

UNIVERSITÉ DE PROVENCE

(AIX-MARSEILLE I)

D.E.A. D'ÉCOLOGIE MÉDITERRANÉENNE

OPTION ZOO-ÉCOLOGIE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ÉCOLOGIQUE D'UN "LAC-TOURBIÈRE"
DE BARRAGE : LE LAC DES PISES (GARD - 1250 M D'ALTITUDE)

PRÉSENTÉ EN OCTOBRE 1982 PAR DANIELLE RADENEN-GIRARD

UNIVERSITÉ DE PROVENCE
(AIX-MARSEILLE I)

Avec tous
mes remerciements
Amicalement
Danielle

D.E.A. D'ÉCOLOGIE MÉDITERRANÉENNE
OPTION ZOO-ÉCOLOGIE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ÉCOLOGIQUE D'UN "LAC-TOURBIÈRE"
DE BARRAGE : LE LAC DES PISES (GARD - 1250 M D'ALTITUDE)

PRÉSENTÉ EN OCTOBRE 1982 PAR DANIELLE RADENEN-GIRARD

SOMMAIRE

INTRODUCTION	p. 1
PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DU MILIEU	
I - ORIGINE	p. 2
II - SITUATION ET BASSIN VERSANT	p. 2
1. Situation	p. 2
2. Bassin versant	p. 3
3. Le climat	p. 4
4. Elevage et fréquentation touristique	p. 5
III - LE LAC	p. 5
1. Bathymétrie	p. 5
2. Nature des fonds	p. 6
3. Marnage	p. 6
IV - CONCLUSION	p. 6
DEUXIEME PARTIE : ETUDE DU MILIEU	
I - LOCALISATION DES STATIONS	p. 7
II - MATERIEL ET METHODES	p. 7
1. Sur le terrain	p. 7
2. Au laboratoire	p. 8
III - RESULTATS ET INTERPRETATION	p.11
A. La physico-chimie	p.11
1. Variations en profondeur	p.11
2. Variations spatiales	p.17
3. Conclusion	p.18
B. Les teneurs en chlorophylle a	p.18
C. Le phytoplancton	p.18
1. Inventaire des 80 espèces récoltées	p.18
2. Evolution saisonnière du peuplement	p.21
D. Le zooplancton	p.23
1. Liste des espèces récoltées	p.23
2. Evolution du peuplement	p.24
3. Relation phytoplancton-zooplancton	p.25

E. La faune benthique	p.25
1. Au niveau du lac	p.25
2. Au niveau de la rivière	p.30
F. La pêche	p.31
1. Résultat de la pêche électrique dans la rivière	p.31
2. Résultat de la pêche au filet dans le lac	p.31
3. Conclusion sur la population piscicole	p.32
4. Relations truites-vairons	p.32
CONCLUSION GENERALE	p.33
BIBLIOGRAPHIE	p.34

INTRODUCTION

Cette étude a pour but la connaissance de l'état de trophie du lac afin de définir ses possibilités piscicoles. En effet, depuis sa création le lac de barrage des Pises était une propriété privée, mal géré et mal connu au plan écologique, comme le sont d'ailleurs la plupart des lacs de barrage acides de moyenne montagne.

A notre connaissance, seul le travail de MAGNE en 1979 donne des renseignements sommaires sur la qualité des eaux de ce lac.

Notre étude comporte l'exploration des domaines pélagiques et benthiques avec l'examen des paramètres physiques, chimiques et biologiques (phytoplancton, zooplancton, benthos et poissons).

PREMIÈRE PARTIE

PRÉSENTATION DU MILIEU

I - ORIGINE

Le lac des Pises est un lac de barrage depuis 1965, date de l'achèvement des travaux. Le terrain original était constitué par une tourbière et un petit plan d'eau peu profond. La construction d'une digue (de 8,75m de haut sur 162 mètres de long avec un déversoir de 19,10m de large) a noyé tourbière, plan d'eau ainsi qu'un sentier de transumance.

Pendant la période 1965-1981, le lac était vidangé tous les trois ans. Ces vidanges n'ont intéressé qu'une partie de la masse d'eau du fait de la position haute de la vanne de vidange : 0,90 m du fond. Il est donc à supposer que le benthos et surtout le substrat très particulier de la zone profonde n'aient pas été remaniés depuis la mise en eau. De plus, le propriétaire y effectuait des essais d'empoisonnement et de grossissement, à l'aide de cages en bois immergées. Les résultats ne sont pas connus.

Ce lac de barrage est donc caractérisé par une histoire extrêmement brève. Son origine mixte se manifestera dans les données physico-chimiques.

II - SITUATION ET BASSIN VERSANT

1. Situation (fig.1)

Situé à l'extrémité ouest du département du Gard, le lac des Pises occupe la pointe sud du Parc National des Cévennes. Il se trouve à une trentaine de kilomètres du Vigan, sur le plateau du Lingas, au sud du Causse Noir, à une altitude de 1250 mètres. Il ne peut donc entrer dans la catégorie des lacs de haute-montagne (altitude ≥ 1500 m) bien que son environnement climatique s'en rapproche.

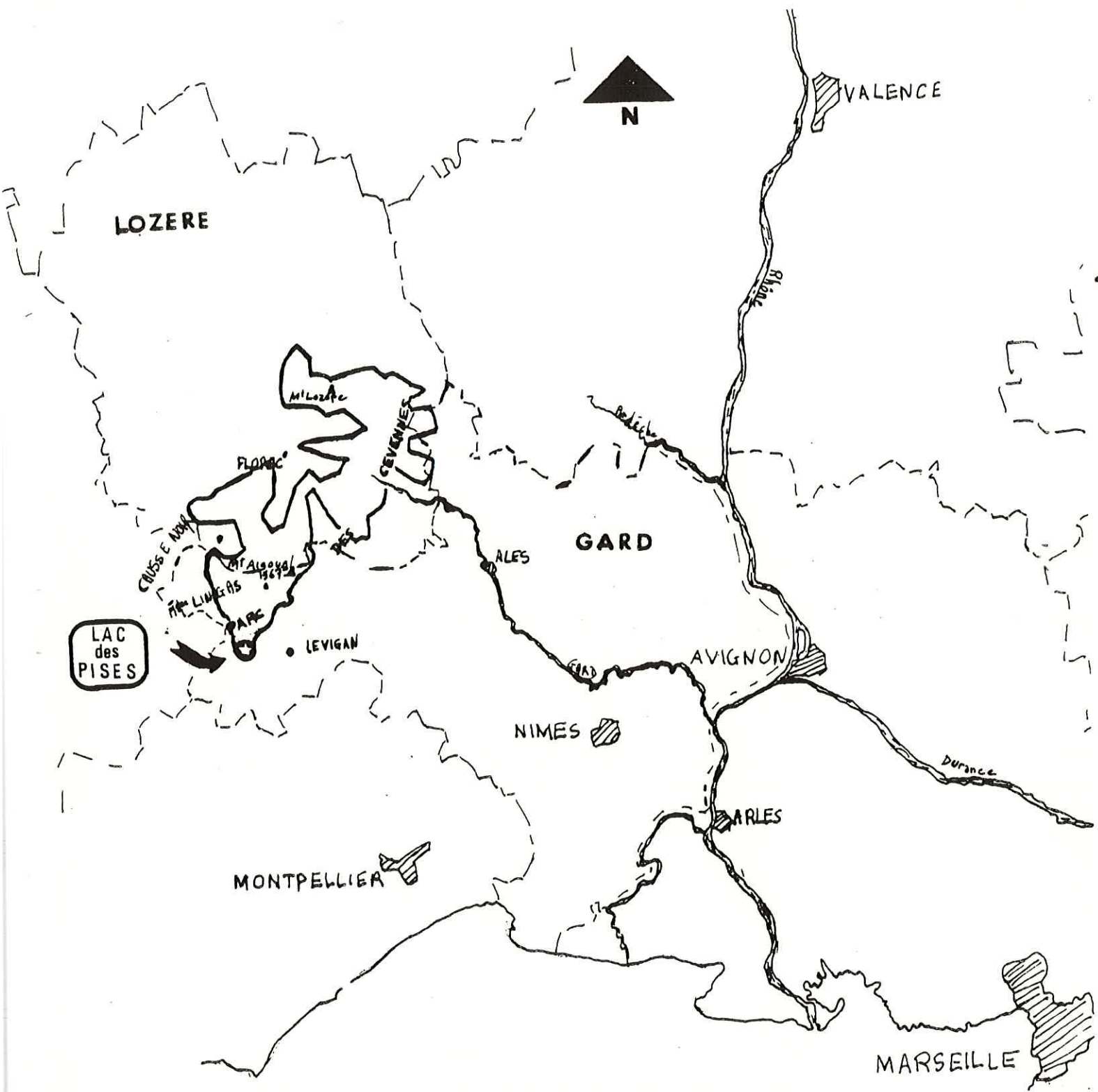


fig 1: Situation géographique du lac des Pises
 (Echelle $\frac{1}{200000}$)

2. Bassin versant (fig.2)

2.1. Topographie

Il occupe une superficie de 1,5 km², répartie de façon régulière en amont du lac. Son altitude maximum est de 1445 m. La pente est assez douce. Elle permet un ensoleillement maximum sur toute la surface du lac et explique la faible érosion signalée par le CEMAGREF (1981). Il faut toutefois noter que la pente la plus importante se localise dans la moitié sud. La région présente une certaine homogénéité; on y observe une topographie régulièrement vallonnée, d'altitude moyenne.

Le lac des Pises ne reçoit qu'une alimentation permanente, au sud, celle d'un petit torrent d'une longueur de 500 m.

2.2. Géologie

Le bassin versant appartient à l'extrémité occidentale du massif granitique du Saint Guiral. C'est un granite porphyroïde dont les cristaux d'orthose, présentant la mâcle de Carlsbad, peuvent atteindre 7 à 8 centimètres de long. Le granite de St-Guiral est très vraisemblablement d'âge carbonifère.

Les caractéristiques chimiques des eaux et en particulier leur pauvreté ionique reflètent très bien la composition uniquement cristalline du bassin versant.

2.3. La végétation (fig.2)

Trois formations sont représentées avec des importances inégales :

- 45% de landes, pelouses et tourbières,*
- 21,5% de forêt résineuse dense,
- 18,5% de hêtraie dense,
- 18% de hêtraie claire,
- 3% de forêt résineuse claire.

* % obtenus par pesées

 : Forêt résineuse dense

 : Forêt résineuse claire

 : Hêtraie dense

 : Hêtraie claire

 : Pelouses
Landes claires
Tourbières

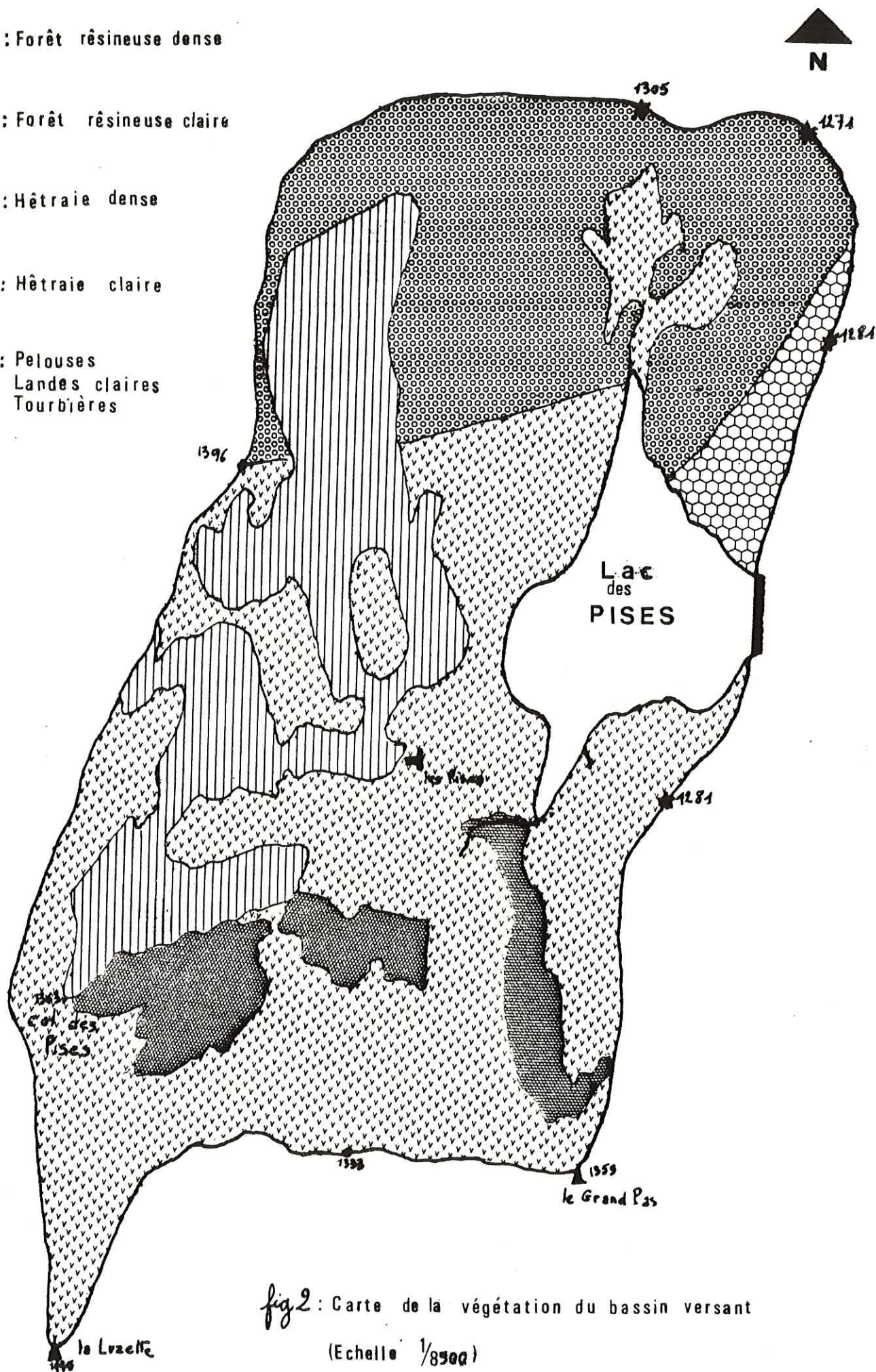


fig 2 : Carte de la végétation du bassin versant

(Echelle 1/8500)

La grande superficie occupée par les pelouses, landes et surtout tourbières va conditionner les caractéristiques de l'eau, en particulier le pH et le peuplement phytoplanctonique.

Au niveau du torrent l'influence de la hêtraie se manifeste surtout sur les températures dont l'amplitude est plus faible que pour celles du lac.

3. Le climat

Les données météorologiques proviennent de la station du Mont-Aigoual (1567 m). Si cette station n'est éloignée que d'une trentaine de kilomètres du lac des Pises, il faut souligner son altitude plus élevée (tabl. 1).

La pluviosité est élevée avec une hauteur moyenne au Mont Aigoual de 2130 mm d'eau (moyenne entre 1946 et 1981). Les pluies sont les plus abondantes au début de la saison froide, en particulier en octobre. Le mois le plus sec est le mois de juillet. Pour l'année d'étude 1981-82 il faut noter une grande sécheresse. Le 13 août la hauteur d'eau dans le torrent ne dépassait pas 20 cm au lieu de 50 habituellement.

La rudesse du climat se manifeste de décembre à mars. Le nombre mensuel de jours de gelée est toujours supérieur à 23 pendant cette période. L'isotherme 0°C se maintient à 1250 m du 15 décembre au 15 mars. Le lac est généralement gelé en surface durant les mois de janvier-février et parfois à partir du mois de décembre. Il peut geler sur toute sa superficie et sur plusieurs centimètres d'épaisseur : en 1977, le 17 décembre on a mesuré plus de 10 cm de glace.

Les jours de neige sont nombreux et l'enneigement peut persister jusqu'en avril-mai, rendant l'accès au lac impossible.

Le nombre de jours de vent est relativement élevé (262 par an en moyenne) de même que le nombre de jours de brouillard (239 par an en moyenne).

Ce climat rude a une grande influence sur le cycle biologique du peuplement.

Tabl. 1: données numériques relatives à la climatologie de la région de MONT AIGOUAL (altitude: 1567 m.)
département: GARD

PÉRIODES	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
<u>1946/1981</u>	Moyennes mensuelles des températures maximales quotidiennes (en °C) T_x :												
	0.3	0.4	2.0	4.5	8.7	12.7	15.8	15.3	12.5	8.2	3.8	1.2	7.1
	Maximum absolu de la température:												
	13.5	14.8	15.6	20.5	22.3	26.7	27.8	28.2	23.0	19.5	18.6	15.8	28.2
	29/53	29/60	10/48	19/49	29/49	28/47	31/47	1/47	14/58	9/67	3/81	2/79	1.8.47
	Moyennes mensuelles des températures minimales quotidiennes (en °C) T_n :												
	-4.3	-4.5	-2.7	-0.5	3.1	6.7	9.3	9.1	7.2	3.5	-0.7	-3.3	1.9
	Minimum absolu de la température:												
	-20.8	-28.0	-19.7	-11.0	-7.2	-3.3	0.4	0.6	-2.6	-9.2	-13.2	-20.6	-28.0
	31/54	10/56	6/71	12/58	7/57	5/69	10/69	24/69	24/77	29/50	30/69	16/63	10.2.56
Températures moyennes mensuelles $\frac{T_n + T_x}{2}$:													
-2.0	-2.2	-0.3	2.0	5.7	9.7	12.6	12.2	9.8	5.8	1.6	-1.1	4.5	
Nombres moyens mensuels de jours avec gelée ($T_n \leq 0^\circ$) sous abri:													
0°	27.3	24.1	23.3	16.8	6.7	0.7	.	.	1.0	6.4	16.8	24.3	147.3
-5°	12.2	11.5	8.0	4.5	0.2	.	.	.	.	0.8	5.5	10.1	52.8
sans dégel	15.0	14.5	10.1	5.1	0.4	.	.	.	.	1.4	6.3	12.5	65.2
Hauteurs moyennes mensuelles des précipitations en millimètres:													
201.3	184.9	192.5	145.3	183.9	121.7	58.2	92.1	182.1	347.6	232.7	218.1	2130.4	
Hauteur maximale des précipitations en 24 heures (en mm.):													
140.9	519.7	130.8	131.5	158.1	199.5	66.3	125.8	295.7	346.1	213.5	172.4	519.7	
(63)	(64)	(78)	(79)	(64)	(66)	(77)	(76)	(65)	(63)	(68)	(53)	2.64	
Nombres moyens mensuels de jours avec précipitations ($RR \geq 0,1$ mm):													
0.1 mm	15.1	14.8	15.2	14.4	15.3	11.5	8.5	11.5	12.3	14.8	15.1	16.5	165.0
10 mm	4.5	4.2	4.9	3.4	4.9	3.4	1.8	2.8	3.8	5.7	4.9	5.1	49.4
Durées moyennes mensuelles de l'insolation, en heures:													
<u>1958/1981</u>	Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air, en % (8 valeurs quotidiennes):												
	82	84	84	85	83	82	79	79	83	85	83	83	83
	Moyennes mensuelles des valeurs maximales quotidiennes de l'humidité relative en %:												
	93	94	95	96	95	96	94	94	95	95	94	93	95
Moyennes mensuelles des valeurs minimales quotidiennes de l'humidité relative en %:													
67	71	70	68	65	64	59	59	63	68	67	67	66	
Vitesse maximale instantanée du vent, $\frac{km}{hr}$													
250	250	250	234.18	250	250	187.24	216.24	241.20	234.18	250	250	250	
Vitesse moyenne du vent, en m/s (8 valeurs quotidiennes):													
14.1	14.2	13.4	12.7	11.3	9.7	9.5	9.4	9.6	11.7	13.0	14.1	11.9	

<u>1946/1981</u>		Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Brouillard	≡	22.9	21.6	22.1	19.0	20.3	17.6	14.9	15.9	18.3	21.6	21.1	24.2	239.5
Grage	☉	0.2	0.3	0.8	1.3	2.5	3.8	4.2	4.4	2.7	1.1	0.4	0.2	21.9
Grêle	▲	.	0.2	0.2	0.6	1.0	1.0	0.4	0.6	0.3	0.3	0.1	0.1	4.8
Neige	❄	11.6	11.5	10.5	7.7	3.0	0.3	.	.	0.3	2.8	7.0	10.7	65.4
Sol couvert de neige	☃	25.9	24.8	21.7	12.6	2.5	0.2	.	.	0.0	2.8	9.8	18.6	118.9
Vent violent	⚡	24.2	22.4	24.3	22.7	22.8	18.9	19.7	19.7	19.7	21.6	22.7	23.8	202.5

4. Elevage et fréquentation touristique

Si le bassin versant ne renferme aucun type de cultures , il est fréquenté par 1000 ovins du 15 juin au 15 septembre.

L'habitat est limité au petit hameau des Pises, mais la fréquentation humaine atteint 2000 personnes en été. La majorité des visiteurs arrivent en voiture jusqu'au bord du lac. La retenue des Pises étant le seul lac du Parc des Cévennes, son attrait touristique est grand. Cette pression touristique est "dangereuse" si l'on considère les modestes dimensions du plan d'eau (superficie et profondeur).

La pêche dans la région est autorisée du premier dimanche de mai au deuxième dimanche de septembre. Ceci augmente l'attrait du lac qui voit ses berges d'autant plus fréquentées pendant la période estivale.

III - LE LAC

Sa surface et son volume sont faibles : 11 hectares pour 350.000 m³. Sa profondeur maximale est de 8 mètres. Son temps de renouvellement est estimé à 2 mois.

1. Bathymétrie (fig.3)

La morphologie du lac a des effets importants sur de nombreux paramètres. Elle peut, par exemple, affecter sa stabilité en créant des courants d'eau.

Sa plus grande longueur s'aligne selon la direction nord-sud, parallèlement à l'axe du barrage.

Le lac se compose d'une seule cuvette dissymétrique en pente douce du côté ouest et nord. Les Isobathes dans la partie sud suivent le sens d'écoulement des eaux du torrent.

Au cause de la nature du substrat, l'utilisation de l'écho-sondeur s'est avérée impossible. Les sondages, pour dresser la carte bathymétrique, ont donc été effectués à l'aide d'une corde lestée, graduée. Une étroite zone littorale borde le lac.

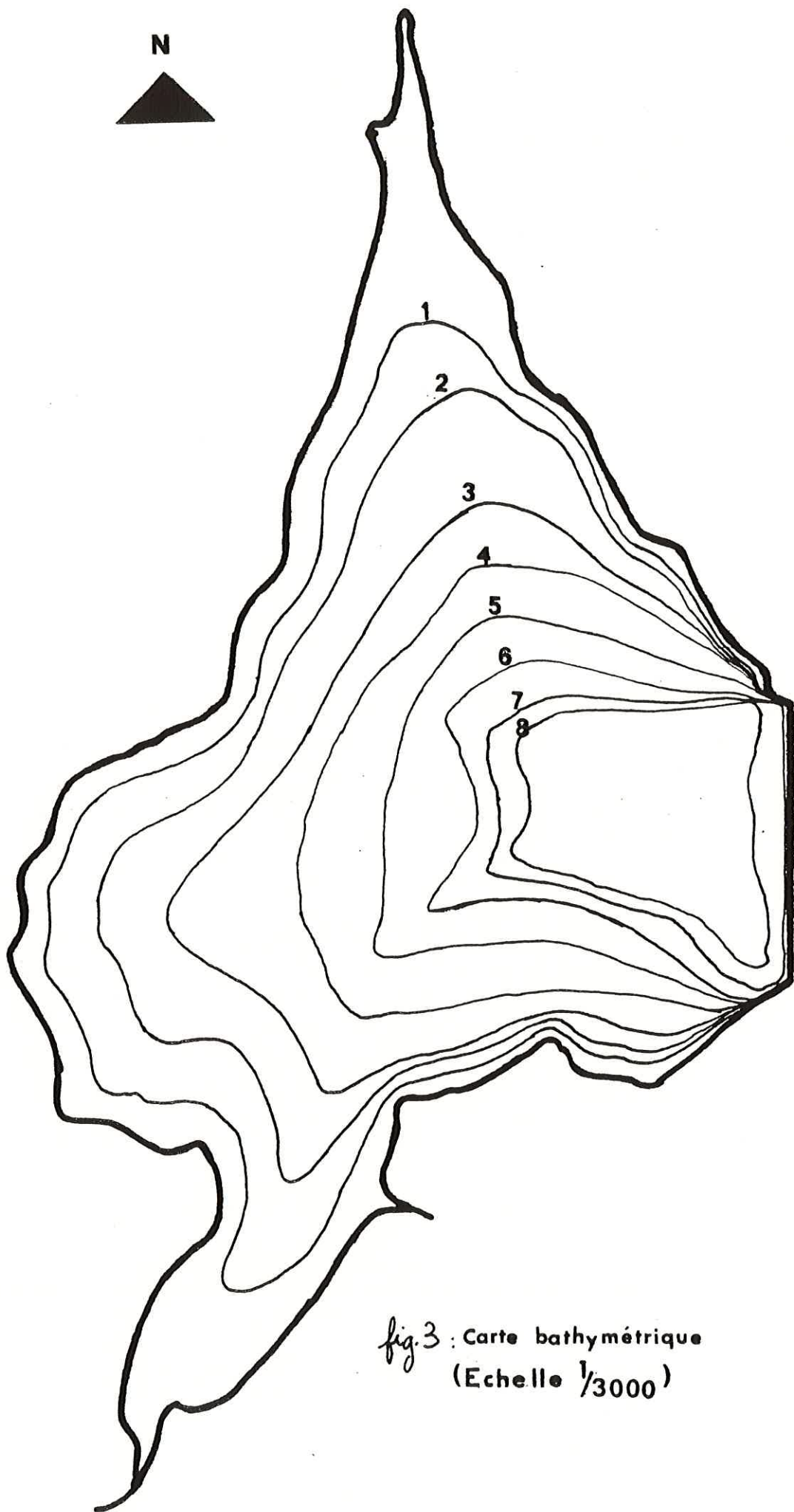


fig.3 : Carte bathymétrique
(Echelle 1/3000)

2. Nature des fonds (fig.4)

Le substrat près du rivage est constitué dans les quarts sud-ouest et nord-est de sable grossier. Ailleurs, le fond est recouvert de vase entre 0 et 3 mètres de profondeur. Après 3m on rencontre une épaisse couche de débris végétaux non entièrement décomposés, accumulés depuis l'existence de la tourbière. L'épaisseur de cette couche organique pourrait dépasser 80 mètres comme l'indique un carottage réalisé à proximité du lac. Ce matériel est colmaté par de la vase, en quantité plus importante dans la zone la plus profonde.

Au niveau de l'arrivée du torrent, un herbier se développe surtout à partir du mois d'avril.

La pointe extrême nord se caractérise par la difficulté à délimiter le lac de la tourbière.

3. Marnage

L'année 1982 a été particulièrement sèche. Le marnage (baisse de niveau) atteignait 0,70 m le 13 août. Ceci correspond à un déficit des apports d'eau par rapport aux pertes par évaporation et par fuites au niveau du barrage. Il semble donc que les estimations du CEMAGREF (0,5 m de marnage/mois) soient excessives.

Au printemps et à l'automne le lac est plein et il déborde au droit du déversoir.

IV - CONCLUSION

Le lac des Pises est un petit lac de barrage, de moyenne montagne situé dans un environnement climatique rude. Son histoire est courte : 17 ans. Son bassin versant entièrement granitique est essentiellement recouvert de landes, pelouses et tourbières. Sa forme, sa prise en glace pendant l'hiver et l'accumulation de débris végétaux sur le fond en sont les principales caractéristiques et vont expliquer l'originalité de son peuplement.

I - LOCALISATION DES STATIONS (fig.4)

Station 1, à l'aplomb de la zone la plus profonde;
Station 2, au niveau de la tourbière, au nord;
Station 3, près de l'arrivée du ruisseau;
Station 4, dans la zone littorale sableuse;
Station 5, dans le torrent, au sud;
Station 6, en aval du barrage, dans l'émissaire.

II - MATERIEL ET METHODES :

1. Sur le terrain

1.1. La chimie

Dans toutes les stations, la tranparence de l'eau est mesurée avec le disque de Secchi.

Au niveau de la station 1, la plus profonde, l'eau est prélevée à 0m; 2,5m;5m et fond à l'aide d'une bouteille à renversement. Au niveau des autres stations, peu profondes, les prélèvements d'eau se font uniquement en surface.

Sur chaque échantillon d'eau sont mesurés :

- la température,
- le pH,
- la conductivité,
- le taux d'O₂ dissous,

à l'aide d'un analyseur multiparamètres HORIBA. L'eau est ensuite stockée dans des bouteilles opaques, maintenues au frais.

Une partie de l'eau est acidifiée à raison de 0,1 ml de HCl pour 500 ml, pour permettre le dosage du fer.

1.2. Le phytoplancton

Des échantillons de 100 cc sont prélevés à la bouteille,

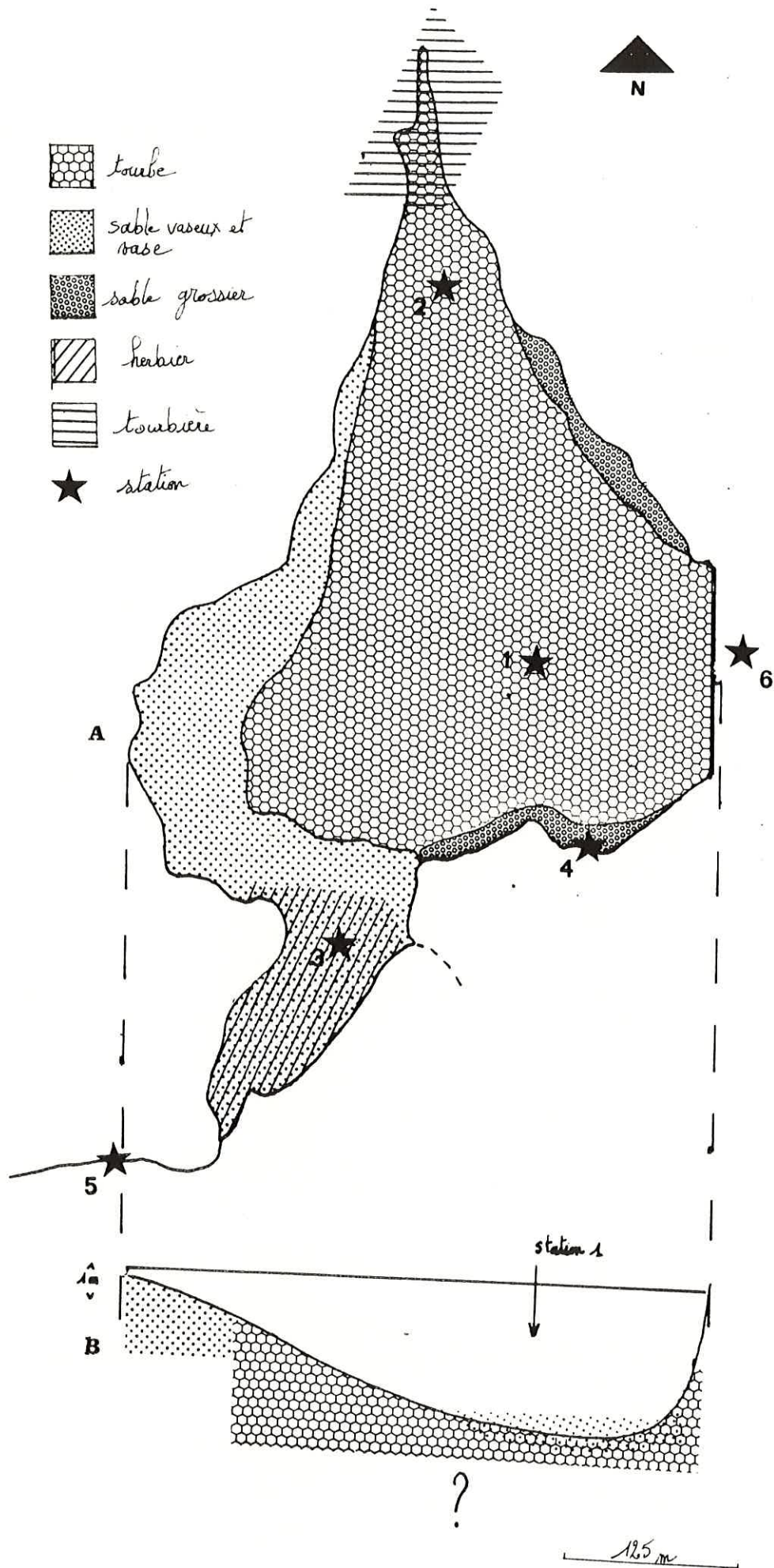


fig. 4 : Situation de la zone d'herbia et de tourbière -
 repartition des différents substrats
 A : carte générale
 B : coupe transversale

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DU MILIEU

en milieu de journée :

- en surface,
- au niveau de la disparition du disque de Secchi,
- à 1 m au-dessus du fond.

La récolte est conservée dans du formol à 5%, à l'obscurité.

1.3. Le zooplancton

Deux traits horizontaux, en surface et au fond sont effectués dans la zone centrale au moyen du filet "Clarke-Bumpus" (fig.5). Utilisé de cette façon, ce filet comme le préconise BRESSAC (1982) semble le meilleur échantillonneur. Tous les prélèvements sont effectués au maximum d'éclairement vers 13 ou 14 heures. Les échantillons sont conservés dans du formol à 5%.

1.4. Le benthos

Pour le lac on utilise la benne d'Eckmann (fig. 6) .Il s'agit d'un échantillonneur adapté aux sédiments sableux et argileux (NINO 1979) efficace dans les stations 3 et 4. Il est difficile à utiliser dans le substrat tourbeux des stations 1 et 2 où un carottier de Moore aurait donné de meilleurs résultats (LAMOTTE et BOURLIERE,1971). Pour obtenir des données comparables nous avons néanmoins utilisé la benne d'Ekman dans toutes les stations mais les résultats sont exprimés en volume et non en surface.

Au niveau de la rivière, la faune benthique est récoltée au filet de type Surber (fig. 7). Nous n'avons pas distingué le milieu rapide du lent car nous n'avons réalisé qu'une étude qualitative du ruisseau.

1.5. Les poissons

Dans la rivière, malgré la faible conductivité des eaux, la pêche électrique se révèle d'une grande efficacité (FUCK,1957). Le principe de cette méthode est schématisé (fig.8).

Au niveau du lac un filet tramail de vide de maille de 18mm a été placé un peu en aval de la station 3 sur toute la largeur de la queue de la retenue.

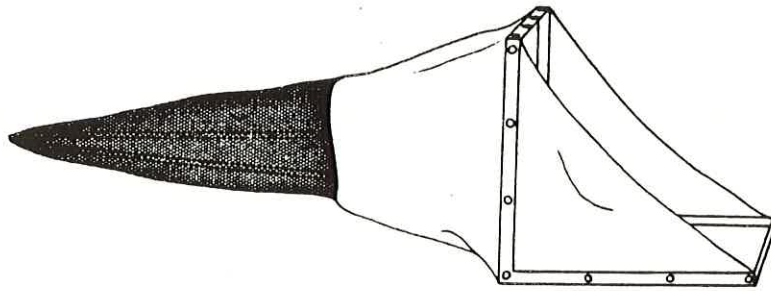


FIG. 7 — Filet type SURBER (1937).

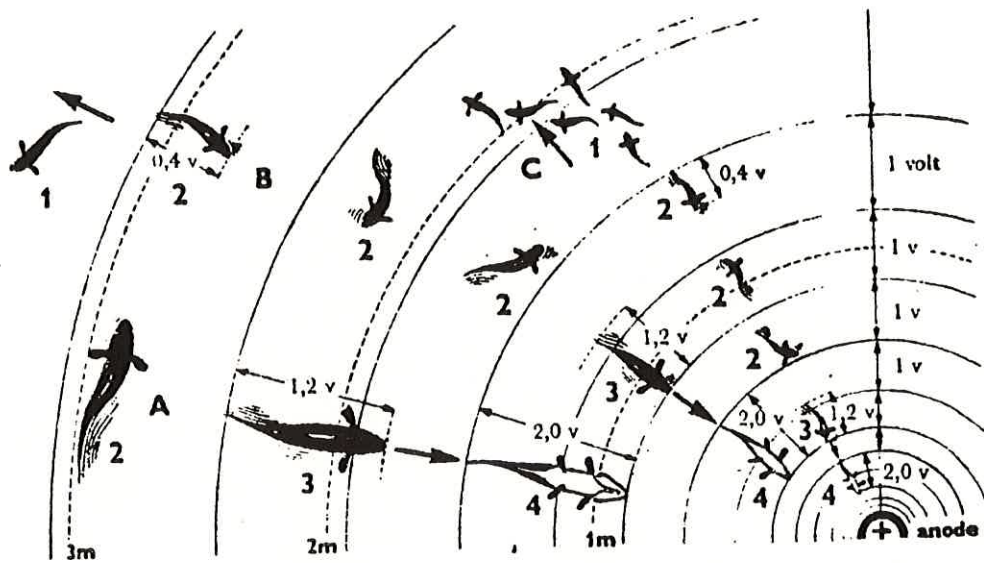


fig 8:- Champ électrique autour d'une anode de pêche électrique.

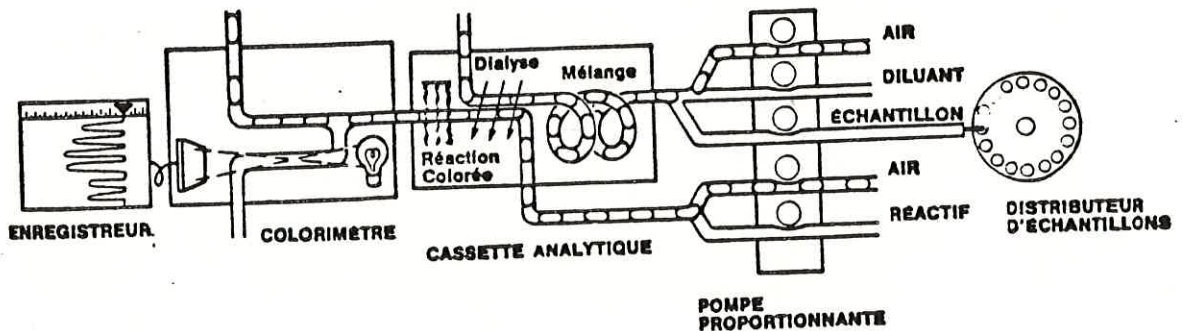


fig 9: Autoanalyseur II technicon : schéma de fonctionnement

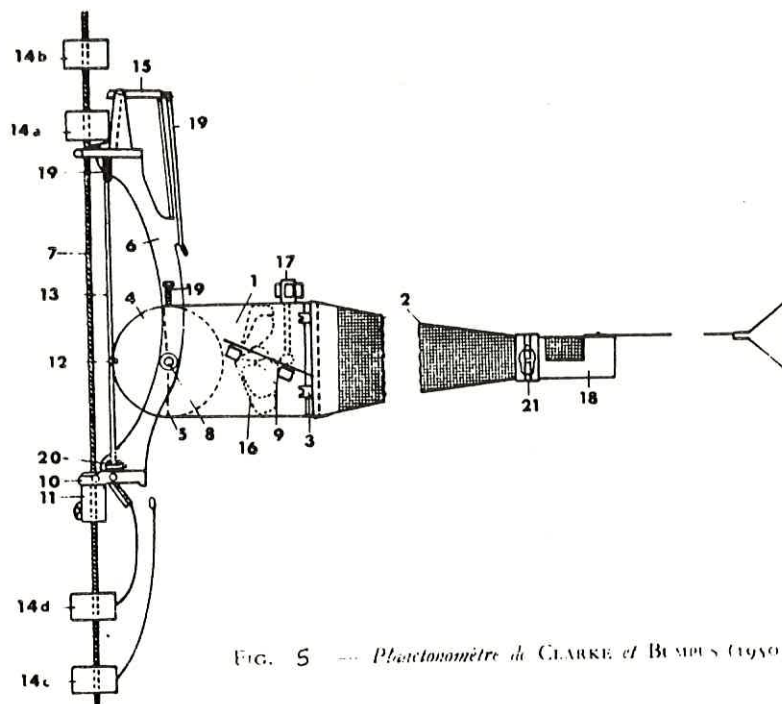


FIG. 5 — Planktonomètre de CLARKE et BUMPUS (1920).

1. tube en laiton, 2. filet planctonique; 3. crochets de fixation du filet (à baïonnette), 4. clapet obturateur, 5. axe de l'obturateur; 6. cadre; 7. câble-porteur; 8. pivot fixé dans le cadre, et sur lequel tourne le tube (1); 9. ailette; 10. collier pivotant sur le câble, 11. collier fixe servant de lest; 12. crochet du déclencheur; 13. tige du déclencheur; 14. messagers: a) agissant sur le déclencheur; b) descendant; c) libéré; d) accroché; 15. déclencheur; 16. moulinet; 17. compte-tours; 18. collecteur; 19. ressorts; 20. déclencheur du messenger pour le filet suivant; 21. collier de fixation du collecteur.

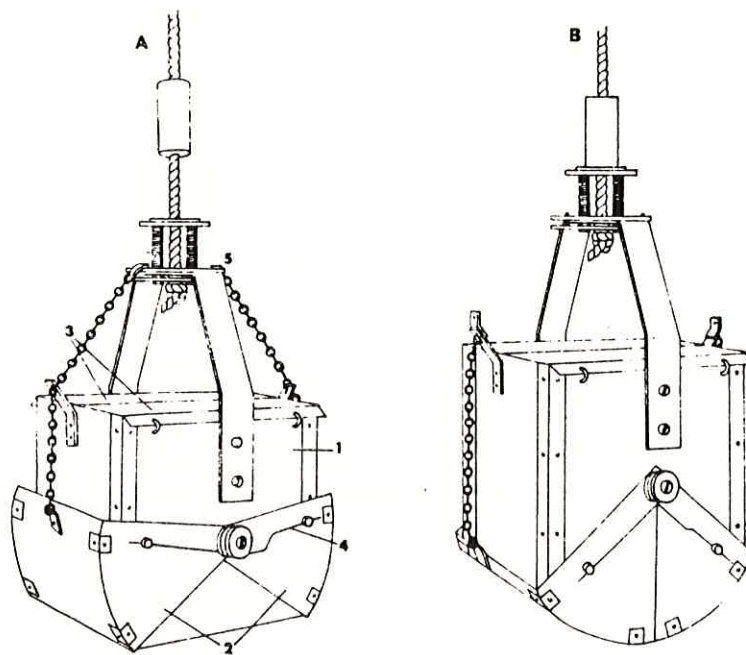


FIG. 6 — Benne d'EKMAN-BIRGE (1911-22).

A. ouvert; B. fermé. — 1. corps; 2. mâchoires; 3. battants; 4. ressorts des mâchoires; 5. déclencheur.

2. Au laboratoire

2.1. La chimie

2.1.1. Alcalinité, dureté, chlorures

Les mesures de ces paramètres ont été effectuées par les méthodes volumétriques Hach. Les valeurs trouvées sont, dans tous les cas, autour du seuil de détection; les écarts observés ne sont donc pas significatifs. Les dosages de chlorures, du mois d'août on été réalisés par colorimétrie en flux continu avec l'auto-analyseur II Technicon dont la limite de détection est sensiblement égale.

2.1.2. Matières en suspension

Le taux de matières en suspension est établi par pesée (balance Metler, précision 1/10 mg) avant et après filtration sur filtre Whatman de 1 μ .

2.1.3. Matières organiques

On mesure l'oxydabilité au permanganate à chaud en milieu alcalin : norme AFNOR T 90-018, 1960.

2.1.4. Les nitrates et phosphates

L'analyse de ces sels est effectuée par colorimétrie en flux continu avec l'auto-analyseur II Technicon (fig. 9). Les échantillons doivent préalablement être filtrés et maintenus au frais (BAGARRY, 1980).

o Les nitrates sont réduits sur une colonne cadmium-cuivre. Les nitrites ainsi formés réagissent avec la sulfamilamide pour donner un composé diazo. Celui-ci forme avec la N naphthyl-éthylènediamine un complexe coloré rose violacé dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en NO_2 .

o Les orthophosphates sont dosés en milieu acide. Ils forment, avec le molybdate d'ammonium, l'acide phosphomolybdique. Cet acide est ensuite réduit en bleu de molybdène par l'acide ascorbique.

2.1.5. Le fer

La méthode utilisée est celle de RICHAUD (1982) adaptée de BERTRU (1975). Sont dosés séparément le fer total, particulaire et soluble. Ces deux dernières fractions sont obtenues par filtration sur filtre millipore 0,45 μ . Deux types de mesures sont effectuées :

* sur eau acidifiée et passage direct au spectromètre d'absorption atomique. On utilise une lampe au fer avec une flamme air-acétylène. La sensibilité de la méthode est de 0,05 mg/l.

* sur eau acidifiée et passage au spectromètre d'absorption atomique : après deux attaques une au persulfate d'ammonium et passage une heure à l'autoclave à 110°C et l'autre réalisée après refroidissement avec HCl 4 N et ébullition pendant 30 mn.

2.1.6. La chlorophylle

Après filtration des échantillons et ajout de Mg CO₃ les filtres millipores 0,45 μ sont conservés au congélateur.

Seule la chlorophylle a été dosée par la méthode fluorimétrique (instruction provisoire 1980 - Agende de bassin Loire-Bretagne) pour les quatre premières campagnes de prélèvement (19 octobre, 29 novembre, 5 avril et 26 mai). Au mois d'août nous avons dû, pour des raisons pratiques, utiliser la spectrophotométrie.

2.2. Le Phytoplancton

Après homogénéisation du prélèvement, une partie est mise à sédimenter. Cette opération dure 24 heures et s'effectue dans des cuves de volume variable (5 à 25 cc suivant la richesse du peuplement). Le comptage s'effectue ensuite à l'aide d'un microscope inversé de type Wild M 40.

2.3. Le zooplancton

Lorsque les échantillons d'eau récoltés sont riches, le comptage s'effectue selon la méthode BRESSAC (1980). On compte les individus dans 20 cases réparties régulièrement, sur les

200 que contient la cuve de Dolffus.

III - RESULTATS ET INTERPRETATION

A - La physico-chimie

La station 1, située en milieu de lac sera utilisée comme station de référence. Sa profondeur et sa localisation font qu'elle n'est plus sensible aux effets de bordure. Nous pourrions essayer, grâce à elle, de voir les variations en fonction de la profondeur tandis que les variations spatiales seront étudiées en comparant les stations 1,2,3, 5 et 6.

1. Variations en profondeur

1.1. La température (fig.10)

L'existence de deux périodes de mélange évoque un lac dimictique mais l'absence de stratification marquée en été fait penser au régime thermique d'un étang dont il se distingue cependant par l'absence de végétation littorale.

En fait, il s'agit d'un lac dimictique, comme le sont les lacs de haute montagne étudiés par MARTINO (1979), destratifié en été par un renouvellement de l'eau trop rapide comme c'est le cas dans de nombreux lacs de barrage.

1.2. L'oxygène dissous (fig.11)

Au mois d'octobre, la distribution de l'oxygène est orthograde. Les valeurs sont autour de 78% de saturation. Elles vont encore diminuées pour avoisiner 54% fin novembre.

La sursaturation en surface pendant la période estivale est constante : elle atteint 110% au maximum de la poussée phytoplanctonique, en août. C'est à cette période que la différence d'oxygénation entre la surface et le fond est la plus forte.

Il faut noter que les pourcentages d'oxygène les plus bas correspondent aux taux de matières organiques et matières en suspension les plus élevées.

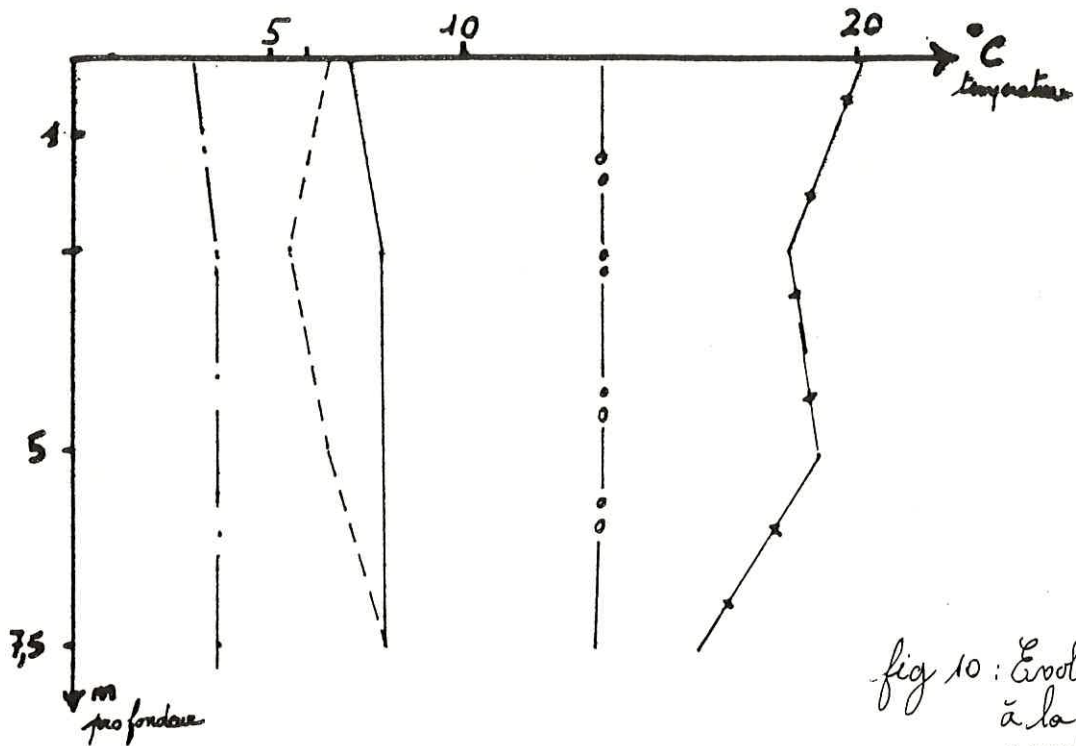


fig 10 : Evolution de la température à la station 1, aux différentes campagnes

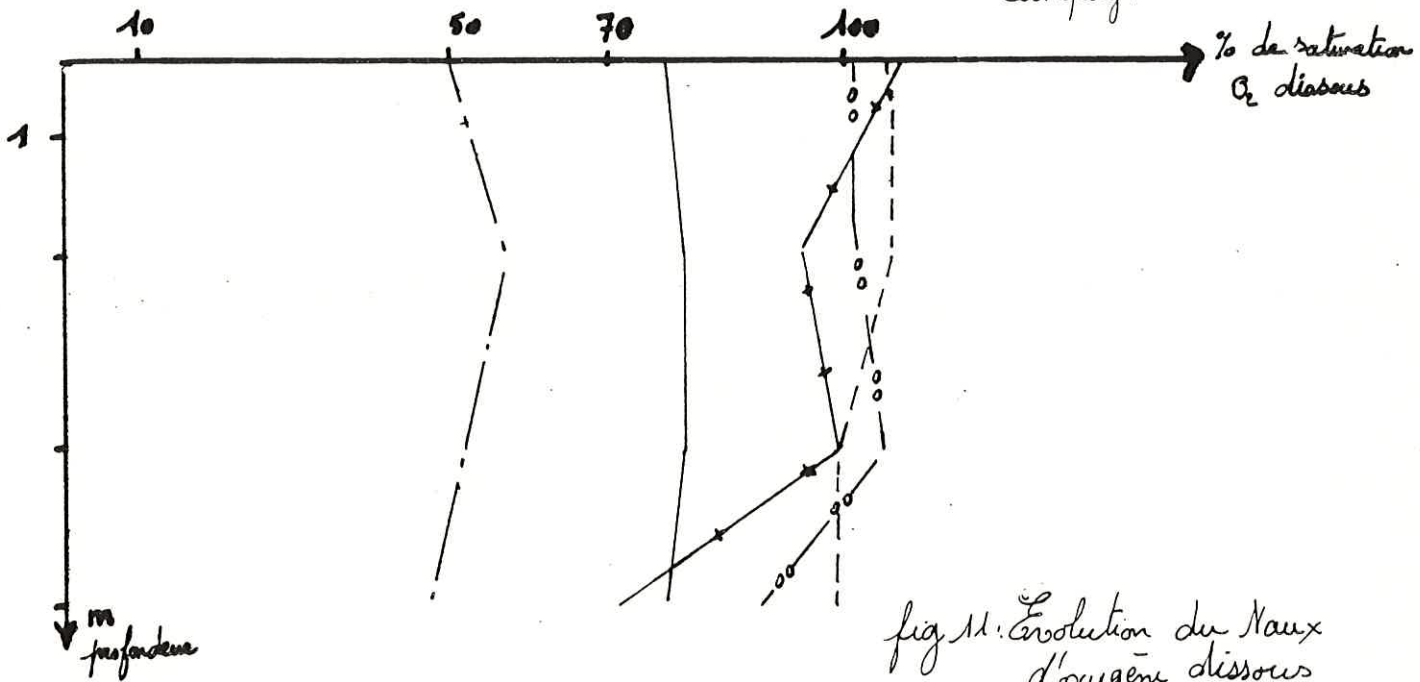


fig 11 : Evolution du taux d'oxygène dissous station 1

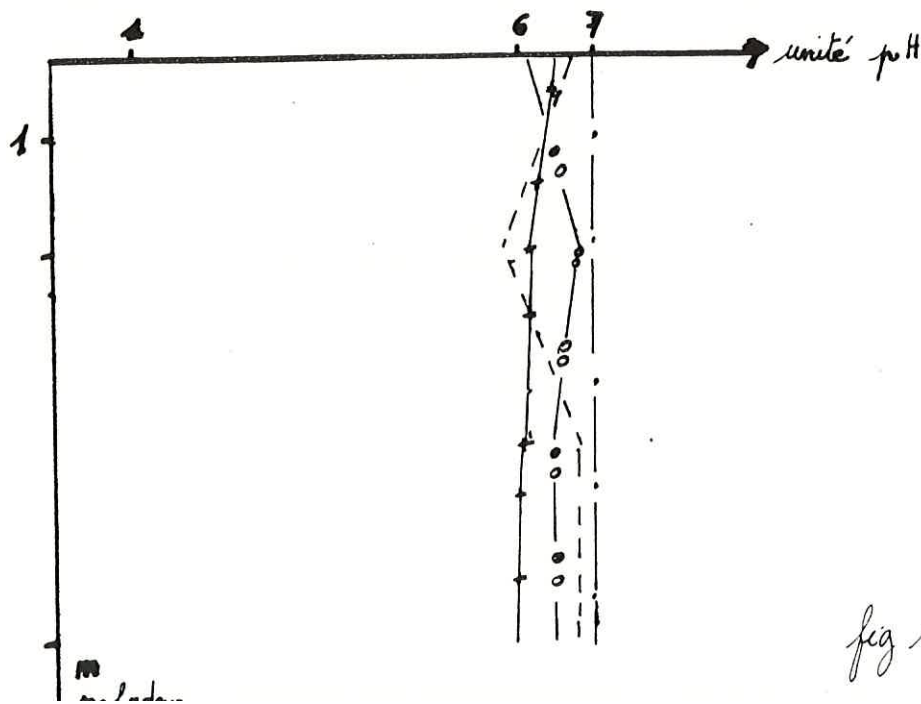
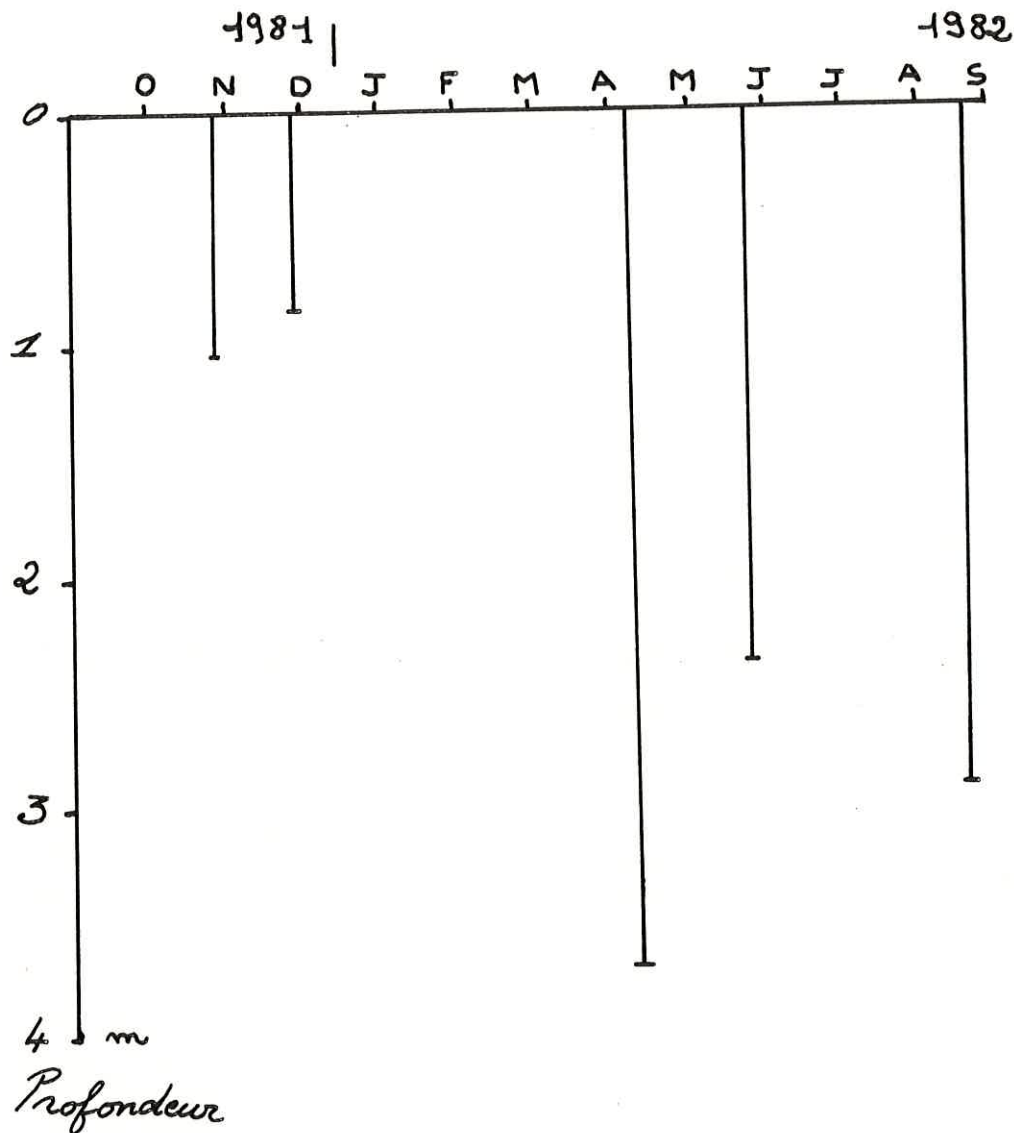


fig 12 : Evolution du pH - station 1

1.3. Transparence - couleur

L'évolution de la transparence n'a été suivie qu'à la station 1. Les stations 2 et 3 ont des profondeurs inférieures à celles de la disparition du disque de Secchi



Les valeurs trouvées sont toujours très faibles : elles varient de 0,90 à 3,70 m.

Le plancton et les matières humiques provoquent une diminution de la transparence en augmentant la dispersion de la lumière (HUTCHINSON, 1957). Les valeurs minimales de transparence s'obtiennent en novembre-décembre où les taux de matières en suspension et de matières organiques sont les plus élevés. En avril le développement planctonique n'est pas encore amorcé et le taux de matières en suspension est très faible : la transparence est maximale.

Très souvent le lac présente une couleur vert-jaune (catégorie X-XI dans la gamme de FOREL et ULE). Cette couleur pourrait être due à la forte concentration en matières organiques. En hiver le lac a une couleur plus marron.

1.4. Le pH (fig. 12)

Nous sommes en présence d'eau légèrement acide. Le pH varie entre 5,8 et 7,2. Cette acidité est due davantage à la nature granitique du bassin versant qu'à la proximité d'une tourbière, comme l'explique WURTZ en 1945 à propos du lac de Bourdouze en Auvergne. Les variations au cours de l'année sont relativement faibles : il faut toutefois préciser que les valeurs ont tendance à diminuer en été. Dans les Pyrénées, sur terrain granitique FABRE et SENOCQ (1981) observent la même chose tandis que CAPBLANC et LAVILLE en 1968 obtiennent des résultats inverses.

Les valeurs de pH les plus faibles sont toujours mesurées au fond, excepté en période de mélange (en avril).

La parfaite homogénéité du lac, le 29 novembre, apparaît aussi dans les valeurs de pH.

1.5. La conductivité (fig.13)

Les valeurs mesurées sont toujours très faibles et liées à la nature granitique du substrat. Du point de vue de la conductivité le lac des Pises pourrait entrer dans la classe 1 définie par MARTINOT en 1979.

Les teneurs les plus élevées sont obtenues en hiver (17 μ s/cm). Cette période correspond à des taux en matières en suspension et matières organiques très importantes. Les eaux de ruissellement, (chargées en matières en suspension) plus abondantes et l'accumulation des feuilles mortes peuvent expliquer cette augmentation.

En novembre, les différences entre les valeurs de surface et du fond ne sont pas significatives. En avril, on a, en surface, une conductivité de 58 μ s/cm. Cette valeur élevée pourrait résulter de mouvements d'eau liés au dégel.

Les teneurs en alcalinité, dureté et chlorures, très basses, sont à relier avec la conductivité. La concentration, très faible, en ions Cl^- , prouve, pour l'instant, l'absence d'une pollution domestique.

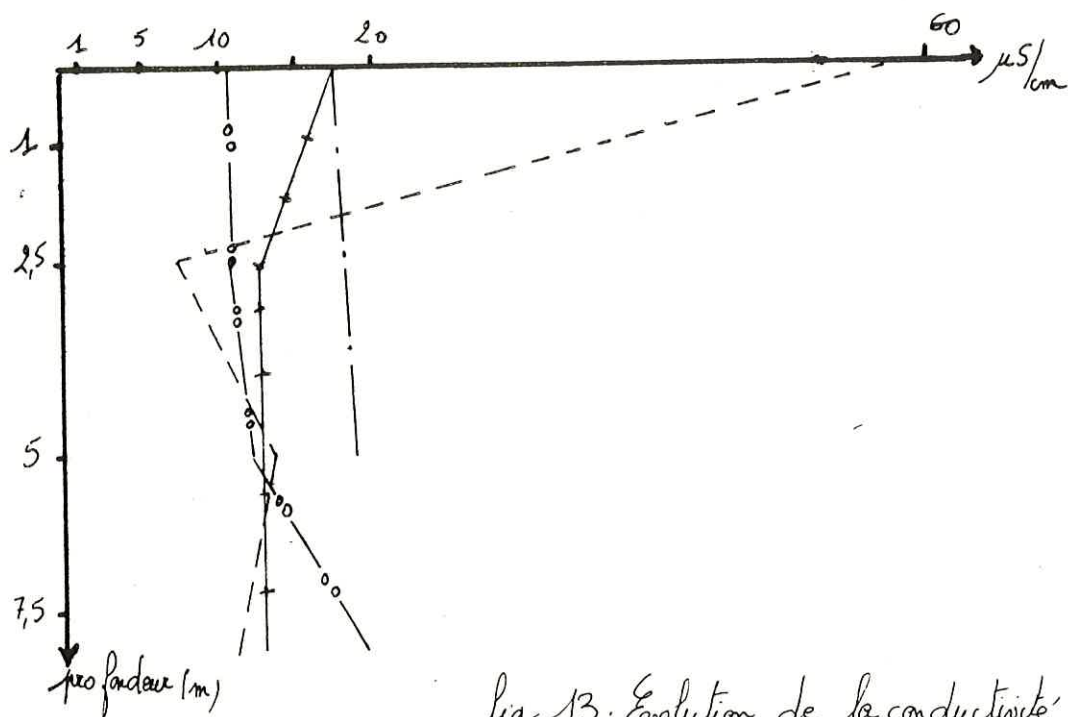
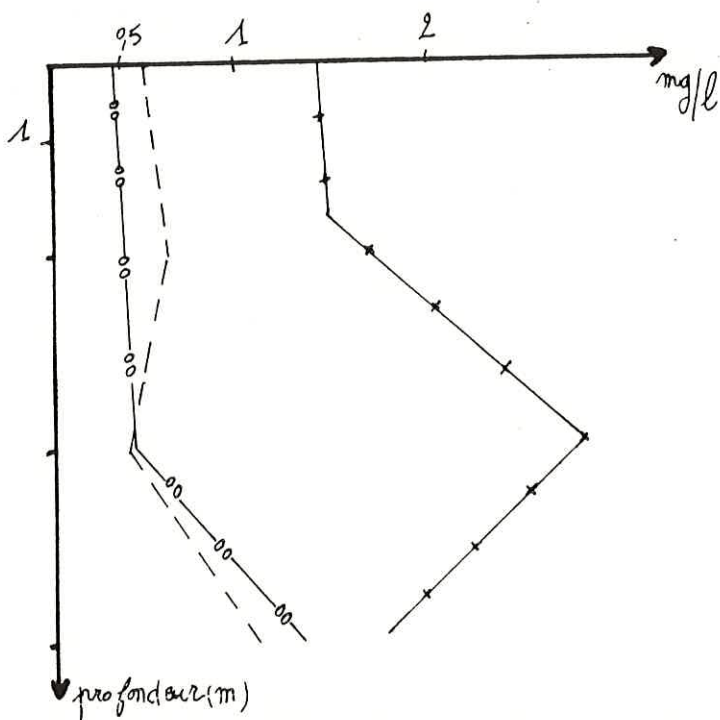


fig 13: Evolution de la conductivité à la station 1 pour les différentes campagnes.



— 29 octobre
 - . - 29 novembre 1981
 - - - 5 avril 1982
 - o - 26 mai
 - + - 13 août

fig 14: Evolution de la concentration en fer à la station 1, pour les différentes campagnes.

1.6. Le fer (fig. 14)

Nous avons jugé utiles les mesures de fer après deux campagnes d'observation, en particulier à cause de la couleur de l'eau.

Les teneurs maximales en fer total sont mesurées en été. De plus, la couche d'eau située à 5m de profondeur présente une concentration deux fois plus élevée qu'aux autres niveaux. En avril les différences entre le fond et la surface sont négligeables.

En théorie, les valeurs de fer total représentent la somme des valeurs de fer dissous et particulaire. Au lac des Pises, ceci n'est pas toujours vérifié (tabl.2). RICHAUD en 1982 constate le même phénomène dans le lac de la Garde-Freinet. La concentration en fer dissous étant, dans certains cas, supérieures à celles du fer total nous supposons la rupture de certains complexes lors de la filtration. La dépression créée par la pompe à vide serait, dans ce cas, trop forte. Une grande partie du fer serait combinée, dans des complexes avec des acides humiques, qu'il aurait été intéressant de doser.

Les concentrations en fer total dans l'eau du ruisseau sont beaucoup plus faibles. On peut penser qu'il y a une concentration ou accumulation de cet élément dans le lac.

Au mois d'août, au niveau de l'émissaire la plus grande partie du fer se trouve sous forme de complexes qui donnent une couleur rouge-orangée à l'eau.

Au mois d'août, à 5m de profondeur, la comparaison des valeurs de fer total obtenues sans attaque et avec attaque montre des concentrations allant respectivement du simple au double. Le chiffre élevé de 2,80 mg/l obtenu après attaque proviendrait donc de la destruction de complexes qui ne sont pas dosés dans la méthode sans attaque. C'est pour cette raison que la fig.14 a été réalisée à partir des résultats obtenus après attaque.

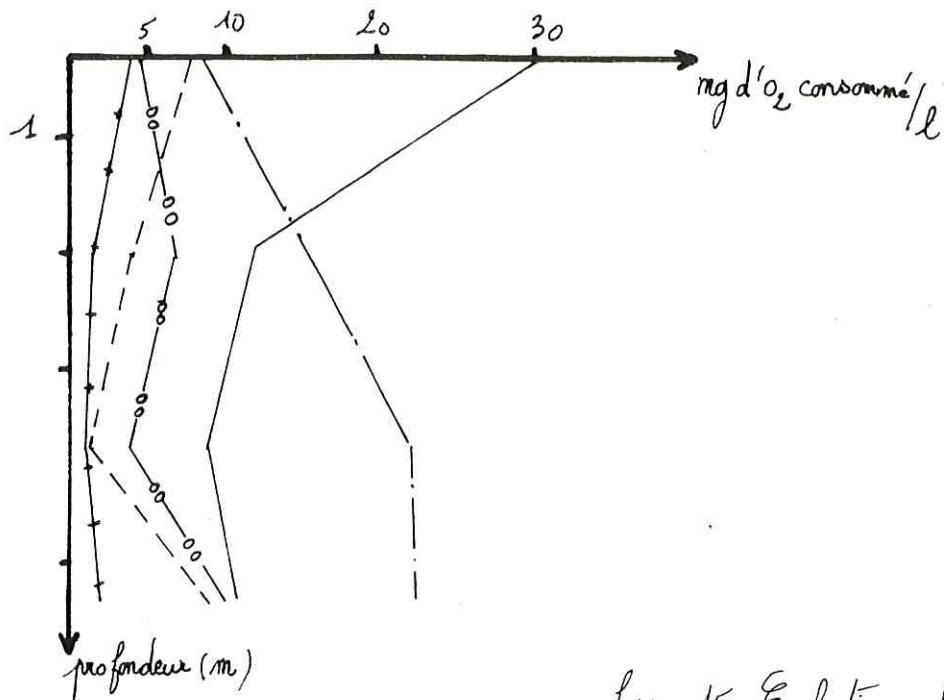
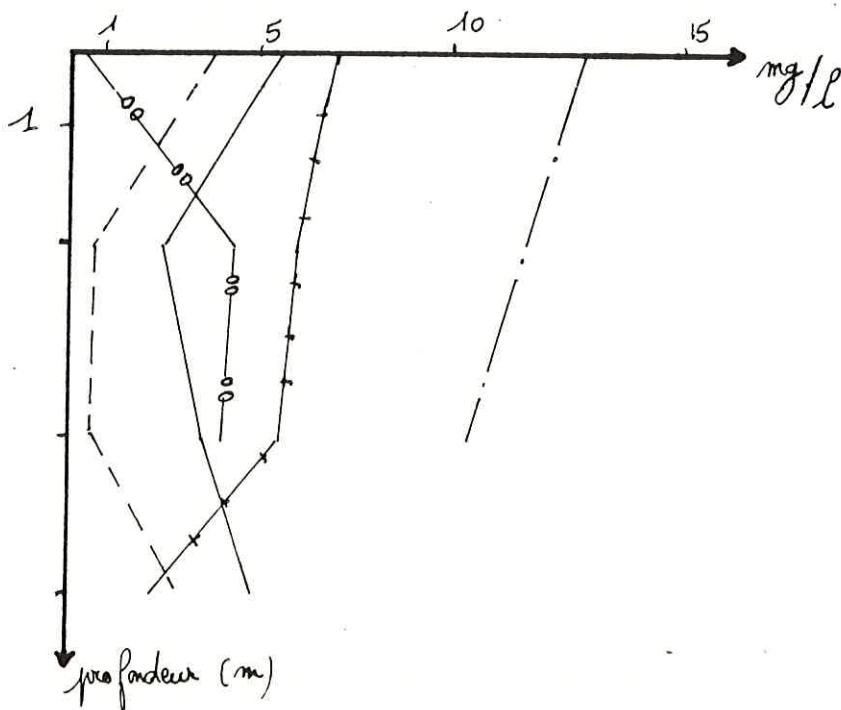


fig 15: Evolution du taux de M.O.
à la station 1
pour les différentes campagnes.



——	29 octobre	
-.-.-	29 novembre	198
----	5 avril	198
-oo-	26 mai	
+ + +	13 août	

fig 16: Evolution de la Xeneur en M.E.S
à la stat 1 pour les différentes
campagnes.

Tableau 2 : concentrations en Fer en mg/litre

	AVEC ATTAQUE			SANS ATTAQUE	
	Fer total	Fer dissous	Fer partic.	Fer total	Fer dissous
5 AVRIL					
Station 1					
0 m	0,53	0,72	0,076	0,36	0,23
2,5 m	0,62	2,25	0,070	0,92	0,20
5 m	0,41	2,61	0,066	1,60	0,16
Fond	0,91	1,10	0,10	0,82	0,40
Station 2					
0 m	0,38	1,00	0,024	0,42	0,11
Station 3					
0 m	0,34	1,01	0,032	0,42	0,14
Station 5	-	-	-	-	-
Station 6	0,94	1,56	0,086	0,88	0,60
26 MAI					
Station 1					
0 m	0,36	0,18	0,12	0,32	0,10
2,5 m	0,40	0,17	0,12	0,32	0,09
5 m	0,42	0,23	0,29	0,39	0,10
Fond	1,32	0,90	0,26	1,10	0,95
Station 2					
0 m	0,54	1,10	0,29	0,44	1,23
Station 3					
0 m	0,44	0,53	0,19	0,38	0,58
Station 5	0,22	0,25	0,05	0,19	0,23
Station 6	0,80	0,72	0,016	0,81	0,82
13 AOÛT					
Station 1					
0 m	1,38	1,38	0,60	1,26	1,30
2,5 m	1,42	2,35	0,003	1,30	2,08
5 m	2,80	1,70	0,003	1,30	1,26
Fond	1,44	2,02	0,06	1,32	1,98
Station 2					
0 m	1,33	1,75	0,05	1,24	1,27
Station 3					
0 m	1,35	1,74	0,001	1,28	1,43
Station 5	0,80	1,30	0,04	0,54	0,73
Station 6	1,34	0,51	1,1	1,1	0,48

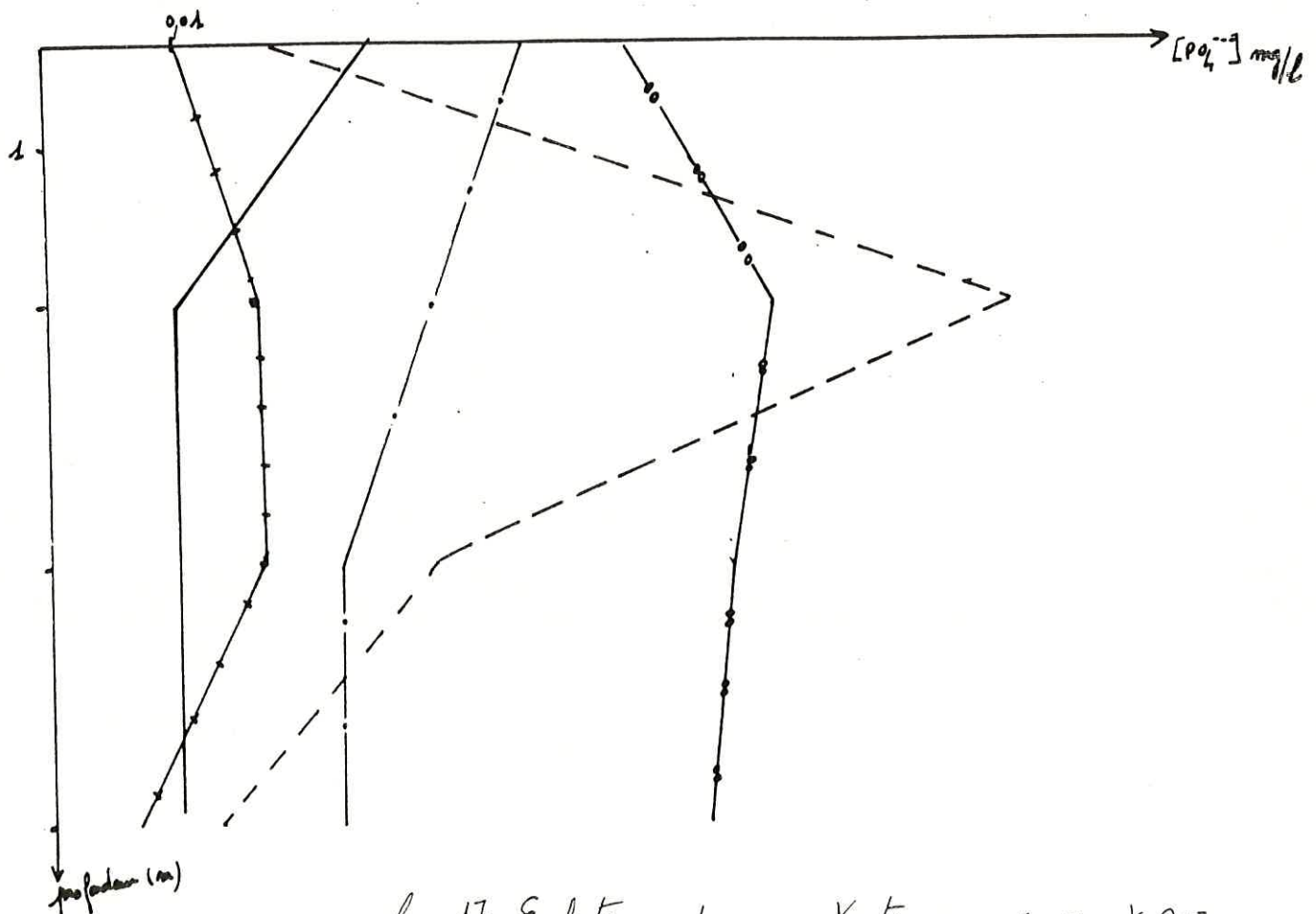
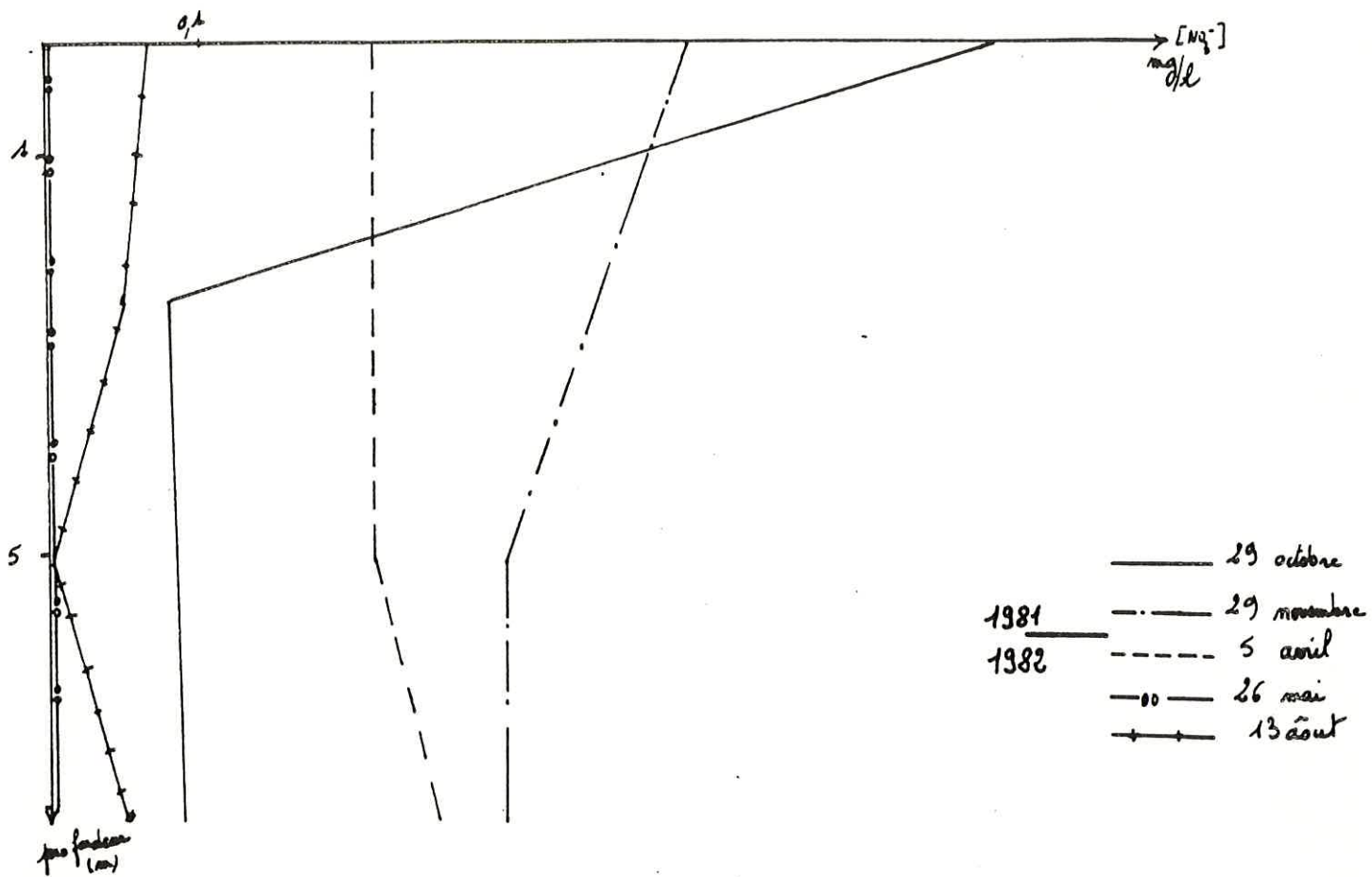


fig 17: Evolution des concentrations en NO_3^- et PO_4^{3-} à la station 1, pour les différentes campagnes

1.7. Les matières organiques (fig.15)

Les teneurs observées sont relativement élevées : elles varient de 1 mg d'oxygène consommé/l, en été, à 32 en automne.

En novembre, la concentration en matières organiques est plus forte au niveau du fond. En août, au contraire, la répartition est relativement homogène sur toute la colonne d'eau. La minéralisation dans les lacs froids est très ralentie pendant l'hiver et la matière organique s'accumule sur le fond. En août, le zooplancton est à son maximum de développement et peut utiliser une fraction de la matière organique.

Nous obtenons des résultats inverses à ceux de PERSON et Coll. (1968) pour le lac Bourdouze dans le Puy de Dôme. Ces auteurs enregistrent des concentrations en matières organiques maximales en été.

1.8. Les matières en suspension (fig.16)

Les teneurs varient de 0,4 à 13,6 mg/l. La concentration la plus élevée est au mois de novembre, après la chute des feuilles. Cette mise en suspension d'éléments végétaux a été accentuée par un fort vent, le jour du prélèvement : le lac étant petit, l'action du vent est d'autant plus marquée.

En août, les valeurs sont fortes de 0 à 5 m, sans doute en relation avec la prolifération du plancton.

Nous avons observé que, même en période de faible concentration en matières en suspension, les filtres Whatman colmatent rapidement (les filtres Millipore 0,45 μ ne permettent pas le passage de plus de 100 à 200 ml d'eau dans la plupart des cas). Il semble donc qu'à cette matière en suspension particulière s'ajoutent des colloïdes. La conclusion du rapport du CEMAGREF en 1981 signale déjà le phénomène : " il en résulte que les matières en suspension présentes dans le lac, si elles proviennent du bassin ne peuvent être que d'origine humique ou colloïdale (+ complexes ferrugineux) ".

1.9. Les sels nutritifs (fig. 17)

* nitrites - nitrates

Le mois d'octobre est la seule période de l'année où l'on décèle la présence de nitrites mais ils ne sont encore qu'à l'état de traces. Nous sommes alors en fin de période chaude.

Les concentrations en nitrates varient de 0 à 0,5 mg/l. Elles sont maximales en novembre et minimales en mai-août. En hiver, le lessivage des abords immédiats du lac peut entraîner dans les eaux une partie des déjections animales, accumulées pendant l'été.

En surface le pic de nitrates du mois d'octobre nous paraît aberrant.

Les variations de concentration entre la surface et le fond ne sont jamais significatives.

* orthophosphates

Leur dosage donne des valeurs comprises entre 0,010 et 0,075 mg/l. Les teneurs les plus élevées sont obtenues en mai, les plus faibles en août et octobre. Seul le mois d'avril présente des variations des concentrations en PO_4^{---} au sein de la colonne d'eau. On y observe un pic à 2,5m de profondeur.

* relation nitrates-orthophosphates et phytoplancton à 2,50m de profondeur (fig.18).

o D'octobre à novembre, les concentrations en NO_3^- et PO_4^{---} augmentent. A cette période les pluies sont plus abondantes. Il y a un apport d'éléments nutritifs dû au ruissellement des eaux sur les déjections d'animaux. De plus le phytoplancton meurt et par minéralisation il y a relargage d'azote et de phosphore.

Le pic des nitrates de novembre a une amplitude plus grande que celui des orthophosphates. En effet, le phosphore est un élément très difficilement lessivable. D'autre part les excréments d'ovins renferment deux fois plus d'azote que de phosphore.

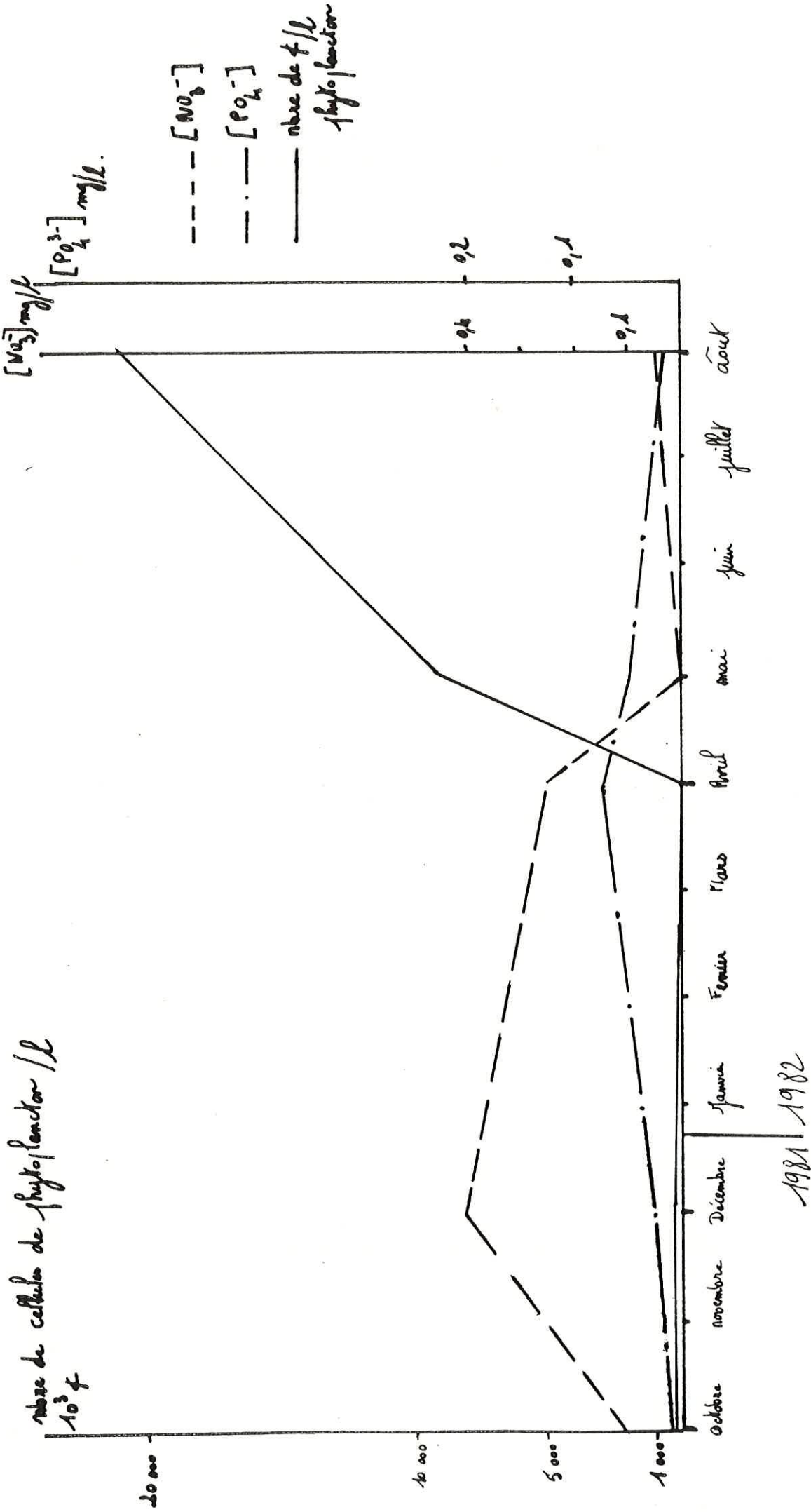


fig 18: relation nitrate-phosphates et phytoplancton station 1 à 2, 50 m pour les différentes campagnes.

o De décembre à avril les concentrations en phosphates augmentent, les concentrations en nitrates baissent légèrement tout en restant proches des valeurs maximales trouvées.

Pendant l'hiver, la minéralisation est très lente mais suffisante pour permettre la reconstitution du stock. Reconstitution, d'autant plus facile qu'il n'y a pas de consommation par le phytoplancton.

o D'avril à août la poussée phytoplanctonique a lieu. Les réserves sont consommées. Cette consommation va jusqu'à l'épuisement quasi total du stock de sels nutritifs.

En général, on admet que pour une bonne croissance du phytoplancton il faut un rapport P/N égal à 1/10.

Si on fait pour notre étude le rapport $[PO_4^{--}] / [NO_3^-]$ on s'aperçoit qu'il est constant pour le mois d'octobre, de l'ordre de 1/10 (le phytoplancton est encore présent à cette époque). Pour les autres mois, en particulier avril, mai et août ce rapport décroît. Nous pouvons supposer que les nitrates deviennent, fin août, l'élément limitant.

2. Variation spatiale (fig. 19)

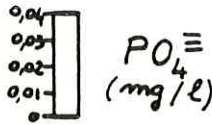
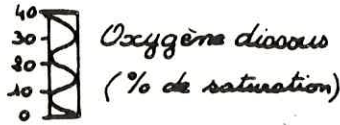
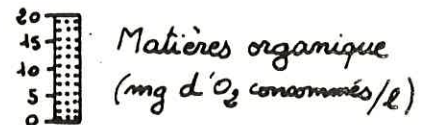
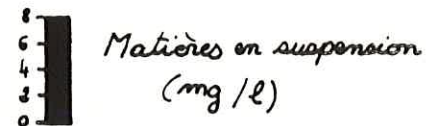
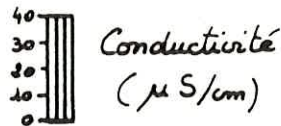
L'évolution générale des paramètres physico-chimiques est semblable dans toutes les stations. Les différences observées d'une station à l'autre sont de faible amplitude :

- Au niveau de la station 5 le couvert végétal entraîne des écarts thermiques moins importants que ceux des stations situées sur le lac.

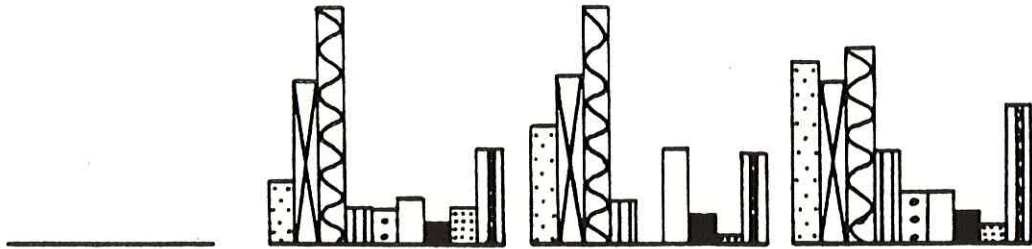
- La station 3 a des concentrations en oxygène dissous toujours supérieures à celles des autres stations. Ceci est dû à un écoulement des eaux plus rapide et une oxygénation plus importante par l'herbier.

- La station 2, malgré la proximité de la tourbière, n'a pas un pH plus acide que celui des autres stations (excepté au mois de décembre).

- L'étude des concentrations en nitrates montre qu'à la station 3, les valeurs mesurées sont toujours faibles ou nulles. Il en est de même pour la station 5. Il y a donc une similitude entre ces deux stations (la valeur élevée de la concentration en NO_3^- au mois d'août provient d'une concentration des ions au niveau



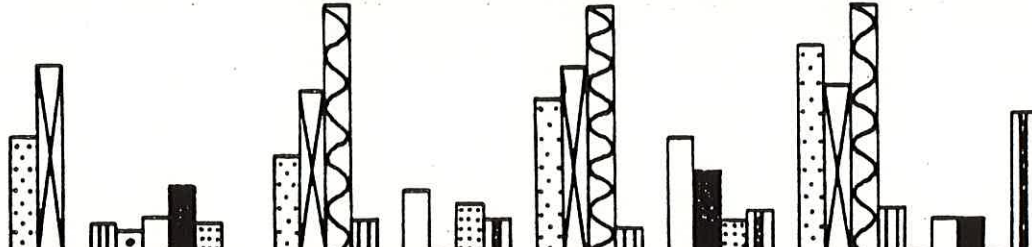
Station 6



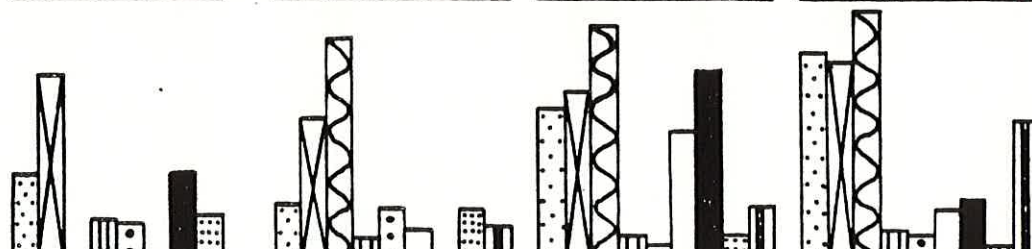
Station 5



Station 3



Station 2



Station 1



29 OCTOBRE
1981

5 AVRIL
1982

26 MAI

13 AOÛT

Evolution des différents paramètres physiques et chimiques pour les différentes campagnes en surface, au niveau des stations 1, 2, 3, 5, 6.

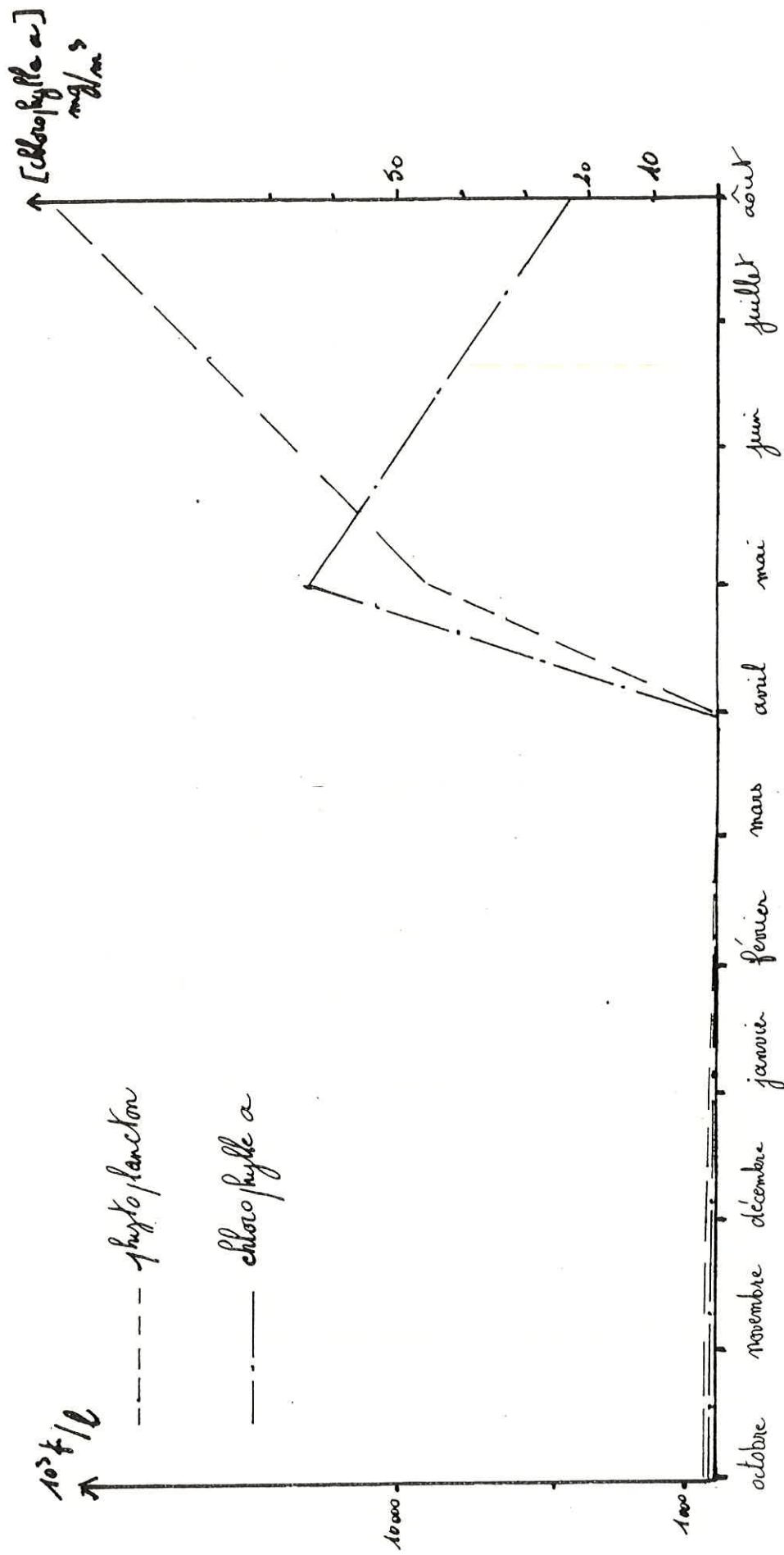


fig 20: Evolution des relations phyto plancton et concentration en chlorophyll a
 station 1 - 250 m

Tableau 3 : concentrations en chlorophylle a en mg/m3

	29 octob.	29 nov.	5 avril	26 mai	13 août
Station 1					
0 m	1,43	0,60	0,50	71,14	19,30
2,5m	1,20		0,45	64,40	21,27
5 m	0,27		0,40	12,90	16,79
Fond	0,70	1,40	0,80	51	14,31
Station 2					
0 m	1,11		0,18	9,08	7,80
Station 3					
0 m	1,15		0,20	36	15,60
Station 5			0,25	1,57	7,80
Station 6			0,46	0,38	6,80

du ruisseau due à la sécheresse.

- C'est aussi à la station 3 que les teneurs en phosphates sont les plus élevées.

- Les concentrations en fer les plus fortes s'observent à la station 6. Les eaux de cette station possèdent très souvent une coloration orangée.

3. Conclusion :

Les eaux du lac des Pises sont des eaux très peu minéralisées. Leur pH est légèrement acide mais n'atteint jamais des valeurs critiques pour les communautés piscicoles présentes. Les teneurs en nitrates et phosphates sont toujours faibles.

Seules, les concentrations en matières organiques, matières en suspension et fer atteignent des valeurs élevées susceptibles de nuire au bon fonctionnement du lac.

B - Les teneurs en chlorophylle a (fig.20 et tabl.3)

Les concentrations en chlorophylle a, sont minimales en hiver (0,6 mg/m³) et maximales au mois de mai (71 mg/m³).

L'évolution de cette concentration semble suivre l'évolution du nombre de cellules du phytoplancton jusqu'au mois de mai.

Au mois d'août ces deux valeurs ne correspondent absolument plus (le nombre de cellules continue à augmenter tandis que la teneur en chlorophylle a chute). Il faut noter que la méthode de dosage est différente mais nous ne pensons pas que ce soit la seule explication. La population du mois d'août est peut être vieillissante et il aurait été intéressant de connaître le taux de phéophytine pour apprécier ce vieillissement.

C - Le phytoplancton

1. Inventaire des 80 espèces récoltées

Les espèces ont été déterminées ou vérifiées par Arlette CAZAUBON.

Chromophytes

Chrysophycées

✱ Isochrysidacées

Rhipidideudron Stein 1878 sp. (huxlegi?)

✱ Ochromonadales

Dinobryon Ehrenberg (1833) 1835 sp. (sertularia?)

Synura sp. Ehrenberg

Hydrurus C. Agardh

Mallomonas Perty

Uroglena Ehrenberg

Diatomophycées

Achnanthes microcephala Kütz

Anomoeoneis serians (de Brebisson) Cleve

Asterionella gracillima (Hantzsch) Heiberg

Centronella reicheltii Voigt

Cocconeis placentula Ehrenberg

Cocconeis placentula var. euglypta (Ehrenberg) Cleve

Cyclotella comta (Ehrenberg) Kützing

Cymatopleura solea (de Brebisson) W. Smith

Cymbella turgida (Grégory) Cleve

Diatoma vulgare Bory

Eunotia sp. Ehrenberg

Fragilaria crotonensis Kitton

Fragilaria virescens Ralfs

Gomphonema angustatum (Kützing) Rabh

Gomphonema angustatum var. producta Grun

Gomphonema parvulum (Kützing) Grun

Melosira granulata (Ehrenberg) Ralfs

Melosira granulata var. angustissima Müller

Melosira varians C.A. Agardh

Meridion circulare Agardh

Navicula cari Ehrenberg

Navicula cryptocephala Kützing

Navicula pupula Kützing

Navicula sp. Bory de St-Vincent

Nitzschia acicularis W. Smith

Nitzschia closterium Ehrenberg

Nitzschia gracilis Hantzsch

Nitzschia linearis W. Smith

Nitzschia minutula (?) Grun

Nitzschia palea Kützing

Nitzschia triblyonella Hantzsch

Pinnularia acuminata W.Smith
Pinnularia major (Kützing) Cleve
Pinnularia subcapitata (Gregory)
Gyrosigma Hassall
Rhopalodia gibberula (Ehrenberg) O.Müller
Surirella ovalis de Brebisson
Synedra ulna (Nitzsche) Ehrenberg
Synedra acus Kützing
Synedra ulna var. danica (Kützing) Grun
Synedra vaucherial var. capitellata Grun
Tabellaria fenestrata (Lyngb) Kützing
Tabellaria flocculosa (Roth) Kützing
Rhoicosphenia crunow
Pleurosigma (W.Smith) Cleve

Chlorophytes

Euchlorophycées

⌘ Volvocales

Chlamydomonas sp. Ehrenberg
Pandorina morum (Müller) Bory
Volvox aureus (Linné) Ehrenberg

⌘ Chlorococcales

Oocystis sp. Nägeli
Closteriopsis Lemmermann sp.
Kurchneriella Schmidle sp.
Monoraphidium
Crucigenia fenestrata Schmidle
Crucigenia morren (tetrapedia Kirch)
Scenedesmus sp. Meyen
Scenedesmus quadricauda Breb
Scenedesmus acuminatum
Pediastrum simplex
Pediastrum boryanum (Turpin) Meneghini
Ourococcus bicaudatus Grabety

Ulothricophycées

⌘ Oedogoniales

Oedogonium Link sp.

Zygophycées

⌘ Zygnématales

Desmidiées

Teilingia granulata (Roy et Biss)

Closterium Nitzsch sp.1

Closterium Nitzsch sp.2 (lunula Müller Nitzsch)

Staurastrum lunatum Meyen

Staurodesmus

Pleurotaenum Nägeli

Arthrodesmus Ehrenberg (heimii?)

Spondylosum de Brebisson planum (Wolle)

Spondylosum pulchellum

Hyalotheca Ehrenberg

Cosmarium Corda

Xanthidium Ehrenberg

Euglenophytes

Euglena Ehrenberg sp.

Phacus Dujardin sp.

Cyanophycées

Chroococcales

Merismopedia elegans

Merismopedia Meyen sp.1

Merismopedia sp.2

Chroococcus turgidus (Kützing) Naeg

Microcystis sp. Kützing

Nostrocales

Anabaena Bory de St-Vincent sp.

Pyrrophytes

Peridinium cinctum (Müller) Ehrenberg

Peridinium sp. (bipes Stein ?)

2. Evolution saisonnière du peuplement (fig.21)

Le nombre de cellules est maximum au mois d'août (11.10^6 l/1 en surface) et minimum en décembre (250 000 cel/l en surface).

En hiver quand le lac est gelé, le peuplement n'a pas été étudié mais aucun phénomène de "glace colorée" n'a été signalé par les gardes du parc.

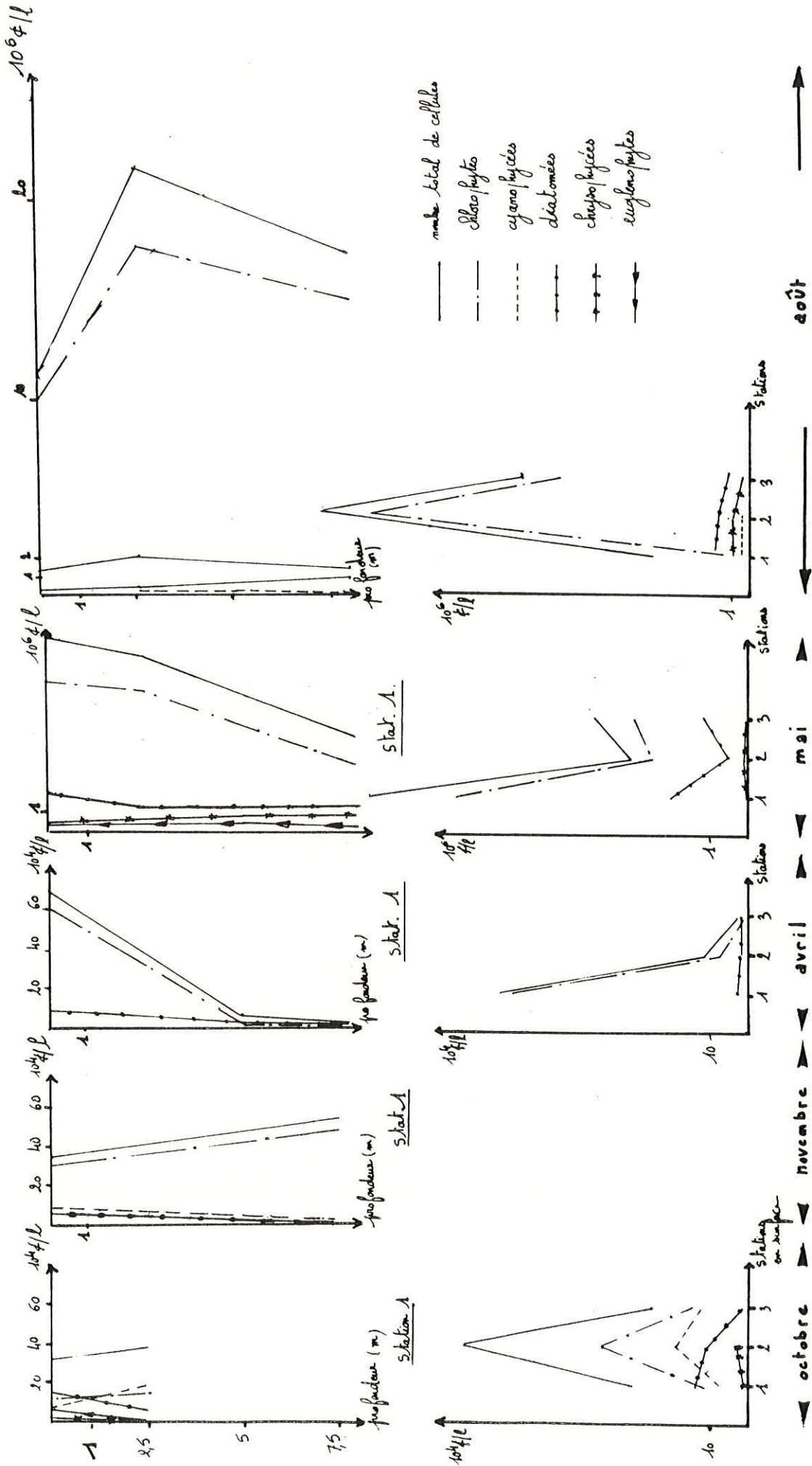


fig 2.1: Evolution du peuplement phyto planctonique

Il est vraisemblable que l'essor des algues soit limité à la seule période estivale.















Pour les mois d'octobre, novembre et août, le maximum des cellules est localisé dans la couche 2,5m. Ceci s'explique par l'inhibition de la photosynthèse dans les couches superficielles où l'éclairement est trop fort. Cette inhibition paraît d'autant plus intense que les ressources en matière nutritive sont faibles (BONNET et CAPBLANC en 1973).

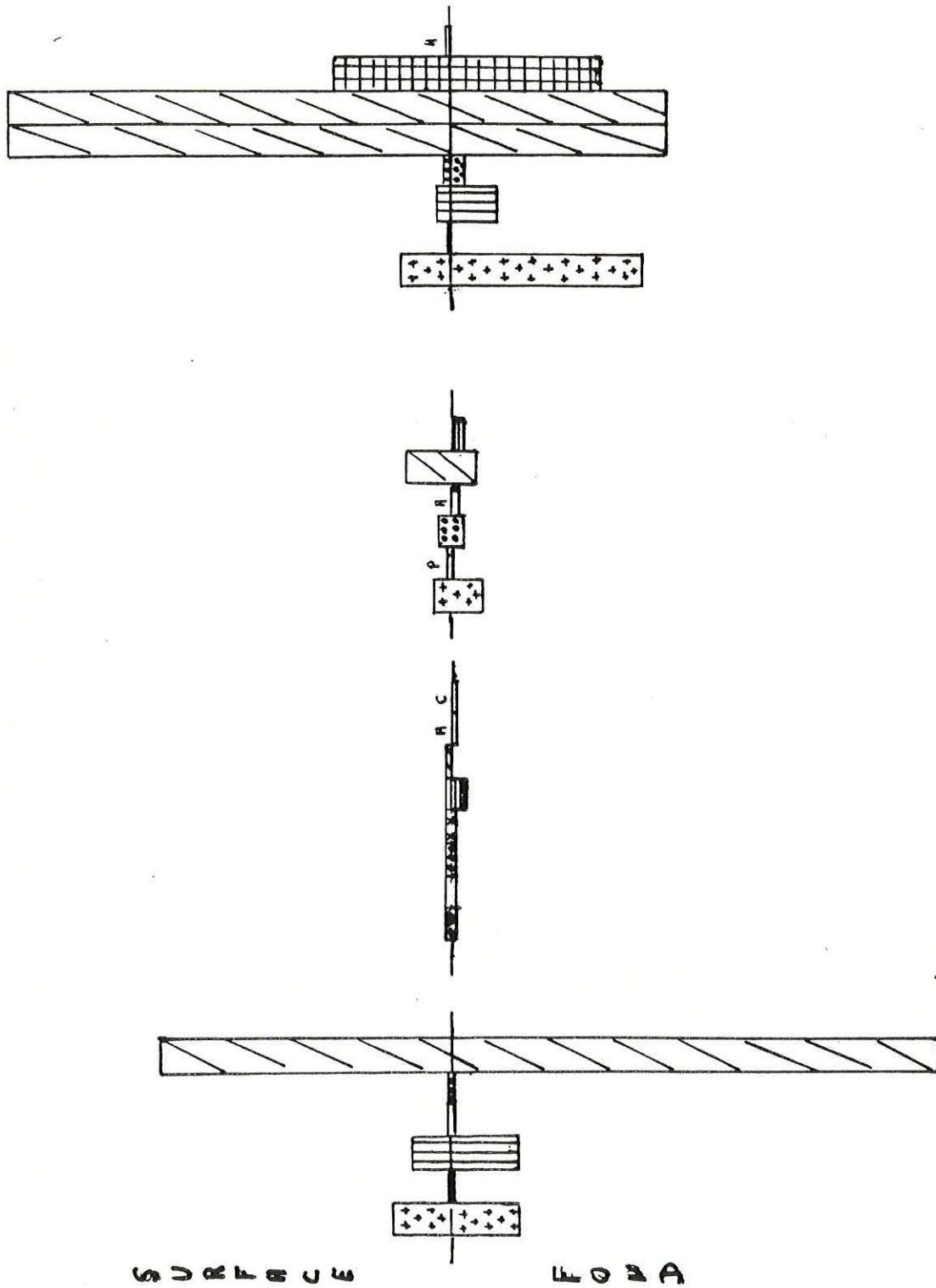
Au mois d'avril, période de mélange, il y a une inversion du nombre de cellules entre la surface et 2,5 m : le maximum se situe alors non plus à 2,5 m mais en surface. Ce phénomène va en s'atténuant au mois de mai. C'est l'événement "catastrophique" décrit par MARGALOF en 1968. Nous retrouvons cette perturbation dans toutes les stations du lac. En effet en octobre, novembre et août c'est à la station 2 que le nombre de cellules est maximum; en avril et mai ce maximum est localisé à la station 1.

Pendant la durée de l'étude le peuplement est caractérisé par la dominance des Chlorophytes. Les diatomées sont également toujours présentes mais en quantité moindre. Les Cyanophycées commencent à apparaître en août, dans les stations 2 et 3. A la station 1, à cette date, les Cyanophycées restent cantonnées au fond. Ces Cyanophycées sont des Microcystis et des Merismopedia comme dans le lac-tourbière de Bourdouze (WURTZ, 1945). Les Chrysophycées constituent un élément permanent du peuplement mais de faible importance quantitative. En mai, les Euglènes occupent toute la colonne d'eau de la station 1.

Nous retrouvons, au lac des Pises, certaines étapes des successions écologiques décrites par AMBLARD et DEVAUX en 1981 dans le lac Pavin. L'essor du peuplement phytoplanctonique, après la fonte des neiges n'est pas immédiat. En effet, à la campagne d'avril il ressemble à un peuplement hivernal. L'espèce "pionnière" semble être Monoraphidium sp.

- Puis en mai, le peuplement se diversifie : le nombre d'espèces augmente. Deux espèces prolifèrent particulièrement : Cyclotella comta et Teilingia granulata. Il y a ensuite un fort développement de desmidiés. Ces algues sont très souvent caractéristiques d'eaux acides et de tourbières. De ce fait elles sont souvent présentes dans les petits lacs d'altitude (BAIER, 1978). La retenue acquiert un peuplement caractéristique de lac de montagne acide.

-  *Eubodaphnia quadrangula*
-  *Daphnia longispina*
-  *Alona quadrangulata*
-  *Alonella nana*
-  *Chydorus sphaericus*
-  *Tropocyclops prasinus*
-  *Eucyclops scutellatus*
-  *Diacyclops longiremis*
-  *Paracyclops fimbriatus*
-  *Eanthocampus staphylinus*
-  *Eurochilus unicornis*
-  *Asplanchna* sp.
-  *Hexarthra* sp.
-  2 000 individus/m³



29 octobre 1981 | 5 avril 1982 | 26 mai 1982 | 13 août 1982
 fig 22: Evolution du peuplement zooplanctonique

- Au mois d'août, le nombre d'espèces diminue . Les Teilingia tendent à disparaître tandis que les Crucigenia prolifèrent de façon spectaculaire. Se développent parallèlement des espèces de grande taille telles, Cyclotella, Tabellaria et Closterium. La biomasse est à son maximum.

- En octobre, nous tendons vers un peuplement hivernal, riche en espèces mais pauvre en nombre de cellules. Les Crucigenia, encore abondantes sont en passe d'être remplacées par les diatomées qui progressent avec une dominance de Nitzschia.

- En novembre, le nombre d'espèces est toujours relativement élevé et leur effectif faible. Le maximum de cellules est alors compté sur le fond. FEUILLADE en 1963, sur le lac Vezin décrit le même phénomène et l'explique par la chute des cellules vers les sédiments. Les diatomées regressent fortement.

Les Euglènes, espèces indicatrices de teneur élevée en matière organique sont présentes régulièrement mais en faible quantité.

En définitive on peut dire que le peuplement est caractérisé par des espèces d'eau acide, riche en matière organique. Les Cyanophycées et Euglènes ne présentent pas de développement susceptible d'entraîner une fleur d'eau.

On peut qualifier ce peuplement de peuplement à Bacillariophycées et Chlorophytes, avec dominance des desmidiés.

D - Le zooplancton (fig.22)

1. Liste des espèces récoltées

Les espèces ont été déterminées ou vérifiées par Yvonne BRESSAC.

Crustacés

Cladocères

✕ Daphniidae

Ceriodaphnia quadrangula var. Hamata (Sars)

Daphnia longispina O.F.Müller

✕ Chydoridae

Alona quadrangularis (O.F.Müller)

Alonella nana (Baird)

Chydorus sphaericus (O.F.Müller)

Copépodes

× Cyclopoïdae

Tropocyclops prasinus (Fischer, 1860)
Eucyclops serrulatus (Fischer, 1851)
Diacyclops languidus (G.O. Sars, 1863)
Paracyclops fimbriatus (Fischer, 1853)

× Harpacticoïdae

Canthocamptus staphylinus (Jurine, 1820)

Rotifères

× Conochilidae

Conochilus unicornis (?)

× Asplanchnidae

Asplanchna sp.

× Hexarthridae

Hexarthra sp.

2. Evolution du peuplement

La densité minimale s'observe en avril. Le nombre d'individus augmente en mai, pour obtenir le maximum de développement au mois d'août (33 323 ind/m³). En octobre, on note une légère chute de cette densité. Ce cycle est à rapprocher de celui du phyto-plancton.

Toutes les espèces sont toujours présentes quelle que soit la période du prélèvement.

Le peuplement est toujours dominé par les rotifères, en particulier Conochilus unicornis. Ils ont un effectif maximum en été.

Au mois d'octobre, la plupart des Ceriodaphnies femelles portent des oeufs de résistance. Il semble donc qu'une partie de la population passe l'hiver sous forme d'éphippie, au niveau du fond.

En avril, la baisse du nombre des rotifères dans l'eau semble indiquer que la plupart d'entre eux passent l'hiver sous forme d'oeufs de résistance, dont malheureusement la taille ne permet pas le comptage.

- | | | | |
|--|---------------|--|-----------------|
| | Ceratomyxidae | | Chaoboridae |
| | Tanytarsini | | Stematodes |
| | Chironomidae | | Astracodes |
| | Tanyptorinae | | Harpacticoides |
| | Chironomini | | Cyclopoidea |
| | Saididae | | D. trachyurum |
| | Lumbriculidae | | A. quadrangulus |
| | Tubificidae | | D. longipennis |
| | Enchytraeidae | | Cladocera |
| | | | Trichoptères |

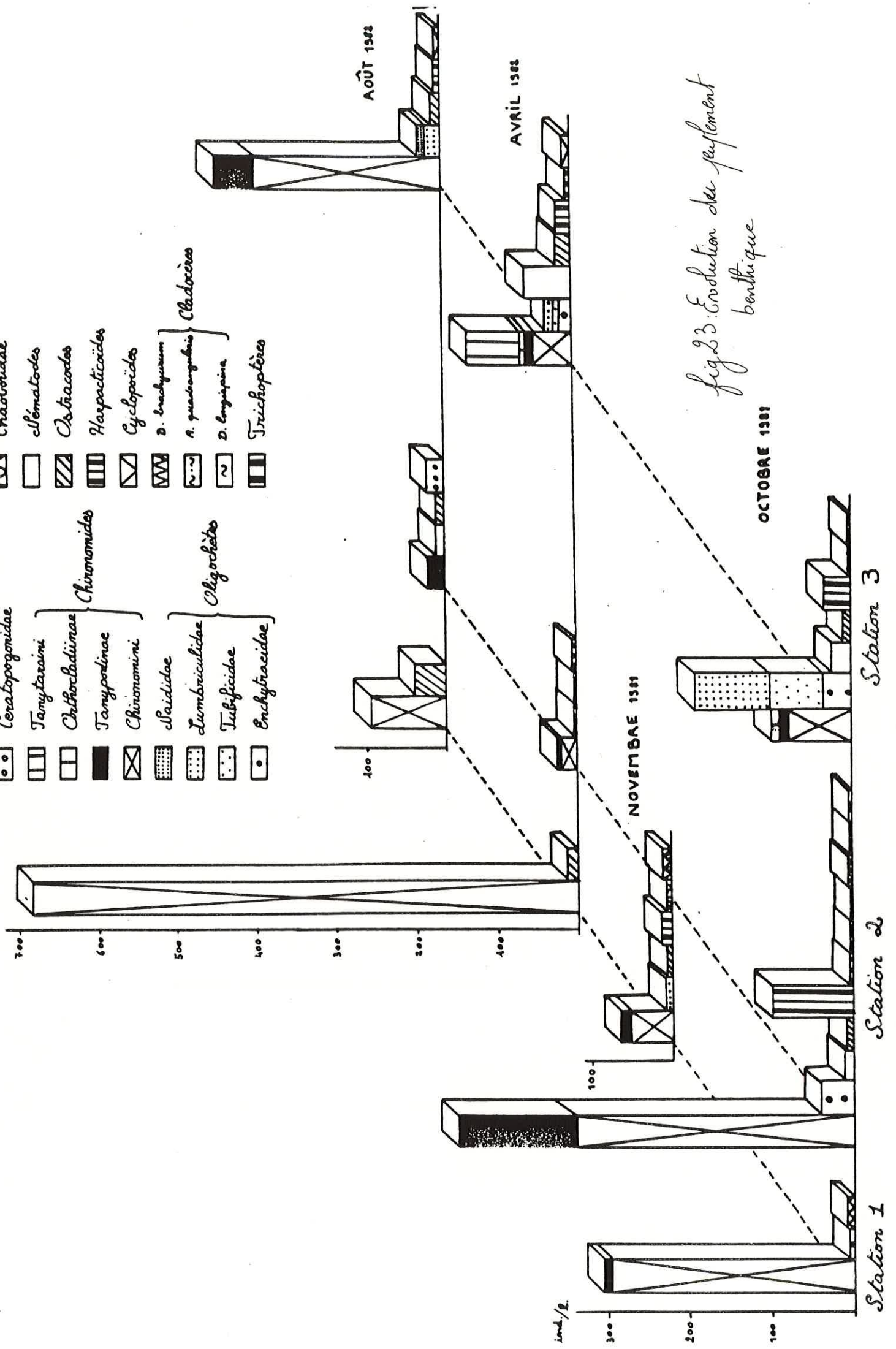


Fig. 23. Evolution des peuplements benthiques

Les espèces rencontrées sont plutôt caractéristiques d'étang ou d'herbier que d'un milieu pélagique. Conochilus unicornis est une espèce aimant les eaux riches en matière organique et fer dissous. WURTZ l'a aussi trouvée dans le lac Bourdouze. Alors que contrairement, la Ceriodaphnie est plus souvent rencontrée dans des milieux oligotrophes.

Malgré le nombre d'individus récoltés, particulièrement élevé en été, la biomasse zooplanctonique reste toujours très faible, du fait de la petitesse des espèces dominantes.

La répartition fond-surface est homogène sur la colonne d'eau, en relation avec l'absence de stratification marquée.

3. Relation phytoplancton-zooplancton (fig.24)

En avril, le peuplement phytoplanctonique est déjà bien développé alors que la densité du zooplancton est encore faible. Pour les deux communautés, le développement maximum est enregistré en août.

A l'automne les densités phytoplanctoniques chutent et restent très faibles pendant tout l'hiver. En revanche, le nombre d'individus du zooplancton est encore important en octobre et ne décroît qu'au début de l'hiver.

Nous sommes donc en présence d'un peuplement caractéristique de petits plans d'eau à dominante de desmidiés pour le phytoplancton et de rotifères pour le zooplancton. La période "chaude" constitue la seule période de production. Le développement des populations planctoniques (phyto et zoo) est limité à quelques mois.

E - La faune benthique

1. Au niveau du lac

1.1. Liste faunistique

Les espèces ont été déterminées ou vérifiées par Angeline NINO (Chironomes) et André VEDOVINI (Oligochètes).

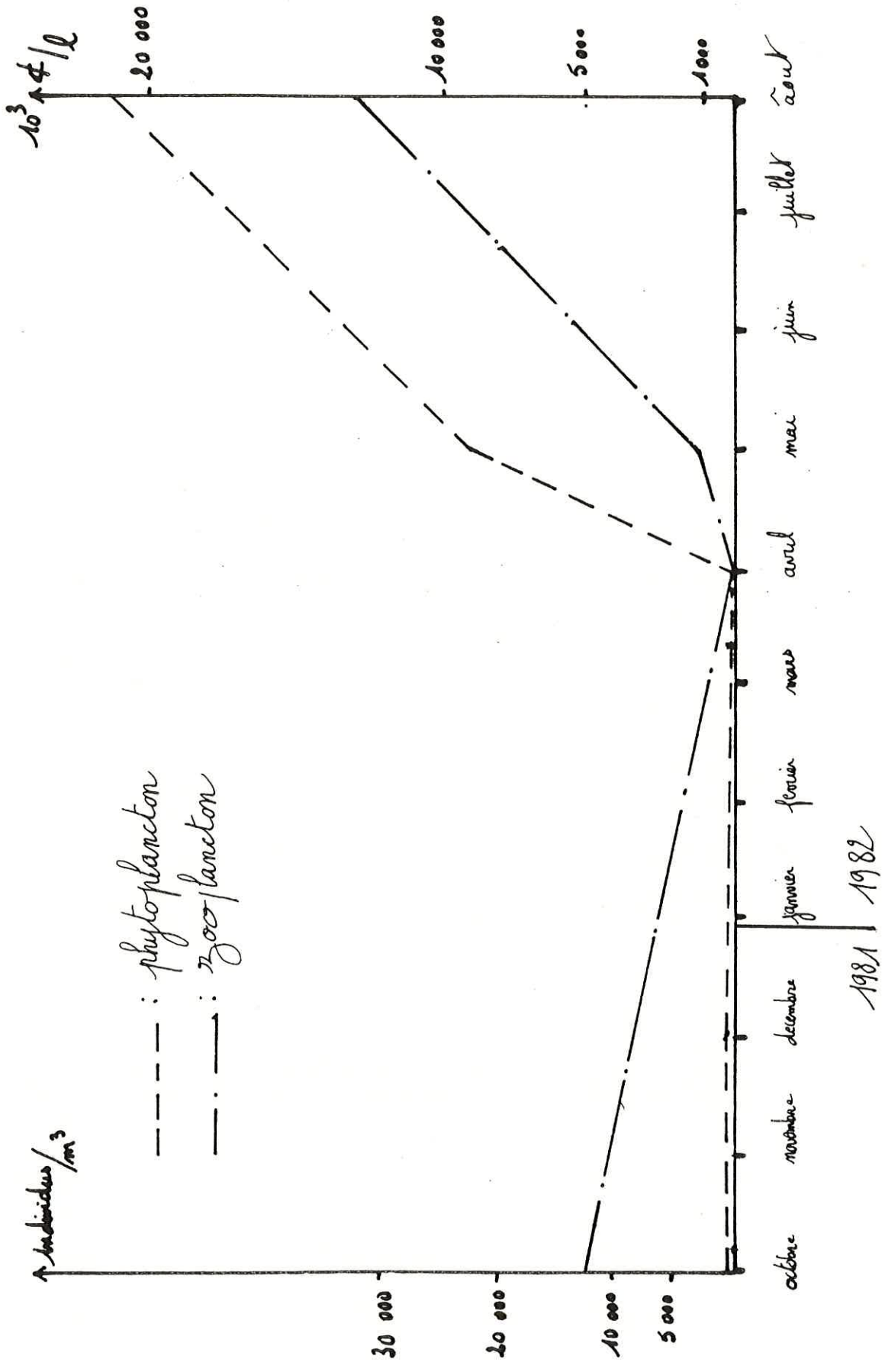


Fig 24 : Relations phytoplancton - zooplancton au cours des différentes campagnes

Nemathelminthes

Nématodes

Annélides

✕ Oligochètes

Enchytraeidae

Tubificidae

Tubifex tubifex

Pelosclex velutinus

Lumbriculidae

Lumbriculus variegatus

Arthropodes

✕ Crustacés

Ostracodes

Copépodes

Cyclopides

Diaphanosoma brachium

Eucyclops serrulatus

Daphnia longispina

Alona quadrangularis

Harpacticides

Canthocamptus staphilinus

✕ Insectes

.Mégaloptères

Sialis sp.

.Trichoptères

Leptoceridae

.Diptères

Chaoboridae

Chaoborus sp.

Chironomidae

Tanypodinae

Procladius sp.

Corynoneurinae

Corynoneura sp.

Chironominae

Chironomus plumosus

Chironomus sp.

Einfeldia sp.

Tanytarsinae

Tanytarsus sp.

1.2. Evolution du peuplement

L'évolution saisonnière du peuplement est fondée sur l'examen des prélèvements d'avril, août, octobre et novembre. Signalons que les résultats du mois de novembre ne sont pas significatifs, le prélèvement ayant été effectué dans des conditions climatiques déplorables. La station 4 n'a plus été prospectée après la première campagne. La faune benthique y est trop peu abondante.

De façon générale dans toutes les stations, le maximum d'individus s'observe en octobre. Il s'avère très difficile de comparer les différentes stations entre elles : les populations benthiques dans les petits lacs sont souvent réparties en agrégats. Au sein d'une même station nous pouvons récolter un essaim ou seulement quelques individus. Cependant, d'après la faune benthique il semble très difficile de distinguer une zone profonde et une zone littorale. Seule, la station 1 possède quelques individus caractéristiques de zone "littori-profonde". Ces individus sont nombreux, en hiver, lorsque le taux d'oxygène dissous est à son minimum.

- Les Chironomes : (larves) sont dominants et en particulier la famille des Chironominae. Ce sont des racleurs de substrat. Le groupe des Chironomini, en particulier Chironomus plumosus préfère les eaux très riches en matière organique ce qui explique leur grand nombre à la station 1.

- Les Tanypodinae sont des espèces pédatrices que l'on rencontre en petite quantité dans tout le lac.

- Les Orthocladinae sont des espèces d'eaux courantes; dans le lac des Pises elles se localisent à la station 3 qui subit l'influence du ruisseau.

- Les Oligochètes sont comparativement plus abondants dans les stations 2 et 3. C'est toujours au niveau de la station 3 (la plus "propre") que le nombre d'espèces est le plus élevé.

De même on note la présence de Tubificidae seulement au niveau de cette station. En effet ils préfèrent les sables vaseux, qui constituent le substrat de cette station, et se nourrissent de microfaune. Mais il est surprenant que Tubifex tubifex, espèce caractéristique de milieux riches en matières organiques, ne se récolte pas aux stations 1 et 2 qui sont justement riches en matières organiques.

- Les Enchytraeidae vivent dans les humus et les débris végétaux et se rencontrent de ce fait particulièrement dans les stations 1 et 2.

- Les Lumbriculidae se trouvent surtout dans les sédiments meubles grossiers donc préférentiellement à la station 3.

- Les Mégaloptères les larves de Sialis vivent dans le sable fin et les vases. Ce sont des larves prédatrices de Chironomes et d'Oligochètes. Elles se rencontrent surtout en été ce qui pourrait expliquer une partie de la chute estivale de densité des Chironomes dans les stations (en particulier la station 2) où elles sont en quantité importante.

- Les Chaoboridae : les Chaoborus sont des espèces prédatrices chasseuses que l'on peut rencontrer en pleine eau. Leurs habitats préférentiels sont les étangs très marécageux. Ils sont très peu abondants.

- Les Nématodes et Ostracodes sont pratiquement toujours présents en quantité réduite.

- Les Harpacticoïdes s'observent surtout en période froide.

- Les espèces de Crustacés rencontrées sont toutes des espèces plus ou moins benthiques sauf Daphnia longispina. Il ne faut toutefois pas s'étonner de sa présence au fond car c'est une espèce capable de coloniser de nombreux milieux.

1.3. Informations sur le cycle biologique de quelques espèces

- Les Chironomes

Au mois d'octobre et surtout novembre, les larves atteignent

le stade III. Leur forte corpulence semble indiquer qu'elles ont accumulé des réserves pour passer l'hiver en vie ralentie. On les retrouve en avril, au dernier stade de leur développement (stade IV). Dès le dégel, elles se préparent pour la nymphose qui pourrait s'échelonner jusqu'en été. Ceci expliquerait la présence quasi-permanente des différentes espèces et leur abondance maximale en automne-hiver.

- Les Sialidae

Leur développement dure 3 ans ce qui explique leur présence tout au long de l'année. Des émergences ont été observées en avril.

- Les Harpacticides

En octobre et novembre tous les individus sont des femelles portant des spermatophores. C'est aussi à cette époque que l'effectif est maximum (88 individus à la station 1). Le cycle de Canthocamptus staphilinus serait le même dans le lac des Pises que dans le lac de Port-Bielh (DUPIN et GIANI, 1972). Les femelles passent l'hiver en gardant les spermatophores accrochés au réceptacle séminal, sans produire d'oeufs. Au mois de mai, la population est constituée de mâles et de femelles pouvant être issus des oeufs pondus au dégel. La fécondation pour la nouvelle génération a lieu en octobre. Les mâles meurent peu après. En été, l'effectif de la population est curieusement très réduit. Mais DUPIN et GIANI (1972) ont noté la présence dans le lac de Port-Bielh de kystes estivaux qu'ils expliquent comme une résistance aux températures estivales. Malheureusement, nous n'avons pu observé ces kystes aux Pises.

1.4. Conclusion

En général la communauté benthique s'apparente à une communauté de zone littorale. Certaines espèces comme Chironomus plumosus ou Tubifex tubifex récoltés à la station 1 sont caractéristiques d'eau pauvre en oxygène dissous mais riches en matière organique. Nous arrivons, en fait à la même conclusion que

DUPIN et GIANI dans les Pyrénées: " la faune benthique reflète essentiellement les conditions qui règnent au contact du substrat et ne constitue, de ce fait, qu'un mauvais indicateur des caractères généraux du lac". Aux Pises la répartition des espèces ne se fait selon aucun des quatre groupements décrits par LAVILLE (1971) dans le massif de Néouvielle.

- Groupement I zone littori-profonde de lac gelé 7 mois par an et de profondeur supérieure à 5 m,

- Groupement II c'est la zone littorale de lacs très froids,

- Groupement III zone profonde (>1m) des lacs alpins très froids,

- Groupement IV zone profonde des lacs sub-alpins plus chauds.

Le benthos présente des affinités avec celui des zones profondes de grands lacs mais aussi avec celui du zoobenthos d'étang.

2. Au niveau de la rivière

Liste faunistique

Les espèces ont été déterminées ou vérifiées par Georges OLIVARI.

Annélides

Achètes

Pharyngobdelliformes

Erpobdella sp.

Arthropodes

•Insectes

-Ephéméroptères

Ecdyonurus sp.

-Plécoptères

Leuctra sp.

Perlodes sp.

Isoperla sp.

-Tricoptères

-Diptères

Chironomidae

Corynoneura sp.

La présence de Perlodes , Isoperla pour les Plécoptères sétipalpes et d'Ecdyonurus pour l'ordre des Ephéméroptères atteste d'une bonne qualité biologique des eaux. Il faut noter l'absence de planaires et la dominance du peuplement par les sangsues en été.

Le peuplement de ce ruisseau pourra jouer un grand rôle dans l'alimentation des populations de truites et vairons.

F - La pêche

1. Résultat de la pêche électrique dans la rivière le 26 mai 1982.

32 truites (Salmo trutta L.) ont été pêchées. Leur histogramme des classes de taille est schématisé fig. 25 . La taille des truites dans la rivière est petite.

Le nombre de vairons (Phoxinus phoxinus L.) était très élevé. On a constaté qu'ils étaient en période de reproduction. Les mâles présentaient des boutons nuptiaux rouges et verts. Cette robe nuptiale des vairons est typique des populations du plateau ardéchois et cévennol (BRUN G., communication orale). Dans le benthos on a trouvé un grand nombre d'oeufs. Les vairons ont donc été pêchés sur les frayères.

Il faut noter la présence de deux goujons (Gobio gobio L.)

2. Résultat de la pêche au filet dans le lac

453 goujons d'un poids total de 12,5 kg ont été pêchés. Leur taille moyenne est de 14,4 cm à la fourche pour un poids de 41,5 g. Ce sont des individus de grande taille. Les goujons venaient se reproduire sur l'herbier, au niveau du débouché de la rivière.

Une seule truite de 200 g pour 26 cm à la fourche a aussi été capturée. L'âge de cette truite peut être estimé à 3⁺ par scalimétrie. La zone de croissance les deux premières années est étroite tandis que celle de la troisième année est plus large. Ceci tend à prouver son passage de la rivière au lac après le deuxième année.

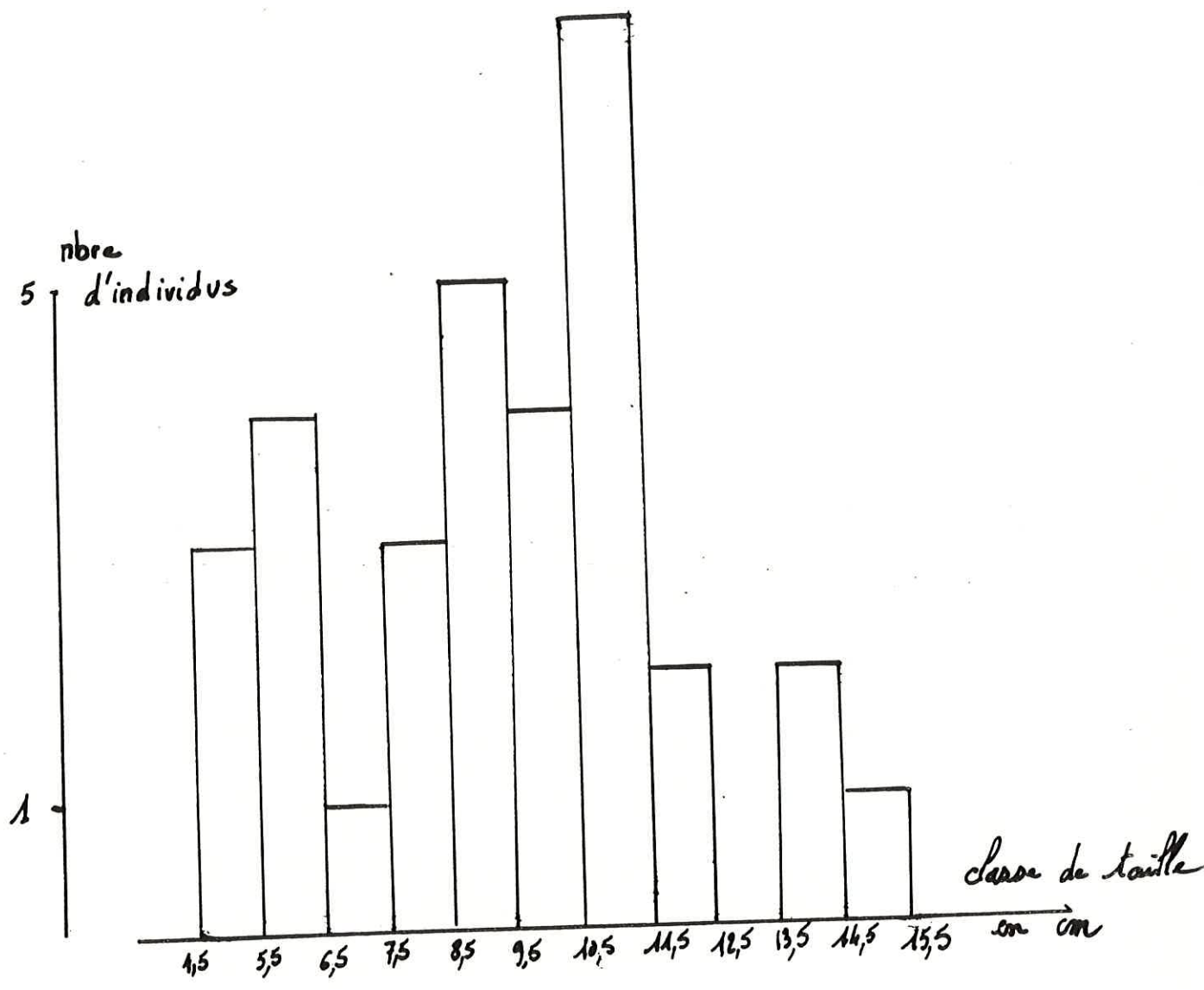


fig 25: Histogramme de fréquence des classes de taille de *Salmo trutta* dans la rivière

Cet échantillonnage est la conséquence de la taille des mailles et du type de filet. En réalité, le nombre de truites dans le lac doit être important (ne serait-ce que par le témoignage des pêcheurs). Ceci reste à confirmer par une deuxième pêche où des filets de pleine eau et non plus de fond seraient disposés tout autour du lac et non plus seulement au niveau de la rivière.

3. Conclusion sur la population piscicole

Dans la rivière on a des petites truites. Le débit du ruisseau étant faible et la nourriture plus assez abondante lorsque ces truites atteignent 2 ou 3 ans, elles vont dans le lac pour s'engraisser. Elles remontent pour se reproduire. Les vairons, eux ne se trouvent que dans les 30 premiers mètres en amont du lac.

Dans le lac il y a deux populations : celle des truites descendues de la rivière et une population de goujons. Les truites se nourrissent surtout de nymphes et d'adultes émergeant du lac, de la dérive provenant de la rivière ainsi que d'apports exogènes. Les goujons, sont de gros individus. Il ne semble pas y avoir de compétition entre ces populations, les goujons ayant une alimentation essentiellement benthique.

4. Relations truite-vairon

D'après les travaux de HELAND (1973) il semble que les jeunes truitelles soient la proie des vairons adultes. Ces truites alors moins nombreuses, ont une croissance plus rapide et bien meilleure. A l'inverse les jeunes vairons sont la proie des truitelles plus âgées.

Dans la rivière, la cohabitation truite-vairon semble être le résultat d'une compétition alimentaire interspécifique. Il faut noter que les truites sont plus denses en amont lorsque il n'y a plus de vairons, pour la période considérée.

CONCLUSION

Le lac des Pises est un lac de moyenne montagne à fonctionnement dimictique. D'une part, ses eaux sont peu minéralisées, acides et sa transparence faible. D'autre part, les taux en matières organiques et en matières en suspension sont élevés. Cette dualité résulte du fait que depuis la mise en eau du lac le fonctionnement de l'ancienne tourbière est altéré. La seule charge polluante provenant du bassin versant est due à la présence d'ovins.

Le lac des Pises est un "lac-tourbière" artificiel. Contrairement au lac tourbière de Bourdouze (WURTZ, 1945), dont le fonctionnement s'apparente à celui d'une véritable tourbière, il semble qu'ici les caractéristiques "lac" l'emportent sur les caractéristiques "tourbière". Ce phénomène est accentué par le renouvellement rapide des eaux.

Le peuplement est dominé pour le phytoplancton par les Desmidiées et pour le zooplancton par les Rotifères. Dans la faune benthique on note la présence d'espèces indicatrices de milieux eutrophes (Tubifex tubifex et Chironomus plumosus). Les goujons, les vairons et les truites constituent l'essentiel du peuplement piscicole.

Les caractéristiques physiques et biologiques montrent que les ressources trophiques sont relativement faibles. L'alevinage prévu devra donc être limité à quelques centaines de juvéniles, appartenant aux espèces autochtones déjà présentes, d'autant plus que nous sommes dans la zone centrale d'un parc national. Outre une gestion piscicole stricte, il sera nécessaire de réglementer l'approche des véhicules jusqu'aux abords immédiats du lac. En effet la fréquentation anarchique des berges fait craindre une accumulation des détritiques qui sera suivie d'une pollution chimique de ce plan d'eau encore de bonne qualité.

L'étude menée sur un cycle annuel nous a permis de déterminer les caractéristiques essentielles du lac (dimicticité, peuplement acidophile). Il sera nécessaire de suivre plusieurs cycles dans ce lac, ou dans un milieu semblable, pour essayer d'en prévoir l'évolution à long terme. Ce travail sera effectué dans le cadre du programme "lacs de haute montagne" en collaboration avec les services scientifiques des Parcs Nationaux des Ecrins, de la Vanoise, du Mercantour pour les Alpes, des Pyrénées et de la Corse.

BIBLIOGRAPHIE

- A.F.N.O.R. 1979 - Eaux méthodes d'essai.
Recueil des Normes françaises : 340 p.
- AMBLARD (C.), DEVAUX (J.).1981 - Structure et orientation
énergétique d'un peuplement phytoplanctonique (Lac Pavin)
Acta ecologica Vol.2, 2 : 101-115.
- BAGARRY (C.).1980 - Contribution à l'étude d'un lac de barrage:
la physico-chimie de la retenue hydroélectrique de Serre
Ponçon.
D.E.A. Aix-Marseille I, 42 p.
- BAIER (P.). 1978 - Contribution à la connaissance des Desmidiées
du Parc National de la Vanoise.
Travaux scientifiques du Parc National de la Vanoise
Tome IX:147-165.
- BERTRU (G.).1975 - Etude physico-chimique et microbiologique
des échanges sédiments-eau : influence sur la trophie du
systèmes et la périodicité du phytoplancton.
Thèse d'Etat. Université de Rennes 243p.
- BRESSAC (Y.). 1980 - Contribution à l'étude du peuplement zoo-
planctonique d'un lac de barrage : la retenue hydroélectrique
de Serre-Ponçon.
D.E.A. Aix-Marseille I. 30 p.
- BRESSAC (Y.).1982 - Contribution à l'étude du peuplement zoo-
planctonique d'un lac de barrage: la retenue Hydroélectrique
de Serre-Ponçon.
Thèse 3ème cycle. Université Aix-Marseille I. 152 p.
- BONNET(L.)et CAPBLANCQ (J.) . 1973 - Phytoplancton et productivi-
té primaire d'un lac d'altitude dans les Pyrénées.
Annls Limnol.9 (3); 183-192.
- BOURRELY (P.).1966 - Les algues d'eau douce Tome 1 - Algues vertes
Ed.Boubée, Paris p.511
- 1968 - " " Tome II - Algues jaunes
et brunes.
Ed.Boubée, Paris p.438.
- 1970 - " " Tome III - Algues bleues
et rouges.
Ed.Boubée, Paris p.612.
- CAPBLANC (J.) et LAVILLE (H.).1968 - Etude morphométrique et
physico-chimique de 9 lacs du Massif de Néouvielle.
Annls Limnol. Tome 4 (3)

- CEMAGREF.1981 - Compte-rendu "hydrologie" de la visite du lac des Pises et d'une station hydrométrique du Mont Lozère. Rapport CEMAGREF.Antony. 9 p.
- DUPIN et GIANI. 1972 - Etude des peuplements benthiques d'un lac de haute-montagne : le lac de Port-Bielh (2.285 m) Thèse 3ème cycle.Toulouse.
- DUSSART (B.). 1967 - Les Copépodes des eaux continentales. Tome I 500 p.
1969 - " "
Tome II 292 p.
- FABRE (H.) et SENOCQ (B.).1981 - Etude de quelques lacs d'altitude des Pyrénées : biologie et dynamique des populations piscicoles, aménagements. Thèse 3ème cycle.Toulouse. 338 p
- FEUILLADE (M.). 1963 - Les variations verticales et saisonnières du phytoplancton du lac de Vezins. Rech.hydrobiol.contin. 1969 (1)3-50
- GAY (C.).1976 - Contribution à l'étude écologique et à l'aménagement d'un lac de montagne ; le lac de Pétichet (923 m). Thèse 3ème cycle.Grenoble. 124 p.
- HELAND (M.).1973 - Observations préliminaires sur la compétition interspécifique entre le vairon et l'alevin de truite commune. Bull.Français de pisciculture, 250 : 5-16.
- LAMOTTE et BOURLIERE.1971 - Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplement animaux des milieux aquatiques. Masson et Cie, Paris, 294 p.
- LAVILLE (M.).1971 - Recherches sur les Chironomides lacustres du massif de Néouvielle. Annls de limnol.7,3 : 335-414.
- MARGALEF (R.).1961 - Corrélation entre certains caractères synthétiques des populations de phytoplancton. Hydrobiologia.18: 155-164.
- MARTINO (J.P.).1979 - Ecologie et gestion piscicole des lacs de haute altitude du Parc National de la Vanoise. Thèse 3ème cycle. Grenoble. 127 p.
- NINO (A.).1979 - Approche d'une étude de la faune benthique des lacs de barrage : influence des marnages sur les conditions de vie et de survie des larves de Chironomides. D.E.A. Aix-Marseille III. 43 p.
- OLIVARI (G.).1981 - Quelques données préliminaires sur 3 rivières à truites des Alpes du sud et de Corse. D.E.A. Aix-Marseille III, 30 p.

- PERSOONE (G.), SORGELOOS (P.), GROLIÈRE (C.) et OMALY (N.). 1968 -
Sur la limnologie de quelques lacs du Puy de Dôme :
physico-chimie et plancton de surface.
Annls.de la station biologique de Besse-en-Chandesse. 3, 41 p.
- RICHAUD (E.). 1982 - Contribution à l'étude écologique d'un lac
collinaire varois : la retenue du Vanadal.
D.E.A. Aix-Marseille I. 30 p.
- RUTTNER-KOLSKO (A.). 1974 - Plankton Rotifers. Biology and
taxonomy.
Die Binnengewässer. XXVI/1. 146 p.
- SCOURFIELD (D.J.) et HARDING (P.D.). 1958 - A key to the
british freshwater Cladocera : 50 p.
- WURTZ (A.). 1945 - Recherches écologiques sur les lacs, tourbières,
et étangs d'Auvergne.
Annls.de la Station centrale d'hydrobiologie appliquée. Tome 1.

