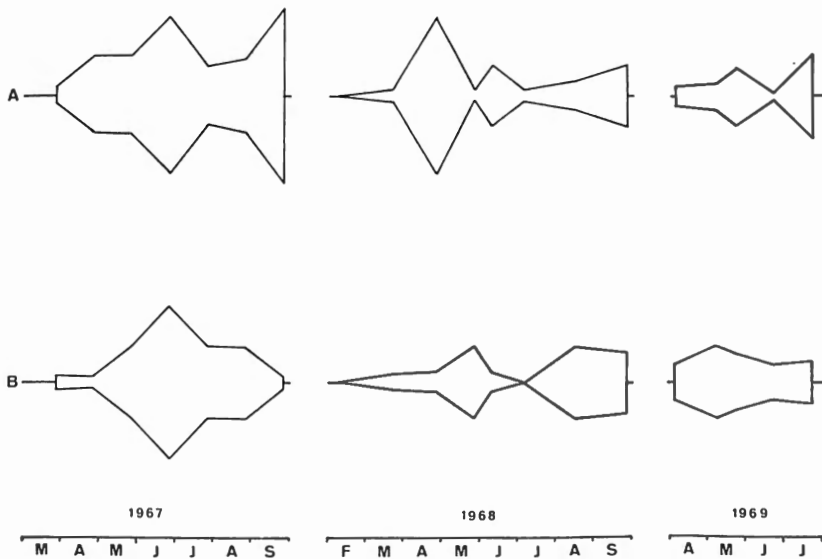


Fig. 11. — Evolution quantitative de zooplancton de l'étang 3 (A) et de l'étang 4 (B) au cours des années 1967, 1968 et 1969.

CONCLUSION

On peut retirer de cette première étude quelques enseignements généraux : l'adjonction de fumure à un étang ardennais oligotrophe entraîne une modification certaine de ses caractéristiques biologiques, malgré les insuffisances apparentes du système d'enrichissement artificiel (quantités trop faibles, manque d'étanchéité dans la compartimentation de la pisci-

TABLEAU 11a

Composition de la faune zooplanctonique de l'étang 3 pendant les années 1967-1968-1969.
Les indices utilisés sont expliqués en fig. 5.

Etang 3

Echantillon :	24-III-1967	25-IV-1967	25-V-1967	26-VI-67	25-VII-1967	22-VIII-1967	25-IX-1967	20-III-1968	25-IV-1968	27-V-1968	11-VI-1968	4-VII-1968	15-VIII-1968	27-IX-1968	2-IV-1969	7-V-1969	22-V-1969	18-VI-1969	22-VII-1969
	1	3	3	4	3	3	4	1	4	2	3	2	2	3	1	2	3	1	3
Rotifères :																			
<i>Polyarthra</i> sp.	2	5	2	—	1	1	—	—	1	1	1	—	1	1	3-4	3-4	1	1	1
<i>Keratella quadrata</i>	3-4	1	2	1	—	1	—	—	1	—	1	1	1	—	—	1	1	1	—
<i>K. cochlearis</i>	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Asplanchna</i> sp.	—	2	2	1	—	1	1	1	1	1	3-4	1	1	3-4	—	1	1	1	5
<i>Brachionus</i> sp.	3-4	1	2	—	—	—	—	3-4	3-4	—	—	—	—	—	3-4	—	1	—	—
<i>Synchaeta</i> sp.	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Filinia</i> sp.	2	2	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	3-4	1	1	2	1
Crustacés :																			
<i>Daphnia</i> sp.	—	1	3-4	5	3-4	3-4	5	—	3-4	—	2	—	3-4	2	—	—	3-4	—	—
<i>Bosmina</i> sp.	—	2	3-4	1	1	—	1	1	—	—	1	1	1	1	—	—	—	1	—
<i>Diaptomus</i> sp.	—	1	—	—	1	3-4	3-4	—	—	—	—	1	2	2	—	—	—	—	—
cf <i>Canthocamptus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—
Protozoaires :																			
<i>Tintinnides</i>	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
cf <i>Chilodontopsis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3-4	—

TABLEAU 11b

Composition de la faune zooplanctonique de l'étang 4 pendant les années 1967-1968-1969.
Les indices utilisés sont expliqués en fig. 5.

Etang 4

Echantillon :	24-III-1967	25-IV-1967	25-V-1967	26-VI-67	25-VII-1967	22-VIII-1967	25-IX-1967	20-III-1968	25-IV-1968	27-V-1968	11-VI-1968	4-VII-1968	15-VIII-1968	27-IX-1968	2-IV-1969	7-V-1969	22-V-1969	18-VI-1969	22-VII-1969
	1	1	3	4	3	3	2	2	2	3	2	1	3	3	2	3	3	3	3
Rotifères :																			
<i>Polyarthra</i> sp.	3-4	1	3-4	1	3-4	3-4	2	2	1	2	2	—	1	2	3-4	—	—	1	2
<i>Keratella quadrata</i>	2	1	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	2	1	—	1	—
<i>K. cochlearis</i>	—	1	1	—	1	1	1	1	1	—	1	—	—	—	1	—	—	1	1
<i>Asplanchna</i> sp.	—	1	2	—	1	—	—	1	1	3-4	2	—	1	1	2	5	—	—	—
<i>Synchaeta</i> sp.	—	3-4	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	2	3-4	—	—	1	2
<i>Filinia</i> sp.	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—
Crustacés :																			
<i>Daphnia</i> sp.	1	1	1	3-4	3-4	3-4	1	1	2	3-4	2	1	3-4	1	2	—	3-4	1	1
<i>Bosmina</i> sp.	—	1	—	—	—	—	—	1	1	1	1	—	1	—	—	—	1	—	—
<i>Diaptomus</i> sp.	—	—	3-4	3-4	2	1	1	—	2	—	—	3-4	3-4	—	1	—	2	2	2
<i>Cyclops</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Protozoaires :																			
<i>Tintinnides</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—

culture). Nous pensons également que les différences de situation et de volume qui existent entre les deux étangs n'interfèrent que peu dans le résultat final puisque tous les étangs fumés de la pisciculture, qu'ils soient grands ou petits, présentent de grandes similitudes biologiques.

Les éléments majeurs ne semblent pas être en cause dans le processus d'eutrophisation. C'est dans l'apport d'éléments biogènes (phosphates et nitrates) et d'autres éléments mineurs qu'il faut plutôt rechercher l'origine de cette évolution positive. On constate certes une liaison entre l'introduction d'engrais et le développement planctonique mais on ne connaît pas la part qui est métabolisée et celle qui disparaît par lessivage. Apparemment, l'importante production primaire de la mi-juin 1969 conduit à la consommation de 92 % des nitrates et 90 % des phosphates disponibles dans l'étang 3. Il reste à définir la nature et les quantités optimales de ces éléments et à comprendre comment et pourquoi ils sont effectivement intégrés dans les chaînes biologiques alors que d'autres disparaissent immédiatement du milieu. La réponse à cette question passe probablement par une étude approfondie des mécanismes qui se déroulent à l'interface fond-eau et dans le benthos. Il faut souligner à cette occasion le problème posé par la présence dans l'étang 3 d'une couche importante de Cyanophycées sur le fond, présentes toute l'année (même sous la glace pendant l'assec en hiver), et dont le rôle biologique vis-à-vis de la vase et de l'environnement pélagique nous reste inconnu. Enfin, il reste à souligner une imperfection majeure de notre schéma de prélèvement et d'analyses : la fréquence des visites (une par mois) est beaucoup trop faible pour qu'on puisse émettre autre chose que des conclusions fort générales. A l'instar de ce qui a été démontré dans des études similaires, la fréquence d'un prélèvement par semaine est nécessaire pour décrire l'évolution des populations à développement rapide.

Manuscrit déposé le 30 octobre 1970.

REFERENCES

BORSU-ELGMAN, L. et MOMMAERT, J.P.

1971. Note sur le milieu et le phytoplancton de deux étangs à truites à Mirwart (Haute Belgique). — *Bull. Soc. roy. de Botanique de Belgique*, 104, pp. 169-172.

CARON et RAQUET

1939. Dosage colorimétrique des nitrates dans les eaux. — *Bull. Soc. Chim. de France*, 6, I, pp. 518-522.

FISHER, R. A., CORBET, A. S. et WILLIAMS, C. B.

1943. The relation between the number of individuals and the number of species in a random sample of animal population. — *Jour. Anim. Ecol.*, 12, pp. 42-58.

HACHEZ, B.

1969. Populations de Copépodes planctoniques dans deux étangs d'élevage. — *Mémoire licence Sc. Biol. U.C.L.*, p. 41.

HUTCHINSON, G. E.

1944. Limnological studies in Connecticut. VII. A critical examination of the supposed relationship between phytoplankton periodicity and chemical changes in lake Waters. *Ecol.*, 25, pp. 3-26.

KUFFERATH, J.

1951. Représentation graphique et classification chimique rationnelle en types des eaux naturelles. — *Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belge*, XXVII, 43, 44, 45, Bruxelles.

LOHMAN, H.

1908. Untersuchungen zur Feststellung des Vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. — *Wissensch. Meeresunters.*, 10, Kiel.

MARLIER, G.

1969. Etude sur la productivité de deux étangs à truites. — *Verb. Internat. Verein. Limnol.*, 17, pp. 575-581.

MOMMAERTS, J. P.

1965. Le lac artificiel de la Warche. Premières données sur l'environnement abiotique. — *Bull. nat. Belg.*, 46, pp. 177-188.

MOMMAERTS, J. P.

1966. Le lac artificiel de la Warche, à Robertville. Variations saisonnières et Biome. — *Bull. nat. Belg.*, 47, pp. 1-16.

MOMMAERTS, J. P.

1966. Caractérisation écologique de trois écosystèmes lacustres de Haute Belgique. — *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 99, pp. 227-261.

MURPHY, J. et RILEY, J. P.

1962. Modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. — *Anal. Chim. Acta*, 27, pp. 31-36.

RHODE, W.

1948. Environmental requirements of Fresh-water plankton Algae. Experimental studies in the ecology of phytoplankton. — *Symbol. Bot. Upsal.*, 10, p. 149.

RUTTNER, F.

1964. Fundamentals of Limnology. — *Univ. of Toronto Pres.*

SYMOENS, J. J.

1957. Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines. Les milieux et leur végétation algale. — *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 89, pp. 111.

WATTIEZ, C.

1970. Etude écologique comparée de populations de cladocères dans deux étangs de Haute Belgique. — *Mém. lic. Sc. Zool. U.L.B.*, p. 125.