

PROLIFERATION DE ROTIFERES EPIPHYTES ET POLLUTION THERMIQUE DANS LA LOIRE

par R. POURRIOT*, G. ROUYER** et M. PELTIER**

Au cours de l'année 1969, le service du Conseil Supérieur de la Pêche de la région de Poitiers est intrigué par le développement extrêmement abondant d'organismes microscopiques à la surface des plantes aquatiques immergées à l'aval du confluent de la Loire et de la Vienne.

Ces organismes se révèlent être, à l'observation au microscope, des Rotifères épiphytes de la famille des Melicertidae (sous-ordre des Monimotroques). Il s'agit vraisemblablement de l'espèce *Lacinularia flosculosa* (MÜLLER) quoique la distinction avec *Synantherina socialis* (LINNE) soit assez délicate. Ces Rotifères de grande taille (ils atteignent plus de 2 mm) vivent fixés en colonies sur les tiges et les feuilles de diverses plantes aquatiques appartenant aux genres *Myriophyllum*, *Glyceria*, *Potamogeton* (*P. pectinatus*), *Vallisneria*. En période de forte densité, les colonies forment une sorte de feutrage sur les feuilles plates ou une série de manchons plus ou moins contigus sur les feuilles cylindriques et les tiges (fig. 1).

Les premières observations ont été faites en septembre 1967 au niveau de Oudon en Loire-Atlantique où les Rotifères colonisaient les herbiers de *Myriophyllum*. En juin 1969 des pêcheurs signalent leur présence au niveau de

* Laboratoire de Génétique Evolutive et de Biométrie du CNRS, 91 - Gif-sur-Yvette.

** Conseil Supérieur de la Pêche, Région Piscicole de Poitiers : 112, faubourg de la Cueille, Poitiers.

Saumur. En octobre de la même année, les deux rives de la Loire entre Port-Boulet et Saumur sont colonisées : les herbiers, les radicules de saules, les cailloux sont recouverts par les Rotifères, de même que les nasses à poissons après trois jours d'immersion. Au dire de certains pêcheurs, les écrevisses américaines auraient leurs carapaces également couvertes de ces animaux.

Cette prolifération se manifeste à partir de l'effluent de la centrale nucléaire d'Avoine. Une intense abondance des *Lacinularia* apparaît à l'aval immédiat de l'effluent et à certaines périodes leurs traces se retrouvent à Nantes. A l'amont de l'effluent les Rotifères disparaissent : à 100 mètres en amont il n'en subsiste pratiquement plus.

En novembre 1969, nous avons dénombré en un point de grande densité, 4250 individus sur une surface de *Vallisneria* d'environ 1 cm² avec une fécondité de 1 œuf/femelle.

CARACTERES PHYSICOCHIMIQUES DU BIOTOPE

La centrale nucléaire absorbe pour le refroidissement de ses installations une partie du débit du fleuve (30 m³/s) d'autant plus importante proportionnellement que le débit d'étiage est faible (en octobre 1969, par exemple).

Il s'ensuit un réchauffement des eaux de la Loire à l'aval de l'effluent ainsi que nous l'avons noté à plusieurs reprises (tabl. I).

TABLEAU I

Dates des observations	Températures	
	Amont (50 m de l'effluent)	Aval (50 m)
9-10-1969	19 °	24 °
22-10-1969	15 °	23 °
13-11-1969	12 °	18 °
10-7-1970	22 °	28 °
21-7-1970	20 °	26 ° (300 m)
16-9-1970	17 °	23 °

Températures des eaux de la Loire observées à l'aval et à l'amont de la centrale nucléaire d'Avoine.

Cette élévation de température de 5 à 8 °C s'atténue, bien entendu, progressivement vers l'aval du rejet des eaux chaudes mais le gradient des températures peut subsister sur plusieurs kilomètres : le 10 juillet 1970, on relève une température de 28 ° à 50 m en aval, de 27 ° à 3 km, de 23 ° au confluent de la Vienne (6 km).

Il ne fait aucun doute que la prolifération des Rotifères est en relation avec cet accroissement de la température.

La pollution thermique ne modifie pas ou peu les caractères chimiques de l'eau, ainsi que l'a établi M^{lle} Nisbet * pour la centrale de Montereau (citée par G. Leynaud, 1967) et que le confirment deux analyses chimiques * effectuées le 16 septembre 1970, l'une en amont de la centrale, l'autre à 300 mètres en aval du rejet au pont de Port-Boulet (Tabl. II).

* Nous remercions bien vivement M^{lle} Nisbet qui a bien voulu se charger de cette étude.

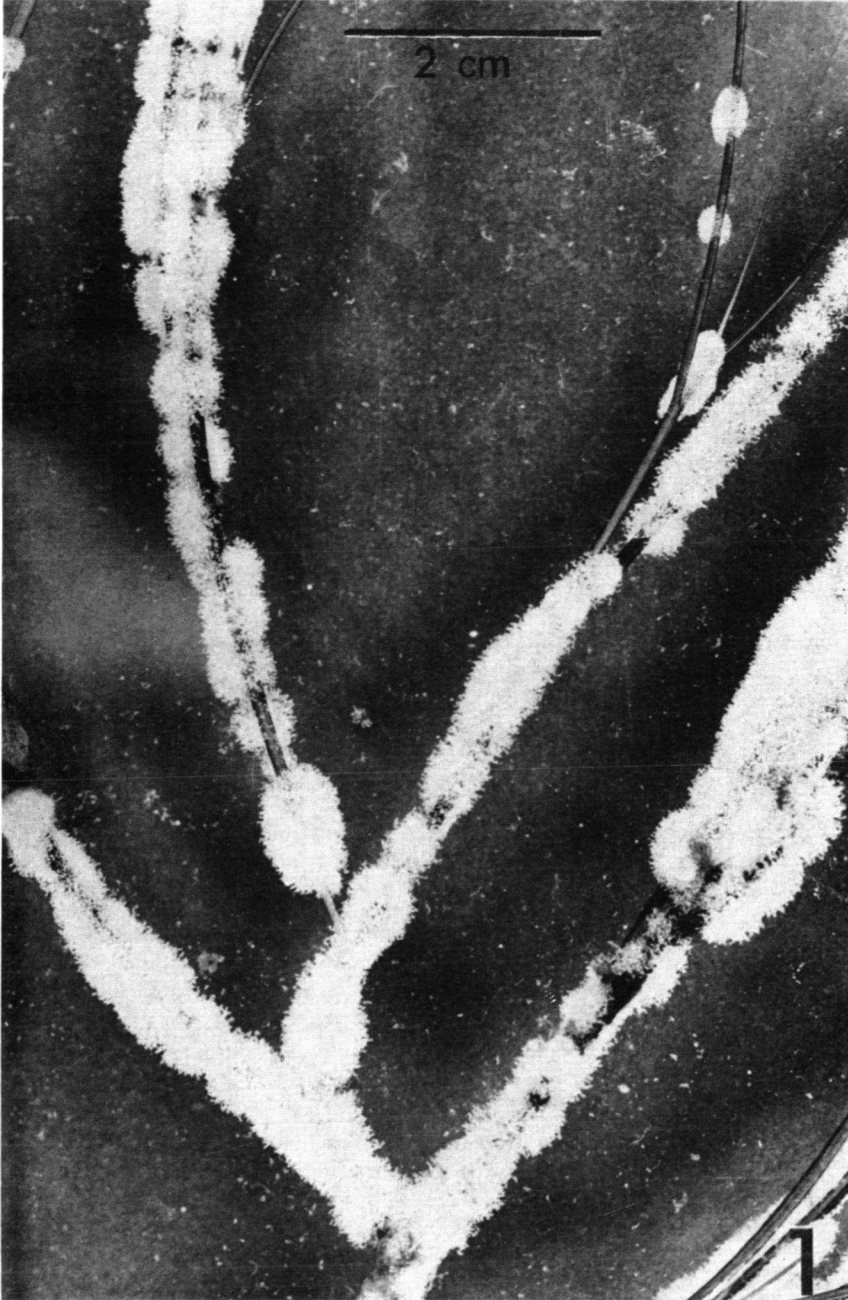


Figure 1 : colonies de *Lacinularia flosculosa*

TABLEAU II

Eléments dosés	En amont de la centrale	à 300 m en aval
Température	17 °	23 °
pH	8,1	8,1
Conductivité en mhos ($\times 10^{-6}$)	320	320
Oxydabilité à froid en 4 h. en milieu acide	1,45	1,65
Alcalinité totale en HCO_3^-	176	178
Cl^-	16	16
SO_4^{--}	28	29
NO_3^{--}	4,4	4,8
NO_2^-	0,03	0,03
NH_4^+	0,5	0,1
PO_4^{---}	0,09	0,08
Ca^{++}	57	57
Mg^{++}	4,8	4,8
Na^+	14	13,5
K^+	2,1	1,9
Fer	0	0

Analyse chimique des eaux de Loire au 16-9-1971
(Les résultats sont exprimés en mg par litre)

- 1 — En amont de la centrale nucléaire
 2 — 300 mètres en aval du rejet (pont de Port-Boulet).

Aucune différence chimique significative quant à son action sur les Rotifères ne peut être relevée. Bien que l'oxygène dissous n'ait pas été dosé, il semble peu probable qu'il ait une influence, étant donné le brassage continu des eaux.

REGIME ALIMENTAIRE DE *L. flosculosa*

Outre une action directe sur le développement des *Lacinularia* (cf. ci-dessous), l'élévation de la température pourrait agir indirectement en favorisant le développement du phytoplancton, base de la nourriture de ces Rotifères.

En effet, l'analyse de contenus stomacaux, effectuée en novembre 1969 sur des femelles adultes, indique une nette dominance d'algues de la classe des Diatomées qui confèrent au tube digestif une couleur vert-jaune. Diverses espèces unicellulaires appartenant aux genres *Cocconeis*, *Cyclotella*, *Cymbella*, *Diatoma*, *Navicula*, ainsi que des fragments de *Melosira* (Diatomées filamenteuses) y ont été reconnues.

L'utilisation des Diatomées comme source nutritive préférentielle est confirmée par l'étude du régime alimentaire au laboratoire. *Chlorella* et *Chlamydomonas* ne sont pas ingérés, les *Cryptomonas* le sont fort peu et ne permettent aucune reproduction. Avec *Phacus pyrum* qui est ingéré, on observe un début de multiplication qui décline rapidement. Un élevage permanent maintenu durant trois mois n'a été possible qu'avec une alimentation de Diatomées. Les *Lacinularia* étaient élevés en tubes à essais dans de l'eau de Loire filtrée agitée par un léger barbotage d'air comprimé. Cette agitation était nécessaire pour le maintien en suspension dans l'eau des particules nutritives filtrées par les Rotifères fixés en colonies sur les parois du tube. Un mélange de quatre espèces de Diatomées leur a été fourni : *Hantzschia*

amphioxys (EHR.) GRUN, *Nitzschia communis* RAB. et *Navicula minima* GRUN, cultures provenant de l'algotherque du CNRS à Gif. Les colonies de Rotifères ont ainsi prospéré à 3 températures (15, 20 et 25 °C). Le phytoplancton de la Loire a été récolté en automne 1969 (le 22 octobre et le 13 novembre) et le 16 septembre 1970, à l'aide d'un filet à mailles fines trainé derrière un bateau. En octobre 1969 et en septembre 1970, 2 récoltes ont été effectuées dans des conditions identiques, l'une en amont, l'autre en aval de l'effluent.

Nous ne donnons ci-dessous que la liste des principales espèces de Diatomées et d'algues vertes qui constituent l'essentiel du phytoplancton.

LISTE DES PRINCIPALES ESPECES

Bacillariophycées (1) :

Dominantes en automne 1969.

Asterionella formosa HASSAL, *Cyclotella meneghiniana* KUTZ., *Diatoma vulgare* BORY, *Fragilaria crotonensis* KITTON, *F. construens* (EHR.) GR., *Melosira granulata* (EHR.) RALFS, *M. italica* (EHR.) KG., *M. italica* var. *tenuissima* (GR.) MUL., *M. varians* AGARDH, *Navicula cryptocephala* KUTZ. v. *intermedia* GRUN.

Plusieurs autres espèces périphytes appartenant aux genres *Navicula*, *Nitzschia*, *Cymbella*, *Cocconosis* et *Gomphonea* apparaissent fréquemment mais en moindre abondance.

Euchlorophycées :

Actinastrum hantzschii LAG. (dominante en septembre 1970), *Ankistrodesmus falcatus* (COR.) RALPHS, *Chlamydomonas* sp., *Coelastrum microporum* NÄG., *Dictyosphaerium* sp., *Eudorina elegans* EHR., *Micractinium pusillum* FRES, *Pandorina morum* BORY, *Pediastrum boryanum* (TURP.) MEN., *P. duplex* MEYEN., *P. tetras* (EHR.) RALFS, *Scenedesmus* spp., *Tetraedron minimum* (A. BR.) HANSG.

Zygothycées :

Closterium acutum BREB., *Cl. moniliferum* EHR., *Cosmarium Laeve* RAB.

Les deux points de récolte, amont et aval, ne sont distants que de quelques centaines de mètres. Il ne devrait donc pas y avoir de modifications importantes en aval par rapport à l'amont si ce n'est la régression d'espèces sensibles au réchauffement des eaux (exemple des *Dinobryon* dans la Seine en aval de la centrale thermique de Montereau, selon Wurtz-Arlet 1964, citée par Leynaud 1967).

En octobre 1969, le phytoplancton à Diatomées dominantes apparaît plus abondant en amont qu'en aval. Cette régression des Diatomées peut résulter de l'action de la température mais aussi de la capture de certaines espèces par les Rotifères. En septembre 1970, le phytoplancton à chlorococcales dominantes est, à l'inverse, un peu plus abondant en amont. Cette différence peut être due à une variation de la vitesse du courant. Quoiqu'il en soit, cette observation est en accord avec les résultats expérimentaux indiquant la non-ingestion des chlorococcales par les *Lacnularia*.

Etant donné les multiples facteurs en jeu, ces observations auraient besoin d'être confirmées par une étude plus précise et plus approfondie.

Nous avons également relevé la présence d'autres espèces de Rotifères et de quelques Cladocères dans le plancton et dans le périphyton, mais en faible nombre.

(1) Les déterminations des Diatomées sont dues à M. R. MAILLARD que nous remercions pour son concours.

CYCLE ET REPRODUCTION DE *L. flosculosa*

Nous compléterons cette note par quelques remarques sur *Lacinularia flosculosa* dont les modes de vie et de reproduction facilitent la colonisation des herbiers à partir d'une zone à multiplication intensive.

Les colonies sont composées par les femelles qui atteignent au stade adulte une longueur de 2,5 mm. Le corps lui-même ne mesure que 600 à 700 μ , il est prolongé par un long « pied » très contractile dont l'extrémité distale est fixée au support. En extension, le pied atteint une longueur de 1600 à 2000 μ (fig. 2).

La reproduction se fait essentiellement par voie parthénogénétique. La femelle pond des œufs amictiques (dimensions moyennes 190 x 130 μ) qui restent au sein de la colonie et se développent immédiatement. Ces œufs, à développement immédiat, donnent naissance, en un à deux jours, à une jeune larve libre. Entraînée par le courant, cette larve va se fixer à un support après quelques heures de « nage » et se métamorphoser en un jeune femelle qui se mettra à pondre au bout de peu de temps. La colonisation des herbiers se fait ainsi de proche en proche et uniquement vers l'aval, la larve étant, bien entendu, incapable de remonter le courant. La rapidité de la colonisation dépend de la température dont l'augmentation accélère le rythme de ponte et les temps de développement embryonnaire et post-embryonnaire (à 20 °C une femelle de Rotifère planctonique pond en moyenne de 4 à 6 œufs par jour).

La reproduction peut s'effectuer aussi par voie sexuée avec apparition dans les colonies d'un autre type de femelle — femelle mictique, morphologiquement semblable aux précédentes — qui pond parthénogénétiquement des œufs plus petits que les œufs amictiques (130 x 75 μ). Ces œufs, à développement immédiat également, donnent naissance à des mâles libres et rudimentaires (taille \approx 200 μ). Ceux-ci fécondent des femelles mictiques qui pondent alors des œufs « de durée » dimensions 250 x 150 μ) à développement différé. Quand la température de l'eau s'abaisse au-dessous du minimum vital pour l'espèce ou que la nourriture s'épuise, les colonies disparaissent. Les œufs de durée tombent sur le fond. Après une période de repos plus ou moins longue ils donneront naissance, au retour de conditions favorables, à de nouvelles femelles amictiques.

L'allure des œufs de durée est un peu particulière. La membrane externe est mince et incolore. Elle est nettement séparée de la seconde membrane qui est brune et épaisse et dont la surface apparaît réticulée et granuleuse. La structure de l'œuf de durée a été étudiée en détail par Bogoslovski (1929) : la membrane fine se voit quand l'œuf vient d'être pondu, puis disparaît ultérieurement. Accolée à la seconde membrane épaisse, il en existe une troisième, fine, qui enveloppe l'embryon. Les mâles et les œufs de durée étaient assez nombreux en novembre 1969. Il serait intéressant d'étudier le cycle biologique de ces animaux et de rechercher avec précision les facteurs qui le contrôlent.

En conclusion, la prolifération des *Lacinularia flosculosa* dans la Loire est due à l'existence simultanée de deux facteurs favorisant leur multiplication :

- une microflore riche en Diatomées, dont se nourrissent ces Rotifères.
- une température relativement élevée. Le réchauffement des eaux de la Loire faisant suite au rejet des eaux de refroidissement de la centrale nucléaire, élève et maintient ces eaux à une température moyenne fluctuant entre 20 et 28° vraisemblablement proche de l'optimum thermique des *Lacinularia* et ceci, sur une distance plus ou moins étendue, fonction des conditions saisonnières, au-delà de la zone affectée par le réchauffement artificiel.

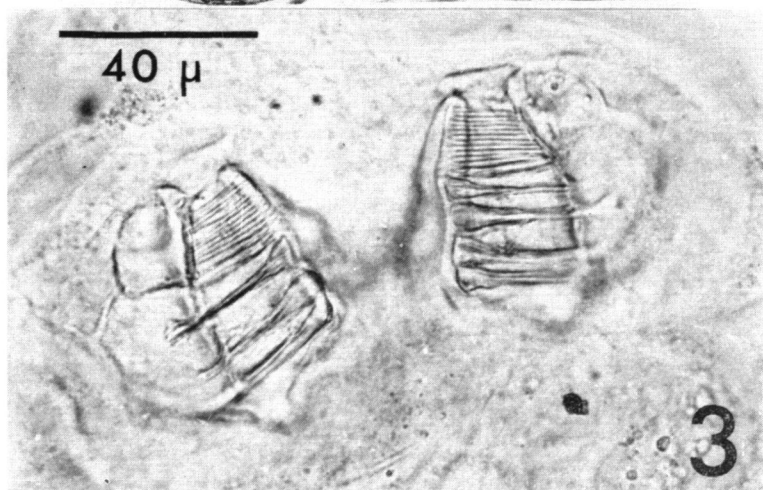
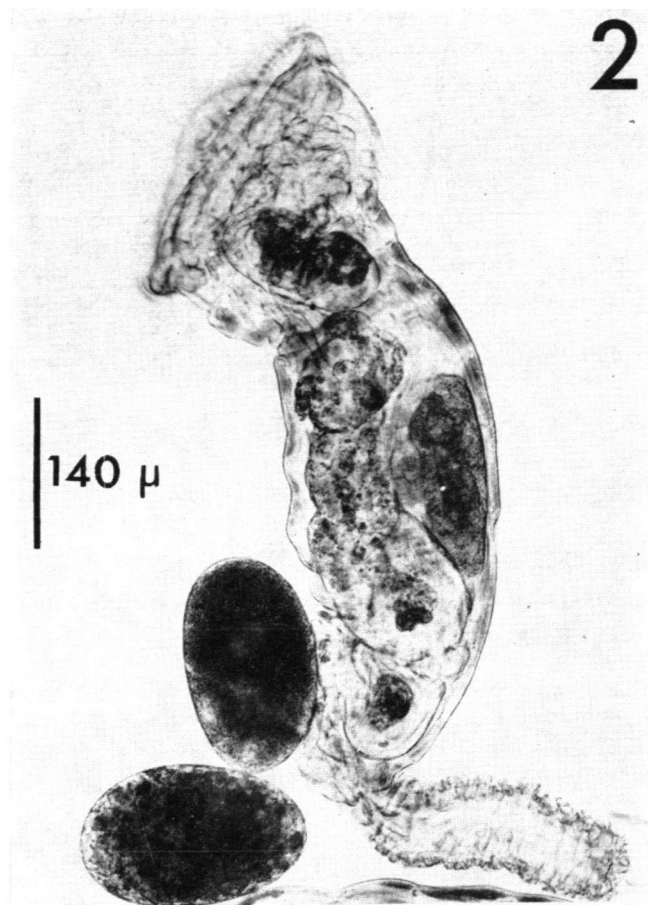


Figure 2 : *L. flosculosa*, femelle (pied contracté) et œufs amictiques

Figure 3 : *L. flosculosa*, mastax.

Nous voyons là, sans aucun doute, un exemple de modification d'une biocénose aquatique déterminée par une pollution thermique conduisant à la prolifération d'une espèce thermophile.

BIBLIOGRAPHIE

- BEAUCHAMP P. de - 1965. Classe des Rotifères. Traité de Zoologie, éd. P.P. GRASSET IV, 3, 1225-1379.
- BOGOSLOVSKY A.S. - 1929. Cycle annuel et œuf de durée de *Conochilus voivox* EHR. *C. unicornis* L. et *Lacinularia socialis* EHR. (en russe). Bull. Stn. biol. Bolchevo, 3, 7-25.
- LEYNAUD G. - 1967. Les pollutions thermiques. Influence de la température sur la vie aquatique. Bull. Techn. Inform. 24, 1-25.
- VOIGT M. - 1957. Rotatoria. Die Radertiere Mitteleuropas. Berlin.

SUMMARY

Proliferation of epiphytic Rotifers and thermal pollution in the river Loire.

Near confluence of the rivers Vienne and Loire, an heated effluent from nuclear-power industry raise the water temperature to 20-28 °C. This rising temperature and abundant food supply (Diatoms algae) induces a seasonal intensive reproduction of a thermophilic Rotifer species : *Lacinularia flosculosa*. This epiphytic Rotifer proliferate — a density of 4250 females/cm² was observed — and colonize all submerged substrates : aquatic plants, roots, stones, somestimes over several kilometers down stream.
