

Compte rendu des Journées Phycologiques de la Société Phycologique de France Saint-Nazaire, 28 au 30 octobre 2002

*édité par Jean Claude DRUART**

*Institut National de la recherche agronomique, Station d'Hydrobiologie Lacustre
75, avenue de Corzent, BP 511, 74203 Thonon-les-Bains, France*

Avec la collaboration de M^{me} Jacqueline CABIOCH

La Société Phycologique de France a réuni ses membres lors du Colloque « Algues, environnement, production » tenu du 28 au 30 octobre 2002 sur le site universitaire de Gavy-Océanis à Saint-Nazaire (44).

Ce Colloque a réuni une cinquantaine de participants; vingt-deux communications et onze posters y ont été présentés permettant à de jeunes phycologues d'exposer les résultats originaux de leur thèse. Une sortie sur le terrain a été organisée en baie de Bourgneuf afin de sensibiliser les chercheurs aux nouvelles techniques d'aquaculture développées en utilisant les eaux souterraines salées, mais aussi de permettre un contact avec les professionnels en évoquant les potentialités industrielles.

Cette manifestation, organisée par l'EA 2663 (Équipe d'Accueil 2663) « Écophysiologie marine intégrée » des Universités de Nantes et du Mans (et grâce au dynamisme de J.-M. Robert, G. Tremblin et...V. Turpin), a reçu l'aide financière des deux Universités ainsi que de la Carène (Communauté d'Agglomération de la région nazairienne et de l'estuaire) et de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Saint-Nazaire. Cette réunion des phycologues français sera rééditée en 2003 à Marseille.

Liste des participants

BERGER, Céline - Paris, France
BERTRAND, Céline - Marseille,
France
BILLARD, Chantal - Caen, France
CABIOCH, Jacqueline - Roscoff,
France
CAZAUBON, Arlette - Marseille,
France
CHOMERAT, Nicolas - Marseille,
France
COIFFARD, Laurence - Saint
Herblain, France

COMTE, Katia - Paris, France
CONNAN, Solène - Brest, France
COUTÉ, Alain - Paris, France
DENIAUD, Estelle - Nantes, France
DRUART, Jean-Claude - Thonon-les-
Bains, France
DUC, Jean-Michel - Rosny-sous-Bois,
France
DUPRÉ, Catherine - Cherbourg,
France
EL-ABED, Amor - Le Kram, Tunisie
ÉTIENNE, Anne-Lise - Paris, France

* Publié sous la responsabilité de la SPF. Correspondance et tirés à la suite : druart@thonon.inra.fr
Cette année, le prix Feldmann a été attribué à deux étudiants, en récompense de leur excellent mémoire de thèse : Céline Bertrand de Marseille et Johann Lavaud de Paris.

FAYOLLE, Stéphanie - Marseille, France	MOUGET, Jean-Luc - Le Mans, France
FRESNEL, Jacqueline - Caen, France	NOËL, Hugues - Aix-en-Provence, France
GAGNEUX, Sindy - Nantes, France	PELLEGRINI, Liliane - Marseille, France
GAUDIN, Pierre - Nantes, France	PELLEGRINI, Max - Marseille, France
GRIZEAU, Dominique - Cherbourg, France	PROBERT, Ian - Caen, France
HOUDAN, Aude - Caen, France	RECH, Malko - Le Mans, France
JOUENNE, Fabien - Caen, France	ROBERT, Jean-Michel - Nantes, France
LAVAUD, Johann - Paris, France	ROSSI, Nicolas - Nantes, France
LE GALL, Line - Caen, France	SOUBIE, Christelle - Marseille, France
LEITAO, Maria - Angers, France	TREMBLIN, Gérard - Le Mans, France
LORET, Pascale - Le Mans, France	TURPIN, Vincent - Nantes, France
MANCEAU, Annick - Le Mans, France	VERON, Benoît - Caen, France
MELEDER, Vona - Nantes, France	YÉPRÉMIAN, Claude - Paris, France
MIGNOT, Jean-Pierre - Romagnat, France	
MOREAU, Christophe - Nantes, France	

RÉSUMÉS DES COMMUNICATIONS

A. Algues d'eau douce

La Diatomophycée pennée araphidée, *Asterionella formosa* Hass., dans le phytoplancton des retenues artificielles du complexe Durance-Verdon (Sud-Est de la France)

Céline BERTRAND, Stéphanie FAYOLLE & Arlette CAZAUBON

*Laboratoire d'Écologie des Eaux Continentales Méditerranéennes, IMEP CNRS 6116, Faculté des sciences et Techniques de St Jérôme, Université Aix-Marseille III, 13397 Marseille Cedex 20.
e-mail. M9702071@EDUC-013.u-3mrs.fr*

La dynamique temporelle et spatiale de la Diatomée planctonique, *Asterionella formosa*, a été étudiée au sein de la communauté phytoplanctonique de différentes retenues artificielles du complexe Durance-Verdon.

Ce complexe méditerranéen regroupe deux cours d'eau aménagés, la Durance et son principal affluent, le Verdon ainsi qu'un réseau complexe de canaux constituant le système d'adduction en eau de la région marseillaise. Cette étude a porté sur huit retenues artificielles comprenant d'une part, six retenues hydroélectriques : trois situées sur la Durance (Serre-Ponçon, Saint-Lazare et Cadarache) et trois localisées sur le Verdon (Castillon, Sainte-Croix, Esparron) et,

d'autre part, deux réservoirs d'eau destinés à la consommation en eau potable (Saint-Christophe où transitent les eaux de la Durance et Vallon Dol stockant les eaux du Verdon). Le mode d'exploitation de ces deux cours d'eau aménagés est très différent. En effet, à partir du premier ouvrage hydroélectrique sur la Durance, la majorité des eaux est dérivée dans un canal EDF alors que sur le Verdon, de la source jusqu'au dernier réservoir hydroélectrique, les eaux circulent dans le lit naturel. Ce n'est qu'à l'aval d'Esparron que la majorité de l'eau du Verdon est dérivée dans un canal.

23 campagnes de prélèvements ont été régulièrement réalisées sur une période de 18 mois, avec des prélèvements plus fréquents de mi-décembre à mi-avril, période propice au développement de la Diatomée, *Asterionella formosa*.

Au sein du complexe Durance-Verdon, la répartition spatiale de cette Diatomée est différente dans chaque cours d'eau. En effet, sur la Durance, seule la retenue artificielle de Serre-Ponçon apparaît propice au développement de cette espèce. La présence d'*Asterionella formosa* dans les trois retenues situées en aval de Serre-Ponçon apparaît uniquement liée à un phénomène de dérive du phytoplancton de Serre-Ponçon ; les conditions environnementales caractérisant chacune de ces trois retenues ne permettent pas le développement de cette algue. En revanche, sur le Verdon, elle se développe dans le phytoplancton de toutes les retenues artificielles étudiées.

Globalement, aussi bien dans les retenues artificielles du Verdon que dans celle de la Durance, *Asterionella formosa* amorce son développement dès l'automne pour disparaître à la fin du printemps. Au sein de ces retenues artificielles, le cycle de vie de cette Diatomée correspond à ce qui est décrit dans la bibliographie (Lund, 1949). Nous avons en effet observé deux pics densitaires au cours d'un cycle annuel, le premier, hivernal ou printanier, en fonction de la localisation géographique de chaque retenue et le second, automnal, de moindre intensité. Au sein de chacune de ces retenues artificielles, *Asterionella formosa* domine la communauté algale phytoplanctonique avant d'atteindre son maximum de développement cellulaire.

La phase de développement cellulaire hivernale ou printanière d'*Asterionella formosa* est associée à un contexte abiotique particulier. Les périodes de développement de cette Diatomée se produisent dans des eaux pauvres en substances azotées et phosphatées. Cette observation confirme la capacité d'*Asterionella formosa* à croître dans des milieux pauvres en phosphore (Lund, 1950 ; Mackereth, 1953 ; Tilman *et al.*, 1976 ; Tilman, 1977 ; Van Donk *et al.*, 1989).

D'autre part, les eaux fraîches, bien oxygénées et peu chargées en MES semblent être favorables au développement de cette Diatomée, qui devient dominante dans des eaux dont la température est inférieure à 10 °C. Paradoxalement, elle est absente quand la température de l'eau atteint les 20 °C alors que cette température correspond à son optimum de croissance en conditions expérimentales (Tilman *et al.*, 76 ; Rhee & Gotham, 1981 ; Suzuki & Takahashi, 1995).

Il semble également exister un lien entre le développement d'*Asterionella formosa* et la teneur en calcium de l'eau. Les fortes teneurs en calcium observées pendant la phase de développement de cette espèce chutent au moment de son pic densitaire.

Dans les retenues prospectées du complexe Durance-Verdon, le développement d'*Asterionella formosa* semble donc fortement lié au mode de gestion de ces milieux artificialisés ainsi qu'aux conditions de température, à la charge en MES et à la teneur en calcium de l'eau. Il reste à préciser quel est le rôle du calcium dans le développement de cette Diatomée planctonique, *Asterionella formosa*.

RÉFÉRENCES

- LUND J.W.G., 1949 — Studies on *Asterionella* I. The origin and nature of cells producing seasonal maxima. *Journal of Ecology* 37 : 389-419.
- LUND J.W.G., 1950 — Studies on *Asterionella* II. Nutrient depletion and the spring maximum. *Journal of Ecology* 38 : 1-35.
- MACKERETH F.J., 1953 — Phosphorus utilization by *Asterionella formosa* Hass. *Journal of Experimental Botanic* 4 (12) : 296-313.
- RHEE G.Y. & GOTHAM I.J., 1981 — The effects of environmental factors on phytoplankton growth: Temperature and the interactions of temperature with nutrient limitation. *Limnology Oceanography* 26 (4) : 635-648.
- SUZUKI Y. & TAKAHASHI M., 1995 — Growth responses of several diatom species isolated from various environments to temperature. *Journal of Ecology* 31 : 880-889.
- TILMAN D., KILHAM S.S. & KILHAM P., 1976 — Morphometric changes in *Asterionella formosa* colonies under phosphate and silicate limitation. *Limnology Oceanography* 21 : 883-886.
- TILMAN D., 1977 — Resource competition between planktonic algae: an experimental and theoretical approach. *Ecology* 58 : 338-348.
- VAN DONK E., MUR L.R. & RINGELBERG J., 1989 — A study of phosphate limitation in Lake Maarsveen: phosphate uptake kinetics versus bioassays. *Hydrobiology* 188/189 : 201-209.

Valence écologique de la Cyanophyte *Planktothrix agardhii* Gomont dans deux écosystèmes aquatiques stagnants méditerranéens

Stéphanie FAYOLLE^a, Céline BERTRAND^a, Nicolas CHOMÉRAT^a,
Evelyne FRANQUET^a
Alain COUTÉ^b & Arlette CAZAUBON^a

^a Laboratoire d'Écologie des Eaux Continentales Méditerranéennes.
Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie (IMEP, UMR), Case C32.
Université de Droit, d'Économie et des Sciences,
avenue Escadrille Normandie-Niemen. 13397 Marseille Cedex 20, France
e-mail : stephanie.fayolle@univ-3mrs.fr

^b Laboratoire de Cryptogamie, Muséum National d'Histoire Naturelle,
12, rue Buffon. 75005 Paris

Planktothrix agardhii est une Cyanophyte dominante dans de nombreux écosystèmes aquatiques stagnants méditerranéens. Deux étangs littoraux méditerranéens (étangs de Bolmon et étang de l'Olivier) sont localisés de part et d'autre de l'étang de Berre. Ils se caractérisent par des paramètres morphométriques et physico-chimiques différents. Ces facteurs abiotiques ont été analysés et comparés pour apporter des compléments sur l'amplitude écologique de cette espèce. *Planktothrix agardhii* représente en moyenne plus de 90 % du peuplement algal dans ces deux étangs. La salinité et la profondeur ne sont pas des facteurs limitants pour la persistance de cette espèce. En effet, cette étude a montré que *Planktothrix agardhii* est une espèce euryhaline capable de s'adapter à des milieux saumâtres peu profonds dont la salinité est de 9 p.s.u. La dynamique temporelle de cette Cyanophyte n'est pas comparable dans les deux étangs; l'étang de l'Olivier présente un bloom estival à *Planktothrix agardhii* tandis que dans l'étang de Bolmon, le bloom est printanier. La profondeur de la colonne d'eau de l'étang de l'Olivier peut permettre à *Planktothrix agardhii* de se maintenir dans des couches métalimniques à des températures proches de son optimum écologique.

Le génotypage comme outil de surveillance des hydrosystèmes

*Katia COMTE, Jean BEST, Rosi RIPPKA, Mike HERDMAN
Nicole TANDEAU DE MARSAC & Isabelle ITEMAN*

*Institut Pasteur, Unité des Cyanobactéries (CNRS, URA 1129),
28, rue du docteur Roux,
75724 Paris Cedex 15, France. e-mail : kcomte@pasteur. fr*

L'inquiétude des professionnels de l'eau s'accroît depuis quelques années devant la fréquence et l'ampleur des proliférations de cyanobactéries en particulier des espèces toxiques (hépatotoxines ou neurotoxines) en milieu léniatique. La complexité taxinomique de ce groupe et la variabilité morphologique inhérente aux changements environnementaux, rendent la détermination difficile pour les non-spécialistes. Le développement d'outils moléculaires comme l'amplification par PCR améliore la détection et l'identification spécifique. Ainsi, *Microcystis aeruginosa* (Kütz) Kütz. et *Planktothrix agardhii* Gomont peuvent être mis en évidence dans des échantillons naturels par l'utilisation d'amorces spécifiques du gène codant pour l'ARN 16S de l'opéron ribosomal. Un seuil de détection très bas a pu être montré par la méthode d'hybridation en plaque de microtitration. L'application aux échantillons naturels, la rapidité et la facilité d'utilisation en font un matériel de choix pour un suivi régulier des hydrosystèmes suspectés et pour la détection précoce de cyanobactéries potentiellement toxiques.

Caractères trophiques des eaux et des sédiments du lac Charzykowskie avant la mise en place d'un système de protection de son bassin versant

*Jean-Claude DRUART^a, Jacek CIESCINSKI^b,
Marzena WISNIEWSKA^b & Leslie LAINÉ^a*

*^a INRA, Station d'Hydrobiologie Lacustre, BP 511,
F-74203 Thonon-les-Bains Cedex, France
e-mail : druart@thonon.inra.fr*

*^b Académie des Techniques et d'Agriculture, Rue Kordeckiego 20,
85225 Bydgoszcz, Pologne, e-mail : jaces@mail.atr.bydgoszcz.pl.*

La Pologne est un pays de plus de 7000 lacs pour une surface totale de 3000 km² (1 % de sa superficie). Malheureusement, la plupart de ces lacs sont de petits plans d'eau dépassant rarement quelques hectares. L'estimation du volume des lacs polonais n'est pas considérable (20 km³ soit 20 % du volume d'eau du Léman).

Bory Tucholskie est un des plus grands complexes forestiers (261 000 ha) de Pologne. 900 lacs en constituent l'élément très pittoresque du paysage. En juillet 1996, le Parc National « Bory Tucholskie » a été créé et deviendra une Réserve Biosphère.

Avant de proposer une stratégie de protection de la nature et du paysage, depuis quelques années l'Académie des Techniques et d'Agriculture de Bydgoszcz, Pologne, et la Station d'Hydrobiologie Lacustre de l'INRA de Thonon-les-Bains, France, collaborent à des recherches sur les sédiments de certains lacs de cette région et de leurs bassins versants.

Après des recherches menées sur plusieurs lacs de cette région (Carne, Gardliczno et Warszyn), des études sont entreprises sur un nouveau lac : le lac Charzykowskie qui est le plus grand et le plus « exploité » de cette région. Il est

alimenté par plusieurs rivières et la surface commune du bassin versant dépasse 900 km². Trois points ont été choisis sur ce lac, représentatifs des trois bassins alimentés chacun par une rivière de qualité trophique et biologique différente. Le bassin sud est alimenté par la rivière Struga Jarcewska, dégradée depuis toujours par les activités anthropiques (eaux usées domestiques, agriculture et industries). Elle amène au lac des effluents non traités de la ville de Chojnice. Le bassin nord est alimenté par deux rivières (Brda et Struga Siedmiu Jezior) de bonne qualité. Cette dernière traverse le parc national (essentiellement forestier), lequel est sans activités humaines.

Ces études sont entreprises sur le lac Charzykowskie après une prise de conscience de la dégradation de l'environnement qui a eu pour conséquence la mise en place d'un système de protection du lac et de son bassin versant dès 1990.

L'exploration de la zone pélagique du lac Charzykowskie durant ces 4 années a montré une concentration maximale de la biomasse du phytoplancton de 80 mg L⁻¹ dans la couche superficielle (station A au sud du lac) en juillet 1988. De même, la plus forte concentration en chlorophylle *a* (91 mg m⁻³) a été notée en juillet 1990 dans la partie sud du lac. Les grandes quantités de chlorophylle *a* correspondent à la dominance d'espèces des groupes Chlorophytes et Cyanoprokaryotes. La forte biomasse phytoplanctonique rencontrée en été sur plusieurs années, la diversité spécifique ainsi que la chlorophylle *a*, ont démontré en général la croissance des algues particulièrement dans les stations sud et centrale (A et B) les plus polluées du lac Charzykowskie.

Certaines périodes estivales ont été marquées par une faible diversité taxinomique et par d'importantes efflorescences de Cyanoprokaryotes (*Microcystis aeruginosa* Kütz.) accompagnées de quelques Chlorophytes.

L'apparition globale d'une efflorescence de la Cyanoprokaryote (*Aphanizomenon flos-aquae* (Lemm.) Ralfs), inutilisable pour tout l'écosystème lacustre, dans la partie sud du lac Charzykowskie, au cours du mois de juillet 1990, démontre bien l'état de trophie extrême du lac qui devient très rapidement hyper-eutrophe. Ces efflorescences ont occasionné de graves problèmes pour la distribution d'eau potable. *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. et *Asterionella formosa* Hass. (Diatomophycées) ont créé de nombreuses efflorescences d'une seule espèce au cours des mois les plus froids.

Les données obtenues par l'analyse des diatomées du sédiment montrent une très bonne corrélation avec celles du phytoplancton et de la physico-chimie des eaux ou du sédiment.

Indice biologique diatomique (IBD) : Exemple de la rivière Arve (Haute Savoie, France)

Jean Claude DRUART & Leslie LAINÉ
INRA, Station d'Hydrobiologie Lacustre,
511, F-74203 Thonon-les-Bains Cedex, France
e-mail: druart@thonon.inra.fr

Les indices diatomiques sont destinés à appréhender la qualité de l'eau et ne sont valables que pour les eaux courantes. Ils s'appliquent à des algues microscopiques fixées (diatomées benthiques) qui fournissent une information différente de celles qui dérivent en suspension dans l'eau. Les plus utilisés sont l'IPS (indice de polluo-sensibilité calculé sur environ 10 000 espèces) et l'IBD (indice biologique diatomique calculé sur 209 espèces).

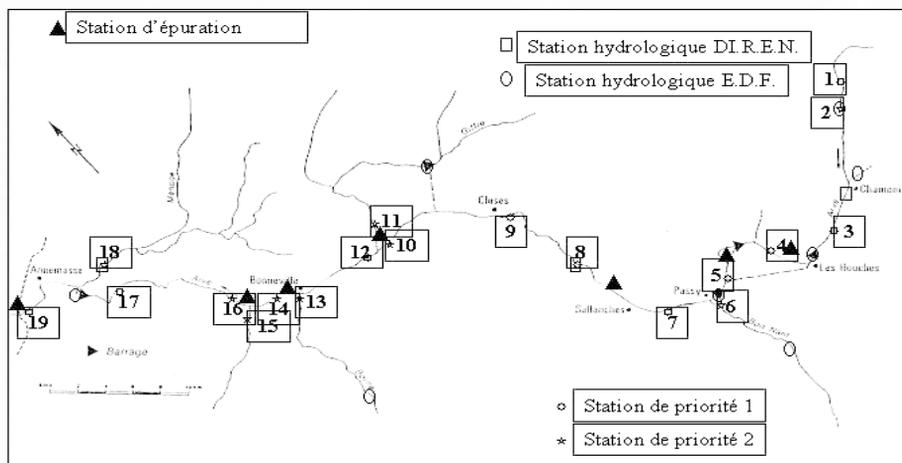


Fig.1. Carte de situation des différents points de prélèvements sur la rivière Arve (Haute-Savoie, France).

L'étude réalisée sur la rivière Arve (74) a permis, grâce aux 19 sites échantillonnés, d'établir une carte de la qualité de cette rivière de l'amont (station 1) à l'aval (station 19) et de voir l'impact des différentes villes tout au long de son cours. D'après les résultats, l'amont est de meilleure qualité que l'aval. Si la distance entre 2 sites dégradés (sorties de villes ou de stations d'épurations) est suffisamment longue, la rivière va être capable d'améliorer la qualité de son eau. Une rivière peut s'auto-épurer grâce à l'action directe de l'oxygène et par l'action d'organismes aérobies et anaérobies. D'après les classes de qualité et avec un IPS et un IBD moyens respectivement de 12.7 et 12.3, l'Arve présente une eau de qualité passable.

L'observation de certains frustules déformés, aux sites 6, 11, 12 et 19, laisse supposer la présence d'une pollution métallique d'origine naturelle et/ou anthropique.

L'exploitation ultérieure des analyses chimiques nous permettra de vérifier cette hypothèse.

État des connaissances sur le genre *Cylindropermopsis* en France

Maria LEITÃO^a & Alain COUTÉ^b

^a Bi-Eau, 15, rue Lainé-Laroche, 49000 Angers
e-mail : bieu@unimedia.fr

^b Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Cryptogamie,
12, rue Buffon, 75005 PARIS
e-mail : acoute@mnhn.fr

Le genre *Cylindropermopsis* (Cyanophyta, Nostocales) a été créé par Seenayya & Subba Raju en 1972, à partir d'*Anabaenopsis raciborskii* (Woloszynska, 1912). À distribution initialement subtropicale, *Cylindropermopsis raci-*

borskii a connu, depuis les années 1970, une expansion rapide en Europe centrale d'abord, puis occidentale (Padisák, 1997). Considéré comme non toxique jusqu'en 1979, deux accidents majeurs pour lesquels sa responsabilité est avérée, à Palm Island, Australie (148 personnes hospitalisées en 1979 – Byth, 1980 et Bourke *et al.*, 1983) et à Caruaru, Brésil (60 morts – Azevedo, 2000), ont contraint les gestionnaires de l'eau et les scientifiques à s'intéresser davantage à cette espèce (découverte de la cylindropermopsine, hépatotoxine, par Ohtani *et al.*, 1992).

En France, *C. raciborskii* a été identifié pour la première fois en 1994 (Couté *et al.*, 1997), au sud-est de la région parisienne (étang des Francs-Pêcheurs à Viry-Châtillon – 91).

Le présent travail apporte, en premier lieu, trois nouvelles stations à *C. raciborskii* pour la France, une dans la Creuse (La Claise à Martizay – 36, en 2000), et deux dans l'est (étang Léchir et étang du Malsaucy, Territoire de Belfort – 90, en 2001 et 2002 respectivement). Les observations ont été faites sur des récoltes estivales (août), et les effectifs développés par l'algue ont été très variables selon les sites. À ces trois nouvelles stations s'en ajoutent deux autres en région parisienne, rapportées, l'une par Briand (2001) suite à une expertise effectuée par A. Couté en 1998 dans le lac des Tilliers à Gennevilliers – 92, et l'autre par Druart & Briand (2002), pour une récolte de la Seine à Ivry – 94 en août 2001.

Si, en Hongrie, des souches de *Cylindropermopsis* ont été identifiées comme toxiques (T.-Kozma & Mayer, 1988 ; Torokne, 1997), il n'en est rien jusqu'à présent pour les différentes souches françaises. En second lieu, une nouvelle forme de *Cylindropermopsis* récoltée dans les Landes en 1991 (étang de Léon) et ré-examinée récemment, fait actuellement l'objet d'une description en tant que nouvelle espèce, *C. sinuosa* (Couté *et al.*, sous presse). Elle fournit ainsi une nouvelle station française pour le genre, et une nouvelle espèce pour la science.

Enfin, le signalement récent du genre *Cylindropermopsis* en France (et en Europe) et l'augmentation rapide du nombre de ses stations soulève la problématique de sa dispersion. Dans le cas de *C. sinuosa* spec. nova, on peut penser à une introduction par le biais de phanérogames exotiques comme *Lagarosiphon major* (Ridley) Moss, plante invasive en provenance d'Afrique du Sud, qui a été recensée aussi, pour la première fois dans l'étang de Léon en 1991.

BIBLIOGRAPHIE

- BOURKE A.T.C., HAWES R.B., NEILSON A., STALLMANN N.D., 1983 — An outbreak of hepato-enteritis (the Palm Island Mystery Disease) possibly caused by an algal intoxication. *Toxicon* 3 (suppl.) : 45-48.
- BRIAND J.-F., 2001 — Cyanobactéries toxiques : prolifération et production toxinique de deux espèces de la région parisienne, *Cylindropermopsis raciborskii* et *Planktothrix agardhii*. Développement d'un bio-essai sur neuroblastomes pour la détection des toxines de type PSP, Thèse 3^e cycle, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 171p.
- BYTH S., 1980 — Palm Island mystery disease. *Medical Journal of Australia* 2 : 40-42.
- COUTÉ A., LEITAO M., MARTIN C., 1997 — Première observation du genre *Cylindropermopsis* (Cyanophyceae, Nostocales) en France. *Cryptogamie, Algologie* 18 (1) : 57-70.
- DRUART J.-C., BRIAND J.-F., 2002 — First occurrence of *Cylindropermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju (cyanobacteria) in a lotic system in France. *Annales de Limnologie* 38 (4) : 339-342.
- OHTANI I., MOORE R.E., RUNNEGAR M.T.C., 1992 — Cylindropermopsin: a potent hepatotoxin from the blue-green alga *Cylindropermopsis raciborskii*. *Journal of the American Chemical Society* 114 : 7941-7942.

- PADISAK J., 1997 — *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Suba Raju, an expanding, highly adaptative cyanobacterium : worldwide distribution and review of its ecology. *Archiv fur Hydrobiologie* 107 (suppl.) (Monographic Studies) : 563-593.
- SEENAYYA G., SUBBA RAJU N., 1972 — On the ecology and systematic position of the alga known as *Anabaenopsis raciborskii* (Wolosz.) Elenk. and a critical evaluation of the forms described under the genus *Anabaenopsis*, in : T.V. Desikachary ed., Paper submitted to the first International Symposium on Taxonomy and Biology of blue-green algae. Madras Univ. pp. 52-57.
- T. KOZMA A., MAYER G., 1988 — Toxikus cianobaktériumok hazai selszini vizeinkben. *Hidrológiai Közloni* 68: 49-54.
- TÖRÖKNE A.K., 1997 — Interlaboratory trial using Thamnotex kit for detecting cyanobacterial toxins. In: Proceedings of the 8th International Conference on Harmful Algae, Vigo, Spain, p. 114.
- WOLOSZYNSKA J., 1912 — Das Phytoplankton einiger Javanian Seen mit Berücksichtigung des SawaPlanktons. *Bulletin International de l'Académie Sciences de Cracovie, Ser. B.* 6 ; 649-709.

B. Algues marines

Une Haptophyte à potentialités ichthyotoxiques, le genre *Prymnesium* (Prymnesiophyceae)

Jacqueline FRESNEL, Ian PROBERT, Aude HOUDAN & Chantal BILLARD
 Laboratoire de Biologie et Biotechnologies Marines, Université de Caen,
 Esplanade de la Paix
 14032 Caen Cedex, France

Nous avons isolé et cultivé (collection ALGOBANK de l'Université de Caen) toutes les espèces de *Prymnesium* décrites à ce jour en microscopie électronique ; elles sont présentées ainsi que trois taxons encore inédits. Ce genre ne peut être caractérisé avec certitude au niveau spécifique que par la morphologie fine des écailles organiques qui recouvrent le plasmalemme. A l'exception de *P. nemame-thecum* Pienaar et Birkhead possédant trois types d'écailles, les *Prymnesium* sont tous recouverts de deux types d'écailles : les plus internes, formant plusieurs couches, sont rarement spécifiques ; elles sont surmontées d'une seule couche d'écailles superficielles qui, elles, caractérisent les différents taxons. Des arguments sont donnés en faveur de l'existence d'un nouveau cycle biologique du même type que celui décrit pour *P. parvum* Carter/*P. patelliferum* Green, Hibberd et Pienaar, entre deux espèces méditerranéennes, *P. calathiferum* Chang et Ryan et *P. sp.* HAP52. Ces deux espèces parfaitement identiques en microscopie photonique, possèdent des écailles très différentes, avec notamment celles des couches internes du type de celles de *P. parvum* (à large marge) pour *P. calathiferum*, et des écailles internes du type de celles de *P. patelliferum* (à marge réduite) pour *P. sp.* HAP52. L'accent est mis, comme dans le cas de certaines Coccolithophorides, sur l'importance de la morphologie fine des écailles des couches internes comme indicatrice de la ploïdie dans les cycles présents chez les Prymnésiales. Deux autres alternances sembleraient exister entre *P. zebrinum* Billard/*P. sp.* HAP27 d'une part, et *P. annuliferum* Billard/*P. sp.* HAP64 d'autre part. Les tests de toxicité avec les larves d'artémies ont permis de mettre en évidence de nouvelles espèces potentiellement toxiques. Il a également été possible d'élargir la répartition géographique de plusieurs espèces, les moins fréquentes notamment, avec une grande représentation du genre *Prymnesium* en Méditerranée, zone où il n'était que peu ou pas signalé.

Structure et interactions des polymères dans les parois cellulaires de *Palmaria palmata* (Linnaeus) O. Kuntze, Rhodophyta

Estelle DENIAUD^{a, b}, Joël FLEURENCE^a & Marc LAHAYE^b

^aISOMER, Laboratoire de Biologie Marine, 2, rue de la Houssinière, BP 92208, 44322 Nantes Cedex 3, France

^bINRA, Unité de Recherche sur les Polysaccharides, leurs Organisations et Interactions, rue de la Géraudière, BP 71627, 44316 Nantes Cedex 3, France
deniaud@nantes.nra.fr

Palmaria palmata est utilisée dans diverses applications alimentaires et biotechnologiques, dans lesquelles les parois cellulaires jouent des rôles-clés. Une approche globale de la structure et de l'organisation des parois a donc été réalisée en vue d'optimiser les procédés de transformation. Des extractions de xylanes mixtes ont permis de déterminer leurs caractéristiques (physico)-chimiques et de définir leurs interactions et liaisons. Ces xylanes interagissent essentiellement au sein des parois par des liaisons hydrogène, dont la formation est reliée non pas à la quantité de liaisons β -(1,3), mais à leur distribution. Ces liaisons ne seraient pas contiguës, mais intercalées avec des liaisons β -(1,4) et la structure la plus régulière aurait un motif de base pentamérique (une liaison 1,3 et quatre liaisons 1,4). Nous avons par ailleurs montré que les xylanes mixtes sont partiellement acides et qu'ils pourraient être liés à une galactoprotéine phosphatée et/ou sulfatée, qui serait responsable de l'acidité du xylane. Enfin, pour étudier les protéines structurales, un protocole de purification de fractions pariétales enrichies en protéines a été mis au point. Des extractions salines et des hydrolyses par des endopeptidases ont permis d'isoler des structures protéiques contenant des oses. Les protéines seraient ainsi associées aux polysaccharides et interagiraient entre elles par des couplages phénoliques et/ou par des ponts disulfures. Les protéines structurales semblent également reliées au type cellulaire et à l'état de croissance de l'algue. Les informations obtenues permettent d'établir un premier schéma structural de la paroi de *Palmaria palmata*, à partir duquel la régulation des parois cellulaires en fonction des conditions écophysologiques pourra être abordée ainsi que l'optimisation ou le développement de procédés de transformation.

Assemblages taxinomiques du microphytobenthos associés aux groupes sédimentaires de la vasière de la baie de Bourgneuf

Vona MÉLÉDER, Yves RINCÉ, Laurent BARILLÉ & Patrick LAUNEAU

Laboratoire de Biologie Marine. Faculté des Sciences et Techniques.
Université de Nantes
2, rue de la Houssinière, 44322 Nantes Cedex

Le microphytobenthos est constitué par l'ensemble des cyanobactéries et des algues unicellulaires se développant au sein des premiers millimètres de sédiments fins des écosystèmes tidaux. Il forme en surface, lors des marées basses, un biofilm de couleur brune remis en suspension dans la colonne d'eau par le clapot

des marées, se trouvant ainsi à la disposition des filtreurs et suspensivores (huîtres, moules, crépidules ...). Depuis la dernière décennie, le rôle du microphytobenthos dans le fonctionnement des écosystèmes côtiers turbides est reconnu et de nombreuses études sur sa structure à micro-échelle ont vu le jour. Mais son étude à méso-échelle et macro-échelle reste peu abordée de par la difficulté d'accès des sites.

La présente étude concerne la baie de Bourgneuf, située au sud de l'estuaire de la Loire, en France, et caractérisée par une intense activité conchylicole qui occupe 10 % de la surface totale de la vasière. La structure taxinomique des peuplements microphytobenthiques a été étudiée le long d'un transect Est/Ouest de 1,2 km sur la vasière durant les mois de mars à juillet 2001. Les échantillons, prélevés une fois par mois à cinq stations distantes de 200 m, sont congelés *in situ* par de l'azote liquide, puis conservés à -20°C jusqu'à l'analyse. Les deux premiers millimètres, puis le centimètre sous-jacent de sédiment, sont alors sous échantillonnés. La séparation entre sédiment et matière organique se fait par centrifugation dans du gel de silice de type Ludox HS-40. Parallèlement aux déterminations et comptages d'espèces, des analyses granulométriques permettent d'établir un lien entre les structures taxinomique et sédimentaire.

Il apparaît que la classe dominant le microphytobenthos en baie de Bourgneuf est celle des Diatomées. Deux types d'assemblages sont rencontrés. Le premier, associé aux sédiments vaso-sableux à sableux (entre 5 et 50 % des particules ont une taille $> 63 \mu\text{m}$), est très diversifié, de type nanobenthique (taille $< 30 \mu\text{m}$) et épipsammique. Le second, associé aux sédiments vaseux (plus de 95 % des particules ont une taille $< 63 \mu\text{m}$) est peu diversifié, de type microbenthique (taille $> 30 \mu\text{m}$) et les espèces sont mobiles dans le sédiment. Ce dernier assemblage est responsable des fortes biomasses rencontrées sur la vasière.

**Variations journalières de la composition biochimique du phytoplancton :
comparaison entre diatomées (*Skeletonema costatum* (Greville) Cleve,
Haslea ostrearia (Bory) Simonsen)
et Chlorococcales (*Scenedesmus ecornis* var. *bicellularis* (Ehrenberg) Chodat)**

Jean Luc MOUGET^a, Sébastien LEFEBVRE^b & Virginie ROUILLARD

^aLaboratoire de Physiologie et Biochimie Végétales (EA 2663),
Faculté des Sciences et Techniques,

Université du Maine, Av. O. Messiaen, 72085 Le Mans Cedex 9, France

^bLaboratoire de Biologie et Biotechnologies marines (EA 962),
Université de Caen Basse-Normandie, Esplanade de la paix,
14032 Caen Cedex, France

e-mail : Jean-Luc.Mouget@univ-lemans.fr

Chez de nombreuses espèces de microalgues, l'alternance régulière de périodes de lumière et d'obscurité module certains processus physiologiques (activité photosynthétique, division cellulaire), ainsi que la synthèse de divers composés (pigments, enzymes, glucides, protéines, lipides). La rythmicité de ces variations a été comparée chez deux diatomées marines, l'une planctonique, *Skeletonema costatum*, l'autre benthique, *Haslea ostrearia*, et une algue verte d'eau douce, *Scenedesmus ecornis* var. *bicellularis*. De façon générale, la concentration cellulaire en chlorophylle *a*, glucides, protéines et lipides augmente le jour et diminue la nuit.

La synchronisation des processus physiologiques est plus nette chez *S. ecornis* var. *bicellularis* et *S. costatum*, espèces dont la taille des cellules est plus petite et le taux de croissance plus élevé. Chez *H. ostrearia*, la quantité de glucides diminue le jour, et augmente la nuit, ce qui pourrait correspondre à une synthèse (ou conversion) accrue, ou une consommation moindre. La proportion de carbone incorporé sous forme de glucides et excrété sous forme d'exopolysaccharides reste à étudier.

Caractérisation et expression de deux gènes codant l'actine chez la Rhodophyta *Palmaria palmata* (Linnaeus) O. Kuntze

Line LE GALL

*Laboratoire de Biologie et Biotechnologies Marines. Université de Caen
14032 Caen Cedex France. legall44@hotmail.com*

Le cytosquelette constitué de plusieurs réseaux protéiques dynamiques est l'un des principaux moteurs de la morphogenèse chez les algues, cependant sa structure et les molécules qui le composent sont encore méconnues.

L'étude moléculaire de l'actine chez la Rhodophyta *Palmaria palmata* (L.) O. Kuntze a été entreprise par PCR en utilisant des amorces complémentaires de régions de l'actine extrêmement conservées au cours de l'évolution. Ainsi, deux gènes appelés PALMACT1 et PALMACT2 ont été caractérisés et codent deux isoformes de l'actine. Une étude de l'expression par RT-PCR a permis d'établir que PALMACT1 et PALMACT2 sont tous deux exprimés dans les sporophytes. Une analyse par « Southern blotting » a confirmé la présence de seulement deux gènes codant des isoformes de l'actine chez *P. palmata*.

Ces résultats soulèvent la question de l'origine et de la fonction de plusieurs gènes d'actine chez la rhodophyte *P. palmata*.

Le milieu Aquil enrichi en azote inorganique et en métaux pour la production d'*Haslea ostrearia* (Bory) Simonsen

Christophe MOREAU

*EA 2663, ISOMer, Faculté des Sciences et Techniques,
2, rue de la Houssinière, BP 92208 44 322 Nantes Cedex 3, France*

Depuis une vingtaine d'années la production de microalgues est en augmentation sur le pourtour de la baie de Bourgneuf grâce notamment à la présence d'eaux souterraines salées, naturellement riches en nutriments majeurs, en fer et en manganèse. Parmi ces microalgues, se trouve la « navicule bleue » décrite comme nécessaire au verdissement des huîtres par la libération d'un pigment bleu, la marennine, dans le milieu. Or le fer et le manganèse, décrits comme pouvant limiter la production de populations phytoplanctoniques naturelles, stimulent la croissance de cette diatomée pennée cultivée en milieu « eau de mer » enrichie. Il semble donc nécessaire de tester l'influence de ces deux métaux-traces, apportés au milieu Aquil sous forme libre ou chélatée à l'EDTA, sur la croissance et la physiologie de *Haslea ostrearia*. Quelle que soit la source d'azote inorganique du milieu Aquil, un enrichissement en fer, chélaté ou non, stimule toujours la division cellulaire tout en augmentant la teneur en chlorophylle *a*; la production en pro-

téines et glucides est diminuée par rapport au témoin non enrichi en métal. En cas d'enrichissement du milieu en manganèse, le contenu pigmentaire des cellules est diminué parallèlement à une augmentation de la teneur en glucides ou en protéines, et ce d'autant plus que le métal est sous forme libre et en présence d'azote sous forme nitrique. Un enrichissement simultané en fer et en manganèse a un effet positif synergique sur la densité en cellules mais leur teneur en glucides, lipides ou protéines est diminuée.

Composés phénoliques et étagement des macroalgues brunes

Solène CONNAN, Erwan AR GALL & Eric DESLANDES

*LEBHAM, IUEM, Technopôle Brest-Iroise place Nicolas Copernic,
29280 Plouzané. France. *solene.connan@univ-brest.fr*

À la pointe de Bretagne, il existe de fortes amplitudes de marée qui se traduisent par des durées d'émersion variant de façon marquée en fonction du niveau bathymétrique. Sur l'estran, chacune des espèces d'algues brunes dominantes (Fucales et Laminariales) est adaptée à un niveau particulier. Il en résulte un étagement des ceintures, ou populations linéaires, formées par ces espèces. La production et l'accumulation de composés phénoliques dans ces algues brunes semblent devoir jouer un rôle-clef, car ils protègent les végétaux contre les radiations UV. Ce sont des métabolites secondaires présents chez les plantes vasculaires et les algues, et notamment les algues brunes. Chez ces dernières, les composés phénoliques sont contenus pour l'essentiel dans des organites particuliers : les physodes. Leur teneur varie entre 0 et 20 % MS et est sous l'influence de facteurs environnementaux, comme la salinité, ou intrinsèques comme l'état reproducteur.

L'étude a été réalisée sur des algues récoltées à Portsall (Finistère). Après extraction hydro-alcoolique et dosage par une méthode colorimétrique (Folin-Ciocalteu), il a été possible de regrouper les espèces en quatre ensembles selon leurs teneurs en composés phénoliques. Ces teneurs varient selon la saison et selon la position des espèces sur l'estran. Afin de caractériser les composés phénoliques présents chez les différentes espèces de macroalgues brunes, il est nécessaire de purifier les extraits. Dans cette perspective, la dialyse constitue une étape utile comme le montre l'analyse des fractions en RMN.

Utilisation d'un photobioréacteur à membrane (PBRM) pour la récolte de microorganismes photosynthétiques

*Nicolas ROSSI, Pascal JAOUEN, Patrick LEGENTILHOMME
Isabelle PETIT & Maryse DEROUINIOT*

*GEPEA UMR-CNRS 6144, ISOMer – Institut des substances
et organismes marins, Université de Nantes. France*

Le concept de photobioréacteur à membrane (PBRM) repose sur le couplage bioréaction / séparation : qui associe un photobioréacteur et un système de séparation membranaire. Un photobioréacteur à membrane en boucle de recir-

culturation externe a été retenu dans le cadre de l'étude présentée, étude qui se centre sur les aspects « séparation » et « concentration » d'*Arthrospira platensis* (Nordstedt) Geitler :

- sélection de membranes et des conditions opératoires adaptées à la séparation en continu de microorganismes ;
- relation entre stress des microorganismes (cisaillement) lors du procédé et qualité de la biomasse obtenue.

Les applications potentielles sont variées : production en continu d'exsudats cellulaires valorisables et récolte de biomasse (pharmacologie, cosmétologie, diététique médicale...) et dépollution des eaux : nitrates, phosphates, métaux...

**L'allélopathie chez les microalgues marines :
incidences sur l'activité photosynthétique
de *Tetraselmis suecica* (Kylin) Butcher (Prasinophycée)**

Annick MORANT-MANCEAU^a, Sabrina FOUGERAY^a, Yves RINCÉ^b
& Gérard TREMBLIN^a

^a Laboratoire de Physiologie et Biochimie Végétales,
EA 2663 (ISOMer), Av. Olivier Messiaen,

Université du Maine, 72085 Le Mans Cedex 9, France

^b Laboratoire de Biologie Marine, EA 2363 (ISOMer),
2, rue de la Houssinière, BP 92208,

Université de Nantes, 44322 Nantes Cedex 3, France

L'allélopathie due à *Entomoneis paludosa* (W. Smith) Reimer (Bacillariophycées) a été mise en évidence expérimentalement par des mesures de croissance chez des diatomées benthiques telles que *Navicula ramosissima* (Agardh) Cleve et *Nitzschia closterium* (Ehrenberg) W. Smith. A l'instar de ce qui est observé chez ces diatomées, le principe actif excrété par *E. paludosa* dans le milieu de culture diminue la capacité photosynthétique (oxymétrie), l'efficacité photochimique optimale du photosystème II (Fv / Fm mesuré par fluorimétrie modulée) et l'activité anhydrase carbonique (AC) externe (potentiométrie) de *Tetraselmis suecica* (Kylin) Butcher. Ces résultats montrent que l'allélopathie imputable à *E. paludosa* perturbe l'activité photosynthétique des cellules cibles. Cette altération pourrait être due, au moins en partie, à l'inhibition de l'activité AC externe réduisant ainsi l'approvisionnement des enzymes de carboxylation en CO₂.

**Structure et dynamique phytoplanctonique en Baie des Veys,
Baie de Seine occidentale**

Fabien JOUENNE^a, Sébastien LEFEBVRE^a, Benoit VÉRON^a, Yvan
LAGADEUC^b

^a Laboratoire de Biologie et Biotechnologies Marines, CAEN, France

^b UMR, CNRS Ecobio, RENNES, France

La Baie des Veys est un écosystème estuarien qui, pour la compréhension des problèmes liés à la conchyliculture, nécessite une étude approfondie des producteurs primaires. Une campagne bimensuelle de prélèvements a débuté au

centre de la Baie et diverses mesures sont réalisées *in situ* : température, salinité, lumière et production primaire au moyen d'un photosynthétron radial. Au laboratoire, les matières en suspension, la chlorophylle *a* et les sels nutritifs sont dosés. Les premières observations de la flore microalgale indiquent une présence persistante de Bacillariophycées, notamment *Asterionellopsis glacialis* Castracane (Round). Certains Dinoflagellés (*Gymnodinium* spp., *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich) les accompagnent durant l'été et les Haptophytes apparaissent de façon ponctuelle (efflorescence à *Phaeocystis* sp. en mai 2002).

Optimisation des conditions de culture lors de la production contrôlée des biomasses microalgales

Sindy GAGNEUX, Christophe MOREAU & Richard COSSON

*UPRES-EA 2663, ISOMer, Laboratoire de Biologie Marine,
Faculté des Sciences et Techniques,
2, rue de la Houssinière, BP 92208, 44 322 Nantes Cedex 3, France
Sindy.Gagneux@isomer.univ-nantes.fr*

Une meilleure connaissance de la bioaccumulation de métaux lourds par les algues peut permettre d'optimiser la qualité nutritive des diatomées cultivées en grand volume, pour le nourrissage des bivalves ou leur utilisation potentielle sous forme de pâte à destinées agroalimentaire, cosmétologique ou pharmacologique dans le respect des normes. Dans cette étude, les deux métaux testés, le cuivre et le cadmium, sont introduits à différentes concentrations dans des cultures de deux diatomées, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve et *Haslea ostrearia* (Bory) Simonsen. L'utilisation d'un milieu de culture artificiel permet de contrôler les concentrations métalliques introduites. Les teneurs intracellulaires en glucides, en lipides, en protéines, en pigments et en métaux sont déterminées à la fin de la phase exponentielle de croissance. Ceci permet de rendre compte de la composition biochimique de chaque algue et des modifications éventuelles induites par la présence du métal. Le cuivre et le cadmium sont accumulés par les microalgues. La présence de ces métaux n'entraîne ni une réduction de la croissance, ni une altération de la « qualité » biochimique des cellules d'*Haslea ostrearia*. Seule la présence de cuivre dans les milieux de culture de *Skeletonema costatum* entraîne une réduction de la densité cellulaire, mais les cellules sont plus grandes et l'activité métabolique est, dans le cas d'une faible concentration de cuivre, augmentée.

Cycle de vie des coccolithophores (Haptophyta) : confirmation du cycle digénétique hétéromorphe chez des espèces pélagiques

Aude HOUDAN, Ian PROBERT, Jacqueline FRESNEL & Chantal BILLARD

*Laboratoire de Biologie et de Biotechnologies Marines. Université de Caen.
14032 Caen Cedex. France. houdan@ibba.unicaen.fr*

Les coccolithophores appartiennent aux Haptophyta; ce sont des organismes unicellulaires photosynthétiques calcifiés (présence de plaques calcaires appelées coccolithes), principalement marins. Depuis les années 1960, des

recherches ont été effectuées sur les cycles de vie de ces organismes, l'hypothèse ayant été faite, à la suite de mises en culture, de l'existence d'un cycle hétéromorphe haplo-diplophasique. Ces études ont alors montré que, chez le genre *Pleurochrysis* Pringsheim et chez *Emiliania huxleyi* (Lohmann) Hay & Molher, il y a alternance de générations entre une phase diploïde calcifiée (à hétérococcolithes, coccolithes complexes) et une phase non calcifiée, présentant des écailles organiques, mobile ou non.

L'isolement et la mise en culture de coccolithophores, ces dernières années, ont permis d'obtenir des changements de phase chez d'autres espèces : *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller (hétérococcolithes) alternerait avec *Crystallolithus braarudii* Gaarder (holococcolithes, coccolithes constitués de cristaux de calcite simple), *Calcidiscus leptoporus* (Murray et Balckman) Loeblich et Tappan (hétérococcolithes) avec *Crystallolithus rigidus* Gaarder (holococcolithe) et *Coronosphaera mediterranea* (Lohmann) Gaarder (hétérococcolithes) avec *Calyptrolithina wettsteinii* Kamptner (holococcolithes). Des cultures monoclonales de chaque phase ont alors été réalisées afin de montrer l'existence d'un cycle haplo-diplophasique hétéromorphe mais cette fois avec deux stades calcifiés (respectivement à hétéro- et holococcolithes). L'observation de noyaux colorés au DAPI en microscopie à épifluorescence ainsi que la cytométrie en flux ont confirmé l'existence d'un stade diploïde à hétérococcolithes qui alterne avec un stade haploïde à holococcolithes. Le séquençage du gène *18S* réalisé avec les deux phases de *Coccolithus pelagicus* va également dans le même sens, les deux séquences étant identiques. De plus, pour cette espèce, la méiose et la fécondation ont pu être observées et photographiées au microscope photonique.

A partir de tous ces résultats, l'hypothèse peut alors être faite que l'ensemble des coccolithophores posséderait un cycle haplo-diplophasique hétéromorphe. De plus, des organismes proches appartenant à la même classe des Prymnesiophyceae, tels les genres *Phaeocystis* Lagerheim, *Chrysochromulina* Lackey et *Prymnesium* Massart, présentent également ce type de cycle, ce qui pourrait laisser supposer que toutes les Prymnesiophyceae posséderaient un cycle haplo-diplophasique hétéromorphe.

Absence de variabilité génétique parmi différentes souches de *Karenia brevis* (Davis) G. Hansen et Moestrup (Dinophycées) physiologiquement distinctes, dans le golfe du Mexique

Pascale LORET^{a,§}, Torteveitein TENGS^b, Tracy VILLAREAL^c,
Henry SINGLER^c, Bill RICHARDSON^d, Peter GUIRE^e, Steve MORTON^f,
Mark BUSMAN^f & Lisa CAMPBELL^a

^a Department of Oceanography, Texas A&M University, 3146 TAMU,
College Station, TX 77843, USA

^b Institute of Human Virology, University of Maryland at Baltimore, 725 West
Lombard Street, Baltimore, MD 21201, USA

^c Marine Science Institute, The University of Texas-Austin,
750 Channel View Drive, Port Aransas, TX 78373, USA

^d *Florida Fish and Wildlife Conservation Commission,
Florida Marine Research Institution,
100 Eighth Avenue Southeast, St. Petersburg, FL 33701, USA*

^e *Department of Biochemistry and Molecular Biology,
College of Medicine,
University of Florida, Gainesville, FL 3210-0245, USA*

^f *Marine Biotoxin Program, NOAA/NOS,
219 Ft. Johnson Road, Charleston, SC 29412, USA*

^g *Adresse actuelle : Université du Maine, Faculté des Sciences,
Laboratoire de physiologie et biochimie végétales (EA 2663-ISOMer),
avenue O. Messiaen, 72085 Le Mans Cedex 09 France*

Le dinoflagellé *Karenia brevis* est une des principales espèces impliquées dans les épisodes de « marées rouges » dans le golfe du Mexique. Bien que la fréquence des blooms de *K. brevis* dans cette région ait régulièrement augmenté depuis une dizaine d'années, l'origine et la dynamique de ces proliférations demeurent peu connues. Cinq souches de *K. brevis* isolées au large des côtes du Texas et de la Floride ont été caractérisées et comparées à l'aide de paramètres physiologiques et génétiques. Il s'est avéré que le taux maximal de croissance ainsi que le contenu en toxines étaient significativement différents entre les souches de *K. brevis* maintenues en culture dans des conditions similaires. Par contre, une absence de variabilité dans les régions 18S et ITS n'a pas permis la mise au point de sonde moléculaire intra-spécifique. Des régions de l'ADN évoluant plus rapidement que 18S et ITS devront être envisagées afin de caractériser la diversité parmi les populations de *K. brevis* dans le golfe du Mexique.

**La photoprotection chez les diatomées planctoniques (1) :
La dissipation de l'énergie
au niveau des complexes pigments-protéines collecteurs de lumière**

Johann LAVAUD, Bernard ROUSSEAU & Anne-Lise ÉTIENNE

*Laboratoire « Organismes Photosynthétiques et Environnement »,
UMR CNRS 8543, École Normale Supérieure, Département de Biologie,
46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05, France*

Bien que les diatomées planctoniques participent à une part importante de la production primaire océanique (40 %), leur bioénergétique n'a reçu que peu d'attention. Elles dominent le phytoplancton dans les zones turbulentes où le mélange des eaux les expose à des variations rapides et importantes de l'intensité lumineuse. Les organismes photosynthétiques ont développé de nombreuses stratégies d'adaptation aux fluctuations de l'intensité lumineuse. Un mécanisme essentiel, qui intervient lors d'une augmentation rapide de l'éclairement, est la dissipation de l'énergie lumineuse en excès au niveau des antennes collectrices de lumière. Ce phénomène se manifeste par une extinction (ou « quenching ») non-photochimique de la fluorescence chlorophyllienne (ou NPQ). Il est régulé par le cycle des xanthophylles qui, chez les diatomées, consiste

en la dé-époxydation de la diadinoxanthine en diatoxanthine sous forte lumière et vice-versa à plus faible lumière ou à l'obscurité. Ce mécanisme photoprotecteur a été très étudié chez les plantes et algues vertes mais peu chez les diatomées. Notre objectif a été de montrer que le NPQ et le cycle des xanthophylles interviennent dans la photoprotection chez les diatomées. Nous avons tout d'abord comparé les capacités de photoprotection de cellules de *Phaeodactylum tri-cornutum* Böhlin, choisi comme organisme modèle, enrichies ou non en diadinoxanthine grâce à des conditions de culture particulière. Dans un deuxième temps, nous avons tenté de montrer la validité des résultats obtenus chez *P. tri-cornutum* pour d'autres espèces de diatomées planctoniques dont l'importance écologique est plus évidente. Les diatomées planctoniques présentent une forte capacité de photoprotection via la dissipation de l'énergie lumineuse. Cette propriété pourrait expliquer au moins en partie leur succès adaptatif aux eaux turbulentes.

**La photoprotection chez les diatomées planctoniques (2):
Transport cyclique des électrons au sein du photosystème II et chlororespiration**

Anne-Lise ÉTIENNE, Hans Johann van GORKOM & Johann LAVAUD

*Laboratoire « Organismes Photosynthétiques et Environnement »,
UMR CNRS 8543, École Normale Supérieure, Département de Biologie,
46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05, France*

En plus de la photoprotection due à la dissipation de l'énergie absorbée en excès au sein de l'antenne collectrice du photosystème II (PSII), il existe chez les diatomées d'autres mécanismes qui contribuent à la photoprotection des centres réactionnels PSII et à l'utilisation optimale de la lumière tant pendant les périodes de fortes illuminations que lors de périodes d'obscurité qui peuvent suivre. Nous avons montré l'existence d'un cycle d'électrons autour du PSII grâce à la détection d'un déficit en production d'oxygène qui intervient après la période de fortes illuminations. Ce déficit est étudié au cours d'une séquence d'éclairs (ce qui équivaut à une lumière faible). Il est assez important, il a lieu au sein même du photosystème II et il résulte d'un fonctionnement cyclique du transfert d'électrons au lieu du transfert linéaire entre l'eau et le NADP⁺. Il perdure après la fin de l'illumination intense tant que le pool de plastoquinone continue à être maintenu réduit grâce aux électrons fournis par la chlororespiration qui utilise le pouvoir réducteur stocké pendant l'illumination intense et qui maintient un gradient de protons transmembranaire. Le cycle autour du PSII doit être actif et rapide pendant l'éclairement intense et il protège le centre photochimique en empêchant l'accumulation de triplets de la chlorophylle qui sont la cause majeure de l'endommagement des centres et donc de la photoinhibition. Ils interagissent en effet avec l'oxygène pour former des espèces radicalaires nocives. La chlororespiration qui intervient après la fin de l'éclairement utilise le pouvoir réducteur accumulé pendant la forte illumination pour réduire l'oxygène avec un transfert d'électrons qui implique le pool de plastoquinone. Les diatomées sont ainsi aptes à utiliser au mieux l'énergie lumineuse reçue, en particulier dans un environnement lumineux fluctuant.

C. Algues et Biotechnologie

Mise au point d'un nouveau photobioréacteur à cellules immobilisées appliqué à la production de marennine par la diatomée marine *Haslea ostrearia* (Bory) Simonsen

Pierre GAUDIN, Thierry LEBEAU*, Richard MOAN & Jean-Michel ROBERT

Laboratoire de Biologie Marine, ISOMer, Université de Nantes,
2, rue de la Houssinière
BP 92208, 44322 NANTES Cedex 3, *E-mail: t.lebeau@uha.fr

La valorisation industrielle de la marennine, pigment bleu-vert, synthétisé par la diatomée marine *Haslea ostrearia* (Bory) Simonsen, aux applications potentielles en pharmacologie et déjà appliquée au verdissement des huîtres à l'échelle semi-industrielle, passe par une production contrôlée et reproductible de ce pigment algal.

À cette fin, un nouveau photobioréacteur modulaire à microalgues immobilisées a été mis en oeuvre pour la production en continu de marennine. Plusieurs paramètres ont été testés : nature de la matrice d'immobilisation des diatomées (gel plan d'agar ou monocouche de billes d'alginate), stress lumineux et nutritionnel (nitrates).

L'optimisation des conditions de stress (intensité, fréquence) nécessaire à la synthèse du pigment, sans hypothéquer la viabilité des microalgues, devrait permettre d'améliorer les performances de ce prototype. Le couplage de plusieurs modules pourra assurer ultérieurement le passage à une échelle de production supérieure.

Variations de la composition de l'extrait éthéré d'*Halidrys siliquosa* (Linné) Lyngbye, Fucales, Phaeophyceae

Catherine FRANKLIN^a, Robert VALLS^a, Max PELLEGRINI^a
& Louis PIOVETTI^b

Laboratoire des Organo-Phosphorés, UMR 6009 - Avenue Escadrille
Normandie-Niemen, 13397 Marseille Cedex 20, France

^a Laboratoire de Biologie Marine Fondamentale et Appliquée - Avenue de Luminy
case 901, 13288 Marseille Cedex 09, France

^b Laboratoire de Recherche de Chimie Marine des Organométalliques,
BP 132 - 83957 La Garde Cedex, France

L'algue *Halidrys siliquosa* (Linné) Lyngbye, Phaeophyceae, Fucales, Cystoseiraceae, a été étudiée par Higgs & Mulheirn en 1981 et son extrait éthéré avait alors permis d'isoler six composés dérivants du dioxohalidrol. Nous avons récolté cette même algue sur les côtes françaises en 2001 et nous avons isolé quatre composés de la même famille que les composés précédents, dont trois nouveaux.

Cette variation de la composition chimique entre deux lieux géographiquement éloignés a déjà été constatée (par exemple pour *Bifurcaria bifurcata*

(Culioli *et al.*, 2001 ; Culioli *et al.*, 2002) et confirme l'existence de variétés chimiques.

Le travail d'investigation se poursuit car une douzaine de composés minoritaires restent à identifier. Ces composés présentent des activités très diverses qui peuvent être valorisées dans différents domaines : pharmaceutiques, agroalimentaire, cosmétique...

RÉFÉRENCES

- BANAIGS B., MARCOS B., FRANSCISCO C. & GONZALEZ E., 1983 — A hydroxylated diterpenoid substituted quinol from the brown alga *Cystoseira elegans*. *Phytochemistry*, 22 (12), 2865-2867.
- CULIOLI G., DAOUDI M., ORTALO-MAGNE A., VALLS R. & PIOVETTI L., 2001 — (S) -12-Hydroxygeranylgeraniol-derived diterpenes from the brown alga *Bifurcaria bifurcata*. *Phytochemistry* (2001), 57, 529-535.
- CULIOLI G.S., ORTALO-MAGNE A., RICHOU M., VALLS R. & PIOVETTI L., 2002 — Seasonal variations in the chemical composition of *Bifurcaria bifurcata* (Cystoseiraceae). *Biochemistry System Ecology*, 30, 61-64.
- HIGGS M.D. MULHEIRN L.J., 1981 — Six new metabolites from the brown alga *Halidrys siliquosa* (Phaeophyta, Fucales). *Tetrahedron* 37, 3209-3213.

Propriétés antiradicalaires d'un extrait de la Phaeophycée *Cystoseira amentacea* Bory var. *stricta* Montagne (Fucales, Cystoseiraceae)

Liliane PELLEGRINI & Max PELLEGRINI

GELYMA, Parc d'Affaires Marseille Sud (C4), 1, Boulevard de l'Océan,
13009 Marseille, France

Des extraits aqueux et calibrés par ultrafiltration de l'algue brune *Cystoseira amentacea* var. *stricta* ont été testés *in vitro* en utilisant plusieurs méthodes.

Le test dit 3D « Damaged Detection DNA » a permis de mettre en évidence un effet protecteur de l'ADN vis-à-vis de l'oxygène singulier généré par éclairage au bleu de méthylène.

Des effets protecteurs ont été aussi prouvés au niveau des deux mécanismes de la peroxydation lipidique.

Pour le mécanisme non enzymatique qui entraîne la détérioration des cytomembranes, ils ont été appréciés en cultures cellulaires (kératinocytes humains normaux et fibroblastes murins lignée L 929) selon une approche biochimique d'évaluation de l'activité d'une enzyme : la lactate deshydrogénase. La présence de cette enzyme cytoplasmique dans le surnageant des cultures prouve sa libération et traduit donc l'altération des membranes des cellules.

Les cultures cellulaires ont été soumises à trois systèmes peroxydatifs différents : (1) le système hypoxanthine-xanthine oxydase qui génère des anions superoxydes et du peroxyde d'hydrogène, (2) l'action du *t* butyl hydroperoxyde en présence d'ions ferreux qui génère des radicaux alkoxydes et (3) l'irradiation par les UVA qui libère de l'oxygène singulet et des radicaux hydroxydes.

Les extraits de *Cystoseira* ont été incorporés à raison de 2 % et 4 % selon trois modalités : avant l'agression, pendant l'agression et avant et pendant l'agression. Ces extraits montrent dans tous les cas un effet protecteur vis-à-vis des différentes formes réactives de l'oxygène généré.

Pour le mécanisme enzymatique de la peroxydation lipidique, qui déclenche les phénomènes inflammatoires, les effets protecteurs ont été appréciés à l'aide de dosages spectrophotométriques.

Les extraits algaux agissent à deux niveaux du processus inflammatoire en inhibant à la fois la phospholipase A2 ce qui bloque la production d'acide arachidonique et la 5-lipoxygénase ce qui bloque la synthèse des leucotriènes.

Les extraits de *Cystoseira amentacea* variété *stricta* représentent donc des actifs cosmétiques à revendications remarquables pour la lutte contre les altérations de l'ADN induites par l'oxygène singulet et pour la lutte contre la lipoperoxydation à la fois au niveau cellulaire et au niveau des processus inflammatoires.

Optimisation de la composition d'un milieu de culture pour une nouvelle souche de Cyanobactérie

Christelle SOUBIE & Max PELLEGRINI

*Laboratoire de Biologie Marine Fondamentale et Appliquée,
Faculté des Sciences de Luminy,
13288 Marseille Cedex 09, France*

Dans le but d'optimiser la production d'une nouvelle souche de cyanobactérie filamenteuse riche en protéines, nous avons abordé la mise au point d'un milieu de culture. L'analogie de structure avec le genre *Spirulina* nous a conduits à choisir le milieu de Zarrouk (1966) comme référence.

Pour définir l'influence des 11 paramètres de ce milieu sur la biomasse, nous avons utilisé une matrice d'Hadamard pour laquelle tous les paramètres sont fixés à deux niveaux. Un niveau correspond aux teneurs des sels minéraux du milieu de Zarrouk, l'autre a été défini en dosant ces mêmes sels dans le milieu naturel où a été prélevée la cyanobactérie.

L'analyse des résultats révèle l'influence prépondérante de 6 paramètres : NaNO_3 (32 %), FeSO_4 (21 %) ; K_2SO_4 et K_2HPO_4 (13 %) ; A5 (8 %) et B6 (7 %).

L'optimisation de ces paramètres sur la biomasse, les teneurs en chlorophylle *a*, en caroténoïdes et en protéines a été poursuivie en utilisant deux matrices de Doehlert qui permettent l'analyse des surfaces de réponses.

Les résultats, traités par une régression multilinéaire grâce au logiciel NEMROD, nous ont permis de définir un milieu de culture qui augmente de près de 50 % la synthèse en protéines par rapport au milieu de Zarrouk en réduisant les teneurs en bicarbonate, sulfate de fer et celles des solutions A5 et B6. Les concentrations en nitrate de sodium et en sulfate et phosphate de potassium doivent être doublées.

L'optimisation du milieu sera poursuivie en analysant l'influence des 11 éléments traces regroupés dans les solutions A5 et B6.

RÉFÉRENCE

ZARROUK, C., 1966 — Contribution à l'étude d'une cyanophycée. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch. et Gardner) Geitler. Thèse Doctorat ès Sciences appliquées, Université de Paris.

Modification du fluorimètre modulé FMS1 (Hansatech) permettant son emploi sur des cultures de microalgues non concentrées

*Malko REICH, Jean-Luc MOUGET & Gérard TREMBLIN
Laboratoire de Physiologie et Biochimie Végétales – EA 2663 ISOMer –
Université du Maine, 72085 Le Mans Cedex 9. France*

La fluorimétrie modulée est une méthode d'étude de la photosynthèse basée sur la ré-émission de lumière par la chlorophylle excitée (fluorescence). Ces mesures présentent l'avantage d'être non invasives et très reproductibles. Elles apportent des renseignements sur les mécanismes fins de la photosynthèse *in vivo*. Parmi les instruments disponibles, le fluorimètre modulé Hansatech FMS-1, compact et économique, offre l'avantage de proposer une gamme étendue d'éclaircements en lumière blanche, notamment au niveau des faibles éclaircements. En revanche, conçu pour être utilisé sur des plantes supérieures, cet appareil équipé d'une fibre optique n'est pas assez sensible pour réaliser des mesures directement sur des cultures de microalgues.

Nous avons donc développé pour cet instrument une platine de mesure adaptée aux microalgues. Les tests effectués avec trois espèces de microalgues ont montré que l'instrument est 4 fois plus sensible grâce à cette extension. Il permet d'effectuer des mesures sur des cultures de microalgues contenant de faibles quantités de chlorophylle *a* (supérieures à 27 µg par litre). Il a été vérifié que la résolution de l'instrument demeure constante sur une large gamme de concentrations en chlorophylle *a*.

Afin de valider cette modification, nous avons effectué des mesures conjointes de photosynthèse par oxymétrie et fluorimétrie sur une gamme d'éclaircements comprise entre 0 et 1 000 µmol photons. m⁻². s⁻¹. Pour cela, nous avons utilisé quatre microalgues et une cyanobactérie, cultivées sous deux niveaux d'éclairement (75 et 350 µmol photons. m⁻². s⁻¹). Les données expérimentales obtenues ont été ajustées à l'aide des équations différentielles de Eilers et Peeters (1988). Les résultats montrent que l'activité photosynthétique maximale (P_{\max}) et le taux de transport d'électrons relatif maximal ($rETR_{\max}$) sont bien corrélés sur la première partie de la gamme d'éclaircements, jusqu'à environ 300 µmol photons. m⁻². s⁻¹ (R^2 supérieur à 0,71 dans tous les cas). Toutefois, cette corrélation disparaît aux éclaircements élevés, en raison d'une forte photo-inhibition mise en évidence par fluorimétrie mais qui n'apparaît pas en oxymétrie.

Les différences observées aux forts éclaircements pourraient être dues à une répartition différente de la lumière dans les deux enceintes de mesure. Pour confirmer cette hypothèse, un système permettant de coupler l'oxymétrie et la fluorimétrie est en cours de réalisation, de manière à effectuer simultanément les deux mesures dans la même enceinte.

RÉFÉRENCE

EILERS P.H.C., PEETERS J.C.H., 1988 — A model for the relationship between light intensity and the rate of photosynthesis in phytoplankton. *Ecological Modelling* 42 : 199-215.