

Abondance saisonnière et biométrie de la dinophycée planctonique *Ceratium hirundinella* (O.F. Müll.) Schrank dans la retenue du Centre Nucléaire de Production Électrique de Cattenom (Lorraine, France)

Seasonal abundance and biometry of planktonic dinoflagellate Ceratium hirundinella (O.F.Müll) Schrank in the reservoir of the nuclear plant of Cattenom (Lorraine, France)

Jean-François Pierre

Hydrobiologie-Algologie, 22, Allée des Aiguillettes, 54600 Villers-lès-Nancy, France.

Résumé. – Le réservoir du Mirgenbach (7,3 hm³, 90 ha, 7,7 m de profondeur moyenne) reçoit des eaux de purge et principalement de l'eau échauffée et concentrée en substances dissoutes après passage dans les tours de réfrigération du Centre Nucléaire de Production Électrique de Cattenom sur la rivière Moselle. Les premières injections d'eaux de purge débutèrent en août 1986. *Ceratium hirundinella* (O.F. Müll.) Schrank rencontré isolé dans les eaux de Moselle utilisées pour le remplissage du réservoir, apparaît commun en certains points de la retenue dès octobre 1986. Les années suivantes, *C. hirundinella* devient momentanément la microalgue dominante. Le cycle annuel de cette espèce montre une augmentation progressive de la longueur des cellules, de 185 µm en fin de printemps à plus de 400 µm à la fin de l'été. Une autre modification se manifeste au niveau du nombre des cornes de l'hypothèque, qui passe de trois à deux en période estivale. La progressivité et la réversibilité de cette modification sont peu en accord avec l'hypothèse d'un changement d'espèce. La comparaison avec l'évolution des nitrates, des phosphates et de la thermicité met en évidence le rôle des facteurs saisonniers, notamment la température, dans le comportement qui apparaît original de la population de *C. hirundinella* de la retenue du Mirgenbach, par rapport à celui observé dans des milieux naturels.

Mots clés. – *Ceratium hirundinella*; réservoir artificiel; biométrie; distribution.

Abstract. – The Mirgenbach reservoir (vol. : 7.3 Mm^3 , area $0.9.10^6 \text{ m}^2$, mean depth : 7.7 m) is a safety and thermal water buffer for the nuclear power station in Cattenom (Moselle Department, eastern France). The water which is used for cooling is pumped out from the Moselle river : it is filtered, heated, concentrated by evaporation in the atmospheric cooling towers that discharge the cooled water into this artificial lake where it continues to cool. The levels of temperature, conductivity and hardness are higher than those of the Moselle and homogeneous from surface to bottom everywhere in the reservoir at any time. From an oligotrophic state at first (1986), the water reached eutrophic conditions with large quantities of biomass in 1988, and has remained the same since.

The algal flora supports seasonal changes and the phytoplankton becomes increasingly dominated by diatoms (in autumn and winter) and in spring and summer by the dinoflagellate *Ceratium hirundinella* and blue-green alga *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs or *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz.

C. hirundinella is a common and widespread freshwater armoured dinoflagellate. Though scarce in the Moselle, this alga was commonly present in the reservoir during October 1986, and for short periods of time it became the main species in the following years. Morphological changes produce a cell-size increase from $185 \mu\text{m}$ in spring to more than $400 \mu\text{m}$ at the end of summer. Meanwhile, the number of hypothecal horns is reduced from three to two.

It is difficult to establish whether these morphologically different *C. hirundinella*, which are present in the same artificial lake, form one or two populations. These forms succeed one another in a progressive and reversible way.

Considering the levels of eutrophication (phosphorus and nitrogen) and temperature, the distribution of *C. hirundinella* seems to be under a seasonal dependence in the Mirgenbach reservoir and differs from that which is observed in natural lakes.

Key Words. – *Ceratium hirundinella*; artificial lake; biometry; distribution.

Communication orale présentée à la 4^e Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française, Marrakech 1994.

1 INTRODUCTION

Par sa morphologie particulière, la Dinophycée planctonique *Ceratium hirundinella* (O.F. Müll.) Schrank est l'une des Algues les plus faciles à caractériser dans les eaux dormantes des régions tempérées, où elle se trouve souvent commune et largement distribuée. A l'état isolé elle se rencontre dans les grands cours d'eau de l'est de la France et peut apparaître en abondance dans les eaux closes.

Alimentée en eau de Moselle à partir d'avril 1986, la retenue du Mirgenbach dépendant du Centre Nucléaire de Production Électrique de Cattenom est située sur la rive gauche de la rivière, à proximité de la frontière luxembourgeoise. Dès le mois d'août 1986, *C. hirundinella* s'y rencontre à l'état d'individus isolés. A partir de l'année suivante l'espèce devient commune, puis dominante par la suite en période estivale. Parallèlement des variations importantes dans la taille des cellules étaient observées, ainsi

que la réduction saisonnière de trois à deux du nombre de cornes portées par l'hypothèque. De telles modifications ont été rapportées à l'action de la température (*in* Huber-Pestalozi, 1950) où à la disponibilité en nutriments (Kimmel & Holt, 1988).

Nous avons suivi pendant sa période de végétation dans la retenue, entre mai et novembre 1992, les variations morphologiques et biométriques de *C. hirundinella* en vue de rechercher une éventuelle corrélation avec les facteurs température et disponibilité en nutriments, NO_3 et PO_4H , du milieu. Les résultats de l'année 1992 s'inscrivent dans la logique des études algologiques que nous menons sur ce milieu depuis 1986.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Description du milieu d'étude

Le Centre Nucléaire de Production Électrique de Cattenom, équipé de 4 tranches de 1 300 MWe, est implanté sur la rive gauche de la Moselle (commune de Cattenom) à proximité de la frontière luxembourgeoise. La retenue dite du Mirgenbach, intégrée au site (fig. 1) a une surface de 90 hectares pour une profondeur moyenne de 7 à 8 mètres correspondant à un volume d'eau de $7,3 \text{ hm}^3$. Au rôle fondamental de réserve d'eau de sécurité pour le C.N.P.E., la retenue ajoute celui de réservoir-tampon pour les eaux de purge des chaudières et des réfrigérants atmosphériques, avant le rejet en Moselle.

2.2 Procédure d'échantillonnage

Le matériel étudié représente une fraction aliquote des prélèvements réalisés en 1992 par R. Marzou (C.R.E.U.M.) selon un rythme bimensuel devenant hebdomadaire entre juin et août dans la région centrale de la retenue. Un trait vertical de filet à plancton sur une colonne d'eau allant du fond à la surface permet de récolter le matériel, cette procédure éliminant d'éventuelles variations liées à des migrations verticales des populations de Cyanophycées ou de *Ceratium*.

Des préparations extemporanées confectionnées à partir des prélèvements formolés permettent de dresser un inventaire du peuplement algal, intégrant l'abondance relative de ses composants, et de procéder aux observations biométriques sur *C. hirundinella*.

Nous avons suivi Kimmel & Holt (1988) qui préconisent la mensuration de seulement 25 individus, ce nombre pouvant ne pas être atteint dans nos préparations à certaines périodes de l'année. Lorsque les *Ceratium* sont suffisamment nombreux, 25 individus sont mesurés au hasard, mais la recherche des tailles extrêmes est effectuée sur toute la préparation. Par contre, nous n'avons pas utilisé la mesure de la largeur cellulaire au niveau du cingulum, car celle-ci est très différente selon que la cellule est vue « à plat » ou « de profil ». Le paramètre mesuré à $5 \mu\text{m}$ près au microscope avec un grossissement de 125x est la distance séparant les extrémités des cornes apicale et antapicale. Le

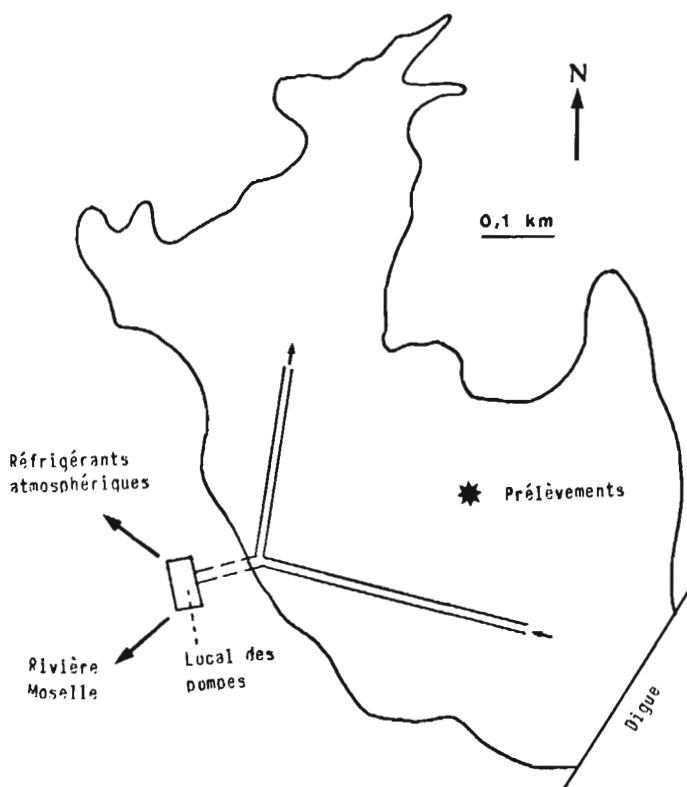


Fig. 1. – Carte du réservoir du Mirgenbach.

Fig. 1. – Map of the Mirgenbach reservoir.

nombre de cornes antapicales a été observé sur l'ensemble des individus de chaque préparation extemporanée.

3 RÉSULTATS

3.1 Température

Les apports d'eaux échauffées ont, dès la mise en eau, modifié le régime thermique de la retenue, particulièrement en période hivernale, la tempé-

rature minimale devenant constamment supérieure à 6 °C, éliminant les épisodes de gel. Un saut thermique se produit entre les mois d'avril (température voisine de 12 °C) et de mai (environ 18 °C). Le maximum thermique (23 à 26 °C) se produit en août, suivi d'une chute brutale de la température de l'eau entre octobre et novembre.

Le tableau I rassemble les valeurs de la température de l'eau, relevées lors des prélèvements de 1992 (C.R.E.U.M.).

Tableau I. – Paramètres physiques et chimiques.

Table I. – Physical and chemical characteristics.

date	T°C	NO ₃ mg-N.l ⁻¹	PO ₄ mg-P.l ⁻¹
29/5	20,5	3,3	0,3
10/6	21,8		
16/6	22,2		
23/6	22,0		
01/7	22,8	2,3	0,35
09/7	23,4		
15/7	24,3		
21/7	25,0		
29/7	25,1	1,86	0,3
04/8	25,8	2,4	
13/8	26,0	2,17	
20/8	24,0	1,75	
27/8	22,8	1,81	0,31
01/9	22,0	1,65	0,3
16/9	19,6	1,8	0,28
30/9	18,5	2,3	0,33
14/10	15,7		

3.2 Nutriments

L'évolution de ces éléments obéit à un cycle annuel (C.R.E.U.M. 1987). Les nitrates en augmentation régulière depuis la mise en eau présentent des concentrations minimales en août (tab. I). Les valeurs maximales sont observées en hiver avec de 4 à plus de 7 mg-N.l⁻¹.

L'évolution des orthophosphates est moins tranchée et plus irrégulière (tab. I). Entre 1988 et 1991 les valeurs les plus basses se rencontrent au printemps, alors qu'en 1992 se manifeste une stabilisation du taux des orthophosphates entre 0,2 et 0,4 mg-P.l⁻¹, ce qui suffit à évacuer l'effet limitant possible du facteur phosphate. Ces valeurs sont toujours

supérieures au seuil reconnu d'eutrophie (0,15 mg.l⁻¹ PO₄³⁻).

3.3 Paysage algal

La présence diatomique est constante dans la retenue du Mirgenbach, constituant la majeure partie voire la totalité de la biomasse algale entre novembre et mai. Dans les années qui suivent la mise en activité de la centrale, la classique courbe bimodale de distribution des Diatomées devient unimodale, les deux époques de moindre développement qualitatif et quantitatif se confondant en une seule couvrant la période de mai à août. La compétition initiale entre *Asterionella formosa* Hassall et *Actinocyclus normanii* (Greg.) Hust. se

déplace en faveur de cette dernière qui devient l'Algue caractéristique de la retenue. Hormis les Diatomées, les autres Algues sont peu représentées, avec une trentaine d'espèces seulement. Quelques Chlorophycées deviennent abondantes en mai-juin (Pierre, 1991), *Hydrodictyon reticulatum* (L.) Lagerh. produisant une fleur d'eau estivo-automnale entre 1987 et 1989 (Mathey, 1993). Les Cyanophycées bien représentées l'année de la mise en eau disparaissent presque totalement en 1988, retrouvant une dynamique de croissance à partir de 1989 jusqu'à provoquer les années suivantes des aspects de fleurs d'eau en fin d'été, avec *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Anabaena spiroides* Klebahn et *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., posant le problème d'une compétition-cohabitation avec *Ceratium hirundinella*.

3.4 Biométrie et variations cellulaires de *Ceratium hirundinella*.

Dans le réservoir du Mirgenbach, lors du suivi effectué en 1992, les premières cellules apparaissent le 29 mai, caractérisées par une faible taille des individus (fig. 2). Très faible début juin, le nombre d'individus augmente progressivement et devient important début juillet; cette abondance se maintient durant le mois d'août pour décroître brutalement à la fin de ce mois, précédant une disparition de l'espèce à la mi-octobre. Comme les années passées des exemplaires isolés peuvent être rencontrés accidentellement au cours de la période automno-hivernale sous l'aspect de

thèques vides ou cassées, excluant vraisemblablement toute cellule active.

La taille des cellules présente une évolution parallèle à celle du nombre d'individus, la taille moyenne maximale étant atteinte le 4 août, les individus retrouvant en octobre la dimension de la population de mai-juin (fig. 2 et Planche I).

Cette population initiale se caractérise par des individus porteurs de trois cornes antapicales (Planche II). Dans la récolte effectuée le 15 juillet apparaissent les premières cellules ne portant que deux cornes sur l'hypothèque. Le 29 juillet la population présente un mélange d'individus à 2 et 3 cornes, ces derniers disparaissant à peu près totalement à partir du 13 août. Cet état se prolonge jusqu'au 19 septembre où réapparaissent les cellules ayant une troisième corne, sous l'aspect d'un court moignon porté par la plupart des individus, mais, semble-t-il, davantage sur ceux ayant la taille la plus courte. Par ailleurs, à cette époque, les préparations renferment d'assez nombreuses thèques vides ou cassées pouvant correspondre à un aspect de sénescence. A la fin du mois de septembre, la population est réduite en quantité mais tous les *C. hirundinella* sont à nouveau munis de trois cornes sur l'hypothèque, dont l'une peut encore apparaître anormalement courte.

3.5 Compétition inter-spécifique

L'hypothèse d'une compétition entre *Ceratium hirundinella* et diverses Cyanophycées dont *Aphanizomenon*

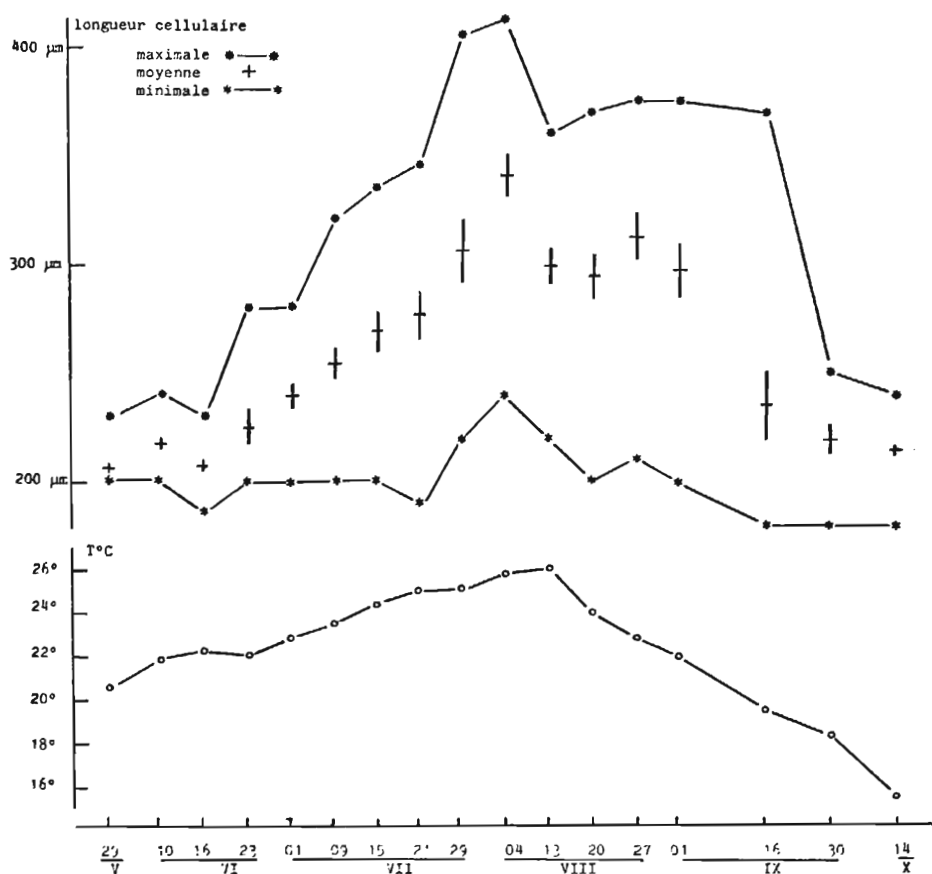


Fig. 2. — Variations dans le temps de la longueur totale de *Ceratium hirundinella*. La moyenne et l'intervalle de confiance (95%) sont marqués par un point et un trait vertical. L'intervalle de confiance n'a pas été calculé pour moins de 25 individus.

Fig. 2. — Temporal variation in the total length of *Ceratium hirundinella*. The means and tolerance intervals (95%) are marked with dots and vertical lines. No intervals are given when less than 25 individuals are measured.

flos-aquae a été maintes fois avancée (in Huber-Pestalozzi, 1950).

Dans le réservoir du Mirgenbach, les Cyanophycées apparaissent brusquement entre le 23 juin et le 1^{er} juillet 1992, avec *A. flos-aquae* abondante et présence de *Microcystis aeruginosa* et *Anabaena spiroides*. A partir du début juillet, *A. flos-aquae* devient très abondante, donnant naissance à une fleur d'eau durant la première quinzaine d'août. Ensuite, cette Algue demeure dominante bien que plus discrète tandis que les thalles de *M. aeruginosa* apparaissent de plus en plus nombreux. Le déclin de cette florule cyanophycéenne est rapide : dans le prélèvement du 1^{er} septembre ces Algues sont devenues rares et disparaissent pratiquement à la fin du mois dans l'attente de l'été suivant.

4 DISCUSSION

La prolifération de *Ceratium hirundinella* n'est pas inhabituelle, principalement dans les milieux d'eaux dormantes. En se limitant à la région entourant le C.N.P.E. de Cattenom, il est régulièrement signalé, isolé, dans différentes stations de la Moselle (Pierre, inédit) et de ses affluents, le Rupt-de-Mad (Pierre, 1994) et la Meurthe (Pierre, 1987), devenant abondant, parfois sous forme de

fleurs d'eau, dans des étangs de la région messine (Pierre, 1985) ou du « Pays des étangs » dans la vallée de la Haute-Sarre (Pierre, 1981, 1985). Dans ces milieux, il se rencontre au cours de la période estivale, en cohabitation, ou compétition, avec les Cyanophycées *Aphanizomenon flos-aquae* et *Anabaena pl. sp.*

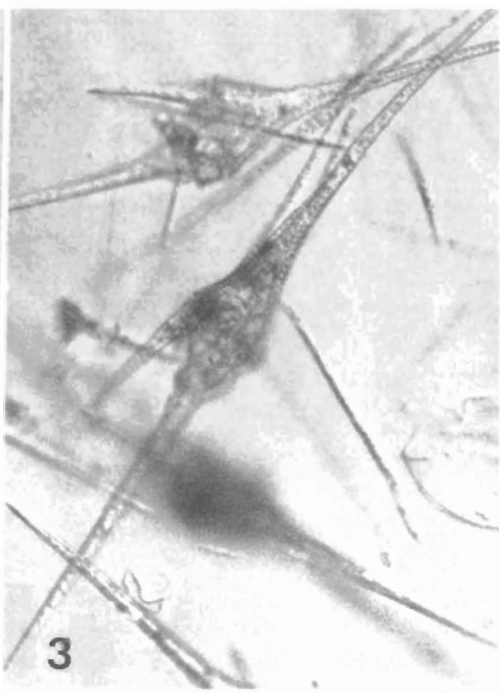
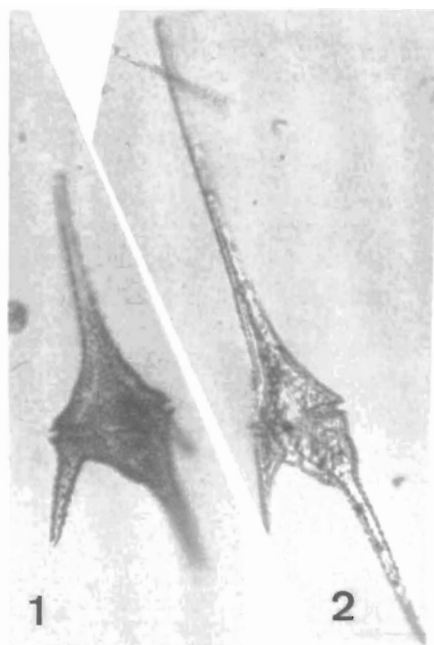
Le réservoir du Mirgenbach ayant été initialement rempli d'eau prélevée en Moselle, il n'était pas anormal d'y trouver une petite population de *Ceratium hirundinella* dès la mise en eau en 1986. Cependant, le suivi algologique du site a montré les années suivantes la présence de plus en plus significative de cette Dinophycée. Avec l'augmentation de la population, des variations dans la longueur des individus et le nombre de cornes portées par l'hypothèque sont apparues évidentes. De nombreux travaux ont rapporté ces phénomènes à des variations de facteurs de l'environnement, principalement la température et les besoins nutritionnels.

La présence et les variations morphologiques de *C. hirundinella* dans le réservoir du Mirgenbach peuvent ainsi être analysées en fonction :

- du facteur température *sensu lato* (incluant lumière) ;
- de facteurs nutritionnels (eutrophisation) ;

Planche I. – Variation de la longueur des cellules. 1 : 16 juin, 200 µm ; 2 : 9 juillet, 320 µm ; 3 : 29 juillet, 400 µm ; 4 : 13 août, 360 µm ; 5 : 30 septembre, 240 µm.

Plate I. – Variation of the cell length. 1 : june 16th, 200 µm ; 2 : july 9th, 320 µm ; 3 : july 29th, 400 µm ; 4 : august 13th, 360 µm ; 5 : september 30th, 240 µm.



— de facteurs métaboliques (compétition inter-spécifique).

4.1 Température

Ce facteur semble avoir été le premier utilisé pour expliquer les modifications observées dans les populations de *C. hirundinella* (in Huber-Pestalozi, 1950) et la divergence observée dans les résultats peut être reliée aux problèmes taxonomiques de la réalité des formes décrites.

Dans la région de la présente étude, les facteurs lumière et température sont assez étroitement liés. L'absence de stratification observée dans le Mirgenbach et le mode de prélèvement (trait planctonique vertical) éliminent les contraintes liées aux migrations verticales diurnes de *C. hirundinella* (Harris *et al.*, 1979) et aux interactions des gradients de facteurs de l'environnement sur la physiologie du comportement. La motilité verticale de *C. hirundinella* permet à l'Algue d'ajuster l'intensité de l'illumination à ses besoins, la disponibilité nutritionnelle et la température pouvant tempérer ce facteur éclaircissement (Mueller-Elser & Smith, 1985).

Cette relation entre la température et la prolifération de la Dinophycée n'est pas évidente. Dans le cas du Mirgenbach, la prolifération de *C. hirundinella* est nettement estivale, en

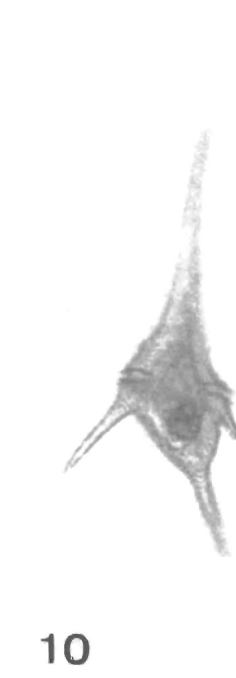
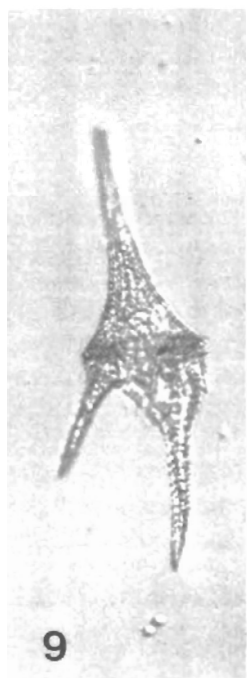
juillet-août, à des températures de 22-23 °C. Il apparaît fin mai (température moyenne 17 °C) et disparaît vers la mi-octobre (16,5 °C). Vincent & Dryden (1989) constatent une prolifération hivernale pour des températures comprises entre 8 et 12 °C. Moore (1981) évoque un optimum thermique très large, entre 4 et 18 °C, alors que Hutchinson (1967) et Heaney (1976) se prononcent pour une courbe de croissance bimodale, avec un optimum à 12-13 °C et l'autre entre 16 et 23 °C. Pour Dottne-Lindgren & Ekbohm (1975), Kawabata & Kagawa (1988), *C. hirundinella* est l'espèce dominante dans le plancton estival avec un développement maximal respectivement fin août-début septembre (17-20 °C) et moindre en juillet. Krupa (1981a) signale cette Algue dominante en été et au début du printemps.

Le facteur température est ainsi l'un des facteurs nécessaires à la prolifération de *C. hirundinella*, et une action prépondérante lui est attribuée dans les variations de la longueur de la cellule ainsi que dans le nombre des cornes de l'hypothèque.

L'influence de la thermicité a été diversement reliée aux variations dimensionnelles de *C. hirundinella*. Si sur l'espèce voisine *C. furca*, en culture, Meeson & Sweeney (1982)

Planche II. — 6 à 11 : Variation du nombre de cornes antapicales. 23 juin, 15 juillet, 13 août, 16 septembre, 30 septembre et 14 octobre. Même échelle.

Plate II. — 6 to 11 : Variation of number of hypothecal horns. June 23rd, July 15th, August 13th, September 16th, September 30th and October 14th. Same scale.



montrent que contrairement à de nombreuses observations la taille de la cellule ne varie pas obligatoirement avec la température, d'autres résultats illustrent la relation taille – nombre de cornes – température, relation également observée dans la retenue du Mirgenbach mais avec des conditions initiales différentes.

Huber (1902) observe la longueur maximale des cellules en avril (14-16 °C) avec un minimum estival (21-25 °C). Huber & Nipkow (1923) notent une diminution de la taille cellulaire lorsque la température augmente. Hauge (1958) constate une augmentation de la longueur suivie d'une diminution lors des hautes températures de l'été, conditions qui favorisent en outre la présence d'une troisième corne antapicale. Dottne-Lindgren & Ekbohm rencontrent fin mai-début juin des individus longs (265 µm) munis de 2 cornes antapicales mêlés à quelques uns porteur d'une troisième corne courte. Dès la mi-juin ne sont plus présents que des individus courts (195 µm) à 3 cornes antapicales, les longs individus à 2 cornes ou à 2* ne réapparaissant qu'en octobre. Pour ces auteurs il y aurait ainsi des individus longs adaptés aux températures les plus faibles, qui seraient remplacés lors de l'augmentation de température estivale par des « formes d'été » courtes et à 3 cornes sur l'hypothèque. Le raccourcissement des formes estivales serait une conséquence du métabolisme cellulaire, le durcissement plus rapide de la paroi bloquant son élongation (Pearsall, 1929).

Krupa (1981b) observe également un raccourcissement estival, bien que pour de faibles différences des températures moyennes, de 10 à 13 °C; la taille augmente à nouveau en septembre pour atteindre la taille maximale au printemps suivant. Il y a toujours un mélange, en proportions variables, d'individus à deux ou à trois cornes antapicales.

Au regard de ces observations, la population de *Ceratium hirundinella* du Mirgenbach présente de nombreuses particularités. C'est au début de la période de développement de l'Algue, fin mai, alors que la température de l'eau est de 17 °C, que les individus sont les plus courts (cependant de 200 à 230 µm) et tous porteurs de trois cornes antapicales. L'élévation de la température (22 °C en juin, 24 en juillet et 26 en août) correspond à un allongement régulier des organismes, la taille moyenne la plus élevée et les cellules les plus longues (410 µm) étant observées le 4 août. Cette augmentation de la taille cellulaire s'accompagne de l'apparition en proportion croissante d'individus ne portant plus que deux cornes antapicales (15 juillet), jusqu'à la disparition totale, à partir du 13 août, de ceux à trois cornes hypoalvaires. Ceux-ci réapparaissent progressivement dès le 16 septembre, principalement avec des individus courts. A la fin du mois aucun *Ceratium* à deux cornes n'est plus visible, ce qui s'accompagne d'une réduction brutale de la longueur cellulaire (fig. 2) et ramène aux caractéristiques printa-

nières initiales, population d'individus courts à hypthèque tricornée.

Ainsi dans le réservoir du Mirgenbach le passage d'une température moyenne de 16,5 °C à 23 °C entraîne une augmentation de la taille moyenne de 210 µm à plus de 300 µm et le remplacement d'individus à trois cornes antapicales par d'autres porteurs de seulement deux cornes. La réapparition de la troisième corne est progressive, d'abord sous forme d'un court moignon difficilement visible (individu 2*) jusqu'à l'aspect en trépied caractéristique fin septembre début octobre.

Le saut thermique, responsable selon Dottne-Lindgren & Ekbohm (1975) de la disparition des longs individus, se produit dans la retenue du Mirgenbach entre avril et mai (passage de 12 à 18 °C), donc avant l'apparition des premiers *Ceratium*.

4.2 Facteurs nutritionnels

La disponibilité en nutriments peut contrôler la prolifération ou les dimensions de *Ceratium hirundinella*. Pour Moore (1981) cette disponibilité joue sur l'intensité mais pas sur la périodicité du développement maximal. Hauge (1958) souligne l'adaptabilité de l'espèce envers les facteurs physiques et chimiques. Kimmel & Holt (1988) établissent une relation directe entre la taille et les besoins nutritionnels.

Ces résultats ne peuvent être retenus dans le cas du réservoir du Mirgenbach : l'absence de stratification

en fait un milieu homogène où les disponibilités nutritionnelles en P et N sont toujours importantes (tab. I) et ne peuvent de ce fait justifier à elles seules des variations morphologiques. De plus, dans ce milieu mesotrophe, sinon eutrophe, et contrairement aux observations citées, les cellules atteignent les plus grandes tailles connues. Il y a concordance avec Krupa (1981b) qui relève les plus grandes longueurs de cornes dans les lacs à valeurs trophiques les plus élevées.

Il serait ainsi tentant d'expliquer les variations de la population de *Ceratium* de la retenue du Mirgenbach par une disponibilité trophique non limitée jointe à une température élevée permettant une croissance rapide avant que se produise le durcissement de la paroi cellulaire. De plus, une concentration élevée en nutriments pourrait produire une elongation cellulaire et aussi être le facteur induisant la présence d'une troisième corne antapicale, comme le montrent les expériences de fertilisation (Kimmel & Holt, 1981). Mais cette hypothèse ne résiste pas aux faits, car si la disponibilité nutritionnelle est constamment élevée et si l'augmentation de taille se produit bien, le nombre de cornes de l'hypothèque passe de trois à deux.

4.3 Compétition inter-spécifique

Plusieurs cas de compétition entre *Ceratium hirundinella* et diverses Cyanophycées sont rapportés par Huber-Pestalozzi (1950). Ce phénomène, assez commun dans de nombreux

lacs européens ou nord-américains (Vincent & Dryden, 1989), concerne principalement *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* et diverses espèces d'*Anabaena*. Dans les milieux cités il se produit fréquemment une succession, ou une alternance (Vincent & Driden, 1989 ; Krupa, 1981a) entre Cyanophycées et *C. hirundinella* pouvant être interprétée comme une réponse à la sécrétion algale de métabolites externes (Dottne-Lindgren & Ekbohm, 1975 ; Hauge, 1958). Cependant Moore (1981), George & Heaney (1978) rapportent que les dominances de *C. hirundinella* et d'une ou de deux Cyanophycées peuvent avoir lieu simultanément en été et automne, Spodniewska (1976) précisant cependant que *C. hirundinella* atteindrait une plus grande taille dans les lacs où l'espèce est seule dominante.

Le réservoir du Mirgenbach réalise un cas de longue cohabitation (juillet et août) entre *C. hirundinella* et *Aphanizomenon flos-aquae*. L'aspect de double fleur d'eau se manifeste dès le début juillet pour disparaître assez brusquement à la fin du mois d'août. Episodiquement, *Anabaena spiroides* et *Microcystis aeruginosa* atteignent une certaine abondance. La disponibilité nutritionnelle constante dans ce milieu autorise la meilleure croissance possible pour ces Algues ce qui pourrait effacer l'effet d'une compétition inter-spécifique.

5 CONCLUSION

Les variations de la dimension cellulaire et du nombre de cornes de *Ceratiurn hirundinella* sont citées par Hutchinson (1957) comme un exemple type de polymorphisme saisonnier (cyclomorphose). Le suivi de la population de *C. hirundinella* dans le réservoir du Mirgenbach montre parfaitement des variations très progressives à partir d'individus courts à trois cornes hypothécales jusqu'à des individus longs possédant seulement deux cornes, puis, après une phase de stabilité, un retour également progressif à l'état initial.

Ces observations ne s'accordent pas avec l'hypothèse de deux populations distinctes d'individus respectivement courts et longs, provenant de la germination à des températures spécifiques de spores de dormances (Dottnes-Lindgren & Ekbohm, 1975). Ni spores, ni formes de germination, n'ont été observées dans les préparations. Si, à des instants précis, des individus peuvent correspondre à la description de taxons infraspécifiques (Huber-Pestalozi, 1950 ; Hauge, 1958 ; Compère, 1989), la progressivité et la réversibilité de l'évolution s'accorde mieux avec une population monospécifique polymorphe.

L'hypothèse d'une cyclomorphose est également soutenue par Krupa (1981b).

Dans la retenue du Mirgenbach, les variations de la longueur des cellules de *C. hirundinella* et du nombre de cornes correspondent à un polymorphisme à évolution progressive (cyclomorphose). Le rôle des facteurs température, nutriments et compétition inter-spécifique, cités dans la littérature comme susceptibles d'expliquer des variations similaires, paraît inadapté ou d'action inverse sur la population de *Ceratium* de la retenue du Mirgenbach.

Sans pouvoir apporter actuellement des explications précises, il faut constater que dans le réservoir artificiel du Mirgenbach la population de *Ceratium hirundinella* présente un comportement original.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Centre de Recherche en Ecologie de l'Université de Metz (C.R.E.U.M.) pour son appui technique ainsi que E.D.F. qui a permis ce travail dans le cadre d'un suivi écologique sur le Centre Nucléaire de Production Électrique de Cattenom.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonymes 1989 et suiv. *Rapports d'études sur le Mirgenbach (Contrats E.D.F.)* C.R.E.U.M. (Centre de Recherche en Ecologie de l'Université de Metz), plusieurs fascicules.
- Compère P., 1989. *Flore pratique des Algues d'eau douce de Belgique*. 2. Pyrrophytes, Raphidophytes, Euglénophytes. Jard. bot. nation. Belg., Meise : 208 pp.
- Dotne-Lindgren A. & Ekbohm G., 1975. *Ceratium hirundinella* in Lake Erken : horizontal distribution and form variation. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 60 (1) : 115-144.
- George D.G. & Heaney S.I., 1978. Factors influencing the spatial distribution of phytoplankton in a small productive lake. *Journ. of Ecology*, 66 : 133-135.
- Harris G.P., Heaney S.I. & Talling J.F., 1979. Physiological and environmental constraints in the ecology of the planktonic dinoflagellate *Ceratium hirundinella*. *Freshwater Biol.*, 9 : 413-428.
- Hauge H.V., 1958. On the freshwater species of *Ceratium*. *Nytt mag. f. Bot.*, 6 : 97-119.
- Heaney S.I., 1976. Temporal and spatial distribution of the dinoflagellate *Ceratium hirundinella* O.F. Müll. within a small productive lake. *Freshwater Biol.*, 6 : 531-542.
- Huber G. & Nipkow F., 1923. Experimentelle Untersuchungen über Entwicklung und Formbildung von *Ceratium hirundinella* O.F. Müll. *Flora*, 16 : 114-215.
- Huber-Pestalozzi G., 1950. *Die Binnengewässer. Das Phytoplankton des Süßwassers*. 16,3. Cryptophyceen, Chloromonaden, Peridineen. E. Schweizerbart Verlag., Stuttgart : 310 pp.
- Hutchinson G.E., 1957. *A treatise on limnology*, vol. II. Wiley & Sons, New York : 660 pp.
- Kawabata Z. & Kagawa H., 1988. Distribution pattern of the dinoflagellate *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Bergh in a reservoir. *Hydrobiologia*, 169 : 319-325.
- Kimmel B.L. & Holt J.R., 1988. Nutrient availability and patterns of polymorphism in the freshwater dinoflagellate, *Ceratium hirundinella*. *Arch. Hydrobiol.*, 113 (4) : 577-592.
- Krupa D., 1981a. *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Bergh in two trophically different lakes. I. Population dynamics (with the cysts taken into account). *Ekol. Polska*, 29 (4) : 545-570.

- Krupa D., 1981b. *ib.* II. Development and morphological variations of active forms and cysts. *Ekol. Polska*, 29 (4) : 571-583.
- Litynski A., 1952. *Hydrobiologia ogólna [General hydrobiology]*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa : 544 pp.
- Mathey A., 1993. *Etude biologique et écotoxicologique de la Chlorophycée Hydradictyon reticulatum* (L.) Lagerh., génératrice d'une fleur d'eau. Thèse Doct. sect. Sc. agronom., Inst. Nat. Polytechn. Lorraine : 214 pp.
- Meeson B.W. & Sweeney B.M., 1982. Adaptation of *Ceratium furca* and *Gonyaulax polyedra* (Dinophyceae) to different temperatures and irradiances : growth rates and cell volumes. *J. Phycol.*, 18 : 241-245.
- Moore J.W., 1981. Seasonal abundance of *Ceratium hirundinella* (O.F. Müll.) Schrank in lakes of different trophy. *Arch. Hydrobiol.*, 92 (4) : 535-548.
- Mueller Elser M.M. & Smith W.D., 1985. Phased cell division and growth rate of planktonic Dinoflagellate, *Ceratium hirundinella*, in relation to environmental variables. *Arch. Hydrobiol.*, 104 (4) : 477-491.
- Pearsall W.H., 1929. Form variation in *Ceratium hirundinella* O.F. Müller. *Proc. Leeds Phil. Lit. Soc.*, 7 : 432-439.
- Pierre J.F., 1981. Etude algologique d'étangs de Lorraine : trois étangs de la ligne Maginot. *Cah. Soc. Hist. nat. Moselle*, 43 : 233-248.
- Pierre J.F., 1985a. Etude algologique des étangs de Vaux. *Cah. Soc. Hist. nat. Moselle*, 44 : 67-75.
- Pierre J.F., 1985b. Etude algologique et production primaire de trois étangs en Moselle : Hoste-Haut, Hoste-Bas et Hirbach. *Cah. Soc. Hist. nat. Moselle*, 44 : 77-98.
- Pierre J.F., 1987. Complément à l'étude algologique de la Meurthe. *Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci.*, 26 (4) : 123-140.
- Pierre J.F., 1989. Évolution décennale de la microbiocénose du Rhin au niveau du site électronucléaire de Fessenheim (Ht-Rhin). *Crypto. Algol.*, 10 (2) : 117-128.
- Pierre J.F., 1991. *Evolution de la biocénose de la retenue du Mirgenbach après la mise en fonctionnement du Centre de Production Nucléaire de Cattenom (Moselle) France*. Actes XI^e Coll. Diatom. Lang. franç., Agence de l'eau Artois-Picardie Éd., Douai : 143-149.
- Pierre J.F., 1994. Étude hydrobiologique du Rupt-de-Mad. *J. Fr. Hydrol.*, 24 (2) : 81-94.
- Spodniewska I., 1976. Analiza występowania *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Bergh bruzdnicy tworzącej zakwity w planktonic jezior mazurskich [Analysis of the occurrence of *C.h.* dinoflagellate forming blooms in the plankton in Masurian lakes]. *X Zjazd Hydrobiol. Pol., Streszczenia komunikatów, Tom 6-11 wrzesnia* : 115.
- Vincent W.F. & Dryden S.J., 1989. Phytoplankton succession and cyanobacterial dominance in a eutrophic lake of the mid-temperate zone (Lake Okaro, New Zealand). *Arch. Hydrobiol. Beih.*, 32 : 137-163.