

# DIATOMANIA

FEUILLE DE CONTACT DE L'ASSOCIATION  
DES DIATOMISTES DE LANGUE FRANCAISE  
(ADLaF)



(Encyonema minutum, Saulx à Stainville - Lorraine, France, août 2005)

Formes tératologiques chez les diatomées

N°10 - septembre 2006

Editeur : Frédéric RIMET\*,  
Reproduction et diffusion : Frédéric RIMET\*, Jean Claude DRUART\*\*

\* Direction Régionale de l'Environnement - Lorraine  
19 avenue Foch, BP 60223  
F-57005 Metz  
[frederic.rimet@lorraine.ecologie.gouv.fr](mailto:frederic.rimet@lorraine.ecologie.gouv.fr)

\*\* INRA - Station d'Hydrobiologie lacustre  
75, Avenue de Corzent - BP 511  
F-74203 THONON-les-BAINS

## ASSOCIATION DES DIATOMISTES DE LANGUE FRANÇAISE

Siège social :

Station d'Hydrobiologie Lacustre

75 avenue de Corzent, B.P. 511

F - 74203 THONON-les-BAINS (France)

<http://perso.club-internet.fr/clci/diatom-ADLaF.htm>

Adresse postale :

INRA - Station d'Hydrobiologie Lacustre, J.C. DRUART

75, Avenue de Corzent - BP 511 F-74203 THONON LES BAINS Cedex

Présidence : RINCE Yves ISOMer/Laboratoire de Biologie marine Faculté des Sciences et des Techniques Université de Nantes 2, rue de la Houssinière BP 92208, 44322 Nantes cedex 3, France Tel. 02.51.12.56.54 Yves.Rince@isomer.univ-nantes.fr	Vice-Présidence : Luc ECTOR CRP-GL CREBS 41, rue du Brill, L-4422 Belvaux, Luxembourg Tél. : +352-47.02.61.421 Tél. : +352- 47.02.64 ector@lippmann.lu
Trésorier : Jean Claude DRUART INRA - SHL BP 511 - 75, av. de Corzent F-74203 Thonon-les-Bains Cedex, France Tél. : 04.50.26.78.15 Fax : 04.50.26.07.60 druart@thonon.inra.fr	Secrétaire : Frédéric RIMET Direction Régionale de l'Environnement - Lorraine 19 avenue Foch, BP 60223 F-57005 Metz, France Tel: (0033) 03-87-39-99-59 frederic.rimet@lorraine.ecologie.gouv.fr
Secrétaire adjointe Juliette TISON Cemagref groupement de Bordeaux 33612 CESTAS Gazinet, France tel : 05 57 89 26 93 juliette.tison@bordeaux.cemagref.fr	Secrétaire adjoint Bart VAN DE VIJVER Jardin Botanique de Belgique Département de Bryophytes & Thallophytes Domein van Bouchout B-1860 Meise, Belgique vandevijver@br.fgov.be
Editeur de Diatomania : Frédéric RIMET Direction Régionale de l'Environnement - Lorraine 19 avenue Foch, BP 60223 F-57005 Metz, France Tel: (0033) 03-87-39-99-59 frederic.rimet@lorraine.ecologie.gouv.fr	Reproduction et Diffusion : Jean Claude DRUART INRA - SHL BP 511 - 75, av. de Corzent F-74203 Thonon-les-Bains Cedex, France Tél. : 04.50.26.78.15 druart@thonon.inra.fr

DIATOMANIA N°10 - SEPTEMBRE 2006

## SOMMAIRE

Sommaire .....	3
Editorial par Y. Rincé .....	4
Comptes de gestion de l'ADLaF Année 2005 par J.C. Druart.....	5
Compte-rendu du 24 <sup>me</sup> colloque de l'ADLaF, Bordeaux, 6-8 septembre 2005 par J. Tison, M.H. Montel & M. Coste .....	6
Parution d'ouvrages et de thèses.....	14
Sites Internet .....	17
Les formes tératologiques chez les diatomées.....	18
1. Introduction par OC. Esguerra, L. Rivognac, A. Georges & M. Horn	18
2. Anomalies morphologiques en conditions de stress métallique par S. Morin, T. Duong & M. Coste.....	37
3. Impacts d'un hydrocarbure, le fluoranthène, sur les assemblages de diatomées benthiques et la morphologie de leur frustule en microcosme par F. Rimet & L. Ector .....	42
4. Effets des pollutions métalliques sur les diatomées par l'étude des formes tératologiques au niveau de rivières du bassin Artois-Picardie par F. Peres & M. Coste.....	48
5. Les frustules déformés de diatomées benthiques et les pesticides : Le cas des pollutions agricoles dans les coteaux de Gascogne (Sud-Ouest de la France) par T. Debenest, M. Coste, F. Delmas & E. Pinelli .....	62
Cotisation 2006 - Modalités de règlement -.....	66
Annonces .....	67
Colloques .....	68
Plaquette de présentation de l'ADLaF .....	69

## Le mot du président (2006)

Chers amis diatomistes,

Notre association s'apprête à vivre son 25ème Colloque et ce sont nos collègues de la région de Normandie qui oeuvrent pour le succès de la rencontre. Nous les en remercions.

Toutefois il ne faudrait pas que l'on s'en remette strictement à l'efficacité de quelques uns, la vie d'un groupe est la somme des apports de chacun de ses membres et il est essentiel que chacun ait à cœur de fournir une contribution significative. Soucieux de l'avenir de notre entreprise « ADLaF » je me permets de vous rappeler que trois types d'action se complètent dans ce but : dans le respect de nos statuts, assurons la survie matérielle de l'association en nous acquittant de nos cotisations ; dans l'esprit de convivialité et de sérieux qui nous anime, faisons état de nos préoccupations professionnelles et partageons nos savoir-faire ; enfin, sûrs que notre association mérite de poursuivre son action, faisons la connaître pour y accueillir de nouveaux membres.

Si vous montrez à des interlocuteurs intéressés notre nouvelle plaquette et votre collection de Diatomania, il ne fait aucun doute que la visite de notre site Internet enfoncera le clou et que l'effectif des membres de l'ADLaF s'étoffera spectaculairement !

Merci à tous ceux qui ont contribué à ces réalisations. Bon Courage et merci à ceux qui préparent communications et affiches pour le Colloque de Caen. Soyez tous assurés de mes sentiments dévoués et amicaux.

Yves Rincé

**COMPTES DE GESTION DE L'ADLAF  
ANNEE 2005**

par J.C. DRUART  
INRA, 75 av. de Corzent, BP 511, F-74203 Thonon-les-Bains Cedex,  
druart@thonon.inra.fr

La situation financière de l'Association des Diatomistes de Langue Française pour 2005 est la suivante :

	Recettes	Dépenses
Report exercice antérieur	4597.85	
Cotisations 02 26.00		
" 03 39.00		
" 04 196.10		
" 05 891.30		
" 06 109.70		
" 07 4.20		
Total cotisations	1266.30	
Remboursement colloque Orléans	1600.00	
Frais divers de gestion (timbres, fournitures de bureau, photocopies )		277.85
Taxe CCP		1.00
Frais de change chèques étrangers		3.99
Maintenance WEB		76.22
Tirages Diatomania		168.00
Subventions colloque Bordeaux	4500.00	
Encaissements colloque Bordeaux	6397.75	
Dépenses colloque Bordeaux		7401.85
	-----	-----
	18361.90	7928.91
Solde au 31.12.05		10432.99
	-----	-----
	18361.90	18361.90
Compte CCP		10432.99
SICAV au 31/12/05		6283.76
		-----
Total en caisse au 31/12/05		± 16716.75

COMPTE-RENDU DU 24<sup>ÈME</sup>  
COLLOQUE DE L'ADLAF, BORDEAUX,  
6-8 SEPTEMBRE 2005

Par J. TISON, M.H. MONTEL, & M. COSTE  
Cemagref Bordeaux, 50 Avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex, France

Le 24<sup>ème</sup> colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF) s'est déroulé à l'Université des Sciences et Techniques à Talence (France) du 6 au 8 septembre 2005. Ce colloque a réuni plus de 70 scientifiques de 16 nationalités différentes provenant surtout de pays francophones (Belgique, Canada, France, Luxembourg, Suisse) mais également d'autres pays tels que l'Espagne, la Macédoine, l'Ukraine, l'Italie, le Maroc, le Mexique, la Pologne, le Portugal, le Sénégal, le Brésil, le Vietnam. Au total 28 communications et 34 affiches ont été présentées, portant sur des thèmes variés : taxinomie, diatomées fossiles, diatomées marines et diatomées d'eau douce (communautés diatomiques et biodiversité, écologie des diatomées et qualité de l'eau).

Les actes de ce colloque ne seront pas publiés, chaque participant est libre de proposer ses travaux dans une revue scientifique de son choix (bien que cette année nous ayons proposé d'orienter les publications vers la revue *Algological Studies*).

Ces journées d'échanges ont été riches et fructueuses. Au niveau systématique/taxonomie, plusieurs espèces nouvelles ont été décrites. Une méthodologie d'identification des diatomées assistée par ordinateur a également été présentée et semble être aussi novatrice que prometteuse.

Au niveau bio-indication et qualité de l'eau, des travaux intéressants ont été présentés concernant notamment l'utilisation des diatomées comme indicateurs des teneurs en métaux et en pesticides des eaux de rivières. C'est un domaine encore peu connu qu'il est important et urgent de développer.

L'originalité du colloque cette année a tenu à l'organisation d'une session « travaux en appui à la Directive Cadre sur l'Eau », suivie d'une table ronde. L'état d'avancement actuel quant à l'utilisation des diatomées pour la mise en place de la Directive (bio-typologie des cours d'eau, évaluation du bon état écologique) en France a d'abord été présenté, puis la table ronde a permis d'échanger positions et points de vues entre scientifiques et gestionnaires. Cela a permis de mieux cibler les enjeux sociétaux et les réponses concrètes attendues par les gestionnaires.

Il a été également intéressant au cours de cette session de confronter les approches des différents pays européens présents.

De façon générale, grâce notamment à l'aide du Ministère des Affaires Etrangères qui a permis à 3 étrangers de participer au colloque, et aux subventions de la DIREN Aquitaine et de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne qui nous ont permis d'acquitter certains participants des frais d'inscription, le niveau d'échanges entre les différents pays présents a été très bon. De nouveaux partenariats ont pu éclore, et certains participants n'ayant généralement pas les moyens d'assister à ce type de colloque ont pu rencontrer les meilleurs spécialistes.

Le transfert de connaissances des scientifiques seniors vers les jeunes scientifiques, un des buts de notre association et de ses colloques, a également été très satisfaisant (appui aux déterminations d'espèces en particulier).

Nous joignons ci-après le programme, la liste des participants ainsi que les résumés des interventions.

Titre des communications (Orales ou affiches) :

**Paléontologie**

Présidents de séance : Karen SERIEYSSOL et François STRAUB

Découverte de deux nouvelles diatomées fossiles dans la diatomite de Rio Maior (Portugal)  
CORNET C.

Les diatomées indicateur de l'évolution paléocéanographique de la Méditerranée au Messinien (Miocène supérieur)  
SAINT MARTIN S., MANSOUR B., SAINT MARTIN J.P., CONESA G.

Le milieu de dépôt des diatomées néogènes de Corse  
SAINT MARTIN J.P., SAINT MARTIN S., FERRANDINI J.,  
FERRANDINI M.

Les diatomées du Messinien des dépôts diatomitiques du Dahra sud occidental (bassin du Chélif, Algérie nord-occidentale)  
MANSOUR B., BESSÉDIK M., SAINT MARTIN J.P., BELKEBIR L.

Diatomées fossiles du lac Retba (Sénégal, Afrique de l'Ouest)  
SOW E., COMPÈRE P., SARR R.

Diatomées marines et saumâtres  
Présidents de séance : Simona Saint Martin et Yves Rincé

Etude comparée des diatomées dans le contexte de l'évaluation de la  
compétition trophique entre deux mollusques suspensivores  
DECOTTIGNIES P., BENINGER P.G., RINCÉ Y., BARILLÉ L.,  
COGNIE B.

Les diatomées pennées d'un écosystème côtier marocain : taxonomie et  
données écologiques  
CHAOUITE J., MONCEF M., RINCE Y.

Mise en évidence in vitro de relations allélopathiques entre espèces de  
diatomées des vasières de la baie de Bourgneuf-en-Retz  
POUVREAU J.B., RINCE Y., PONDAVEN P.

Participation du microphytobenthos au régime alimentaire du bécasseau  
d'Alaska (*Calidris mauri*)  
DECOTTIGNIES P., BENINGER P.G., ELNER R.W., RINCE Y., RIERA  
P.

Étude de la variabilité spatiale et temporelle des peuplements benthiques d'une  
vasière intertidale (Baie de Bourgneuf, France)  
MELEDER V., RINCE Y., BARILLE L.

Présidents de séance : Vona Méléder et Jean-Paul Saint Martin

Diatomées pennées du pack antarctique côtier : le genre *Cocconeis* Ehrenberg  
à Terre Adélie  
RIAUX-GOBIN C., ROMERO O.

Les diatomées centriques d'un écosystème côtier marocain : taxonomie et  
données écologiques  
CHAOUITE J., MONCEF M., RINCE Y.

La variabilité décennale des assemblages de diatomées de la partie sud du  
Courant de Californie au cours du siècle dernier  
ESPARZA ALVAREZ M.A., HERGUERA J.C., LANGE C.B.

Comparaison de la variabilité saisonnière des peuplements de diatomées  
benthiques d'une vasière silteuse et d'une vasière sableuse dans l'estuaire du  
Tage (Portugal)  
RIBEIRO L., JESUS B., BROTAS V., RINCÉ Y.

Etude de la biodisponibilité et de l'accumulation de métaux pour les  
microalgues cultivées sur eaux souterraines salées

GAGNEUX-MOREAU S., MOREAU C., COSSON R.P.

**Systematique, taxonomie**

Présidents de séance : Isabelle Lavoie et Bart Van de Vijver

Exercice annuel d'intercalibration et découverte des diatomées épilithiques particulières des rivières de la région du Limousin (Massif Central, France)

ECTOR L., BOUILLON P., BEY M.Y., BLANCO S., BOUILLON C., CHAVAUX R., GEORGES A., GUILLARD D., HORN M., LALANNE-CASSOU C., MONNIER O., OLIVESI R., PEETERS V., RIMET F., VANDEWALLE C., VIDAL H., VOISIN J.F., ZYDEK N.

Quelques observations sur *Urosolenia longiseta* (Syn. : *Rhizosolenia longiseta* Zacharias)

LE COHU R., TEN-HAGE L

IDAO : « Identification des Diatomées Assistée par Ordinateur »

RIVOGNAC L., GEORGES A., HORN M.

Nouvelles citations de diatomées centriques des rivières et lacs de la Péninsule Ibérique

KISS K.T., ÁCS É., ECTOR L., MIRACLE R.M., MORATA S.M., VICENTE E., CAMBRA J.

Présidents de séance : Catherine Gobin et Pierre Compère

Le genre *Gomphonema* sur les îles sub-antarctiques de l'Océan Indien

VAN DE VIJVER B., LE COHU R.

Distribution, écologie et expansion de *Didymosphenia geminata* dans le nord de l'Italie (Trentino)

CIUTTI F., CAPPELLETTI C., BELTRAMI M.E., MONAUNI C., POZZI S., RIMET F., ECTOR L.

Les diatomées de l'Île Macquarie (Océan Pacifique austral) : premiers résultats

VAN DE VIJVER B., BEYENS L., MCBRIDE P.

Diversité des espèces d'*Aneumastus* dans les lacs Ohrid et Prespa

LEVKOV Z., KRSTIC S., METZELTIN D., NAKOV T.

Les communautés diatomiques et cryophytiques des îles Marion et Prince Edward (Océan Indien sub-Antarctique)

VAN DE VIJVER B., BEYENS L., GREMMEN N.

Les genres *Achnanthes* et *Psammodictyon* de la famille des  
*Achnanthes* (*Bacillariophyceae*) : une réévaluation des critères  
 diacritiques

MONNIER O., LANGE-BERTALOT H., HOFFMANN L., ECTOR L.

*Fragilaria planctonica* (Hains & Sebring) nov. comb., inconnu et peu aimé...  
 VAN DE VIJVER B., SMITS M., LANGE-BERTALOT H., SIVER P.,  
 MORALES E., HAMILTON P.

Diatomées rares ou intéressantes des cours d'eau des Apennins (Italie)  
 TORRISI M., DELL'UOMO A.

#### Diatomées d'eau douce

Bio-indication et qualité de l'eau

Présidents de séance : Florence Peres et Didier Guillard

Essai de mise au point d'un indice diatomique pour évaluer la pollution  
 métallique des cours d'eau du Genevois (Genève, Suisse)

CHANSON F., CORDONIER A., NIREL P.

Dynamique de colonisation de communautés diatomiques soumises à une  
 contamination métallique sur le Riou-Mort (Aveyron, France)

MORIN S., VIVAS-NOGUES M., COSTE M., DUONG T.T., DELMAS F.,  
 BOUDOU A.

Evaluation de la qualité de l'eau dans les rivières méditerranéennes du bassin  
 du Duero (Espagne) au moyen des diatomées épilithiques

BLANCO S., HUCK V., MONNIER O., HERNANDEZ N., SANZ U.,  
 CAUCHIE H.M., BECARES E., ECTOR L.

Pollutions agricoles et diatomées benthiques - Essai de caractérisation et  
 d'évaluation des principaux impacts in situ : Application à quelques cours d'eau  
 de Gascogne

DEBENEST T., COSTE M., DELMAS F., GARDES N., DUBERNET J.F.

Présidents de séance : Salomé Almeida et Jean Bertrand

OMNIDIA version 4 : principales améliorations

LECOINTE C., COSTE M., PRYGIEL J.

Indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC) : comparaison avec les indices  
 européens

LAVOIE I., CAMPEAU S., DILLON P.J.

Analyses physico-chimiques et étude des diatomées des micro-zones humides :  
exemple de 9 mares du centre de la France  
MILOT E., BERTRAND J., RENON J.P., LEPILLER M.

Etude globale de la qualité des eaux d'un bassin versant occupé par  
l'agriculture (habitat et un centre d'enfouissement technique) (bassin de  
l'Enclos, Habay, Belgique)  
LECLERCQ L.

Bio-indication, écologie et qualité de l'eau des rivières  
Présidents de séance : Jessica Vizinet et Louis Leclercq

Communautés de diatomées des rivières de haute altitude sur substrats calcaire  
et siliceux (Trentino, Italie)  
CAPPELLETI C., CIUTTI F., RIMET F., ECTOR L.

Utilisation des diatomées pour l'évaluation de la qualité écologique des rivières  
des Açores  
GONÇALVES V., MARQUES H., ECTOR L.

Diatomées des cours d'eau des Pays de la Loire (France) et suivi annuel de la  
qualité biologique de 1999 à 2004  
GUILLARD D., ECTOR L.

Applicabilité des indices biotiques utilisant les diatomées dans la Région Sud  
du Brésil  
WETZEL C.E., LOBO E.A., ECTOR L.

Développement de l'Indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC) : étapes  
préliminaires  
LAVOIE I., CAMPEAU S., DILLON P., FALLU M.A.

Application de l'IPS et de l'IBD dans la région centre-nord du Portugal  
ALMEIDA S.F.P., CRAVEIRO S.C., CALADO A.J.

Présidents de séance : Anne Eulin et René Le Cohu

Evaluation de la qualité de l'eau de quatre ruisseaux urbains du District  
Municipal de Santa Cruz do Sul (RS, Brésil) au moyen des indices diatomiques  
WETZEL C.E., LOBO E.A., ECTOR L.

Les diatomées des cours d'eau d'altitude élevée du Trentino (Italie) : analyse  
quantitative  
BERTUZZI E., CANTONATI M.

Un indice de comparaison du statut écologique des communautés  
TISON J., GIRAUDEL J.L.

Contrôle de l'environnement du bassin hydrographique du Rio Pardo, RS,  
Brésil, au moyen de l'indice biologique de qualité de l'eau (BWQI)  
WETZEL C.E., LOBO E.A., ECTOR, L.

Le projet CRENODAT : Biodiversité et intégrité des sources du Trentino.  
Recherches écologiques à long terme  
CANTONATI M., GUELLA G., OSS CAZZADOR P., ANGELI N.,  
BERTUZZI E., LAZZARA M, SPITALE D.

Sensibilité des peuplements de diatomées aux changements de minéralisation  
de l'eau des rivières du Sud du Portugal  
NUNES S., NOVAIS N.H., MORAIS M.

Travaux en appui à la Directive Cadre sur l'Eau  
Présidents de séance : Mariacristina Torrisi et Jean Prygiel

Diatomées benthiques des rivières d'altitude supérieure à 800 m en Europe :  
caractérisation des principaux assemblages et correspondance avec les  
écorégions  
RIMET F., BERTUZZI E., CANTONATI M., CAPPELLETTI C., CIUTTI  
F., CORDONIER A., COSTE M., GOMÀ J., TISON J., TUDESQUE L.,  
VIDAL H., ECTOR L.

Apports scientifiques à la mise en oeuvre de la DCE en France à l'aide du  
compartiment des diatomées benthiques : Etat d'avancement  
DELMAS F., TISON J., PARK Y.-S., WASSON J.-G., COSTE M.

Table ronde et discussion sur le thème « Les diatomées en appui à la Directive  
Cadre européenne sur l'Eau (DCE) »

Bio-indication, floristique et écologie  
Présidents de séance : Colette Cornet et El Hadji Sow

Etude de la flore des diatomées épilithiques de la Rivière de l'Est (Île de la  
Réunion) : diagnostic de la qualité biologique et inventaire taxinomique  
EULIN-GARRIGUE A., BIELSA S., FRANCISCO P., ECTOR L.

Evaluation de la qualité biologique de quelques cours d'eau de Haute-Loire  
(Bassins versants de l'Allier, de la Loire et du Lignon) par l'étude des diatomées  
benthiques - Suivi de 1999 à 2004  
PERES F., BEYELER L., COSTE M.

Comparaison des bio-indicateurs pour la qualité d'eau dans un système naturel de rivières

SMITS M., BERVOETS L., VAN DE VIJVER B.

Dynamique des populations diatomiques d'une mare

BERTRAND J., MILOT E., RENON J.P., GAVANT S.

Diversité et répartition des diatomées au Luxembourg : le cas des ruisseaux des régions gréseuses

MONNIER O., FERREOL M., RIMET F., DOHET F., CAUCHIE H.M., ECTOR L.

Présidents de séance : Jamila Chaouite et Olivier Monnier

Flore diatomique du Parc Naturel des lacs de Ruidera, Castilla-La Mancha, Espagne

MARIN J.P., ABOAL M.

Etude du broutage des diatomées par le peuplement zooplanctonique du lac-réservoir Al Massira, Maroc

MOKHLISS K., MONCEF M.

Les diatomées, marqueurs biologiques ?

GEORGES A., HORN M.

Ecologie des diatomées benthiques du Lac Prespa, Macédoine

LEVKOV Z., BLANCO S., KRSTIC S., NAKOV T., ECTOR L

Effet de l'impact urbain sur les communautés épilithiques de diatomées dans les ruisseaux au Sud du Brésil

Wetzel C.E., Lobo E.A., Ector, L.

Effets à court terme des paramètres physico-chimiques sur les assemblages de diatomées dans trois rivières du Vietnam, parallèlement à une étude prolongée de leur cinétique de colonisation

DUONG T.T., COSTE M., FEURTET-MAZEL A., DANG D.K.

Nouvelles données pour la connaissance des diatomées d'eaux douces des Açores

GONÇALVES V., ECTOR L.

Contrôle de la qualité des eaux courantes au moyen des diatomées en Espagne : bassin hydrographique du Nord

ECTOR L., ORTIZ R., HUCK V., CAMBRA J., MIRANDA BRAGA A., RODRÍGUEZ ROMERO J.

PARUTION D'OUVRAGES ET DE  
THESES

Ouvrages :

Iconographia Diatomologica

Annotated Diatom Micrographs. Edité par Horst Lange-Bertalot: Volume 16: Levkov, Zlatko, Svetislav Krstic, Ditmar Metzeltin and T. Nakov: Diatoms of Lakes Prespa and Ohrid (Macedonia) 2005. 2650 figures (Microscope optique & électronique) sur 242 planches. 649 p.

(ISBN 3-906166-43-0) (ISBN 978-3-906166-42-1)

Chapitres :

Abstract

Quickfinder for the plates

Introduction

Material, methods and investigated area

Observations

New Combinations

Characteristics of diatoms from Lake Prespa and Ohrid

Acknowledgements

References

Index of Taxa.

Les Lacs Prespa et Ohrid appartiennent à ces anciens lacs d'origine tectonique oligomictiques profonds, qui ont une forte proportion d'espèces endémiques et qui sont aussi considérés comme centres de spéciation. Cet ouvrage présente les résultats de trois ans de travail taxonomique. Au total, 450 taxons sont présentés, 78 sont décrits comme nouveaux (dont 1 genre, 73 espèces et 4 variétés), de nouvelles combinaisons ou des changements de statuts pour 9 taxons sont donnés. La présence d'espèces reliques est confirmés (cf. *Navicula turris* Hustedt ).

Bibliotheca Diatomologica

Volume 052: De Stefano, Mario and Oscar Romero: A survey of alveolate species of the diatom genus *Cocconeis* (Ehr.) with remarks on the new section *Alveolatae*. 2005. 35 planches. 5 tableaux. 132 p. 49.00 EURO

Une étude morphologique et ultrastructurale de 11 espèces marines de *Cocconeis* de la section des *alveolatae* et une description de deux nouvelles espèces et d'une nouvelle variété, utilisant la microscopie optique et électronique.

### Autres séries

Vaclav HOUK: Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions, Part I. Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. 29 EUR

Palacky University Press, Biskupske nam. 1, CZ-771 11 Olomouc, République Tchèque. Fax: +420 585 631 786, e-mail: [prodejna@vupnw.upol.cz](mailto:prodejna@vupnw.upol.cz)

Loir, Maurice 2004. Guide des Diatomées. Delachaux et Niestlé collection Les guides du naturaliste. 240 p. 35 EURO. (ISBN 2603014773).

Ognjanova-Rumenova, N, Manoylov, K (Editeurs). 2006. Fossil & Recent Phycological Studies. Advances in Phycological Studies. Festschrift in Honour of Prof. Dobrina Temniskova-Topalova. 284 p. 150 \$ (ISBN: 9546422606). Ce volume regroupe 25 articles, sur différents aspects de la phycologie dont la taxonomie, la paléoécologie, la physiologie, et l'écologie de différents groupes algaux. 14 nouveaux taxons de diatomées sont décrits et un nouveau genre est défini (Hyalosigma).

### Thèse

J. Tison : Utilisation de la modélisation neuronale et des caractéristiques des communautés diatomiques pour la bio-évaluation de l'état écologique des cours d'eau et l'accompagnement de leur restauration.

Le 7 avril 2006 à Bordeaux, Cemagref.

Mot-clés : Etat écologique des rivières, diatomées, écorégions, Directive Cadre sur l'Eau, réseaux artificiels de neurones.

### Résumé :

Notre méconnaissance des paramètres de la variabilité naturelle des communautés diatomiques nous amène à commettre des erreurs d'appréciation du statut écologique des cours d'eau. En France, un jeu de paramètres abiotiques tels que le climat, la géologie ou l'altitude a permis de diviser l'hydrosystème en hydro-écorégions homogènes. Mais dans quelle mesure cette classification typologique des cours d'eau rend-elle compte de la variabilité naturelle des communautés diatomiques ? Et quelle est la réponse de ces communautés à l'anthropisation ? Ce sont ces questions auxquelles ce travail tente d'apporter des réponses. Après une première étude « test » menée sur le bassin Adour-Garonne, plus de 800 relevés diatomiques répartis sur l'ensemble de l'hydrosystème français ont été étudiés. La variabilité naturelle des diatomées dans ces jeux de données semble liée à la géochimie de l'eau ainsi qu'au contexte altitudinal, et par conséquent les hydro-écorégions se révèlent être un bon cadre explicatif. PH, altitude et distance aux sources se sont ainsi révélés être de bons paramètres de prédiction de la flore naturelle attendue. L'anthropisation a semblé induire une banalisation des flores, les espèces à fort pouvoir typologique disparaissant sous le cortège des espèces résistantes.

Classification et prédiction ont été réalisés à l'aide de réseaux de neurones artificiels (cartes auto-organisantes et rétro-propagation). Enfin, l'utilité des indices de similarité, en tant que mesures des changements intervenus dans la composition des communautés, a été explorée afin de quantifier l'évolution du statut écologique d'une rivière le long d'un gradient d'anthropisation. Ces travaux préliminaires ont permis la mise au point d'un indice tenant compte de la « similarité écologique » entre les espèces. L'ensemble de ce travail, initié lors du programme européen de recherche PAEQANN, a été soutenu par le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Direction de l'Eau, dans le cadre de la mise en place de la Directive Cadre sur l'Eau.

SITES INTERNET
----------------

Projet eurEAUForm@ :

<http://www.ulg.ac.be/cifen/inforef/projets/eureauforma/index.htm>

Objectifs :

- Créer un module de formation continue dans le domaine de l'éducation environnementale.
- Favoriser une approche globale et une action solidaire à l'échelle européenne.
- Promouvoir l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans les processus de formation.

Logiciels du projet eurEAUForm@ :

[http://www.ulg.ac.be/cifen/inforef/projets/eureauforma/vallee\\_ouils.htm](http://www.ulg.ac.be/cifen/inforef/projets/eureauforma/vallee_ouils.htm)

- Clé de détermination des diatomées
- Clé de détermination des invertébrés
- Logiciel de simulation VirtVal

Programme eurEAU@ctions :

<http://www.ulg.ac.be/cifen/inforef/expeda/eureau/index.html>

Ce projet a pour but d'introduire dans les écoles secondaires des outils innovants et des nouvelles technologies centrées sur l'EOD pour développer des actions citoyennes quant à la gestion de l'eau.

Outils du programme eurEAU@ctions :

<http://www.ulg.ac.be/cifen/inforef/expeda/eureau/ouils.html>

Outils de formation

Outils de documentation

Outils pour la collecte, l'analyse et le traitement des données

Outils d'échange et de diffusion des résultats

## LES FORMES TERATOLOGIQUES CHEZ LES DIATOMEES

### 1. Introduction

O.C. ESGUERRA\*, L. RIVOGNAC\*\*, A. GEORGES\*\* & M. HORN\*\*

\*Antiguo Callejon de los Mendoza n°8, El Pueblito, Corregidora, Queraro, Mexico, CP, 76900, Mexique.

\*\*Diren Basse-Normandie, Avenue de Tsukuba, CITIS le Pentacle, F-14209 Hérouville Cedex, France.

Les facteurs environnementaux comme la lumière, les nutriments (Boyd et al. 2000, Coale et al. 1966a température, le pH, et les niveaux de pollution et d'eutrophisation jouent un rôle très important dans le développement et la répartition des diatomées, ce qui en fait un bon indicateur de l'environnement. (Licursi & Gomez, 2002). L'utilisation des diatomées comme indicateur de la qualité des cours d'eaux est ancienne et de nombreux auteurs ont proposé différentes méthodes. Il existe une norme française, AFNOR (NF T90-354) qui décrit les conditions de prélèvement et de calcul d'un Indice Biologique Diatomée (IBD) qui permet d'indiquer le niveau de pollution global des cours d'eau. L'utilisation des diatomées comme bioindicateur a certains avantages : elles se trouvent dans presque tous les de milieux. (Rumeau & Coste, 1988, Garcia & Metzeltin), leur prélèvement est facile, le matériel utilisé pour la préparation des échantillons peut être conservé et permet une distribution à différents laboratoires (Rumeau & Coste, 1988). Ces algues sont relativement physiquement et chimiquement résistantes grâce à leurs squelette en silice ou frustule : le frustule est rarement détériorée lors du décollement des diatomées benthiques du substrat où elles sont fixées. Le frustule de silice est caractérisé par sa résistance a la détérioration et il peut être conservé à travers le temps comme matériel fossile, cela permet de réaliser des études paléolimnologiques de l'évolution de la qualité des eaux, en étudiant le matériel fossilisé qui se trouve dans les sédiments (Koster, 2004, Roberge et al 2002, Anonyme).

Lors des observations réalisées pour les déterminations de l'IBD, des formes anormales de frustules peuvent être observées. Ces déformations sont signalées dans différentes études mais pas nécessairement en relation avec la globale pollution du milieu (niveaux trophique et saprobique) ni avec les résultats de l'IBD (Cooper et al, Echenique & Guerrero, 2004, Fore & Grafe 2002, Gomez & Licursi 2003, St-Cyr et al 1997, Wolowicz, Coste 1978, Cremer & Wagner, 2004, Mayama & Kuriyama, 2002). Les formes anormales se présentent par une distorsion de l'ornementation et la perte de symétrie du frustule (Mc Laughlin & Robert, 1988, Wolowicz, Amato et al 2005).

La tératologie selon le Dictionnaire de l'Académie Française est définie comme la "partie des sciences naturelles qui traite les monstruosité organiques" Cela veut dire que la tératologie traite toutes les formes anormales

monstrueuses des organismes vivants (animal ou végétal). Le terme tératologique a été utilisé pour première fois par Miquel (1890) pour désigner les anomalies des frustules trouvées dans les cultures des diatomées en relation avec la composition chimique des milieux utilisés.

L'étude des formes anormales n'est pas nouvelle, les études plus anciennes remontent à l'année 1890 avec les observations de Miquel (1890), Cox (1988), et Van Heurck (1896), actuellement les formes tératologiques trouvent un intérêt majeur pour une application écologique.

Un bon nombre d'études ont été réalisées sur ce sujet, l'identification des formes anormales en milieu naturel est plus systématique. On s'intéresse plus aujourd'hui aux conditions d'apparition des formes anormales en milieu contrôlé et à l'induction des formes tératologiques par l'exposition à substances chimiques potentiellement toxiques (Miquel, 1980).

Les formations anormales sont induites par un stress au moment de la formation des valves. Ce stress peut être causé soit par des conditions environnementales extrêmes, c'est à dire des changements de température (Antoine & Benson-Evans 1986), de l'acidité de l'eau (Gensemer et al. 1993, 1995), de l'augmentation de l'intensité du rayonnement UV (Cabrol et al., 2004), soit par la limitation des nutriments surtout de la silice. (Lynn et al. 2000, Booth & Harrison 1979., Gordon & Drum, 1994., Kling, 1992, Kling, 1993), et la détérioration des milieux de culture dans le temps (Amato et al., 2005, Estes & Dute, 1994) ou encore une modification de la salinité (Hakenssoff & Chepurnov, 1999) ou simplement un problème dans le processus de reproduction (Geissler 1984, Schmid, 1997) .

Une autre cause possible de déformations est liée à la pollution des cours d'eau ou l'altération chimique des milieux de culture. L'augmentation de la concentration des oligo-éléments qui deviennent toxiques pour les organismes, l'augmentation de l'eutrophisation du milieu (Murakami & Kasuya 1993, Takano & Kikuchi 1985.), les effets des pesticides et des hydrocarbures comme le fluorenthène (Rimet, 2004), des drogues et polluants (Delmas et al., Schmid 1980, Szabo et al. 2005,). Très fréquemment on trouve dans la littérature une relation avec la pollution par les métaux lourds comme : Cd, Cu, Pb, As, Fe, Hg, Zn, (Berland et al. 1980, Besch et al. 1970, Carter, 1990, Dickman, 1998, Mc Farland et al, 1997, Gomez & Licursi, 2003, , Cattaneo et al. 2004, Gold et al. 2003, Estes. & Dute, 1994, Gold et al. 2002., Gold 2003 b, Morin et al, en cour de publication, Morin et al, en cour de publication b, Nunes et al 2003, , Peres 1999, Ruggiu et al. 1998, Szabo et al. 2005) certains mettent en cause l'effet de la radioactivité (Sirenko & Shevchenko 1999).

Certaines espèces montrent des formes anormales plus ou moins fréquentes en relation avec la tolérance en milieu pollué, on peut trouver des formations anormales tant pour les espèces polluo-tolérantes (celle-ci sont plus fréquentes parce qu'elles peuvent se trouver dans milieux plus pollués) comme pour les

espèces les moins tolérantes à la pollution (Admiral et al. 1999,, Almeida 1998, Almeida & Gil 2001,, Barranguet et al. 2002, Berland & Chretiennot-Dinet, 1984, Berland et al. 1980, Cunnongham et al. 2003, Guasch et al. 1999, Guerrini et al. 2000, Hirst et al. 2002, Lehmann et al. 1999, Monteiro et al. 1995, Morel et al. 1978, Sabater 2000).

Le tableau suivant présente les espèces pour lesquelles des formes tératologiques ont été trouvées.

Taxon	Type de formation tératologique#	Causes		Reference bibliographique
		Environnementales	Pollution	
<i>Achnanthydium biaolettianum</i>	Déformation du frustule		Fluoranthène	99
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	Diminution de taille		HA (huile anthracénique)	33
			TCE ( Trichloréthylène)	
			Pollution métallique	11
			Pollution par Cu et Zn	22
	Formes anormales		Pollution par Cu	21
Formes anormales		Pollution métallique Pb, Cd, Zn	41	
<i>Achnanthydium saphyphila</i>	Déformation du raphé		Pollution par Cd	85
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> f. <i>costata</i>	Formations anormales dans le modèle de striation et raphé.		Drogues APM (Anti-microtubule herbicide Amiprophosmethyl) Colchicine Stress osmotique	109
<i>Asterionella</i> sp.	Formes anormales	Hauts ou bas niveaux de pH, Parasitisme, Reproduction Conditions extrêmes de lumière et température Changements génétiques	Hauts niveaux de pollution	6

Asterionella formosa	Diminution de taille, et formations anormales.		Pollution par Cu, Fe et Zn	22
Asterionella ralfsii var americana	Diminution de taille	pH bas et augmentation de la concentration de Al entraînant une limitation dans l'absorption de Si		47
	Modification de la morphologie de frustule			63
	Diminution de taille	Limitation du Si et augmentation concentration du P.	48	
Asterionella japonica	Formes tératologiques du frustule		Pollution par Cu et Zn	38
Asterionellopsis sp.	Formes anormales	Limitation de silice		115
Amphora sp.	Formes anormales	Limitation de silice		115
Bacillaria sp.	Formes anormales	Limitation de silice		115
Brachysira vitrea	Diminution de taille		Pollution Cu, Zn	22
Centronella reicheltii	Absence de symétrie au centre de la valve	Formation de l'auxospore	Eutrophisation	37,108
Fragilaria arcus	Interruption des stries et du raphé, déformation du frustule	Variations de température et lumière		8
Encyonema minutum (=Cymbella ventricosa)	Modèle anormal de striation	Température et lumière		8
Cyclotella sp.	Formes anormales		Pollution métallique Cd, Cu, Pb	119
Discostella stelligera	Modèle anormal de striation	Problème de silification		54
Cyclotella pseudostelligera	Double centre et modèle anormal de striation	Stress osmotique et forte concentration en sels		59
Cyclotella meneghiniana	Forme anormale du frustule		Pollution par Cd	85
			Métaux	86
			Pollution par le Cyanide et les métaux	119
Cyclotella atomus	Forme anormale du frustule		Pollution par Cyanide et métaux	119
Cocconeis sp.	Forme anormale du frustule		Pollution métallique Cd, Cu, Pb	119

Cocconeis placentula	Modèle anormal de striation et d'ornementation de la frustule	Modifications génétiques dues à différents changements environnementaux. Et haut niveau de radiation UV		8
	Diminution de taille		HA (huile anthracénique) TCE ( Trichloréthylène	33
	Formation anormale dans le frustule		Pollution métallique Cd, Ar, Pb, Hg	91
Cocconeis pediculus	Formation anormale dans le frustule		Pollution par Cd	85
Discostella pseudostriata (=Cyclotella Pseudostelligera)	Formation anormale dans le frustule		Pollution par Cyanide et métaux	119
Coccinodiscus sp.	Modèle anormal de striation, perte d'aréoles centrales et de la paroi.	Limitation de Si		16
Diatoma sp.	Formation anormale dans l'ornementation et le modèle de striation.	Conditions environnementales	Pollution métallique	66
	Formes anormales	Hauts ou bas niveaux de pH, Parasitisme, Reproduction Conditions extrêmes de lumière et de température Changements génétiques	Hauts niveaux de pollution	6
Diatoma tenuis (=Diatomaelongatum var. tenuis)				27
Diatoma vulgare				27
	Formation anormale dans l'ornementation et le modèle de striation.		Pollution métallique	66
Diatoma elongatum	Interruption de stries et raphé, déformation de frustule	Température et lumière		8
Didymosphenia geminata	Modèle anormal de striation	Température et lumière		8
Encyonema minutum	Formation anormale		Pollution Cd	84
Eunotia spp.	Modèle anormal de striation		Sels de Cu	20
	Formations anormales		Pollution par Cu et limitation de Si.	22
Eunotia exigua			Pollution métallique et autres substances	14

Eunotia bilunaris	Formation anormale		Pollution Cd, Cu, Pb	9
Eolimna minima	Forme anormale du raphé		Pollution par Cd	85
Fragilaria spp.	Formes anormales	Hauts ou bas niveaux de pH, Parasitisme, Reproduction Conditions extrêmes de lumière et de température Changements génétiques	Hauts niveaux de pollution	6
	Déformation dans le frustule		Pollution Cd	85
	Déformation dans le frustule		Metaux	86
	Formations anormales		Pollution Cd, Cu Pb	9
Fragilaria vaucheriae				27
	Déformation du frustule	Température et lumière		8
Fragilaria tenera			Pollution métallique	30
	Formations anormales		Pollution par Cu et limitation de Si	22
Fragilaria virescens			Sels de Cu	20
Fragilaria capucina	Frustule asymétrique	Conditions environnementales	Pollution métallique	36
	Déformation des valves		Métaux Cd, Cu, Fe Pb, Zn	79
	Formations anormales		Pollution par Cd	50
Fragilaria capucina vaucheriae			Pollution Cd, Ar, Pb, Hg	91
	Déformation des valves		Métaux Cd, Cu, Fe Pb, Zn	79
Fragilaria capucina Rumpens	Formations anormales		Pollution par Cu et limitation Si	22
	Asymétrie du frustule		Pollution métallique	88
	Formations anormales		Pollution métallique Cd, Pb, Zn.	41
Fragilaria pulchella	Formation anormale		Pollution Cd, Ar, Pb, Hg	91
Fragilaria crotonensis	Formation anormale		Pollution Cd, Ar, Pb, Hg	91
	Formation anormale		Pollution Cd, Cu, Pb	9
	Formation anormale		Pollution métallique Cd, Pb, Zn	41
Fragilaria capucina gracilis	Formation anormale		Pollution par Cd	38
	Ondulation de valve		Pollution métallique	52
Gomphonema olivaceum	Formation anormale		Fluoranthène	99

Gomphonema parvum	Formation anormale		Fluoranthène	99
	Formation anormale dans le raphé		Pollution par Cd	85
	Modeles de striation anormales		Augmentation de la concentration de N	107
	Diminution de taille		Pollution Cd	84
Gomphonema truncatum	Formation anormale		Pollution par Cd, Ar, Pb, Hg	91
Hippodonta costulata	Formation anormale		Fluoranthène	99
Licmophora sp.	Déformation des stries et nerf central cassé, divisé ou avec des ramifications	Problèmes de silification		54
Navicula sp.	Formation anormale	Limitation de silice		115
Navicula reinhardtii	Diminution de taille	Liée a changes saisonnières		28
Navicula anglica	Diminution de taille	Liée a changes saisonnières		28
Navicula placentula	Diminution de taille	Liée a changes saisonnières		28
Navicula menisculus	Diminution de taille		huile anthracénique Trichloréthylène	33
Navicula trivialis var trivialis	Formation anormale		Pollution par Cd, Ar, Pb, Hg	91
Navicula spp.	Déformation dans l'ornementation et le raphé.	Problème de silification		54
	Formation anormale	Culture à long terme		121
	Formation anormale		Pollution Cd, Cu, Pb	9
Neidium dubium	Diminution de taille	Liées au changes saisonnières		28
Nitzschia sp.	Formation anormale	Limitation de silice		115
Nitzschia amphibia	Formation anormale		Pollution par Cd, Ar, Pb, Hg	91
Nitzschia archibaldii	Formation anormale		Fluoranthène	99
Nitzschia dissipata	Diminution de taille		HA (huile anthracénique) TCE (Trichloréthylène)	33
Nitzschia paleacea	Formation anormale		Pollution par Cd, Ar, Pb, Hg	91
Nitzschia pungens	Formation anormale		Eutrophisation	121
Nitzschia palea	Arrangement anormal des fibules et du raphé. Raphé avec une position plus au centre et modèle anormal d'ornementation.	Cultures à long terme		38
	Malformation dans le raphé		Pollution par Cd	85
	Diminution de taille		Pollution Cd	84

<i>Pinnularia gibba</i>	Réduction de taille, striation anormale, interruption de raphé, déformation au bord de frustule	Conditions environnementales	Pollution par métaux lourds	53
<i>Planothidium dubium</i>	Formation anormale		Fluoranthène	99
<i>Planothidium frequentissimum</i>	Formation anormale		Fluoranthène	99
	Formation anormale dans le frustule		Pollution par Cd	85
	Doublement du renflement en fer à cheval		Pollution métallique	86
<i>Planothidium hauckianum</i>	Déformation dans le frustule	Conditions de l'environnement	Pollution métallique	86
<i>Planothidium lanceolatum</i>	Formation anormale		Fluoranthène	99
	Formation anormale dans le frustule		Pollution par Cd	85
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	Ondulation anormale, déformation des modèles de striation	Cultures a long terme et diminution de nutriments		5
<i>Pseudo-nitzschia multiseriis</i>		Cultures de 1-2 ans		115
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>		Cultures de 1-2 ans		115
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	Formation anormale		Pollution métallique par Cd, Ar, Pb, Hg	91
<i>Rhopalodia gibba var. ventricosa</i>	Formation anormale	Cultures		115
<i>Rhopalodia gibberula</i>	Formation anormale	cultures		115
<i>Stausosira pinnata</i>	Formation anormale		Fluoranthène	99
<i>Suriella ovalis</i>				27
<i>Synedra</i> sp.	Formation anormale	Mutation Reproduction Facteurs environnementaux		40
	Formation anormale	Culture a long terme		115
<i>Ulnaria ulna</i>	Déformation dans l'aréole et le modèle de striation.	Cultures a long terme Température et lumière	Pesticides	27,38
	Formation anormale		Pollution Cd, Cu, Pb	9
<i>Fragilaria tenera</i> (=Synedra tenera)	Déformation dans le frustule		Pollution par Cu	102
	Formation anormale		Pollution Cu, Cd, Pb	9
<i>Fragilaria nanana</i> (=Synedra nana)	Formation anormale		Pollution Cu Cd, Pb	9

Fragilaria capucina rumpens (=Synedra rumpens)	Formation anormale		Pollution Cu Cd, Pb	9
Synedra spp.	Formation anormale		Pollution Cu Cd, Pb	9
Synedra radians	Formation anormale		Pollution Cu Cd, Pb	9
Stephanodiscus minutulus	Diminution de taille	Limitation de silice		75
Stephanodiscus hantzschii	Résistance au frustule, diminution de taille	Fort silification de		63
		Conditions environnementales		46
Stephanodiscus niagarae	Formation anormale		Pollution Cd, Cu, Pb	9
		Formation anormale	Limitation de nutriments	Pollution
Stephanodiscus parvus	Formation anormale		Pollution Cd, Cu, Pb	9
		Formation anormale	Limitation de nutriments	Pollution
Surirella peisonis	Formation anormale dans le raphe		Drogues Herbicide anti-microtubule : Amiprophosmethyl Colchicine Stress osmotique	109
Tabellaria sp.	Formation anormale	Hauts ou bas niveaux de pH, Parasitage, Reproduction Conditions extremes de lumiere et temperature Changes genetiques	Hauts niveaux de pollution	6
Thalassiosira aestivata	Formation anormale du frustule et de la chaîne		Zn+Ge+ME (Multi-elements = As, Cu, Cd, Cr, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn) Cu+Zn Cu+Cd Cu+Ni As	123
Thalassiosira sp.	Modèle de striation anormal, perte d'aréole central et de paroi	Limitation de Si		16
Tabellaria flocculosa	Diminution de taille		Pollution par Cu, Zn	22
		Formation anormale	Pollution Cd, Cu, Pb	9

Trigonum formosum		Culture en boîte de pétrie		121
Ulnaria ulna	Déformation de la valve		Métaux Cd, Cu, Fe, Pb, Zn	79
	Déformation dans le frustule		Pollution pas Cd	85
			Pollution métallique	86

#Type de formation tératologique : correspond à la description donnée par l'auteur

Lors d'une observation de communautés de diatomées provenant directement du milieu naturel, il peut être difficile d'affirmer que les formes tératologiques des diatomées sont directement causées par un type de pollution spécifique, parce que dans le processus de déformation peuvent intervenir d'innombrables facteurs qu'il faut prendre en compte principalement le résultat d'une pollution chimique ou l'effet d'un facteur environnemental qui a changé de manière drastique. Pour prouver une relation entre un type de pollution et une formation tératologique il est nécessaire de réaliser des études spécifiques écotoxicologiques en milieu contrôlé, on peut comme même travailler sur des communautés et sur des mélanges de polluants, (Gold, 2002, Delmas et al (non publié), Ivorra et al. 2002) en prenant en compte tous les facteurs qui peuvent avoir une influence. Les résultats de ces études peuvent être ensuite réutilisés pour des études de routine, en bioindication par exemple.

#### Bibliographie

Les numéros des références bibliographiques correspondent aux numéros donnés dans le tableau ci-dessus.

1. ADMIRAAL W., BLANCK H., BUCKERT-DE JONG M., GUASCH H., IVORRA N., LEHMANN V., NYSTRÖM B.A.H., PAULSSON M. & SABATER S., 1999. Short-term toxicity of zinc to microbenthic algae and bacteria in a metal polluted stream. *Water Research*, 39 (9): 1989-1996.
2. ALBA-TERCEDOR J., 1988. Un método rápido simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética*, 4, 51-56.
3. ALMEIDA S.F.P., 1998. Utilização das diatomáceas na avaliação da qualidade das águas doces. Thesis. Universidade de Aveiro. Departamento de Biologia. 524 p.
4. ALMEIDA S.F.P & GIL M.C., 2001. Ecology of freshwater diatoms from the central region of Portugal. *Cryptogamie, Algologie*, 22 (1): 109-126.
5. AMATO A., ORSINI L., D'ALELIO D., & MONTRESOR M., 2005. Life cycle, size reduction patterns, and ultrastructure of the pennate planktonic diatom pseudo-nitzschia (*Bacillariophyceae*). *Journal of Phycology*, 41, 542-556.

6. ANDRESEN N. A. & TUCHMAN M. L. 1991. Anomalous diatom populations in Lakes Michigan and Huron in 1983. *Journal of Great Lakes Research*, 17: 144-149.
7. ANDERSON E.L., WELCH E.B., JACOBY J.M., SCHIMEK G.M. & HOMER R.R., 1999. Periphyton removal related to phosphorus and grazer biomass level. *Freshwater Biology*, 41: 633-651.
8. ANTOINE S.E. & BENSON-EVANS K. 1986. Teratological variations in the River Wye diatom flora, Wales U. K. In *Proc. Eighth International Diatom. Symposium*, ed. M. Ricard, pp. 375-384. Koenigstein, Koeltz.
9. BAHLS L., 1997. e-mail diatom-list: Aberrant Diatoms.
10. BARRANGUET C., PLANS M., VAN DER GRINTEN E., SINKE J.J. & ADMIRAAL W., 2002. Development of photosynthetic biofilms affected by dissolved and sorbed copper in a eutrophic river. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(9): 1955-1965.
11. BERLAND B. & CHRETIENNOT-DINET M.J., 1984. Influence de quelques métaux lourds sur l'évolution de communautés phytoplanctoniques bactériennes. *Bacteriologie marine*, Marseille 17-19/5/82. CNRS. 185-190.
12. BERLAND B., CHRETIENNOT-DINET M.J., FERRARA R. & ARLHAC D., 1980. Action à court terme du mercure sur des populations naturelles phytoplanctoniques bactériennes d'eaux côtières de la Méditerranée nord-occidentale. *Les Journées d'Etude de la Pollution*, Cagliari, C.I.E.S.M. 721-733.
13. BERLAND B.R., BONIN D.J., GUERIN-ANCEY O.J., KAPKOV V.I. & ARLHAC D.P., 1977. Action des métaux lourds a des doses sublétales sur les caractéristiques de la croissance chez la diatomée *Skeletonema costatum*. *Marine Biology* 42: 17-30.
14. BESCH W.K., RICARD M. & CANTIN R., 1970. Utilisation des diatomées benthiques comme indicateur des pollutions minières dans le bassin de la Miramichi N.W. Fish. Res. Bd. Can. Technical Rep. 202: 72 p.
15. BRESCH W. K., RICARD M., & CANTIN R. 1972. Benthic Diatoms as indicators of mining pollution in the Northwest Miramichi River System, New Brunswick, Canada. *International Revue of Hydrobiology*, 57, 39-74.
16. BOOTH B. & HARRISON P. J., 1979. Effect of silicate limitation on valve morphology in *Thalassiosira* and *Coscinodiscus* (Bacillariophyceae). *Journal of Phycology*, 15: 326-329.
17. BOUNIAS M., 1999. *Traité de toxicologie générale* 777 pp. Ed. Springer, France.
18. BOYD P.W., WATSON A. J., LAW C. S., ABRAHAM E. R. & TRULL, T., 2000. A mesoscale phytoplankton bloom in the polar Southern Ocean stimulated by iron fertilization. *Nature*: 407, 695-702.
19. CABROL N. A., GRIN E. A., HOCK A., KISS A., BORICS G., KISS K., ACS E., KOVACS G., CHONG G., DEMERGASSO C., SIVILA R., ORTEGA CASAMAYOR E., ZAMBRANA J., LIBERMAN M., SUNAGUA CORO M., ESCUDERO L., TAMBLEY C., GAETE V.,

- MORRIS R. L., GRIGSBY B., FITZPATRICK R. & HOVDE G., 2004. Investigating the impact of UV radiation on high-altitude shallow lake habitats, life diversity, and life survival strategies: clues for mars' past habitability potential? *Lunar and Planetary Science*. 35: 1-2.
20. CARTER J., 1990. A new *Eunotia* and its great morphological variations under stress caused by a habitat loaded with copper salts. In: *Proceedings of the eighth International Diatom Symposium*, August 27-September 1 1984, M. Ricard, Paris: Koeltz Scientifics Books Königstein. 13-17.
21. CATTANEO A., ASIOLI A., COMOLI P. & MANCA M., 1998. Organism's response in a chronically polluted lake supports hypothesized link between stress and size. *Limnology and Oceanography*, 43: 1938-1943.
22. CATTANEO A., COUILLARD Y., WUNSAM S. & COURCELLES M., 2004. Diatom taxonomic and morphological changes indicators of metal pollution and recovery in Lac Dufault (Quebec, Canada). *Journal of paleolimnology*, 32, 163-175.
23. COALE K. H., JOHNSON K. S., FITZWATER S. E., GORDON R. M. & TANNER. S., 1996. A massive phytoplankton bloom induced by an ecosystem-scale iron fertilization experiment in the Equatorial Ocean. *Nature*, 383: 495-501.
24. CODINA J. C., CAZORLA F. M., PEREZ-GARCIA A. & DE VICENTE A., 2000. Heavy metal toxicity and genotoxicity in water and sewage determined by microbiological methods. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19(6): 1552-1558.
25. CONWAY H. L., 1978. Sorption of arsenic and cadmium and their effects on growth, micronutrient utilization and photosynthesis pigment composition of *Asterionella formosa*. *Journal of Fisheries Research Board Canada* 35(3): 286-294.
26. COOPER J.T., MC CUBBIN D.K., & STEINITZ-KANNAN M. 2003. Digital imagery of diatoms from the Upper Ohio River Basin and selected tributaries, a work in progress. *Norse Scientist*, Northern Kentucky University, USA, 27-34.
27. COSTE M., 1978. Sur l'utilisation des diatomées benthiques pour l'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes, méthodologie comparée et approche typologique. Thèse: Faculté des sciences et des techniques de l'université de Franche-Comté. 1978.
28. COX E. J., 1984. Some taxonomic and ecological considerations of morphological variation within natural population of benthic diatom. In: 8 Diatom symposium 1984, M. Ricard and M. Coste, Koeltz Scientifics Books Königstein. 163-172.
29. COX J.D., 1890. Deformed Diatoms. *Proceedings of the American Society of Microscopists*.
30. CREMER H. & WAGNER B., 2004. Planktonic diatom communities in High Arctic lakes (Store Koldewey, Northeast Greenland). *Revue Canadienne de Botanique*, 82: 1744-1757.
31. CUNNINGHAM, L., J. S. STARK, SNAPE I, MCMINN A. & RIDDLE M.J., 2003. Effects of metal and petroleum hydrocarbon

- contamination on benthic diatom communities near Casey Station, Antarctica: An experimental approach. *Journal of Phycology* 39(3): 490-503.
32. DARLEY, WM., 1974. Silicification and calcification. In: D. Werner (ed.) *The biology of Diatoms*. Botanical Monographs, 10 : 655-675.
33. DELMAS F., COSTE M., MORIN S. (.....) Etude des effets de 6 micropolluants toxiques sur les communautés de diatomées periphytiques des Rivières-Pilotes de Lacq. Cemagref Bordeaux Giraude Jean-Luc-LPTC Bordeaux,
34. DE LA ROCHA C. L., HUTCHINS D. A., BRZEZINSKI M. A. & ZHANG Y. H., 2000. Effects of iron and zinc deficiency on elemental composition and silica production by diatoms. *Marine Ecology-Progress Series* 195: 71-79.
35. DESCY J. P. & COSTE M., 1990. Utilisation des diatomées benthiques pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes. Rapport Final, EC contract B-71-23, 64 pp.
36. DICKMAN D.M., 1998. Benthic marine diatoms deformities associated with contaminated sediments in Hong-Kong. *Environment International*, 24: 749-759.
37. ECHENIQUE R.O. & GUERRERO J.M., 2004. Morphology of the symmetrical morphotypes of *centronellaicheltivoigt* (Fragilariaceae, Bacillariophyceae) from Patagonian Environments. *Gayana Botanica*, 61: 18-26.
38. ESTES A. & DUTE R.R., 1994. Valve abnormalities in diatom clones maintained in long-term culture. *Diatom Research*, 9 (2): 249-258.
39. FALCIATORE A. & BOWLER C., 2002. Revealing the Molecular Secrets of Marine Diatoms. *Annual Review of Plant Biology*, 53: 109-30.
40. FELDT L.E., STOERMER E.F. & SCHELSKE C.L., 1973. Occurrence of morphologically abnormal *Synedra* populations in Lake Superior phytoplankton. Proceedings of the 16th Conference of Great Lakes Research, International Association of Great Lakes Research, p. 34-39.
41. FERREIRA DA SILVA E., DE ALMEIDA S. F. P., NUNES M. L., PATINHA C., BORG F. & HEDLUND M. (unpubl.). Response of stream diatom communities along a gradient of metal pollution resulting from old mining activities (coval da mo mine - Portugal).
42. FISHER N.S., JONES G. J. & NELSON D.M., 1981. Effects of copper and zinc on growth, morphology, and metabolism of *Asterionella japonica* (Cleve). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 51: 37-56.
43. FORE L. S. & GRAFE C., 2002. Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (U.S.A.). *Freshwater Biology*, 47: 2015- 2037.
44. FORRESTER, G.E., DUDLEY, TL. & GRIMM, N.B., 1999. Trophic interactions in open systems: Effects of predators and nutrients on stream food chains. *Limnology and Oceanography*, 44: 1187-1197.
45. GASSE F., 1986. East African diatoms Taxonomy, ecological distribution. *Bibliotheca Diatomologica* Band 11. J. Cramer (ed.) Berlin, Stuttgart, 203 pp.

46. GEISSLER U., 1984. Experimental investigations on the variability of frustule characteristics of several freshwater diatoms. In: 8<sup>th</sup> Diatom symposium 1984, M. Ricard and M. Coste, Koeltz Scientific Books Königstein. 59-66.
47. GENSEMER R.W., SMITH R.E.H. & DUTHIE H.C., 1993. Comparative effects of pH and aluminum on silica-limited growth and nutrient uptake in *Asterionella ralfsii* var. americana (Bacillariophyceae). *Journal of Phycology*, 29: 36-44.
48. GENSEMER R.W., SMITH R.E.H. & DUTHIE H.C., 1995. Interactions of pH and Aluminium on cell length reduction in *Asterionella ralfsii* var. americana Körner. Proceedings of the 13th International Diatom Symposium, 1-7 September 1994. D. Marino and M. Montresor. Acquafredda di Maratea, Italy.: Koeltz Scientific Books Königstein. 39-46.
49. GOLD C., 2002. Etude des effets de la pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de diatomées periphytiques des cours d'eau. Approches expérimentales in situ et aux laboratoires. Thèse, Université de Bordeaux I, 1-175.
50. GOLD C., FEURTET MAZEL A., COSTE M. & BOUDOU A., 2002. Field transfer of periphytic diatom communities to assess short-term structural effects of metals (Cd, Zn) in rivers. *Water Research*, 36: 3654-3664.
51. GOLD C., FEURTET-MAZEL A., COSTE M. & BOUDOU A., 2003. Effect of cadmium stress on periphytic diatom communities in indoor artificial streams. *Freshwater Biology*, 48: 316-328.
52. GOLD C., FEURTET MAZEL A., COSTE M. & BOUDOU A. 2003. Impacts of Cd and Zn on the development of periphytic diatom communities in artificial streams located along a river pollution gradient. *Archive of Environmental Contamination and Toxicology*, 44: 189-197.
53. GOMEZ N. & LICURSI M., 2003. Abnormal forms in *Pinnularia gibba* (Bacillariophyceae) in a polluted lowland stream for Argentina. *Nova Hedwigia*, 77: 389-398.
54. GORDON R. & DRUM R.W., 1994. The chemical basis for diatom morphogenesis. *International Review of Cytology*, 150: 243-372, 421-422.
55. GRACHEV M., SHERBAKOVA T., MASYUKOVA Y. & LIKHOSHWAY Y., 2005. A potential zinc-binding motif in silicic acid transport proteins of diatoms. *Diatom Research*, 20(2): 409-411..
56. GUASCH H., ADMIRAAL W., BLANCK H., IVORRA N., LEHMANN V., PAULSSON M., REAL M. & SABATER S., 1999. Use of lotic periphyton communities as indicators of sensitivity to certain toxicants. In: *Use of algae for monitoring rivers III*, edited by J. Prygiel, B. A. Whitton, and J. Bukowska, p. 245-252.
57. GUERRINI F., CANGINI M., BONI L., TROST P. & PISTOCCHI R., 2000. Metabolic responses of the diatom *Achnanthes revipes* (Bacillariophyceae) to nutrient limitation. *Journal of Phycology* 36(5): 882-890.
58. GUILIZZONI P., LAMI A., MARCHETTO A., APPLEBY P. G. & ALVISI F., 2001. Fourteen years of paleolimnological research of a past industrial polluted lake (L. Orta, Northern Italy): an overview. *Journal of Limnology*, 60: 249-262.

59. HAKANSSON H. & CHEPURNOV V., 1999. A study of variation in valvemorphology of the diatom *Cyclotella meneghiniana* in monoclonal cultures: effect of auxospore formation and different salinity conditions. *Diatom Research*, 14 (2): 251-272.
60. HIRST H., JÜTTNER I. & ORMEROD S.J. 2002. Comparing the responses of diatoms and macroinvertebrates to metals in upland streams of Wales and Cornwall. *Freshwater Biology* 47(9): 1752-1765.
61. IVORRA N., BARRANGUET C., JONKER M., KRAAK M. H. & ADMIRAAR W., 2002. Metal-induced tolerance in the freshwater microbenthic diatom *Gomphonema parvulum*. *Environmental Pollution*, 116: 147-157.
62. KLEE R. & SCHMIDT R., 1987. Eutrophication of Mondsee (Upper Austria) as indicated by the diatom stratigraphy of a sediment core. *Diatom Research*, 2: 55-76.
63. KLING H.J., 1992. Valve development in *Stephanodiscus hantzschii* Grunow and its implications for species identification. *Diatom Research*, 7 (2): 241-257.
64. KLING H. J., 1993. *Asterionella formosa* Ralfs: the process of rapid size reduction and its possible ecological significance. *Diatom Research*, 8: 475-479.
65. KÖSTER D., 2004. Thèse : L'influence humaine en relation avec les changements environnementaux: Evolution des lacs en Nouvelle-Angleterre reconstituée par l'analyse des Diatomées. Faculté de Foresterie et Geomatique, Québec, 178-187.
66. KRAMMER K., 1992. *Pinnulariæine Monographien der europäischen Taxa*. - *Bibliotheca Diatomologica*, 26: 1-353.
67. KRNO I., SPORKA F., BULÁNKOVÁ E., TIRJAKOVÁ E., ILLYOVÁ M., STEFKOVÁ M., TOMAJKA J., HALGOS J., BITUSIK P., ILLÉSOVÁ D. & LUKÁS J. 1998. The influence of organic inputs, acidification and fluctuating discharge on a spring ecosystem. In *Advances in River Bottom Ecology*, G. Bretschko & J. Helesic (eds), Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands 99-106.
68. LANGE-BERTALOT H., 1979. Pollution Tolerance of Diatoms as a Criterion for Water Quality Estimation. *Nova Hedwigia*, 64: 285-304.
69. LEE R. E., 1999. Heterokontophyta, Bacillariophyceae. In *Phycology*, ed. RE Lee, pp 415-58. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press.
70. LEHMANN V.V., TUBBING G.M. & ADMIRAAL W., 1999. Induced metal tolerance in microbenthic communities from three lowland rivers with different metal loads. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 36(4): 384-391.
71. LICURSI M. & GOMEZ N., 2001. The Pampean Diatom Index (PDI) for assessment of rivers and streams in Argentina 2001. Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands, *Aquatic Ecology* 35, 173-181.
72. LI C-W & VOLCANI B.B., 1985. Studies on the biochemistry and fine structure of silica shell formation in Diatoms. X. Morphogenesis of the labiate process in centric diatoms. *Protoplasma*, 124, 147-156.

73. LICURSI M. & GOMEZ N., 2002. Benthic diatoms and some environmental conditions in three lowland streams, Argentina. *Annales de Limnologie*, 38: 109-118.
74. LOWE R.L., 1974. *Environmental Requirements and Pollution Tolerance of Freshwater Diatoms*. US Environmental Protection Agency, EPA-670/4-74-005. Cincinnati, Ohio, USA: 333 pp.
75. LYNN S.G., KILHAM S.S., KREEGER D.A. & INTERLANDI S.J., 2000. Effect of nutrient availability on the biochemical and elemental stoichiometry in the freshwater diatom *Stephanodiscus minutulus* (Bacillariophyceae). *Journal of Phycology*, 36 (3): 510-522.
76. MACDONALD J. D., 1869. On the structure of diatomaceous frustule, and its genetic cycle. *Ann. And Mag. Nat. Hist. Ser.*, 4, 1-8.
77. MARTIN J. H., COALE K. H., JOHNSON K. S., FITZWATER S. E., GORDON R. M., et al., 1994. Testing the iron hypothesis in ecosystems of the equatorial Pacific Ocean. *Nature*, 371: 123-29.
78. MAYAMA S. & KURIYAMA A., 2002. Diversity of mineral cell coverings and their formation processes: a review focused on the siliceous cell coverings. *Journal of Plant Research*, 115: 289- 295.
79. MC FARLAND B. H., HILL B. H. & WILLINGHAM W.T., 1997. Abnormal *Fragilaria* spp. (Bacillariophyceae) in streams impacted by mine drainage. *Journal of Freshwater Ecology*, 12 : 141-152.
80. MC LAUGHLIN R. B. 1988. *Diatoms*. Microscope Ed. McCrone, Research Institute Microscope Publications, 261-267.
81. MIQUEL P., 1988. *De la culture artificielle des diatomées*. Diatomiste, Vol. I.
82. MONTEIRO M. T., OLIVEIRA R. & VALE R., 1995. Metal Stress on the Plankton Communities of Sado River (Portugal). *Water Research* 29(2): 695-701.
83. MOREL N. M. L., MOREL F.M.M. & RUETER J.G. 1978. Copper toxicity to *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae). *Journal of Phycology* 14: 13-18.
84. MORIN S., COSTE M., DUONG T., GOLD C. & DELMAS F., 2004. Diatom biomonitoring of heavy metal pollution using biometrics and abnormal forms : a case study in the Lot river basin (France). *Miedzyszdroje*, Poland, 18th International Diatom Symposium.
85. MORIN S., VIVAS-NOGUES M., DUONG T. T., BOUDOU A., COSTE M. & DELMAS F. (en cours de publication). Dynamics of benthic diatom colonization in a cadmium/zinc-polluted river (Riou-Mort), France.
86. MORIN, S., DUONG, T. & COSTE, M. (en cours de publication) Anomalies morphologiques en conditions de stress métallique.
87. MURAKAMI T. & KASUYA M., 1993. Teratological variations of *Gomphonema parvulum* Kutzing in a heavily polluted drainage channel. *Diatom*, 8, 7-10.
88. NUNES M. L., FERREIRA DA SILVA E. & ALMEIDA S. F. P., 2003. Assessment of Water quality in the Caima and Mau River Basins (Portugal) using geochemical and Biological indices. *Water Air and Soil Pollution*, 149: 227-250.

89. PAN Y., STEVENSON R. J., VAITHIYANATHAN P., SLATE J. & RICHARDSON CURTIS J., 2000. Changes in algal assemblages along observed and experimental phosphorus gradients in a subtropical wetland, U.S.A. *Freshwat. Biology*, 44, 339-353.
90. PATRICK R. & REIMER C.W., 1975. The Diatoms of the United States exclusive of Alaska & Hawaii. *Academy of Natural Sciences*. Philadelphia, 2, 213 pp.
91. PERES F., 1999. Mise en évidence des effets toxiques des métaux lourds sur les diatomées par l'étude des formes tératogènes. *Agence de l'Eau Artois-Picardie*: 1-24.
92. PFITZER, E., 1869. Ueber den Bau und die Zellteilung der Diatomeen. *Botanische Zeitung*, 27: 774-776.
93. PICKET- HEAPS J. D., SCHMIND A-M.M. & EDGAR L.A., 1990. The cell biology of diatom valve formation. *Progress in Phycological Research*, 7: 1-163.
94. PINTO E., SIGAUD-KUTNER T. C. S., LEITAO M. A. S., OKAMOTO O. K., MORSE D. & COLEPICOLO P., 2003. Heavy metal-induced oxidative stress in algae. *Journal of Phycology* 39(6): 1008-1018.
95. REINFELDER JR, KRAEPIEL A. M. L. & MOREL F. M. M., 2000. Unicellular C4 photosynthesis in marine diatom. *Nature*, 407: 996-999.
96. REYNOLDS C. S., 1984. The ecology of fresh water phytoplankton. *Cambridge University Press*.
97. RIMET F., LÉBOULANGER C., HÉME DE LACOTTE M. & BERARD A., 2001. Effects of Atrazine and Nicosulfuron on freshwater microalgae. *Environment International*, 26: 131-135.
98. RIMET F., LÉBOULANGER C., HÉME DE LACOTTE M., BERARD A. & DRUART J. C., 1999. Comparaison des effets de l'Atrazine et du Nicosulfuron sur les communautés phytoplanctoniques du Léman. *Archives des Sciences de Genève*, 52: 11-122.
99. RIMET F., ECTOR L., DOHET A. & CAUCHIE H. M., 2004. Impacts of flouanthene on diatom assemblages and frustule morphology in indoor microcosms. *Vie et Milieu* 54 : 145-156.
100. ROBERGE K., PIENITZ R. & ARSENAULT S., 2002. Eutrophication rapide du lac Saint Augustin, Québec: étude paléoclimatologie pour une reconstitution de la qualité de l'eau. *Le naturaliste Canadien*, 126: 68-82.
101. ROUND F. E., CRAWFORD R. M. & MANN D. G., 1990. The diatoms biology and morphology of the general. 747 pp. *Cambridge University Press*.
102. RUGGIU D., A. LUGLIE, CATTANEO A & PANZANI P., 1998. Paleoecological evidence for diatom response to metal pollution in Lake Orta (N. Italy). *Journal of Paleolimnology* 20(4): 333-345.
103. RUMEAU A. & COSTE M., 1988. Initiation à la systématique des diatomées d'eaux douce. *Bulletin Français de la pêche et de la pisciculture*. *Conseil supérieur de la pêche*, 309, 1-69

104. SABATER S. & ROCA J.R., 1990. Some factors affecting distribution of diatom assemblages in Pyrenean springs. *Freshwater Biology*, 24: 493-507.
105. SABATER S., 2000. Diatom communities as indicators of environmental stress in the Guadiamar River, S-W. Spain, following a major mine tailings spill. *Journal of Applied Phycology*, 12(2): 113-124.
106. SINESHCHEKOV O.A. & GOVORUNOVA E.V., 1999. Rhodopsin-mediated photosensing on green flagellated algae. *Trends Plants Sciences*, 4: 58- 63.
107. SCHMID A-M., BOROWITZKA M.A. & VOLCANI B. E., 1981. Morphogenesis and biochemistry of diatom cell walls. In *Cymorphogenesis in Plants Cell Biol. Monographs*, 8, 63-97, Springer-Verlag, Vienna, N.Y.
108. SCHMID A. M. M., 1997 - Intracolonial variation of the tripolar pinnate diatom "*Centronella reicheltii*" in culture: Strategies of reversion to the bipolar *Fragilaria*-form. *Nova Hedwigia* 65: 27-45.
109. SCHMID A. M. M., 1980. Valve Morphogenesis in Diatoms: A pattern-related system in pennates and the effect of APM, Colchicine and Osmotic Pressure. *Nova Hedwigia*, 33: 811-847.
110. SCHOEMAN F. R., 1976. Diatom indicator groups in the assessment of water quality in the Juskei-Crocodile River system (Transvaal, Republic of South Africa). *Journal of the Limnological Society of Southern Africa*, 2, 21-24.
111. SIRENKO L. A. & SHEVCHENKO T. F., 1999. Experience of using algological indices for monitoring water bodies affected by chemical and radioactive contamination (on the example of the water bodies of Ukraine). *Agence de l'Eau Artois-Picardie*: 261-265.
112. ST-CYR L., CATTANEO A., CHASSE R. & FRANKIN C. G. J., 1997. Technical Evaluation of Monitoring Methods using Macrophytes, Phytoplankton and Periphyton to assess the impact of mine effluents on the aquatic environment. Presented to: Canada Center for Mineral and Energy Technology, 1- 210
113. STEINBERG C. & PUTZ R., 1991. Epilithic diatoms bioindicators of stream acidification. *Verh Internat Verein Limnol*, 24: 1877-1880.
114. STEINBERG C. & SCHIEFELE S., 1988. Biological Indication of Trophy and Pollution of Running Waters. *Z. Wasser- Abwasser-Forsch.*, 21: 227-234.
115. STERRENBURG F. A. S., 1996. e-mail diatom-list: Cytoplasmic inheritance
116. STEVENSON R.J. & PAN, Y., 1999. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. In : *The Diatoms : Applications for the Environmental and Earth Sciences*. E.F. Stoermer & J.P. Smol (eds), Cambridge University Press. pp. 12- 40.
117. STEVENSON R. J. & BAHLS L. L., 1999. Periphyton protocols. In Barbour MT, Gerritsen J, Snyder BD and Stribling J B eds, *Rapid bioassessment protocols for use in wadeable streams and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. EPA 841-B-99-002US Environmentla Protection Agency, Office of Water, Washington DC: 1-22.

118. STOERMER E. F., 2004. Atypical Tabularia in coastal lake Erie. North American Diatom Symposium.
119. SZABO K., KISS K. T., TABA G. & ACS E. 2005. Epiphytic diatoms of the Tisza River, Kiskore reservoir and some oxbows of the Tisza river alter the cyanide and heavy metal pollution in 2000. Acta Botanica Croatica, 64 (1): 1-46.
120. Teacher's Guide Diatoms Life in Glass Houses, Cytographics 2003.
121. TAKANO H. & KIKUCHI K., 1985. Anomalous Cells of *Nitzschia pungens* GRUNOW found in eutrophic marine waters. Diatom 1: 18-20.
122. TEIXEIRA, P., ALMEIDA S. F., FERREIRA DA SILVA E. A. & PATINHA C. A., 2005. The effects of acidic mine drainage on epilithic diatom diversity and morphology, Lousal Mine, Southwest Portugal. Advancing the science of limnology and oceanography, ASLO 2005.
123. THOMAS W. H., HOLLIBAUGH J. T. & SEIBERT D. L. R., 1980. Effects of heavy metals on the morphology of some marine phytoplankton. Phycologia 19(3): 202-209.
124. TORO J., SCHUSTER J.P, KUROSAWA J., ARAYA E. & CONTRERAS M., 2003. Diagnostico de la Calidad de aguas en sistemas loticos utilizando diatomeas macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, Río Maipú ( Santiago de Chile). XVI Congreso chileno de ingeniería hidráulica, Sociedad chilena de ingeniería hidráulica.
125. VAN DAM H., MERTIENS, A. & SINKELDAM J., 1994. A coded check-list and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology, 28: 117-133.
126. VAN DEN HOEK C., MANN D. G. & JOHNS H. M., 1997. Algae. An Introduction to Phycology Cambridge, UK Cambridge Univ. Press.
127. VAN HEURCK H., 1896. A Treatise on the Diatomaceae. translated by Wynne E. Baxter. William Wesley and Sons, London.
128. WERNER D., 1977. The Biology of Diatoms, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
129. WOLOWICZ M. (.....) Pathogenic effects of pollution on life forms in coastal and estuarine systems. Laboratory of Estuarine Ecology, Institute of Oceanography, University of Gdansk, Poland.
130. YANG J.R. & DUTHIE H.C., 1993. Morphology and ultrastructure of teratological forms of the diatoms *Stephanodiscus niagarae* and *S. parvus* (Bacillariophyceae) from Hamilton Harbour (Lake Ontario, Canada). Hydrobiologia 269/270: 57-66.
131. ZALACK J., 2004. Diatom communities and their use in Biomonitoring. Presented: November 2, PBIO 563.
132. ZURZOLO C. & BOWLE R C., 2001. Exploring bioinorganic pattern formation in diatoms. A story of polarized trafficking Plant Physiology, 127: 1339-1345.

## 2. Anomalies morphologiques en conditions de stress métallique

S. MORIN\*\*\*, T. DUONG\*\* & M. COSTE\*

\* Cemagref de Bordeaux, 50 av. de Verdun, 33612 Cestas cedex, France.

\*\* Université de Bordeaux 1 / LEESA, 1 place Dr Peyneau, 33120 Arcachon, France.

### Introduction

La littérature évoque la possibilité d'utiliser les anomalies morphologiques des diatomées comme indicateur du niveau de contamination métallique (Dickman 1998; Stevenson and Bahls 1999). Dans le cadre du suivi des communautés périphtiques du bassin industriel de Decazeville, nous avons caractérisé et quantifié les formes anormales de diatomées, en relation avec l'exposition aux métaux.

### Matériel et méthode

Quatre stations ont été échantillonnées de mars 2004 à mai 2005 sur le site expérimental lot amont (rivière Riou-Mort et Riou-Viou Fig.1). Les stations "Usine" et "Joanis" sont localisées au niveau et à l'aval d'un ancien site d'extraction de zinc et présentent une très mauvaise qualité de l'eau, selon les caractéristiques définies par le SEQ-Eaux Superficielles pour les micropolluants cadmium et zinc (Agence de l'Eau Adour-Garonne 2005). En amont de la source de contamination, les stations "Decazeville" et "Moulin" présentent un niveau faible de pollution métallique. Pour chaque site, trois réplicats ont été prélevés sur des substrats artificiels immergés pendant une vingtaine de jours ; un jeu de 184 échantillons a été analysé pour cette étude. Environ 400 valves de diatomées ont été dénombrées par échantillon. La fréquence des formes anormales a été comparée avec le niveau de contamination métallique dans les eaux et dans la matrice organique.

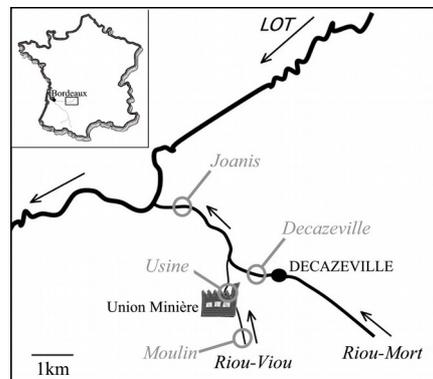


Figure 1 : Localisation des stations étudiées.

Le bassin industriel de Decazeville est caractérisé par des eaux de très mauvaise qualité au niveau et à l'aval de l'usine, déclassées par de fortes teneurs en cadmium et en zinc (Fig.2) dues aux anciennes activités métallurgiques du site. La limite de très mauvaise qualité (telle que définie par le SEQ-Eaux Superficielles) est atteinte pour des concentrations dans l'eau brute de  $3\mu\text{gCd/l}$  ou  $330\mu\text{gZn/l}$ , et dans les matières en suspension de  $7\text{mgCd/kg}$  et  $680\text{mgZn/kg}$ .

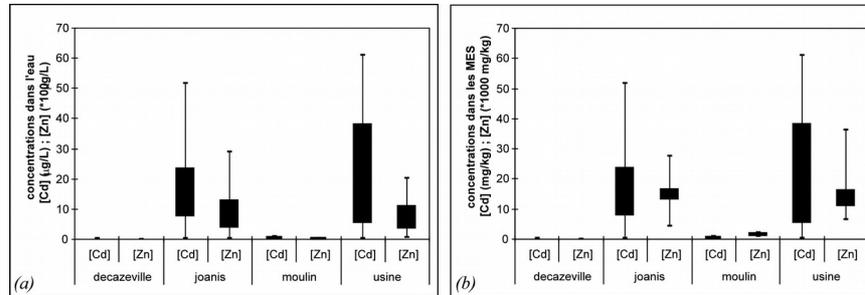


Figure 2 : niveaux de contamination métallique des 4 stations étudiées : concentrations en cadmium et en zinc dans les phases dissoute (a) et particulaire (b). Dosages réalisés par le DGO, Université de Bordeaux1

### Résultats

Dans les échantillons provenant de ces stations fortement contaminées ("Joanis" et "Usine"), on rencontre à des fréquences moyennes de l'ordre de 10 à 20% des diatomées dont la morphologie est affectée (Fig.3), soit dans sa globalité soit plus spécifiquement au niveau des ornements du frustule. Très peu de ces anomalies morphologiques (0 à 6%) sont comptabilisées au niveau des stations amont ("Decazeville" et "Moulin"). Bien que les quantités dénombrées en conditions de forte contamination métallique soient relativement faibles, elles sont néanmoins considérées comme significatives. Les abondances relatives des formes anormales sont mieux corrélées aux concentrations en cadmium qu'en zinc, et traduisent plutôt l'exposition des communautés périphytiques aux métaux dosés dans le biofilm que dans l'eau. Ainsi, on obtient des coefficients de corrélation ( $r^2$ ) entre fréquence des formes anormales et cadmium dans les phases dissoute et particulaire de 0,09 ( $p < 0,002$ ) et 0,15 ( $p < 0,001$ ) respectivement. Avec le cadmium mesuré dans le biofilm on atteint des corrélations de 0,2236 ( $p < 0,001$ ). Notons l'influence du rôle protecteur de la matrice organique vis-à-vis des métaux : la fréquence des formes anormales dans les échantillons de "Joanis" (où le biofilm est épais et dense) est significativement moins élevée qu'à "Usine" (où la biomasse développée sur les substrats est plus réduite).

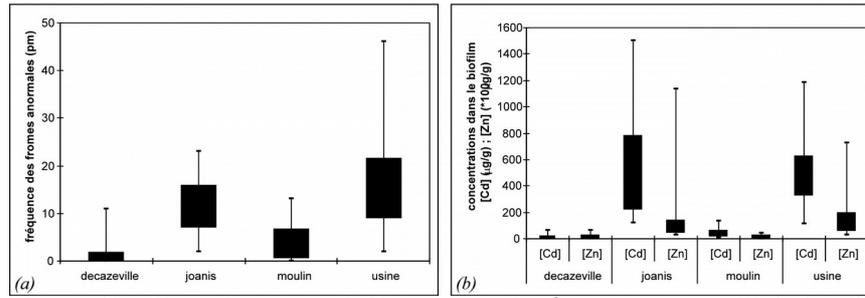


Figure 3 : Abondances relatives (exprimées en pour mille) des formes anormales de diatomées dans les échantillons (a) et concentrations métalliques mesurées dans le biofilm (b).

Lors de cette étude, un total de 48 espèces, représentant 18 genres, comptait quelques individus présentant des anomalies morphologiques. La plupart des taxons concernés par ces déformations appartiennent aux genres *Fragilaria* (environ 52% des espèces déformées rencontrées) et *Ulnaria* (23%) : l'anomalie la plus fréquemment observée pour ces individus est une distorsion du frustule (fig.4). On dénombre également des formes anormales parmi les Monoraphidées (5%), les Raphidées (20%), et plus rarement chez la diatomée centrique *Cyclotella meneghiniana* (moins de 0,2%). Les anomalies d'ornementation peuvent concerner la régularité et l'alignement des stries (cf. l'exemple de *Diatoma vulgare*, Fig.4) comme des caractéristiques plus spécifiques de certaines espèces. Ainsi, certains individus de l'espèce *Planorbulina mediterranensis* observés dans les échantillons contaminés présentaient un doublement du renflement en fer à cheval (Fig.4).

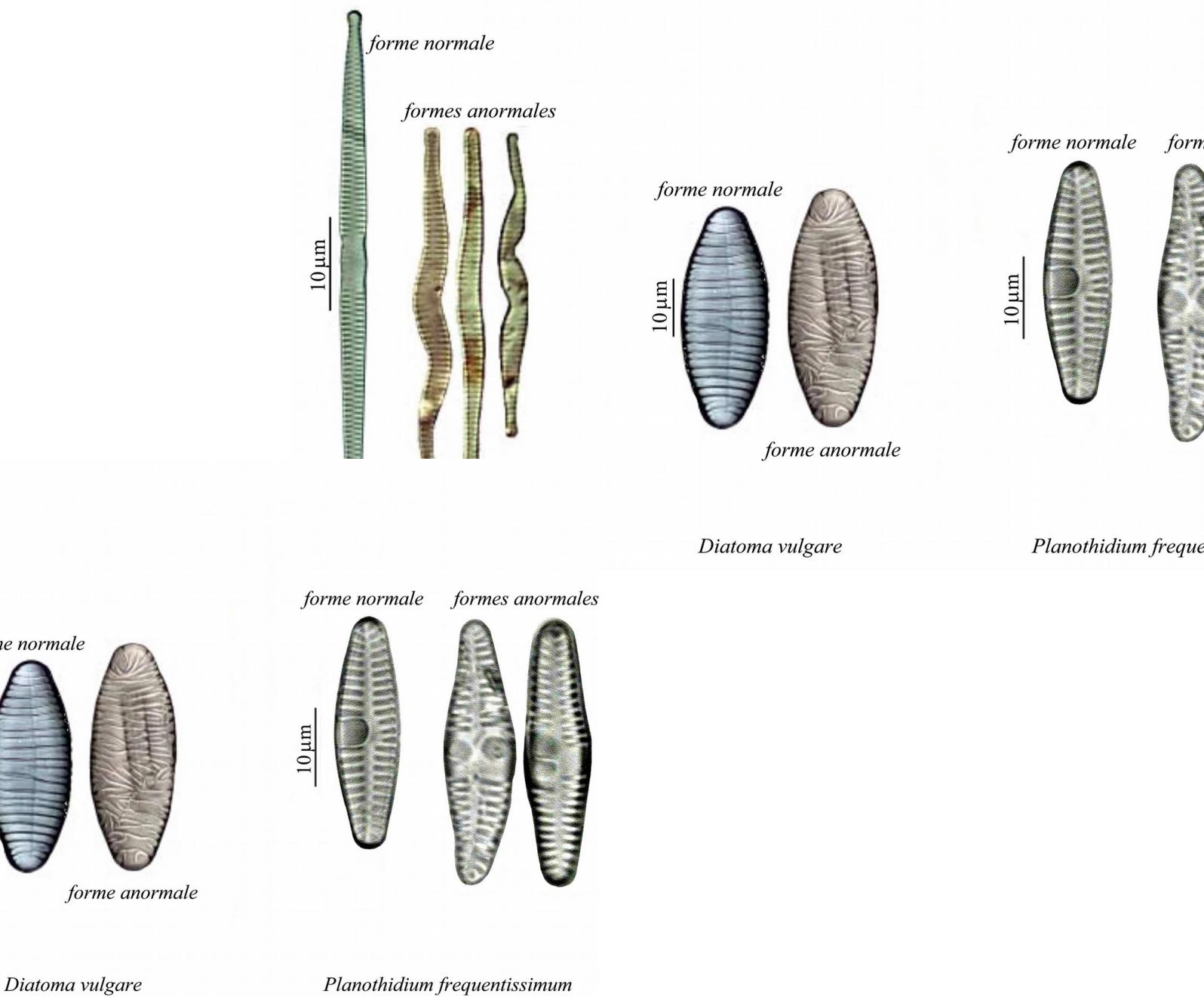


Figure 4 : frustules déformés de diatomées, observés dans les stations "Joanis" et "Usine" (photographies : Michel Coste).

### Discussion

La toxicité des métaux lourds peut se manifester lors de l'internalisation des métaux et lors de leur séjour à l'intérieur de la cellule. Lorsqu'ils traversent la membrane cellulaire ils sont susceptibles d'entrer en compétition pour l'adsorption et l'assimilation de la silice (Conway 1978; De La Rocha et al. 2000). Les métaux accumulés dans le cytosol peuvent par ailleurs générer un stress oxydant (Pinto et al. 2003) et induire des perturbations génétiques (Codina et al. 2000). Les travaux récents de Grachev et al. (2005) émettent de plus l'hypothèse que le zinc jouerait un rôle dans la désilicification du frustule, en se liant aux protéines de transport de l'acide silicique. Ainsi, ces altérations métaboliques et génétiques induisent vraisemblablement l'apparition d'individus au frustule faiblement silicifié, ce qui expliquerait les atteintes morphologiques observées en conditions de stress métallique.

### 3. Impacts d'un hydrocarbure, le fluoranthène, sur les assemblages de diatomées benthiques et la morphologie de leur frustule en microcosme

F. RIMET \*\*\* & L. ECTOR\*\*

\*Centre de Recherche Public - Gabriel Lippmann, 41, rue du Brill, L-4422 Belvaux, Luxembourg

\*\* Direction Régionale de l'Environnement - Lorraine, 19 avenue Foch, BP 60223, F-57005 Metz, France

#### Introduction

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) tels que le fluoranthène sont souvent détectés dans les cours d'eau. Les HAP proviennent naturellement de la combustion des forêts, des volcans, mais leurs principales sources sont artificielles. Le fluoranthène est habituellement produit lors de la combustion incomplète de produits d'origines pétrolière dans les incinérateurs municipaux. Il est aussi émis par la combustion du charbon et des moteurs à gasoil. Ce composé est fréquemment observé dans les cours d'eau, comme au Luxembourg où sa concentration peut atteindre  $100 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Dans les sujets urbains sa concentration peut atteindre jusqu'à  $130 \mu\text{g.l}^{-1}$ .

Les algues constituent l'essentiel de la biomasse en cours d'eau. Les effets ecotoxicologiques des pesticides ont souvent été étudiés sur les algues et les diatomées, mais l'effet des HAP et du fluoranthène en particulier sont quasi inconnus. L'objectif de cette étude est de tester l'effet du fluoranthène sur les assemblages diatomées benthiques, qui représentent souvent l'essentiel de la biomasse algale des rivières. Les taxons sensibles et résistants au fluoranthène seront identifiés. Enfin, la présence de formes tératologiques a été utilisée comme indicateur de stress chimique pour les diatomées.

#### Matériel et méthode

Le site d'étude est un petit cours d'eau du Luxembourg non pollué, le Rollingerbaach (région du Gutland). Les concentrations en HAP de cette rivière étaient inférieures à  $10 \mu\text{g.l}^{-1}$  pendant l'expérimentation et tous les indicateurs de pollution chimique étaient très bas.

9 portoirs de lames en verre, comportant chacun 10 lames de verre ( $76 \times 26 \text{ mm}$ ) ont été introduits dans une cage en plastique ajourée. Cette cage était lestée de pavés pour pouvoir être immergée au fond du cours d'eau. Cette cage en plastique a été laissée dans le cours d'eau pendant 10 jours pour qu'un biofilm se développe sur les lames de verre. Après ces 10 jours, les portoirs ont été transférés en chambre de culture au laboratoire dans 9 microcosmes.

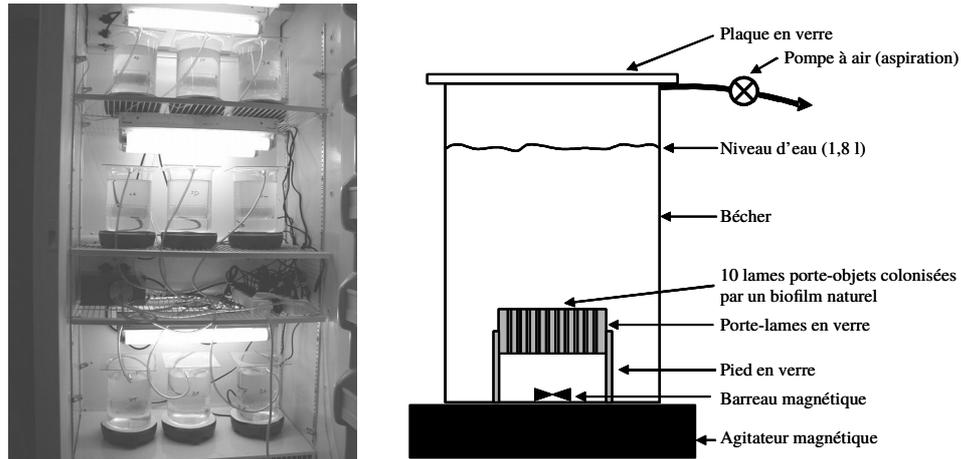


Figure 1 : Photographie de la chambre de culture comportant 9 microcosmes (photos de gauche). Schéma d'un microcosme (schéma de droite)

Chaque microcosme est composé d'un bécher de 2 litres, rempli de 1,8 litres d'eau de rivière, et fermé par une plaque de verre. Une aération par aspiration est assurée par une pompe (l'air est expulsée à l'extérieur du laboratoire pour éviter toute contamination du laboratoire par le fluoranthène qui sera introduit dans les microcosmes). Des agitateurs magnétiques assurent un mouvement d'eau dans chacun des microcosmes. Les microcosmes sont laissés pendant 14 jours en chambre de culture (12°C, L/O : 16h/8h). Pour une première expérimentation 5 microcosmes ont reçus une pollution initiale de 200 µg.l de fluoranthène, les 4 autres ont été utilisés comme microcosmes témoins. Pour une deuxième expérimentation 5 microcosmes ont reçus une pollution initiale de 2 µg.l de fluoranthène, les 4 autres ont été utilisés comme microcosmes témoins.

Des mesures physico-chimiques et des prélèvements biologiques sont réalisés à J0, J7 et J14. Le biofilm qui se développe sur les lames a été échantillonné pour être observé au microscope (montage au Naphrax®).

## Résultats

Les assemblages de diatomées des microcosmes pollués au fluoranthène montrent des différences par rapport aux assemblages des microcosmes témoins pour l'expérimentation à 200 µg.l et à 2 µg.l (à J7). D'autre part, il apparaît que des taxons tels que *Nitzschia hantzschiana*, *Mayamaea atomus* var. *permitis*, *Achnanthydium minutissimum* sont résistants au fluoranthène et sont les taxons indicateurs des microcosmes pollués (déterminés avec l'analyse des espèces indicatrices de Dufrêne & Legendre 1997). Par contre, des taxons tels

que *Navicula antonii*, *Caloneis bacillum*, *Nitzschia linearis*, *Surirella angusta*, sont sensibles au fluoranthène et sont les taxons indicateurs des microcosmes pollués.

Il apparaît des formes tératologiques pour la plupart des taxons dominants dans les microcosmes pollués avec 200 µg.l<sup>-1</sup> de fluoranthène. Leurs abondances varient entre 4,1 et 11,4 ‰ selon les microcosmes (planche 1). Des formes tératologiques ont été observés les taxons suivants : *Achnanthydium biasoletianum* (abondance moyenne dans les microcosmes pollués au fluoranthène : 8 ‰), *Gomphonema* sp. (0,9 ‰), *G. parvulum* Kützing (0,5 ‰), *Hippodonta costulata* (0,5 ‰), *Nitzschia archibaldii* (0,5 ‰), *Planorhynchium dubium* (2,8 ‰), *P. frequentissimum* (1,4 ‰), *P. lanceolatum* (0,9 ‰) et *Staurosira pinnata* (0,5 ‰).

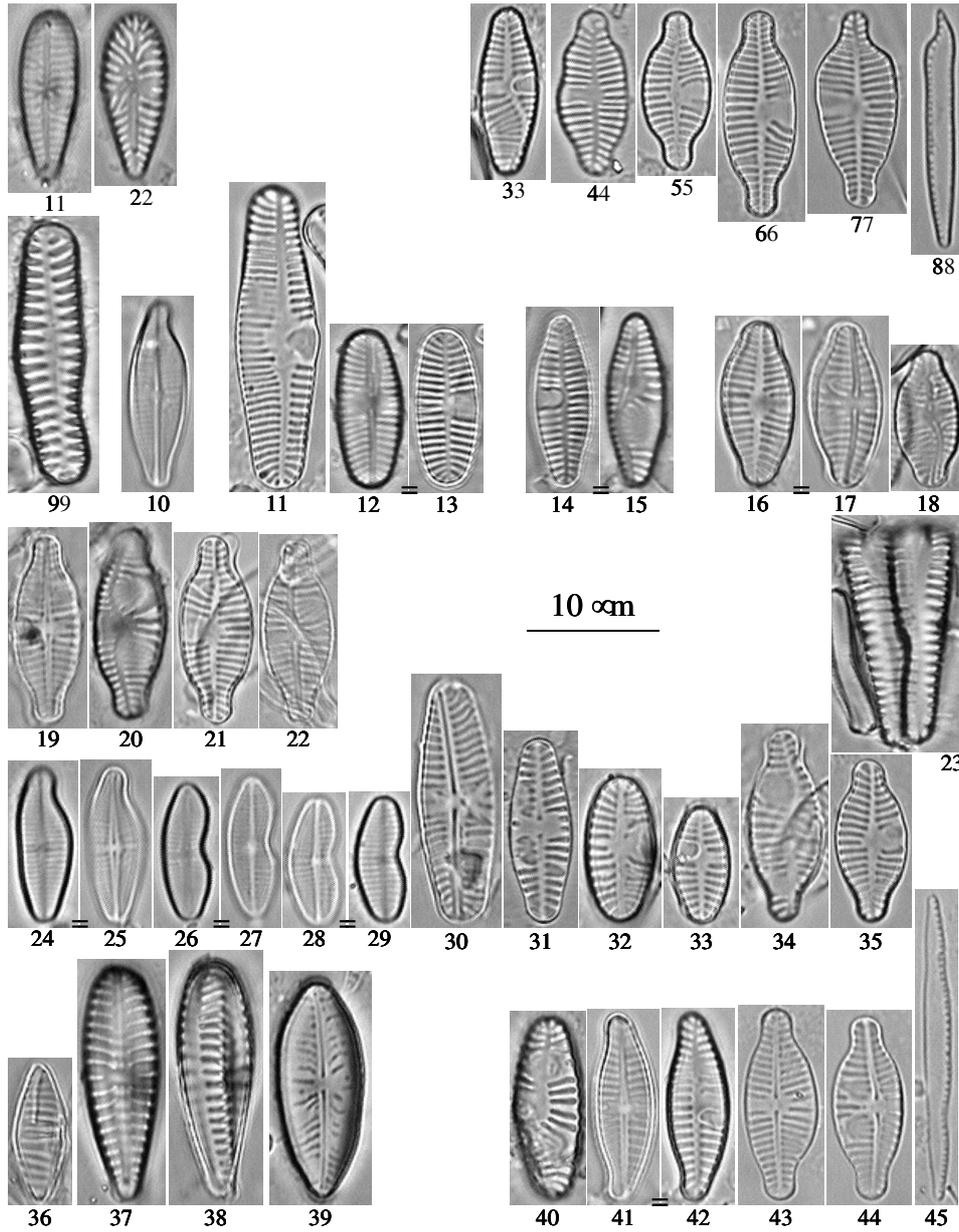


Planche 1 : Formestératologiques après 2 semaines d'exposition au fluoranthène (200 μg.l<sup>-1</sup>). Microcosme 1 : fig. 1-2: Gomphonemaceum, Microcosme 3 : fig. 3: Planothidium frequentissimum, fig. 4-7: P. dubium, fig. 8: Nitzschia archibaldii, Microcosme 5 : fig. 9: Staurosira pinnata, fig. 10: Achnanthidium

biasolettianum, fig. 11-13: *Planothidium lanceolatum*, fig. 14-15: *P. frequentissimum*, fig. 16-22: *P. dubium*, fig. 23: *Gomphonema olivaceum*, *Microcosme* 7: fig. 24-29: *Achnanthebiasolettianum*, fig. 30-32: *Planothidium lanceolatum*, fig. 33: *P. frequentissimum*, fig. 34-35: *P. dubium*, fig. 36: *Hippodonta costulata*, fig. 37-38: *Gomphonema olivaceum*, fig. 39: *G. parvulum*, *Microcosme* 9: fig. 40-42: *Planothidium frequentissimum*, fig. 43-44: *P. dubium*, fig. 45: *Nitzschia archibaldii*.

## Discussion

Lorsque le fluoranthène est absorbé dans les plantes supérieures, selon la plante considérée, une moyenne de 5% du fluoranthène est métabolisée. Ces métabolites, sont conjugués au glucose, à l'acide glucuronique et d'autres composants cellulaires. Certains HAP, tels que le benz(a)pyrène ont une action semblable à des hormones pour les plantes, et stimulent la croissance d'algues telles que *Chlorella*, *Scenedesmus* et *Ankistrodesmus*. D'autres tels que le benzfluoranthène, retardent la croissance. Mais aucune étude physiologique n'a encore montré des effets sur le frustule des diatomées.

Les déformations du frustule (formes tératologiques) des diatomées sont souvent causées par l'effet d'un produit toxique. Il a été démontré que lorsque la concentration en cuivre augmente, cela provoque des problèmes dans le métabolisme de silicification de la diatomée marine *Skeletonema costatum* (Morel et al. 1978). Des expérimentations in vitro ont montré qu'une augmentation de la concentration en métaux lourds entraîne une augmentation de l'abondance des frustules tératologiques (McFarland et al. 1997). Dans l'environnement marin, la présence de frustules tératologiques peut-être attribuée à la présence de micropolluants (Dickman, 1998). Des observations similaires ont été aussi effectuées sur *Gomphonema parvulum* et sur le genre *Eunotia* en eau douce (Murakami & Kasuya 1993, Carter 1990). Cette étude montre que le fluoranthène peut aussi être tératogène pour les diatomées d'eau douce à une certaine dose.

## Bibliographie

- Agence de l'Eau Adour-Garonne (2005). Bilan sur la qualité des eaux du Bassin Adour-Garonne en 2004. Les études de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Toulouse, France: 54p.
- CODINA, J. C., F. M. CAZORLA, A. PEREZ-GARCIA & A. DE VICENTE (2000). "Heavy metal toxicity and genotoxicity in water and sewage determined by microbiological methods." *Environmental Toxicology and Chemistry* 19(6): 1552-1558.
- CONWAY, H. L. (1978). "Sorption of arsenic and cadmium and their effects on growth, micronutrient utilization, and photosynthetic pigment composition

- of *Asterionella formosa*." *Journal of Fisheries Research Board Canada* 35(3): 286-294.
- DE LA ROCHA, C. L., D. A. HUTCHINS, M. A. BRZEZINSKI & Y. H. ZHANG (2000). "Effects of iron and zinc deficiency on elemental composition and silicic acid production by diatoms." *Marine Ecology-Progress Series* 195: 71-79.
- DICKMAN M 1998. Benthic marine diatom deformities associated with contaminated sediments in Hong-Kong. *Environ Int* 24: 749-759.
- DUFRENE M & LEGENDRE P 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol Monograph* 67: 345-366.
- GRACHEV, M., T. SHERBAKOVA, Y. MASYUKOVA & Y. LIKHOSHWAY (2005). "A potential zinc-binding motif in silicic acid transport proteins of diatoms." *Diatom Research* 20(2): 409-411.
- MCFARLAND BH, HILL BH & WILLINGHAM WT 1997. Abnormal *Fragilaria* spp. (Bacillariophyceae) in streams impacted by mine drainage. *J Freshwater Ecol* 12: 141-152.
- MOREL NML, RUETER JG & MOREL FMM 1978. Copper toxicity to *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae). *J Phycol* 14: 43-48.
- MURAKAMI T & KASUYA M 1993. Teratological variations of *Gomphonema parvulum* Kützing in a heavily polluted drainage channel. *Diatom* 8: 7-10.
- PINTO, E., T. C. S. SIGAUD-KUTNER, M. A. S. LEITAO, O. K. OKAMOTO, D. MORSE & P. COLEPICCOLO (2003). "Heavy metal-induced oxidative stress in algae." *Journal of Phycology* 39(6): 1008-1018.
- STEVENSON, R. J. & L. BAHLS (1999) *Periphyton protocols Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers : Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. 2nd ed. M. T. Barbour, J. Gerritsen, B. D. Snyder and J. B. Stribling. Washington D.C.

#### 4. Effets des pollutions métalliques sur les diatomées par l'étude des formes tératologiques au niveau de rivières du bassin Artois-Picardie

F. PERES\* & M. COSTE\*\*

\* Asconit Consultants, 3 rue Hermes, ZAC du Canal, Europarc, Bât.C, 31520 Ramonville Saint Agne, France.

\*\* Cemagref Bordeaux, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex, France.

Ces résultats sont issus d'une étude de l'Agence de l'Eau Artois - Picardie, 1999.

#### Introduction

Les données expérimentales relatives à l'effet des polluants sur les communautés de diatomées sont assez rares. Les tests sont généralement effectués sur des cultures d'algues monospécifiques, à partir de niveaux et de critères d'analyse variés : tests de létalité, inhibition de la croissance (EC concentration de contaminant qui réduit une fonction biologique (croissance, métabolisme, reproduction....) de 50% (De-Filippis & Pallaghy, 1994) ou de la photosynthèse, dosage de la chlorophylle a, bioaccumulation,... (French & Evans, 1988 ; Guanzone et al., 1995; Rachlin et al., 1983; Takamura et al., 1989). Ces approches ignorent les interactions entre les différentes espèces. Or, dans la nature, les polluants n'agissent pas sur des populations isolées mais sur des communautés généralement très complexes. Dans le cadre du développement de méthodologies nouvelles en matière de bioindication, l'Agence de l'Eau Artois Picardie a menée, en 1999, une étude sur 30 stations susceptibles de mettre en évidence, par l'observation des formes valvaires tératologiques, les effets des pollutions métalliques sur les diatomées. Les métaux sont divisés en deux catégories : les métaux "essentiels" et "non essentiels". Les premiers comme le cuivre, le zinc ou le fer constituent des oligo-éléments indispensables au métabolisme des cellules, mais, à des concentrations élevées ils peuvent entraîner un dépassement des capacités de régulation et conduire à des effets toxiques graves. A l'opposé, le mercure, le cadmium, le plomb, ..., sont qualifiés de "non essentiels" et exercent des effets toxiques plus ou moins spécifiques. L'objectif principal de l'étude a été de mettre en évidence une éventuelle relation entre l'abondance des formes tératologiques et les concentrations sédimentaires en métaux lourds.

## Matériels et méthodes

Les 30 stations étudiées figurent dans le tableau suivant.

n° station	cours d'eau	localisation
13000	Escaut	Neuville
17300	Jard	Vieux Condé
18000	Escaut	Mortagne du Nord
19000	Escaut	Espain
36000	Scarpe	Fampoux
37000	Scarpe	Brebières
39000	Scarpe	Râches
40000	Scarpe	Marchiennes
41000	Scarpe	Nivelles
49000	Décours	Thun Saint-Amand
62000	Canal d'Aire	La Bassée à Cuinchy
63000	Canal d'Aire	La Bassée à Aire/Lys
66000	Guarbecque	Saint-Venant
76000	Deûle	Flers en Escrèbieux
77000	Deûle	Courrières - amont confluence
78000	Deûle	Courrières
79000	Deûle	Don
80000	Deûle	Haubourdin
81000	Deûle	Wanbrechies
82000	Deûle	Deûlemont
83000	Canal de Lens	Harnes
86000	Marque	Wasquehal
87000	Canal de Roubaix	Marquette/Lille
111000	Canal de Furnes	Coudekerque-Branche
111900	Canal de Mardyck	Dunkerque
114600	Canal de Marck	Calais
119000	Somme	Offoy
116500	Somme	Gauchy
117000	Somme	Seraucourt le Grand
125000	Canal de la Somme	Offoy

Les diatomées ont été récoltées par grattage de substrats durs et inertes à l'aide d'un préleveur muni d'un manche ou d'un scalpel. Quand ces substrats étaient absents, les prélèvements ont exceptionnellement été réalisés sur des végétaux (cas du Décours). Quand cela était possible les deux rives ont été échantillonnées. Les échantillons ont été immédiatement fixés au formol 5%.

L'identification des diatomées étant basée sur l'examen microscopique du frustule siliceux, les échantillons sont traités à l'eau oxygénée bouillante (30 %) et à l'acide chlorhydrique afin d'éliminer le protoplasme. Ils sont ensuite centrifugés et les culots rincés plusieurs fois à l'eau distillée pour enlever toute trace d'eau oxygénée et d'acide (Round & al., 1990). Après déshydratation, une partie du culot est montée entre lame et lamelle dans une résine réfringente, le Naphrax.

Au moins 500 frustules sont ainsi déterminés et comptés au niveau spécifique ou infraspécifique à l'aide du grossissement 1000 d'un microscope droit (Leica DMLB équipé du contraste de phase). Les valves déformées sont également dénombrées. L'identification fait appel aux ouvrages les plus récents de la Süßwasserflora von Mitteleuropa (Krammer & Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991... Lange-Bertalot, 1993).

Les analyses en composante principale (ACP) sont effectuées à l'aide du programme STATLAB.

Les images de diatomées ont été réalisées à l'aide d'une caméra vidéo par Monsieur COSTE (Cemagref Bordeaux).

L'analyse des métaux portant sur le sédiment, il nous a paru intéressant d'étudier les diatomées de ce compartiment. Au niveau des stations 81000 (Deûle à Wanbrechies), 82000 (Deûle à Deûlemont) et 87000 (Canal de Roubaix à Marquette/Lille), du sédiment a été prélevé à l'aide d'une benne. Les sédiments sont utilisés comme substrat pour les algues épipéliques et on peut supposer que ces dernières sont fortement exposées aux métaux lourds. Beaucoup d'espèces sont capables de migrations verticales, non seulement pour compenser l'atténuation de la lumière mais aussi pour minimiser les effets toxiques des produits de dégradation (H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>,...) (Wetzel, 1983). Plusieurs techniques ont été développées pour collecter les diatomées sédimentaires. Absil & Van Scheppingen (1996) utilisent un tissu étendu sur le sédiment. Cette méthode d'échantillonnage, mise au point par Esmarch (1910) pour étudier les diatomées du sol, présente l'avantage de sélectionner uniquement les diatomées vivantes. Nous avons utilisé la capacité de migration des diatomées, pour les récupérer sur des lames de verre. Le sédiment est introduit dans des barquettes alimentaires remplies d'eau de robinet préalablement déchlorée par aération (utilisation d'un bulleur). Des lames, reposant sur des petits supports, ont été placées à 0,5 cm de la surface du sédiment pendant une quinzaine de jours. Les diatomées ayant colonisé les supports artificiels sont ensuite enlevées des lames par grattage et mise en solution dans de l'eau formolée, afin de procéder à un examen qualitatif.

## Résultats

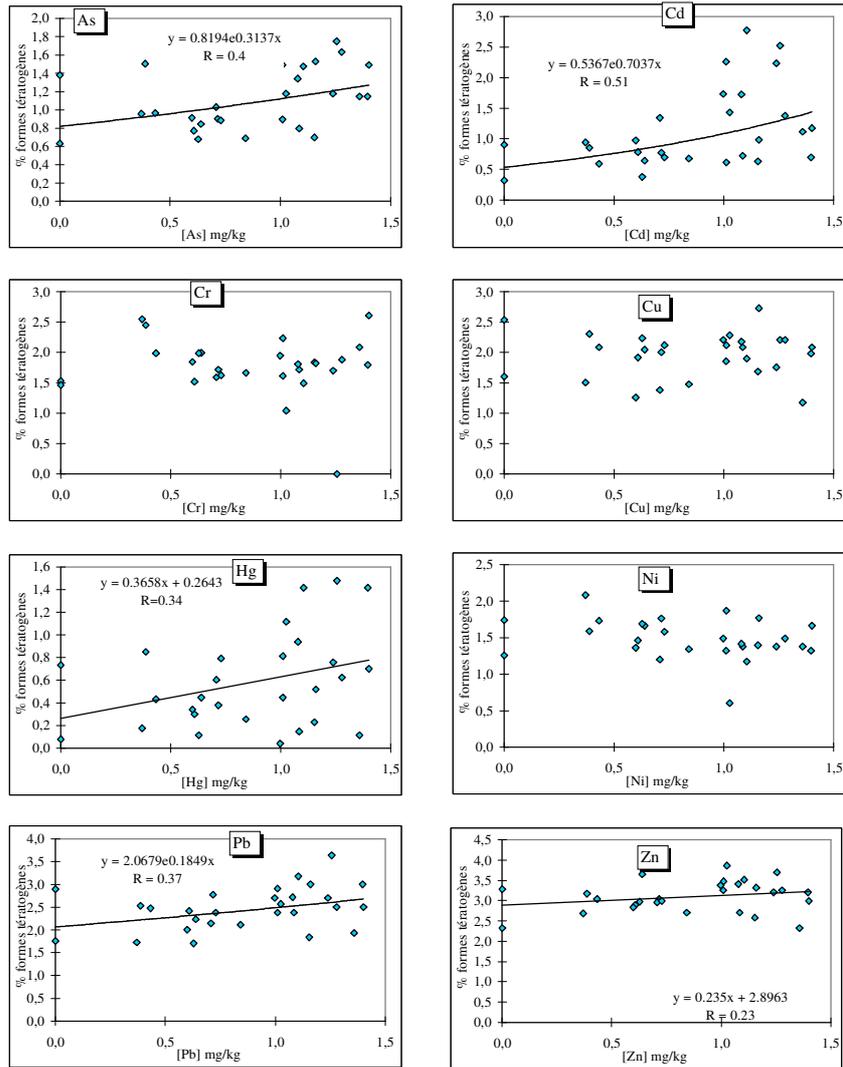
258 taxons et 35 formes tératologiques ont été recensés sur l'ensemble des relevés. Les Fragilariacées semblent être particulièrement sensibles à la déformation avec 11 espèces montrant des formes tératologiques : *Fragilaria capucina* var. *capucina*, *capucina* var. *gracilis*, *F. capucina* var. *vaucheriae*, *F. crotonensis*, *F. pulchella*, *Staurosira construens*, *S. construens* var. *binodis*, *S. pinnata*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Ulnaria biceps*, *U. ulna*.

Quelques Monoraphidées tératologiques ont également été identifiées (*Cocconeis placentula*, *Lemnicola hungarica*, *Planothidium lanceolatum*...), quelques Naviculacées (*Gomphonema vulvum*, *truncatum*, *Filina minima*) et encore quelques Nitzschiacées (*Nitzschia paleacea*, *N. palea*, *N. frustulum*...).

Certaines de ces formes ont été photographiées (cf. planche).

Le pourcentage des formes tératologiques est relativement faible. Les proportions de diatomées déformées les plus élevées (>15 ‰) sont mesurées dans la Deûle à Flers (76000), à Courrières (77000), à Haubourdin (80000), à Wanbrechies (81000), à Deûlemont (82000) et dans le Canal d'Aire à la Bassée à Aire/Lys (63000).

Des corrélations sont effectuées entre le pourcentage de formes tératologiques de la colonne d'eau et la concentration sédimentaire des différents métaux d'une part (figure 1), et le pourcentage de formes tératologiques du sédiment avec les concentrations en métaux, d'autre part (figure 2).



**Figure 1 :** relation entre le % de formes tératogènes et la concentration en métaux

La figure 1 montre que les relations les plus marquées sont obtenues surtout avec les métaux qualifiés de "non essentiels", notamment le cadmium ( $r=0,50$ ), l'arsenic ( $r=0,40$ ), le plomb ( $r=0,37$ ) et le mercure ( $r=0,34$ ). A l'opposé, le zinc, le chrome, le cuivre et le nickel ne semblent pas avoir d'effet sur l'apparition de formes tératogènes au niveau de ces stations.

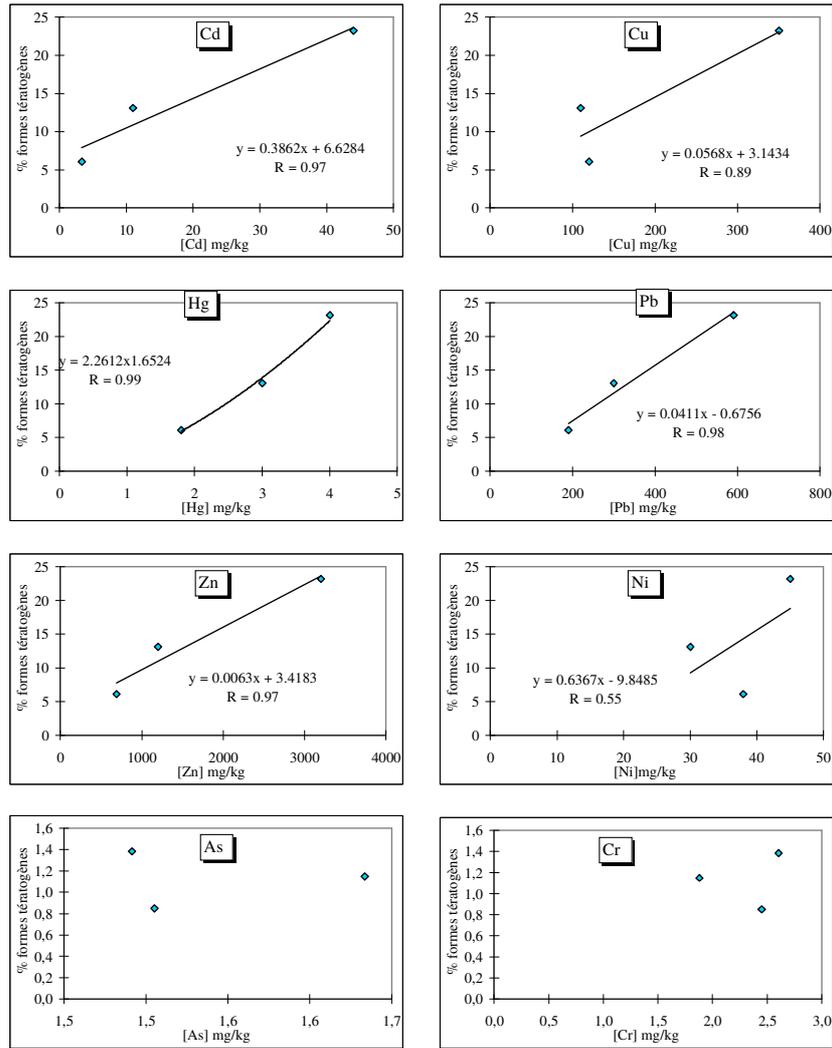


Figure 2 : relation entre le % de formes tératologiques du sédiment et la concentration en métaux

Le pourcentage de formes tératologiques identifiées dans le sédiment semble bien corrélé à la concentration sédimentaire de cadmium, de cuivre, de mercure, de plomb, et de zinc (figure 2). Comme précédemment, les coefficients de corrélation les plus élevés sont obtenus pour les métaux non essentiels. Notons que ces mesures, qui portent uniquement sur trois points, doivent être interprétées avec beaucoup de précaution. En revanche, ces observations montrent qu'il serait intéressant de renouveler l'expérience avec

des points plus nombreux et qu'il serait judicieux de prendre des stations témoins (non contaminées par les métaux) comme référence.

Afin de synthétiser les résultats obtenus, des ACP ont été réalisées. La première est effectuée sur les variables physico-chimiques et la seconde sur les inventaires de diatomées.

Les individus et les variables qui contribuent à expliquer les axes (contribution significative) sont représentés en rouge pour l'axe 1 et en bleu pour l'axe 2 (figure 3). La première ACP met en évidence une opposition entre les composés de l'azote et du phosphore et la conductivité associée au plomb et au zinc. Cet axe semble en relation avec la minéralisation. L'axe 2 correspond à un gradient de pollution sur lequel s'oppose le % de saturation au mercure, au cadmium et à la DBO5.

La figure 4 indique que tous les relevés se positionnent du côté positif de l'axe 1, ce qui tend à indiquer que la minéralisation de ces stations prédomine sur la teneur en nutriments. Sur le deuxième axe d'analyse, les stations semblent s'échelonner en fonction du % de saturation en oxygène. La Deûle à Courrières (77000), à Deûlemont (82000), le canal de Mark (114600)...s'opposent à l'Escaut à Neuville (13000) et à Mortagne (18000), à la Somme à Offoy (125000).

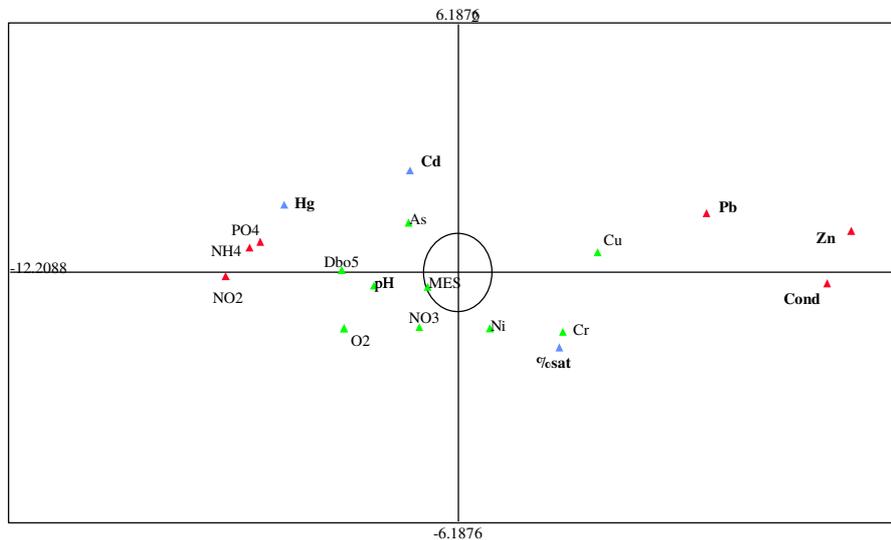
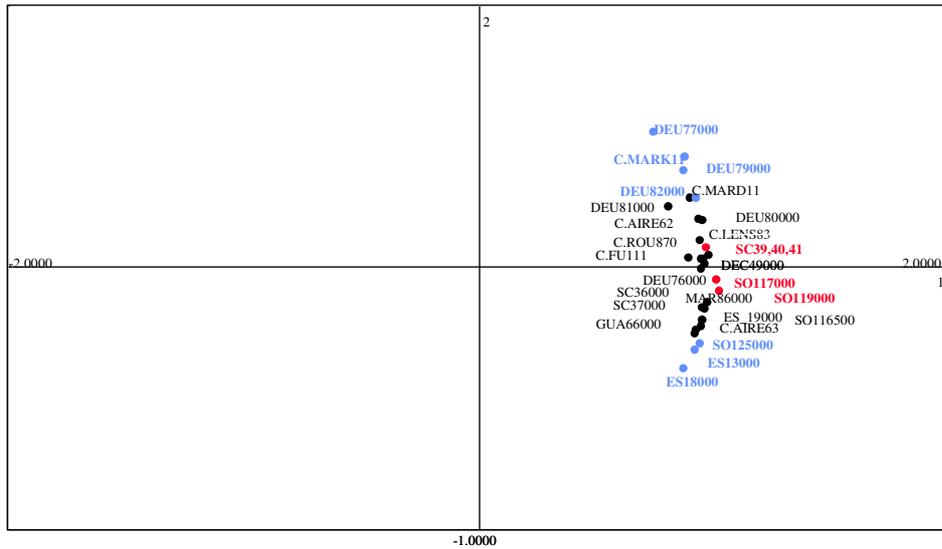


Figure 3 : Distribution des paramètres F1x2



**Figure 4** : Distribution des stations F1xF2

La deuxième ACP est réalisée sur les abondances relatives des taxons. Les taxons significatifs à la formation de l'axe 2, sont d'un côté, NVEN, NPAL, NTRV, SSEM...et de l'autre APED, NMEN, NCTE... . Cet axe oppose les taxons typiquement saprophytes (groupe I) ou halophiles (groupe II) aux diatomées plus sensibles et halophobes (figure 5). Signalons que les formes tératologiques (FTER) se positionnent du même côté que les taxons résistants. Cette ACP indique également que toutes les stations se situent d'un seul côté de l'axe 1 (figure 6). L'axe 2 oppose les stations les plus polluées et minéralisées (Canal de Mardyck, Canal de Mark, Canal de Roubaix, Deûle à Courrières (78000), à Wambrechies (81000), à l'Escaut à Neuville, la Deûle à Flers (76000)).



Légende des principaux taxons APED = Amphorpedicula, AMB = Aulacoseira ambigua, AUGR = Aulacoseira granulata, DUB = Cyclostephanos dubius, CMEN = Cyclotella meneghiniana, CRAC = Craticula accomoda, EOMI = Eolimna minima, FULN = Fragilaria ulna, GPAR = Gomphonema parvulum, MVAR = Melosira varians, NMEN = Navicula menisculus, NCTE = Navicula cryptotenella, NIFR = Nitzschia frustulum, NAMP = Nitzschia amphibia, NTRV = Navicula trivialis, NPAL = Nitzschia palea, NVEN = Navicula veneta, NUMB = Nitzschia umbonata, NSBR = Navicula subrotundata, PTLA = Planothidium lanceolatum, SPUP = Sellaphora pupula, SSEM = Sellaphora seminulum

## Conclusion

Les résultats ont montré qu'il était difficile d'établir une relation entre les formes tératologiques et la concentration en métaux. Il semblerait que les valves déformées déterminées à partir d'un inventaire dans le sédiment soient davantage corrélées aux concentrations en métaux du sédiment que celles identifiées à partir d'un échantillonnage dans la colonne d'eau. Des mesures supplémentaires doivent être réalisées pour confirmer ces observations. Il paraît indispensable d'inclure dans l'étude des stations témoin et de déterminer la concentration de différents métaux dans les matières en suspension pour tenter d'établir une relation avec les diatomées vivant dans l'eau.

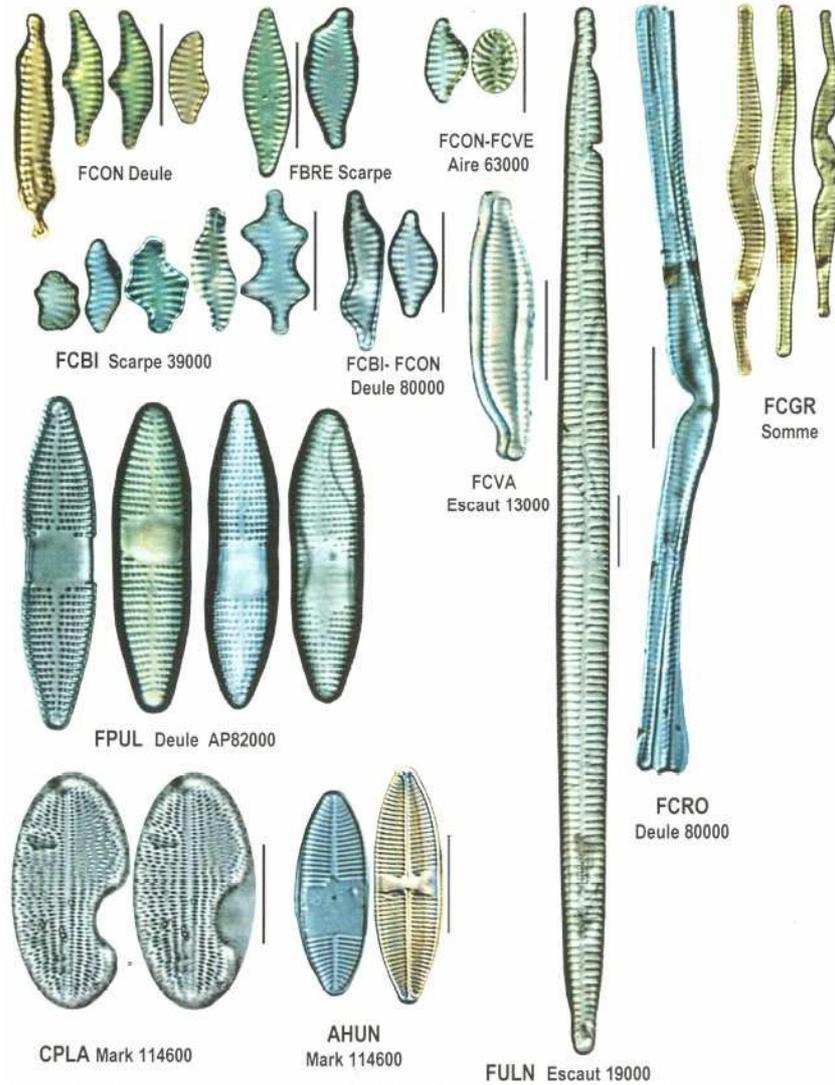
Les résultats ont montré que le pourcentage de valves déformées est, en abondance relative, assez faible.

Plusieurs hypothèses peuvent être émises :

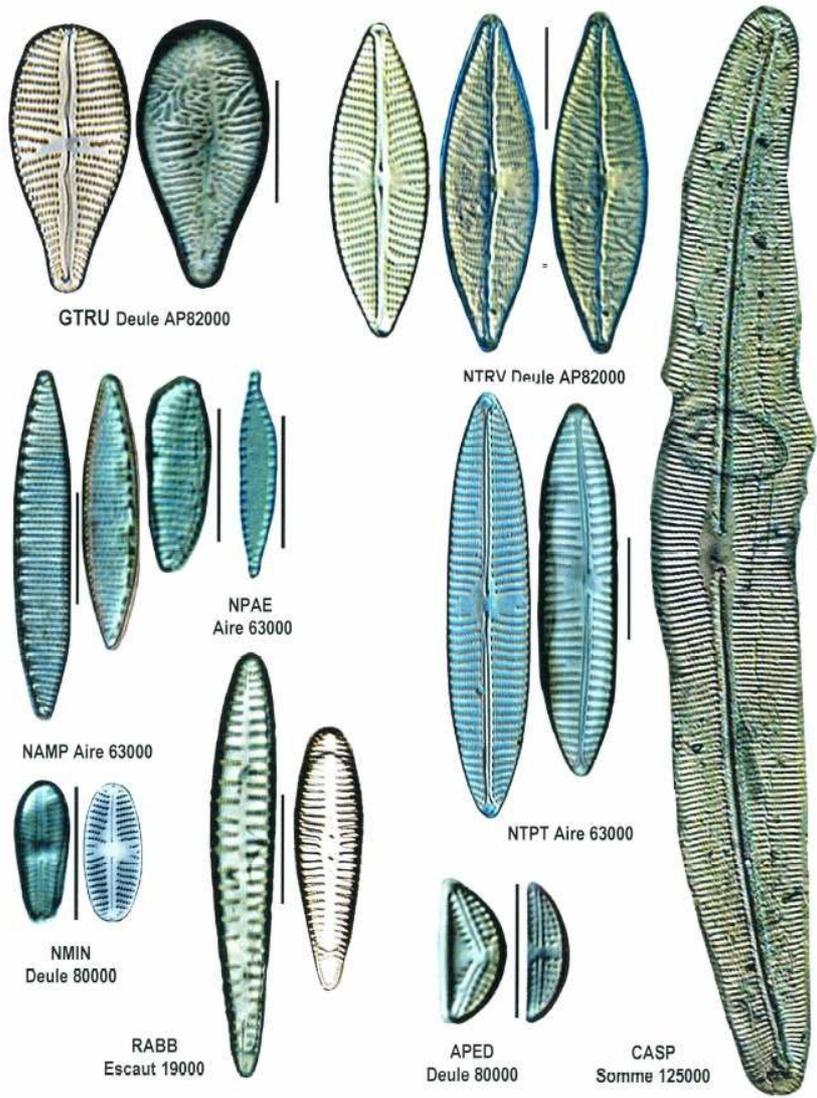
- les diatomées résistantes à la pollution organique qui sont abondamment présentes sur l'ensemble des stations seraient également résistantes aux déformations induites par les métaux
- les déformations affectant souvent l'organisation des stries (voir planche annexé VI), ne sont pas visibles chez les espèces dont ces ornements ne sont pas résolubles en microscopie photonique. C'est le cas des espèces comme Nitzschia palea par exemple. Une étude en microscopie électronique pourrait être envisagée.
- les différentes formes chimiques des métaux peuvent se complexer avec les nombreux ligands présents dans les sédiments tels que les argiles, les acides humiques, les substances sécrétées par les algues, ... (Bernhard et al., 1986; Borgmann 1983; Campbell & Tessier, 1987). Ces réactions de complexation avec les particules conduisent généralement à une diminution des capacités de bioaccumulation et des effets toxiques engendrés.
- Enfin, certains métaux, comme le mercure subissent, au sein de l'écosystème aquatique, diverses réactions chimiques qui revêtent une importance primordiale. Par exemple, la toxicité du mercure est étroitement liée à sa forme chimique, (le méthyl mercure est plus toxique que le mercure

inorganique), et, il serait sans doute utile, dans le cadre d'une prochaine étude, de distinguer la concentration de la forme méthylée.

### FORMES TERATOLOGIQUES OU ANORMALES



AHUN : *Achnanthes hungarica*, CPLA: *Cocconeis centuriosus*, FBRE : *Fragilaria brevistriata*, FCBI : *F. construens* f. *binodis*, FCGR : *F. capucina* var. *gracilis*, FCON : *F. construens*, FCRO : *F. crotonensis*, FCVA : *F. capucina* var. *vaucheriae*, FCVE : *F. construens* f. *venter*, FULN : *F. ulna*.



APED : Amphoredicula truncata  
 NAMP : Nitzschia amphibia  
 NTRV : Navicula trivialis  
 NMIN : Navicularia minima  
 NPAE : Nitzschia paleacea  
 NTPPT : N. tripunctata  
 RABB : Rhicosphaenia abbreviata  
 CASP : Cymbella aspera  
 GTRU : Gomphonema truncatum

## Bibliographie

- ABSIL, M.C.P. and SCHEPPINGEN, Y.V., 1996. Concentrations of selected heavy metals in benthic diatoms and sediment in the Westerschelde estuary. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 56: 1008-1015.
- BERNHARD, M., BRINCKMAN, F.E. and IRGOLIC, K.J., 1986. Why "speciation"? In Bernhard, M., Brinckman, F.E., and Sadler, P.S. (eds.), *The importance of chemical speciation in environmental processes*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 7-14
- BORGSMANN, U., 1983. Metal speciation and toxicity of free metal ions to aquatic biota. In Nriagu, J.O. (ed.), *Aquatic Toxicology*, Wiley, New York, pp. 47-71.
- CAMPBELL, P.C.G. and TESSIER, A., 1987. Metal speciation in natural waters: influence of environmental acidification. In Hites, R.A. and Eisenreich, S.J. (eds.) *Sources and Fates of Aquatic Pollutants*, American Chemical Society, Washington, pp. 185-208.
- CEMAGREF (1982). *Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux*. Lyon 218 p., Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.
- COSTE M., (1978): *Sur l'utilisation des diatomées benthiques pour l'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes*. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université de Besançon, N° 287, 143 p.
- DE-FILIPPIS, L.F. and PALLAGHY, C.K., 1994. Heavy metals: Sources and biological effects. *Archiv für Hydrobiologie* 42: 31-77.
- ESMARCH, F., 1910. Beitrag zur Cyanophyceenflora unser Kolonien. *Jahrb. der Hamburgischen Wissenschaften Anstalten* 28: 62-82.
- FRENCH, M.S. and EVANS, L.V., 1988. The effects of copper and zinc on growth of the fouling diatoms *Amphora* and *Amphiprora*. *Biofouling* 1: 3-18.
- GUANZON, N.G., NAKAHARA, H. and NISHIMURA, K., 1995. Accumulation of copper, zinc, cadmium, and their combinations by three freshwater microalgae. *Fisheries Sciences* 61: 149-156.
- KRAMMER, K. and LANGE-BERTALOT, H., 1986. *Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculales*. Süßwasserflora von Mitteleuropa 6. Fisher Verlag., Stuttgart, 876 p.
- KRAMMER, K. and LANGE-BERTALOT, H., 1988. *Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa. G. Fisher Verlag., Stuttgart, 596 p.
- KRAMMER, K. and LANGE-BERTALOT, H., 1991. *Bacillariophyceae 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa. G. Fisher Verlag, Stuttgart, 600 p.
- KRAMMER, K. and LANGE-BERTALOT, H., 1991. *Bacillariophyceae 4. Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema*. Süßwasserflora von Mitteleuropa. G. Fisher Verlag, Stuttgart, 437 p.

- LECOINTE, C., COSTE, M. and PRYGIEL, J., (1993)"OMNIDIA"  
software for taxonomy calculation of diatom indices and inventories  
management. *Hydrobiologia* 269/270: 509-513.
- PRYGIEL J. et COSTE M., (1996) : Les diatomées et les indices diatomiques  
dans les réseaux de mesure de la qualité des cours d'eau français : historique  
et avenir. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 341: 65-79.
- RACHLIN, J.W., JENSEN, T.E. and WARKENTINE, B., 1983. The growth  
response of the diatom *Navicula incerta* to selected concentrations of the  
metals: cadmium, copper, lead and zinc. *Bulletin of the Torr. Botany Club* 110:  
217-223.
- ROUND, F.E., CRAWFORD, R.M. and MANN, D.G., 1990. *The Diatoms.:  
biology and morphology of the genera.* Cambridge, 747 p.
- TAKAMURA, N., KASAI, F. and WATANABE, M.M., 1989. Effects of Cu,  
Cd and Zn on photosynthesis of freshwater benthic algae. *Journal of Applied  
Phycology* 1: 39-52.
- VAN DAM H., MERTENS A. and SINKELDAM J., (1994) : A coded  
checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the  
Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117-13.
- WETZEL, R.G., 1983. *Periphyton of freshwater ecosystems.* Junk, The Hague,  
346 p.

5. Les frustules déformés de diatomées benthiques et les pesticides :  
Le cas des pollutions agricoles dans les coteaux de Gascogne (Sud-  
Ouest de la France)

T. DEBENEST\*, M. COSTE\*, F. DELMAS\* & E. PINELLI\*\*

\* Cemagref Bordeaux, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex, France.

\*\* ENSAT, Laboratoire AEE, Avenue de l'Agrobiopole - BP 32607 Auzeville  
tolosane - 31326 Castanet-Tolosan, France.

### Introduction

Le frustule est à la diatomée ce que le vin est à Bordeaux : l'essence même de son originalité. Des déformations de ses stries, de son contour suscitent dès lors dans la communauté scientifique de nombreuses interrogations quant à la genèse de ces anomalies et à la nature des facteurs qui peuvent l'induire. De nombreux auteurs se sont penchés sur ces questions sans mettre précisément en lumière l'action préférentielle d'un facteur parmi d'autres. Dickman (Dickman 1998) souligne ainsi, que d'autres substances que les métaux lourds peuvent être impliquées dans l'apparition de déformations au niveau des valves. Dans une étude sur l'effet toxique de l'isoproturon sur le périphyton, Schmitt-Jansen et Altenburger (Schmitt-Jansen and Altenburger 2005) ont ainsi observé pour des concentrations élevées, des formes anormales de *Navicula halophila* (Grunow) Cleve. Les pesticides sont, donc, à l'instar des métaux lourds, suspectés d'induire de telles déformations.

Pour approfondir nos connaissances concernant le lien possible entre l'apparition de formes anormales de diatomées benthiques et l'exposition à des toxiques agricoles, une étude est actuellement en cours sur 18 stations des coteaux de Gascogne dans le triangle Toulouse (31) - Auch (32) - Lannemezan (65).

Ce site d'étude est localisé dans une zone d'agriculture très intensive, dominée par la culture irriguée du maïs, où, du fait des caractéristiques géo-pédologiques, les écoulements et donc les lixiviats de pesticides se déversent préférentiellement dans les rivières.

### Matériels et méthodes

Des caissettes contenant trois lames de verre ont été immergées dans les cours d'eau, entre 3 et 4 semaines, à plusieurs reprises, durant les périodes connues de traitements phytosanitaires (mars à juin). Lors de chaque prélèvement sur ces lames, des prélèvements de biofilm épilithique et d'eau, pour le dosage de pesticides, ont également été réalisés.

## Résultats

En 2004, où seuls des prélèvements sur substrats naturels ont été effectués, les valeurs maximales d'abondance relative totale en formes anormales ne dépassent pas les 30%/°° pour la première campagne. Elles ont été relevées sur des cours d'eau en aval de bassins versants dominés principalement par de grandes cultures de maïs irrigué. La répartition entre les stations des principales espèces affectées par des déformations est très hétérogène.

L'espèce *Fragilaria capucina* Desm. var. *capitella* (Grunow) pour laquelle l'abondance en formes déformées est la plus élevée avec un maximum à 15%/°°, est présente sur le double de stations comparée aux espèces *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (Kütz.), *Gomphonema micropus* Kützing et *Meridion circulare* (Greville) Agardh. Une espèce se distingue : *Diatoma vulgare* Bory. Elle n'a été relevée que sur une station, avec une abondance de 10%/°°.

Après cette première année exploratoire, une série de 6 campagnes de terrain plus complètes avec pose de caisses contenant trois lames de verre a été réalisée en 2005.

### 1) Substrats artificiels (lames de verre)

Les premiers résultats de l'analyse descriptive des données issues des substrats artificiels montrent que sur toutes les stations les valeurs totales d'abondance en formes anormales sont faibles, avec un maximum de 15%/°° pour une station aval sur la Save. Il apparaît néanmoins que les formes anormales ont été dénombrées en plus grand nombre sur des stations situées en pleine zone agricole.

Une espèce semble particulièrement affectée par des déformations, il s'agit de *Ulnaria ulna* (Nitzsch.) Compère (maximum d'abondance moyenne de 10%/°°). D'autres espèces sont aussi présentes : *Diatoma vulgare* Bory, *Gomphonema parvulum* Kützing, *Nitzschia heufleriana* Grunow avec des abondances moindres (entre 2 et 6%/°°).

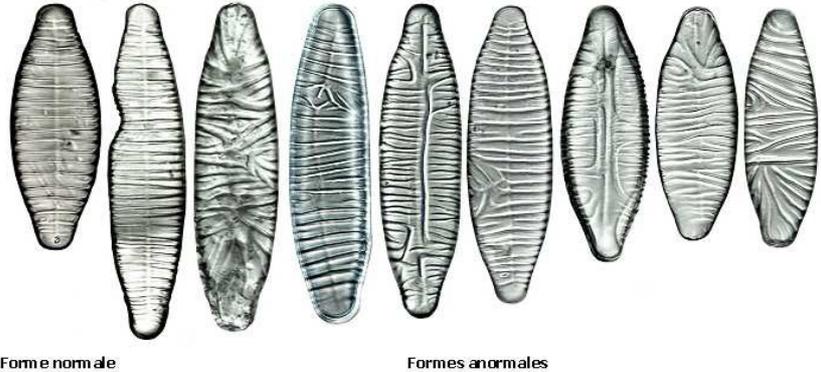
### 2) Substrats naturels (galets)

A l'inverse, l'analyse descriptive des résultats issus des prélèvements sur des galets de faciès lotique fait apparaître des abondances relatives totales en frustules déformés largement plus élevées.

Ainsi, en aval de deux des trois cours d'eau majeurs étudiés le Sousson en mars et la Save fin mai, entre 40 et 65%/°° des diatomées comptées étaient déformées.

Comme sur les substrats artificiels, les espèces *Ulnaria ulna* (Nitzsch.) Compère et *Diatoma vulgare* Bory présentent les plus fortes abondances en frustules déformés, surtout au début du printemps. Sur les données de fin mai l'abondance en frustules déformés de l'espèce *Achnanthes pinnata* Hustedt Kobayasi est supérieure à celle des deux espèces précédentes.

Dans le cas des stations ponctuelles l'abondance en formes anormales s'est révélée élevée, principalement en mars sur certaines stations en zone agricoles, voire très forte (165°/°°) pour une station. Cela est à relier aux données obtenues en 2004. En effet, les relevés effectués à la même période faisaient aussi apparaître une abondance élevée en formes anormales, principalement des *Diatoma vulgaris* Bory. Ces résultats présentent des similitudes avec ceux de 2005 même si les valeurs d'abondance relative sont supérieures en 2005.



### Conclusions

L'interprétation du niveau d'abondance en formes anormales dans une préparation demeure néanmoins très aléatoire. En effet, dans notre cas particulier, mis à part un cas, les formes anormales ne dépassent guère 4 à 5% sur les 400 individus comptés par lame. En général, les valeurs sont beaucoup plus faibles. Le peu d'individus que cela représente ne permet pas de mettre en évidence un lien de cause à effet avec les pesticides. De plus, les données intégrées sur l'exposition à des pesticides des diatomées manquent pour analyser les données. Enfin, l'abondance en formes anormales est un paramètre d'une très grande variabilité spatiale et temporelle.

### Bibliographie

Debenest. 2004. Caractérisation de descripteurs globaux phénotypiques simples et pertinents de l'impact de pollutions polymétalliques (Cd et Zn) sur les phytocénoses diatomées benthiques Toulouse Institut National d'Horticulture INH- Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse ENSAT: 71p + annexes.

- DICKMAN M.D. 1998. Benthic marine diatom deformities associated with contaminated sediments in Hong Kong. *Environment International* 24(7): 749-759.
- Morin S. 2003. Amélioration des techniques de bio-indication diatomique et d'analyse des données, appliquées à la révélation des effets des pollutions à toxiques. Bordeaux, ENITA de Bordeaux: 70 p + annexes.
- SCHMITT-JANSEN M., ALTENBURGER R. 2005. Toxic effects of isoproturon on periphyton communities - a microcosm study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62(3): 539-545.

**COTISATION 2006  
- MODALITES DE REGLEMENT -**

La cotisation pour 2006 est de 13 euros/an et 7.7 euros/an pour les étudiants et les retraités, à verser par chèque postal (C.C.P. 2732 09 X PARIS), ou par chèque bancaire (éviter les mandats internationaux) à l'ordre de l'ASSOCIATION DES DIATOMISTES DE LANGUE FRANÇAISE adressé à :

Jean Claude DRUART  
Association des Diatomistes de Langue Française  
INRA - Station d'Hydrobiologie Lacustre 75, Avenue de Corzent - BP 511, F-74203 THONON LES BAINS Cedex

Préciser ici la date d'envoi :

.....

Nom et prénom :

Adresse :

.....  
.....  
.....  
.....

\*\*\*\*\*

ANNONCES
----------

Fournisseur de Naphrax :

NAPHRAX:  
Alan R Potter  
Brunel Microscopes Ltd  
Unit 6 Enterprise Centre  
Bumpers Way  
Bumpers Way Industrial Estate  
Chippenham Wilts  
SN14 6QA UK  
Tel. 01249 462655  
Fax. 01249 445156  
[www.brunelmicroscopes.co.uk](http://www.brunelmicroscopes.co.uk)  
Brunel Microscopes Ltd: [BruneiMicro@compuserve.com](mailto:BruneiMicro@compuserve.com)

Bourse aux livres :

Iconographia diatomologica: Annotated Diatom Micrographs. Ed. by Horst Lange - Bertalot. Volume 11: Metzeltin, Ditmar and Horst Lange - Bertalot: Diatoms from the `Island Continent` Madagascar. 2002. 95 pls. 286 p. (ISBN 3-904144-94-4) - Prix neuf : 160.00 EURO  
Occasion : 80 EURO. Contact : Catherine GOBIN : [riaux-go@obs-banyuls.fr](mailto:riaux-go@obs-banyuls.fr)

Diatom Research Volume 16 n°1 : offert pour l'achat de l'Iconographia diatomologica volume 11.  
Contact : Catherine GOBIN : [riaux-go@obs-banyuls.fr](mailto:riaux-go@obs-banyuls.fr)

## COLLOQUES

British Diatomists' Meeting: 27 - 29 octobre 2006  
Field Studies Centre at Malham Tarn, in The Yorkshire Dales National Park.  
<http://www.campus.ncl.ac.uk/staff/Stephen.Juggins/bdm.htm>  
Contact : [Stephen.Juggins@NEWCASTLE.AC.UK](mailto:Stephen.Juggins@NEWCASTLE.AC.UK)

WATMED 3 "Les Ressources en Eau dans le Bassin Méditerranéen", Tripoli  
(Liban) 1 - 3 novembre 2006  
Informations: <http://www.watmed.com>

31<sup>e</sup> Congrès Annuel de l'Union des Océanographes de France (UOF), Nantes  
2 - 3 novembre 2006  
Organisation : [Jean-Claude.Amiard@univ-nantes.fr](mailto:Jean-Claude.Amiard@univ-nantes.fr)

3<sup>e</sup>ème Congrès International Franco-Tunisien de Zoologie, Tabarka 3 - 7  
novembre 2006  
organisé par la Société Zoologique de France et la Société Française  
d'Ichtyologie.

Premier Congrès Méditerranéen d'Océanologie, Alger 20 - 22 novembre 2006  
Contact : [medoceano2006@yahoo.fr](mailto:medoceano2006@yahoo.fr)  
Fax : 00 213 21 24 72 17

PLAQUETTE DE PRESENTATION DE  
L'ADLAF

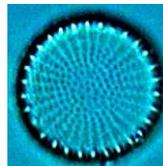
Sur une idée impulsée par notre président Y. Rincé, une plaquette de présentation a été élaborée par le bureau et les conseillers scientifiques de l'ADLaF fin 2005. En effet, une plaquette de présentation de l'association manquait. Cette plaquette a été tirée à 500 exemplaires. La plupart ont été déjà distribués lors de colloques internationaux aux agences de l'eau à des étudiants en magistère, en thèse ...etc... La plaquette se compose de 4 pages illustrées ci-dessous. Elle est téléchargeable sur le site de l'ADLaF : <http://clci.club.fr/Plaquette%20ADLaF.pdf>



# Association des Diatomistes de Langue Française ADLaF

<http://clci.club.fr/diatom-ADLaF.htm>

L'association, créée en 1980, est née de la volonté de quelques personnalités de formaliser leurs contacts, de s'informer mutuellement de leurs activités et de structurer un groupe de spécialistes partageant un même sujet d'étude, les diatomées et une même langue, le français.



Ce désir est dorénavant inscrit dans les statuts de l'ADLaF : « *Il est fondé une association... dont le but est de promouvoir et de valoriser l'étude des diatomées marines et continentales, actuelles et fossiles, de faciliter la diffusion des connaissances dans ce domaine ainsi que les relations entre les personnes qui s'intéressent à cette branche de l'Algologie .»*



## Les activités de l'ADLaF : Un Colloque

Participer chaque année au Colloque est une expérience intéressante que privilégient régulièrement entre 60 et 90 participants qui peuvent ainsi confronter leurs expériences de diatomistes au cours de sessions thématiques d'exposés ou par l'affichage de posters.

### Où ?

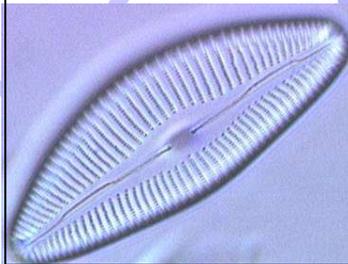
L'organisation des Colloques de l'ADLaF est prise en charge par un comité constitué de membres volontaires qui travaillent en concertation avec le Bureau pour mettre en place un programme de communications scientifiques, l'Assemblée générale et des activités devenues traditionnelles (excursions, repas "Spécial Diatomiste"). Ce mode de fonctionnement permet à l'ADLaF de tenir ses assises en des lieux variés (Luxembourg, Anvers et Robertville en Belgique, Espot en Catalogne, Nice, Orléans, Bordeaux et Nantes en France...).

### Les principaux sujets ?

Bioindication	Ecologie
Taxonomie	Génétique
Ecotoxicologie	...etc...
Paléolimnologie	

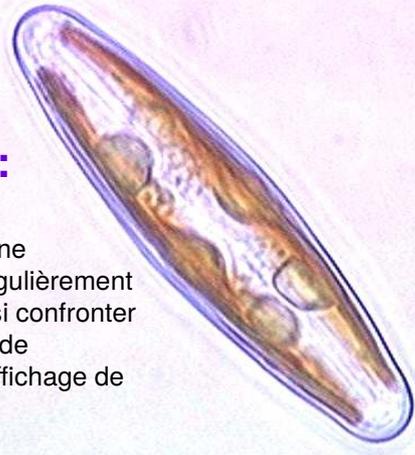
## Un bulletin : Diatomania

Chaque année paraît Diatomania, une publication interne où les membres de l'ADLaF retrouvent des informations concernant la vie de l'association et peuvent échanger sur des préoccupations scientifiques. La rédaction de Diatomania a été confiée à Frédéric Rimet à qui peuvent être adressées les propositions d'articles ou d'information.



### Thèmes abordés ?

- Bioindication
- Cultures des diatomées
- Diatomées et écorégions
- Conservations des échantillons
- Ouvrages récents
- Thèses
- etc...

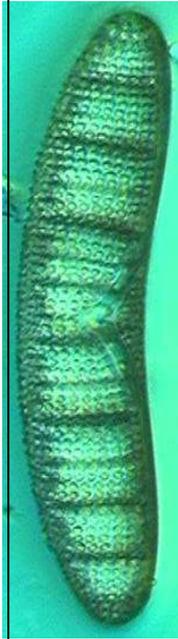




## Un site Internet

Le site internet de l'ADLaF est géré par Catherine Lecointe (clci@club-internet.fr). Les propositions de textes ou d'annonces ainsi que les informations sur les colloques, les projets et les activités de l'ADLaF devront être envoyées préalablement pour lecture et approbation à un des membres du bureau.

Les diverses activités de l'ADLaF, notamment les nouveaux projets lancés sur les diatomées dans les pays francophones et les collaborations avec le GIS "Diatomées des Eaux Continentales" sont présentés. Avec comme finalité principale de mieux faire connaître les activités de l'ADLaF aux diatomistes et algologues d'Europe et du monde entier, le site permet aussi d'accueillir les initiatives les plus intéressantes proposées par les différents membres de l'ADLaF : vente de livres, de matériel microscopique, annonce de congrès relatifs aux diatomées, projets de recherche, bases et listes bibliographiques des membres, nouvelles publications...



## Les instances de l'ADLaF

L'association est administrée par un Conseil constitué de 12 conseillers scientifiques et d'un bureau\* :

Président :

Yves Rincé : yves.rince@univ-nantes.fr

Vice-président :

Luc Ector : ector@lippmann.lu

Trésorier :

Jean-Claude Druart : druart@thonon.inra.fr

Secrétaire général :

Frédéric Rimet : frederic.rimet@lorraine.ecologie.gouv.fr

Secrétaires adjoints :

Juliette Tison : juliette.tison@bordeaux.cemagref.fr

Bart Van de Vijver : bart.vandevijver@ua.ac.be

\*(composition suite à l'Assemblée Générale du 07/09/ 2005)





### Contacts :

Pour entrer en contact avec l'ADLaF, on peut s'adresser à l'un des membres du bureau ou à l'un des conseillers scientifiques :

Pierre Compère : [p.compere@BR.fgov.be](mailto:p.compere@BR.fgov.be)

Michel Coste : [michel.coste@cemagref.fr](mailto:michel.coste@cemagref.fr)

Michel Horn : [michel.horn@ecologie.gouv.fr](mailto:michel.horn@ecologie.gouv.fr)

Jean Prygiel : [j.prygiel@eau-artois-picardie.fr](mailto:j.prygiel@eau-artois-picardie.fr)

Catherine Riaux-Gobin : [riax-go@obs-banyuls.fr](mailto:riax-go@obs-banyuls.fr)

René Le Cohu : [tenhage@cict.fr](mailto:tenhage@cict.fr)

François Straub : [fstraub@phycoeco.ch](mailto:fstraub@phycoeco.ch)

Olivier Monnier : [monnier@lippmann.lu](mailto:monnier@lippmann.lu)

Henri Vidal : [hvidal@cg06.fr](mailto:hvidal@cg06.fr)

Didier Guillard : [didier.guillard@pays-de-la-loire.ecologie.gouv.fr](mailto:didier.guillard@pays-de-la-loire.ecologie.gouv.fr)

Karen Serieyssol : [karenkserieyssol@aol.com](mailto:karenkserieyssol@aol.com)

Pierre Vauclare

### Pour faire partie de l'association :

La cotisation annuelle est de 13 € par an (7,7 € pour les étudiants, les chômeurs et les retraités). Elle est à verser par chèque postal (C.C.P. 2732 09 X PARIS), ou par chèque bancaire, à l'ordre de L'ADLaF et à adresser à :

Jean Claude Druart

Association des Diatomistes de langue Française

INRA, Station d'Hydrobiologie Lacustre, BP 511

75, Avenue de Corzent

74203 Thonon-les-Bains CEDEX

100X DMLB 10 µm