ÉTUDE DU PHYTOPLANCTON DU LOT

par A. DAUTA¹.

Le phytoplancton a été étudié sur la rivière Lot, de juillet 1972 à juillet 1973, sur 23 stations, en corrélation avec une étude physicochimique. Les caractéristiques géographiques, hydrologiques et physicochimiques sont brièvement données. Les populations algales sont étudiées par des comptages au microscope inversé. La liste des principales espèces est donnée : dans leur majorité, les espèces recensées sont fréquentes dans les milieux oligotrophes à β mésosaprobies. La dérive des algues benthiques est évaluée (pourcentage moyen du nombre total des cellules en suspension : 10 %). Diatomées et *Euchlorophycées* représentent plus de 90 % de la biomasse. La biomasse varie de 0,7 g/m³ en hiver à 9 g/m³ en été. Le cycle annuel du phytoplancton est à peu près semblable à celui des lacs tempérés. L'incidence des composantes physiques, chimiques et biologiques sur la croissance des algues est discutée. Nitrates, phosphates et silice ne semblent pas jouer un rôle de facteur limitant de la croissance du phytoplancton en été. Le développement estival des algues est lié aux faibles débits circulant sur la rivière canalisée.

A study of the phytoplankton of the River Lot.

The phytoplankton of the River Lot has been studied in relation to a physical-chemical study at 23 stations from July 1972 to July 1973. The geographical, hydrological and physical-chemical characteristics of the river are briefly described. The density of the algal populations was estimated by counting samples by the inverted-microscope technique. A list of the principal species is given : most of these species frequently occur in oligotrophic to β -mesosaprobic environments. The drift of algae was assessed; the mean percentage of cells in suspension was about 10 %. Diatoms and *Euchlorophyceae* formed over 90 % of the biomass which varied from 0.7 g/m³ in winter to 9 g/m³ in summer. The annual cycle was practically the same as that recorded in temperate lakes. The effects of the physical, chemical and biological components on the growth of the algae is discussed. Nitrates, phosphates and silica did not appear to be limiting factors. The summer development of the algae was associated with the weak flows in the canalised river.

INTRODUCTION

En rivière canalisée, entrecoupée de réservoirs, le phytoplancton constitue l'essentiel de la production par suite de l'augmentation des temps de rétention (Wetzel 1975). L'importance des populations d'algues ressort nettement des travaux de Venkateswarlu (1970), Lack et Kowalzewski (1971) et Egborge (1974).

1. Laboratoire d'Hydrobiologie, Université Paul-Sabatier, 118, route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex, France.

Lorsqu'elle se produit, la prolifération estivale des algues entraîne une altération de la composition chimique et des caractéristiques organoleptiques de l'eau de la rivière. Ainsi, dans le Lot, le développement du phytoplancton est à l'origine de la détérioration de la qualité des eaux.

Le présent article a pour but d'analyser l'évolution saisonnière du phytoplancton de cette rivière, et de préciser l'influence des conditions d'écoulement et de la teneur en éléments dissous.

1. — LA RIVIÈRE

Le Lot prend sa source à 1 295 m dans les Monts Lozère. Après un parcours de 491 km, il se jette dans la Garonne à Aiguillon (Lot-et-Garonne). Son bassin versant, orienté Est-Ouest, d'une superficie de 11 840 km², s'étale en bordure Sud-Ouest du Massif Central. Le cours supérieur, caractérisé par de fortes pentes jusqu'à Entraygues, contraste avec le cours inférieur et ses méandres (fig. 1).

FIG. 1. — Bassin versant du Lot. Principales villes et retenues. Stations de prélèvement.

La vallée du Lot comprend trois grandes unités géologiques :

- un bassin supérieur à fortes proportions de terrains métamorphiques, volcaniques ou éruptifs ;
- un bassin moyen essentiellement constitué de terrains carbonatés du secondaire, à l'aval immédiat du Riou Mort qui draine le bassin houiller de Decazeville ;
- un bassin inférieur avec des affleurements de tertiaire composés de formations marno-argilo-gréseuses avec des intercalations calcaires, et où les formations alluviales ne deviennent importantes que sur le cours terminal de la rivière.

Le régime du Lot est sous la dépendance de pluies d'automne et d'hiver, soutenu par la fonte des neiges du haut bassin. Les étés,

chauds et secs, peuvent induire des étiages sévères (inférieurs à $10 \text{ m}^3/\text{s}$). Aux hautes eaux d'hiver avec un maximum en février, s'opposent de basses eaux d'été avec un minimum en août.

Débit moyen annuel de la rivière à Villeneuve-sur-Lot : $190 \text{ m}^3/\text{s}$.

Mais le régime et la qualité des eaux sont influencés par diverses activités.

L'agriculture est diversifiée : élevage sur l'Aubrac, la Margeride et les Causses, vignes de Marcillac et Cahors, polyculture des collines d'Aquitaine et cultures maraîchères et fruitières de la vallée du Lot. En moyenne et basse vallée, les volumes prélevés pour l'irrigation atteignent 5 à $6 \text{ m}^3/\text{s}$, volume très important à l'étiage.

Les industries agricoles et alimentaires sont situées dans la basse vallée, les industries minières et métallurgiques à Decazeville et Fumel. Le bassin houiller représente la source la plus importante de pollution thermique, chimique et organique. Les rejets urbains prennent une certaine importance à Cahors, Fumel, Villeneuve-sur-Lot.

L'exploitation du fond de la rivière, s'étend sur tout le cours, où 32 exploitants extraient et traitent sables et graviers. Le dragage aboutit parfois à un creusement de 10 m du lit.

La géométrie de la rivière est modifiée par un certain nombre de réalisations :

— la construction de chaussées de navigation entre Livinhac et Aiguillon a modifié les conditions d'écoulement du Lot : le lit d'étiage est supprimé (fig. 2) ;

FIG. 2. — Profil en long tenant compte des chaussées et des ouvrages hydro-électriques.

- sept retenues d'une capacité totale de 560 millions de m³ ont été construites en amont d'Entraygues. Le rôle de ces barrages est important : en amont d'Entraygues se situent les régions les mieux drainées, dont la superficie représente 49 % du bassin versant. Pour les cours moyen et inférieur, le régime du Lot va donc résulter essentiellement de l'écoulement des eaux entre les sources du Lot et de la Truyère, et Entraygues ;
- de petites usines de production d'électricité sont installées sur le cours moyen et inférieur. Leur fonctionnement se fait par marnage de 20 à 50 cm : ceci a pour conséquence un hachage des débits, et des fluctuations importantes de débits et de vitesse.

Le cours du Lot se divise en trois parties :

- le Lot supérieur, en amont d'Entraygues, avant le confluent avec la Truyère est caractérisé par deux barrages réservoirs (22 millions de m³). A Entraygues le Lot reçoit son principal affluent : la Truyère, qui possède des barrages réservoirs de grande capacité (538 millions de m³) et une eau très faiblement minéralisée (alcalinité moyenne : 21 mg/l CaCO₃) ;
- le Lot moyen : d'Entraygues, aux premières chaussées (soit Boisse-Penhot, Capdenac). C'est une région tampon qui subit les lâchers de barrages du Lot et de la Truyère, une zone de mélange des eaux ;
- le Lot inférieur : de Cajarc au Temple, pondéré par le jeu des ouvrages hydrauliques, le courant passe de moyen à lent, avec de nombreuses phases stagnantes en amont des usines au fil de l'eau qui individualisent des masses d'eau.

2. — MÉTHODES D'ÉTUDES

2.1. Mode de prélèvement.

L'étude de 350 km de rivière pose des problèmes méthodologiques et matériels : à la difficulté de trouver un mode et des lieux de prélèvements faciles et représentatifs, s'ajoutent des trajets à parcourir le plus rapidement possible pour réaliser les relevés, et le temps nécessaire à leur dépouillement.

La distance séparant les stations extrêmes (Saint-Geniez-d'Olt - Le Temple) est de 346 km. Les stations sont au nombre de 23.

Tous les mois des prélèvements ont été effectués à chaque station, la série amont-aval étant réalisée dans un laps de temps n'excédant pas 36 heures. A chaque station, trois échantillons sont prélevés :

- 1,5 l pour les dosages physicochimiques ;
- 1,5 à 2 l pour le dosage des pigments chlorophylliens ;
- 250 ml fixés au lugol fort pour les comptages de phytoplancton.

Aux prélèvements effectués dans 23 stations pendant 13 mois, s'ajoutent des coupes verticales dans les retenues, et des études ponctuelles : au total, près de 400 échantillons ont été examinés.

2.2. Techniques de comptage.

La technique utilisée consiste à dénombrer, à l'aide d'un microscope inversé (Utermohl 1958) le nombre d'algues contenu dans un échantillon d'eau mis à sédimenter dans une chambre à fond mince.

L'erreur statistique dépasse rarement 15 %, même si l'on ne compte qu'un faible nombre de cellules sur le fond de la chambre (Nauwerck 1963, Lund, Kipling et Le Creen 1958).

2.3. Estimation de la biomasse.

Les résultats exprimés en nombre de cellules par ml ne donnent qu'une indication approximative de la quantité de matière vivante qu'ils représentent.

Le volume moyen de chaque espèce a été estimé en ramenant sa forme à une figure géométrique dont les dimensions sont les mensurations de l'espèce considérée (Kutkuhn 1958, Nauwerck 1963, Capblancq 1968, Heusden 1972).

La biomasse algale a été évaluée pour chaque prélèvement en convertissant les résultats en poids brut frais de phytoplancton par unité de volume d'eau (mg/litre).

2.4. Marge d'erreur affectant les données mensuelles.

En un point donné peuvent apparaître des variations selon l'heure de la journée, ou le jour, pour une période relativement courte. D'autre part, le mode de prélèvement ne tient pas compte de la succession possible, en un point, de masses d'eau d'origines différentes, (eau du Lot, eau de Truyère) et des compositions chimiques probablement dissemblables.

La composition du phytoplancton peut varier fortement alors que la biomasse n'évolue que dans un rapport moindre. De même, un prélèvement de surface (dans le cas d'une retenue importante) ne témoignera pas de l'activité de la totalité de la masse d'eau. Or pour des raisons matérielles, nous avons dû nous limiter à un prélèvement mensuel : ce relevé, ne donnant qu'un instantané de l'activité du phytoplancton, devra être considéré comme la meilleure approche possible des phénomènes.

3. — COMPOSANTES PHYSICOCHIMIQUES DE LA RIVIÈRE

Les caractéristiques physicochimiques de la rivière sont brièvement rappelées. Tirées de la thèse de Bordes, Luccheta et Rochard (1973), ces données sont directement reliées aux prélèvements du phytoplancton. Le tableau I concerne quatre stations et donne pour chaque paramètre, la valeur moyenne, la valeur maximale et minimale observée.

		TRUYÈRE	ENTRAYGUES	CAJARC	LE TEMPLE
	$\bar{m}$	1,7	5,1	3,3	5,2
Mg mg/l	(Vi - Vs)	(0,1-2)	(0,3-7,5)	(0,3-6,7)	(53,-6,6)
	$\bar{m}$	6	20	16	33
Ca mg/l	(Vi - Vs)	(2-8)	(4-42)	(6-29)	(23-50)
	$\bar{m}$	3,3	3,4	3,9	4,4
Na mg/l	(Vi - Vs)	(2,8-5)	(2,6-4,8)	(1,6-5,8)	(3,7-6)
	$\bar{m}$	0,98	1,3	1,4	1,5
K mg/l	(Vi - Vs)	(1,5-0,4)	(2,2-0,3)	(1,9-0,6)	(2,5-0,9)
	$\bar{m}$	326	230	504	368
Fe μ g/l	(Vi - Vs)	(224-840)	(68-500)	(236-1 040)	(204-484)
Orthoph.	$\bar{m}$	9	13	14	15
μ g/l	(Vi - Vs)	(4-14)	(4-30)	(2-60)	(4-20)
	$\bar{m}$	303	350	371	536
NO ₃ μ g/l	(Vi - Vs)	(82-475)	(80-630)	(20-600)	(180-1 000)
	$\bar{m}$	3	8	5	10
NO ₂ μ g/l	(Vi - Vs)	(1-10)	(2-27)	(2-16)	(1-32)
	$\bar{m}$	6,98	7,7	7,6	7,84
pH	(Vi - Vs)	(6,4-7,4)	(7,3-8,5)	(7,3-8,4)	(7,7-8,6)
	$\bar{m}$	21	81	56	92
Alcal. mg/l	(Vi - Vs)	(17-36)	(52-119)	(18-108)	(50-134)
	$\bar{m}$	189	63	74	51
Résist.	(Vi - Vs)	(150-225)	(45-92)	(48-102)	(38-72)

TABLEAU. — Paramètres physicochimiques de 3 stations et de l'affluent principal : la Truyère.

Vs = valeur supérieure ; Vi = valeur inférieure ; $\bar{m}$ = moyenne.

De grands écarts existent entre les paramètres du Lot, et ceux de son principal affluent (les valeurs à Entraygues sont données avant le confluent).

L'influence du mélange Lot - Truyère se fait sentir nettement jusqu'à Cajarc, et s'estompe au Temple (plus de 300 km après le confluent).

Le phytoplancton est en hiver limité par les conditions physiques et en été par les conditions chimiques (Lund 1964).

Il importe de connaître les principales tendances de l'évolution des eaux au cours de l'année et dans son parcours vers l'aval :

- aux forts débits (hiver, printemps) correspondent les plus basses températures, le lessivage des sols et une forte turbidité due aux matières minérales en suspension ;
- aux faibles débits les mois chauds et la consommation de certains composés ;
- l'alcalinité, fortement corrélée à la résistivité, traduit l'influence du calcium et des carbonates en général ;
- sur un bilan annuel, les températures, les nitrates, les chlorures, le sodium, le calcium et le fer total augmentent de l'amont vers l'aval ;
- à partir de mai, le Lot est sursaturé sur la presque totalité du cours ; les taux de sous-saturations observés en hiver ne sont pas inquiétants. La distribution de l'oxygène dans les biefs est homogène, les chaussées assurent un brassage favorisant l'oxygénation.

4. — ÉTUDE QUALITATIVE

4.1. Liste des principales espèces.

Plus de 160 espèces ont pu être différenciées au cours des comptages. Ce nombre comprend les espèces planctoniques, semiplanctoniques et épipéliques.

Seule la liste des principales espèces — les plus fréquemment trouvées — est donnée : le phytoplancton étant constitué essentiellement par une cinquantaine d'espèces, sur la centaine d'algues planctoniques ou semiplanctoniques recensées.

— EUCHLOROPHYCÉES

- *Chlamydomonas* sp.,
- *Eudorina* sp.,
- *Chodatella quadriseta* Lemm.,
- *Selenastum* sp.,
- *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs,
- *Micractinium pusillum* Fres.,
- *Dictyosphaerium* sp.,
- *Coelastrum microporum* Nag.,
- *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Breb.,
- *Scenedesmus* sp.,
- *Pediastrum* sp.,
- Unicellulaires indéterminées.

— ZYGOPHYCÉES

- *Zygnema* sp.,
- *Mougeotia* sp.,
- *Closterium* sp.

— CHRYSOPHYCÉES

- *Chromulina* sp.,
- *Chrysococcus* sp.,
- *Kephyrion* sp.,
- *Ochromonas* sp.,
- *Uroglena* sp.

— DIATOMOPHYCÉES

- *Melosira varians* C. A. Agardh.,
- *Melosira granulata* var. *angustissima* Mull.,
- *Melosira* sp.,
- *Cyclotella* sp.,
- *Stephanodiscus* sp.,
- *Diatoma vulgare* Bory,
- *Fragillaria crotonensis* Kitton,
- *Asterionella* sp.,
- *Synedra ulna* (Nitzsch) Erh.,
- *Synedra rumpens* Kutz.,
- *Cocconeis placentula* Ehr. *,
- *Achnanthes* sp. *,
- *Navicula cryptocephala* Kutz. *,
- *Navicula radiosa* Kutz. *,
- *Navicula gracilis* Erh. *,
- *Pinnularia* sp. *,
- *Cymbella ventricosa* Kutz. *,
- *Cymbella* sp. *,
- *Gomphonema* sp. *,
- *Nitzschia recta* Hantzsch. *,
- *Nitzschia palea* (Kutz.) W. Smith *,
- *Surirella linearis* W. Smith. *,
- *Surirella ovata* Kutz. *.

(* Diatomées épipéliques fréquemment trouvées dans le plancton.)

— CRYPTOPHYCÉES

- *Cryptomonas erosa* Ehr.,
- *Cryptomonas ovata* Ehr.

— PYRROPHYCÉES

- *Peridinium* sp.,
- *Ceratium* sp.

— EUGLENOPHYCÉES

- *Euglena* sp.,
- *Trachelomonas* sp.

— CYANOPHYCÉES

- *Microcystis aeruginosa* Kg.,
- *Anabaena* sp.,
- *Pseudanabaena* sp.,
- *Aphanizomenon* sp.,
- *Phormidium muscicola* Nauman et H. Pestalozzi.

4.2. Commentaires.

Presque tous les groupes d'algues sont représentés dans cette microflore très diversifiée. La plus grande majorité des espèces recensées sont fréquentes dans les milieux oligotrophes à β -mésosaprobies (Blum 1957, Braune 1966, Cholnoky 1968, Hornung 1959, Liebman 1960-1962, Turoboyski 1966, Desmet-Evens 1970).

La masse d'eau que représente la rivière dans les barrages réservoirs du cours supérieur, et sa partie moyenne et inférieure canalisée, est favorable au développement d'espèces semi-planctoniques ou vivant en pleine eau.

5. — ÉVOLUTION SAISONNIÈRE**5.1. Les algues tychoplanctoniques.**

Un faible pourcentage de cellules en suspension n'appartiennent qu'accidentellement au plancton : ce sont pour la plupart des cellules benthiques ou épiphytiques (99 % de Diatomées) arrachées à leur substrat. Les fluctuations saisonnières et longitudinales sont faibles ; seul le printemps diffère par une dérive plus élevée, en relation avec les fortes vitesses de courant dues aux crues et à la reprise du développement de la couverture algale.

La biomasse représentée par le tychoplancton reste faible (pourcentage moyen annuel inférieur à 10 %) et ne peut produire généralement qu'une faible augmentation de biomasse car corrélé aux parcours rapides (Pierre 1972).

5.2. Cycles de développement et répartition longitudinale.

La figure 3 résume l'évolution du cycle annuel du phytoplancton. Diatomées et Euchlorophycées représentent en moyenne plus

de 90 % de la biomasse. La périodicité de algues rappelle le cycle annuel théorique des lacs tempérés (Hutchinson 1967).

FIG. 3. — Cycle de développement : Euchlorophycées, Diatomées, Cyanophycées.

On remarque :

- un pic de Diatomées au printemps, avec compétition de plusieurs espèces ;
- un phytoplancton estival constitué d'Euchlorophycées et Cyanophycées et de Diatomées, marqué par les proliférations des Euchlorophycées en particulier et l'apparition de fleurs d'eau dues aux trois espèces précédentes et aux Zygnophycées ;
- une légère recrudescence des Diatomées en automne, mais avec une population algale très voisine de celle de l'été.

Les Chrysophycées, les Dinophycées et les Euglenophycées jouent un rôle négligeable sur le plan quantitatif. Les Cryptophycées constituent, dans le Lot inférieur, en moyenne 14 % du phytoplancton estival.

Les profils de répartition longitudinale (fig. 4, 5, 6 et 7) sont liés à la zonation du Lot :

- les retenues du Lot supérieur où peuvent se développer des biomasses importantes ;
- le cours moyen où sont rarement observées de fortes croissances d'algues ;
- le cours inférieur, rivière canalisée, où le développement algal est maximal.

En hiver, la biomasse (valeur moyenne 0,74 mg/l) correspond pour plus de 98 % à des Diatomées (*fig. 5 c*) et est à peu près uniforme sur tout le cours. Au printemps (*fig. 5 d*), les biomasses

FIG. 4. — Répartition longitudinale du phytoplancton. A : août 1972 ; B : novembre 1972.

FIG. 5. — Répartition longitudinale du phytoplancton. C : janvier 1973 ; D : avril 1973.

FIG. 6. — Répartition longitudinale du phytoplancton. E : mai 1973 ; F : juin 1973.

FIG. 7. — Répartition longitudinale du phytoplancton. G : juillet 1973.

FIG. 8. — Évolution de la biomasse moyenne.

moyennes (4 mg/l) sont dues à la multiplication des Diatomées. Au fur et à mesure de l'échauffement des eaux, et de la baisse des débits, le maximum de densité des Diatomées se déplace de l'aval vers le Lot supérieur, et la biomasse croît, tandis que les Euchlorophycées apparaissent en mai (fig. 6 e) à la fois dans les barrages réservoirs et le Lot inférieur.

En été (fig. 4 a), les Euchlorophycées représentent en moyenne près de 50 % de la biomasse. Les Chlorococcales sont dominantes. Sur le Lot inférieur, les algues vertes particulièrement denses sont représentées fréquemment par des cellules de très faible taille ($60 \mu\text{m}^3$) se divisant activement : ces cellules sont vraisemblablement les autospores de certaines espèces trouvant là des conditions optimales.

Les Cyanophycées (*Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Pseudanabaena*) ne pullulent qu'après l'obtention des températures maximales (22 à 26 °C). Dans les barrages réservoirs, les densités les plus importantes se produisent à la fin de l'été. La température de l'eau influence l'apparition des Cyanophycées et leur maintenance ou leur succession (Hammer 1964).

Des fleurs d'eau dues à *Mougeotia* sp. apparaissent lors des faibles débits d'étiage, lorsque la température avoisine 25 °C. Ce phénomène se produit dans les zones d'eaux mortes du Lot moyen et inférieur.

En automne, se produit un rejet des Euchlorophycées vers l'aval (fig. 4 b), pour une population presque semblable à celle de l'été tandis que les Diatomées marquent une légère reprise.

6. — RELATIONS

ENTRE LES COMPOSANTES PHYSICOCIMIQUES ET BIOLOGIQUES, ET LE PHYTOPLANKTON

6.1. Rôle des barrages.

Les cycles annuels de développement et la périodicité des algues coïncident avec le cycle annuel classique des lacs tempérés. Ils rappellent les observations réalisées sur les rivières (Egborge 1974, Lack 1971, Venkateswarlu 1969), notamment :

- l'importante pullulation estivale des Chlorococcales et des Cyanophycées ;
- les pics printaniers et automnaux de Diatomées ;
- par exemple, l'abondance de *Nitzschia palea* dans le plancton en été (Blum 1957), ou la prolifération de *Fragillaria crotonensis*, de certaines chlorococcales telles *Scenedesmus* ou *Dictyosphaerium* ;

— et surtout l'existence de perturbations causées par les conditions hydrologiques.

Ces conditions hydrologiques règlent la dynamique des populations d'algues qui obéissent d'abord à un gradient saisonnier, puis à des paramètres physicochimiques (les deux sont fortement corrélés).

Les profils de répartition longitudinale doivent être mis en relation avec la zonation du Lot, c'est-à-dire la variété des conditions d'écoulement que nous rappellerons brièvement :

- Lot supérieur avec ses barrages réservoirs ;
- Lot moyen, zone tampon et de mélange, où le temps de séjour d'une masse d'eau est réduit (vitesse moyenne à $20 \text{ m}^3/\text{s} = 0,4 \text{ m/s}$ soit 28 heures de séjour pour 40 km) ;
- Lot inférieur, rivière canalisée (vitesse moyenne à $20 \text{ m}^3/\text{s} = 0,07 \text{ m/s}$ soit 26 jours pour parcourir Penchot - Fumel : 193 km).

C'est en été que la relation entre le phytoplancton et les conditions d'écoulement est la plus apparente. Le débit d'étiage est trop faible pour le volume d'eau et la vitesse du courant est faible. Il s'établit une relation inversement proportionnelle entre la vitesse du courant et l'accroissement du nombre total de cellules (Lack 1971, Egborge 1974, Venkateswarlu 1969). La faible hauteur d'eau dans les biefs permet un meilleur réchauffement et les températures élevées favorisent les Chlorococcales (Venkateswarlu 1969). Les Chlorophycées qui ont un taux de production élevé (Findenegg 1971) bénéficient de conditions physiques optimales : le brassage des chaussées favorise l'oxygénation (facteur bénéfique) et les échanges avec les zones d'eaux mortes, et empêche toute stratification. Un brassage léger et constant dans les biefs permet le maintien en suspension d'algues que leur densité élevée entraînerait vers une zone improductive profonde. Au contraire, une forte agitation pourrait réduire le potentiel d'une population, en distribuant uniformément les algues dans toute la hauteur d'eau (Bella 1970).

6.2. Rôle des éléments dissous et interactions au sein de la masse d'eau.

Les conséquences d'un développement algal se traduisent par un accroissement du pH, une baisse de nitrates et des phosphates, et généralement une baisse du taux de silice (Prouse et Talling 1958).

Ceci résume, de façon globale et superficielle, un grand nombre de transferts d'énergie, d'échanges d'ions (adsorption, dissolution, précipitation) et d'interactions, au sein d'une masse d'eau, entre la biomasse algale, les matières organiques dissoutes, les matières

minérales dissoutes et particulaires, et un complexe organo-détritique.

Connaissant l'existence de ces mécanismes, il serait intéressant de savoir quels facteurs pourraient devenir limitants pour le développement du phytoplancton.

LA SILICE. — Elle n'est jamais apparue comme un facteur limitant la croissance des Diatomées. Toutefois, l'observation des données montre une baisse du taux au printemps, et dans le cas de fortes populations de Diatomées proliférant dans les retenues (par exemple, réservoir de Castelnau (7.73) où la teneur en silice est tombée à 05 mg/l pour un bloom de *Fragillaria crotonensis*).

LES NITRATES. — Ils constituent une étape essentielle dans les phénomènes de biosynthèse et de biodégradation ; produits de la biodégradation aérobie de composés azotés, ils sont la source de composés azotés assimilables par les organismes autotrophes et indispensables à leur métabolisme. D'autre part, un grand nombre de Chlorococcales (en particulier *Ankistrodesmus* et *Scenedesmus*) peuvent réduire et métaboliser jusqu'à 70 % des composés azotés.

Les apports de nitrates sont d'origine externe (bassin versant : lessivage des sols, pollutions) et d'origine interne : biodégradation de matières organiques dans le sédiment et en suspension, apport par les Cyanophycées fixatrices d'azote libre.

L'importance des nitrates vis-à-vis du phytoplancton peut être soulignée par le calcul d'un coefficient de corrélation indiquant une tendance générale. Ce coefficient a été calculé sur une année de mesures, soit 265 couples de données :

r : $-0,319$, hautement significatif au seuil de 1 %.

Egborge (1974) trouve sur la rivière Oshun, une relation encore plus étroite, r : $-0,44$.

Si l'on se réfère aux valeurs observées depuis 1971 et jusqu'à l'été 1975, les nitrates semblent avoir perdu leur rôle possible de facteur limitant. En effet, en 1972, des consommations totales de nitrates avaient pu être observées notamment en août 1972 (réservoir de Castelnau et de Luzech).

Les années suivantes, pour des biomasses de très loin supérieures, impliquant une consommation intense, les réserves n'étaient nullement épuisées, à une seule exception près, la retenue de Villeneuve-sur-Lot en juillet 1975.

L'ALCALINITÉ. — La photosynthèse obligatoire, ou l'inaptitude à consommer du carbone organique caractérise de nombreuses classes d'algues (Goldman et al. 1972). La principale source de carbone pour la photosynthèse des algues provient des carbonates, responsables de l'alcalinité ; la concentration en CO_2 , liée à l'alcalinité détermine la croissance des algues (King 1970).

L'alcalinité du Lot (20 à 30 mg/l de Ca) est légèrement infé-

rieure aux valeurs moyennes données pour les rivières d'Europe par Golterman (1975).

La Truyère (6 mg/l de Ca) abaisse l'alcalinité du Lot, mais la traversée des Causses assure aux eaux du Lot un nouvel apport en calcium qui relève l'alcalinité. Ceci doit expliquer la faible productivité d'une première partie du Lot canalisé (Penchot-Cajarc) où l'influence des Causses (le début est à Capdenac) est encore trop récente pour être effective.

Malgré l'action de compensation des Causses, l'utilisation en été des eaux peu minéralisées de la Truyère pourrait être envisagée pour limiter la productivité.

LES PHOSPHATES. — Controversés quant à leur recyclage ou leur effet stimulateur de bloom, ils sont généralement considérés comme facteur limitant (Lund 1965), au même titre que l'azote. La teneur moyenne des eaux du Lot est de 14 $\mu\text{g/l}$; cette valeur est faible pour une rivière, et en été, pour un grand développement des algues, la teneur en phosphates devient parfois nulle. Mais aucune donnée ne permet de dire que l'absence de phosphates a empêché la prolifération des algues.

Le sédiment stocke énergie et matière : phosphates (Porcella, Kumagai et Middlebrooks 1970), composés azotés et carbonés. Il possède ainsi une action régulatrice dans la distribution des nutriments :

- les échanges à l'interface sédiment - masse d'eau sont à ce propos favorisés par la turbulence et le brassage entretenus par les chaussées ;
- une source additive de nutriments est provoquée par la remise en suspension de ce sédiment par les dragages (Konrad, Keeney et Chesters 1970).

En résumé, il n'existe aucun fait qui permette d'établir avec certitude l'existence d'un facteur limitant la croissance des algues dans le Lot — si ce n'est des facteurs climatologiques et saisonniers comme la température, la lumière, le débit — le rôle du phosphore, très discuté par les auteurs, reste à prouver.

Une étude des interactions au sein de la masse d'eau, complétée par celle des sédiments, permettrait de fixer les limites d'interventions, possibles et raisonnables, visant à améliorer la qualité de l'eau de la rivière.

TRAVAUX CITÉS

- BELLA (D. A.). 1970. — Simulating the effect of sinking and vertical mixing on algal population dynamique. *J. wat. pollut. control. Féd. U.S.A.*, 42, Part 2 : 140-152.
- BLUM (J. L.). 1957. — An ecological study of the algae of the Saline River, Michigan. *Hydrobiologia*, 9 : 361-408.
- BORDES (J.-M.), LUCHETTA (J.-C.) et ROCHARD (Y.). 1973. — Étude d'un écosystème d'eau courante : le Lot. Thèse Toulouse.
- BRAUNE (W.). 1966. — Experimentelle Ermittlung des Zellvermehrungs von *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kruger in Membran Filter - Kapseln unmittelbar im Fließgewässer. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 16 : 830-836.
- CAPBLANCO (J.). 1972. — Phytoplankton et productivité primaire de quelques lacs d'altitude dans les Pyrénées. *Annls Limnol.*, 8 (3) : 231-321.
- CHOLNOKY (B. J.). 1968. — *Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern*. Verlag von J. Cramer : 700 p.
- DAUTA (A.). 1975. — Étude du phytoplankton du Lot. Thèse 3^e cycle. Toulouse.
- DE SMET (W. H. O.) et EVENS (F. M. J. C.). 1970. — The influence of light and air on the purification of polluted water. *Hydrobiologia*, 35 (3/4) : 494-544.
- EGBORGE (A. B. M.). 1974. — The seasonal variation and distribution of the phytoplankton in the river Oshun, Nigeria. *Freshwater biology*, 4 : 177-191.
- FINDENEGG (I.). 1971. — Die Produktionsleistung einiger planktischer Algenarten in ihrem natürlichen Milieu. *Arch. für Hydrobiol.*, 69 (3) : 273-293.
- GOLDMAN (J. C.), PORCELLA (D. B.), MIDDLEBROOKS (E. J.) et TOERIEN (D. F.). 1972. — The effect of carbon on the algal growth. Its relationship to eutrophication. *Water Research*, 6 (6) : 637-680.
- GOLTERMAN (H. L.). 1975. — *Chemistry in river ecology*. Edited by B. A. Whitton. Vol. 2 : 39-80.
- HAMMER (U. T.). 1964. — The succession of bloom species of blue green algae and some causal factors. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, XV (2) : 829-836.
- HEUSDEN (G. P. H.). 1972. — Estimation of biomass of phytoplankton. *Hydrobiol.*, 39 (2) : 165-208.
- HORNUNG (H.). 1959. — Floristisch ökologische Untersuchungen an der Echaz unter besonderer Berücksichtigung der Verunreinigung durch Abwässer. *Arch. für Hydrobiol.*, 55 (1) : 52-126.
- HUTCHINSON (G. E.). 1967. — *A treatise on limnology*. Vol. 2. J. Wiley & Sons, Inc. N.Y. : 1100 p.
- KING (D. L.). 1970. — The role of carbon in eutrophication. *J. Wat. Pollut. Control. Féd., U.S.A.*, 42 (12) : 2035-2051.
- KONRAD (J. G.), KEENEY (D. R.) et CHESTERS (G.). 1970. — Nitrogen and carbon distribution in sediments cores of selected Wisconsin lakes. *J. Wat. Pollut. Control. Féd., U.S.A.*, 42 (12) : 2094-2101.
- KOWALCZEWSKI (A.) et LACK (T. J.). 1971. — Primary production and respiration of the river Thames and Kennet at Reading. *Freshwater biology*, 2 : 197-212.

- KUTKUHN (J. H.). 1958. — Notes on the precision of numerical and volumetric plankton estimates from small samples concentrates. *Limnol. Oceanog.*, 13 : 69-83.
- LACK (T. J.). 1971. — Quantitative studies on the phytoplankton of the river Thames and Kennet at Reading. *Freshwater Biology*, 1 : 213-224.
- LIEBMANN (M.). 1960-1962. — *Handbuch der Frischwasser und Abwasser Biologie*. R. Oldenbourg, München. Bd I : 580 p., Bd II : 1 146 p.
- LUND (J. W. G.), KIPLING (C.) et LE GREEN (E. D.). 1958. — The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, 11 : 143-170.
- LUND (J. W. G.). 1964. — Primary production and periodicity of phytoplankton. *Trav. Assoc. Int. Limnol.*, 15 : 37-66.
- LUND (J. W. G.). 1965. — The ecology of freshwaters phytoplankton. *Biological review*, 40 : 231-293.
- NAUWERCK (A.). 1963. — Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton in See Erken. *Symb. Bot. Upsalienses*, 17 (5) : 1-163.
- PIERRE (J.-F.). 1972. — Étude hydrobiologique de la Meurthe. Contribution à l'écologie des populations algales. *Ann. Hydrobiol.* 3 (1) : 5-19.
- PORCELLA (D. B.), KUMAGAI (J. S.) et MIDDLEBROOKS (E. J.). 1970. — Biological effects on sediment-water nutrient interchange. *Proc. Amer. Soc. civ. Engrs, J. Sanit. Engng Div. U.S.A.*, 96 (4) : 911-926.
- PROUSE (G. A.) et TALLING (J. F.). 1958. — The seasonal growth and succession of plankton algae in the white Nile. *Limnol. Oceanog.*, 3 : 222-238.
- TUROBOYSKI (L.). 1966. — Travaux et études concernant les organismes indicateurs pour établir la valeur de l'eau. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 16 : 841-844.
- UTERMOHL (H.). 1958. — Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. d. Internat. f. Limnologie*, 9 : 1-38.
- VENKATESWARLU (V.). 1969. — An ecological study of the algae of river Mosi, Hyderabad (India), with special reference to the water pollution. Alga periodicity. *Hydrobiologia*, 34 (3/4) : 533-560.
- WETZEL (R. G.). 1975. — *Primary Production in River Ecology*. Edited by B. A. Whitton, vol. 2 : 230-247.