

PROGRAMME ET RESUMES

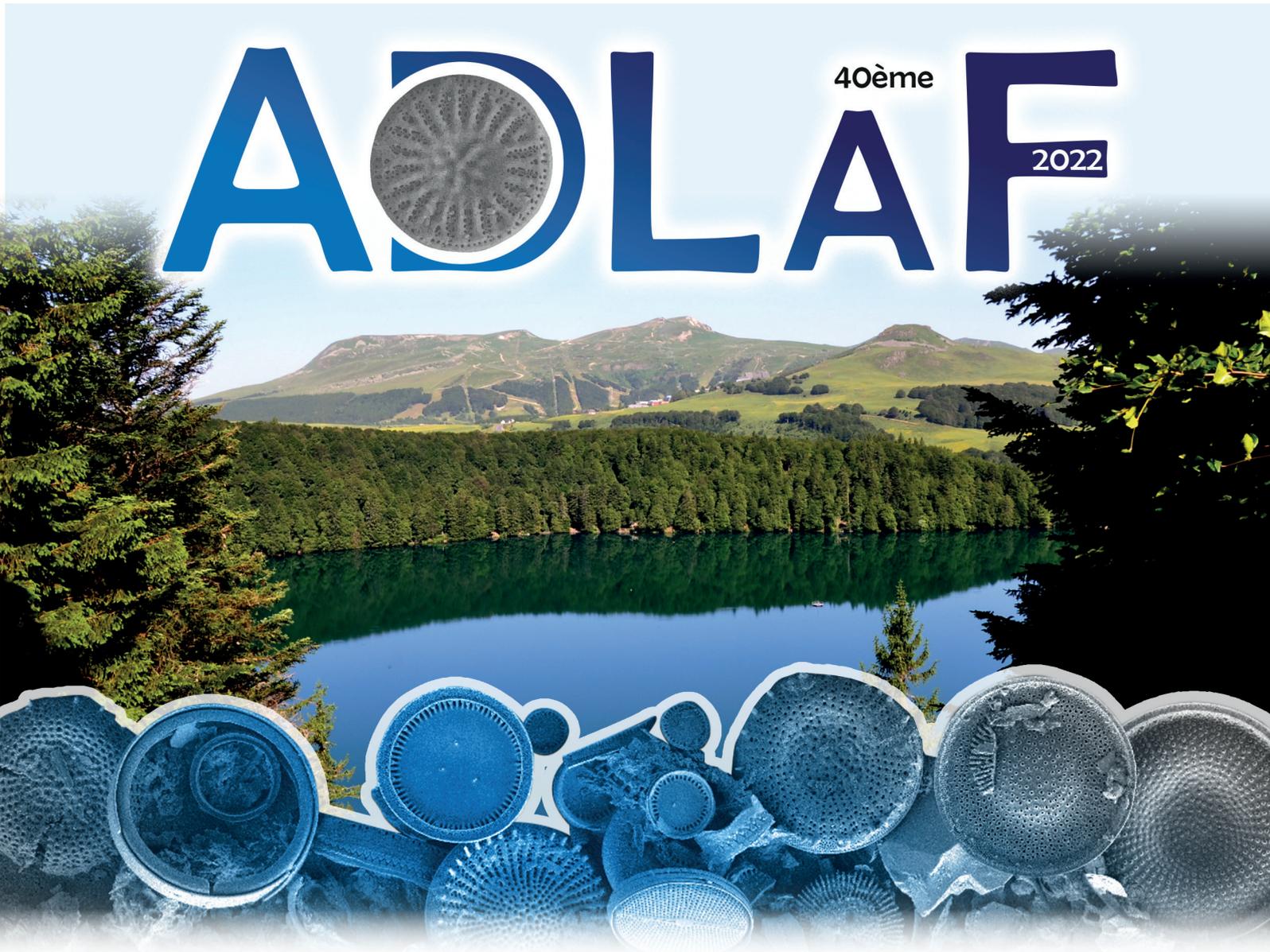
40^{ème} Colloque ADLaF

Du 13 au 15 septembre 2022

Maison des Sciences de l'Homme, Clermont Ferrand

ADLaF

40^{ème} 2022



**40^{ème} Colloque de l'Association
des Diatomistes de Langue
Française, 13-15 septembre
2022, Clermont-Ferrand**

**Programme et résumés des communications
et des posters**



Editeurs: A. Beauger & B. Van de Vijver

Comité d'organisation :

Aude Beauger, Inga Khoudir, Elisabeth Allain, Estelle Théveniaud,
Johannes Steiger, Lory-Anne Baker : Laboratoire Geolab, UMR 6042-
CNRS

Didier Debroas, Anne-Hélène Le Jeune : Laboratoire LMGE, UMR
6023-CNRS

Pôle budget de la DR7 CNRS

Comité scientifique :

Soizic Morin (INRAe Bordeaux)

Carlos Wetzel (Luxembourg Institute of Science and Technology
(LIST), Luxembourg)

Karen Serieyssol (Laboratoire EVS-ISTHME, UMR 5600 - CNRS,
Université Jean Monnet)

Benoît Schoefs (Laboratoire Biologie des Organismes Stress Santé
Environnement, Le Mans Université, France)

Françoise Chalié (Laboratoire CEREGE, UM 34 – CNRS, Université
Aix-Marseille)

Bart Van de Vijver (Jardin botanique de Meise)

Aude Beauger (Laboratoire GEOLAB, UMR 6042 - CNRS,
Université Clermont-Ferrand)



Programme scientifique

40 ^{ème} Colloque de l'ADLaF	p. 4
Livre des Résumés	
Communications invitées	p. 10
Communications orales (C) et posters (P)	p. 15
Index des auteurs	p. 74
Liste des participants	p. 76

Ce colloque est dédié à la mémoire de notre collègue Luc Ector.



Les interventions sont présentées sous forme de :

- **communications (C)** : 15 minutes de présentation orale (PowerPoint) + 5 minutes de questions

- **posters (P)** : 5 minutes de présentation orale (PowerPoint) puis présence des auteurs devant leurs posters pour les questions pendant la pause-café.

Les **étudiants (E)** vont concourir pour le prix de la meilleure communication et du meilleur poster.

Mardi 13 septembre 2022

08h15-09h00 Accueil des participants à la Maison des Sciences de l'Homme de Clermont-Ferrand

09h00-9h45 Ouverture du 40^{ème} Colloque de l'ADLaF et discours d'inauguration de Sophie Chiari présidente de la MSH, Johannes Steiger directeur de GEOLAB et de Bart Van de Vijver Président de l'ADLaF.

9h45-12h25

Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

Présidents de séance : Carlos Wetzel et Charlotte Goeyers

9h45-10h05 : Gilles Gassiole, Olivier Monnier et Frédéric Rimet. Quelques belles plantes des îles françaises de l'Indopacifique

10h05-10h25 : Charlotte Goeyers et Bart Van de Vijver. Diatomées au Groenland : indicateurs microscopiques du changement climatique

10h25-10h45 : Patrick Rioual. Réexamen de quelques diatomées décrites par Friedrich Hustedt à partir d'échantillons collectés en Asie centrale par l'explorateur suédois Sven Hedin au tournant du 20^{ème} siècle.

10h45-11h05 : Tanja M. Schuster, Bart Van de Vijver et David M. Williams. La collection des diatomées d'Albert Grunow (1826 -1914) à l'Herbier du Musée d'Histoire Naturelle de Vienne (Autriche)

11h05-11h20 Pause-café

Présidents de séance : Olivier Monnier et Clément Floquet

11h20-11h40 : Bart Van de Vijver et Carlos E Wetzel. Un nouveau genre pour *Fragilaria famelica*...

11h40-12h00 : Fathi El Kholy. Présentation du MEB de table en vide partiel HITACHI TM4000Plus II et exemples d'observation sur diatomées métallisées et non métallisées.

12h00-12h25 Posters

- Marco Cantonati, Nicola Angeli, Elena Arnaud, Matteo Galbiati, Éva Soróczyki-Pintér et Horst Lange-Bertalot. Une nouvelle espèce de *Brachysira* Kützing des lacs de montagnes en Europe.



- David Heudre, Carlos E. Wetzel, Zlatko Levkov, Laura Moreau et Luc Ector† . *Amphora neglectiformis* et *Amphora eileencoixiae* : deux espèces négligées dans les rivières de la partie française du bassin Rhin-Meuse.
- Carlos E. Wetzel, Samantha Faustino, Krysna Morais, Elton Augusto Lehmkuhl, Gisele Marquardt et Denise C. Bicudo. Un nouveau genre de diatomée tropicale de l'Amazonie brésilienne.
- Lange-Bertalot H. et Van de Vijver B. Le complexe de *Nitzschia sigma* (Kützing) W.Smith.
- Carlos E. Wetzel et Bart Van de Vijver. Analyse morphologique du matériel type de *Mayamaea atomus* et ses alliées terrestres.

12h25-12h50

Session 2 : « Phylogénétique, caractérisation moléculaire et métagénomique »

Présidents de séance : Aurélien Jamoneau et Pierre Gosseume

12h25-12h45 : Marcel Rémy, Vasselon Valentin, Jacas Louis, Rimet Frédéric, Lopez-Roques Céline, Vandecasteele Céline, Sabban Jules et Bouchez Agnès. Nouvelle génération de séquenceurs portatifs pour le métabarcoding des diatomées.

12h45-12h50 Poster :

Raveton Muriel, Gonindard Christelle, Reynaud Stephane, Boyer Frédéric, Pierre Sabatier, Clement Lionnet, Gilles Delaygues, Gielly L. et Pailès Christine. Influence des pesticides en domaine viticole sur les Bacillariophyta : Apports du métabarcoding et des comptages floristiques à partir des sédiments du lac de Saint André

12h50 : Départ pour le restaurant et déjeuner

14h30-15h35

Session 3 : « Diatomées aérophiles »

Présidents de séance : David Heudre et Emilie Arseneault

14h30-15h30 : Conférencier invité : Carlos E. Wetzel : Diatomées terrestres comme indicateurs de la condition des sols via métabarcoding.

15h30-15h35 : Poster

Charlotte Goeyers et Bart Van de Vijver. Le genre *Humidophila* dans un échantillon historique du sud de la Belgique

15h35-18h20

Session 4 : « Ecotoxicologie, physiologie et écophysiologie »

Présidents de séance : Soizic Morin et Serge Ntambwe Mayombo

15h35-15h55 : Victor Murison, Josiane Hérault, Matteo Scarsini, Benoît Schoefs, Justine Marchand et Lionel Ulmann. Criblage par bio-informatique des enzymes lipolytiques dans les transcriptomes de la diatomée marine *Phaeodactylum tricornutum* lors d'un stress azoté.

15h55-16h15 : Sarah Cheron, Aishwarya Venkataramanan, Clara Martinez, Huyèn Phong Hamon, David Heudre, Carlos E Wetzel, Cédric Pradalier, Philippe Usseglio-Polatera, Simon



Devin, Vincent Felten et Martin Laviale. Effets des contaminants sur la morphologie des diatomées : vers une approche automatique.

16h15-16h35 : Matteo Scarsini, Brigitte Veidl, Hanhua Hu, Vandana Vinayak, Justine Marchand et Benoît Schoefs. Adaptation des diatomées à l'absence d'azote : mécanismes physiologiques.

16h35-16h55 : Camille Courcoul, Martin Laviale, Vincent Baillard, Elise Billoir, Joséphine Leflaive et Stéphanie Bouletreau. La réponse des biofilms phototrophes au stress thermique dépend-elle de leur complexité, de leur histoire thermique, ou des deux ?

16h55-17h05 : Posters :

- Coralline Petit, Brigitte Veidl, Matteo Scarsini, Emmanuelle Mounier, Joël Duperray, Justine Marchand, Virginie Mimouni et Benoît Schoefs. L'effet stimulant des acides aminés sur la croissance et la production des molécules bioactives des microalgues.
- Matteo Scarsini, Romuald Le Roux, Brigitte Veidl, Michel Verchain, Sylvain Roux, Justine Marchand et Benoît Schoefs. Améliorer la qualité des cultures de microalgues au laboratoire à l'aide d'agitateurs innovant : les programmes MAGILUX et AGITER

17h05-17h25 Pause-café

Présidents de séance : Martin Laviale et Victor Murison

17h25-17h45 : Lory-Anne Baker, Aude Beauger, Sofia Kolovi, Olivier Voltaire, Elisabeth Allain, Jonathan Colombet, Vincent Breton, Patrick Chardon, Didier Miallier, Céline Bailly, Gilles Montavon, Agnès Bouchez, Frédéric Rimet, Cécile Chardon, Valentin Vasselon, Luc Ector, Carlos E. Wetzel et David G. Biron. Influence de la radioactivité naturelle sur les communautés de diatomées des sources minérales du Massif central *via* une approche de metabarcoding.

17h45-18h05 : Simon Colas, Soizic Morin, Benjamin Marie, Mathieu Milhe-Poutingon, Patrick Baldoni-Andrey, Clémentine Gelber, Nicholas B. Gurieff, Marie-Claire Lot, Claude Fortin, Séverine Le Faucheur. Effets du cobalt sur les communautés de diatomées en cours d'eau.

18h05-18h25: Christeena Theresa Thomas, Matteo Scarsini, Brigitte Veidl, Justine Marchand, Abdelhadi Kassiba, Velumani Subramaniam et Benoît Schoefs. Destruction photocatalytique de la diatomée *Phaeodactylum tricorutum* en présence du nanocomposé GO/TiO₂.

18h25 -19h00 : Hommage à Luc Ector

19h00 : Départ pour la Taverne des Trois Lutins (6 bis Rue des Bons Enfants, Clermont-Ferrand) : pot d'accueil et Escape Game



Mercredi 14 septembre 2022

8h15-11h50

Session 5 : « Paléoécologie et biostatigraphie »

Présidentes de séance : Christine Paillès et Anaïs Tahri

8h15-9h15 : Conférencier invité : Patrick Rioual : Les diatomées des écosystèmes lacustres comme indicateurs des changements environnementaux et climatiques : quelques cas d'étude rapportés de Chine et du Lac Baïkal.

9h15-9h35 : Lory-Anne Baker, David Biron, Olivier Voltaire, Elisabeth Allain, Clément Floquet, Sofia Kolovi, Vincent Breton, Patrick Chardon, Jonathan Colombet, Ana Ejarque, Emmanuelle Defive, Franck Donnadiou, Pradeep Angia Sriram et Aude Beauger. Etude diachronique de l'impact de l'exploitation de l'uranium sur la diversité des communautés de diatomées dans une ancienne mine d'uranium (Rophin, France).

9h35-9h55 : Cécile Figus, Andrey Yu. Gladenkov, Tatyana V. Oreshkina, Volkan Özen, Johan Renaudie, Peter Siver et Jakub Witkowski. Compilation des occurrences stratigraphiques de la diatomite au cours du Paléogène : implications pour le paléoclimat, l'altération des silicates et l'enfouissement du carbone dans les environnements marins peu profonds.

9h55-10h15 : Françoise Chalié, Cécile Figus, Vincent Roubéix et Florence Sylvestre. Fonctions de transfert « diatomées » versus paramètres environnementaux : quelques éléments de réflexion sur la méthode et les données.

10h15-10h30 Pause-café

Présidentes de séance : Françoise Chalié et Cécile Figus

10h30-10h50 : Leila Ben Khelifa. Diatomées Quaternaires du Mont Kenya. Focus sur le genre *Aulacoseira*.

10h50-11h10 : Clément Floquet, Emmanuelle Defive, Vincent Breton, Elisabeth Allain, Olivier Voltaire, Carlos Wetzel, Luc Ector, Patrick Chardon, Sylvia Becerra et Aude Beauger. Conséquences de l'arrêt du fonctionnement des activités d'embouteillage d'une source minérale par l'étude des diatomées fossiles d'un travertin.

11h10-11h30 : Anaïs Tahri, Aude Beauger, Olivier Voltaire, Elisabeth Allain, Vincent Berthon, Jean-Paul Raynal et Emmanuelle Defive. Contribution de l'étude des diatomées fossiles à la reconstruction de l'histoire paléo-environnementale du lac d'Issarlès (07)

11h30-11h50 : Karen K Serieyssel, Aude Beauger, Yannick Miras, Léo Chassiot, Victor Arricau et Emmanuel Chapron. Evolution de la chimie de l'eau et de l'occupation du bassin versant au cours des 7000 ans d'histoire du lac Pavin, en utilisant les diatomées, le pollen et les changements géochimiques.



11h50-12h40 : Table Ronde : Facteurs de toxicité perturbant les communautés de diatomées et les biofilms ainsi que leur développement.

Modérateurs : Soizic Morin & Aurélien Jamoneau

11h50-12h10 : Introduction par Soizic Morin (conférencière invitée) : Réponses des biofilms et des diatomées périphtiques aux contaminations toxiques.

12h45 : Départ pour le restaurant et déjeuner

14h10 : Départ pour l'excursion depuis la MSH : visite du site troglodyte de Jonas.

19h00 : retour à la MSH

19h30 : RDV au Restaurant Le Six3 pour le repas de gala (23 Rue Pélissier Clermont-Ferrand) (ligne de tram directe : depuis la MSH : station "Université" direction Les Vergnes arrêt "1er Mai" ; retour MSH "1er Mai" direction La Pardieu Gare arrêt : "Université").

Jeudi 15 septembre 2022

8h15-10h15

Session 6 : « Ecologie et écohydrologie »

Présidents de séance : Benoît Schoefs et Lory-Anne Baker

8h15-8h35 : Lory-Anne Baker, Hélène Celle, Olivier Voltaire, Carlos E. Wetzel, Elisabeth Allain, Luc Ector, Vincent Breton, David G. Biron, Gilles Mailhot, Jean-Luc Devidal et Aude Beauger. Amélioration des connaissances sur l'écologie des diatomées vivants dans les sources minérales du Massif central français grâce à l'apport de la géochimie.

8h35-8h55 : Mireille Netto Seu-Anoi. Composition et dynamique du peuplement diatomique des baies de la Lagune Ebrié (Sud-est, Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest).

8h55-9h15 : Emilie Arseneault, Reinhard Pienitz, Julie Carrière et Émilie Saulnier-Talbot. Diversité et distribution des assemblages de diatomées benthiques provenant de divers substrats de la zone intertidale de la région de Sept-Îles (Québec, Canada).

9h15-9h35 : Aude Beauger, Olivier Voltaire, Elisabeth Allain, Carlos E. Wetzel et Luc Ector. Biodiversité diatomique de la Réserve Naturelle Nationale (RNN) de la Vallée de Chaudefour : présence d'espèces inscrites sur la Liste Rouge.

9h35-9h55 : Pierre Gosseaume, Aude Beauger, Olivier Voltaire, Elisabeth Allain et Aurélien Jamoneau. Influence relative des processus locaux et régionaux sur la diversité des communautés de diatomées des sources thermo-minérales.

9h55-10h15 : Clarisse Mallet, Lory-Anne Baker, Aude Beauger, Hermine Billard, David Biron, Vincent Breton, Patrick Chardon, Guillaume Holub et Anne-Hélène Lejeune. Etude des interactions diatomées/bactéries attachées dans un environnement particulier représenté par les sources minérales naturellement radioactives.



10h15-11h50

Session 7 : « Qualité de l'eau, indices et bioindicateurs »

Présidentes de séance : Valérie Peeters et Iane Vallanzasca

10h15-10h25 Posters

- Rémy Chavaux, Carlos E. Wetzel, Gaëlle Guiglion et les diatomistes des Directions régionales de l'OFB. Atlas des diatomées des plans d'eau français.
- Serge Albert Ntambwe Mayombo, Andrea M. Burfeid-Castellanos, Michael Kloster, Danijela Vidakovic et Bánk Beszteri. Réponses des communautés de diatomées benthiques aux utilisations des terres adjacentes dans le bassin versant de la rivière Kinzig en Allemagne.

(Vote pour la meilleure communication étudiante et le meilleur poster)

10h25-10h50 Pause-café

10h50-11h10 : Valentin Vasselon, Mélanie Taquet, Denis Caudron et Arnaud Caudron. Utilisation du métabarcoding ADN diatomées comme outils de bioindication et de conservation des milieux aquatiques : application au réseau de sites « Rivières Sauvages ».

11h10-11h30 : François Delmas, Anne Eulin-Garrigue, David Carayon, Sébastien Boutry, Julie Guéguen, Julian Frédérick, Régis Vigouroux et Michel Coste. Elaboration et transfert opérationnel d'un nouvel indice diatomique (l'IDGF) pour l'évaluation de l'Etat Ecologique des cours d'eau de Guyane.

11h30-11h50 : Iane Vallanzasca, Martin Laviale, Cyril Regan, David Heudre, Carlos E Wetzel, Philippe Usseglio-Polatera, Jérémy Fix, Cédric Pradalier, Eric Quinton, Sébastien Boutry et Soizic Morin. Développement d'une approche collaborative pour la collecte et l'analyse des images de diatomées d'eau douce : le cas des tératologies.

12h00 : Remise des prix de la meilleure communication et du meilleur poster étudiant

Conclusions et fermeture du colloque

12h30-13h00 : Assemblée générale de l'ADLaF

13h00 : Départ pour le restaurant et déjeuner



Communications invitées



Réponses des biofilms et des diatomées périphytiques aux contaminations toxiques

Soizic Morin

Inrae, UR EABX, Cestas, France

Les milieux aquatiques, et en particulier les cours d'eau, sont probablement aujourd'hui les écosystèmes les plus dégradés de la planète (Dudgeon *et al.* 2006). L'accroissement (type, fréquence, intensité) des pressions anthropiques sur les systèmes aquatiques continentaux se traduit par la présence simultanée de stress multiples, naturels et/ou provenant de l'activité humaine. La prolifération des micropolluants dans ces milieux constitue un facteur du changement global dont l'influence est bien plus soudaine que la plupart des autres stress (Bernhardt *et al.* 2017). Si la physicochimie, l'occupation des sols et les micropolluants expliquent seuls une faible partie des variations spatiales dans la structure des communautés de diatomées, leur combinaison au contraire en détermine une part majeure (Sabater *et al.* 2016.). La présence de toxiques dans le milieu peut ainsi être abordée comme un facteur de forçage supplémentaire pour les organismes aquatiques, afin de dépendre la réponse globale des biofilms à des situations de multistress exerçant conjointement diverses pressions de sélection (éventuellement contradictoires).

Cette communication vise à discuter divers aspects impliqués dans l'expression de la toxicité de contaminants variés vis-à-vis des communautés de diatomées, dans des conditions d'exposition les plus proches des conditions réelles (en termes de concentration/diversité des contaminants, des conditions environnementales) et intégrées possibles (incluant les facteurs biotiques). La complémentarité entre descripteurs d'effets (structurels/fonctionnels), ainsi que de nouvelles méthodologies d'évaluation de l'écotoxicité des substances, seront présentées. Les effets d'expositions réalistes aux micropolluants (métabolites, mélanges, influence des facteurs environnementaux « confondants ») seront illustrés. Enfin, le rôle de facteurs biotiques (interactions dans le biofilm, broutage) dans la réponse intégrée des biofilms aux micropolluants sera abordé.

Références : Bernhardt E.S., E. J. Rosi, M.O. Gessner (2017). Synthetic chemicals as agents of global change. *Front Ecol Environ* 15: 84-90.

Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O., Kawabata Z., Knowler D.J., Lévêque C., Naiman R.J., Prieur-Richard A.H., Soto D., Stiassny M.L., Sullivan C.A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol Rev* 81: 163-182.

Sabater S., Barceló D., De Castro-Català N., Ginebreda A., Kuzmanovic M., Petrovic M., Picó Y., Ponsatí L., Tornés E., Muñoz I. (2016). Shared effects of organic microcontaminants and environmental stressors on biofilms and invertebrates in impaired rivers. *Environ Pollut* 210: 303-314.

Mots clés : biofilms ; contaminants toxiques ; multistress ; écotoxicité



Les diatomées des écosystèmes lacustres comme indicateurs des changements environnementaux et climatiques : quelques cas d'étude rapportés de Chine et du Lac Baïkal

Patrick Rioual

Key Laboratory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

Du fait de leur grande abondance et (généralement) excellente préservation dans les sédiments lacustres, les diatomées font partie des indicateurs biologiques les plus couramment utilisés dans les études paléolimnologiques. Dans cette présentation je donne un aperçu des recherches auxquelles j'ai participé depuis les vingt dernières années. Plusieurs cas d'étude, rapportés d'une grande variété de contextes géographiques et climatiques, sont abordés.

Nous commencerons par le Lac Baïkal en Sibérie, où les diatomées endémiques contenues dans les carottes de sédiments nous informent sur les relations complexes entre biodiversité et productivité du milieu au cours des 16000 dernières années (Mackay *et al.* 2022). Nous descendrons ensuite dans le nord-est de la Chine, où les diatomées contenues dans les lacs volcaniques de cette région sont étudiées pour suivre les changements climatiques récents (réchauffement climatique) mais aussi et sur des périodes plus longues, jusqu'au dernier stade glaciaire (Wang *et al.* 2012 ; Panizzo *et al.* 2013 ; Gao *et al.* 2016 ; Mingram *et al.* 2018, Luo *et al.* 2022). Plus à l'ouest en Chine, nous verrons comment les diatomées des lacs interdunaires dans le désert hyper-aride du Badain Jaran peuvent servir d'indicateurs des changements de salinité des eaux et de l'équilibre entre évaporation et apports d'eau douce par l'aquifère (Rioual *et al.* 2013 ; Rioual *et al.* 2014). Encore plus à l'ouest de la Chine, dans les montagnes du Pamir, les diatomées nous indiquent les variations de niveau d'un lac alpin, liées à l'évolution d'un glacier de l'Himalaya (Peng *et al.* 2022). Finalement, nous irons sur le plateau du Tibet, où dans le cadre d'une étude multidisciplinaire sur les sédiments du Lac Nam Co aux eaux alcalines et saumâtres, les résultats obtenus par les analyses des diatomées sont comparés à ceux qui découlent des analyses de l'ADN contenu dans les mêmes échantillons (Kang *et al.* 2021 ; Anslan *et al.* 2022).

Références : Anslan S., Kang W., Dulias K., Wünnemann B., Echeverría-Galindo P., Börner N., Schwarz A., Liu Y., Liu K., Künzel S., Kisand V., Rioual P., Peng P., Wang J., Zhu L., Vences M., Schwalb A. (2022). Compatibility of diatom valve records with sedimentary ancient DNA amplicon data: A case study in a brackish, alkaline Tibetan lake. *Frontiers in Earth Science* 10: 824656.

Gao Q., Rioual P., Chu G. (2016). Lateglacial and early Holocene climatic fluctuations recorded in the diatom flora of Xiaolongwan maar lake, NE China. *Boreas* 45: 61–75.

Kang W., Anslan S., Börner N., Schwarz A., Schmidt R., Künzel S., Rioual P., Echeverría-Galindo P., Vences M., Wang J., Schwalb A. (2021). Diatom metabarcoding and microscopic analyses from sediment samples at Lake Nam Co, Tibet: The effect of sample-size and bioinformatics on the identified communities. *Ecological Indicators* 121: 107070.

Luo H., Li J., Li P., Rioual P., Zou Y., Zhang J., Yan Y., Li J., Wang L. (2022). Variation in the seasonal response to climate change during the past 1000 years as inferred from a Maar Lake sediment record, northeast China. *Journal of Paleolimnology* 68(3): 1–22.



- Mackay A.W., Felde V.A., Morley D.W., Piotrowska N., Rioual P., Seddon A.W.R., Swann G.E.A. (2022). Long-term trends in diatom diversity and palaeoproductivity: a 16 000-year multidecadal study from Lake Baikal, southern Siberia. *Climate of the Past* 18: 363–380.
- Mingram J., Stebich M., Schettler G., Liu J., Hu Y., Rioual P., Nowaczyk N., Dulski P., You H., Opitz S., Liu Q., Liu J. (2018). Millennial-scale East Asian monsoon variability of the last glacial deduced from annually laminated sediments from Lake Sihailongwan, N.E. China. *Quaternary Science Reviews* 201: 57–76
- Panizzo V.N., Mackay A.W., Rose N.L., Rioual P., Leng M.J. (2013). Recent palaeolimnological change recorded in Lake Xiaolongwan, northeast China: Climatic versus anthropogenic forcing. *Quaternary International* 290-291: 322–334.
- Peng Y., Rioual P., Jin Z. (2022). A record of Holocene climate changes in central Asia derived from diatom-inferred water-level variations in Lake Kalakuli (Eastern Pamirs, western China). *Frontiers in Earth Science* 10: 825573.
- Rioual P., Lu Y., Yang H., Scuderi L., Chu G., Holmes J., Zhu B., Yang X. (2013). Diatom–environment relationships and a transfer function for conductivity in lakes of the Badain Jaran Desert, Inner Mongolia, China. *Journal of Paleolimnology* 50: 207–229.
- Rioual P., Lu Y., Chu G., Zhu B., Yang X. (2014). Morphometric variation of *Seminavis pusilla* (Bacillariophyceae) and its relationship to salinity in inter-dune lakes of the Badain Jaran Desert, Inner Mongolia, China. *Phycological Research* 62: 282-293.
- Wang L., Rioual P., Panizzo V.N., Lu H., Gu Z., Chu G., Yang D., Han J., Liu J., Mackay A.W. (2012). A 1000-yr record of environmental change in NE China indicated by diatom assemblages from maar lake Erlongwan. *Quaternary Research* 78(1): 24–34.

Mots clés : paléolimnologie ; biodiversité ; changements climatiques ; ADN



Diatomées terrestres comme indicateurs de la condition des sols via metabarcoding

Carlos E. Wetzel

Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Environmental Research & Innovation (ERIN) Department, Observatory for Climate, Environment and Biodiversity (OCEB), 41 rue du Brill, L-4422 Belvaux, Grand-Duché du Luxembourg

De nombreuses études ont porté sur l'écologie des diatomées aquatiques et leur utilisation pour évaluer la qualité de l'eau au cours des dernières décennies. On connaît beaucoup moins le comportement écologique des diatomées terrestres et leur sensibilité aux facteurs environnementaux. Dans ce travail nous explorons l'utilisation des diatomées comme indicateurs de l'état des sols en combinant une approche microscopique traditionnelle et des techniques de metabarcoding par séquençage à haut débit (HTS). Nous supposons que les communautés de diatomées terrestres peuvent servir d'indicateur des niveaux de perturbation anthropique et de la fertilité des sols. Cette méthode pourrait servir d'outil pour la mise en œuvre de futures politiques de protection et de valorisation de la biodiversité des sols, qui n'en est encore qu'à ses débuts. Pour montrer quelques résultats, nous avons l'intention d'explorer la distribution des diatomées du sol, fournissant de nouvelles informations sur les paramètres physiographiques et environnementaux qui contrôlent les schémas de distribution de ces communautés. 438 échantillons ont été séquencés dont des échantillons recueillis au cours des années 2018, 2019 et 2020, dans plusieurs localités sous différentes couvertures de sol (c'est-à-dire des terres arables, des prairies et des forêts) et types de sol [léger (L), moyen (M) et lourd (S)]. Ces échantillons ont été classés en pratiques agricoles biologiques (BIO) et conventionnelles (CONV) et ont leur propre ensemble de paramètres chimiques du sol analysés simultanément. Un deuxième jeu de données comprend 288 sites prélevés en 2021 et regroupés comme terres arables, prairies et forêts. Un total de 9,74 millions de lectures du gène *rbcL* ont été acquises pour 3960 variants de séquence d'amplicon (ASV), dont 36,4% ont été déterminés comme « *Eukaryota* non classifié » (c'est-à-dire 1443 non-diatomées). 57,8 % des ASV ont été identifiés comme *Bacillariophyceae*. Près des deux tiers (62%) ont été placés comme « *Bacillariophyceae unclassified* ». Cent vingt et un noms de diatomées ont été attribués au niveau de l'espèce à partir de *Diat.Barcode*. Cependant, cette lacune peut être réduite en ce qui concerne les espèces clés, comme le montrent les résultats préliminaires sur la congruence entre les informations fournies par le séquençage du gène *rbcL* et l'analyse microscopique où l'identité des taxons « non classifiés » peut être retrouvée en utilisant des techniques microscopiques. L'étonnante diversité et l'importance (en termes de variantes génétiques et de lectures totales, malgré leur taille réduite) du genre *Mayamaea* sont mises en évidence et seront discutées. Il convient de mentionner qu'une telle base de données est unique pour les systèmes terrestres. L'établissement des préférences écologiques des ASV pour les paramètres environnementaux mesurés et le développement d'un indice qui prend en compte les classes de fertilité du sol, en intégrant les composantes de la biodiversité seront aussi abordés.

Mots clés : diversité, sols, prairies, forêts, terres arables, *rbcL*, metabarcoding, Bacillariophyta



Communications orales et posters



**Session 1 : « *Taxonomie, morphologie,
biogéographie – domaines marin et
continental* »**



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(P) Une nouvelle espèce de *Brachysira* Kützing des lacs de montagnes en Europe

Marco Cantonati¹, Nicola Angeli¹, Elena Arnaud², Matteo Galbiati², Éva Soróczki-Pintér³ et Horst Lange-Bertalot⁴

¹MUSE – Museo delle Scienze, Limnology & Phycology Section, Trento, Italy

²ARPA Lombardia, Settore Monitoraggi Ambientali, Centro Regionale Qualità delle Acque, Risorse Idriche: programmazione e coordinamento, U.O. Centro Regionale Laghi e Monitoraggio Biologico Acque Superficiali, Sede di Cremona, Cremona, Italy

³EUROFINS Hydrobiologie France, Maxeville, France

⁴Goethe Universität Frankfurt, Biologicum, Frankfurt, Germany

Bien que les espèces du genre *Brachysira* Kützing (séparé du genre de *Anomoeneis* Pfitzer par Round & Mann 1981) soient présentes dans la microflore de divers milieux (par ex. lacs de montagne, tourbières, sources), leur plus grande diversité peut être atteinte lorsque les écosystèmes sont « intacts » ou aptes à se rétablir face aux perturbations (par ex. Kennedy & Allot 2017, Cantonati & Lange-Bertalot 2010). Suite à une surveillance des lacs de l'Agence Environnementale de Lombardie en Italie entre 2014 et 2019, ainsi qu'une étude phytoplanctonique dirigée par l'Office Environnemental de Corse en 2017 sur les lacs de montagne, un taxon de *Brachysira* dont l'abondance atteignait 9,2% dans le lac de Ganna (Italie) et 8,5% dans le lac de Ninu (Corse) a attiré notre attention.

Ce poster présente la morphométrie des deux populations européennes par microscopie optique et électronique à balayage ainsi que la structure du plaste qui nous permettent de comparer cette diatomée avec des formes proches en se basant sur les caractères morphologiques et écologiques. La diatomée la plus proche est *Brachysira ocalanensis* Shayler & Siver (Amérique de Nord) décrite dans un type de milieu dystrophe, acide et de très faible alcalinité. Les résultats de l'ultrastructure des valves et de l'arrangement du plaste permettent de différencier ce nouveau taxon *Brachysira chiaruccii* sp nov. qui appartient probablement au groupe des taxons de *Brachysira* ayant une préférence pour les environnements lacustres (par ex. Cantonati & Lowe 2014) avec des conditions de milieux oligotrophes, au pH légèrement acides, assez alcalines et de relativement faible conductivité.

Cette étude est donc un exemple du fait que la biosurveillance de routine peut apporter des informations importantes sur la diversité de diatomées dans les lacs naturels et elle permet de compléter nos connaissances taxonomiques.

Références : Cantonati M. & Lange-Bertalot H. (2010). Diatom biodiversity of springs in the Berchtesgaden National Park (Northern Alps, Germany), with the ecological and morphological characterization of two species new to science. *Diatom Research* 25: 251–280.

Cantonati, M. & Lowe, R.L. (2014). Lake benthic algae: toward an understanding of their ecology. *Freshw. Sci.* 33 (2), 475–486.

Kennedy B. & Allott N. (2017). A review of the genus *Brachysira* in Ireland with the description of *Brachysira praegeri* and *Brachysira conamarae*, new raphid diatoms (Bacillariophyceae) from high status waterbodies. *Phytotaxa* 326(1): 1–27

Round F.E. & Mann D.G. (1981). The diatom genus *Brachysira*. I. Typification and separation from *Anomoeneis*. *Archiv für Protistenkunde* 124: 221–231.

Mots clés : *Brachysira* ; *Brachysira chiaruccii* sp nov ; lacs oligotrophes ; biodiversité



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(C) Quelques belles plantes des îles françaises de l'Indopacifique

Gilles Gassiole¹, Olivier Monnier² et Frédéric Rimet³

¹MicPhyc, Salazie, La Réunion

²Office Français de la Biodiversité, OFB, Vincennes, France

³INRAE, USMB, CARTELE, Thonon-les-Bains, France

A la suite du développement d'indicateurs d'état écologique basés sur les diatomées pour les cours d'eau de Mayotte (Tapolczai *et al.*, 2017), les gestionnaires de bassin ont souhaité la réalisation d'une flore des diatomées pour accompagner la mise en œuvre des indicateurs. Les partenaires (Micphyc, OFB, INRAE) impliqués dans la réalisation de cette flore ont convenu de l'intérêt de replacer celle-ci dans le contexte biogéographique des milieux insulaires de l'Indopacifique, en prenant en compte en particulier les autres territoires français de ce vaste espace : La Réunion, la Nouvelle-Calédonie et la Polynésie française. Par ailleurs, en cohérence avec les démarches développées lors du programme de développement des indicateurs, il est prévu, autant que faire se peut, d'associer à la caractérisation morphologique des taxons, des éléments d'identité génétique, sous forme de barcodes.

Les réalisations attendues de l'étude sont, d'une part, un atlas des diatomées de Mayotte permettant une utilisation pratique dans le cadre de la mise en œuvre du suivi de l'état des masses d'eau. Il devra contenir les éléments permettant de distinguer les taxons mahorais d'autres taxons proches de la région étudiée. D'autre part, des publications scientifiques permettront d'exploiter et de valoriser plus complètement les avancées réalisées dans le cadre de l'étude sur les différents territoires considérés : biogéographie, description de taxons nouveaux, clarifications taxinomiques, etc.

Dans ce cadre, plusieurs milliers d'images en microscopie électronique à balayage ont été réalisées à la station marine de Concarneau. Elles illustrent une partie de la flore des diatomées des cours d'eau et d'autres milieux aquatiques d'eau douce, de Mayotte, de La Réunion, de Nouvelle-Calédonie, de Tahiti et de Moorea, investigués au cours de l'étude.

Il a été choisi de présenter ici quelques taxons présentant des caractéristiques particulières, ou tout simplement esthétiques. Ces caractéristiques et l'affiliation taxinomique de ces diatomées seront discutées. Il sera également fait mention des données moléculaires disponibles pour ces taxons.

Références : Tapolczai K. *et al.*, 2017. *Sci. Total Environ.* 607-608:1293-1303.

Mots clés : îles ; Indopacifique ; eaux douces ; diatomées ; morphologie ; barcodes ; Mayotte ; La Réunion ; Nouvelle Calédonie ; Polynésie



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(C) (E) Diatomées au Groenland: indicateurs microscopiques du changement climatique

Charlotte Goeyers^{1,2} et Bart Van de Vijver^{2,3}

¹Université de Gand, Dépt. de Biologie, Laboratoire de Protistologie & Ecologie aquatique, 9000 Gand, Belgique

²Jardin botanique de Meise - Dépt. de la Recherche, Nieuwelaan 38, 1860 Meise, Belgique

³Université d'Anvers - Dépt. Biologie, ECOSPHERE, Universiteitsplein 1, 2610 Wilrijk, Belgique

Il est de plus en plus admis que nous sommes entrés dans l'Anthropocène, une nouvelle époque géologique au cours de laquelle l'activité humaine a profondément modifié l'environnement et le système climatique mondial. L'Arctique est particulièrement sensible au changement climatique et se réchauffe 2 à 3 fois plus vite que la moyenne mondiale, principalement en raison de mécanismes de rétroaction positive entre les océans, la cryosphère et l'atmosphère. L'exemple le plus frappant de changement climatique rapide est le Groenland. Des études récentes suggèrent que les modèles climatiques sous-estiment encore l'ampleur et les effets du réchauffement en cours, et il existe une incertitude quant à la manière dont les écosystèmes réagiront aux changements climatiques perturbateurs.

Les diatomées (Bacillariophyta) forment une partie importante des communautés microbiennes associées aux différentes végétations de mousses Arctique. En raison de leurs frustules siliceuses, de leurs temps de génération courts et de leurs préférences environnementales finement réglées, les diatomées sont des indicateurs sensibles qui nous permettent de surveiller les réponses passées, présentes et futures au changement climatique. Cependant, le potentiel de surveillance des diatomées terrestres reste largement sous-exploré. Pour appliquer les diatomées comme indicateurs fiables du changement climatique, nous devons élargir nos connaissances sur leur taxonomie, leur habitat, leurs préférences écologiques et leurs distributions biogéographiques. Étant donné que les révisions taxonomiques sont un processus laborieux, les ensembles de données à grande échelle sur les diatomées font toujours défaut ou attendent une mise à jour.

Dans cette présentation, nous discutons de la diversité et de la biogéographie des diatomées de mousse au Groenland et produisons le premier inventaire taxonomiquement fin et cohérent des diatomées du Groenland. La composition en diatomées de plus de 160 échantillons de mousse récents et historiques a été analysée par microscopie optique (LM) et microscopie électronique à balayage (MEB). Les résultats soulignent l'importance du matériel historique de l'herbier. Étant donné que la flore examinée est en grande partie composée d'espèces inconnues (vraisemblablement nouvelles), il est essentiel d'analyser des échantillons supplémentaires (historiques) pour compléter l'évaluation des assemblages de diatomées de mousse du Groenland.

Mots clés : Anthropocène ; changement climatique ; mousse ; Arctique



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(P) *Amphora neglectiformis* et *Amphora eileencoxiae* : deux espèces négligées dans les rivières de la partie française du bassin Rhin-Meuse

David Heudre¹, Carlos E. Wetzel², Zlatko Levkov³, Laura Moreau¹ et Luc Ector^{†2}

¹Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Grand Est, 2 rue Augustin Fresnel, CS 57071 Metz cedex 03, France

²Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Environmental Research & Innovation (ERIN) Department, Observatory for Climate, Environment and Biodiversity (OCEB), 41 rue du Brill, L-4422 Belvaux, Grand-Duché du Luxembourg

³Institut de Biologie, Faculté des Sciences Naturelles, Université Ss Cyril et Methodius, Arhimedova 3, 1000 Skopje, République de Macédoine du Nord

Amphora Ehrenberg est un genre majeur des eaux marines et continentales regroupant plus de 1000 espèces décrites à ce jour. Il inclut des espèces présentant une asymétrie dorsiventrals des valves et une organisation particulière du frustule avec des valves juxtaposées en miroir et des bandes connectives bien développées sur la partie dorsale.

Parmi les espèces de grande taille de ce genre présentes en eau douce en Europe, *Amphora libyca* Ehrenberg puis *Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & Archibald sont longtemps restées parmi les plus citées dans la littérature. Les travaux récents menés sur le genre *Amphora* en eau douce au début des années 2000 ont menés à la publication en 2009 d'un volume dédié de la collection *Diatoms of Europe*. Celui a révélé une forte diversité d'espèces nouvelles pour la science étant longtemps restées ignorées, notamment au sein des taxons morphologiquement proches d'*A. copulata*.

Il est donc paru intéressant d'étudier plus précisément les populations trouvées sur les réseaux de suivi de la qualité des rivières de la partie française du bassin Rhin-Meuse trop souvent nommées par commodité *A. copulata sensu lato*. Une vingtaine d'échantillons riches en *Amphora* de ce complexe d'espèces ont été minutieusement examinées en microscopie optique et électronique à balayage. Cette étude a révélé qu'il s'agissait systématiquement d'*Amphora neglectiformis* Levkov & Edlund, d'*Amphora eileencoxiae* Cantonati, Levkov & Lange-Bertalot, ou le plus souvent d'un mélange de ces deux espèces.

Ces deux taxons largement négligés ont ici été rencontrés dans des cours d'eau présentant des conditions environnementales diversifiées tant en termes de minéralisation que de niveau trophique. Leur écologie reste donc à définir avec précision, une fois leur distribution mieux connue.

Mots clés : *Amphora* ; taxonomie ; bioindicateurs



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(C) Présentation du MEB de table en vide partiel HITACHI TM4000Plus II et exemples d'observation sur diatomées métallisées et non métallisées.

Fathi El Kholy

Milexia France SAS, Espace Technologique de Saint-Aubin, Bâtiment Mercury II, 91190, Saint-Aubin CEDEX, CS 71198, France

Le MEB de table en vide partiel HITACHI TM4000Plus II offre la possibilité de travailler jusqu'à 20kV avec un logiciel très performant d'acquisition automatique de grands champs multiples « Multi Zigzag ». Grâce à son détecteur UVD breveté actif en mode Low Vacuum, le c'est le seul MEB de table à réaliser des images en électrons secondaires SE sur des échantillons isolants sans avoir à les métalliser. Évolutif et simple d'utilisation, il répond aussi bien aux exigences dans le milieu de l'enseignement, de la recherche scientifique ou du contrôle qualité dans l'industrie.

Mots clés : MEB de table ; ultrastructure ; diatomées



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(P) Le complexe de *Nitzschia sigma* (Kützing) W.Smith

Horst Lange-Bertalot¹ & Bart Van de Vijver^{2,3}

¹Biologicum Institute for Ecology, Evolution, Diversity, Goethe-University Frankfurt, Max-von-Lane Str. 13, 60438 Frankfurt am Main, Allemagne

²Jardin botanique de Meise, Dépt. de Recherche, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgique

³ Université d'Anvers - Département de Biologie, ECOSPHERE, Universiteitsplein 1, B-2610 Wilrijk, Belgique

L'identité taxonomique exacte de *Nitzschia sigma* (Kützing) W.Smith reste jusqu'à présent une énigme. L'espèce a été décrite à l'origine comme *Synedra sigma* Kützing du Danemark, mais le matériel type et la lame originale de Kützing de «Ostsee bei Hofmannsgave» n'ont plus pu être trouvés. Une minorité d'auteurs, cependant, suit William Smith qui a discuté et représenté en 1853 un spécimen d'eau marine et saumâtre basé sur du matériel de Pevensey Beach (sud-est de l'Angleterre entre Hastings et Brighton, Royaume-Uni) sous le nom de *Nitzschia sigma*. Kützing (1849) avait répertorié outre la localité au Danemark, deux autres échantillons où il a trouvé *N. sigma* : la Manche et du matériel qu'il a reçu de son ami Alphonse de Brébisson de la région du Calvados. Ce dernier matériel est présent à Meise et à Londres et peut être utilisé pour désigner un néotype pour cette espèce. Sur la base de la flore de diatomées qui l'accompagne dans l'échantillon, *N. sigma* est une espèce marine typique, ce qui rend douteuses les observations dans les échantillons d'eau douce.

La confusion générale est due à deux taxons largement négligés, aujourd'hui presque oubliés. Le premier, *Nitzschia sigma* var. *rigida* Grunow dans Van Heurck, a été initialement décrit comme *Amphipleura rigida* Kützing, un nom illégitime cependant, par Kützing (1844). Grunow a également décrit en même temps *N. sigma* var. *rigidula* Grunow à Van Heurck, à partir d'un échantillon collecté par Charles-Henri Delogne à Bruxelles. Alors que la var. *rigida* peut être considéré comme un taxon légèrement saumâtre, la var. *rigidula* est une espèce typique d'eau douce.

Le poster traite de l'histoire taxonomique de ce complexe de *Nitzschia sigma* illustrant les différentes populations utilisées pour démêler ce groupe problématique.

Références : Kützing, F.T. (1844). *Die Kieselschaligen. Bacillarien oder Diatomeen*. Nordhausen. 152 pp., 30 pls., available online at <https://doi.org/10.5962/bhl.title.64360>.

Kützing, F.T. (1849). *Species Algarum*. F. A. Brockhaus: Lipsiae (Leipzig). VI-922 pp. (look up in IMIS), available online at <https://doi.org/10.5962/bhl.title.60464>

Mots clés : *Nitzschia sigma* ; histoire taxonomique



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(C) Réexamen de quelques diatomées décrites par Friedrich Hustedt à partir d'échantillons collectés en Asie centrale par l'explorateur suédois Sven Hedin au tournant du 20^{ème} siècle.

Patrick Rioual

Key Laboratory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

En 1922, Friedrich Hustedt, le célèbre spécialiste allemand des diatomées a publié un article dans lequel il décrit 35 nouvelles espèces et variétés de diatomées à partir d'échantillons prélevés au tournant du 20^{ème} siècle (de 1894 à 1901) par l'explorateur suédois Sven Hedin lors de ses expéditions en Asie centrale et au Tibet. Parmi ces espèces, nous en avons réexaminé trois, à savoir *Cyclotella lacunarum* Hust., *Fragilaria asiatica* Hust. et *Achnanthes hedinii* Hust. Nous avons d'abord établi les positions géographiques exactes, dans l'ouest de la Chine, des localités types à partir de l'analyse des documents produits par Hedin, c'est-à-dire ses notes de voyage et cartes topographiques détaillées publiées en 1903 dans son livre "Au Coeur de l'Asie" qui fut un « best-seller » au tournant du siècle. Les images présentées au microscope électronique à balayage (MEB) sont les premières produites pour ces taxons qui jusqu'ici n'étaient qu'illustrées qu'à partir des dessins originaux d'Hustedt (1922) et des images présentées au microscope optique par Simonsen (Atlas des types d'Hustedt, 1987). Ces nouvelles images permettent de préciser la description morphologique de ces espèces et de mettre à jour leur traitement taxonomique. Ainsi, *Cyclotella lacunarum* appartient au genre *Lindavia* sensu Ács et al. (2016). Dans la littérature, cette espèce n'était mentionnée que deux fois : au Népal et au Tadjikistan. L'analyse de ces échantillons révèle deux nouveaux taxa : *Lindavia nepalensis* Rioual et *Lindavia lacunarum* var. *karakulensis* Rioual. L'examen de *Fragilaria asiatica* confirme son placement dans le genre *Fragilaria* et donne l'occasion de discuter de la validité du genre *Williamsella* Graeff, Kociolek & Rushforth. Enfin, *Achnanthes hedinii* est mieux placé dans le genre *Crenotia* Wojtal.

Références : Rioual P, Flower RJ, Chu G, Lu Y, Zhang Z, Zhu B & Yang X (2017). Observations on a fragilarioid diatom found in inter-dune lakes of the Badain Jaran Desert (Inner Mongolia, China), with a discussion on the newly erected genus *Williamsella* Graeff, Kociolek & Rushforth. *Phytotaxa* 239: 28–50.

Rioual P, Ector L & Wetzel CE (2019). Transfer of *Achnanthes hedinii* Hustedt to the genus *Crenotia* Wojtal (Achnanthesiaceae, Bacillariophyceae). *Notulae algarum* 106: 1–6.

Rioual P, Peng Y, Jin Z, Lami A, Marchetto A, Mischke S, Zhang F, Zhang Z & Yang X (2020). Re-examination of *Cyclotella lacunarum* Hustedt (Bacillariophyta) from lakes in the Pamir Mountains, western China, and description of two similar *Lindavia* taxa collected from Tajikistan and Nepal. *Diatom Research* 35: 63–84.

Mots clés : Friedrich Hustedt ; réexamen ; *Cyclotella lacunarum* Hust. ; *Fragilaria asiatica* Hust. ; *Achnanthes hedinii* Hust.



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(C) La collection des diatomées d'Albert Grunow (1826 -1914) à l'Herbier du Musée d'Histoire Naturelle de Vienne (Autriche)

Tanja M. Schuster¹, Bart Van de Vijver^{2,3} et David M. Williams⁴

¹Naturhistorisches Museum - Herbarium, Burggring 7, 1010 Vienne - Autriche

²Université d'Anvers - Département de Biologie, ECOSPHERE, Universiteitsplein 1, 2610 Wilrijk, Belgique

³Jardin botanique de Meise - Dépt. de la Recherche, Nieuwelaan 38, 1860 Meise - Belgique

⁴Natural History Museum - Department of Life Sciences, Cromwell Road, Londres, SW7 5BD, Royaume-Uni

Albert Grunow (1826–1914) était un diatomiste prolifique, qui a décrit des milliers de taxons. Son travail est fondamental et a grandement amélioré notre connaissance de la taxonomie des diatomées. La collection historique de Grunow est toujours pertinente pour la recherche moderne sur la biodiversité, car elle comprend de nombreux types. Un travail taxonomique approfondi tenant compte du matériel type et d'autres matériaux originaux pertinents est essentiel vu le rôle des diatomées en tant qu'espèces bio-indicatrices aquatiques, de l'histoire de la Terre et de la modélisation des changements environnementaux. Ces applications deviennent plus précises et significatives si les circoncriptions des espèces sont plus exactes pour éviter qu'elles obscurcissent les occurrences et les préférences écologiques souvent relativement étroites de certaines espèces. Grunow était pour une grande partie un des pionniers dans ces recherches, et la réévaluation de ses échantillons avec des méthodes modernes sophistiquées, telles que la microscopie électronique à balayage, en combinaison avec des études plus détaillées de la distribution et de l'écologie des diatomées, a conduit à la clarification des problèmes taxonomiques et à une plus grande connaissance approfondie de la valeur des diatomées pour la surveillance de l'environnement.

La collection diatomique de Grunow est complexe pour diverses raisons. D'une part, il englobe une grande variété de types de matériaux (par exemple, terre de diatomées en vrac dans des capsules ; échantillons montés sur carton, verre ou mica ; lames microscopiques et autres préparations ; dessins ; livres d'accession (= catalogue) ; littérature annotée par Grunow). Deuxièmement, les différentes parties de la collection sont hautement liées (par exemple, catalogue, dessins, littérature, échantillons, diapositives) et doivent être considérées dans leur totalité pour identifier et localiser les spécimens, ce qui implique donc une série d'étapes à suivre. Troisièmement, la collection de Grunow comprend beaucoup de matériel qui lui a été envoyé par d'autres collectionneurs, ce qui entraîne divers systèmes de numérotation pour les numéros de collecteur et d'échantillon qui doivent être réconciliés, souvent dans plusieurs institutions. Le but de cette présentation est de détailler cette complexité pour faciliter les demandes de matériel à l'herbier W en donnant plusieurs exemples. Cela montre comment ce matériel se trouve dans la collection, afin que les demandeurs sachent quelles informations fournir pour accélérer leur recherche dans la collection de Grunow.

Mots clés : Albert Grunow ; collection historique



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(C) Un nouveau genre pour *Fragilaria famelica*...

Bart Van de Vijver^{1,2} et Carlos E Wetzel³

¹Université d'Anvers – Dépt. Biologie, ECOSPHERE, Universiteitsplein 1, 2610 Wilrijk - Belgique

²Jardin botanique de Meise - Dépt. de la Recherche, Nieuwelaan 38, 1860 Meise - Belgique

³Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) - Environmental Research & Innovation (ERIN) Department, Observatory for Climate, Environment and Biodiversity (OCEB), 41 rue du Brill, 4422 Belvaux - Luxembourg

Une révision récente du genre *Fragilaria* basée sur des observations en microscopie optique et électronique à balayage du matériel type original, a révélé la présence d'une diversité assez grande cachée dans ce genre. Cela a entraîné la résurrection de plusieurs espèces « oubliées » et la publication d'un grand nombre de nouvelles espèces, souvent intégrées de force dans des taxons-poubelle tels que *Fragilaria capucina* et *F. rumpens*. Les observations des différents taxons ont également souligné l'hétérogénéité du genre *Fragilaria*. Williams & Round (1986, 1987) ont déjà partiellement révisé le genre *Fragilaria*, en séparant (et parfois ré-installant) plusieurs genres tels que *Ctenophora*, *Staurosirella* et *Tabularia*. Mais des analyses morphologiques et moléculaires récentes ont montré que les espèces restantes dans le genre *Fragilaria* présentent également des différences importantes entre certains groupes qui pourraient justifier une séparation de ces groupes dans des genres distincts.

L'un de ces groupes est formé de plusieurs espèces apparentées à *Fragilaria famelica*. Les espèces de ce complexe sont caractérisées par une face valvaire plate dépourvue de toute virgae surélevées, de petites aréoles carrées à arrondies couvertes extérieurement par de minces hymenes, un petit champ de pores apical situé dans un ocellulimbus déprimé, une seule rimoportule, des bandes de ceinture ouvertes et l'absence d'épines marginales. Nos observations montrent également que cet ensemble de caractéristiques se retrouve chez plusieurs espèces telles que *F. pennsylvanica*, *F. henryi*, *F. acidoclinata* et *F. synegrotesca*.

La présentation discute des différentes caractéristiques morphologiques comparant le groupe de *F. famelica* à d'autres groupes de *Fragilaria* (tels que *F. vaucheriae* et *F. radians*). En tenant compte de toutes ces différences, et appuyé par les résultats moléculaires de la littérature montrant que le groupe de *F. famelica* est plus voisin au genre *Ctenophora* qu'aux autres espèces dans le genre *Fragilaria*, un nouveau genre sera proposé pour ce groupe d'espèces.

Références : Williams D.M. & Round F.E. (1986). Revision of the genus *Synedra* Ehrenb. Diatom Res. 1: 313–339.

Williams D.M. & Round F.E. (1987). Revision of the genus *Fragilaria*. Diatom Res 2: 267–288.

Mots clés : *Fragilaria* ; matériel type ; nouveau genre ; taxonomie



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(P) Un nouveau genre de diatomée tropicale de l'Amazonie brésilienne

Carlos E. Wetzel¹, Samantha Faustino², Krysna Morais², Elton Augusto Lehmkuhl³, Gisele Marquardt⁴ et Denise C. Bicudo²

¹ Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Environmental Research & Innovation (ERIN) Department, Observatory for Climate, Environment and Biodiversity (OCEB), 41 rue du Brill, 4422 Belvaux, Luxembourg

² Instituto de Pesquisas Ambientais, Biodiversity Conservation Dept, Av. Miguel Estéfano 3687, 04301-012 São Paulo, SP, Brésil

³ Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia, Campus do Baixo Amazonas, Estr. Parintins/Macurany, n° 1805, 69152-450 Parintins, AM, Brésil

⁴ Universidade Univeritas, Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, Praça Tereza Cristina 88, 07023070 Guarulhos, SP, Brésil

Un nouveau genre de diatomées est décrit au Brésil. Des échantillons de sédiments carottés provenant du fleuve Xingu, Amazonas, Brésil et du matériel historique de la collection Hustedt (Rio de Janeiro) ont été analysés et sont présentés ici. L'espèce diffère des genres 'naviculoïdes' par une combinaison unique de caractéristiques ultrastructurelles telles que des stries unisériées à bisériées et en retrait, des aréoles occluses à l'extérieur par une plaque continue de silice et une grande variabilité des ouvertures des aréoles à l'intérieur. Fissures du raphé terminal déviées du même côté sur le manteau, helictoglossae peu développées, et fosse apicale interne. Le nouveau genre montre des similitudes avec les genres *Placoneis* et *Lacuneolimna* tous les deux avec une diversité remarquable en Amazonie. Le nouveau genre a été trouvé dans le bassin de la rivière Xingu (Amazonie brésilienne), le deuxième plus grand système de rivière d'eau claire en Amérique du Sud et le troisième plus grand affluent de la rivière Amazone. Le genre nouvellement décrit a été trouvé dans les deux carottes et avec une abondance relative élevée. La découverte de ce nouveau genre renforce l'idée que le fleuve Xingu est une entité biologique unique et contribue à la connaissance de la diversité des diatomées dans les zones tropicales, en particulier dans le bassin du fleuve Amazonas.

Mots clés : Amérique du Sud, biodiversité, rivières, sédiments, naviculoïdes



Session 1 : « Taxonomie, morphologie, biogéographie – domaines marin et continental »

(P) Analyse morphologique du matériel type de *Mayamaea atomus* et ses alliées terrestres

Carlos E. Wetzel¹ et Bart Van de Vijver^{2,3}

¹Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Environmental Research & Innovation (ERIN) Department, Observatory for Climate, Environment and Biodiversity (OCEB), 41 rue du Brill, 4422 Belvaux, Luxembourg

²Jardin botanique Meise, Département de Recherche, Nieuwelaan 38, 1860 Meise, Belgique

³Université D'Anvers – Dépt Biologie, ECOSPHERE, Universiteitsplein 1, 2610 Wilrijk, Belgique

Comme dans la plupart des anciennes études, la description et les figures d'*Amphora atomus* Kützing ne sont pas particulièrement informatives et la compréhension de la circonscription de *Navicula atomus* (Kützing) Grunow diffère selon les diatomistes. La plupart des auteurs semblent avoir construit leur concept de l'espèce en se basant principalement sur des descriptions provenant de Grunow (1860) ou des *Types de Synopsis des Diatomées de Belgique* n° 149 de Van Heurck, ou encore plus récemment par Mayama & Kobayasi (1988), sans examen du matériel original en microscopie électronique à balayage (MEB). L'espèce est actuellement placée dans le genre *Mayamaea* Lange-Bertalot (1997) se développant dans des habitats éphémères ainsi que dans des eaux riches en nutriments. Les populations de *Mayamaea* peuvent atteindre une forte abondance dans certains habitats pollués. A ce jour le genre comprend 30 taxons, dont la plupart aérophiles et trouvées dans des environnements subaériens humides, des plans d'eau temporaires et des sols. Les frustules de *Mayamaea* sont petites (< 10 µm). La zone axiale est épaissie et contient un raphé droit. Parfois, la zone axiale est tout ce qui reste d'une préparation acide. La présente étude montre pour première fois les matériels originaux de *Amphora atomus* Kützing (1844) trouvé dans la collection de Van Heurck à Meise (B), *Synedra atomus* (Kützing) Nägeli in Kützing (1849) sensu Grunow dans la collection à Vienne (W), dont le matériel a été utilisé pour le transfert de *Synedra atomus* vers *Navicula atomus* (Kützing) Grunow. La présente étude montre pour la première fois des illustrations de *Mayamaea atomus* en MEB de plusieurs matériels type et cette espèce est comparée à d'autres matériaux inédits, comme *Mayamaea asellus* (Weinhold) Lange-Bertalot, *Mayamaea spirans* (Hustedt) Lange-Bertalot et *Navicula peratomus* Hustedt. En plus, plusieurs taxon sont discutés et illustrés tel quels *Mayamaea agrestis* (Hustedt) Lange-Bertalot, *Mayamaea alcimonica* (E.Reichardt) C.E.Wetzel, Barragán & Ector, *Mayamaea arida* (W. Bock) Lange-Bertalot, *Mayamaea excelsa* (Krasske) Lange-Bertalot, *Mayamaea lacunolaciniata* (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot, *Mayamaea nolenoides* (W.Bock) Lange-Bertalot, *Mayamaea pseudopermitis* Lange-Bertalot, Cavacini, Tagliaventi & Alfinito et *Mayamaea recondita* (Hustedt) Lange-Bertalot. La grande diversité moléculaire de *Mayamaea* trouvée dans les sols est aussi démontrée. Il est raisonnable de penser que l'étude des communautés de diatomées du sol pourrait accroître la diversité du genre dans un avenir proche. Des nombreux spécimens identifiés comme *Mayamaea* « unclassified » et trouvés dans des échantillons terrestres lors de prélèvements dans différents types de culture et milieux naturels (forêts et prairies) au Luxembourg nous permet de dire que nous vivons dans la « *Mayamaea-sphere* »

Références : Grunow, A. (1860). Ueber neue oder ungenügend gekannte Algen. Erste Folge, Diatomeen, Familie Naviculaceen. *Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien*. 10: 503-582, Tabs III-VII.



Kützing, F.T. (1844). *Die Kieselschaligen. Bacillarien oder Diatomeen*. Nordhausen. 152 pp., 30 pls., available online at <https://doi.org/10.5962/bhl.title.64360>

Kützing, F.T. (1849). *Species Algarum*. F. A. Brockhaus: Lipsiae (Leipzig). VI-922 pp. (look up in IMIS), available online at <https://doi.org/10.5962/bhl.title.60464>

Lange-Bertalot, H. (1997). *Frankophila, Mayamaea* und *Fistulifera*: drei neue Gattungen der Klasse Bacillariophyceae. *Archiv für Protistenkunde*. 148(1-2): 65-76.

Mayama, S., & Kobayasi, H. (1988). Morphological variations in *Navicula atomus* (Kütz.) Grun. In *Proceedings of the 9th International Diatom Symposium*. Biopress, Bristol (pp. 427-435).

Mots clés : *Amphora, Synedra, Navicula*, collections, bioindicateurs, écologie des sols



**Session 2 : « *Phylogénétique, caractérisation
moléculaire et métagénomique* »**



Session 2 : « Phylogénétique, caractérisation moléculaire et métagénomique »

(C) Nouvelle génération de séquenceurs portatifs pour le métabarcoding des diatomées

Rémy Marcel¹, Valentin Vasselon², Louis Jacas³, Frédéric Rimet³, Céline Lopez-Roques⁴, Céline Vandecasteele⁴, Jules Sabban⁴ et Agnès Bouchez³

¹AQUABIO, 41 rue des frères Lumières 63100 Clermont-Ferrand

²SCIMABIO Interface, Les Cyclades B – 5, rue des Quatres Vents, 74200 Thonon-les-Bains

³INRAE - UMR Carrtel, 75bis av. de Corzent, 74200 Thonon les Bains

⁴INRAE, US 1426, GeT-PlaGe, Genotoul, Castanet-Tolosan, France

L'identification des organismes vivants à partir de courtes séquences génétiques, nommée barcoding génétique, est apparue en 2003. Le métabarcoding, apparu en 2012, consiste quant à lui en l'identification non pas d'un seul individu, mais de tous les individus formant une communauté biologique.

Les protocoles de métabarcoding des diatomées ont été mis au point avec des séquenceurs de première (Sanger) et deuxième génération (Roche 454). Les applications du métabarcoding en France ont utilisé jusqu'à présent des séquenceurs de deuxième génération Illumina MiSeq. Cette technologie présente l'avantage de commettre peu d'erreurs et de permettre un haut débit de séquençage. Mais elle souffre de deux inconvénients :

- un nombre significatif de séquences restent non identifiées,
- un séquenceur MiSeq représente un investissement très important, qui force les écologues à sous-traiter l'étape de séquençage des codes barres génétiques à des laboratoires dédiés.

Une troisième génération de séquenceurs miniatures et portatifs est aujourd'hui disponible, avec par exemple le séquenceur MinION d'Oxford Nanopore Technologies. Le MinION pourrait permettre aux écologues de produire leurs propres données, adaptées à leurs besoins, en prenant en main eux même le séquençage des codes barres génétiques.

Ces séquenceurs offrent de nouvelles possibilités, mais présentent une série de contraintes. C'est pourquoi nous nous sommes attachés à tester la pertinence des séquenceurs MinION pour le métabarcoding des diatomées. Les résultats permettent de comparer les performances du MinION avec celle du MiSeq sur un brin d'ADN court pour des échantillons témoins et des échantillons environnementaux.

Mots clés : Métabarcoding ; MinION ; ADN ; diatomées



Session 2 : « *Phylogénétique, caractérisation moléculaire et métagénomique* »

**(P) Influence des pesticides en domaine viticole sur les Bacillariophyta :
apports du Metabarcoding et des comptages floristiques à partir des
sédiments du lac de Saint André**

Muriel Raveton¹, Christelle Gonindard¹, Stephane Reynaud¹, Frédéric Boyer¹, Pierre Sabatier²,
Clement Lionnet¹, Gilles Delaygues³, Gielly L.¹ et Christine Paillès⁴

¹LECA, UMR CNRS-UGA-USMB 5553, Université Grenoble Alpes, CS 40700, 38058
Grenoble cedex 9, France

²Université Savoie Mont Blanc, Laboratoire EDYTEM - UMR 5204 - Equipe Archives
Environnementales, Bat. Pôle Montagne, F 73376 Le BOURGET DU LAC Cedex, France

³Institut des Géosciences de l'environnement, Université Grenoble-Alpes, CS 40700, 38 058
Grenoble Cedex 9, France

⁴Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence, France

Les dépôts sédimentaires lacustres sont généralement utilisés pour reconstruire l'historique des contaminations au sein du lac et dans son bassin versant. La contamination en pesticides (herbicides, fongicides, insecticides) enregistrée dans les sédiments du lac Saint-André a été reconstruite sur la période 1880 à 2010, et témoigne des activités agricoles (viticulture essentiellement) du bassin versant. Ce site a été sélectionné pour une analyse de la chrono-biodiversité : (1) par une approche metabarcoding de l'ADN et (2) par comptages floristiques conventionnels des diatomées piégés dans les sédiments lacustres.

En plus de l'amorce 18S (Euka02) qui amplifie tous les eucaryotes et donne une idée globale de la biodiversité du lac, incluant les taxa phytoplanctoniques (sauf cyanobactéries), les protistes hétérotrophes, les champignons, ainsi que les metazooplancton, l'amorce Baci01, plus spécifique sur les communautés de diatomées a été utilisée. Les données de diversité des Bacillariophycées ont été traitées par une analyse multivariée (arbre de régression multivarié, MRT, NMDS, corrélation de Kendall) pour hiérarchiser les données sous contrainte (variables chronologiques, de contamination et de changement climatique).

L'analyse MRT des séquences de Bacillariophycées et la confrontation de la diversité des valves par rapport aux variables de contamination et des index climatiques montre des points de basculement de ces communautés en 1930, 1965, 1994 et 2006 liés aux fongicides (1930 & 1965), aux herbicides (1988) et à la température (2000). L'inventaire générique des diatomées par comptage floristique et metabarcoding montre une bonne cohérence générale. De même, l'indice de diversité de Shannon obtenu par les 2 méthodes est comparable sauf pour l'intervalle 1920-1945. A la base de la séquence (1880) la flore de diatomées est représentée par un assemblage diversifié de très grosses diatomées benthiques (*Campylodiscus hibernicus*, *Amphora ovalis*, *Gyrosigma ssp*, *Cymbella ssp*, *Navicula ssp*), de *Diploneis krammerii*, *D. oblongella*, *D. oculata*, *Pseudostaurosira parasitica* ainsi que de *Pantoseckiella delicatula* et *Cyclotella distinguenda*. A partir de 1920, on assiste à la disparition de *D. oblongella*, *D. oculata* et *P. parasitica* au profit du développement de *P. delicatula*. Entre 1920 et 1965, l'assemblage est toujours bien diversifié et composé de très grosses diatomées benthiques et des espèces planctoniques *P. delicatula* et *C. distinguenda*. A partir de 1965 (début d'application de herbicides, fongicides et pesticides) et jusqu'à c.a. 2000, un changement notable de la flore s'effectue : outre la diminution de l'indice de diversité de Shannon, on remarque une diminution notable de la taille de *P. delicatula* avec en parallèle l'apparition de taxons en forme d'aiguilles



(*Fragilaria saxoplanctonica*, *F. grunowii*). A partir des années 2000, les flux de pesticides commencent à diminuer. On note l'apparition d'algues calcaires (*Phacotus*) et d'algues vertes (*Staurastrum*), le développement d'*Asterionelle formosa* et d'espèces planctoniques de grande taille comme *P. delicatula* et *P. comensis*.

Cette étude qui combine en parallèle l'analyse metabarcoding et l'inventaire et le comptage floristique conventionnel des diatomées est particulièrement encourageante car les premiers résultats obtenus sont cohérents tout en montrant la complémentarité des deux approches.

Mots clés : Métabarcoding ; diatomées fossiles ; contamination en pesticides



Session 3 : « *Diatomées aérophiles* »



Session 3 : « Diatomées aérophiles »

(P) Le genre *Humidophila* dans un échantillon historique du sud de la Belgique

Charlotte Goeyers^{1,2} et Bart Van de Vijver^{2,3}

¹Jardin botanique de Meise - Dépt. de la Recherche, Nieuwelaan 38, 1860 Meise - Belgique

²Université de Gand - Groupe de Protistologie & Ecologie aquatique, Campus de Sterre, Gand - Belgique

³Université d'Anvers – Dépt Biologie, ECOSPHERE, Universiteitsplein 1, 2610 Wilrijk - Belgique

Charles-Henri Delogne (1834-1901) était un naturaliste et diatomiste belge qui a réuni une collection de plusieurs centaines d'échantillons de la région autour de Bruxelles et de la vallée de la Semois dans le sud de la Belgique. Plusieurs de ses échantillons ont été utilisés par des diatomistes célèbres tels qu'Albert Grunow et Henri Van Heurck, qui ont décrit plusieurs nouvelles espèces à partir de ce matériel. L'une des espèces décrites à partir de ses échantillons, *Navicula flotowii*, transférée plus tard dans le genre *Humidophila*, a toujours été considérée comme synonyme de *H. perpusilla*. La découverte récente des échantillons originaux de Delogne au Jardin Botanique de Meise (Belgique) a offert l'opportunité d'étudier cette espèce plus en détail.

Les résultats de l'analyse de l'échantillon original Delogne 109, récolté près de Frahan (vallée de la Semois, sud de la Belgique) ont non seulement montré que *H. flotowii* et *H. perpusilla*, tous deux présents dans l'échantillon, représentent en fait deux espèces distinctes. Plusieurs autres espèces d'*Humidophila* ont été observées dans le même échantillon. Trois d'entre elles ont pu être identifiées comme espèces connues : *H. contenta*, *H. biceps* et *H. laevissima* mais deux autres n'ont pu être attribuées à aucune des espèces précédemment décrites et doivent être décrites comme nouvelles espèces.

Ce poster présente les résultats des observations en microscopie optique et électronique à balayage du genre *Humidophila* dans l'échantillon Delogne 109. Les caractéristiques distinctives importantes incluent la structure du raphé avec des marques typiques à côté des terminaisons du raphé, la structure et la position des aréoles du manteau au apex, la présence/absence de marques siliceuses dans la zone centrale et la forme de la zone centrale. Suite à des résultats récents concernant l'identité taxonomique exacte de *Humidophila contenta* et *H. biceps*, l'une des nouvelles espèces a été précédemment identifiée à tort comme *H. contenta* et représente très probablement une nouvelle espèce, bien répandue en Europe suivant une analyse bibliographique dans la littérature récente.

Mots clés : *Humidophila* ; taxonomie ; Europe ; matériel type ; Charles-Henri Delogne



**Session 4 : « *Ecotoxicologie, physiologie et
écophysiologie* »**



Session 4 : « *Ecotoxicologie, physiologie et écophysiologie* »

(C) (E) Influence de la radioactivité naturelle sur les communautés de diatomées des sources minérales du Massif central *via* une approche de metabarcoding

Lory-Anne Baker^{1,2,3}, Aude Beauger^{2,3}, Sofia Kolovi^{3,4}, Olivier Voltaire^{2,3}, Elisabeth Allain^{2,3}, Jonathan Colombet^{1,3}, Vincent Breton^{3,4}, Patrick Chardon^{3,4}, Didier Miallier⁴, Céline Bailly⁵, Gilles Montavon^{3,5}, Agnès Bouchez⁶, Frédéric Rimet⁶, Cécile Chardon⁶, Valentin Vasselon⁶, Luc Ector^{7†}, Carlos E. Wetzel⁷ et David G. Biron^{1,3†}

¹Université Clermont Auvergne, CNRS, LMGE, F-63000 Clermont–Ferrand, France

²Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, France

³LTSER “Zone Atelier Territoires Uranifères”, Clermont-Ferrand, France

⁴Université Clermont Auvergne, CNRS/IN2P3, Laboratoire de Physique de Clermont (LPC), UMR 6533, F-63178 Aubière cedex, France

⁵Laboratoire SUBATECH, UMR 6457, IN2P3/CNRS/IMT Atlantique/Université de Nantes, 4, rue Alfred Kastler, BP 20722, 44307 Nantes cedex 3, France

⁶Université Savoie Mont-Blanc, INRAE, UMR CARRETEL, 75 bis avenue de Corzent, FR-74200 Thonon-les-Bains, France

⁷Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Department Environmental Research and Innovation (ERIN), Observatory for Climate, Environment and Biodiversity (OCEB), 4422 Belvaux, Luxembourg

A ce jour, les connaissances concernant les effets à faible dose des rayons ionisants sur les communautés microbiennes dans l'environnement sont encore limitées. Les sources minérales sont des environnements extrêmes où la radioactivité peut être naturellement renforcée en ²³⁸U, ²³²Th et leurs descendants. Elles constituent donc des sites observatoires pour étudier l'influence de la radioactivité naturelle chronique sur les écosystèmes à long terme. Parmi les groupes biologiques retrouvés dans ces écosystèmes, on retrouve les diatomées, des micro-algues unicellulaires photosynthétiques qui jouent un rôle essentiel dans les chaînes trophiques aquatiques en tant que composantes du phytoplancton et du phytobenthos. Grâce à leur cycle de vie court et à leur sensibilité aux conditions du milieu, l'étude des communautés de diatomées permet d'évaluer l'effet de certaines pressions environnementales dont la radioactivité." L'objectif de cette étude était d'étudier l'effet de la radioactivité naturelle sur la richesse, la diversité et la structure des communautés de diatomées dans 16 sources minérales situées dans le Massif central (France) par une approche de metabarcoding. Les communautés de diatomées ont été collectées au cours du mois d'octobre 2019. Une région de 312 pb du gène chloroplastique *rbcL* (codant pour la grande sous-unité de la Ribulose Bisphosphate Carboxylase) a été utilisée comme code-barre pour l'identification des espèces. Un total de 237 variants de séquence d'amplicon (ASV) a été détecté. Les espèces de diatomées dominantes dans les sources minérales sont *Navicula sanctamargaritae*, *Gedaniella* sp. nov., *Planothidium frequentissimum*, *Navicula veneta*, *Diploneis vacillans*, *Amphora copulata*, *Pinnularia brebissonii*, *Halamphora coffeaeformis*, *Gomphonema saprophilum* et *Nitzschia vitrea* mais aussi plusieurs espèces non déterminées. Aucune corrélation significative n'a été obtenue entre la richesse en ASV et les paramètres radioactifs. L'analyse non-paramétrique MANOVA (ADONIS) basée sur l'occurrence et l'abondance des espèces a permis de mettre en évidence que l'emplacement géographique était le principal facteur qui influence la distribution des espèces. Il est intéressant de noter que ²³⁸U était le deuxième facteur expliquant la variabilité



des communautés de diatomées. Parmi les espèces observées, *Planothidium frequentissimum* était bien représenté dans les sources avec un niveau plus élevé de ^{238}U , ce qui suggère sa haute tolérance à ce radionucléide. Cette espèce peut donc représenter un bio-indicateur des niveaux élevés d'uranium.

Mots clés : diversité des diatomées, sources minérales, radioactivité naturelle, rbcL, metabarcoding



Session 4 : « Ecotoxicologie, physiologie et écophysiologie »

(C) Effets des contaminants sur la morphologie des diatomées : vers une approche automatique

Sarah Cheron^{1,2}, Aishwarya Venkataramanan^{1,2,3}, Clara Martinez¹, Huyèn Phong Hamon³, David Heudre⁴, Carlos E Wetzel⁵, Cédric Pradalier^{2,3}, Philippe Usseglio-Polatera¹, Simon Devin^{1,2}, Vincent Felten^{1,2} et Martin Laviale^{1,2}

¹Université de Lorraine, CNRS, LIEC, F-57000 Metz, France

²LTSER-Zone Atelier Moselle, F-57000 Metz, France

³Georgia Tech Lorraine, CNRS IRL 2958, F-57070 Metz, France

⁴DREAL Grand Est, F-57000, Metz, France

⁵Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) - Environmental Research & Innovation (ERIN) Department, Observatory for Climate, Environment and Biodiversity (OCEB), 41 rue du Brill, 4422 Belvaux - Luxembourg

Les diatomées sont couramment utilisées pour évaluer la qualité de l'eau. Outre les indicateurs basés sur la diversité des espèces présentes, la manière dont les contaminants agissent sur la variabilité morphologique au sein d'une même espèce peuvent également fournir des informations utiles. Ainsi, l'apparition de déformations est communément admise comme un indicateur de stress. Toutefois, ces déformations sont difficiles à identifier et à dénombrer, et il est également délicat d'en qualifier l'intensité. Au-delà des déformations, d'autres changements plus subtils, non tératologiques, pourraient s'avérer utiles à quantifier en routine. Il apparaît donc nécessaire de développer une approche standardisée, et l'utilisation de l'intelligence artificielle est particulièrement adaptée pour réaliser ce type de tâche.

Dans cette étude, nous présentons les premiers résultats de mise au point d'une telle approche, à partir de bioessais de laboratoire réalisés sur la diatomée benthique d'eau douce *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith var. *palea*. Dans un premier temps, la culture a été exposée à court terme (7 jours) au glyphosate afin de déterminer les concentrations de contaminants inhibant 5, 10 et 50% de leur croissance (IC5, IC10 et IC50). Ces concentrations et une concentration environnementale ont ensuite été utilisées pour exposer les cultures dans des conditions semi-statiques pendant 28 jours afin d'évaluer le potentiel tératogène du glyphosate sur la morphologie des diatomées. Pour chaque échantillon, des images ont été acquises au microscope optique et la morphologie des cellules a été analysée à l'aide de différents descripteurs en lien avec la taille et la forme des cellules. Cette approche manuelle est comparée à une approche basée sur l'intelligence artificielle en cours de développement permettant de classer automatiquement les images individuelles à l'aide d'algorithmes de machine learning.

Mots clés : diatomées ; pesticides ; morphologie ; analyse d'images



Session 4 : « Ecotoxicologie, physiologie et écophysiologie »

(C) Effets du cobalt sur les communautés de diatomées en cours d'eau

Simon Colas¹, Soizic Morin², Benjamin Marie³, Mathieu Milhe-Poutingon¹, Patrick Baldoni-Andrey⁴, Clémentine Gelber⁴, Nicholas B. Gurieff⁵, Marie-Claire Lot⁴, Claude Fortin⁶ et Séverine Le Faucheur¹

¹Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S-UPPA, CNRS, IPREM, Pau, France

²Inrae, UR EABX, Cestas, France

³UMR 7245 CNRS/MNHN « Molécules de Communication et Adaptations des Micro-organismes », Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France

⁴TotalEnergies, Pole d'Études et de Recherche de Lacq, France

⁵Rio Tinto Closure, Australie

⁶Institut National de la Recherche Scientifique – Eau Terre Environnement, Québec, Canada

Le cobalt est un métal essentiel qui constitue l'atome central de la vitamine B12. Dans les eaux naturelles, il est présent à l'état de trace (généralement inférieur à 1 µg/L). Toutefois, dans le contexte actuel de transition énergétique, l'intensification de son extraction entraîne une augmentation de ses concentrations dans l'environnement, et en particulier dans les milieux aquatiques, au cours de la dernière décennie. L'objectif de cette étude est donc d'examiner les effets de dose du cobalt et de durée d'exposition croissante sur les diatomées périphtiques.

Pour cela, des biofilms matures colonisés sur des lames de verre dans l'eau du Gave de Pau ont été exposés à des concentrations croissantes de cobalt (0, 6, 30 et 60 µg/L) pendant 28 jours dans les Rivières Pilotes du Pole d'Études et de Recherche de Lacq (PERL). Les biofilms ont été collectés avant contamination et après 1 heure, 1, 3, 7, 14, 21 et 28 jours d'exposition afin d'analyser la concentration en cobalt bioaccumulée, la biomasse, la teneur en chlorophylle *a*, la densité et la mortalité des diatomées ainsi que les métabolites produits.

Le cobalt était accumulé principalement sous forme intracellulaire dans les biofilms. La quantité de cobalt bioaccumulé était corrélée à la concentration dans l'eau jusqu'à 21 jours d'exposition, confirmant une exposition croissante des organismes au métal. Après 14 jours d'exposition, une diminution de la biomasse et des teneurs en chlorophylle *a* proportionnelle aux concentrations d'exposition a été mesurée. Concernant les densités de diatomées, une inhibition nette de la croissance était visible pour les concentrations nominales de 30 et 60 µg/L, en particulier après 21 et 28 jours d'exposition. La mortalité, toutefois, restait dans des taux acceptables (généralement <10%).

Ces résultats indiquent que le cobalt est susceptible d'impacter négativement les communautés de microalgues dans les milieux à proximité de sites d'extraction et d'activités industrielles, avec des conséquences possibles sur les niveaux trophiques supérieurs.

Mots clés : cobalt ; biofilms ; exposition ; biomasse ; chlorophylle *a*



Session 4 : « Ecotoxicologie, physiologie et écophysiologie »

(C) La réponse des biofilms phototrophes au stress thermique dépend-elle de leur complexité, de leur histoire thermique, ou des deux ?

Camille Courcoul¹, Martin Laviale², Vincent Baillard², Elise Billoir², Joséphine Leflaive¹ et Stéphanie Boulêtreau¹

¹Laboratoire écologie fonctionnelle et environnement, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France

²Université de Lorraine, CNRS, LIEC, F-57000 Metz, France

En raison du changement climatique en cours, les écosystèmes aquatiques sont soumis à des vagues de chaleur plus fréquentes, plus intenses et plus longues. La photosynthèse étant particulièrement sensible aux variations de la température, ces événements extrêmes sont susceptibles d'affecter la productivité des organismes photosynthétiques aquatiques, en particulier les biofilms phototrophes colonisant les cours d'eau peu profonds qui peuvent connaître de courts épisodes de stress thermique extrême survenant pendant les étiages estivaux. Pourtant, l'étendue de la dégradation/limitation de la photosynthèse de ces biofilms due à ces stress reste méconnue.

Dans cette étude, nous avons étudié la réponse de la photosynthèse à un stress thermique de biofilms dominés par les diatomées, en cherchant à évaluer la contribution relative de l'histoire thermique et de la complexité de ces biofilms dans cette réponse. Pour ce faire, nous avons exposé au même stress thermique (de 31 à 44°C pendant 30, 60, 120 ou 180 minutes) des souches algales isolées, des communautés synthétiques simplifiées préalablement acclimatées à 3 températures et des communautés fluviales naturelles échantillonnées à différentes saisons. L'activité photosynthétique a été estimée à l'aide du rendement quantique maximal du photosystème II (Fv/Fm) mesuré à la fin de chaque exposition. Le concept de « dose thermique », couramment employé dans l'agroalimentaire, a été appliqué pour synthétiser les effets combinés de l'intensité de la température et de la durée de l'exposition à la température donnée à travers deux paramètres statistiques : la tolérance au stress imposé et la rapidité de la réponse à ce stress.

Nos résultats montrent que l'histoire thermique explique en grande partie la tolérance de la photosynthèse au stress thermique : les communautés simplifiées acclimatées à 25°C étaient plus tolérantes au stress thermique que les communautés pré-exposées à 15°C ou 20°C tandis que les communautés naturelles prélevées en été étaient plus tolérantes que celles prélevées en hiver. En revanche, la rapidité de la réponse au stress dépendait plutôt de la complexité des communautés étudiées : les communautés naturelles étaient moins rapides à répondre au stress, par rapport aux communautés synthétiques et cultures d'algues. Enfin, ces modèles de réponse à la température ont été utilisés pour estimer la réponse des biofilms à des conditions de température in situ : notre approche permet de montrer que même un stress thermique modéré peut altérer considérablement la productivité de ces biofilms dans les eaux peu profondes subissant des vagues de chaleur.

Mots clés : biofilms phototrophes ; photosynthèse ; stress thermique



Session 4 : « Ecotoxicologie, physiologie et écophysiologie »

(C) (E) Criblage par bio-informatique des enzymes lipolytiques dans les transcriptomes de la diatomée marine *Phaeodactylum tricornutum* lors d'un stress azoté

Victor Murison¹, Josiane Hérault¹, Matteo Scarsini², Benoît Schoefs², Justine Marchand² et Lionel Ulmann¹

¹Biologie des Organismes, Stress, Santé, Environnement (BiOSSE) – Le Mans Université, CeRIUM, 52 rue des docteurs Calmette et Guérin FR-53020 LAVAL Cedex 9

²Biologie des Organismes, Stress, Santé, Environnement (BiOSSE) – Le Mans Université, UFR Sciences et Techniques, Avenue Olivier Messiaen, FR-72085 LE MANS Cedex 9

Les diatomées oléagineuses accumulent des lipides neutres en réponse à des stress abiotiques comme une carence en azote dans leur milieu environnant. Si les mécanismes d'accumulation ont été bien étudiés, très peu d'études se sont concentrées sur la façon dont les cellules consomment ces lipides. Ces mécanismes impliquent des enzymes lipolytiques, dont très peu sont caractérisées chez les microalgues. Ces enzymes sont des hydrolases qui agissent sur différentes classes de lipides cellulaires tels que les triglycérides accumulés lors d'un stress.

Dans cette étude, une analyse bio-informatique a été menée sur le génome de la diatomée marine *Phaeodactylum tricornutum* pour identifier et caractériser les principales enzymes lipolytiques pouvant jouer un rôle dans le catabolisme des triglycérides. Cette espèce a été choisie car *P. tricornutum* est une espèce modèle pour l'étude du métabolisme, connue pour produire de grandes quantités de lipides lors d'un stress. De plus, son génome a été séquencé. Les gènes identifiés dans le génome codent 62 protéines pouvant avoir une fonction triacylglycérol lipase (EC 3.1.1.3). Elles se répartissent 4 familles d'enzymes. L'analyse des séquences a permis d'identifier les domaines conservés et les résidus actifs, confirmant leur annotation et leur fonction probable. L'hydrolyse des lipides pouvant se dérouler dans différents compartiments cellulaires, les séquences ont également été analysées pour prédire la localisation des enzymes dans la cellule.

Les 62 séquences retenues ont été recherchées dans trois jeux de données transcriptomiques obtenus chez différentes souches de *P. tricornutum* pendant un stress azoté afin d'identifier les enzymes correspondant aux gènes dont le niveau d'expression est fortement modifié dans ces conditions. Sept séquences ont ainsi été retenues, et la structure tertiaire des enzymes correspondantes a pu être modélisée à l'aide de l'algorithme Alphafold2, afin d'en prédire certaines caractéristiques structurales.

Ces informations pourront être utilisées dans des études de génomique fonctionnelle par extinction ou surexpression de gènes, ou pour une purification des enzymes dans une optique de caractérisation de leur activité.

Mots clés : *Phaeodactylum tricornutum*, bioinformatique, enzymes lipolytiques, transcriptome, stress azoté



Session 4 : « Ecotoxicologie, physiologie et écophysiologie »

(P) L'effet stimulant des acides aminés sur la croissance et la production des molécules bioactives des microalgues

Coralline Petit¹, Brigitte Veidl¹, Matteo Scarsini¹, Emmanuelle Mounier², Joël Duperray², Justine Marchand¹, Virginie Mimouni¹ et Benoît Schoefs¹

¹Métabolisme, Ingénierie Moléculaire des Microalgues et Applications (MIMMA), Biologie des Organismes Stress Santé Environnement, IUML – FR 3473 CNRS, Le Mans Université, Le Mans, France

²BCF Life Sciences, Pleucadeuc, Morbihan, France

Les microalgues sont des microorganismes photosynthétiques de grand intérêt pour la production de biomasse et de biomolécules comme les lipides, les acides gras oméga-3 ou les pigments, à destination de l'industrie biomédicale, cosmétique, pharmaceutique ou énergétique. L'azote entrant dans la composition de biomolécules essentielles comme les acides nucléiques, les protéines ou la chlorophylle, l'azote est un macronutriment essentiel pour le développement des cellules. Pour soutenir leur croissance, les microalgues utilisent principalement des sources d'azote inorganique comme l'ammonium et le nitrate. Un manque d'azote dans le milieu de croissance diminue le taux de division cellulaire et déclenche une réorientation du métabolisme du carbone vers l'accumulation de lipides et/ou de caroténoïdes. Dans le milieu naturel, l'azote inorganique disponible constitue une condition limitante, disparaissant dans les milieux enrichis tels que les résurgences et les zones polluées. Les procédés biotechnologiques de production de biomolécules nécessitent généralement la production de biomasse et donc l'utilisation d'engrais azoté, ce qui augmente les coûts de production, en particulier pendant la crise géopolitique actuelle. L'évaluation de sources d'azote alternatives pour la culture des microalgues présente donc un fort intérêt. Dans ce travail, la source d'azote inorganique des milieux de culture de la microalgue verte d'eau douce *Haematococcus lacustris* et de la diatomée marine *Phaeodactylum tricornutum* a été remplacée ou complétée par une source d'azote organique à savoir un mélange d'isomères L d'acides aminés libres (Leafamine®, BCF Life Sciences, Pleucadeuc, France). Les résultats ont mis en évidence que Leafamine® a un effet bio-stimulant sur les deux microalgues. L'ajout de Leafamine® dans un milieu contenant de l'azote inorganique a amélioré les quotas cellulaires en protéines et pigments chez *P. tricornutum* mais pas chez *H. lacustris*. En conclusion, Leafamine® pourrait être utilisé pour améliorer la production de biomasse et produire des biomolécules d'intérêt comme des protéines et/ou des pigments dans la microalgue *P. tricornutum*.

Cette recherche a été financée par la société BCF Life Sciences (Pleucadeuc, Morbihan, France).

Mots clés : acide aminé ; sources alternatives de carbone et azote ; mixotrophie



Session 4 : « *Ecotoxicologie, physiologie et écophysiologie* »

(C) **Adaptation des diatomées à l'absence d'azote : mécanismes physiologiques**

Matteo Scarsini¹, Brigitte Veidl¹, Hanhua Hu², Vandana Vinayak³, Justine Marchand¹ et Benoît Schoefs¹

¹Métabolisme, Ingénierie Moléculaire des Microalgues et Applications (MIMMA), Biologie des Organismes Stress Santé Environnement, IUML – FR 3473 CNRS, Le Mans Université, Le Mans, France

²Key Laboratory of Algal Biology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan, China

³Diatom Nanoengineering and Metabolism Laboratory (DNM), School of Applied Science, Dr. Harisingh Gour Central, University, Sagar MP 470003, India

Les procédés biotechnologiques basés sur l'utilisation des microalgues reposent pour la plupart sur la production de biomasse dans laquelle l'accumulation de la production de biomolécules est éventuellement induite. Par exemple, l'accumulation des lipides chez les diatomées est induite par la réduction de la disponibilité en azote du milieu, une condition très fréquemment rencontrée dans les conditions naturelles, responsable du faible taux de multiplication des diatomées dans ces milieux. La compréhension des mécanismes mis en œuvre par les diatomées lors de modifications de la disponibilité en azote permet d'éclairer non seulement les réactions de ces organismes dans le milieu naturel mais aussi l'optimisation des procédés de productions de certaines biomolécules. Afin d'apporter une contribution significative à cet éclairage, une étude détaillée pluridisciplinaire a été menée chez la diatomée marine *Phaeodactylum tricornutum* au cours de transitions affectant la disponibilité en azote. Les expériences ont été réalisées en turbidostat. Le passage entre l'état d'équilibre « riche en azote » et l'équilibre « pauvre en azote » par la réorientation du métabolisme du carbone vers l'accumulation de molécules à haute densité énergétique, les lipides, tout en fonctionnant comme un volant métabolique. Cette réorientation se traduit au niveau physiologique par une réduction drastique de l'activité photosynthétique tant dans sa partie photochimique (absorption de la lumière) que chimique (fixation du dioxyde de carbone) :

- **Phase photochimique** : la diminution affecte plus la capacité de gestion des photons lors d'une illumination continue (Φ_{II} , réduction > 50%) que la capacité intrinsèque maximale des unités photosystème II (Φ_{Po} , réduction < 10%). En conséquence, la génération d'électrons (O_2 dissout, réduction > 40%) ainsi que la capacité à les transporter dans de la chaîne de transporteurs d'électrons sont fortement réduites. Bien que les quotas cellulaires en chlorophylle et caroténoïdes soient négativement affectés, l'absorption de l'énergie lumineuse reste conséquente et le besoin de dissiper l'excès d'énergie sous forme de chaleur (q_N) est notable, du moins transitoirement, réduisant ainsi le risque oxydatif.
- **Phase biochimique** : la diminution de la génération d'électrons affecte la production de NADPH et d'ATP, deux composés indispensables au déroulement du cycle de Calvin dont l'une des étapes consiste à fixer une molécule de CO_2 provenant de l'environnement sur une molécule de ribulose bisphosphate. En conséquence, la quantité de carbone inorganique dissout dans le photobioréacteur augmente fortement alors que le quota cellulaire en carbone n'augmente que modestement (environ 20%).



L'ensemble de ces résultats suggère que l'activité chloroplastique est fortement impactée en absence d'azote. Le chloroplaste est cependant maintenu en mode « veille » car lorsque l'azote inorganique exogène est réintroduit dans le milieu, son activité reprend excessivement rapidement. Au-delà des considérations de biologie et physiologie fondamentales des microalgues, ces résultats expliquent les raisons pour lesquelles les procédés biotechnologiques visant à produire des biomolécules par des microalgues sont généralement divisés en deux étapes en mettant en évidence leur limitation : ce sont celles des organismes utilisés.

Mots clés : physiologie du stress ; carence en azote ; production de lipides ; métabolisme secondaire ; réorientation du métabolisme du carbone



Session 4 : « Ecotoxicologie, physiologie et écophysiologie »

(P) Améliorer la qualité des cultures de microalgues au laboratoire à l'aide d'agitateurs innovant : les programmes MAGILUX et AGITER

Matteo Scarsini¹, Romuald Le Roux¹, Brigitte Veidl¹, Michel Verchain², Sylvain Roux³, Justine Marchand¹ et Benoît Schoefs¹

¹Métabolisme, Ingénierie Moléculaire des Microalgues et Applications (MIMMA), Biologie des Organismes Stress Santé Environnement, IUML – FR 3473 CNRS, Le Mans Université, Le Mans, France

²MNCC, 11 Avenue de la Fontaine, 49070 Beaucouzé, France

³Bio-Concept Scientific, Rue de l'Europe, Tournebu 14220 Cesny Bois Halbout, France

Les études fondamentales et appliquées sur les microalgues nécessitent souvent la réalisation de culture en petit volume (50 mL-1L). Le développement optimal des cultures dépend de plusieurs facteurs. Les plus importants sont l'agitation, la quantité et la qualité (couleur) de la lumière. L'agitation est souvent réalisée à l'aide d'un plateau meut mécaniquement et installé sur les étagères des chambres de culture. Les cultures sont éclairées par des tubes phosphorescents ou des panneaux de LED disposés soit latéralement soit au-dessus des cultures. La géométrie des flacons – souvent coniques et fermés avec un bouchon opaque - ainsi que la multiplication des flacons sur le plateau agité rend l'illumination des cultures inhomogène et génère des variations locales de température. Ces variations locales d'environnement créent des inhomogénéités de croissance des microalgues rendant la comparaison des cultures difficiles. Pour réduire ces inhomogénéités, il est nécessaire d'optimiser l'environnement de culture afin de rendre les conditions d'illumination et agitation cohérentes entre les différents flacons de culture. La limitation des biais dus à des différences environnementales intra expérience est un facteur clef pour l'obtention de résultats reproductibles. La nature des microalgues (en première approximation leur couleur) et leur écologie imposent une flexibilité en termes de couleur et d'intensité de l'éclairage, difficile à réaliser avec la majorité des équipements actuels.

L'objectif principal du programme AGITER est de construire un appareillage innovant permettant non seulement de réduire les inhomogénéités entre échantillons en optimisant les conditions d'agitation et d'illumination des cultures, mais aussi fournir plusieurs géométries d'agitation et options d'illuminations (régions d'intensité et couleur). De plus, le contrôle électronique de l'appareil permettra la programmation et l'exécution automatique des conditions d'illumination et d'agitation plus adaptées à la microalgue étudiée. Pour atteindre ces objectifs, les compétences complémentaires des deux partenaires industriels MNCC (conception de machines spéciales) et Bio-Concept Scientific (systèmes d'éclairage LED) ont été associées au projet.

L'organisation tridimensionnelle du dispositif AGITER permet d'améliorer de manière significative la distribution des photons au niveau des cultures, ce qui se reflète sur le développement des cultures de microalgues. La comparaison des cultures identiques a révélé une variabilité dans les taux de croissances significativement moins variable avec le dispositif AGITER qu'avec un système traditionnel. L'homogénéité de la distribution des photons sur le dispositif impacte également les populations de microalgues. Pour illustrer cet aspect, le taux de mortalité dans les cultures présentes sur le plateau agité a été estimé à l'aide d'un cytomètre en flux (fluorochrome : Sytox). Les cultures mise à se développer sur le dispositif AGITER présentent un taux de mortalité inférieur à 2% alors que celles se développant dans un système



traditionnel ce taux est d'environ 15%. Ces résultats sont renforcés par les modifications de granulométrie et de taille des cellules dans les populations des cultures exposées à des conditions d'illumination inhomogène.

Dans la même optique de développement d'appareillages innovants pour la culture cellulaire à l'échelle de laboratoire, un appareil complémentaire a été conçu et fabriqué pour la culture des microalgues en très petit volumes dans les plaques multipuits (12 puits, jusqu'à 3 mL chacun). L'appareil a été initialement conçu pour permettre une homogénéisation optimale des cultures dans chaque puit avant la lecture automatisée par un spectrophotomètre d'absorbance acceptant ce type de plaques. Des développements en cours permettent aussi de cultiver en conditions d'illumination et d'agitation indépendantes pour chaque puit.

Mots clés : cultures ; agitateurs innovant ; microalgues



Session 4 : « Ecotoxicologie, physiologie et écophysiologie »

(C) Destruction photocatalytique de la diatomée *Phaeodactylum tricorutum* en présence du nanocomposé GO/TiO₂

Christeena Theresa Thomas^{1,2}, Matteo Scarsini¹, Brigitte Veidl¹, Justine Marchand¹, Abdelhadi Kassiba⁵, Velumani Subramaniam^{2,3,4} et Benoît Schoefs¹

¹Métabolisme, Ingénierie Moléculaire des Microalgues et Applications (MIMMA), Biologie des Organismes Stress Santé Environnement (BiOSSE), IUML – FR 3473 CNRS), Le Mans University, Avenue Olivier Messiaen, 72085, Le Mans cedex 09, France

²Programa en Nanociencias y Nanotecnología, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Mexico, CP 07360, Mexico

³Department of Electrical Engineering, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Mexico, CP 07360, Mexico

⁴Department of Materials Science and Engineering, USA

⁵Institute of Molecule and Materials of Le Mans UMR-CNRS 6283, Le Mans University, 72085 Le Mans, France

Dans certaines circonstances, les microalgues se divisent de manière incontrôlable et forment des efflorescences dans les eaux marines ou d'eau douce. Généralement, ces efflorescences ont un impact négatif sur les activités humaines, directement, par exemple en tuant les poissons ou, indirectement, en rendant l'eau impropre à la consommation. La mise en place, le fonctionnement et la disparition de ces efflorescences restent mal connus et il est actuellement impossible de les contrôler. Il est donc nécessaire de traiter les eaux afin d'éviter les désagréments mentionnés ci-dessus. Parmi les procédés de traitement à disposition, l'oxydation par photocatalyse hétérogène avancée (AOP) émerge comme un procédé présentant des avantages par rapport aux méthodes conventionnelles. L'AOP consiste en des traitements physicochimiques générant des radicaux libres oxygénés (ROS) détruisant la matière organique en suspension. Dans ce travail, nous avons utilisé l'oxyde de graphène (GO), connu pour ses propriétés photocatalytiques et adsorbantes, dans lequel des nanoparticules de dioxyde de titane (TiO₂) ont été incorporés afin d'améliorer l'efficacité photocatalytique du GO. Les nanocomposites GO/TiO₂ ont été synthétisés par un simple processus de mélange colloïdal et les poudres ont été caractérisées (Thomas et al., 2021). Afin d'éviter la dispersion du matériau photocatalytique dans l'eau et ainsi éviter une pollution, les poudres composites ont été comprimées en pastilles et leur capacité à générer des ROS a été testée en mesurant la décoloration du bleu de méthylène. La capacité à tuer les microalgues a été mise en évidence avec la diatomée *Phaeodactylum tricorutum* en utilisant de la lumière visible pour exciter le matériau photocatalytique. L'étude a permis d'optimiser les paramètres permettant l'éradication complète des diatomées. Cet état a été obtenu après 3 h d'illumination à forte intensité à condition que les cellules se divisent activement.

Références : Thomas, C.-T., Manisekaran, R., Santoyo-Salazar, J., Schoefs, B., Velumani, S., Castaneda, H., Jantrania, A. 2021. Graphene oxide decorated TiO₂ and BiVO₄ nanocatalysts for enhanced visible-light-driven photocatalytic bacterial inactivation. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 418, 113374.

Mots clés : GO/TiO₂ nanocomposite ; *Phaeodactylum tricorutum* ; photocatalytic disinfection



Session 5 : «*Paléoécologie et biostatigraphie*»



Session 5 : « Paléocéologie et biostatigraphie »

(C) (E) Etude diachronique de l'impact de l'exploitation de l'uranium sur la diversité des communautés de diatomées dans une ancienne mine d'uranium (Rophin, France)

Lory-Anne Baker^{1,2}, David Biron^{1,2,†}, Olivier Voltaire^{2,3}, Elisabeth Allain^{2,3}, Clément Floquet¹, Sofia Kolovi^{2,4}, Vincent Breton^{2,4}, Patrick Chardon^{2,4}, Jonathan Colombet¹, Ana Ejarque⁵, Emmanuelle Defive³, Franck Donnadiou⁶, Pradeep Angia Sriram^{1,2} et Aude Beauger^{2,3}

¹Université Clermont Auvergne, CNRS, LMGE, F-63000 Clermont-Ferrand, France

²LTSER "Zone Atelier Territoires Uranifères", 63000 Clermont-Ferrand, 63178 Aubière Cedex, France

³Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, France

⁴Université Clermont Auvergne, CNRS/IN2P3, Laboratoire de Physique de Clermont (LPC), UMR 6533, F-63178 Aubière cedex, France

⁵Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, Univ Montpellier, CNRS, IRD, EPHE, Montpellier, France

⁶Laboratoire Magmas et Volcans, CNRS, IRD, OPGC, Université Clermont-Auvergne, F-63000 Clermont-Ferrand, France

⁷Laboratoire SUBATECH, UMR 6457, IN2P3/CNRS/IMT Atlantique/Université de Nantes, 4, rue Alfred Kastler, BP 20722, 44307 Nantes cedex 3, France

Suite à la seconde guerre mondiale, la course à l'armement et à l'énergie nucléaire a conduit à l'exploitation de nombreuses mines d'uranium. En France, on compte 250 sites miniers exploités durant la période de 1980 à 2001. Les activités de production, de traitement et de stockage du minerai ont modifié l'état radiologique et environnemental des sites d'exploitation. Le devenir des anciens sites miniers et leur impact sur l'environnement, et particulièrement sur les biocénoses, sont devenus une préoccupation environnementale (IRSN, 2009).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude sur l'ancienne mine d'uranium de Rophin. Exploitée de 1948 à 1957, la mine a fait l'objet d'activités d'extraction, de traitement et de stockage de minerai d'uranium. On y retrouve une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) où sont stockées 30 000 tonnes de résidus et de stériles. Suite à la fermeture de la mine, la végétation s'est développée sur l'ensemble du site faisant de celui-ci, un observatoire particulier du devenir de l'environnement suite à une activité minière. Bien qu'il soit reconnu que les teneurs en uranium peuvent être plus importantes sur les sites miniers en raison de l'altération et de l'érosion de roches granitiques autour des sites, l'étude de Martin *et al.* (2020) démontre bien à travers la dendroanalyse qu'il y a une corrélation entre les émissions d'uranium de Rophin et l'histoire du site. En effet, en aval de la mine se trouve une zone humide (ZH) qui est un véritable piège physique pour les radionucléides et les métaux. Un niveau de rayonnement gamma de 1050 nSv.h⁻¹ et des concentrations d'uranium allant jusqu'à 1855 mg.kg⁻¹ ont pu être mesurées dans cette zone (Martin *et al.* 2020). Ces dernières étaient notamment associées à la présence d'une couche blanchâtre dans les différentes carottes prélevées dans la ZH et qui correspond à la période d'exploitation de la mine. Ces résultats impliquent de comprendre l'effet de ces apports d'uranium sur les biocénoses présentes sur le site. Cette étude vise donc à analyser l'impact de l'exploitation de la mine d'uranium sur la diversité des communautés de diatomées fossiles de la ZH de Rophin. Les diatomées étant de bons indicateurs de la qualité d'un habitat aquatique, elles permettront d'apporter des informations complémentaires sur les changements liés aux conditions environnementales de la ZH. Une carotte allant jusqu'à 1,72 m a été prélevée dans la ZH et des datations au ¹⁴C ont



été effectuées permettant de remonter jusqu'au Moyen Age. Les diatomées présentes dans les différentes couches stratigraphiques de la carotte ont été déterminées et comptées afin de mettre en évidence le potentiel effet de l'exploitation de la mine sur les communautés de diatomées.

Références : IRSN, 2009. Fiche N°5 études et expertises menées par l'IRSN sur les anciennes mines d'uranium en France.

Martin, A., Hassan-Loni, Y., Fichtner, A., Péron, O., David, K., Chardon, P., Colombet, J., Ejarque, A., Defive, E., Donnadiou, F., Pradeep Ram, A. S., Montavon, G., 2020. An integrated approach combining soil profile, records and tree ring analysis to identify the origin of environmental contamination in a former uranium mine (Rophin, France). *Science of the Total Environment*, 747, 141295.

Mots clés : impact de l'exploitation d'uranium ; biocénose ; diatomées ; Rophin ; mine



Session 5 : « Paléocéologie et biostatigraphie »

(C) Diatomées Quaternaires du Mont Kenya. Focus sur le genre
Aulacoseira

Leila Ben Khelifa

Université Paris-Sorbonne - Paris IV - ISTeP, Sorbonne Univ. Paris, Tour 55-56, niveau 5,
case courrier 116, 4 place Jussieu, 7500, Paris, France

Le genre *Aulacoseira* Thwaites 1848 est représenté dans le Quaternaire récent de deux lacs du Mont Kenya, par diverses espèces ; *Aulacoseira agassizii*, *A. alpigena*, *A. ambigua*, *A. italica* var. *tenuissima*, *A. goetzeana*, *A. granulata* var. *angustissima*, *A. granulata* var. *valida* ou *monospina*, *A. muzzanensis*, *A. nyassensis* var. *victoriae*,... L'iconographie en microscopie optique et électronique permet de présenter une description et une comparaison avec les espèces précédemment décrites en Afrique, ainsi que celles de la collection de R. Ross, 1952 prélevée au Kenya (Muséum de Londres). Deux morphotypes sont distingués : *Aulacoseira* sp.1 et *Aulacoseira* sp.2.

Dans Sacred Lake, *Aulacoseira* sp.1 se présente souvent en un seul individu en vue valvaire et se rapproche, selon différents critères, des espèces *Aulacoseira distans* var. *laevissima* (Grun) Haworth, *A. muzzanensis*, *A. pseudomuzzanensis*, et *A. agassizii* mais présente des tailles très variables et souvent inférieures à 9µm. *Aulacoseira* sp.1 pourrait avoir un analogue actuel observé au Mont Marsabit.

Dans Nkunga Lake, *Aulacoseira* sp.2 est souvent en colonie et se rapproche de *Aulacoseira nyassensis* var. *victoriae* avec des caractères archaïques comme le processus labié en arc et la disposition senestre des stries. Pas d'analogue actuel observé.

La fréquence et la présence de ces deux espèces est très différente. *Aulacoseira* sp.1, s'observe avec un cortège d'espèces acidophiles : *Eunotia*, *Pinnularia*, *Brachysira*, *Frustulia* et une tranche d'eau faible. Alors que l'espèce observée au lac Nkunga est associée à un cortège d'espèces planctoniques reflétant plutôt, un haut niveau du Lac avec des conditions alcalines du paléomilieu.

Les observations en microscopie photonique avec Axioskop Zeiss couplée à une caméra AxioCam MRc permet la réalisation micrographique de ces deux espèces. La microscopie électronique avec FlexSEM100, métallisation carbone (ISTeP) est présentée pour *Aulacoseira* sp.2. L'iconographie électronique d'*Aulacoseira* sp.1 a été réalisée par Pat Sims au NHM après métallisation à l'or. Ces données permettent d'affiner la taxonomie observée.

La comparaison avec les espèces présentes dans la collection de R. Ross (Kenya, 1952), répertoriée au NHM permet d'écarter le nom d'*Aulacoseira nyassensis* var. *victoriae* O.Müller pour *Aulacoseira* sp.2., d'étudier l'espèce type *Aulacoseira crenulata* (Ehrenberg) Thwaites, de confirmer la présence de certaines *Aulacoseira* telle *ambigua*, *agassizii* mais d'autres observations d'*Aulacoseira distans* var. *laevissima* (Grun) Haworth, et *Aulacoseira monospina* sont nécessaires pour bien distinguer nos morphotypes.

Mots clés : genre *Aulacoseira* ; Quaternaire ; Mont Kenya



Session 5 : « Paléoécologie et biostatigraphie »

(C) Fonctions de transfert « diatomées » versus paramètres environnementaux : quelques éléments de réflexion sur la méthode et les données

Françoise Chalié¹, Cécile Figus^{1,2}, Vincent Roubeix³ et Florence Sylvestre¹

¹Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence, France

²Adresse actuelle : Institut de Sciences Marines et Environnementales, Université de Szczecin, ul. Mickiewicza 18, 70-383 Szczecin, Pologne

³HydroBioStat

Les diatomées sont des candidates privilégiées pour la reconstitution quantitative de paramètres hydrochimiques ou limnologiques du milieu dans lequel elles se sont développées. Les frustules fossiles sont souvent abondants dans les sédiments ; les espèces composant les assemblages et les thanatocénoses sont fréquemment dépendantes de paramètres du milieu (conductivité, pH, température de l'eau...) ; enfin, toutes les espèces présentent un cycle de vie de courte durée, ce qui permet aux assemblages de s'adapter très rapidement aux variations du milieu. De telles caractéristiques confèrent à ce bio-indicateur un potentiel unique, incluant une précision temporelle remarquable (délai de réponse réduit), pour la reconstitution des environnements passés.

L'utilisation des diatomées pour des calibrations de fonctions de transfert hydrochimiques doit néanmoins respecter des contraintes spécifiques et présente diverses limites, dont nous discutons quelques-unes, ici.

La méthode de choix pour extraire les paramètres hydrochimiques des données de diatomées est la méthode statistique des moyennes pondérées. La distribution de chaque espèce, tout le long du gradient d'un paramètre environnemental permet de calculer une valeur d'optimum de ce paramètre, pour laquelle la diatomée rencontre les conditions théoriques idéales à son développement ; la tolérance chiffre l'aptitude théorique d'une espèce à se maintenir, lorsque l'on s'écarte de cette valeur d'optimum. La méthode est sensible à la qualité et aux caractéristiques des données actuelles de référence, servant à la calibration de la fonction de transfert. Pour une espèce donnée, les calculs de l'optimum et de sa tolérance associée, dépendent de la suffisante représentativité de la distribution d'une espèce le long du gradient hydrochimique ; mais par ailleurs, la présence de données redondantes introduit un biais de calcul. Nous définirons ce qu'est la redondance des données et en quoi elle peut être problématique pour la fonction de transfert ; nous tenterons de proposer une solution à l'utilisation de ces données redondantes, à travers le concept de données "virtuelles" ou "composites".

La calibration diatomées-paramètres hydrochimiques est réalisée sur des données actuelles, car nous avons là simultanément la composition des assemblages de diatomées et la mesure des paramètres hydrochimiques correspondante. Pour des questions pratiques, certaines bases de données de références actuelles incluent dans un même jeu de données les assemblages d'échantillons de plancton, de biofilm en divers substrats, voire de vases de surface. Nous discuterons des biais, limites et corrections possibles pour l'inclusion de ces types d'échantillons divers dans une calibration unique.



Nous questionnerons la possibilité de reconstituer quantitativement la ‘profondeur’ d’un plan d’eau. Elle est souvent considérée en variations relatives via le rapport planctoniques/benthiques, mais quelles sont les limites et les verrous à dépasser pour évaluer quantitativement ce paramètre primordial ?

Enfin, nous aborderons la question de la variabilité infra-annuelle d’un milieu, caractérisé par des paramètres le plus souvent assignés en valeurs moyennes annuelles.

Mots clés : Fonctions de transfert ; Statistiques ; Hydrochimie ; Gradient environnemental ; Calibration ; Méthode des moyennes pondérées ; Optimum ; Tolérance.



Session 5 : « Paléoécologie et biostatigraphie »

(C) (E) Compilation des occurrences stratigraphiques de la diatomite au cours du Paléogène : implications pour le paléoclimat, l'altération des silicates et l'enfouissement du carbone dans les environnements marins peu profonds

Cécile Figus¹, Andrey Yu. Gladenkov², Tatyana V. Oreshkina², Volkan Özen³, Johan Renaudie³, Peter Siver⁴ et Jakub Witkowski¹

¹Institute of Marine and Environmental Sciences, University of Szczecin, ul. Mickiewicza 18, 70-383 Szczecin, Poland

²Geological Institut of Russian Academy of Sciences, Pyzhevskii per., 7, Moscow 119017, Russia

³Museum für Naturkunde, Invalidenstrasse 43, 10115 Berlin, Germany

⁴Connecticut College, 270 Mohegan Ave., New London, CT 06320, USA

Le Paléogène (~66 à ~23 Ma) a été caractérisé par une chaleur initiale extrême, suivie d'un refroidissement progressif du climat. De nombreux mécanismes ont été proposés pour l'expliquer, notamment des rétroactions impliquant une altération accrue des silicates, et des taux élevés de production primaire marine. L'un des défis des reconstitutions de la paléoproduktivité au début du Paléogène, est la difficulté de contraindre le fonctionnement du cycle du silicium - la principale inconnue étant de savoir si les diatomées étaient déjà des acteurs aussi importants qu'aujourd'hui dans les cycles du carbone et du silicium. La plupart des tentatives précédentes d'élucidation de la réponse du flux de silice biogénique au changement climatique du Paléogène se sont concentrées sur les sédiments d'eau profonde. Nous proposons qu'au début du Paléogène, la production de diatomées ait pu être localisée principalement dans des environnements proches du rivage. Avec le temps, une proportion croissante de la production de diatomées s'est déplacée vers des milieux plus distaux. Pour tester cette hypothèse et explorer son importance pour la reconstitution des cycles du carbone et du silicium du Paléogène, nous présentons une compilation des occurrences de diatomées à travers le temps, du début du Paléocène à la fin de l'Oligocène.

La diatomite est une roche sédimentaire formée par l'accumulation de frustules de diatomées dans des environnements marins et terrestres. Elle représente un proxy lithologique pour une forte productivité de diatomées. En répertoriant les occurrences stratigraphiques de la diatomite au cours du Paléogène et en les comparant aux relevés mondiaux d'isotopes stables publiés, nous pouvons obtenir de nouvelles informations sur les liens entre les changements climatiques et la production de diatomées.

Nos données sur la distribution des diatomites et des sédiments contenant des diatomées révèlent de grandes fluctuations, avec un maximum clair à la fin du Paléocène : la fréquence la plus élevée de diatomite se produit sur la plateforme eurasiennne dans la période précédant le maximum thermique du Paléocène-Éocène (PETM ; ~56 Ma). Les occurrences de diatomite sont considérablement réduites après le PETM. L'association entre le pic de fréquence de diatomite et le PETM est cohérente avec les taux élevés d'altération des silicates en réponse à la chaleur de l'effet de serre de la fin du Paléocène, mais la chute à long terme de l'occurrence de diatomite dans les sites terrestres de l'Éocène est incompatible avec un apport accru de silicium dissous dans les milieux marins peu profonds à travers l'EEOCO (Early Eocene Climate Optimum). D'autres facteurs tels que les fluctuations à long terme du niveau de la mer doivent



également être pris en compte, mais dans l'ensemble, notre étude indique que les archives marines peu profondes de l'accumulation de silice biogène, peuvent détenir la clé de nombreuses questions importantes concernant le cycle du carbone au cours de la période d'effet de serre du Paléogène précoce.

Mots clés : Paléogène ; diatomite ; milieux marins



Session 5 : « Paléocéologie et biostatigraphie »

(C) Conséquences environnementales de l'arrêt du fonctionnement des activités d'embouteillage d'une source minérale par l'étude des diatomées fossiles d'un travertin

Clément Floquet^{1,2}, Emmanuelle Defive¹, Vincent Breton^{5,2}, Elisabeth Allain¹, Olivier Voldoire¹, Carlos E. Wetzel⁴, Luc Ector^{4†}, Patrick Chardon^{5,2}, Sylvia Becerra⁶ et Aude Beauger^{1,2}

¹Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, France

²LTSER "Zone Atelier Territoires Uranifères", Aubière Cedex, France

⁴Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Department Environmental Research and Innovation (ERIN), 41 rue du Brill, L-4422 Belvaux, Luxembourg

⁵Laboratoire de Physique de Clermont (LPC), UMR6533, Université Clermont Auvergne, CNRS/IN2P3, Aubière Cedex, France

⁶Géosciences Environnement Toulouse, Observatoire Midi Pyrénées, Université de Toulouse, CNRS, IRD, 31400 Toulouse, France

Du fait de sa géologie, le Massif central présente de nombreuses sources minérales aux caractéristiques physico-chimiques particulières donnant des eaux aux vertus reconnues. Ainsi, les sources auvergnates ont été exploitées, au fil du temps, pour leurs apports balnéo-thérapeutiques. C'est le cas de la source de l'Ours sur la commune de Joze (Puy-de-Dôme, France). En 1841, l'autorisation d'exploitation de la source est donnée et un bâtiment est construit autour du puits foré en 1873 pour l'embouteillage avec remplissage à la source. L'autorisation de vente de l'eau minérale est accordée en 1895. À la suite de la Première Guerre Mondiale et de la crise de 1929, les ventes de bouteilles chutent par suite notamment d'une désorganisation du circuit de distribution et de la concurrence des autres grandes sources du Puy-de-Dôme et du bassin de Vichy. La cessation d'activité semble survenir autour des années 1950. Finalement, le bâtiment est démolé en 1985 et l'émergence de la source est ainsi remise à découvert.

La source de l'Ours présente une concentration en carbonates élevée qui induit la formation d'une roche que l'on nomme travertin suite à la précipitation des carbonates. Au cours du temps, une grande surface a été recouverte par cette roche carbonatée qui se forme non loin du point d'émergence, dans la partie amont d'un ancien bras mort de l'Allier. Le 1^{er} mars 2021, un carottage du travertin a été effectué pour préciser, grâce aux diatomées qui constituent un bon indicateur, le contexte environnemental du fonctionnement récent de la source de l'Ours. Une carotte de 120 cm a été prélevée et datée par la méthode du radiocarbone. A 103 cm, ce sont les années 1975 – 1978 qui sont représentées. La carotte a ensuite été découpée en différents échantillons afin d'en analyser les communautés de diatomées. *Crenotia thermalis* (Rabenhorst) A.Z. Wojtal, typique des sources minérales, est observée tout le long de la carotte. De 120 cm à 80 cm, les espèces *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot var. *frequentissimum*, *Surirella brebissonii* Krammer & Lange-Bertalot, *Ulnaria biceps* (Kützing) Compère et *Cocconeis lineata* Ehrenberg sont bien représentées, attestant d'un mélange entre l'eau de la source et les eaux du bras mort. Dans la partie supérieure, on retrouve des espèces typiques des sources minérales telles que *Navicula sanctamargaritae* Beauger in Beauger & al.

Mots clés : source minérale ; travertin ; embouteillage



Session 5 : « Paléoécologie et biostatigraphie »

(C) Evolution de la chimie de l'eau et de l'occupation du bassin versant au cours des 7000 ans d'histoire du lac Pavin, en utilisant les diatomées, le pollen et les changements géochimiques.

Karen K Serieyssol¹, Aude Beauger², Yannick Miras³, Léo Chassiot⁴, Victor Arricau⁵ et Emmanuel Chapron^{4,5}

¹Laboratoire EVS-ISTHME, UMR 5600 – CNRS, Université de Lyon, 6 rue Basse des Rives, 42023

Saint-Etienne Cedex 2, France

²Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, France

³CNRS, Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique (HNHP) UMR 7194, Muséum National d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie Humaine, 1 rue René Panhard, 75013 Paris, France

⁴Département de Géographie, Université Laval, Pavillon Abitibi-Price, 2405 rue de la Terrasse, Québec, QC, Canada, G1V0A6

⁵Géographie de l'Environnement (GEODE) UMR 5602 CNRS, Université Toulouse 2 Jean Jaurès, Allée A. Machado, 31058 Toulouse Cedex, France

Le lac Pavin est un maar formé il y a environ 7000 ans par une explosion phréatomagmatique, laissant un cratère central profond avec des pentes latérales abruptes peu profondes. La carotte sédimentaire PAV12 prélevée au centre du lac présente deux couches de diatomite, séparées par une unité de sédiments remaniés de 4 m d'épaisseur. Six zones documentant l'évolution du lac apparaissent par l'analyse de la diversité et de la zonation des diatomées. L'unité de diatomite inférieure a été déposée entre 6900 cal BP et 1400 cal BP avec trois zones (L-1 à L-3), puis une zone remaniée a été déposée entre ca. 1400 cal BP et 700 cal BP, suivi du dépôt de la diatomite supérieure avec trois zones (L-4 à L-6), déposée entre ca. 700 cal BP et aujourd'hui. *Asterionella formosa*, *Pantoscekiella ocellata* and *Discostella pseudostelligera* et f. *diminuta* plus différentes espèces de Fragilariacées composent l'unité inférieure (L-1, 6900 à 6569 cal BP).

Avec l'augmentation de la minéralisation des eaux du lac, différents *Stephanodiscus* deviennent les espèces majeures (L-2, 6480 à 3750 cal BP). Une zone de transition a été notée entre les zones 2 et 3 (3950-3700 BP), elle est associée avec la baisse du niveau d'eau. *Asterionella formosa* et *Nitzschia paleacea* dominent la zone L-3 (2880 à 1470 cal BP) avec une forte diminution des *Stephanodiscus*. Ce changement majeur peut être corrélé avec l'érosion des sols et la mise en place de la méromicticité. *Stephanodiscus parvus* et *Asterionella formosa* dominent la zone supérieure de la diatomite L-4 (640 à 400 cal BP) tandis que la zone L-5 (290 à 160 cal BP) est dominée par *Aulacoseira subarctica* et f. *recta* en lien avec les changements dus au Petit Age Glaciaire. Un retour à des conditions similaires à celles de la zone L-4 est observé pour la zone L-6 (subrécente). L'ouverture progressive de la forêt diversifiée et l'apparition d'une agriculture régionale semblent liées au développement de la méromicticité. Ainsi, la modification des communautés de diatomées dans la partie supérieure sont liées à l'activité agricole, à un brassage incomplet et au climat.

Mots clés : Massif central ; lac Pavin ; maar ; méromicticité



Session 5 : « Paléoécologie et biostatigraphie »

(C) (E) Contribution de l'étude des diatomées fossiles à la reconstruction de l'histoire paléo-environnementale du lac d'Issarlès (07)

Anaïs Tahri¹, Aude Beauger¹, Olivier Voltaire¹, Elisabeth Allain¹, Vincent Berthon², Jean-Paul Raynal³ et Emmanuelle Defive¹

¹Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, France

²Terana Puy-de-Dôme, 20 rue Aimé Rudel, 63370 Lempdes

³Université de Bordeaux I, CNRS, PACEA, UMR 5199, F-33000 Bordeaux, France

Le lac maar d'Issarlès est situé aux confins des provinces volcaniques du Velay oriental et du Devès et est rattaché à la génération des volcans du Bas-Vivarais (Mergoïl et Boivin, 1993 ; Defive *et al.*, accepté). Ce lac est utilisé comme réservoir depuis 1954 dans le cadre du complexe hydro-électrique de Montpezat. Cette utilisation entraîne, plusieurs fois par an, un important marnage et des injections d'eaux provenant de trois barrages connectés au lac, perturbant ce dernier et sa communauté de diatomées (Coûteaux, 1984). Ce lac a une profondeur de 108 m et contient une séquence sédimentaire d'une trentaine de mètres, dont près de 8 m ont été carottés en 2020 dans le but d'étudier le contexte paléo-environnemental local à régional (Defive *et al.*, accepté). La datation de la séquence est en cours. Grâce à la caractérisation des communautés diatomiques de quarante-trois échantillons prélevés au long de la séquence, la reconstruction qualitative de l'évolution hydrobiochimique du lac a pu être réalisée à travers la variation du pH, de la saprobie et de l'état trophique. Des reconstructions quantitatives du pH et du phosphore total ont également été effectuées avec des fonctions de transfert.

Trois cent deux espèces de diatomées ont été observées. Les espèces dominantes sont *Pantocsekiella cf. delicatula* (Hust.) K.T.Kiss & Ács, 2016 et *Pantocsekiella comensis* (Grunow in Van Heurck, 1882) K.T.Kiss & Ács, 2016. Huit zones séparées par des changements dans la composition taxonomique ont été identifiées par une analyse « CONstrained Incremental Sum of Squares » (CONISS).

La base de la carotte (7,625 m) est caractérisée par la dominance d'espèces aérophiles ainsi que par *Stephanodiscus medius* Håkansson, 1986, une espèce qui est favorisée dans les milieux turbulents et à bonne disponibilité en phosphore (Rioual, 2000). Le cortège d'espèces nous permet de conclure que les ruisseaux alimentant le lac ont connu des périodes de crues, en lien avec des précipitations importantes, et que cet important apport des ruisseaux a entraîné une érosion de la bordure du lac ainsi que des instabilités dans la colonne d'eau, mettant en suspension le phosphore dans toute la masse d'eau (Voigt *et al.*, 2008).

De 7,55 m à 0,505 m, les reconstructions quantitatives et qualitatives ont permis d'identifier des niveaux remaniés. Ces niveaux sont caractérisés par la présence d'espèces de diatomées littorales, comme *Cyclotella pseudostelligera f. diminuta* (Manguin, 1954), ou d'espèces témoins d'apports de sédiments, comme *Pantocsekiella ocellata* (Pantocsek 1901) K.T.Kiss & Ács 2016 et *Pantocsekiella minuscula* (Jurilj, 1954) K.T.Kiss & Ács, 2016 (Zhang *et al.*, 2016). Ces différents événements viennent perturber un lac défini comme étant un milieu calme et stratifié en période estivale, avec peu de nutriments dans l'épilimnion. Plusieurs variations de températures ont également pu être identifiées grâce aux changements d'abondance et de dominance entre *Pantocsekiella cf. delicatula* et *Pantocsekiella comensis* (Alexson *et al.*, 2019).



Pour finir, un bouleversement dans le fonctionnement et la chimie du lac a été mis en évidence par un changement des diatomées dominantes dans les vingt centimètres supérieurs de la séquence (0,205 m et 0,01 m), correspondant à la période subactuelle. Alors que *P. comensis* et *P. cf. delicatula* dominaient jusque-là, le sommet de la carotte est caractérisé par une dominance d'*Asterionella formosa* Hassall (1850) et de *Fragilaria crotonensis* Kitton (1869). Ce changement dans la communauté est mis en lien avec l'utilisation du lac par EDF.

Références : Alexson E.E., Wellard Kelly H.A., Estep L.R., Reavie E.D. (2019) Morphological variation around the *Pantocsekiella comensis* complex in the Laurentian Great Lake. Diatom research. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2018.1544592>

Beauger A., Serieyssol K., Legrand B., Latour D., Berthon V., Lavrieux M., Miras Y. (2022) 6700 years of diatom changes related to land use and climatic fluctuations in the Lake Aydat catchment (Auvergne, France): coupling with cyanobacteria akinetes, pollen and non-pollen palynomorphs data. *Quaternary International*, 13p.

Coûteaux M. (1984) Recherches pollen analytiques au lac d'Issarlès (Ardèche, France) : évolution de la végétation et fluctuations lacustres. *Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique* 117 : 197-217.

Defive E. Miallier D., Pilleyre T., Nomade S., Guillou H., Moska P., Tudyka K., Chapron E., Miras Y., Virmoux C., Queffelec A., Jouannic G., Cortial, C., Goslar T., Raynal J.P. New investigations about three young volcano-sedimentary systems of Velay-Vivarais (France) and co-evolution humans-volcanoes in the background. *Quaternaire*, accepté.

Manguin E. (1954) Contribution à la connaissance biologique des boues lacustres Lac Pavin (Puy-de-Dôme). *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières*, 14 (1) : 67-84. Muséum National d'Histoire naturelle, Paris, 26p.

Mergoïl J., Boivin P. (1993) Le Velay, son volcanisme et les formations associées. *Géologie de la France* 3: 3-96.

Rioual P. (2000) Diatom assemblages and water chemistry of lakes in the French Massif Central: a methodology for reconstruction of past limnological and climate fluctuations during the Eemian period. Thèse de doctorat, University College London, 519p.

Voigt R., Gröger E., Baier J., Meischner D. (2008) Seasonal variability of Holocene climate: a paleolimnological study on varved sediments in Lake Jues (Harz Mountains, Germany). *Journal of Paleolimnol* 40 : 1021–1052. <https://doi.org/10.1007/s10933-008-9213-7>

Zhang X.-S., Reed J.-M., Lacey J.-H., Francke A., Leng M.-J., Levkov Z., Wagner B. (2015) Complexity of diatom response to Lateglacial and Holocene climate and environmental change in ancient, deep and oligotrophic Lake Ohrid (Macedonia/Albania). *Biogeosciences Discuss* 12 : 14343-14375. <https://doi.org/10.5194/bgd-12-14343-2015>

Mots clés : Massif central ; lac d'Issarlès ; maar ; réservoir pour l'hydro-électricité



Session 6 : « *Ecologie et écohydrologie* »



Session 6 : « Ecologie et écohydrologie »

(C) (E) Diversité et distribution des assemblages de diatomées benthiques provenant de divers substrats de la zone intertidale de la région de Sept-Îles (Québec, Canada).

Emilie Arseneault^{1,2}, Reinhard Pienitz^{3,4}, Julie Carrière⁵ et Émilie Saulnier-Talbot^{1,2,3}

¹Québec-Océan, Université Laval, Québec, QC, Canada

²Département de biologie, Université Laval, Québec, QC, Canada

³Département de géographie, Université Laval, Québec, QC, Canada

⁴Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, QC, Canada

⁵INREST, Sept-Îles, Qc, Canada

Les diatomées sont de puissants bioindicateurs environnementaux, mais leur usage demeure restreint dans les milieux marins, incluant les milieux côtiers, qui sont parmi les plus touchés par les changements planétaires. La baie de Sept-Îles (BSI), située dans le Golfe du Saint-Laurent, est le port minéralier le plus important d'Amérique du Nord, exposant son écosystème à plusieurs pressions anthropiques. L'objectif de cette étude est d'approfondir les connaissances sur les préférences autécologiques des diatomées benthiques intertidales de la BSI afin de développer leur usage dans le biosuivi environnemental. Divers substrats (biofilm de roches, bois, plantes submergées, sédiment de surface, coquillages) ont été échantillonnés dans des secteurs d'activités variés, notamment à proximité d'industries ou de zones urbaines et agricoles. Nous avons répertorié un total de 611 espèces sur 14 sites provenant de 11 types de substrats afin de déterminer les associations entre les diatomées et leurs habitats. Les résultats de cette étude suggèrent que la variabilité des assemblages dans la BSI serait le résultat d'une combinaison entre les variables identifiées (température, salinité, conductivité, TDS), expliquant 27% de la variation, ainsi que par des variables non-mesurées. Les nutriments ainsi que l'exposition et l'action des vagues pourraient expliquer les différences entre les assemblages retrouvés à différents endroits. Toutefois, le substrat n'a pas été identifié comme une variable significative dans la majorité des cas.

Mots clés : autécologie ; bioindicateurs ; région côtière ; pressions anthropiques ; port industriel



Session 6 : « Ecologie et écohydrologie »

(C) Amélioration des connaissances sur l'écologie des diatomées vivants dans les sources minérales du Massif central français grâce à l'apport de la géochimie.

Lory-Anne Baker^{1,2,3}, Hélène Celle^{4,5}, Olivier Voltaire^{2,3}, Carlos E. Wetzel⁶, Elisabeth Allain^{2,3}, Luc Ector⁶ †, Vincent Breton^{3,7}, David G. Biron^{1,3} †, Gilles Mailhot^{5,8}, Jean-Luc Devidal^{5,9} et Aude Beauger^{2,3}

¹Université Clermont Auvergne, CNRS, LMGE, F-63000 Clermont-Ferrand, France

²Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, France

³LTSER "Zone Atelier Territoires Uranifères", 63000 Clermont-Ferrand, 63178 Aubière Cedex, France

⁴Université de Bourgogne Franche-Comté, CNRS, UMR 6249 Chrono-Environnement, F-25030 Besançon, France

⁵AUVERWATCH, UMS 833 OPGC, F-63178 Aubière, France

⁶Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) - Environmental Research & Innovation (ERIN) Department, Observatory for Climate, Environment and Biodiversity (OCEB), 41 rue du Brill, 4422 Belvaux - Luxembourg

⁷Université Clermont Auvergne, CNRS/IN2P3, Laboratoire de Physique de Clermont (LPC), UMR6533, Aubière Cedex, France

⁸Université Clermont Auvergne CNRS, UMR 6296 ICCF, F-63178 Aubière, France

⁹Université Clermont-Auvergne, CNRS, UMR 6524 LMV, F-63178 Aubière, France

En lien avec son histoire géologique, de nombreuses sources thermo-minérales sont présentes dans le Massif central. Les caractéristiques physico-chimiques de ces sources (température, minéralisation, teneurs en gaz) résultent à la fois de leur circulation en profondeur et des formations géologiques ou eaux superficielles avec lesquelles elles interagissent lors de leur remontée... Dans les sources minérales, la chaîne trophique étant courte, ce sont les communautés microbiennes qui sont bien représentées et forment un biofilm bien développé. Il est bien connu que les sources minérales abritent une biodiversité diatomique importante et des biocénoses spécifiques (espèces adaptées aux contraintes imposées par ces écosystèmes ; Wojtal 2013, Beauger et al. 2015, 2016, 2020, Lai et al. 2019).

A ce jour, aucune étude n'a porté sur le couplage des origines de l'eau analysée avec les communautés de diatomées que ce soit dans le Massif central ou dans d'autres parties du monde. Pour ce faire, 12 sources minérales ont été étudiées dans le Massif central d'un point de vue géochimique et écologique via les diatomées. L'utilisation de la géochimie permet de caractériser la composition physico-chimique de l'eau des sources mais également d'estimer leur potentiel de mélange avec les eaux de surface ou les modifications engendrées par leur interaction avec des formations géologiques superficielles. Le but de cette étude est de croiser les informations obtenues afin d'analyser la biodiversité et d'améliorer les connaissances sur l'écologie des diatomées. Il apparaît que le faciès géochimique, l'origine de l'eau ainsi que la concentration en TDS (Total Dissolved Solids = matières dissoutes totales) ont une influence sur la composition taxonomique mais pas sur la richesse spécifique, l'indice de Shannon et l'équitabilité ; la température de l'eau n'est pas un paramètre discriminant. Par ailleurs, certaines espèces sont associées à ces paramètres géochimiques. Ainsi *Planothidium frequentissimum* est caractéristique des eaux minérales attestant d'un mélange avec les eaux de surface.



- Références** : Beauger, A., Voldoire, O., Mertens, A., Le Cohu, R. & Van de Vijver, B. (2015) Two new *Navicula* species (Bacillariophyceae) from Western Europe. *Phytotaxa* 230 (2): 172–182. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.230.2.4>
- Beauger, A., Wetzel, C.E., Voldoire, O., Garreau, A. & Ector, L. (2016) *Sellaphora labernardierei* (Sellaphoraceae, Bacillariophyta), a new epilithic species from French spring and four new combinations within the genus *Sellaphora*. *Phytotaxa* 260 (3): 235–246. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.260.3.3>
- Beauger, A., Voldoire, O., Wetzel, C.E., Allain, E., Millan, F., Breton, V., Kolovi, S. & Ector, L. (2020) Biodiversity and ecology of diatoms in mineral springs of the area of Sainte Marguerite (Saint-Maurice-ès-Allier, Massif central, France). *BIOM - Revue scientifique pour la biodiversité du Massif central* 1: 21–34. <https://doi.org/10.18145/biom.v1i1.250>
- Lai, G.G., Beauger, A., Wetzel, C.E., Padedda, B.M., Voldoire, O., Lugliè, A., Allain, E. & Ector, L. (2019) Diversity, ecology and distribution of benthic diatoms in thermo-mineral springs in Auvergne (France) and Sardinia (Italy). *PeerJ* 7: e7238. <https://doi.org/10.7717/peerj.7238>
- Wojtal, A.Z. (2013) Species composition and distribution of diatom assemblages in spring waters from various geological formations in Southern Poland. *Bibliotheca Diatomologica* 59: 1–436 <https://doi.org/10.1080/0269249X.2013.856071>

Mots clés : sources thermo-minérales ; diatomées ; géochimie



Session 6 : « Ecologie et écohydrologie »

(C) Biodiversité diatomique de la Réserve Naturelle Nationale (RNN) de la Vallée de Chaudefour : présence d'espèces inscrites sur la Liste Rouge

Aude Beauger¹, Olivier Voldoire¹, Elisabeth Allain¹, Christelle Blavignac², Carlos E. Wetzel³ et Luc Ector³ †

¹Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, France

²Centre Imagerie Cellulaire Santé, UCA PARTNER, 63000 Clermont-Ferrand, France

³Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) - Environmental Research & Innovation (ERIN) Department, Observatory for Climate, Environment and Biodiversity (OCEB), 41 rue du Brill, 4422 Belvaux - Luxembourg

Dans le Massif central, peu d'études portant sur les diatomées ont été réalisées sur les sources en tête de bassin versant et les sources minérales. Ces milieux fragiles sont particulièrement sensibles aux impacts humains et aux pollutions.

Pour cette étude, nous avons retenu 20 points d'échantillonnage (sources et ruisseaux) dans la Réserve Naturelle Nationale de la Vallée de Chaudefour. Parmi ces sources, nous avons étudié celles qui étaient utilisées par l'ancien établissement thermal (Ste Anne, Simone) et qui sont caractéristiques de remontées thermo-minérales (eau pétillante et ferrugineuse) et celles situées sur la partie la plus haute de la réserve. Les 20 points d'échantillonnage présentent des différences si l'on considère l'altitude, l'origine supposée de l'eau (profonde ou de surface), les impacts agricoles, etc. En juillet et août 2021, les diatomées de ces 20 sources et ruisseaux ont été collectées et la composition physico-chimique de l'eau analysée. Au total, 232 espèces différentes ont été observées. Une espèce nouvelle pour la science (*Gomphosphenia vallei*) a été observée et décrite (Beauger *et al.* 2022). Globalement la qualité de l'eau est bonne à très bonne. Deux espèces sont nouvelles pour le Puy-de-Dôme : *Odontidium hyemale* (Roth) Kützing et *Genkalia digitulus* (Hustedt) Lange-Bertalot & Kulikovskiy. Dans la partie haute de la RNN, les espèces observées sont des espèces typiques de tourbière et d'habitats acides majoritairement oligotrophes à oligo-mésotrophes. Dans la partie basse, les espèces observées indiquent globalement une eau de bonne qualité.

Parmi les espèces observées, 90 espèces inscrites sur la Liste Rouge (Rote Liste) (Hofmann *et al.* 2011), comme *Eunotia hexaglyphis* Ehrenberg et *Iconella delicatissima* (F.W.Lewis) Ruck & Nakov, ont été identifiées révélant un milieu bien préservé. Il apparaît que le nombre d'espèces sur la Liste Rouge augmente quand la conductivité et la concentration en ammonium, calcium, magnésium, nitrates et sodium diminue.

Références : Beauger A., Allain E., Voldoire O., Blavignac C., Rossi S., Wetzel C.E. & Ector L. (2022). *Gomphosphenia vallei* (Bacillariophyta), a new diatom species from a stream in the "Réserve Naturelle Nationale de la Vallée de Chaudefour", Massif Central (France). *Phytotaxa* 542 (2): 167–179.

Hofmann, G., Werum M. & Lange-Bertalot H. 2011. Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. Koeltz Scientific Books 908 p.

Mots clés : biodiversité ; liste rouge ; physico-chimie ; réserve naturelle



Session 6 : « Ecologie et écohydrologie »

(C) (E) Influence relative des processus locaux et régionaux sur la diversité des communautés de diatomées des sources thermo-minérales

Pierre Gosseume^{1,2}, Aude Beauger¹, Olivier Voltaire¹, Elisabeth Allain¹ et Aurélien Jamoneau²

¹ Université Clermont Auvergne, CNRS, LMGE, F-63000 Clermont-Ferrand, France

² INRAE, EABX. 50 avenue de Verdun 33612 Cestas Cedex, France

Les sources thermo-minérales du Massif central sont des écosystèmes particuliers aux conditions physico-chimiques considérées comme extrêmes et qui hébergent des communautés de diatomées spécifiques. Ces sources, plus ou moins isolées les unes des autres, ont des caractéristiques géochimiques variées dépendant notamment de leurs origines géologiques. Les communautés de diatomées benthiques sont reconnues comme étant fortement influencées par les conditions environnementales mais aussi par des processus régionaux liés à la dispersion des espèces. Dans cette étude, nous avons cherché à comprendre l'influence des facteurs physiques, chimiques et spatiaux sur l'assemblage des espèces de diatomées de 54 sources du département du Puy-de-Dôme.

Les sources pouvant être considérées comme des îles dans une matrice agricole nous avons testé la théorie de la biogéographie insulaire en quantifiant la relation aire-espèce. L'influence de 22 variables physico-chimiques sur la diversité locale (richesse spécifique, indice de Shannon et Piélou) a également été testée. L'influence relative de la variation environnementale et spatiale sur la diversité β a été étudiée en utilisant des tests de Mantel. Enfin, la composition des communautés de diatomées a été examinée avec une NMDS, et une partition de variance a été réalisée afin d'établir l'importance relative des variables chimiques, physiques et spatiales.

Nos résultats montrent l'absence d'une relation aire-espèce dans les communautés de diatomées des sources thermo-minérales d'Auvergne. Parallèlement, la diversité β n'apparaît pas significativement associée à un gradient de distance géographique. Les composantes chimiques et physiques montrent quant à elles des relations significatives avec la richesse spécifique et une importance primordiale dans la structuration des communautés.

En conclusion, les diatomées des sources thermo-minérales ne semblent pas répondre aux patrons caractéristiques de la théorie de la biogéographie insulaire et l'importance des facteurs physico-chimiques parfois extrêmes et hétérogènes des sources semble prévaloir sur les facteurs spatiaux dans la structuration des communautés.

Mots clés : biogéographie ; Massif central ; sources thermo-minérales ; relation aire-espèce ; distance-decay ; diatomées ; diversité alpha ; diversité bêta.



Session 6 : « Ecologie et écohydrologie »

(C) Etude des interactions diatomées/bactéries attachées dans un environnement particulier représenté par les sources minérales naturellement radioactives.

Clarisse Mallet¹, Lory-Anne Baker¹⁻², Aude Beauger², Hermine Billard¹, David Biron†¹, Vincent Breton³, Patrick Chardon³, Guillaume Holub⁴, Anne-Hélène Lejeune¹.

¹Université Clermont Auvergne, CNRS, LMGE, F-63000 Clermont–Ferrand, France

²Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, France

³Université Clermont-Auvergne, CNRS, LPC Clermont, F-63000 Clermont-Ferrand, France

⁴Université Bordeaux, CNRS, LP2I Bordeaux, UMR5797, F- 33170 Gradignan, France

La vie sur la terre a évolué dans des écosystèmes présentant différents niveaux de radiations naturelles (RN) et la radioactivité fait partie des sources d'énergie privilégiées pour la chimie prébiotique nécessaire à son apparition. Il existe aujourd'hui des milieux où la radioactivité est beaucoup plus élevée de façon naturelle et chronique, et où les rayonnements ionisants naturels peuvent être un « driver abiotique » impactant la diversité et la structuration des communautés microbiennes. C'est le cas des sources minérales radioactives, écosystèmes insulaires dont les conditions ont très peu évolué au cours des siècles passés, offrant ainsi une fenêtre exceptionnelle sur l'histoire de la vie sur terre. Certaines sources minérales sont caractérisées par des niveaux de radioactivité naturelle significatifs, liés à l'origine profonde des eaux remontant à la surface. Les communautés microbiennes associées à ces sources sont souvent uniques, adaptées aux contraintes imposées par ces écosystèmes et, avec des traits et des patrons de distribution très spécifiques. De nouvelles espèces ont pu être mises en évidence ainsi que des formes tératologiques (i.e. forme anormale) dans les sources les plus radioactives. Ces déformations, témoignant cependant d'une réponse à un stress important, ne sont rencontrées que chez certains individus notamment de l'espèce *Planothidium frequentissimum*.

Dans le but de mieux comprendre la structuration de ces populations de diatomées sensibles et non sensibles à la radioactivité, dans ces environnements extrêmes, nous nous sommes intéressés aux interactions qui existent entre les diatomées et les bactéries qui les entourent (phycosphère) et dont la cohabitation peut avoir des répercussions bénéfiques pour les diatomées. En effet les bactéries peuvent influencer directement, par leur métabolisme, sur les teneurs, la spéciation et la biodisponibilité des radioéléments présents, ou indirectement sur leur résistance, tolérance des diatomées. Les ADN 16S des fractions bactériennes « attachées » à *Planothidium frequentissimum* et « libres » de la source des Salins, ont été extraits afin d'analyser et de comparer les diversités 1) structurale (métabarcoding, NGS IlluminaMiSeq) des bactéries attachées, aux diatomées « normales » ou déformées, à celles des bactéries libres et 2) fonctionnelle (métagénomique Illumina NovaSeq SP) des bactéries attachées. Nous pourrions ainsi mettre en évidence les populations bactériennes attachées qui pourraient jouer un rôle capital dans l'adaptation des diatomées à ces environnements radioactifs et ainsi mieux comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes. Ces résultats seront par la suite confrontés aux résultats des mesures des radionucléides potentiellement adsorbés, intégrés dans les frustules de ces diatomées.

Mots clés : phycosphère ; interactions diatomées – bactéries ; radiations naturelles



Session 6 : « Ecologie et écohydrologie »

(C) Composition et dynamique du peuplement diatomique des baies de la Lagune Ebrié (Sud-est, Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest)

Mireille Netto Seu-Anoi

Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Aquatique (LEBA) 02 BP 801 Abidjan 02 - Côte d'Ivoire

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet « Projet-SUD MARBEC », initié par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) en partenariat avec Center for Marine Biodiversity, Exploitation and Conservation (MARBEC) de l'Université de Montpellier et en collaboration avec le Laboratoire l'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA) de l'Université Nangui Abrogoua (UNA). Elle se propose de caractériser les communautés phytoplanctoniques des différentes baies de la lagune Ebrié afin d'évaluer la réponse de ces algues à l'enrichissement du milieu en matières organiques. Sur ces baies, treize stations ont été retenues en fonction des zones soumises à l'influence des cours d'eau alimentant la lagune, des zones riches en matière organique et des zones soumises à des pressions anthropiques. La microflore algale a été récoltée pendant une campagne à l'aide d'un filet à plancton et d'une bouteille hydrologique le 12 septembre 2018. Les résultats ont permis d'identifier 24 taxons dont 13 pénales et 11 centrales, répartis-en 16 genres. Les genres les plus diversifiés étaient *Pinnularia* pour les formes pénales et *Actinoptychus* pour les formes centrales. Les stations E2 (8 taxons), E24 (8 taxons), E4 (7 taxons) et E10 (7 taxons) sont les plus diversifiées. Les résultats de l'abondance indiquent une dominance de l'ordre des pénales (15495 cell/L) par peu d'espèces (*Skeletonema* sp., *Pinnularia* sp. et *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg) présentent dans les eaux dont la perturbation est étroitement liée à la charge organique. Par ailleurs, la variation spatiale des diatomées montre une densité élevée dans les stations E14 et E16 (représentant la baie du Banco) et à la station E4 (baie de koumassi).

Mots clés : Taxonomie diatomique ; dynamique ; qualité de l'eau ; Baies ; Afrique de l'Ouest



Session 7 : « *Qualité de l'eau, indices et bioindicateurs* »



Session 7 : « Qualité de l'eau, indices et bioindicateurs »

(P) Atlas des diatomées des plans d'eau français

Rémy Chavaux¹, Carlos E. Wetzel², Gaëlle Guiglion¹ et les diatomistes des Directions régionales de l'OFB³

¹Office français de la biodiversité, Direction régionale Auvergne Rhône-Alpes, Chemin des chasseurs, 69500 Bron, France

²Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Environmental Research & Innovation (ERIN), Department, Observatory for Climate, Environment and Biodiversity (OCEB), 41 rue du Brill, L-4422 Belvaux, Grand-Duché du Luxembourg

³Directions régionales de l'Office français de la biodiversité

Dans le cadre de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE), les plans d'eau doivent être étudiés au même titre que les cours d'eau. Or il n'y avait jusqu'à présent aucun indicateur diatomées français pour ces masses d'eau.

De 2015 à 2017, une campagne exceptionnelle de prélèvements de diatomées a été mise en œuvre sur 91 plans d'eau français afin de collecter les données nécessaires à l'élaboration d'un indice biologique adapté à ces milieux. Celle-ci a été complétée par d'autres plans d'eau échantillonnés depuis dans le cadre de leur suivi. L'INRAE (l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement), en charge de la construction de ce nouvel indicateur, s'appuie sur les listes floristiques établies par les bureaux d'études et les laboratoires des DREALs (directions régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) intervenants sur ces plans d'eau pour le compte des Agences de l'eau. Pour accompagner ce projet et permettre la production de listes taxonomiques fiables et uniformisées, les opérateurs des DREALs, désormais rattachés à l'OFB (Office français de la biodiversité), proposent la diffusion d'un atlas des diatomées des plans d'eau. Ce document illustre des taxons fréquents parmi les inventaires établis depuis le démarrage des échantillonnages, ainsi que des espèces remarquables caractéristiques des milieux lacustres. Les identifications réalisées par les DREALs ont été confirmées par les experts du Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) lors des sessions de formation. Actuellement, plus de 200 espèces sont illustrées au travers de fiches contenant des planches photographiques en microscopie optique et également pour la plupart en microscopie électronique. Des échantillons provenant de 30 plans d'eau ont été utilisés pour l'élaboration de cet atlas qui sera une aide à la détermination des diatomées à destination des opérateurs en charge du suivi réglementaire de la qualité des plans d'eau au titre de la DCE.

Mots clés : atlas ; plans d'eau ; DCE



Session 7 : « Qualité de l'eau, indices et bioindicateurs »

(C) Elaboration et transfert opérationnel d'un nouvel indice diatomique (l'IDGF) pour l'évaluation de l'Etat Ecologique des cours d'eau de Guyane

François Delmas¹, Anne Eulin-Garrigue², David Carayon³, Sébastien Boutry¹, Julie Guéguen⁴, Julian Frédérick², Régis Vigouroux² et Michel Coste⁵

¹INRAE / UR EABX / Equipe ECOVEA, 50 avenue de Verdun – 33612 CESTAS, FR.

²HYDRECO / Laboratoire Environnement, 12 Avenue Gustave Eiffel - ZI Pariacabo, B.P. 823 - 97310 KOUROU – GUYANE

³INRAE / UR ETTIS / Equipe EADT, 50 avenue de Verdun – 33612 CESTAS, France

⁴OFB / UDAM, 12 Cours Louis Lumière, 94300 VINCENNES, France

⁵Directeur de Recherche Emérite (ex – Irstea), 41 Allée de Maguiche, Gazinet – 33610 CESTAS, France

Dans le cadre d'application de la DCE (*JOCE, Octobre 2000*), l'évaluation de l'état écologique des cours d'eau de Guyane doit être mise en œuvre dans les meilleurs délais possibles. Cependant, les DOM Français (territoires ultramarins) sont dotés de conditions géo-climatiques bien spécifiques et de cortèges biologiques encore relativement méconnus de la science. Aussi, cette mise en œuvre y a été plus difficile et plus tardive qu'en métropole. Sur le maillon diatomique des cours d'eau, un premier dispositif provisoire d'évaluation basé sur l'IPS "adapté Guyane" a été proposé puis officialisé via l'Arrêté Evaluation du 27-07-2015 publié au JORF. Cependant, les profils indiciels spécifiques de l'IPS, calculés à partir de données d'origine mondiale, peuvent se trouver en décalage par rapport aux conditions biogéographiques locales. Par ailleurs, une utilisation trop fréquente de profils moyens au genre, qui intervient automatiquement pour toute espèce encore inconnue de la science et codée sous numéro (soit pour environ 2/3 des espèces indicielles locales), conduisait à une évaluation d'état écologique sensiblement perfectible. Aussi, avec le concours financier de l'OFB et le soutien des partenaires institutionnels locaux (Office de l'Eau Guyane, DGTM), le consortium HYDRECO Guyane - INRAE a été chargé de mettre au point, à partir des jeux de données acquis localement (2008 à 2017), un nouvel indice diatomique bien adapté aux conditions locales. La formulation définitive de l'IDGF (Indice Diatomique de Guyane Française) a donné lieu à l'édition d'un rapport final / V2 restitué en Avril 2019. Une nouvelle fiche-action partenariale INRAE-OFB (2019-2022) a pris la suite, dont le but était de soutenir différentes réalisations venant accompagner le transfert du nouvel IDGF vers le domaine opérationnel (*i.e.* utilisation en routine de cet outil dans le cadre des réseaux institutionnels de surveillance).

La présente communication rappelle tout d'abord les principes d'élaboration, le fonctionnement et les résultats d'évaluation diatomique obtenus par l'IDGF, nouvel indice diatomique de type multimétrique s'appuyant sur la composition des assemblages diatomiques au niveau spécifique. Ensuite, elle présente les différents produits de transfert qui ont été élaborés dans le cadre de la Fiche-Action INRAE-OFB, à l'usage des services gestionnaires et des utilisateurs finaux. Enfin, elle évoque certains verrous actuels susceptibles de gêner le transfert effectif de cet outil et dresse quelques perspectives d'avenir.

Mots clés : diatomées benthiques ; cours d'eau ; Guyane Française ; IDGF ; évaluation diatomique ; état écologique ; transfert opérationnel



Session 7 : « Qualité de l'eau, indices et bioindicateurs »

(P) (E) Réponses des communautés de diatomées benthiques aux utilisations des terres adjacentes dans le bassin versant de la rivière Kinzig en Allemagne

Serge Albert Ntambwe Mayombo¹, Andrea M. Burfeid-Castellanos¹, Michael Kloster¹, Danijela Vidakovic¹ et Bánk Beszteri¹

¹Phycologie, Faculté de Biologie, Université de Duisburg-Essen, 45141 Essen, Allemagne

La rivière Kinzig et ses affluents coulent dans des zones rurales et urbaines situées le long de chaîne de montagnes basses au sud-ouest de l'Allemagne. Ce système fluvial est encore beaucoup moins impacté par les facteurs de stress anthropiques, contrairement aux réseaux récemment renaturés de la rivière Boye qui ont longtemps été utilisés comme canal d'égout à ciel ouvert. Bien qu'une multitude de données écologiques aient été recueillies dans ce bassin versant, notre connaissance de la composition des communautés de diatomées dans ce réseau fluvial par ailleurs bien étudié est encore très limitée. Les diatomées forment le groupe de microalgues benthiques le mieux étudié qui habite pratiquement tous les écosystèmes aquatiques. Puisqu'ils réagissent rapidement aux facteurs de stress anthropiques, ils sont depuis longtemps utilisés comme bioindicateurs dans l'évaluation de la qualité de l'eau dans le monde entier. Ici, nous avons cherché à caractériser les réponses fonctionnelles et de composition de communautés des diatomées à l'utilisation des terres adjacentes et à la couverture terrestre (LULC), en nous servant de la microscopie numérique, du séquençage d'ADN à haut débit et des mesures de traits fonctionnels. Nous avons établi 20 sites d'échantillonnage avec différents LULC adjacents (milieu rural et urbain) dans ce bassin versant, qui sont échantillonnés au fil des années. Jusque-là, nous avons les échantillons du printemps 2021 et 2022. Les premiers résultats de cette étude, toujours en cours, n'ont montré aucune différence significative de la biomasse des diatomées en sites ruraux et urbains comme le révèlent les mesures de fluorescence de la chlorophylle réalisées lors de la campagne de prélèvement des échantillons du printemps 2021 (ANOVA $p > 0,05$). Cependant, les données sur l'abondance des diatomées recueillies par analyse microscopique numérique à l'aide de Biigle 2.0, ont indiqué que la richesse en espèces était légèrement plus élevée dans les sites entourés de terres rurales que dans les zones urbaines (ANOVA $p = 0,04$). Les taxons les plus dominants dans les sites ruraux et urbains étaient *Achnanthydium minutissimum*, *Amphora pediculus*, *Navicula gregaria*, *Navicula lanceolata* et *Nitzschia dissipata*. Les résultats de cette enquête constitueront une contribution significative à la richesse des données écologiques déjà disponibles pour ce système fluvial.

Mots clés : diatomées benthiques ; bioindicateurs ; *Navicula lanceolata* ; *Achnanthydium minutissimum* ; abondance relative ; Rivière Kinzig ; CRC RESIST



Session 7 : « Qualité de l'eau, indices et bioindicateurs »

(C) Développement d'une approche collaborative pour la collecte et l'analyse des images de diatomées d'eau douce : le cas des tératologies

Iane Vallanzasca¹, Martin Laviale^{2,3}, Cyril Regan⁴, David Heudre⁵, Carlos E Wetzel⁶, Philippe Usseglio-Polatera², Jérémy Fix⁷, Cédric Pradalier^{3,8}, Eric Quinton¹, Sébastien Boutry¹ et Soizic Morin¹

¹INRAE, UR EABX, Cestas, France

²Université de Lorraine, CNRS, LIEC, F-57000, Metz, France

³LTSER-Zone Atelier Moselle, F-57000 Metz, France

⁴Université de Lorraine, CNRS, LORIA, F-54000, Nancy France

⁵Université de Lorraine, Centrale Supélec, CNRS, LORIA, F-57000, Metz, France

⁶DREAL Grand Est, Metz, France

⁷Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), L-4422 Belvaux, Luxembourg

⁸Georgia Tech Lorraine, CNRS IRL 2958, F-57070 Metz, France

L'Indice Biologique Diatomées (IBD), indicateur réglementaire en France pour l'évaluation de la qualité écologique des cours d'eau, prend en compte la proportion de diatomées déformées dont le profil de probabilité de présence est indicateur de stress. Pourtant, ce critère sensible dans l'IBD est insuffisamment renseigné, en particulier parce que les opérateurs sont confrontés à un problème de subjectivité dans l'attribution du caractère tératologique à une diatomée quand la déformation est subtile.

Afin de documenter les tératologies les plus communes et améliorer leur prise en compte, nous mettons en place un recueil iconographique des déformations observées sur le territoire. Ce recueil, sous la forme d'une interface web collaborative, sera alimenté par les opérateurs de la surveillance afin d'acquérir une large base d'images de tératologies. Cette base de données permettra d'illustrer la diversité spécifique, ou au contraire la stabilité, des types de déformations rencontrés pour les espèces métropolitaines, et fournira ainsi une aide à la détermination du statut tératologique ou non. A plus long terme, les images collectées permettront de développer une approche d'analyse d'images automatisée pour évaluer l'intensité des déformations.

Cette présentation vise à illustrer le fonctionnement de cette interface, sous forme de maquette, en présentant notamment le type de données à renseigner par les utilisateurs ainsi que la manière dont elles seront collectées. Elle a vocation à recueillir des retours et besoins utilisateurs qui serviront par la suite au développement de l'interface. Cette présentation abordera également un objectif à plus long terme au-delà de ce projet, qui est de généraliser ce type d'approche pour faciliter l'étude de la morphologie des diatomées.

Mots clés : base d'images ; tératologie ; types de déformations



Session 7 : « Qualité de l'eau, indices et bioindicateurs »

(C) Utilisation du métabarcoding ADN diatomées comme outils de bioindication et de conservation des milieux aquatiques : application au réseau de sites « Rivières Sauvages »

Valentin Vasselon¹, Mélanie Taquet², Denis Caudron² et Arnaud Caudron¹

¹Scimabio-Interface, 74200 Thonon, France

²Association du Réseau des « Sites rivières sauvages », 74150 Rumilly, France

Les approches utilisant l'ADN environnemental se sont fortement développées pour permettre le suivi des communautés biologiques vivant dans les milieux aquatiques. Le métabarcoding ADN permet d'inventorier l'ensemble des espèces retrouvées dans un échantillon environnemental (biofilm, eau, sédiments...) grâce au séquençage de courtes séquences génétiques ou barcodes ADN. Appliquée aux communautés benthiques de diatomées en rivière, cette approche permet de dresser des inventaires taxonomiques suffisamment précis et robustes pour calculer des indices d'état écologique (IBD, IPS). Si les développements se poursuivent pour évaluer la complémentarité avec les approches en microscopie et l'opérationnalité lors de suivis de routine pour la bioindication (DCE), les données obtenues en métabarcoding offrent une grande diversité d'informations encore sous-exploitées pouvant servir d'appui à la gestion et à la conservation des rivières.

Le label « site rivières sauvages » a pour objectif d'améliorer la protection et la conservation des rivières qui présentent un bon fonctionnement écologique et sont le plus proche possible d'un état naturel. Les suivis réglementaires (e.g. DCE) n'étant pas assez résolutifs pour ces milieux, le label intègre 47 critères non réglementaires assez stricts (hydromorphologie, habitat, biodiversité, espèces remarquables...) avec actuellement 33 rivières labellisées sur le territoire. C'est dans ce contexte qu'une étude utilisant le métabarcoding ADN diatomée a été réalisée sur 23 rivières du réseau, intégrant 160 stations suivies en 2020 et 2021. Les objectifs étaient : i) d'inventorier les espèces de diatomées et de caractériser la structure des communautés dans ces cours d'eau généralement peu étudiés ; ii) évaluer l'opérationnalité de l'approche en termes de bioindication ; iii) tester de nouvelles métriques génétiques et taxonomies adaptées à la conservation des cours d'eau sauvages.

Les résultats obtenus lors de cette étude ont permis d'acquérir de nombreuses informations à l'échelle de chaque territoire en termes de particularités locales (variants génétiques, taxons à enjeu), de suivi écologique en lien avec les caractéristiques du milieu (guilde écologique, classe de pH) ou encore le suivi de pressions locales (IBD, structures de communautés). Le couplage de ces données avec celles obtenues sur le territoire ont aussi permis de mettre en avant des problématiques comme la présence d'espèces invasives (*Didymosphenia geminata*, *Achnanthydium delmontii*) ou encore la présence de secteurs de cours d'eau intermittents. Bien que des développements soient encore nécessaire, les informations obtenues permettent de se projeter sur des questions de conservation adaptées au réseau « Rivières Sauvages » avec la possibilité de continuer les suivis sur une sélection de stations dites « sentinelles ».

Mots clés : Métabarcoding ; ADN ; Bioindication ; Conservation ; Rivières sauvages



Liste des auteurs

ALLAIN Elisabeth	36, 49, 56, 58, 62, 64, 65	DELAYGUES Gilles	31
ANGELI Nicola	17	DELMAS Francois	70
ANGIA SRIRAM Pradeep	49	DEVIDAL Jean-Luc	62
ARNAUD Elena	17	DEVIN Simon	38
ARRICAU Victor	57	DONNADIEU Franck	49
ARSENEAULT Emilie	61	DUPERRAY Joël	42
BAILLARD Vincent	40	ECTOR Luc†	20, 36, 56, 62, 64
BAILLY Céline	36	EJARQUE Ana	49
BAKER Lory-Anne	36, 49, 62, 66	El KHOLY Fathi	21
BALDONI-ANDREY Patrick	39	EULIN-GARRIGUE Anne	70
BEAUGER Aude	36, 49, 56, 57, 58, 62, 64, 65, 66	FAUSTINO Samantha	26
BECERRA Sylvia	56	FELTEN Vincent	38
BEN KHELIFA Leila	51	FIGUS Cécile	52, 54
BERTHON Vincent	58	FIX Jérémy	72
BESZTERI Bánk	71	FLOQUET Clément	49, 56
BICUDO Denise B.	26	FORTIN Claude	39
BILLARD Hermine	66	FREDERICK Julian	70
BILLOIR Elise	40	GALBIATI Matteo	17
BIRON David G.†	36, 49, 62, 66	GASSIOLE Gilles	18
BLAVIGNAC Christelle	64	GELBER Clémentine	39
BOUCHEZ Agnès	30, 36	GIELLY Ludovic	31
BOULETREAUX Stéphanie	40	GLADENKOV Andrey Yu.	54
BOUTRY Sébastien	70, 72	GOEYERS Charlotte	19, 35
BOYER Frédéric	31	GONINDARD Christelle	31
BRETON Vincent	36, 49, 56, 62, 66	GOSSEAUME Pierre	65
BURFEID-CASTELLANOS Andrea M.	71	GUEGUEN Julie	70
CANTONATI Marco	17	GUIGLION Gaëlle	69
CARAYON David	70	GURIEFF Nicholas B.	39
CARRIÈRE Julie	61	HAMON Huyèn Phong	38
CAUDRON Arnaud	73	HEUDRE David	20, 38, 72
CAUDRON Denis	73	HOLUB Guillaume	66
CELLE Hélène	62	HU Hanhua	43
CHALIE Françoise	52	HÉRAULT Josiane	41
CHAPRON Emmanuel	57	JACAS Louis	30
CHARDON Cécile	36	JAMONEAU Aurélien	65
CHARDON Patrick	35, 49, 56, 66	KASSIBA Abdelhadi	47
CHASSIOT Léo	57	KLOSTER Michael	71
CHAVAUUX Rémy	69	KOLOVI Sofia	36, 49
CHERON Sarah	38	LANGE-BERTALOT Horst	17, 22
COLAS Simon	39	LAVIALE Martin	38, 40, 72
COLOMBET Jonathan	36, 49	LE FAUCHEUR Séverine	39
COSTE Michel	70	LEFLAIVE Joséphine	40
COURCOUL Camille	40	LEJEUNE Anne-Hélène	66
DEFIVE Emmanuelle	49, 56, 58	LEHMKUHL Elton Augusto	26



LE ROUX Romuald	45	ROUX Sylvain	45
LEVKOV Zlatko	20	SABATIER Pierre	31
LIONNET Clément	31	SABBAN Jules	30
LOPEZ-ROQUES Céline	30	SAULNIER-TALBOT Émilie	61
LOT Marie-Claire	39	SCARSINI Matteo	41, 42, 43, 45, 47
MAILHOT Gilles	62	SCHOEFS Benoît	41, 42, 43, 45, 47
MALLET Clarisse	66	SCHUSTER Tanja M.	24
MARCEL Rémy	30	SERIEYSSOL Karen K.	57
MARCHAND Justine	41, 42, 43, 45, 47	SEU-ANOI Netto Mireille	67
MARIE Benjamin	39	SIVER Peter	54
MARQUARDT Gisele	26	SORÓCZKI-PINTÉR Éva	17
MARTINEZ Clara	38	SUBRAMANIAM Velumani	47
MAYOMBO Serge Ntambwe Albert	71	SYLVESTRE Florence	52
MIALLIER Didier	36	TAHRI Anaïs	58
MILHE-POUTINGON Mathieu	39	TAQUET Mélanie	73
MIMOUNI Virginie	42	THOMAS Christeena Theresa	47
MIRAS Yannick	57	ULMANN Lionel	41
MONNIER Olivier	18	USSEGLIO-POLATERA Philippe	38, 72
MONTAYON Gilles	36	VALLANZASCA Iane	72
MORAIS Krysna	26	VAN DE VIJVER Bart	19, 22, 24, 25, 27, 35
MOREAU Laura	20	VANDECASTEELE Céline	30
MORIN Soizic	11, 39, 72	VASSELON Valentin	30, 36, 73
MOUNIER Emmanuelle	42	VEIDL Brigitte	42, 43, 45, 47
MURISON Victor	41	VENKATARAMANAN Aishwarya	38
ORESHKINA Tatyana V.	54	VERCHAIN Michel	45
ÖZEN Volkan	54	VIDAKOVIC Danijela	71
PAILLES Christine	31	VIGOUROUX Régis	70
PETIT Coralline	42	VINAYAK Vandana	43
PIENITZ Reinhard	61	VOLDOIRE Olivier	36, 49, 56, 58, 62, 64, 65
PRADALIER Cédric	38, 72	WETZEL Carlos E.	14, 20, 25, 26, 27, 36, 38, 56, 62, 64, 69, 72
QUINTON Eric	72	WILLIAMS David M.	24
RAVETON Muriel	31	WITKOWSKI Jakub	54
RAYNAL Jean-Paul	58		
REGAN Cyril	72		
RENAUDIE Johan	54		
REYNAUD Stephane	31		
RIMET Frédéric	18, 30, 36		
RIOUAL Patrick	12, 23		
ROUBEIX Vincent	52		



Liste des participants

ALLAIN	Elisabeth	elisabeth.allain@uca.fr
ARSENEAULT	Emilie	emilie.arseneault.3@ulaval.ca
BAKER	Lory-Anne	l-anne.baker@doctorant.uca.fr
BEAUGER	Aude	aude.beauger@uca.fr
BEN KHELIFA	Leila	benkhelifa.leila@gmail.com
BOULIER	Isabelle	isabelle.boulier@developpment-durable.gouv.fr
BRETIGNY	Alexia	alexia.bretigny@developpment-durable.gouv.fr
CEJUDO FIGUEIRAS	Cristina	ccejfig@gmail.com
CHALIE	Françoise	chalie@cerege.fr
CHAVAUX	Rémy	remy.chavaux@developpment-durable.gouv.fr
COULON	Sylvain	sylvaincoulonsco@gmail.com
DALIBARD	Lucie	lucie.dalibard@developpment-durable.gouv.fr
DAVIAUD	Claire	claire.daviaud@developpment-durable.gouv.fr
DECOBERT	Michel	mfrancoise.chalie@laposte.net
DELMAS	François	francois.delmas@inrae.fr
DUTILLEUL	Jean-Paul	jeanpaul.dutilleul@spw.wallonie.be
EI KHOLY	Fathi	fathi.elkholy@milexia.com (MILEXIA)
EULIN-GARRIGUE	Anne	anne.eulin-garrigue@hydrecolab.com
FAYT	Guillaume	gfayt7@hotmail.com
FIGUS	Cécile	cecile.figus@gmail.com
FLOQUET	Clément	clement.floquet23@gmail.com
GISSET	Christelle	christelle.gisset@aquabio-conseil.com
GOEYERS	Charlotte	goeyers.charlotte@hotmail.com
GOSSEAUME	Pierre	pierre.gosseume@etu.uca.fr
GUERINEAU	Maxime	maxime.guerineau@milexia.com (MILEXIA)
GUIGLION	Gaëlle	gaelle.guiglion@developpment-durable.gouv.fr
JACOBSEN	Henrik	hjacobsen75@gmail.com
HEYDARIZADEH	Parisa	parisa_ht@yahoo.com
HEUDRE	David	david.HEUDRE@developpment-durable.gouv.fr
HORN	Michel	michel.horn@gmail.com
JAMONEAU	Aurélien	aurelien.jamoneau@inrae.fr
LAMBERT	Amandine	amandine.lambert@developpment-durable.gouv.fr
LANCON	Anne-Marie	lancon@bieau.fr
LANGE-BERTALOT	Horst	
LASLANDES	Bérengère	berengere.laslandes@ecoma-scop.fr
LAVIALE	Martin	martin.laviale@univ-lorraine.fr
LIGER	Marie-Aude	marie-aude.liger@aquascop.fr
MALLET	Clarisse	clarisse.mallet@uca.fr
MARCEL	Rémy	remy.marcel@aquabio-conseil.com
MARQUIE	Julien	julien.marquie@sage-environnement.fr
MAYOMBO	Serge	ntambwe.mayombo@uni-due.de
MONNIER	Olivier	olivier.monnier@ofb.gouv.fr
MOREAU	Laura	laura.moreau@developpment-durable.gouv.fr
MORIN	Soizic	soizic.morin@inrae.fr
MSAAF	Maryse	maryse.msAAF@spw.wallonie.be
MURISON	Victor	victor.murison@univ-lemans.fr
PAILLES	Christine	pailles@cerege.fr
PEETERS	Valérie	valerie.peeters@developpment-durable.gouv.fr
PERES	Florence	florence.peres@artemis.ovh



PONTON	Etienne	etienneponton@gmail.com
QUINIOU	Servanne	servanne.quiniou@developpment-durable.gouv.fr
RIOUAL	Patrick	prioual@mail.iggcas.ac.cn
SCHOEFS	Benoît	benoit.schoefs@ univ-lemans.fr
SERIEYSSOL	Karen K.	karenkserieyssol@aol.com
SEU-ANOI	Netto Mireille	maevamaeyalima@gmail.com
SOROCZKI-PINTER	Éva	Eva.soróczykiPintér@etfr.euofins.com
TAHRI	Anaïs	colleentahri@gmail.com
VALLANZASCA	Iane	iane.vallanzasca@inrae.fr
VAN DE VIJVER	Bart	bart.vandevijver@plantentuinmeise.be
VASSELON	Valentin	valentin.vasselon@scimabio-interface.fr
VIZINET	Jessica	jessica.vizinet@aquascop.fr
VOUTERS	Jean-Marc	jean-marc.vouters@ developpment-durable.gouv.fr
WETZEL	Carlos E.	carlos.wetzel@list.lu



