



HAL
open science

Biodiversité et vulnérabilité des communautés de diatomées benthiques en milieu lotique

Juliette Tison-Rosebery

► **To cite this version:**

Juliette Tison-Rosebery. Biodiversité et vulnérabilité des communautés de diatomées benthiques en milieu lotique. Sciences de l'environnement. 2015. tel-02601998

HAL Id: tel-02601998

<https://hal.inrae.fr/tel-02601998>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HABILITATION A DIRIGER LES RECHERCHES

École Doctorale Sciences et Environnements
Université Bordeaux (ED N°304)

**Biodiversité et vulnérabilité des communautés
de diatomées benthiques en milieu lotique**

Juliette TISON-ROSEBERY

Soutenue le 12 janvier 2015 devant le jury composé de :

Didier ALARD , Professeur, UMR 1202 INRA –BIOGECO	Rapporteur
Jacques HAURY , Professeur, Agrocampus Ouest	Rapporteur
Sergi SABATER , Professeur, Université de Girona	Rapporteur
Frédéric GARABETIAN , Professeur, UMR 5805 CNRS-EPOC	Examineur
Jean-Pierre REBILLARD , Chef de Service Agence de l'Eau AG	Examineur

Iristea – Groupement de Bordeaux

50 avenue de Verdun

33612 Cestas cedex

Thème de recherche BELCA

UR Ecosystèmes Aquatiques, Changements Globaux (EABX)

Equipe Contaminants Anthropiques et Réponses des Milieux Aquatiques

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	3
1. CURRICULUM VITAE	4
1.1 Formation initiale et diplômante	4
1.2 Formation par la recherche et expériences professionnelles	4
1.3 Domaines de compétence	5
1.4 Participation à des programmes de recherche	5
1.5 Participation à l'animation de groupes d'experts	5
1.6 Participation à l'animation scientifique au sein d'Irtstea	6
1.7 Activités d'encadrement, d'enseignement et de formation	6
2. BILAN SYNTHETIQUE DE L'ACTIVITE, PERSPECTIVES	8
2.1 Positionnement général, thématique de recherche	8
2.2 Activités scientifiques	10
2.2.1 Mieux maîtriser l'effet-filtre des conditions environnementales ; Proposition d'outils d'évaluation et de diagnostics affinés	10
2.2.1a Etude de la variabilité naturelle des communautés	10
2.2.1b Prise en compte des interactions entre paramètres environnementaux	14
2.2.1c D'un point de vue fonctionnel	16
2.2.2 Rôle des facteurs biotiques et de la dispersion dans le déterminisme des communautés locales	18
2.2.2a Relations interspécifiques au sein du biofilm	18
2.2.2b Patrons de répartition spatiale et dispersion neutre	20
2.3 Perspectives de recherche et d'animation scientifique	24
2.3.1 Biodiversité et vulnérabilité : l'apport du concept de dispersion géographique	24
2.3.1a Etude approfondie du concept de nestedness	24
2.3.1b La sensibilité des espèces à la dispersion neutre est-elle quantifiable ? Quels impacts sur les méthodes de bioindication actuelles ?	26
2.3.1c Dispersion neutre et modélisation des modifications d'aires de répartition dans le cadre du changement global	26
2.3.2 Approche multimaillons des relations biotiques	27
3. INFORMATIONS DETAILLEES COMPLEMENTAIRES	36
3.1 Publications, ouvrages et chapitres d'ouvrages	36
3.2 Activités d'études, d'expertises et de valorisation, nationales et internationales, en direction du monde socio-économique et des pouvoirs publics	38
–expertise	38
–activités d'appui à la décision publique	39
3.3 Colloques, congrès, séminaires	41

Etre chercheur à Irstea revêt une particularité qu'il est important de signaler en introduction de ce document : de nos recherches scientifiques doivent directement découler des solutions opérationnelles face aux grands problèmes sociétaux (changement global, pollutions, biodiversité). Notre activité se traduit donc en publications scientifiques, mais également en méthodes, rapports techniques et normes venant en appui à la décision publique. Ainsi la mise en place de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et sa déclinaison en outils opérationnels de surveillance de la qualité des masses d'eau a énormément sollicité mon équipe ces dix dernières années. Si j'ai tenté d'orienter ce document vers les résultats issus de mon activité de recherche, l'expertise et l'appui aux politiques publiques représente une part importante de mon activité. Depuis deux ans, je suis également l'animatrice de l'équipe Contaminants Anthropiques et Réponses des Milieux Aquatiques (équipe Carma, UR EABX).

Dans ce contexte et depuis mon recrutement à Irstea en 2000, un questionnement scientifique de fond reste le fil conducteur de mes activités de recherche : comment améliorer notre connaissance des relations entre les biocénoses et les perturbations de l'écosystème aquatique ? Cette question revêt divers aspects complexes, comme la mise en relation de grands processus biogéographiques avec la structure locale des communautés, ou l'étude des relations interspécifiques au sein du biofilm. C'est un défi que je trouve particulièrement motivant, puisqu'il fait appel à différentes disciplines, et répond à de forts enjeux sociétaux.

L'aspect pluridisciplinaire de ce questionnement fait par ailleurs écho à mon rôle d'animatrice de l'équipe CARMA, où écologues, chimistes et écotoxicologues se côtoient et s'enrichissent mutuellement. Je voudrais profiter de cet avant-propos pour souligner l'esprit positif et très collectif des membres de l'équipe, qui malgré leur imprudence de m'avoir nommée animatrice, font efficacement avancer la connaissance des milieux aquatiques dans une ambiance que beaucoup de laboratoires peuvent nous envier.

Enfin obtenir l'Habilitation à Diriger les Recherches représente pour moi, outre une grande fierté, la possibilité d'orienter mes questions de recherche de façon autonome, la possibilité de rejoindre la communauté d'acteurs qui s'investissent face aux grands enjeux scientifiques et sociétaux que pose le changement global. Je voudrais sincèrement remercier à ce titre mes rapporteurs, Sergi Sabater, Didier Alard, Jacques Haury, le président de mon jury, Frédéric Garabétian, ainsi que Jean-Pierre Rebillard pour m'avoir accompagnée dans cette démarche.

1. CURRICULUM VITAE

Juliette TISON-ROSEBERY

Chargée de Recherche, phytoécologie des milieux aquatiques (diatomées)

Animatrice de l'équipe CARMA

Irstea groupement de Bordeaux

Unité de Recherche EABX

50 avenue de Verdun

33612 Cestas cedex

juliette.rosebery@irstea.fr

39 ans, mariée, 1 enfant

1.1 Formation initiale et diplômante

2000 : Diplôme d'Etudes Supérieures de Sciences Naturelles, Université Bordeaux 1 (mention B). Stage « taxonomie des diatomées » au Cemagref de Bordeaux, unité Qualité des Eaux : Application de l'Indice Biologique Diatomées (IBD) à 22 stations du Réseau National de Bassin Adour-Garonne, Région Aquitaine, campagnes 1996-1997-1998. Rapport pour l'Agence de l'Eau Adour-Garonne.

1999 : Diplôme Inter-Universitaire de biostatistiques (CESAM), Université Paris 6 (mention B).

1998 : DESS « Eau, Santé, Environnement » option Logistique, Université Bordeaux 2 (mention B). Stage au Laboratoire Santé Environnement (Université Bordeaux 2) : étude rétrospective de l'évolution de la pollution de l'air sur la Communauté Urbaine de Bordeaux depuis 1975 et mise en place d'indicateurs d'exposition toxique.

1.2 Formation par la recherche et expériences professionnelles

Depuis 2006: Chargée de Recherche à l'Irstea de Bordeaux, Unité de Recherche Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux : écologie et bio-géographie des communautés de diatomées ; appui aux politiques publiques (intercalibration européenne, bio-indication, Directive Cadre sur l'Eau) ; encadrement de thèses ; animatrice d'équipe depuis septembre 2012.

2003-2006 : Thèse de Doctorat (Université Bordeaux 1) au Cemagref de Bordeaux, Unité de Recherche Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux : « Utilisation de la modélisation neuronale et des caractéristiques des communautés diatomiques pour la bio-évaluation de l'état écologique des cours d'eau et l'accompagnement de leur restauration ».

En marge des activités de recherche : rédaction d'une note méthodologique de cadrage du diagnostic initial d'état écologique pour le MEDD, Direction de l'Eau ; Organisation du 24ème colloque des Diatomistes de Langue Française (Université Bordeaux 1, 6-8 septembre 2005).

2000-2003 : Ingénieur d'étude contractuel au Cemagref de Bordeaux, Unité de Recherche Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux, dans le cadre du projet européen de recherche 5ème PCRD PAEQANN (Predicting Aquatic Ecosystem Quality using Artificial Neural Networks).

1999-2000 : Responsable de la plateforme écotoxicologie aquatique du laboratoire LEMI (Technopole Montesquieu, Martillac, 33) : mise en place et réalisation des tests de toxicité aiguë d'effluents sur *Daphnia magna* et *Scenedesmus subcapitata* ; obtention de l'accréditation Cofraq.

1998-1999 : Chargée de mission « Eau » à la Maison de la Nature de Bordeaux : création d'un centre de ressource documentaire, participation à différentes instances de bassin.

1.3 Domaines de compétence

- Ecologie des diatomées en hydrosystème lotique : taxonomie, écologie des communautés, biogéographie/biotypologie, analyse des relations de cause à effet entre paramètres environnementaux et communautés, relations interspécifiques au sein du biofilm.
- Bio-indication diatomique : traits biologiques et écologiques, profils écologiques, mise au point d'indices de qualité, évaluation de l'état écologique, intercalibration européenne, conception de guides iconographiques.
- Animation d'équipe : animation scientifique et de fonctionnement, entretiens individuels, appui au montage de projets, recrutements.

1.4 Participation à des programmes de recherche

- projet européen 5^e PCRD PAEQANN, 2000-2003 (participation) : Predicting aquatic ecosystem quality using artificial neural networks: impact of environmental characteristics on the structure of aquatic communities (algae, benthic and fish fauna).
- projet européen 6^e PCRD REBECCA, 2000-2006 (participation) : Relationships between ecological and chemical status of surface waters.
- projet national Rivières Pilotes de Lacq (Total), 2003-2007 (participation) : impacts de contaminants sur les biofilms.
- AO interne maîtrises Tox-Indic, 2008-2009 (participation) : réflexion sur l'apport des traits écologiques et biologiques en écologie et en écotoxicologie.
- Agence de l'Eau Adour-Garonne, Bilan hydrobiologique du Luzou, 2009-2010 (co-responsable) : approche multi-maillons (macro-invertébrés, macrophytes, poissons, diatomées) d'une pollution industrielle aigue sur la rivière Luzou.
- Agence de l'Eau Adour-Garonne, Bilan hydrobiologique du Luzou, 2012-2014 (co-responsable) : mise au point d'indicateurs d'impacts.
- AO Labex COTE 2014, projet InVision, soumis (participation).
- AO Région CRRDT 2015, projet InVision2, soumis (responsable de projet) : une vision pluridisciplinaire de la problématique des plantes aquatiques invasives au sein des lacs littoraux aquitains.
- Agence de l'Eau Adour-Garonne, 2015 (initiation et participation) : étude des relations biotiques entre macrophytes, phytoplancton et épiphytes au sein du Lac de Lacanau : constructions théoriques et implications pour la gestion.
- ANR JCJC 2015, projet BioMMAN (participation) : biodiversité de la microméiofaune et ses interactions avec les microalgues.
- ANR JCJC 2015, projet SPREADD (responsable de projet), soumis : effet du changement global sur la biodiversité observée des communautés de diatomées à l'échelle intercontinentale ; étude du potentiel spécifique de repositionnement géographique (avec l'équipe PMA).

1.5 Participation à l'animation de groupes d'experts

- Groupe DCE Eaux de Surface (Onema/Direction de l'Eau): expert diatomiste en charge de la fixation des règles d'évaluation et des seuils d'état écologiques concernant l'Indice Biologique Diatomées (IBD).
- Groupe Européen d'Intercalibration des méthodes d'évaluation de l'état écologique des cours d'eau : expert diatomiste pour la France et coordination en 2007 de l'exercice méditerranéen.
- Groupe Européen d'Intercalibration des méthodes d'évaluation de l'état écologique des plans d'eau : expert diatomiste pour la France.
- Groupe de travail en charge de la mise en œuvre du Système d'Evaluation de l'Etat Ecologique (SEEE) : expert diatomiste sur les référentiels taxonomiques et outils de bioindication.

- Comités de Pilotage des programmes Indices Diatomiques Réunion, Martinique, Guadeloupe (Onema/Offices de l'Eau) : expert diatomiste, flores et écologie.
- Expert pour l'Agence de l'Eau Adour-Garonne : diagnostics d'état, méthodes de bioindication, comités de suivis de sites industriels.
- Groupe technique de révision de la norme AFNOR NF T90-354 « Qualité de l'eau - Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD) » (révisions effectuées en 2007 et 2013).
- Association des Diatomistes de Langue Française : secrétaire de 2005 à 2010. Organisation des colloques 2005 et 2015.

1.6 Participation à l'animation scientifique au sein d'Irstea

A niveau de l'UR « Ecosystèmes Aquatiques et Changements Globaux » :

- participation au comité de Direction de l'UR : fonctionnement général, ressources humaines et orientations scientifiques de l'UR.
- animation scientifique de l'équipe Carma depuis septembre 2012 : mise en place de réunions plénières dédiées au fonctionnement général de l'équipe, de réunions scientifiques thématiques ; conduite d'entretiens annuels d'activités ; appui au montage de projets ; soutien au développement de nouvelles questions scientifiques (via l'accueil notamment de thésards et post-doctorants, et à la participation à certains comités de thèse).
- recrutement d'un chargé de recherche en écologie des communautés (arrivée 01/04/2014), poste transversal aux différents maillons de l'équipe, dans le but à la fois de développer l'activité de recherche de l'équipe, mais aussi de dynamiser les études multimaillons et la transversalité écologie/écotoxicologie.
- Au niveau du Thème de Recherche BELCA, participation au « conseil de TR » dédié à l'orientation et à l'organisation des travaux à mener collectivement (dont évaluation des projets de thèse), à la rédaction du Référentiel Pluriannuel d'Objectifs et à la conduite des évaluations collectives nationales.

1.7 Activités d'encadrement, d'enseignement et de formation

Encadrement et co-encadrement de thèses

- Marius Bottin, Université de Bordeaux EDSE (2008- 2012), « Structure des assemblages de diatomées benthiques en rivière : l'environnement explique-t-il tout ? » Responsable de thèse.
- Nadjla Chaïb, Université de Skikda, Algérie, « Qualité des eaux du bassin versant Kébir Est (Nord Est d'Algérie) basée sur les variables abiotiques (physico- chimie des eaux) et biotiques (Macro- invertébrés et Diatomées) ». Encadrement de la recherche relative aux flores diatomiques (accueil en 2008, thèse soutenue en 2010).
- Koffi Richard N'Guessan, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, « Biodiversité et écologie des communautés de diatomées des bassins de l'Agneby et de la Me ». Encadrement de la recherche relative aux flores diatomiques (accueil en 2013, soutenance de thèse prévue en novembre 2014).
- Vincent Bertrin, Irstea/Université de Bordeaux EDSE (2013-2016), « Déterminisme et écologie des communautés des macrophytes des lacs du littoral aquitain : bioindication d'état et de fonctionnement ». Responsable locale, participation au comité de pilotage.
- thèse en co-direction avec l'Université d'Arlington, Texas (UTA) (démarrage prévu novembre 2015, candidat non encore déterminé), « Importance des processus de dispersion dans la structuration spatiale des communautés de diatomées benthiques des cours d'eau, à l'échelle intercontinentale. Implications en termes de biodiversité et de vulnérabilité. ». Co-directrice avec S. Passy, UTA.

Encadrement de post-doc

Cristina Ribaud (février 2013, décembre 2014), « Echanges gaz/nutriments entre macrophytes, colonne d'eau et sédiments au sein des lacs littoraux aquitains » (co-responsable).

Encadrement de contrats à durée déterminée

-Fanny Roussel, 6 mois (2010) : évaluation de l'incertitude liée à la note d'indice IBD2007 (responsable).

-Nicolas Antunes, 1 an (2011) : codage sous R de la technique des pattern trees en appui à la thèse de Marius Bottin (co-responsable).

-Julie Guéguen, prévisionnel 5 ans (2011-2015) : poursuite du travail sur les pattern trees, adaptation des indicateurs diatomées pour les très grands cours d'eau et l'Outre-Mer (co-responsable).

-Marius Bottin, 6 mois (2013) : révision du profil écologique des principales diatomées indicatrices des cours d'eau français (responsable).

-Manon Lainé, 2 mois (2013) : mise au point d'indicateurs d'impact dans le cadre du programme Luzou de l'AE Adour-Garonne (co-responsable).

Encadrement de stagiaires

-Thomas Guyomard, Licence Professionnelle Systèmes Informatiques et Logiciels (option Systèmes d'Information), IUT Bordeaux 1, « Réalisation de l'application Diatom.net ». (2006) (responsable).

-Sébastien Boutry, Master 2 Ecologie mention Modélisation des Systèmes Ecologiques, Université Paul Sabatier, « Applications de méthodes statistiques pour la mise en œuvre du nouvel indice diatomique IBD2007 ». (2006) (co-responsable).

-Marius Bottin, Master 2 Ecologie mention Modélisation des Systèmes Ecologiques, Université Paul Sabatier, « Mise au point d'une méthodologie optimisée pour la typologie des flores diatomiques à l'échelle de l'hydrosystème français ». (2008) (responsable).

-Damien Valade, Master 1 Sciences, Terre et Environnement, Ecologie, Université Bordeaux 1, « Proposition d'une méthode d'échantillonnage du phytobenthos en plan d'eau ». (2010) (co-responsable).

-Manon Lainé, Master 2 Biodiversité et Ecosystèmes Continentaux, Université Bordeaux 1, « Une approche multi-compartiments (macroinvertébrés benthiques, diatomées, macrophytes et faune piscicole) afin d'évaluer l'impact de rejets industriels sur un cours d'eau landais : mise en évidence d'indicateurs de toxicité. » (2013) (co-responsable).

-Joséphine Serra, 2^{ème} année AgroParisTech, « Projet de site pilote pour l'étude et la gestion des plans d'eau du littoral aquitain : enquête sur les structures existantes. » (2014) (co-responsable).

Participation à la formation initiale ou à la formation continue

Cours annuels à l'Université de Bordeaux :

-en Master 1 « Biodiversité et Ecosystèmes Continentaux » de 2007 à 2011.

-en Master 2 parcours « Biodiversité et suivis environnementaux » depuis 2007.

-en Master 2 ENSEGID « Géorressources et Environnement » depuis 2008.

2. BILAN SYNTHETIQUE DE L'ACTIVITE, PERSPECTIVES

Les numéros entre crochets renvoient aux publications personnelles relatives au propos (hors communications en colloque). Les développements biomathématiques nécessaires à l'approche des questions scientifiques exposées ici ont été réalisés en collaboration avec les biostatisticiens de l'équipe (permanents, temporaires, thésards, stagiaires), explicitement cités dans le texte. De façon générale, la recherche développée résulte de travaux menés en équipe, localement ou en fonction des collaborations extérieures initiées.

2.1 POSITIONNEMENT GENERAL, THEMATIQUE DE RECHERCHE

Les diatomées sont des algues brunes (Chromophytes) microscopiques et unicellulaires appartenant à la classe des Bacillariophycées. Pigmentées et photosynthétiques, un petit nombre d'entre elles peut vivre de façon hétérotrophe vis-à-vis du carbone et/ou de l'azote organique. L'importance des diatomées dans les cours d'eau est basée sur leur rôle fonctionnel crucial, en tant qu'organismes autotrophes, dans la chaîne trophique (Lamberti, 1996) et dans les cycles biogéochimiques (Mulholland, 1996). Très riches au niveau spécifique, les diatomées représentent une bonne part de la biodiversité et des ressources génétiques des cours d'eau (Patrick, 1961). Très variables au niveau de leur performance physiologique, les espèces répondent différemment aux conditions environnementales du milieu et par voie de conséquence les communautés diatomiques sont très diverses. Cette sensibilité aux conditions du milieu, leur abondance, leur diversité et leur rémanence (frustules siliceuses) en font d'excellents indicateurs de la qualité des rivières. Leur cycle de vie très court (les cellules de certaines espèces se diviseraient plus de trois fois par jour - Eppley, 1977), permet de les utiliser comme systèmes d'alertes précoces de la dégradation des écosystèmes aquatiques.

Ainsi l'évolution naturelle ou provoquée des conditions environnementales a des répercussions directes sur la structure des communautés de diatomées, dont les espèces clés peuvent être utilisées comme témoins objectifs de l'impact subi. C'est le principe dit de causalité qui constitue l'un des fondements de l'hydrobiologie : connaître l'écologie des diatomées présuppose de mettre en relation les espèces présentes dans un relevé avec les conditions environnementales de la station prospectée au cours de campagnes d'échantillonnage. Il a ainsi pu être établi, de façon très générale, que le développement des diatomées est étroitement lié à la température, à l'intensité lumineuse, aux caractéristiques hydrauliques et physico-chimiques, aux variations saisonnières du milieu.

Plus d'une vingtaine de méthodes basées sur les diatomées benthiques et destinées à évaluer la qualité des cours d'eau ont été répertoriées en Europe (Prygiel et al., 1999) [12, 17]. Ces méthodes peuvent être classées selon l'objectif poursuivi ou la méthodologie retenue pour exprimer les résultats. On peut distinguer les méthodes de type saprobique qui traduisent l'enrichissement en matières organiques biodégradables (Lange-Bertalot, 1979 ; Sladěček, 1986), les méthodes trophiques qui traduisent un enrichissement en substances nutritives (phosphore et azote) (Kelly & Whitton, 1995 ; Kelly, 1998), les méthodes qui visent à rendre compte de l'acidification (Battarbee, 1986 ; ter Braak & Van Dam, 1989 ; Birks, 1990, Coring, 1996) et enfin celles qui ont pour objectif l'évaluation de la qualité générale de l'eau (Descy & Coste, 1991) [10] et qui intègrent donc les matières organiques, les substances nutritives ainsi que les divers paramètres tels que les chlorures, la conductivité et le pH.

L'application de ces méthodes montre toutefois qu'aucune ne peut être utilisée partout en Europe et dans le monde. Dès la fin des années 90 / début des années 2000, plusieurs recherches (Biggs, 1995; Griffith & Hill, 2002; Leland, 1995; Leland & Porter, 2000; Pan & Stevenson, 1996 ; Pan

& al., 1999, 2000; Stevenson, 1997) indiquaient en effet que les facteurs environnementaux régionaux tels que le climat, la géologie ou l'utilisation des sols étaient susceptibles de faire varier l'influence des facteurs locaux (nutriments, pH, température, substances toxiques) sur la structure des communautés diatomiques périphtiques.

De plus, ces méthodes indicelles sont héritières d'une vision « gleasonienne » selon laquelle seules les réponses individuelles et indépendantes des espèces à l'environnement sont à l'origine des associations observées (Gleason, 1926). Or qu'en est-il des communautés de diatomées ? A l'heure actuelle cette question reste très peu abordée (Heino & Soininen, 2005).

Dans ce contexte, mon activité de recherche consiste à complexifier le modèle initial de biologie des communautés, par lequel l'effet-filtre des conditions environnementales locales et de l'anthropisation sélectionnerait seul chaque espèce de façon indépendante. J'ai donc orienté mon projet scientifique dans deux directions principales :

-vers une meilleure maîtrise de l'effet-filtre des conditions environnementales sur les communautés de diatomées, en fonction de l'échelle d'observation : quelle part respective attribuer à la variabilité naturelle des communautés (facteurs de large échelle), à l'effet de l'anthropisation (échelle locale) ? Comment intégrer cet aspect aux outils d'évaluation de l'état écologique des cours d'eau ?

-vers l'étude de l'importance des processus de dispersion, migration, compétition/facilitation au niveau du déterminisme des communautés locales : quel poids attribuer à ces facteurs biotiques / neutres dans la structure observée des communautés ? Ce point a été initié dans le cadre de la thèse de Marius Bottin dont j'ai eu la responsabilité scientifique.

De façon transversale, j'ai tenté d'orienter mes travaux vers une écologie davantage fonctionnelle, basée sur les traits écologiques et biologiques et donc tenant compte de la position et du rôle des diatomées dans le biofilm.

2.2 ACTIVITES SCIENTIFIQUES

2.2.1 Mieux maîtriser l'effet-filtre des conditions environnementales ; proposition d'outils d'évaluation et de diagnostic affinés

2.2.1a Etude de la variabilité naturelle des communautés

Une première étape vers la complexification du modèle espèce-environnement précédemment décrit s'attachait à isoler la part de variation naturelle des assemblages, et à bien la distinguer d'une éventuelle influence anthropique. C'était un des enjeux du projet européen 5^o PCRD PAEQANN, ainsi que de ma thèse¹. Nous avons ainsi pu mettre en évidence que les communautés de diatomées benthiques, étudiées à l'échelle de l'hydrosystème français, pouvaient être classées en cinq grands groupes naturels (ou communautés de référence) en fonction notamment de la géochimie et du contexte hydrodynamique [1-7], hors contexte de pollution anthropique avérée.

Ce travail a été repris en 2008-2009 (stage M2 M. Bottin) sur la base des prélèvements diatomiques issus de la prospection 2005-2007 des stations validées du Réseau de Référence. Afin d'écarter toute atteinte anthropique significative, les prélèvements comportant un pourcentage cumulé d'espèces hétérotrophes et/ou polysaprobies >4,5% ont été au préalable supprimés. La base obtenue comportait 389 prélèvements, pour 462 taxons dénombrés. Comme en 2005, les relevés floristiques ont été analysés à l'aide d'un réseau artificiel de neurones appelé Carte Auto-Organisante (ou SOM pour Self Organizing Map, Kohonen 1995), associé à une analyse ascendante hiérarchique. Cinq groupes ont été à nouveau obtenus, chacun d'entre eux représentant une communauté particulière liée à des conditions environnementales spécifiques, et pouvant donc être considéré comme un écotype de référence (Figure 1), lié à des facteurs environnementaux naturels de large échelle [19].

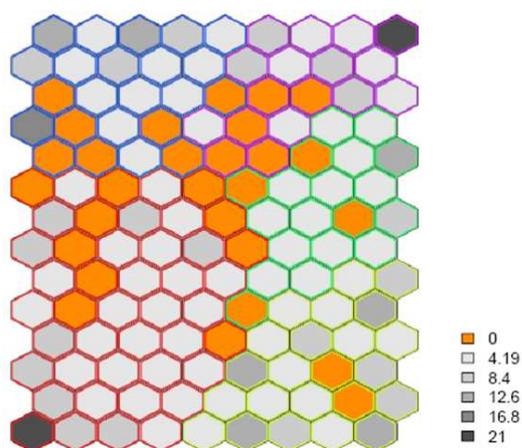


Figure 1 : Résultat de la classification des prélèvements par la carte auto-organisante : la couleur de la cellule est fonction du nombre minimal de relevés qui y sont groupés. Les couleurs de contour des cellules délimitent les cinq groupes floristiques naturels.

¹ Tison J. 2006. Utilisation de la modélisation neuronale de des caractéristiques des communautés diatomiques pour la bio-évaluation de l'état écologique des cours d'eau et l'accompagnement de leur restauration. Thèse de l'Univ. Bordeaux I Ecole Doct. Sciences du vivant, Géosciences et Sciences de l'Environnement.

L'emprise géographique de ces communautés a ensuite été représentée sur la base du découpage hydroécocorégional de l'hydrosystème français (Wasson et al., 2002) (Figure 2). Pour chacun de ces cinq groupes, nous avons pu déterminer la liste des espèces caractéristiques grâce au calcul de l'Indval (Dufrêne et Legendre, 1997).

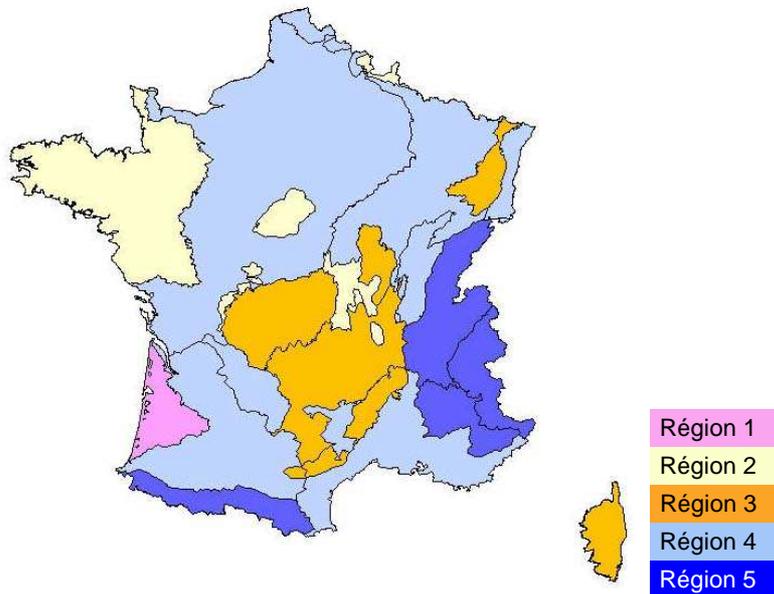


Figure 2 : Répartition géographique révisée des cinq grands types de communautés naturelles de diatomées

Région 1 : contexte acide des Landes

Région 2 : plaines et faibles altitudes peu carbonatées

Région 3 : régions moyennement élevées à élevées, peu carbonatées : Massif Central Nord et Sud, Vosges, Cévennes

Région 4 : plaines et faibles altitudes carbonatées

Région 5 : montagnes, plutôt carbonatées à franchement carbonatées

En accord avec d'autres études menées de par le monde (Sabater, 1992 ; Soininen 2002 ; Snyder et al, 2002), ces travaux concluaient à l'influence déterminante de trois paramètres environnementaux concernant la structuration des communautés de diatomées en conditions non impactées : le pH, la conductivité et le contexte hydrodynamique. Il devenait ainsi possible de prédire quel type d'assemblage devait être retrouvé dans quelle écorégion, en condition de référence c'est-à-dire en l'absence d'impact anthropique avéré [8].

L'étape suivante consistait à mesurer la distance entre la communauté effectivement présente et la communauté dite de référence. Cette mesure représentait un moyen de mesure de l'altération subie et corrigeait l'idée que nous avions d'une même trajectoire d'altération pour toutes les communautés, indépendamment de leur origine géographique. De nombreux indices de similarité sont utilisés en écologie afin d'appréhender à quel point deux communautés sont semblables ou au contraire différentes. Ces indices sont généralement basés sur la comparaison de la présence ou non d'une même espèce dans les communautés comparées (Jaccard, 1908), ou sur des critères d'abondance (Bray-Curtis, 1957 par exemple). Or nous ne cherchions pas à réaliser une comparaison brute d'espèces, mais plutôt à interpréter cette distance comme l'importance de la déviation d'une communauté prélevée par rapport à ce qu'elle devrait être en condition non perturbée. Nous voulions introduire une notion de distance entre les espèces comparées, basée sur leur similarité écologique notamment en matière de tolérance à la pollution. Nous nous sommes ainsi inspirés d'un indice de dissimilarité taxonomique, mis au point par Warwick et Clarke

(1995) et utilisé en océanographie par Price et al. en 1999, puis par Izsak et Price en 2001, pour proposer l'indice ESI (Ecological Similarity Index) [9]. Ce travail a nécessité l'attribution d'une classe de sensibilité à chacune des espèces de notre base, en utilisant à nouveau la technique des SOM. Si nous comparons des stations théoriques A et B : l'espèce S_i est caractérisée par une classe de sensibilité à la pollution p_i et une abondance x_{iA} dans la station A et x_{iB} dans la station B. La première étape consiste à mesurer l'écart minimum entre chaque espèce de la station A et toutes les espèces de la station B (w_{iA}), puis entre chaque espèce de la station B et toutes les espèces de la station A (w_{iB}). L'ESI, dont le résultat est compris entre 0 et 1, est calculé d'après la somme des w_{iA} et des w_{iB} , pondérée par l'abondance totale des diatomées dans les stations et par la différence de sensibilité maximale calculée.

La formule est la suivante :

$$ESI(A,B) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n w_{iAB} + \sum_{i=1}^n w_{iBA}}{\left(\sum_{i=1}^n x_{iA} + \sum_{i=1}^n x_{iB}\right) \times \max_{i,j} (p_j - p_i)}$$

- si $x_{iA} = 0$; $w_{iAB} = 0$
- si $x_{iA} \neq 0$ (i.e. si l'espèce est présente) et si $\min_{j, x_{jB} > 0} |p_j - p_i| = 0$; $w_{iAB} = \min_{\substack{j \\ x_{jB} > 0 \\ p_j = p_i}} |x_{iA} - x_{jB}|$
- si $x_{iA} \neq 0$ et si $\min_{j, x_{jB} > 0} |p_j - p_i| \neq 0$; $w_{iBA} = x_{iA} \left(\min_{j, x_{jB} > 0} |p_j - p_i| + 1 \right)$

Illustration d'après un cas simple :

Espèce	Sensibilité à la pollution	Abondance dans la station A	Abondance dans la station B
S_1	$p_1 = 4$	$x_{1A} = 10$	$x_{1B} = 20$
S_2	$p_2 = 4$	$x_{2A} = 30$	$x_{2B} = 0$
S_3	$p_3 = 4$	$x_{3A} = 0$	$x_{3B} = 45$
S_4	$p_4 = 3$	$x_{4A} = 20$	$x_{4B} = 30$
S_5	$p_5 = 2$	$x_{5A} = 0$	$x_{5B} = 10$

$$w_{1AB} = |20 - 10| = 10$$

$$w_{2AB} = |30 - 20| = 10$$

$$w_{3AB} = 0$$

$$w_{4AB} = |20 - 30| = 10$$

$$w_{5AB} = 0$$

$$w_{1BA} = |20 - 10| = 10$$

$$w_{2BA} = 0$$

$$w_{3BA} = |45 - 30| = 15$$

$$w_{4BA} = |30 - 20| = 10$$

$$w_{5BA} = 10 \times (|2 - 3| + 1) = 20$$

$$ESI(A,B) = 1 - \frac{10 + 10 + 0 + 10 + 0 + 10 + 0 + 15 + 10 + 20}{(10 + 30 + 0 + 20 + 0 + 20 + 0 + 45 + 30 + 10) \times 4} = 0,8712$$

L'intérêt majeur de cet indice, est d'être applicable pour la comparaison de toutes stations, pouvant appartenir à des écorégions et types de rivières différents et donc *a priori* non comparables directement.

D'un point de vue appliqué, les travaux décrits ci-dessus ont eu un impact sur les méthodes d'évaluation de l'état écologique des rivières, en lien avec les exigences de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Nous en faisons ici un résumé synthétique, même si le travail engendré fut conséquent :

- révision de l'Indice Biologique Diatomées : le poids des variables potentiellement liées au contexte géochimique, tels que le pH et la conductivité, a été revu et abaissé, afin d'améliorer les relations de l'indice avec les paramètres d'anthropisation (NH₄, PO₄, DBO5) quelle que soit l'hydroécologie considérée ; les profils écologiques des espèces clés entrant dans le calcul de l'indice ont été par voie de conséquence également revus (stage M2 S. Boutry) (Figure 3) [10, 14, 37, 48, 53].

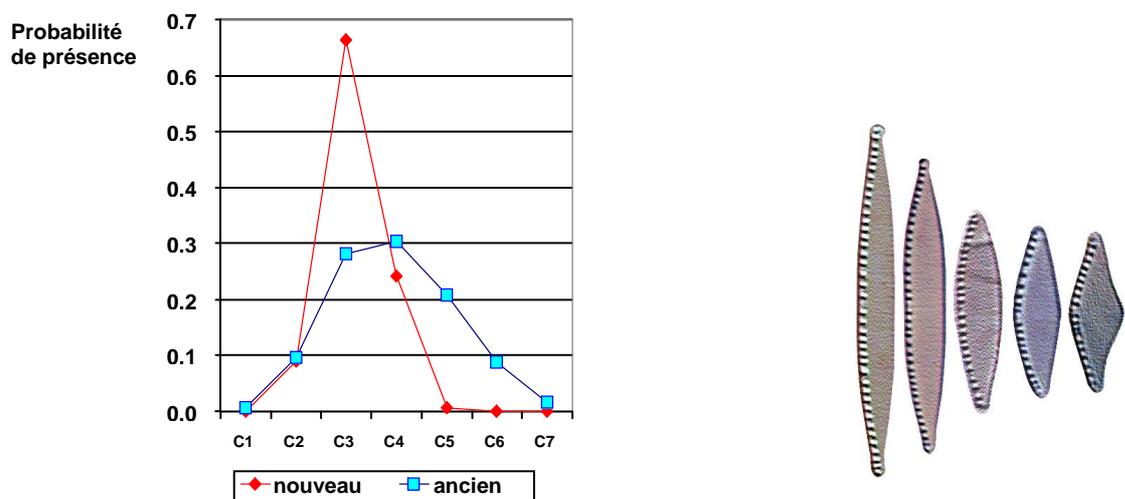


Figure 3 : Illustration de l'amélioration du profil écologique de *Nitzschia paleacea* (probabilité de présence en fonction de sept classes de qualité d'eau croissante – C1 à C7 -) ; en rouge : nouveau profil, en bleu : ancien profil ; illustration à droite de l'espèce *Nitzschia paleacea* (barre d'échelle : 10 µm).

Son transfert aux utilisateurs a nécessité la normalisation de l'indice (Afnor, 2007 ; révision en cours), et la réalisation d'un guide iconographique permettant détermination des espèces indicatrices [11, 44]. Une étude est également en cours visant à encadrer l'incertitude accompagnant la note d'IBD, fonction de la variabilité inter- et intra-opérateurs [42], ainsi que de la variabilité temporelle des flores.

- détermination de seuils d'état écologique par type de masse d'eau : ces résultats ont pu être directement appliqués à la fixation de seuils d'évaluation de l'état écologique [36, 46] pour les différents types de cours d'eau français, seuils intégrés dans les arrêtés de surveillance et d'évaluation en vigueur sur l'ensemble du territoire. L'évaluation de l'état écologique des cours d'eau, la fixation d'objectifs de restauration dans le cadre des SDAGE et SAGE reposent directement sur ces seuils. Ceux-ci ont été validés au niveau européen suite à un processus d'intercalibration entre états membres, dont j'ai assuré la coordination au niveau de la zone géographique « Méditerranée » [12, 15, 17, 21, 23, 38-40, 49]. Le seuil de bon état écologique fixé à partir des notes d'IBD se situe en effet dans la bande d'acceptabilité définie au niveau européen, et ce pour toutes les zones géographiques considérées (Figure 4).

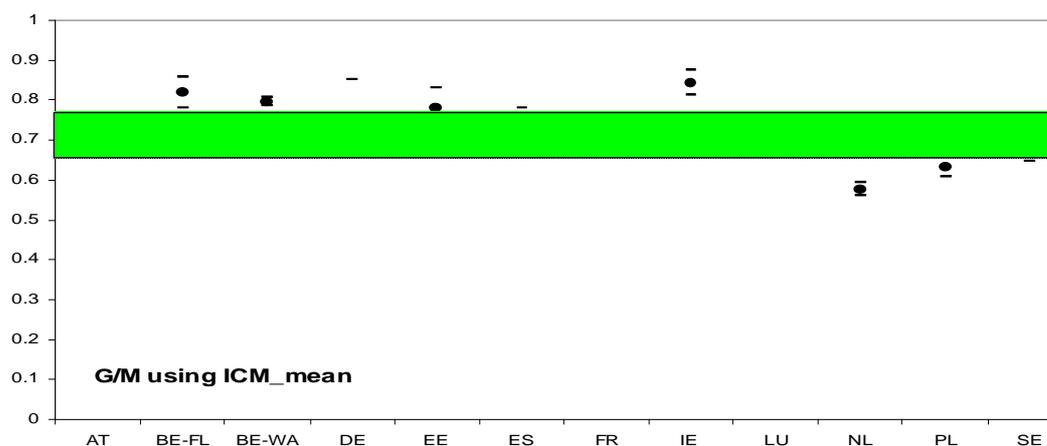


Figure 4 : Illustration de l'adéquation du seuil français (FR) d'Etat Ecologique Bon/Moyen (G/M) avec la bande d'acceptabilité européenne (en vert), à l'issue du processus d'intercalibration (exemple concernant le groupe géographique Central-Baltique). En ordonnées : ratios de qualité écologique exprimés selon la Métrique Commune d'Intercalibration (ICM).

Enfin, dans le cadre des missions d'Irstea, les outils d'évaluation mis en place et validés nécessitent ensuite d'être transférés vers les gestionnaires :

- via le Système d'Evaluation de l'Etat Ecologique (SEEE) et la base de données nationale Naïades. Cette base de données est sensée regrouper toutes les données, biologiques (tous maillons) et physico-chimiques, issues de la prospection du réseau national. Le SEEE doit permettre à chacun d'interroger cette base et de calculer les différents indicateurs et métriques au niveau de stations de prélèvement.

- via des interventions d'expertise auprès des Agences de l'Eau, Directions Régionales de l'Environnement (Dreal) et Parcs Naturels notamment, dans le cas d'impacts complexes sur l'écosystème aquatique, et en appui aux décisions de gestion/remédiation [18, 28-35].

2.2.1b Prise en compte des interactions entre paramètres environnementaux

Dans la littérature, la sensibilité des espèces de diatomées à certains paramètres environnementaux est souvent déterminée par des mesures d'optimum de tolérance (Charles et al., 2006 ; Ponader et al., 2008), ou par des probabilités de présence le long de gradients écologiques (Potapova et al., 2004) [10]. La première approche est généralement basée sur des calculs de moyennes pondérées avec l'hypothèse sous-jacente que les espèces montrent des distributions symétriques et unimodales le long des gradients (Pan et al., 1996 ; Soininen et Niemelä, 2002 ; Potapova et al, 2004). Utilisés pour prédire le pH de l'eau et la salinité (Birks et al., 1990), ces modèles sont généralement performants. Mais utilisés pour prédire l'enrichissement en nutriments (phosphore total, azote total), ils montrent une performance inférieure, et variable selon l'écorégion étudiée. Une des raisons de cette performance limitée est le fait que les espèces peuvent montrer des réponses complexes à l'enrichissement en nutriments, non nécessairement symétriques ou unimodales (Rott et al., 1998). Les profils basés sur les probabilités de présence des espèces le long d'un gradient peuvent en partie surmonter cet écueil, permettant des réponses multimodales. Quoi qu'il en soit les deux types d'approches supposent que la variable d'intérêt soit la seule influençant la présence / l'abondance de l'espèce. En conséquence, la performance

des modèles basés sur l'optimum des espèces envers l'azote ou le phosphore est satisfaisante dans les écorégions caractérisées par une gamme étroite de pH et de conductivité, facteurs connus pour influencer fortement assemblages de diatomées et donc leur réponse aux nutriments (Leland et Porter, 2000 ; Soininen et Niemälä, 2002).

Pour tenir compte de l'influence simultanée d'autres paramètres environnementaux, nous avons appliqué à la base de données française la méthode des Pattern Trees (Yuan and Shaw, 1995; Huang et al., 2006) (thèse M. Bottin, CDDs Julie Guéguen et Nicolas Antunes) [26, 52]. Ce sont des arbres de décisions, dont le principe est de créer et de hiérarchiser un ensemble de règles pour classer un objet (prendre une décision), selon des opérateurs (AND ou OR). Par exemple, on peut imaginer de vouloir classer des sites en « référence » ou « impactés » en fonction des variables physico-chimiques mesurées sur les sites. Ces arbres de décision utilisent des valeurs seuils pour les différents paramètres afin de partitionner les données de façon à obtenir des groupes les plus ressemblants possibles à ceux que l'on cherche à prédire (dans l'exemple : référence ou impacté). Mais l'originalité de la méthode des Pattern Trees est d'associer à ces arbres la technique de logique floue (Rahoma et al., 2011) : le but est de pouvoir intégrer dans des modèles des concepts imprécis, tels que ceux que nous utilisons lorsque l'on parle, plutôt que des seuils stricts (nuisant à la robustesse des arbres classiques). En effet, il est difficile de traduire de manière mathématique ce que sont de « faibles valeurs de phosphates » ou des « des rivières plutôt acides ». La logique floue peut permettre d'associer, pour chaque valeur mesurée de concentration en phosphates ou de pH, des valeurs permettant de déterminer à quel point les rivières sont « plutôt acides » et le phosphate « faible ». Une première étape consiste donc à transformer des données discrètes en classes, que ce soient les données physico-chimiques d'entrée, ou l'abondance de l'espèce en sortie du modèle. C'est l'étape de fuzzification (Figure 5).

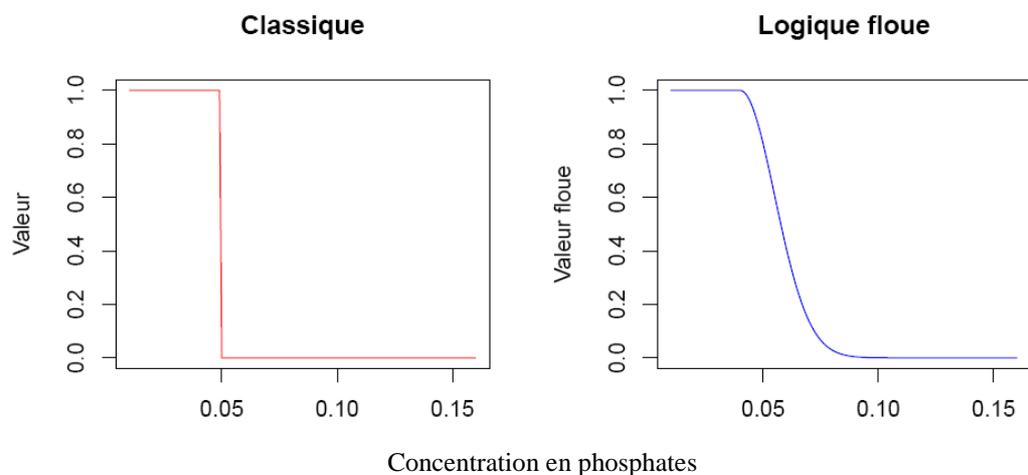


Figure 5 : Illustration de la logique floue : « Faibles valeurs de phosphates ». Quand on n'utilise pas la logique floue, la traduction de l'expression « faibles valeurs de phosphates » pour les modèles utilise un seuil : en dessous de cette valeur seuil (ici 0,05) l'expression est vraie, au-dessus de cette valeur l'expression est fausse. Lorsque l'on utilise la logique floue, la progression des valeurs de l'expression « faibles valeurs de phosphates » peut être plus graduelle.

Cette méthode propose un cadre d'interprétation des profils écologiques stricts sur lesquels se basent les méthodes de bioindication. Par exemple, l'espèce *Karayevia oblongella* (KOBG) est classée par l'IBD parmi les taxons acidophiles et oligotrophes, donc particulièrement sensible à l'eutrophisation. KOBG est en effet abondant dans des conditions oligotrophes et acides, mais également dans des conditions plus rares (et ignorées par les méthodes classiques) au pH acide et présentant une concentration en nitrates très élevée (près de 50 mg/l). Ce taxon peut alors être beaucoup plus résistant à l'eutrophisation que les approches classiques peuvent suggérer, et c'est pourquoi les notes d'IBD restent très bonnes en présence de KOBG, même si les taux de nitrates

sont élevés. L'arbre obtenu pour KOBG via la méthode des Pattern Trees (Figure 6) permet de rendre compte de ce phénomène.

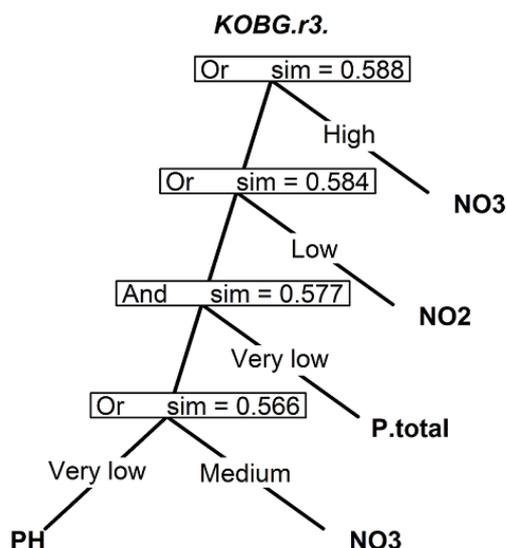


Figure 6 : Profil écologique de l'espèce *Karayevia oblongella* illustré à l'aide des Pattern Trees

Nous avons choisi cinq classes pour les paramètres du milieu (« très faible », « faible », « moyen », « fort », et « très fort »), et trois classes pour l'abondance des espèces (r1=« faible », r2=« moyenne », r3=« forte »).

L'arbre ci-dessus se lit ainsi : il existe une forte probabilité de retrouver KOBG en forte abondance dans les sites de notre base présentant un très faible pH **ou** une concentration moyenne en nitrates. Parmi ce pool de sites, la probabilité est augmentée si on sélectionne ceux présentant également (opérateur « **et** ») du phosphore total en très faible quantité. La probabilité de retrouver KOBG en fortes quantités est encore augmentée si on adjoint (**or**) à ce pool de sites ceux présentant une concentration faible en nitrites, **ou** une concentration forte en nitrates.

Ainsi la similarité du résultat du modèle avec le résultat attendu augmente à chaque embranchement de l'arbre.

L'approche que nous proposons ici est un outil de diagnostic, et non d'évaluation, basé sur une meilleure connaissance de la réponse des espèces à l'altération, notamment dans un contexte d'interaction entre différents facteurs environnementaux.

2.2.1c D'un point de vue fonctionnel

Toutes les diatomées utilisent les mêmes nutriments de base, sont soumises aux conditions hydrologiques et au broutage. En revanche, leur capacité d'adaptation aux éventuelles pressions exercées par ces paramètres du milieu ne sont pas les mêmes. Les variabilités spatiales et temporelles des conditions du milieu induisent des modifications de structure des communautés diatomiques, au niveau taxonomique aussi bien qu'au niveau des formes de vie ou traits.

A la lumière de travaux antérieurs (Burkholder, 1990, Biggs, 1998), Passy (2007) écrit ainsi que les tendances adaptatives les plus fortes au sein de communautés diatomiques semblent être :

(1) la transition vers des formes plus longues et érigées lorsque la pression hydrologique ou de broutage diminuent (Peterson, 1996), ou encore lorsque le milieu s'appauvrit en nutriments et en lumière (Tuji, 2000) ; (2) la transition vers des formes mobiles face à une augmentation de la pression naturelle ou anthropique (Tuchman et Stevenson, 1991 ; Bahls, 1993 ; Fore et Graphe, 2002). Dès lors il lui semble possible de regrouper diverses formes de vie en traits biologiques en 3 « guildes » :

- 1 : espèces adhérentes, attachées par l'apex de façon parallèle au substrat, érigées, centrées solitaires et espèces à lente mobilité ;
- 2 : grandes espèces incluant des formes érigées, filamenteuses, ou formant de longues chaînes, coloniales ;
- 3 : espèces à grande mobilité.

Nous avons initié une collaboration avec Sophia Passy (Université d'Arlington, Texas) en conjuguant son approche à la mise au point de nos Pattern Trees, afin de déterminer quels paramètres environnementaux (aux niveaux qualitatif et quantitatif) prédisaient ces guildes ainsi que les traits écologiques classiques des diatomées [43, 47] (thèse M. Bottin).

Les résultats montrent que les proportions d'espèces appartenant aux guildes de Passy 1 et 3 paraissent clairement informatives, respectivement quant à la survenue d'un événement particulier (pollution toxique aigue, crue), ou quant au niveau trophique du site étudié (Tableau 1). Le pourcentage d'espèces mobiles est d'ailleurs une métrique adoptée aux Etats-Unis dans la construction de l'Indice Périphytique d'Intégrité Biologique (Hill et al., 2000). Les métriques jugées significatives des différents contextes rencontrés permettront de préfigurer une approche multimétrique de diagnostic pour le prochain plan de gestion de la DCE.

<i>Zones amont de référence, contexte montagneux</i>	<i>Zones amont, contexte montagneux, charge organique modérée</i>	<i>Cours lents de plaine, peu anthropisés</i>	<i>Zones aval très anthropisées</i>	<i>Communautés en phase de recolonisation</i>
-Gilde 1 -Oligo- à mésotrophes -N-autotrophes sensibles -Oligo- à bêtamésosaprobés	N-autotrophes tolérantes (auto-épuration)	Méso-eutrophes	-Gilde 3 -N-hétérotrophes facultative et obligatoires -Alphamésos à polysaprobés -Hypereutrophes	Gilde 1 (message d'alerte : stress toxique ou hydrologique)

Tableau 1 : Les différents traits et les conditions environnementales qu'ils caractérisent.

Il est à noter que les approches intégrant guildes et traits permettent :

-de s'affranchir des différences écorégionales entre flores, et ainsi de réaliser des diagnostics écologiques pouvant intégrer des types de cours d'eau très contrastés (prise en compte implicite de la variabilité naturelle des communautés, voir paragraphe 3.1.1a) ;

-la rencontre de l'écologie et de l'écotoxicologie, autour de métriques communes. De nombreuses collaborations ont été initiées, notamment au sein de l'équipe avec Soizic Morin [13, 24, 45], ou avec l'équipe du LIEC (Université de Lorraine) autour de diagrammes multimétriques d'évaluation.

En guise de conclusion à cette 1^{ère} partie, il peut être avancé que ces travaux ont participé à mieux connaître la réponse des communautés à l'anthropisation, et ainsi à optimiser nos méthodes de

bio-indication en répondant notamment aux exigences de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Mais cette perception reste malgré tout trop simplifiée, en cherchant à expliquer la structure et la variabilité des assemblages à partir uniquement des conditions environnementales, et donc à partir de profils écologiques finalement réducteurs.

2.2.2 Rôle des interactions biotiques et de la dispersion dans le déterminisme des communautés locales

Ce paragraphe s'intéresse au rôle que jouent potentiellement les relations interspécifiques et les capacités de dispersion des taxons au niveau de la structuration des biofilms. Ces notions viennent ajouter de la complexité dans la relation environnement-espèce simplifiée sur laquelle se base la bio-indication.

Deux courants de pensée ont dominé les réflexions sur l'écologie des communautés au début du 20^{ème} siècle. Le premier considère que les communautés sont des « super-organismes » au sein desquels les espèces sont fortement dépendantes les unes des autres, du fait notamment de relations biotiques structurantes (Clements, 1916). Le second est porté par Gleason (1926) qui considère que seules les réponses individuelles et indépendantes des espèces à l'environnement sont à l'origine des associations observées. Aujourd'hui le débat se cristallise plutôt autour de la notion de niche et de l'importance qu'on lui donne au niveau des grands processus biogéographiques. La niche écologique comprend deux composantes : la niche fondamentale est la part de la niche qui serait occupée par l'espèce si seuls ses besoins étaient déterminants (notamment en l'absence d'autres espèces), et la niche réalisée est la part, souvent plus faible, de la niche que l'espèce occupe réellement. Certains auteurs nient ce concept, comme Hubbell (2001) qui a développé la théorie neutraliste mettant plutôt en avant les phénomènes aléatoires de dispersion, d'extinction et de spéciation pour expliquer une grande part de la répartition des espèces.

Dans ce contexte, nous avons étudié la base de données française, au sein de laquelle nous avons tenté de décrypter le rôle joué d'une part par les relations interspécifiques, d'autre part par la dispersion géographique, au niveau du déterminisme des assemblages diatomiques (thèse de M. Bottin).

2.2.2a Relations interspécifiques au sein du biofilm

Les règles d'assemblage tentent d'expliquer les différents processus conduisant à la présence d'une espèce particulière à un site donné (Weiher et Keddy, 1999). Parmi ces processus, le rôle des interactions biotiques au sein des communautés de diatomées a été très peu étudié à ce jour. Ceci consiste à étudier les patrons de co-occurrence dans les biofilms, résultant de relations de compétition, de coexistence passive et de facilitation. Mais comment distinguer l'importance relative de ce processus par rapport aux autres? En réalité, deux types d'approches existent : l'approche mathématique qui consiste à comparer communautés réelles et communautés virtuelles sans interaction biotique, et l'approche expérimentale de laboratoire.

En ce qui concerne les relations biotiques positives, comme la complémentarité de niche, Burkholder et al. (1990) ont mis en évidence de façon expérimentale les différences d'absorption du phosphore selon que l'espèce au sein du biofilm présente une forme prostrée ou érigée. Ils ont mis en évidence que les espèces érigées capturaient beaucoup plus de nutriments que les espèces prostrées sous-jacentes, plutôt isolées de la colonne d'eau. Les résultats ont donné la preuve d'un gradient d'assimilation physiologique chez les diatomées, où les cellules érigées peuvent former une barrière à l'entrée des éléments nutritifs, et faciliter ainsi la persistance des espèces sensibles

sous-jacentes. Dans la même démarche, au cours d'une étude concernant la succession des communautés de diatomées périphtiques en canaux expérimentaux, Passy et Larson (2011) ont étudié la densité et l'abondance relative des diatomées dans des gradients d'enrichissement en éléments nutritifs, en conditions de faible à forte vitesse du courant. Ces travaux n'ont pas mis en évidence de phénomène d'exclusion ou de facilitation au niveau des mécanismes de succession des espèces, mais plutôt une coexistence neutre où les espèces sensibles ne seraient ni protégées ni inhibées par les espèces tolérantes, mais contrôlées par l'environnement.

Pourtant, les diatomées faisant partie d'une matrice tridimensionnelle complexe, on peut supposer *a priori* que la concurrence joue un rôle important dans la structure des communautés. Mais à notre connaissance, il n'existe pas de preuve stricte à ce jour d'exclusion compétitive entre espèces. Heino et Soinen (2005) ont été les seuls à tenter de mettre en évidence de tels modèles par une approche mathématique d'une base de données de terrain (Finlande). Ils ont calculé un score dit de « checkerboard » qui recense les paires d'espèces s'excluant systématiquement (C-score, Stone and Roberts, 1990). Ce C-score est une mesure du taux d'exclusion entre les espèces : plus il est élevé, plus il est probable que la présence d'une espèce n'est pas aléatoire mais liée à la présence/absence d'autres espèces. Ils ont comparé ces résultats à ceux obtenus au sein de communautés virtuelles obtenues aléatoirement par un modèle nul, sans interactions biotiques (Gotelli, 2000). Malgré un C-score plus élevé dans le jeu de données réelles, la structure particulière de ces données ne permet pas d'interpréter ces résultats comme une preuve certaine d'exclusion compétitive (paramètres environnementaux structurants certainement non pris en compte).

Dans ce contexte et dans le cadre de la thèse de M. Bottin, nous avons cherché à étudier les éventuelles relations d'exclusion entre espèces au sein de notre base de données françaises, à l'aide du C-score basé sur le calcul des « Checkerboard Units » [25]. Ce score consiste à calculer toutes les paires d'exclusions systématiques entre deux espèces, c'est-à-dire apparaissant toujours sous la forme :

	Espèce A	Espèce B
Site 1	1	0
Site 2	0	1

Ce taux d'exclusion a été calculé pour les communautés réelles de notre base, et comparé à deux autres bases de communautés virtuelles :

- pseudo-communautés résultant de la prédiction des présences/absences des espèces à l'aide des paramètres environnementaux. Cette base permet de comparer la base réelle à une base dont les présence/absence des espèces seraient obtenues uniquement par l'influence des paramètres environnementaux, et excluant donc toute relation interspécifique ;
- pseudo-communautés issues de modèles nuls (Gotelli, 2000), représentant donc le résultat d'une distribution des espèces strictement due au hasard. Deux types de modèles nuls ont été utilisés selon la contrainte imposée aux bases obtenues : un modèle respectant la richesse du site et les occurrences d'espèces par rapport à la base réelle, et un modèle respectant uniquement les occurrences.

Les résultats montrent que la base de données réelles présente systématiquement un taux d'agrégation plus élevé (i.e. C-score inférieur) que celui obtenu pour les communautés virtuelles prédites par les différents modèles, sauf le modèle nul pour lequel la richesse des sites et les occurrences d'espèces étaient fixés. Les résultats ne concluent donc pas à une influence particulière des processus d'exclusion, mais pose la question du rôle fondamental que joue la richesse des sites sur le taux d'agrégation des espèces.

Une autre méthode aborde la mise en évidence de processus d'exclusion d'un point de vue plus fonctionnel. Elle se fonde sur le modèle d'assemblage des communautés proposé par Fox (1987), qui s'énonce assez simplement : une espèce a d'autant plus de chance d'intégrer une communauté qu'elle présente un groupe fonctionnel peu ou pas représenté dans cette communauté. Certaines communautés, présentant un nombre équilibré d'espèces par groupe fonctionnel sont jugées appartenir à un « état favorable », les autres appartenant à un « état défavorable ». Le nombre de communautés T appartenant à un état favorable est calculé, et comparé aux itérations obtenues par un modèle nul. Si le T observé dans la base de données étudiée est supérieur au T statistiquement obtenu par les différentes itérations du modèle nul, selon la théorie de Fox on peut penser que la compétition structure les communautés étudiées. Cette méthode à notre connaissance n'a pas été testée pour les diatomées, mais on peut se demander si le postulat sur lequel elle repose est valide pour ces communautés où il n'existe pas de relation de prédation entre elles.

Quoi qu'il en soit, il semble que les relations interspécifiques entre diatomées au sein des biofilms soient particulièrement difficiles à mettre en évidence, du moins selon une approche mathématique de bases de données de terrain. Nous voyons deux raisons principales à cela :

- En premier lieu le protocole expérimental : les relevés de diatomées consistent à prélever du biofilm sur plusieurs galets (environ 5) et à tout regrouper ensuite dans un flacon unique : difficile dans ces conditions de mettre en évidence des relations biotiques locales ;
- Ensuite le fait qu'à cette échelle les perturbations sont fréquentes (Reynolds, 2006), et interrompent les processus de compétition avant la survenue d'une extinction locale.

Nous avons donc choisi d'approfondir les recherches davantage vers la mise en évidence des processus de **dispersion spatiale neutre**, qui font l'objet du paragraphe suivant.

2.2.2b Patrons de répartition spatiale et dispersion neutre

Beaucoup d'espèces de diatomées présentent de larges aires de distribution, d'autres semblent limitées à certaines régions géographiques, ou sont même endémiques d'un habitat particulier. Malgré l'importance des diatomées benthiques comme bio-indicateurs, nous savons encore peu de choses sur leur distribution à grande échelle. Certains travaux appuient l'idée que les micro-organismes présentent des distributions à l'échelle biogéographique, sans pour autant que toutes les espèces soient omniprésentes au niveau mondial (Hillebrand et al., 2001; Heino et Soininen, 2005). En particulier, les processus historiques (colonisation, extinction, dispersion, migration) ont peut-être sous-tendu les tendances mondiales de la diversité des diatomées (Vyverman et al., 2007) ; ainsi Potapova et Charles (2002) ont démontré que les patrons de distribution de grande échelle (à l'échelle des USA toutefois), indépendamment des caractéristiques locales de l'environnement, ne peuvent pas être négligés. Mais à quels processus attribuer ces patrons ?

Nous avons tenté de mettre en évidence d'éventuels processus de dispersion neutre au sein de la base de données française [20]. Tout d'abord ont été établies des matrices de distances entre sites, du point de vue des communautés hébergées, du point de vue géographique (distances euclidiennes d'après les coordonnées géographiques) et du point de vue des caractéristiques du milieu. Les corrélations entre les dissimilarités des assemblages et les matrices environnementales et géographiques ont été testées par une méthode de régression multiple dérivée des analyses de Mantel (Lichstein 2007). Ensuite, la méthode des corrélogrammes de Mantel analyse la corrélation entre les dissimilarités floristiques et les distances géographiques, tout en contrôlant

les distances environnementales entre sites (Figure 7). Les résultats de ce calcul se basent sur des classes de distances géographiques (à vol d'oiseau). Plus les distances géographiques entre les communautés augmentent, plus le r de Mantel décroît, ce qui signifie que plus les communautés sont éloignées géographiquement, moins elles sont semblables. Les valeurs positives indiquent que les communautés au sein d'une classe de distance donnée sont plus semblables entre elles que l'environnement le laisserait penser. Inversement, des valeurs négatives indiquent que les communautés au sein d'une classe de distance donnée sont plus dissemblables entre elles que ce que prédirait l'environnement. La première valeur négative correspond à la distance minimale à partir de laquelle les communautés à l'intérieur d'une classe sont plus différentes que prédites. Les principaux résultats semblent ainsi montrer l'existence d'une structuration géographique pure significative des métacommunautés (même si moindre que celle des paramètres environnementaux), variable certainement selon la taille de la région étudiée et la connectivité du réseau hydrographique.

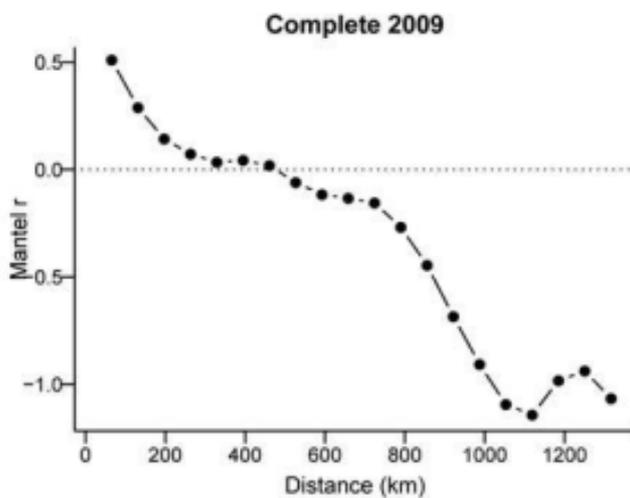


Figure 7 : Corrélogrammes de Mantel sur la base de données France entière (année 2009)

Un résultat intéressant montre également que l'influence de la structuration spatiale pure est plus forte parmi les communautés impactées que parmi les communautés de référence (voir la section « perspectives »).

Nous avons ensuite testé si cette dispersion géographique pouvait être mise en relation avec des patrons de nestedness (que l'on pourrait traduire comme « communautés emboîtées » en français) [20, 27], impliquant une forte influence des dynamiques de colonisation et d'extinction des espèces (Patterson et Atmar, 1986; Brualdi et Sanderson, 1999; Ulrich et Gotelli, 2007; Ulrich et al., 2009). Ce patron correspond au fait que les communautés les plus pauvres sont des sous-ensembles des communautés les plus riches (Figure 8).

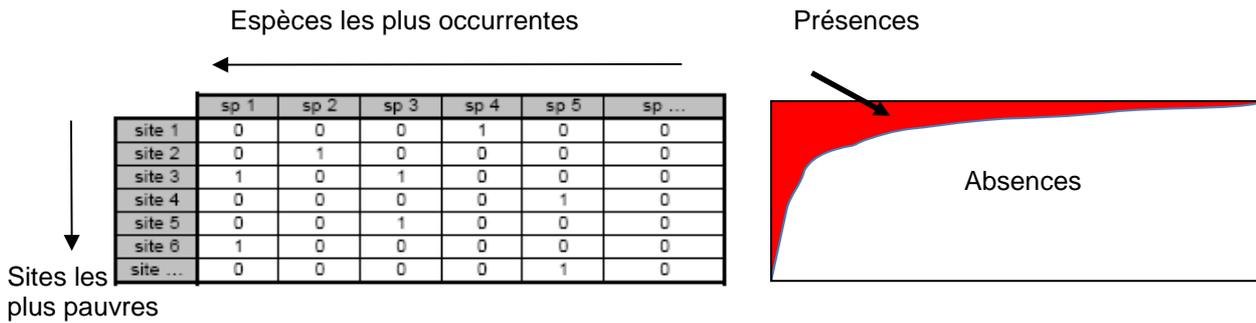


Figure 8 : La nestedness est un patron de répartition spatiale correspondant au fait que les communautés les plus pauvres sont des sous-ensembles des communautés les plus riches.

Le degré de nestedness au sein d'une méta-communauté peut être mesuré par l'indice NODF (Nestedness metric based on Overlap and Decreasing Fill, Almeida-Neto et al., 2008) tenant compte du chevauchement entre communautés. Cet indice est calculé pour la communauté réelle, et comparé aux résultats obtenus pour des communautés issues de modèles nuls. Dans notre base de données, le NODF calculé sur les données réelles était significativement plus élevé que ceux des matrices virtuelles obtenues par modèles nuls. D'autres études sur le sujet comme Soininen (2008), Schneck et al. (2011), Heino et al. (2011), ou encore Tornés et Ruhi (2013), ont également mis en évidence de tels patrons au sein des métacommunautés de diatomées.

Un fort degré de nestedness est à mettre en relation avec un fort taux d'agrégation (C-score bas) (Ulrich et Gotelli, 2007). Une hypothèse, quant à ce taux d'agrégation, est la suivante : certaines communautés très productives, notamment lorsque les nutriments ne sont pas limitants (conditions d'eutrophisation) essaient fortement les sites alentours. Ces communautés montrent une grande richesse spécifique, et abriteraient en particulier des espèces très communes et très abondantes. Ce sont ces espèces qui montreraient donc le plus fort taux de dispersion, et « s'agrègeraient » en formant des patrons de nestedness. De telles espèces, selon la classification de Gillett (2001), sont appelées « core species », auxquelles on oppose les « satellite species », peu abondantes et peu communes. La Figure 9 illustre ainsi la grande prédominance des « core species » en conditions impactées (eutrophisation d'origine anthropique du cours d'eau) [25].

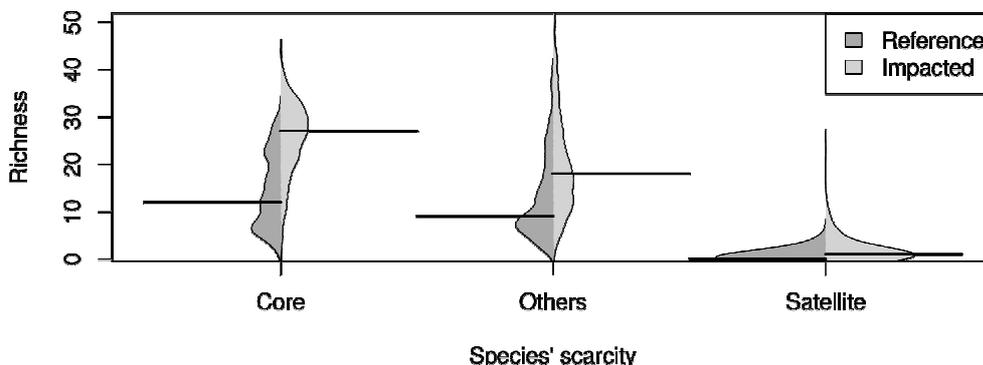


Figure 9 : Distribution de la richesse spécifique selon 3 types d'espèces (« core », « satellite », « others »), et selon des conditions de référence ou impactées. La barre horizontale représente la médiane des distributions.

Cette seconde partie du bilan de mes travaux évoque un thème de recherche encore très jeune dans l'équipe. Outre la thèse de M. Bottin qui a permis d'explorer le domaine, nous n'avons pas encore beaucoup de recul, mais cela nous a d'ores et déjà permis de nous insérer dans une dynamique de recherche internationale (Janne Soininen, Université d'Helsinki ; Sophia Passy, Université d'Arlington ; Didier Alard, Université de Bordeaux).

Afin de conforter cette dynamique, nous avons pu procéder au recrutement d'un chargé de recherche en écologie des communautés (Aurélien Jamoneau, depuis le 1^{er} avril 2014), qui permettra d'approfondir la thématique et de l'étendre aux autres maillons étudiés par l'équipe. Mes perspectives de recherche visent donc à approfondir le thème de la structuration spatiale des communautés de diatomées benthiques, en lien avec la dispersion neutre des espèces. A ce titre, l'étude de zones géographiques encore peu connues, l'Afrique notamment et les zones tropicales et/ou insulaires [50, 51], revêt un intérêt particulier. En effet ces zones abritent souvent une flore endémique, particulièrement intéressante concernant l'importance des processus de dispersion. J'ai dans cette perspective participé à l'encadrement de deux thèses s'intéressant au continent africain : Nadjla Chaïb en 2008 (Université de Skikda, Algérie) [16] et Richard Koffi N'Guessan (Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire) en 2013 [22]. Nous avons observé en Côte d'Ivoire un fort endémisme, découvert plusieurs espèces nouvelles (dont *Planothidium comperei* Wetzel, N'Guessan & Tison-Rosebery, Figure 10).

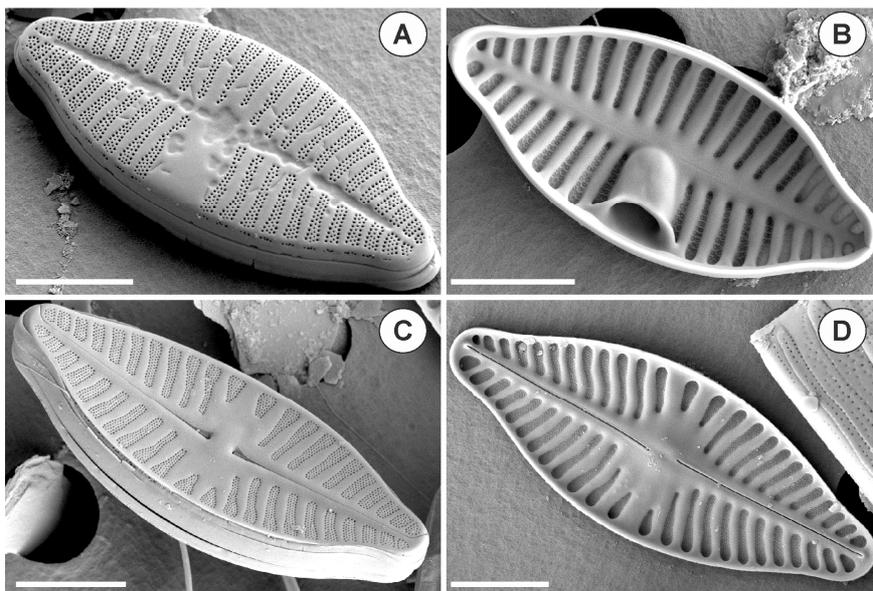


Figure 10 : Clichés au microscope électronique à balayage de *Planothidium comperei* Wetzel, N'Guessan & Tison-Rosebery.

Cet endémisme est observé dans les zones non impactées, alors que les sites anthropisés hébergent de nombreuses espèces cosmopolites. L'hypothèse selon laquelle les formes résistantes montreraient de très fortes capacités de dispersion (en comparaison des espèces sensibles) alimente nos questionnements en écologie théorique des communautés. Ceci pourrait plaider en faveur de la protection d'environnements rares, réservoirs d'espèces garants de la biodiversité même si jugés économiquement peu intéressants à première vue (notion de service écosystémique).

2.3 PERSPECTIVES DE RECHERCHE ET D'ANIMATION SCIENTIFIQUE

2.3.1 Biodiversité et vulnérabilité : l'apport du concept de dispersion géographique

Nous avons montré qu'au niveau du système hydrographique français, les communautés de diatomées, au-delà de leur sensibilité claire aux paramètres environnementaux, semblent également répondre à des lois d'agrégation géographique suivant des patrons dits de « nestedness ».

La mise en évidence de séquences de « nestedness » ou de « turnover » n'est pas neutre en termes de stratégies de conservation de la biodiversité. Une méta-communauté très influencée par la nestedness orientera les programmes de conservation vers la protection de certains habitats particulièrement riches, identifiés comme abritant/produisant le pool d'espèces régional (Tornés & Ruhi, 2013).

2.3.1a Etude approfondie du concept de nestedness

A l'heure actuelle, la littérature à ce sujet s'intéresse à deux aspects :

- quelle est l'échelle d'observation optimale, directement liée à la capacité de dispersion des espèces, pour mettre en évidence les patrons de nestedness ?
- quels facteurs génèrent ou influencent ce phénomène ?

Nous projetons d'appréhender ces deux aspects dans le cadre d'une thèse en co-direction avec l'Université d'Arlington, Texas (UTA), dont je partagerai la responsabilité avec Sophia Passy. Les données étudiées proviendront de France (métropole et DOM), des USA et de Finlande (participation au projet de J. Soininen, Université d'Helsinki).

Echelle d'observation

Nous avons choisi d'étudier une base de données d'échelle intercontinentale, car à notre connaissance, les travaux visant à appréhender les patrons de nestedness au sein des communautés de diatomées ne concernent que des zones géographiques assez réduites (Soininen, 2008). Sur d'autres maillons en revanche, la notion de « distance-decay relationships » (Soininen et al., 2007) a été mise en évidence, et considère qu'à grande échelle la similarité entre communautés décroît quand la distance intersites augmente. Ainsi la dimension géographique considérée par l'étude influe sur la richesse spécifique observée (Species-Area Relationships – courbes SAR) et le taux d'endémisme (Endemics-Area Relationships – courbes EAR) (Allen, 2003). A ce sujet la mesure de la distance intersites tient une place cruciale dans l'étude de la dispersion des espèces, et le choix du type de distance à utiliser dépend de l'échelle d'observation adoptée. Si jusqu'ici nous avons travaillé sur la base d'une distance euclidienne basée sur les coordonnées géographiques [20], il est certainement plus pertinent de se baser sur des distances réelles en terme de linéaire de cours d'eau (Altermatt et al., 2013). Certains auteurs introduisent de plus la notion d'orientation du flux : un site amont ne serait pas connecté à un autre site situé plus en aval, même s'il appartient au même cours d'eau (Liu et al., 2013). Ce concept sous-entend que la dispersion passive des diatomées est le vecteur unique ou du moins principal de dispersion, et néglige tout transport actif par les invertébrés et poissons. S'il peut s'avérer intéressant à une échelle d'observation restreinte (petit bassin versant), dans notre projet d'étude de la dispersion à une échelle intercontinentale, cet effort méthodologique semble peu pertinent. Nous comptons donc opter pour la mesure réelle de la distance entre deux sites, basée sur le linéaire de cours d'eau, en précisant si ces sites sont connectés, ou non. Deux sites connectés appartiennent au même paysage dendritique.

Facteurs influençant les patrons de nestedness

De nombreux travaux récents (Passy & Blanchet, 2007 ; Goldenberg Vilar et al., 2014) montrent que les perturbations d'origine anthropique affectent la diversité des communautés diatomiques, en altérant le pool régional d'espèces, et en altérant l'hétérogénéité des habitats. Goldenberg Vilar et al. (2014), ont notamment mis en évidence que l'eutrophisation affectait significativement les taux habituels de remplacement spécifiques (species turnover). Ainsi, les stress naturel et anthropique sélectionneraient différemment les espèces : un stress anthropique aurait tendance à exercer un effet sur la diversité bêta en favorisant les généralistes tolérants (séquences de nestedness) ; un stress d'origine naturelle impliquerait plutôt la sélection de traits spécialisés (species turnover) (Figure 11, d'après Gutiérrez-Cànovas et al., 2013).

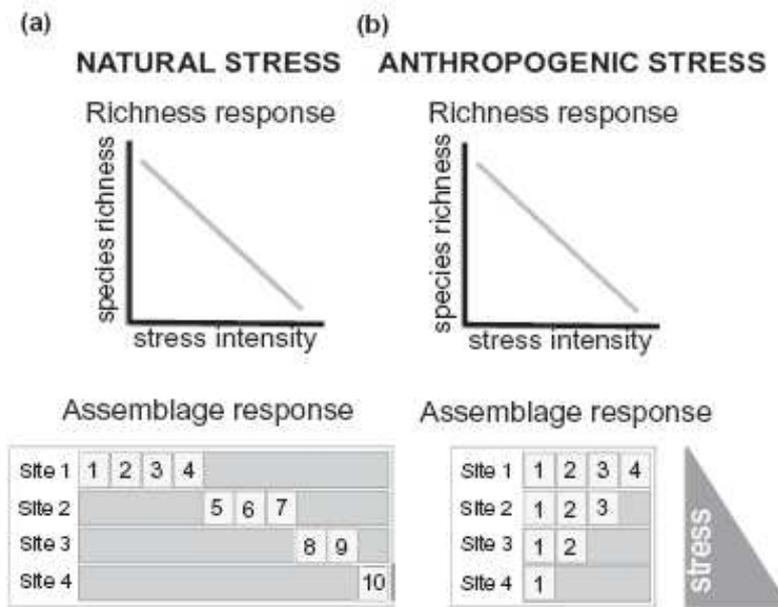


Figure 11 : patrons de sélection des espèces selon un stress d'origine naturelle (a) ou anthropique (b) (d'après Gutiérrez-Cànovas et al., 2013).

Dans la base de données intercontinentale que nous sommes en train de construire, nous pourrions appréhender différents gradients environnementaux d'origine naturelle ou anthropique, et notamment des gradients d'acidification, d'eutrophisation, ou hydrodynamiques.

Ainsi concrètement les recherches envisagées poursuivent les objectifs suivants :

-quel rôle joue la dispersion géographique neutre des espèces dans la biodiversité observée des communautés de diatomées ? Quelle est l'échelle géographique la plus adaptée à l'observation de cette biodiversité et de ses changements ?

-la pression d'origine anthropique, comme l'eutrophisation des cours d'eau, joue-t-elle un rôle négatif sur la biodiversité observée ? Est-ce en lien avec les patrons de nestedness ? Que peut-on en déduire en termes de vulnérabilité des espèces ?

2.3.1b La sensibilité des espèces à la dispersion neutre est-elle quantifiable ? Quels impacts sur les méthodes de bioindication actuelles ?

Le projet vise à :

-tester la possibilité de déterminer pour chaque espèce des valeurs de sensibilité à la dispersion ;
-pour une liste d'espèces clés, comparer cette sensibilité à la dispersion avec la notion de tolérance aux contaminants. Les deux notions sont-elles liées, indépendantes ? Peut-on utiliser cette nouvelle notion afin de rénover les méthodes actuelles de bio-indication ?

A la lumière des travaux menés au sein de l'équipe, concluant à l'existence de processus neutres de dispersion non négligeables (pouvant prendre la forme de patrons de nestedness) et particulièrement en conditions impactées, nous pouvons émettre l'hypothèse suivante : ces patrons spatiaux pourraient être directement en lien avec des niveaux de productivité. Certaines espèces semblent très compétitives en conditions modérément impactées, riches en nutriments (eutrophisation anthropique ou même naturelle), formant des communautés très riches et productives essaimant les sites aval. Ces espèces seraient donc plus en lien avec un niveau de productivité, qu'avec des conditions environnementales précises, et seraient massivement présentes du moment que le niveau trophique puisse soutenir la productivité de ces communautés (Logue and Lindström, 2008). Autrement dit leur présence ne serait pas fondamentalement affectée par le niveau d'eutrophisation, du moment que celui-ci est suffisant. Migrant et colonisant les sites aval connectés, ces espèces semblent se répartir selon des patrons de nestedness.

Or les méthodes de bio-indication actuelles attribuent à ces espèces des profils de taxons tolérants, car présentes dans des niveaux d'eutrophisation modérée à forte. Cette attribution est certainement une erreur, qui pourrait expliquer :

-le faible potentiel discriminant de l'Indice Biologique Diatomées en conditions intermédiaires de stress ;
-l'attribution à tort d'un caractère de résistance aux atteintes toxiques de certaines espèces comme *Achnanthis minutissimum*, espèce représentant typiquement de pool d'espèces dont la présence doit plutôt être reliée à un niveau de productivité qu'à une tolérance particulière aux conditions du milieu.

Un travail important doit porter sur la détermination d'une liste d'espèces très sensibles à la dispersion géographique, puis sur la révision de leur profil écologique en vue d'une révision des méthodes de bio-indication.

2.3.1c Dispersion neutre et modélisation des modifications d'aires de répartition dans le cadre du changement global

Dans la mesure où l'on parvient à disposer d'une métrique liée à la capacité d'une espèce à disperser, il devient possible de modéliser sa répartition géographique en fonction de différents scénarios d'évolution du milieu. La difficulté dans ce projet est de disposer de scénarios d'évolution de l'état écologique des cours d'eau en termes d'eutrophisation, d'acidification ou de débit notamment.

Deux solutions peuvent être envisagées :

-l'intégration à une zone atelier régionale, au sein de laquelle seraient développés des outils de modélisation à l'échelle décennale et pluri-décennale, intégrant l'évolution de l'hydrosystème sous l'influence du changement climatique (augmentation à l'échelle régionale des températures,

des événements extrêmes et diminutions des ressources en eau), et des activités anthropiques (modification de l'usage des sols, développement de l'urbanisation autour des grandes villes, réaménagements hydrauliques, augmentation des rejets industriels, agricoles et domestiques...). -l'intégration à un réseau international d'experts concernant l'impact des changements environnementaux mondiaux, comme le réseau ScenNet mis en place par P. Leadley (Université Paris Sud) dans le cadre de l'appel d'offre « Belmont » de l'IGFA/Belmont Forum.

A l'heure actuelle, nous projetons d'accueillir un post-doc sur ce sujet, dans le cadre de l'AO ANR JCJC 2015 « SPREADD » (SPecies' REpositioning Abilities: from Diatoms to Diadromous fish) dont j'aurai la responsabilité, co-encadré par l'équipe Poissons Migrateurs (PMA) (Géraldine Lassalle). En effet, le PRI "Potential for Repositioning Index" est une métrique en cours de développement au sein de l'équipe PMA, métrique qui permettra de catégoriser les espèces sur leurs capacités à se repositionner dans le contexte du réchauffement climatique sur la base de leurs caractéristiques intrinsèques. Cette métrique sera proposée avec une méthodologie permettant son application à une majorité de taxa. La première application de cette métrique se fera sur les poissons migrateurs amphihalins, puis le recrutement d'un post-doctorant permettrait de tester la généralité de la méthode, en mettant en place une application sur les diatomées (Figure 12). Cette application intégrerait les caractéristiques spécifiques des diatomées, notamment leur sensibilité à la dispersion.

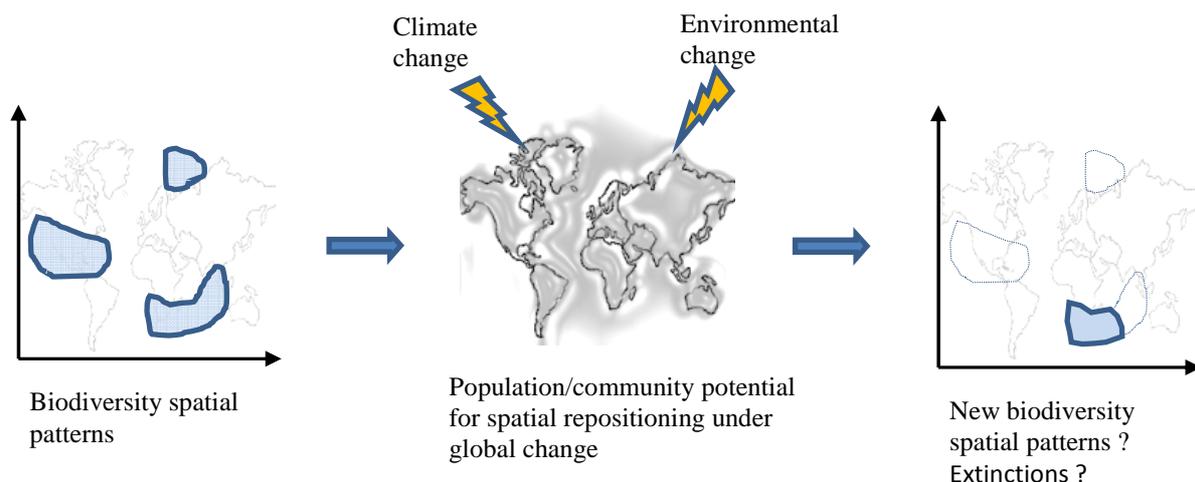


Figure 12 : Schéma illustratif du projet SPREADD soumis à l'AO ANR JCJC 2015.

2.3.2 Approche multimillons des relations biotiques

Nous avons vu que les relations biotiques au sein des communautés de diatomées étaient particulièrement complexes à investiguer. Une perspective peut donc être d'étudier l'influence d'autres maillons biologiques sur ces communautés, macrophytes, phytobenthos, phytoplancton et prédateurs étant constante interaction.

Ce projet associe recherche et animation d'équipe, car tout en visant à investiguer une question de fond quant aux facteurs biotiques influençant les communautés de diatomées, il a l'avantage d'être très fédérateur pour l'équipe et générateur de collaborations durables. Nous avons décidé de l'aborder au sein de systèmes lacustres ayant un fort intérêt patrimonial (lacs littoraux

aquitains), dans un contexte où la prise en compte du phytobenthos en plan d'eau est exigée par la Directive Cadre sur l'Eau [41].

Les lacs peu profonds soumis à l'eutrophisation subissent d'importantes modifications structurelles et fonctionnelles : la majeure partie de la production primaire passe notamment du compartiment benthique (macrophytes et phytobenthos) au compartiment phytoplanctonique (Vadeboncoeur, 2003). La production accrue de phytoplancton entrave la pénétration de la lumière, et impacte la composition de la flore macrophytique (réduction de la profondeur et de la surface de colonisation). En conséquence, la réduction de la végétation immergée est susceptible d'impacter la stabilité de l'écosystème : les macrophytes réduisent l'abondance du phytoplancton non seulement par compétition pour les nutriments (Barko & James, 1998), mais aussi en fournissant un habitat pour le zooplancton et les invertébrés brouteurs (Lauridsen et al., 1996). Le déclin de la flore macrophytique peut donc rendre un lac très vulnérable aux invasions phytoplanctoniques. Plusieurs études récentes ont mis en évidence cette réduction de richesse et d'abondance des macrophytes en fonction de l'élévation du taux de nutriments, avec de fortes répercussions sur la stabilité de l'écosystème (Sayer et al., 2010 ; Jeppesen et al., 2005)

Quand les communautés macrophytiques sont encore bien diversifiées, c'est-à-dire présentant des stratégies saisonnières diverses, il existe peu de fenêtres temporelles permettant au phytoplancton de se développer massivement. Mais l'enrichissement en nutriments réduisant l'abondance et la diversité des macrophytes, réduit également la diversité de leurs stratégies temporelles de développement, et facilite ainsi les proliférations phytoplanctoniques.

Le phosphore est en particulier responsable de ce phénomène, en étant le principal facteur limitant du développement phytoplanctonique. Kenney et al. (2014) ont notamment mis en évidence que le basculement d'une dominance de la flore lacustre par les macrophytes à une dominance par le phytoplancton était associée à une augmentation du taux de rétention du phosphore total, et une baisse de son temps de résidence.

On comprend donc qu'il existe un lien étroit entre le phosphore, les communautés benthiques (macrophytes, phytobenthos) et les communautés phytoplanctoniques.

Mais d'autres relations intermaillons peuvent encore être citées : le développement du phytoplancton diminue la quantité de lumière disponible pour les macrophytes, mais aussi pour les diatomées épiphytes (Sand-Jensen 1990), dont le développement est lui-même limité par celui des macrophytes (Kairesalo 1984). De nombreuses relations allélopathiques ont aussi été mises en évidence entre les macrophytes (et notamment les characées) et les algues microscopiques (diatomées épiphytes et phytoplancton) (Wium-Andersen et al. 1982; Jasser 1995; van Donk & van de Bund 2002; Erhard & Gross 2006; Vanderstukken et al. 2011). Enfin les prédateurs brouteurs des micro-organismes végétaux (micro-méiofaune) peuvent limiter la prolifération du phytoplancton et du phytobenthos, ainsi diminuer la pression de compétition et exercer un effet positif sur la diversité des communautés de macrophytes. Inversement, les communautés de macrophytes offrent un habitat et portent la ressource de ces communautés prédatrices.

Ce thème de recherche fédérateur a été confié à Aurélien Jamoneau, chargé de recherche en écologie des communautés récemment recruté dans l'équipe. Il schématise très clairement les relations explicitées plus haut par la figure ci-dessous (Figure 13) :

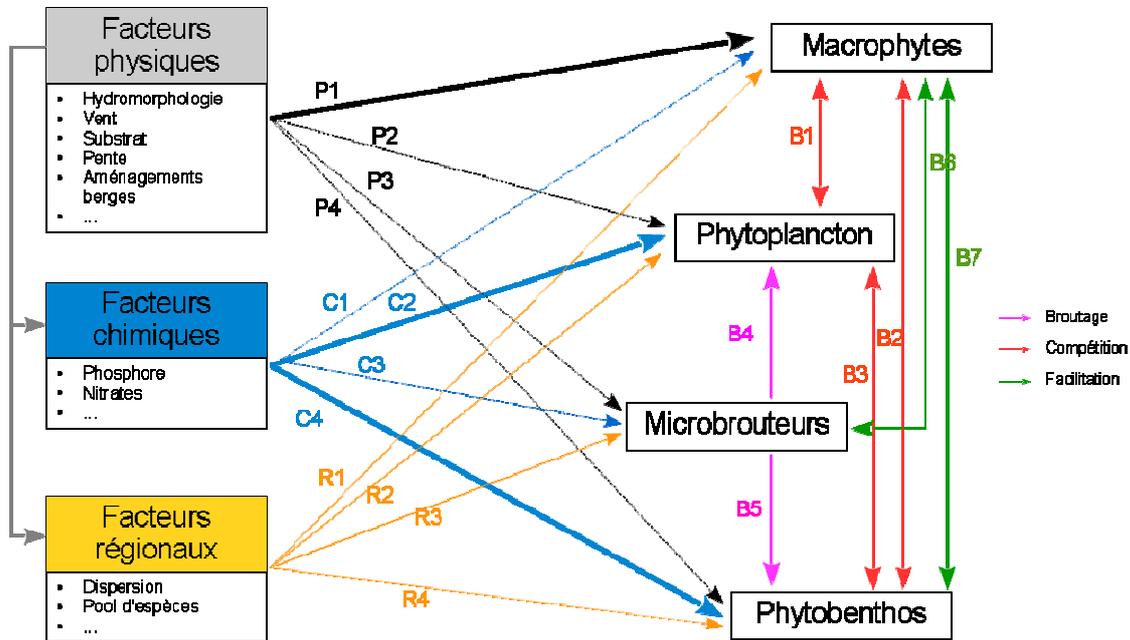


Figure 13 : Schéma hypothétique synthétique des relations biotiques entre les différents maillons et de l'influence probable des facteurs physiques, chimiques et régionaux sur chacun. La taille des flèches est fonction de leur importance supposée dans le système. Les flèches en pointillés représentent des relations faibles ou peu probables.

En conclusion de ce travail de synthèse de mes activités et perspectives scientifiques, je voudrais insister sur le défi que représente l'étude de l'écologie des communautés dans le cadre du changement global : augmentation de la pression trophique, toxique, climatique... la physiologie, l'écotoxicologie et la biogéographie sont plus que jamais des disciplines devant multiplier les ponts et les partages d'éclairages. Disposer de l'Habilitation à Diriger les Recherches, associée à l'animation d'une équipe pluridisciplinaire, représente pour moi la possibilité de participer à part entière à ce défi.

Références citées

- AFNOR 2007. Qualité de l'Eau. Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD) - Norme NF T90-354 Pages 63 editor^editors. Book Qualité de l'Eau. Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD) - Norme NF T90-354.
- Allen, A. P. & White, E. P., 2003. Effects of range size on species–area relationships. *Evolutionary Ecology Research* 5, 493–499.
- Almeida-Neto, M., P. Guimarães, P. Guimarães Jr., R. Loyola, and W. Ulrich, 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: Reconciling concept and measurement. *Oikos* 117(8), 1227–1239.
- Altermatt, F., Seymour, M., Martinez, N., 2013. River network properties shape alpha-diversity and community similarity patterns of aquatic insect communities across major drainage basins. *Journal of Biogeography* 40, 2249-2260.
- Bahls, L.L., 1993. Periphyton bioassessment methods for Montana streams. Water Quality Bureau, Department of Health and Environmental Sciences, Helena, MT.
- Barko, J.W. and James, W.F., 1998. Effects of submerged aquatic macrophytes on nutrient dynamics, sedimentation, and resuspension. p. 197-214. In (Jeppesen, Søndergaard, Søndergaard, and Christoffersen, eds.): *The structuring role of submerged macrophytes in lakes*. Springer Verlag New York.
- Battarbee, R.W., Smol, J.-P., and Meriläinen, J., 1986. Diatoms as indicators of pH: An historical review. In *Diatoms and Lake acidity.*, Volume 2, I.J.P.S.a. Ed., ed. (Dordrecht: Dr.W.Junk.Publ), pp. 5-14.
- Biggs, B.J.F., 1995. The contribution of flood disturbance, catchment geology and land use to the habitat template of periphyton in stream ecosystems. *Freshwater Biology*, 33: 419-38.
- Biggs, B. J. F., Stevenson R. J. and Lowe R. L., 1998. A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. *Archiv für Hydrobiologie*, 143(1): 21-56.
- Birks, H.J.B., Line, J.M., Juggins, S., Stevenson, A.C., and Braak, C.J.F.T., 1990. Diatom pH reconstruction. In *Palaeolimnology and Lake acidification.*, Volume B, R.W. Battarbee, S.J. Mason, I. Renberg and J.F. Talling, eds. (London: Phil. Trans. R. Soc. Lond.), pp. 263-278.
- Bray, J.R., and Curtis, J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325–349.
- Brualdi, R. A. and J. G. Sanderson, 1999. Nested species subsets, gaps, and discrepancy. *Oecologia* 119 (2), 256–264.
- Burkholder, J. M., Wetzel, R. G. and Klomparens, K. L., 1990. Direct comparison of phosphate uptake by adnate and loosely attached microalgae within an intact biofilm matrix. *Applied and environmental Microbiology*, 56: 2882-2890.
- Charles, D.F., Acker, F.W., Hart, D.D., Reimer C.W., Cotter, P.B., 2006. Large-scale regional variation in diatom-water chemistry relationships : rivers of the eastern United States. *Hydrobiologia*, 561: 27-57.
- Clements, F. E., 1916. *Plant Succession: An Analysis of the Development of Vegetation*. Number 242. Washington, DC: Carnegie institution of Washington.
- Coring, E., 1996. Use of diatoms for monitoring acidification in small mountain rivers in Germany with special emphasis on "diatom assemblage type analysis" (DATA). In *Use of Algae*

- for monitoring rivers II (B.A. Whitton and E. Rott, eds.). pp. 7-16, Studia Student. G.m.b.H.: Innsbruck Austria 17-19 Sept. 95.
- Descy, J.P. and Coste, M., 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Ver. Int. Verein. Theor. Angewandte Limnol.*, 24: 2112-2116.
- Dufrêne M. and Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-66.
- Eppley, R.W., 1977. The growth and culture of Diatoms. Oxford.: Blackwell Sci. Publ. 24-64. pp.
- Fore, L.S., Grafe, C., 2002. Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (U.S.A.). *Freshwater Biology*, 47: 2015-37.
- Fox, B. J., 1987. Species assembly and evolution of community structure. *Evolution and Ecology*, 1, 201-2013.
- Gleason, H. A. 1926. The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53 (1), pp. 7–26.
- Goldenberg Vilar, A., van Dam, H., van Loon, E. E., Vonk, J. A., ven Der Geest, H. G., Admiraal, W., 2014. Eutrophication decreases distance decay of similarity in diatom communities. *Freshwater Biology* 59(7), 1522-1531.
- Gotelli, N. J., 2000. Null model analysis of species co-occurrence patterns. *Ecology* 81(9), 2606–2621.
- Griffith, M. and B. Hill, 2002. Multivariate analysis of periphyton assemblages in relation to environmental gradients in Colorado Rocky Mountains streams. *Journal of Phycology*, 38(1): 83-95.
- Gutiérrez-Canovas, C., Millán, A., Velasco, J., Vaughan, J.P., Ormerod, S.J., 2013. Contrasting effects of natural and anthropogenic stressors on beta diversity in river organisms. *Global Ecology and Biogeography*, 22(7): 796-805.
- Huang, Z., T., D. Gedeon, and M. Nikraves, 2008. Pattern trees induction : A new machine learning method. *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 16(4), 958–970.
- Hubbell, S. P., 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton, USA : Princeton University Press.
- Heino, J. and Soininen, J., 2005. Assembly rules and community models for unicellular organisms: patterns in diatoms of boreal streams. *Freshwater Biology*, 50: 567-577.
- Heino, J., M. Grönroos, J. Soininen, R. Virtanen, T. Muotka, 2011. Context dependency and metacommunity structuring in boreal headwater streams. *Oikos* 521 (4), 534-544.
- Hill B, Herlihy A, Kauffman P, Stevenson R, McCormick F, Burch Johnson C., 2000. Use of periphyton assemblage data as an index of biotic integrity. *Journal of North American Benthological Society*, 19: 50-67.
- Hillebrand H., Watermann F., Karez R., Berninger U.G., 2001. Differences in species richness patterns between unicellular and multicellular organisms. *Oecologia*, 126, 114–124.
- Hubbell, S. P., 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton, USA : Princeton University Press.
- Izsak C. and Price A.R.G., 2001. Measuring β -diversity using a taxonomic similarity index, and its relation to spatial scale. *Marine Ecology Progress Series*, 215: 69-77.
- Jaccard, P., 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. vaud. Sci. Nat.*, 44: 223-270.

- Jeppesen, E., Sondergaard, M., Jensen, J. P., Havens, K. E., Anneville, O., Carvalho, L., Coveney, M. F., Deneke, R., Dokulil, M., Foy, B., Gerdeaux, D., Hampton, S. E., Hilt, S., Kangur, K., Köhler, J., Lammens, E. H., Lauridsen, T. L., Manca, M., Miracle, M. R., Moss, B., Nöges, P., Persson, G., Phillips, G., Porteilje, R., Schelske, C., Romo, S., Straile, D., Tatrai, I., Willen, E., Winder, M., 2005. Lake responses to reduced nutrient loading - an analysis of contemporary long-term data from 35 case studies. *Freshwater Biology* 50 (10), 1747-1771.
- Kelly, M. G. 1998, Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Water Research*, 32(1): 236-242.
- Kelly, M.G. and Whitton, B.A., 1995. The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7: 433-444.
- Kenney, W. F., Whitmore, T. J., Buck, D.G., Brenner, M., Curtis, J. H., Di J. J., Keney, P. L., Schelske, C. L., 2014. Whole-basin, mass-balance approach for identifying critical phosphorus-loading thresholds in shallow lakes. *Journal of Paleolimnology* 51, 515-528.
- Kohonen, T., 1995. *Self-Organizing Maps*, volume 30 of Springer Series in Information Sciences. Springer, Berlin, Heidelberg. (Second Extended Edition 1997)
- Lange-Berthalot, H., 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hewigia*, 64: 285-304.
- Lamberti, G.A., 1996. The role of periphyton in benthic food webs. In *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*, ed. R.J. Stevenson, M. Bothwell and R.L. Lowe, pp.533-72. San Diego, CA: Academic Press.
- Lauridsen, T.L., Junge Pedersen, L., Jeppesen, E. & Søndergaard, M., 1996. The Importance of Macrophyte Bed Size for Cladoceran Composition and Horizontal Migration in a Shallow Lake. - *Journal of Plankton Research* 18(12), 2283-2294.
- Lichstein, J. W., 2007. Multiple regression on distance matrices: A multivariate spatial analysis tool. *Plant Ecology* 188, 117-131.
- Leland H.V., 1995. Distribution of phytobenthos in the Yakima River basin, Washington, in relation to geology, land use and other environmental factors. *Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science*, 52:1108-29.
- Leland, H.V. and Porter, S.D., 2000. Distribution of benthic algae in the upper Illinois River basin in relation to geology and land use. *Freshwater Biology*, 44: 279-301
- Lichstein, J. W. 2007. Multiple regression on distance matrices: A multivariate spatial analysis tool. *Plant Ecology* 188: 117-131.
- Liu, J., Soininen, J., Han B.-P., Declerck S. A. J., 2013. Effects of connectivity, dispersal directionality and functional traits on the metacommunity structure of river benthic diatoms. *Journal of Biogeography* 40, 2238-2248.
- Logue, J. B. and Lindström E. S., 2008. Biogeography of bacterioplankton in inland waters. *Freshwater Reviews* 1(1): 99-114.
- Mulholland, P.J., 1996. Role of nutrient cycling in streams. In *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*, ed. R.J. Stevenson, M. Bothwell and R.L. Lowe, pp.609-39. San Diego, CA: Academic Press.
- Pan, Y. and R. Stevenson, 1996. Gradient analysis of diatom assemblages in western Kentucky wetlands. *Journal of Phycology* 32 (2), 222–232.

- Pan, Y., Stevenson R. J., Hill B. H., Kaufmann P. R. and Herlihy A. T., 1999. Spatial patterns and ecological determinants of benthic algal assemblages in mid-atlantic streams, USA. *Journal of Phycology*, 35: 460-468.
- Pan, Y., Stevenson R. J., Hill B. H. and Herlihy A. T., 2000. Ecoregions and benthic diatom assemblages in Mid-Atlantic Highlands streams, USA. *Journal of North American Benthological Society*, 19(3): 518-540.
- Passy, S. I., 2007. Diatom ecological guilds display distinct and predictable behaviour along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic Botany*, 86: 171-178.
- Passy, S. I. & Blanchet, F. G., 2007. Algal communities in human-impacted stream ecosystems suffer beta-diversity decline. *Diversity and Distributions* 13, 670-679.
- Passy, S. I. and Larson, C. A., 2011. Succession in stream biofilms is an environmentally driven gradient of stress tolerance. *Microbial Ecology* 62: 414-424.
- Patterson, B. D. and W. Atmar, 1986. Nested subsets and the structure of insular mammalian faunas and archipelagos. *Biological Journal of the Linnean Society* 28 (1-2), 65–82.
- Patrick, R., 1961. A study of the numbers and kinds of species found in rivers of the Eastern United States. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 113: 215-258.
- Peterson, C. G., 1996. Response of benthic algal communities to natural physical disturbance. In: Stevenson, R. J., Bothwell, M. L. and Lowe, R. L. (eds.): *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, San Diego, 375-402.
- Ponader, C.K., Charles D.F., Belton, T.J, Winter, D.M., 2008. Total phosphorus inference models and indices for coastal plain streams based on benthic diatom assemblages from artificial substrates. *Hydrobiologia*, 610:139–152.
- Potapova, M. G. and D. F. Charles, 2002. Benthic diatoms in USA rivers: distributions along spatial and environmental gradients. *Journal of Biogeography* 29, 167-187.
- Potapova, M.G., Charles D.F., Ponader, C.K., Winter, D.M., 2004. Quantifying species indicator values for trophic diatom indices: a comparison of approaches. *Hydrobiologia* 517: 25–41.
- Price, A., Keeling, M.J., and O'Callaghan, C.J., 1999. Ocean-scale patterns of "biodiversity" of Atlantic asseroids determined from taxonomic distinctness and other measures. *Biological Journal of the Linnean Society*, 66 : 187-203.
- Prygiel, J., Coste, M., Bukowska, J., 1999. Review of the major diatom-based techniques for the quality assessment in rivers – State of the art in Europe. In: J. PRYGIEL, B. A. WHITTON and J. BUKOWSKA, *Use of Algae for Monitoring Rivers III*. Agence de l'Eau Artois-Picardie ISBN 2-9502083-5-5.
- Rahoma, W.A., Rahoma, U.A., Hassan, A.H., 2011. Application of Neuro-Fuzzy Techniques for Solar Radiation. *Journal of Computer Science*, 7(10), 1605-1611.
- Reynolds, C., 2006. *Ecology of phytoplankton (ecology, biodiversity and conservation)*. Cambridge University Press.
- Rott, E., Duthie, H.C., and Pipp, E., 1998. Monitoring organic pollution and eutrophication in the Grand River, Ontario, by means of diatoms. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 1443-1453.
- Sabater, S. and Roca, J.R., 1992. Ecological and biogeographical aspects of diatom distribution in Pyrenean springs. *British Phycological Journal*, 27: 203-213.

- Sayer, C. D., Burgess, A., Kari, K., Davidson, T. A., Peglar, S., Andong Yang, H., Rose, N., 2010. Long-term dynamics of submerged macrophytes and algae in a small and shallow, eutrophic lake: implications for the stability of macrophyte-dominance.
- Schneck, F., A. Schwarzbald, and A. Melo, 2011. Substrate roughness affects stream benthic algal diversity, assemblage composition, and nestedness. *Journal of the North American Benthological Society* 30 (4), 1049–1056. *Freshwater Biology* 55, 565-583.
- Sladeczek V., 1986. Diatoms as Indicators of Organic Pollution. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 14: 555-66.
- Snyder EB, Robinson CT, Minshall GW, Rushforth RS., 2002. Regional patterns in periphyton accrual and diatom assemblages structure in a heterogeneous nutrient landscape. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 59: 564-77.
- Soininen, J., 2002. Responses of epilithic diatom communities to environmental gradients in some finnish rivers. *International revue of hydrobiology*, 87(1): 11-24.
- Soininen, J., and Niemela, P., 2002. Inferring the phosphorous level of rivers from benthic diatoms using weighted averaging. *Archiv für Hydrobiologie*, 154(1), 1-18.
- Soininen, J., McDonnald, R. and Hillebrand, H., 2007. The distance decay of similarity in ecological communities. *Ecography* 30(1), 3-12.
- Soininen, J., 2008. The ecological characteristics of idiosyncratic and nested diatoms. *Protist* 159 (1), 65–72. Soininen, J. et P. Niemela (2002). Inferring the phosphorus levels of rivers from benthic diatoms using weighted averaging. *Archiv Fur Hydrobiologie* 154 (1), 1–18.
- Stevenson, R.J., 1997. Scale-dependent determinants and consequences of benthic algal heterogeneity. *Journal of North American Benthological Society*, 16(1): 248-262.
- Stone, L. and Roberts, A., 1990. The checkerboard score and species distributions. *Oecologia* 85 (1): 74–79.
- Ter Braak, C.J.F. and Van Dam, H., 1989. Inferring pH from diatoms: a comparison of old and new calibration methods. *Hydrobiologia*, 178: 209-223.
- Tornès, E. and Ruhi, A. (2013). Flow intermittency decreases nestedness and specialisation of diatom communities in Mediterranean rivers. *Freshwater Biology* 58, 2555-2566.
- Tuchman, N.C. and R.J. Stevenson. 1991. Effects of selective grazing by snails on benthic algal succession. *Journal of North American Benthological Society*, 10(4): 430-443.
- Tuji, A., 2000. The effect of irradiance on the growth of different forms of freshwater diatoms: implications for succession in attached diatom communities. *Journal of Phycology*, 36: 659-661.
- Ulrich, W. and N. J. Gotelli, 2007. Null model analysis of species nestedness patterns. *Ecology* 88 (7), 1824–1831.
- Ulrich, W., M. Almeida-Neto, and N. J. Gotelli, 2009. A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos* 118 (1), 3–17.
- Vadeboncoeur, Y., E Jeppesen, M. Jake Vander Zanden, Hans-Henrik Schierup, Kirsten Christoffersen, and D.M. Lodge, 2003. From Greenland to green lakes: Cultural eutrophication and the loss of benthic energy pathways in lakes. *Limnology and Oceanography* 48, 1408-1418.
- van Dam, H., A. Mertens, and J. Sinkeldam, 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28 (1), 117–133.

Vyverman, W., E. Verleyen, K. Sabbe, K. Vanhoutte, M. Sterken, D. A. Hodgson, D. G. Mann, S. Juggins, B. van de Vijver, V. Jones, R. Flower, D. Roberts, V. A. Chepurnov, C. Kilroy, P. Vanormelingen, and A. de Wever. 2007. Historical processes constrain patterns in global diatom diversity. *Ecology* 88, 1924 – 1931.

Warwick R. M. and Clarke K. R., 1995. New ‘‘biodiversity’’ measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*, 129: 301–305.

Wasson JG, Chandesris A. et Pella H., 2002. Définition des hydro-écorégions de France métropolitaine. Approche régionale de typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d’invertébrés. Technical report, Cemagref Lyon BEA/LHQ, 190pp.

Weiher, E. and P. Keddy (eds.), 1999. *Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 418 p.

Yuan, Y. and Shaw, M.J., 1995. Induction of fuzzy decision trees. *Fuzzy Sets Syst.* 69, 125 – 139

3. INFORMATIONS DETAILLEES COMPLEMENTAIRES

3.1 Publications, ouvrages et chapitres d'ouvrages

- (1) TISON, J., M. COSTE, F. DELMAS, J. L. GIRAUDEL & S. LEK (2003) - Typologie des assemblages diatomiques du bassin Adour-Garonne (France) par l'utilisation combinée d'un réseau artificiel de neurones (Algorithme de Kohonen) et de l'indice de structuration. In (Eds.) *Soc Sci.Nat. Ouest Fr. 2° Suppl. Hors ser. Actes du 21ème Colloque de l'ADLaF, Nantes, 10-13 sept.2002*, 216-229
- (2) TISON, J., J.-L. GIRAUDEL, M. COSTE, Y. S. PARK & F. DELMAS (2004) - Use of unsupervised neural networks for eco-regional zonation of hydrosystems through diatom communities : case study of Adour-Garonne watershed (France). *Arch. Hydrobiol.* 159 (3): 409-422.
- (3) TISON, J., J. L. GIRAUDEL, Y.-S. PARK, M. COSTE & F. DELMAS (2005) - Classification of stream diatom communities using a self-organizing map. In S. LEK, M. SCARDI, P. F. M. VERDONSCHOT, J.-P. DESCY & Y. S. PARK, *Modelling Community structure in freshwater ecosystems.*, Springer, **5.5.**: 304-316.
- (4) TISON, J., Y. S. PARK, M. COSTE, J.G. WASSON, L. ECTOR, F. RIMET, F. DELMAS (2005) – Diatom community variability and hydro-ecoregions: a French assessment. *Water Research*, 39: 3177-3188.
- (5) GOSSELAIN, V., S. CAMPEAU, M. GEVREY, M. COSTE, L. ECTOR, F. RIMET, J. TISON, F. DELMAS, Y.-S. PARK, S. LEK, et al. (2005) - Diatom typology of low-impacted conditions at a multi-regional scale : combined results of multivariate analyses and SOM. In S. LEK, M. SCARDI, P. F. M. VERDONSCHOT, J.-P. DESCY & Y. S. PARK, *Modelling Community structure in freshwater ecosystems.*, Springer, **5.6.**: 317-342.
- (6) PARK, Y.-S., J. TISON, S. LEK, GIRAUDEL J.-L., M. COSTE, & F. DELMAS (2006) - Application of a self-organizing map to select representative species in multivariate analysis: A case study determining diatom distribution patterns across France. *Ecological Informatics*, 1:247-257.
- (7) RIMET, F., E. BERTUZZI, M. CANTONATI, C. CAPPELLETTI, F. CIUTTI, A. CORDONIER, M. COSTE, J. GOMA, J. TISON, L. TUDESQUE, et al. (2007) - Benthic diatoms in rivers with altitudes over 800 m in Europe: Characterisation of the key assemblages, correspondence with ecoregions. *Diatom Research*, 22(1): 147-188.
- (8) TISON, J., Y.-S. PARK, M. COSTE, J.-G. WASSON, F. RIMET, L. ECTOR, F. DELMAS (2007) – Predicting diatom reference communities at the french hydrosystem scale : a first step towards the definition of the good ecological status. *Ecological Modelling*, 203(1-2): 99-1018.
- (9) TISON, J., J.-L. GIRAUDEL (2008) - Evaluating the ecological status of rivers using an index of ecological similarity: application to diatom communities. *Ecological Indicators*, 8:285-291.

- (10) COSTE, M., BOUTRY, S., TISON-ROSEBERY, J.*, DELMAS F. (2009) - Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI-2006). *Ecological Indicators*, 9(4), 621-650.
- (11) MONNIER O., COSTE M., ROSEBERY J. (2009) - Une classification des taxons de l'Indice Biologique Diatomées (IBD, norme AFNOR NF T90-354, décembre 2007). *Diatomania*, 13, 17-47.
- (12) KELLY M., C. BENNETT, M. COSTE, C. DELGADO, F. DELMAS, L. DENYS, L. ECTOR, C. FAUVILLE, M. FERRÉOL, M. GOLUB, A. JARLMAN, M. KAHLERT, J. LUCEY, B. NÍ CHATHÁIN, I. PARDO, P. PFISTER, J. PICINSKA-FALTYNOWICZ, J. ROSEBERY, C. SCHRANZ, J. SCHAUMBURG, H. VAN DAM & S. VILBASTE (2009) - A comparison of national approaches to setting ecological status boundaries in phytobenthos assessment for the European Water Framework Directive: results of an intercalibration exercise. *Hydrobiologia* 621: 169-182.
- (13) ARCHAIMBAULT, V., ROSEBERY, J., MORIN, S. (2010) - Traits biologiques et écologiques, intérêt et perspectives pour la bioindication des pollutions toxiques. *Sciences Eaux & Territoires*, 1:46-51.
- (14) ROSEBERY, J., MORIN, S. (2011) - L'indice biologique diatomées et la bio-indication des pollutions toxiques. *Adour Garonne* 114:14.
- (15) KAHLERT, M., KELLY, M.G., · ALBERT, R-L., ALMEIDA, S.F.P., ·BESTA, T., BLANCO, S., · COSTE, M., · DENYS, L., ECTOR, E., FRANKOVA, M., HLUBIKOVA, D., ·IVANOV, P., KENNEDY, B., MARVAN, P., ·MERTENS, A., ·MIETTINEN, J., ·PICINSKA-FALTYNOWICZ, J. TISON-ROSEBERY, J., TORNÉS, E., ·VILBASTE, S., ·VOGEL, A. (2012) - Identification versus counting protocols as sources of uncertainty in diatom-based ecological status assessments. *Hydrobiologia* 695: 109-124.
- (16) CHAÏB, N. and TISON-ROSEBERY, J. (2012) - Water quality assessment and application of the Biological Diatom Index on an Algerian hydrosystem: the Kebir-East wadi. *African Journal of Aquatic Science*, 37(1): 59-69.
- (17) KELLY, M.G., GOMEZ-RODRÍGUEZ, C., KAHLERT, M., ALMEIDA, S., BENNETT, C., BOTTIN, M., DELMAS, F., DESCY, J.P., DÖRFLINGER, G., KENNEDY, B., MARVAN, P., OPATRILOVA, L., PARDO, I., PFISTER, P., TISON-ROSEBERY, J., SCHNEIDER, S., VILBASTE, S. (2012) - Establishing expectations for pan-European diatom based ecological status assessments. *Ecological Indicators*, 20: 177-186.
- (18) ROUBEIX, V., FAUVELLE, V., TISON-ROSEBERY, J., MAZZELLA, N., COSTE, M., DELMAS, F. (2012) - Assessing the impact of chloroacetanilide herbicides and their metabolites on periphyton in the Leyre River (SW France) via short term growth inhibition tests on autochthonous diatoms. *Journal of Environmental Management*, 14(6): 1655-1663.
- (19) BOTTIN, M., GIRAUDEL, J.-L., LEK, S., TISON-ROSEBERY, J. (2013) - *diatSOM*: a R-package for diatom biotypology using self-organizing maps. *Diatom Research*, 29(1): 5-9.
- (20) ALMEIDA, S., ELIAS, C., FERREIRA, J., TORNÉS, E., PUCINELLI, C., DELMAS, F., DÖRFLINGER G., URBANIČ, G., MARCHEGGIANI, S., ROSEBERY, J., MANCINI, L.,

SABATER, S., 2013. Water quality assessment of rivers using diatom metrics across Mediterranean Europe: A methods intercalibration exercise. *Science of the Total Environment*, 476-477: 768-776. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.144>.

(21) BOTTIN, M., SOININEN, J., FERREOL, M. and TISON-ROSEBERY, J., 2014. Do spatial patterns of benthic diatom assemblages vary across regions and years? *Freshwater Science*, 33: 402-416.

(22) N'GUESSAN, R., ECTOR, L., WETZEL, C., COSTE, M. and TISON-ROSEBERY, J., 2014. Diatom biodiversity in a tropical watershed (Ivory Coast) influenced by monsoon regimes, with taxonomical note on *Planothidium miotum*. *Plant Ecology and Evolution*, in press.

(23) KELLY, M., URBANIC, G., ACS, E., BENNION, H., BERTRIN, V., BURGESS, A., DENYS, L., GOTTSCHALK, S., KAHLERT, M., KARJALAINEN, S.M., KENNEDY, B., KOSI, G., MARCHETTO, A., MORIN, S., PICINSKA-FAŁTYNOWICZ, J., POIKANE, S., ROSEBERY, J., SCHOENFELDER, I., SCHOENFELDER, J., VARBIRO, G., 2014. Comparing aspirations: intercalibration of ecological status concepts across European lakes for littoral diatoms. *Hydrobiologia*, 734: 125-141.

(24) LAINE, M., MORIN, S. and TISON-ROSEBERY, J., 2014. A multicompartiment approach - diatoms, macrophytes, benthic macroinvertebrates and fish - to assess the impact of toxic industrial releases on a small French river. *Plos One*, 9(7): e102358.

(25) BOTTIN, M., ALARD, D., SOININEN, J., LEK, S., COSTE, M. and TISON-ROSEBERY, J. Species-by-species prediction of diatom assemblages reveals the importance of non-environmental processes. *Journal of Biogeography*, in prep.

(26) GUEGUEN, J., ANTUNES, N., TISON-ROSEBERY, J., BOTTIN, M.. Using Pattern trees and fuzzy classes of abundance provide an insight into diatom species autecology. *Ecological Modelling*, accepté avec révisions.

(27) MORIN, S., GOMEZ, N., TORNÉS, E., LICURSI, M., TISON-ROSEBERY, J. Biofilms and pollution - Benthic diatoms as biomonitors of water quality: standard methods and future challenges. Soumis à *Aquatic Biofilms: Ecology, Water Quality and Wastewater Treatment* (Eds A.M. Romani et al.), Horizon Scientific Press - Caister Academic Press.

3.2 Activités d'études, d'expertises et de valorisation, nationales et internationales, en direction du monde socio-économique et des pouvoirs publics

– expertise

(28) COSTE, M., TISON, J., DELMAS, F. (2002) - Impact de 6 produits sur les communautés de diatomées épilithiques des rivières pilotes de Lacq. Interactions d'ordre 2. Rapport Phase II-2 - Relevés biologiques. Cemagref UR Qualité des eaux Bordeaux- GRL ELF Atochem, 7 pages + annexes

(29) COSTE, M., TISON, J., DELMAS, F. (2002) - Relations entre les conditions climatiques et les réponses hydrologiques; impacts sur la qualité chimique des eaux et les fonctionnements

hydrobiologiques. Communautés algales de l'Alignon et de la Goudesche (Bassin versant du Haut Tarn) - Rapport liminaire. Parc National des Cévennes - Cemagref GMA Bordeaux, 27 p.

(30) COSTE, M., TISON, J., ROCHE, B., DELMAS, F. (2003) - Qualité des eaux des rivières corses estimée à l'aide des diatomées benthiques. DIREN Sema Corse- Cemagref QEBX, 90 p.

(31) COSTE, M., TISON, J., DELMAS, F. (2004) - Etude intégrée des ressources en eau et des fonctionnements hydrobiologiques sur le bassin versant du Haut-Tarn. Volet d'étude "Communautés diatomiques de l'Alignon et de la Goudesche". Rapport final. Parc National des Cévennes - Cemagref QEBX, Etude n° 138 : 62p.

(32) TISON-ROSEBERY, J., COSTE, M., de BASQUIAT, M. (2008) - Qualité de l'eau des rivières de Corse estimée à l'aide des diatomées. Etude des 9 stations du réseau de référence et des 21 stations du réseau de surveillance. 20 p.

(33) TISON-ROSEBERY, J., MORIN, S., CHAUVIN, C., LIEBIG, H., HUPIN, C., RENARD, V., BERTRIN, V., BONNET, M., BOUDIGUES, M., JAN, G., MOREIRA, S., REBILLARD, J.-P. (2010). Impact des rejets de l'établissement Manufacture Landaise de Produits Chimiques (MLPC) sur le Luzou. Convention Cemagref / Agence de l'Eau Adour-Garonne, 188 p.

(34) MORIN, S., ROSEBERY, J. (2012) - Suivi hydrobiologique du Luzou, année 2012. Communautés de diatomées benthiques. Agence de l'Eau Adour-Garonne, 13 p.

(35) MORIN, S., ROSEBERY, J. (2013) - Suivi hydrobiologique du Luzou, année 2013. Communautés de diatomées benthiques. Agence de l'Eau Adour-Garonne, 15 p.

– activités d'appui à la décision publique

(36) TISON, J., COSTE, M., DELMAS, F. (2005).- Flores diatomiques des cours d'eau : proposition de valeurs limites du « Bon Etat » pour l'IPS et l'IBD. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Direction de l'Eau : 20 p.

(37) COSTE, M., BOUTRY, S., TISON, J., DELMAS, F. (2006).- Proposition d'une nouvelle version de l'Indice Biologique Diatomées. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Direction de l'Eau : 12 p.

(38) KELLY, M. (Coordinator) & al (dont COSTE, M., TISON, J., DELMAS, F.) (2007) - Central/Baltic Geographical Intercalibration Group : Phytobenthos Intercalibration Exercise : Final Report - 15/03/2007, 59 p.

(39) OFENBOECK, G. (Coordinator) & al (dont COSTE, M., TISON, J., DELMAS, F.) (2007) - Alpine Geographical Intercalibration Group : Phytobenthos Intercalibration Exercise : Final Report – 31-05-2007, 6 p.

(40) TISON, J. (Coordinator) & al (dont COSTE, M., DELMAS, F.) (2007) - Mediterranean Geographical Intercalibration Group : Phytobenthos Intercalibration Exercise : Final Report – 30-05-2007, 16 p.

(41) MORIN, S., VALADE, D., TISON-ROSEBERY, J., BERTRIN, V., CELLAMARE, M., DUTARTRE, A. (2010) - Utilisation du phytobenthos pour la bioindication en plans d'eau – Etat de l'art des méthodes disponibles et test de métriques sur les plans d'eau aquitains. Convention Onema-Cemagref / Action 15, 56 p.

- (42) ROUSSEL, F., TISON-ROSEBERY, J., COSTE, M. (2010) - Etude de la variabilité inter et intra opérateur de la note d'Indice Biologique Diatomée 2007 : Résultats des exercices d'intercomparaison. Convention Onema-Cemagref / Action 14, 26p.
- (43) TISON-ROSEBERY, J., MORIN, S., COSTE, M. (2010) - Traits biologiques et écologiques comme descripteurs synthétiques des communautés diatomiques. Etat de l'art et premiers tests de métriques. Convention Onema-Cemagref / Action 14, 24p.
- (44) TISON-ROSEBERY, J., COSTE, M. et experts DREAL (2010) - Guide iconographique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées NF-T 90-354, version provisoire juin 2010. Convention Onema-Cemagref / Action 14.
- (45) MORIN, S., TISON-ROSEBERY, J., DELMAS, F., COSTE, M. (2011) - Effet des métaux sur les communautés de diatomées d'eau douce. Etat de l'art et test de métriques sur un jeu de données français. Convention Onema-Cemagref, 46 p.
- (46) TISON-ROSEBERY, J., BOTTIN, M., COSTE, M., DELMAS, F. (2011) - Typologie des flores diatomiques de référence et seuils d'état écologique à partir des notes d'IBD2007 : Révision sur la base des données issues du Réseau de Référence et du Réseau de Contrôle et de Surveillance. Convention Onema-Irstea / Action 14, 17p.
- (47) TISON-ROSEBERY, J., BOTTIN, M., GUEGUEN, J., ANTUNES, N., DELMAS, F. (2011) - Utilisation des Pattern Trees pour l'étude des relations entre traits écologiques et biologiques des diatomées et paramètres environnementaux. Convention Onema-Irstea / Action 14, 27 p.
- (48) TISON-ROSEBERY, J., MORIN, S. (2011) - L'indice biologique diatomées et la bio-indication des pollutions toxiques. *Adour Garonne* 114: 14.
- (49) PRIETO-MONTES, M., FERREOL, M., CHANDESRIS, A., TISON-ROSEBERY, J., CHAUVIN, C. (2012) - Bilan technique des résultats du réseau de référence 2005-2010 : évaluation de la qualité écologique des cours d'eau de référence. Convention Onema-Irstea.
- (50) BOUTRY, S., GASSIOLE, G., ROSEBERY, J., GIRAUDEL, J.L., PERES, F., COSTE, M., DELMAS, F. (2012) - Mise au point d'un indice diatomique pour les cours d'eau de la Réunion (IDR) : Rapport final sur la démarche d'élaboration de l'indice. Office de l'Eau de la Réunion, Onema, 128p.
- (51) GUEGUEN, J., EULIN, A., LEFRANCOIS, E., BOUTRY, S., ROSEBERY, J., COSTE, M., DELMAS, F. (2012) - Programme d'étude et de recherche 2009-2012. Mise au point d'un indice de bioindication de la qualité de l'eau des cours d'eau antillais à partir des diatomées : Rapport Final. Office de l'Eau et Deal Martinique et Guadeloupe, 205p.
- (52) J.GUEGUEN, J., ANTUNES, N., ROSEBERY, J., BOTTIN, M. (2013) - Utilisation des Pattern Trees pour l'étude des préférences écologiques des diatomées benthiques des cours d'eau français. Convention Onema-Irstea, 25p.
- (53) REYJOL, Y., SPYRATOS, V., BASILICO, L., ARCHAIMBAULT, V., ARGILLIER, C., BERTRIN, V., BOUTRY, S., CHAUVIN, C., DELAIGUE, O., DELMAS, F., DUTARTRE, A., GEVREY, M., LAPLACE-TREYTURE, C., MENAY, M., MORIN, S.,

PONT, D., ROSEBERY, J., USSEGLIO-POLETERA, P., MONDY, C., BOUCHEZ, A., CAQUET, T., RIMET, F., ROUCAUTE, M., MONNIER, O., STROFFEK, S., GENIN, B. (2013) - Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques - Perspectives en vue du 2e cycle DCE - Eaux de surface continentales. Reyjol, Y. (coord.), Onema, France, 56 p.

3.3 colloques, congrès, séminaires

(54) ECTOR, L., F. RIMET, L. TUDESQUE, L. HOFFMANN, M. GEVREY, Y. PARK, J.-L. GIRAUDEL, S. LEK, M. COSTE, J. TISON, et al. (2001) - Prédiction de la qualité des écosystèmes aquatiques par l'utilisation des réseaux neuronaux artificiels : présentation du projet européen PAEQANN et des premiers résultats sur les communautés de diatomées benthiques du bassin de la Loire (Massif Central, France). In B. V. d. VIJVER (Eds.) *20eme Colloque de l'ADLAF Anvers 11-14 Sept. 2001* -Oral comm.

(55) GIRAUDEL, J. L., J. TISON, M. COSTE & F. DELMAS (2001) - Application of the Self Organizing Map algorithm to diatoms sampled from 1979 to 1998 in Adour Garonne basin : the use for database structuring. In (Eds.) *International Workshop on parameter selection in modelling aquatic community structure., Namur Belgium 15-16 Sept. 2001*.

(56) TISON, J., M. COSTE, F. DELMAS, J. L. GIRAUDEL & S. LEK (2002) - Typologie des assemblages diatomiques du bassin Adour-Garonne (France) par l'utilisation combinée d'un réseau artificiel de neurones (Self Organizing Map algorithm) et du Structuring Index. In D. GUILLARD, M. NAZART & Y. RINCE (Eds.) *21ème Colloque de l'ADLaF 10-13 sept. 2002, Nantes*, Oral Comm.

(57) TISON, J., J. L. GIRAUDEL, M. COSTE & F. DELMAS (2002) - Application of Self Organizing Map algorithm combined with the Structuring Index to study diatom assemblages. 3rd conference of the International Society for ecological informatics Rome 26-30 August 2002, Oral Comm.

(58) TISON, J., M. COSTE, F. DELMAS, Y.-S. PARK, L. ECTOR & F. RIMET (2003) - Variabilité naturelle des communautés diatomiques et effet des altérations : travail sur la base des hydroécorégions de France. In (Eds.) *22ème Colloque de l'ADLaF, Espot (Espagne) 9-12 Sept. 2003*, Poster

(59) TISON, J., M. COSTE, F. DELMAS, J. L. GIRAUDEL & S. LEK (2003) - Typologie des assemblages diatomiques du bassin Adour-Garonne (France) par l'utilisation combinée d'un réseau artificiel de neurones (Algorithme de Kohonen) et de l'indice de structuration. In Sté. Nat. *Ouest de la France (Eds.) Actes du 21ème Colloque de l'ADLaF, Nantes 10-13 Sept. 2002 - 2ème suppl. Hors ser. Soc. Bot. Nat. de l'Ouest de la France, Nantes, 2eme part.: 216-229*

(60) GEVREY, M., V. GOSSELAIN, Y.-S. PARK, P. DIDATO, M. SCARDI, J. TISON, M. COSTE, F. RIMET, L. ECTOR, J.-P. DESCY, et al. (2003) - Patterning and predicting diatom assemblages to define water quality in Europe. In (Eds.) *SEFS 3*, oral comm.

(61) GOSSELAIN, V., M. COSTE, S. CAMPEAU, F. DELMAS, L. ECTOR, C. FAUVILLE, M. KNOFLACHER, M. LICURSI, F. RIMET, J. TISON, et al. (2003) - A large-scale European benthic diatom database: structure and application for the auto-ecology of taxa. In (Eds.) *Symposium Biodiversité en l'Honneur de H. DUMONT, Bruxelles 11-14 Aout 2003*, oral comm.:

- (62) GOSSELAIN, V., S. CAMPEAU, M. GEVREY, M. COSTE, L. ECTOR, Y.-S. PARK, J. TISON, F. RIMET, S. LEK, J.-P. DESCY. (2003) – Diatom typology of reference conditions at a large scale: European levell (PAEQANN). Combined results of multivariate analysis and self organizing maps. Actes du 3rd Symposium for European Freshwater Sciences, Edimburg, Angleterre.
- (63) GOSSELAIN, V., P. Y.-Seuk, M. GEVREY, M. COSTE, F. DELMAS, L. ECTOR, F. RIMET, J. TISON, M. SCARDI, S. LEK, et al. (2003) - European multi-regional scale typology and prediction of river benthic diatoms. *In (Eds.) Session 6. Biodiversité et réseaux trophiques dans les écosystèmes d'eau douce : Modèles de prédiction de la biodiversité des communautés aquatiques ; impacts des facteurs environnementaux., CILEF Montreal 28-29 Juillet 2003*, oral comm.
- (64) RIMET, F., E. BERTUZZI, M. CANTONATI, C. CAPELLETTI, F. CIUTTI, A. CORDONNIER, M. COSTE, J. GOMA, L. TUDESQUE, J. TISON, et al. (2003) - Répartition des assemblages de diatomées dans des cours d'eau d'altitude élevée en Europe occidentale: implications pour le typologie. *In (Eds.) 46ème Colloque Assoc Française de Limnologie (AFL) Biodiversité des écosystèmes aquatiques, Metz 15-18 Dec.03*, Oral comm. & poster
- (65) PARK, Y.-S., J. TISON., M. COSTE & F. DELMAS (2004) - Patterning diatom communities at different land cover types using self-organizing Map. *In ISEI (Eds.) 4th Conference of The International Society for Ecological Informatics, BEXCO, Busan, Korea 24-28 October 2004*, MO-A2-2:31, Oral comm..
- (66) COSTE, M., J. TISON, B. ROCHE & F. DELMAS (2004) - Communautés diatomiques de quelques rivières corses et diagnostic des qualité d'eau. *In (Eds.) 23ème Colloque de l'ADLaF, Orléans France 13-16 Sept.2004 liste des résumés et Programme. Oral Comm., Orléans, 50*
- (67) RIMET, F., E. BERTUZZI, M. CANTONATI, C. CAPELLETTI, F. CIUTTI, A. CORDONNIER, M. COSTE, J. GOMA, J. TISON, L. TUDESQUE, et al. (2004) - Distribution of benthic diatom assemblages in high altitude rivers in Europe: implications for the typological System A of the European Water Framework Directive. *In (Eds.) 14th Hungarian Algological Meeting. Göd - Budapest (Hungary), 5-9 Avril 2004*, poster.
- (68) RIMET, F., E. BERTUZZI, M. CANTONATI, C. CAPELLETTI, F. CIUTTI, A. CORDONNIER, M. COSTE, J. GOMA, J. TISON, L. TUDESQUE, et al. (2004) - Repartition of diatom assemblages in rivers of high altitude in Western Europe: implications for the typological System A of the Water Framework Directive. *In (Eds.) 19th SIL congress. Lahti (Finland), 8-14, august 2004.*, oral comm.
- (69) RIMET, F., E. BERTUZZI, M. CANTONATI, C. CAPELLETTI, F. CIUTTI, A. CORDONNIER, M. COSTE, J. GOMA, J. TISON, L. TUDESQUE, et al. (2004) - Ripartizione delle comunità di diatomee dei corsi d'acqua di altitudine elevata nell'Europa occidentale: implicazioni per il sistema tipologico A della Direttiva Europea Quadro. *In (Eds.) Classificazione ecologica delle Acque interne. Applicabilità della Direttiva 200/60/UE. Trento, 12-13 février, poster.*
- (70) RIMET, F., E. BERTUZZI, M. CANTONATI, C. CAPELLETTI, F. CIUTTI, A. CORDONNIER, M. COSTE, J. GOMA, J. TISON, L. TUDESQUE, et al. (2004) - Distribution of diatom communities in watercourses of high altitude in Occidental Europe: implications for the

System A of the Water Framework Directive. In (Eds.) *18 Treffen Deutschsprachiger Diatomologen. Limnologische Station Iffeldorf (Allemagne)*, 26-28 mars, poster.

(71) TISON, J., M. COSTE, F. DELMAS, Y. S. PARK, F. RIMET & L. ECTOR (2004) - Diatomées des eaux courantes et situations de référence : prédiction des principaux biotypes à partir des conditions environnementales. In J. BERTRAND (Eds.) *23ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française, Orléans France 13-16 Sept. 2004*, SOCAMUSO Orléans p.38, oral comm.

(72) TISON, J., Y.-S. PARK, M. COSTE, F. RIMET & F. DELMAS (2004) - Predicting diatom community types reference situations at the French hydrosystem scale: first attempt towards the definition of the good ecological status. In ISEI (Eds.) *4th Conference of The International Society for Ecological Informatics, BEXCO, Busan, Korea 24-28 October 2004*, MO-A2-1:30. Oral comm.

(73) TISON, J., COSTE, M., DELMAS, F., PARK, Y.S., WASSON, J.G., ECTOR, L., RIMET, F (2004) -Diatom communities natural variability and anthropogenic pressure effects : the interest of hydro-ecoregions. *7th Conférence of Aquatic Ecosystem Health and Management Society, Lyon, France, 15-17 September 2003*. Oral comm.

(74) TISON, J., COSTE, M., DELMAS, F., PARK, Y.S., WASSON, J.G., ECTOR, L., RIMET, F. - 2004. Diatom communities natural variability and anthropogenic pressure effects: the interest of hydro-ecoregions. 18th international diatom symposium, Miedzzydroje, Pologne, 1-7 september 2004, poster.

(75) TISON, J., PARK, Y.S., COSTE, M., DELMAS, F., 2004. Selection of relevant diatom species for an ecoregion-based biomonitoring of rivers. In *Séminaire Biodiversité et Biomonitoring des cours d'eau, Ladybio, Toulouse (France), 15 january 2004*. Oral comm.

(76) DELMAS, F., PARK, Y.S., TISON, J., GIRAUDEL, J.L., COSTE, M., 2005. Réduction des listes d'espèces des relevés biologiques pour l'application de la DCE et en vue de la simplification d'outils de biomonitoring : Application aux diatomées benthiques des rivières. In *6ème CILO. ENTPE Vaulx-en-Velin (France), 4-7 july 2005*. Oral comm.

(77) DELMAS, F., TISON, J., PARK, Y.S., WASSON, J.G., COSTE, M., 2005. Apports scientifiques à la mise en oeuvre de la DCE en France à partir du compartiment des diatomées benthiques : Etat d'avancement. In (Eds.) *24ème Colloque de l'ADLaF, Bordeaux (France) 6-8 Sept.2004*. Oral comm.

(78) DELMAS, F., TISON, J., PARK, Y.S., WASSON, J.G., COSTE, M., 2005. Analysis of the French diatom dataset : Effects of the natural variation and of nutrients causing eutrophication on the diatom communities. REBECCA WP4 – In *Activity N°4 “Nutrients” Workshop, CEH Wallingford (U.K.), 21-22/09/2005 & Joined European GIGs - Rebecca/WP4 –Meeting, SHMU Bratislava, Slovak Republic, 3-6 october 2005*. Oral comm..

(79) TISON, J., J.-L. GIRAUDEL, 2005. Un indice de similarité pour évaluer le statut écologique des rivières : application aux communautés diatomiques. In (Eds.) *24ème Colloque de l'ADLaF, Bordeaux (France) 6-8 Sept.2004*, Poster.

(80) COSTE, M., TISON, J., PRYGIEL, J., BOUTRY, S., DELMAS, F., 2006. Diatom indices used in France for monitoring rivers: last improvements following the EU Water Framework

Directive requirements. In 6th International Symposium Use of Algae for Monitoring Rivers, Lake Balaton (Hungary), 12-16 Sept 2006.

(81) DELMAS, F., BOUTRY, S., DEFLANDRE, A., FISHER, J., TISON, J., JARVIE, H., COSTE, M., 2006. Study of relationships between nutrients linked to man-made trophic enrichment and diatom indexes notes: determination of no-effect thresholds for relationships improvement and for reference sites assessment. In 6th International Symposium Use of Algae for Monitoring Rivers, Lake Balaton (Hungary), 12-16 Sept 2006.

(82) COSTE M., BOUTRY S., TISON J., DELMAS F., PRYGIEL J. et collaborateurs bénévoles (données DIREN, bureaux d'études), 2006. Le point sur les tentatives d'amélioration apportées à l'I.B.D – Etat d'avancement et perspectives. In (Eds.) 25^{ème} Colloque de l'ADLaF, Caen (France) 25-28 Sept. 2006. Oral comm.

(83) DELMAS F., BOUTRY S., TISON J. & COSTE M., 2006. Etude des relations entre les niveaux de nutriments et les flores diatomiques en rivières et utilisation des résultats en appui à la mise en application de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). In (Eds.) 25^{ème} Colloque de l'ADLaF, Caen (France) 25-28 Sept. 2006. Oral comm.

(84) RIMET F., TISON J., HEUDRE D., MATTE J.L., MAZUER P., GIRAUDEL J.L., COSTE M. & DELMAS F., 2006. Assemblages de référence des diatomées de la Meurthe (Lorraine) et test d'un nouvel indice DCE – compatible. In (Eds.) 25^{ème} Colloque de l'ADLaF, Caen (France) 25-28 Sept. 2006. Oral comm.

(85) COSTE, M., BOUTRY S., TISON J., DELMAS F. (2007) - Présentation de l'IBD 2006, de ses performances comparées avec l'IBD normalisé AFNOR 2000 et avec l'IPS, perspectives. 26^{ème} Colloque de l'ADLaF, Aveiro (Portugal), 5-8 septembre 2007. Communication orale, international.

(86) MONNIER O., COSTE M., ROSEBERY J. (2008) - Une classification des taxons de l'Indice Biologique Diatomées (IBD, norme AFNOR NF T90-354, décembre 2007). 27^{ème} Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française, Dijon, France, 1-4 septembre, p. 33. Communication orale, international.

(87) BOTTIN M., TISON-ROSEBERY J., DELMAS F., ALARD D., LEK S. & COSTE M. (2009) - Impact de la compétition sur les communautés de diatomées benthiques : les différentes espèces réagissent-elles de façon indépendante aux facteurs environnementaux ? 28^{ème} colloque de l'ADLaF, Banyuls (France), 7-10 septembre 2009. Communication orale, international.

(88) COSTE M., TISON-ROSEBERY J., et tous les fournisseurs de clichés photographiques (2009) - Présentation du nouveau guide iconographique en appui au calcul de l'IBD 2007. 28^{ème} colloque de l'ADLaF, Banyuls (France), 7-10 septembre 2009. Communication orale, international.

(89) COSTE M., TISON-ROSEBERY J., BOTTIN M. & DELMAS F. (2009) - Le point sur l'IBD 2007 et l'application française de la DCE (Ordre des auteurs et titre provisoires). 28^{ème} colloque de l'ADLaF, Banyuls (France), 7-10 septembre 2009. Communication orale, international.

- (90) CHAÏB N., COSTE M., TISON-ROSEBERY J. (2009) - Application de l'Indice Biologique Diatomées à un réseau hydrographique algérien, le Kébir-Est: Particularités floristiques. 28ème colloque de l'ADLaF, Banyuls (France), 7-10 septembre 2009. Poster, international.
- (91) BOTTIN M., TISON-ROSEBERY J., DELMAS F., ALARD D., LEK S., COSTE M. (2010) - Co-occurrences au sein des communautés de diatomées benthiques : le signe de relations interspécifiques structurantes ? 6ème colloque ECOVEG, Rouen (France), 31 mars-2 avril 2010. Communication orale, international.
- (92) BOTTIN M., TISON-ROSEBERY J., DELMAS F., ALARD D., LEK S., COSTE M. (2010) - Do co-occurrence patterns in freshwater diatom communities show biotic relationships? 21st International Diatom Symposium, Saint Paul (Minnesota), 29 août-3 septembre 2010. Communication orale, international.
- (93) MORIN S., ROSEBERY J., CHAUVIN C., BERTRIN V., BONNET M., BOUDIGUES M., JAN G., MOREIRA S., ROUSSEL F., REBILLARD J.P. (2010) - Responses of primary producers (diatoms, macrophytes) to a mixture of toxicants (river Luzou, SW France), 20th Annual Meeting SETAC Europe, Sevilla (Espagne), 23 mai 2010. Poster, international.
- (94) BOTTIN M., ROSEBERY J., DELMAS F., COSTE M., LEK S. (2010) - Évaluation de l'état écologique des cours d'eau français grâce au calcul d'une distance à la référence. 29ème colloque de l'ADLaF, Québec (Canada), 7-10 septembre 2010. Communication orale, international.
- (95) COSTE M., BOUTRY S., ROSEBERY J., DELMAS F. (2010) - Application de la DCE en France métropolitaine à l'aide de l'IBD : pistes méthodologiques pour le développement d'indices diatomiques DOM. Bio-indication des écosystèmes aquatiques d'eau douce en milieux tropicaux, 1-3 décembre 2010, Fort de France (France). Communication orale, national.
- (96) MORIN S., ROSEBERY J., CHAUVIN C., LIEBIG H., HUPIN C., RENARD V., REBILLARD J.P. (2011) - Combining diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish to assess the effects of industrial wastes: when biology teaches more than chemical monitoring. 7th Symposium of the European Freshwater Sciences, Girona (Espagne), 26 juin-1 juillet 2011. Communication orale, international.
- (97) ROUBEIX V., FAUVELLE V., MAZZELLA N., ROSEBERY J., COSTE M., DELMAS F. (2011) - Évaluation de l'impact d'herbicides sur le périphyton de la Leyre (Bassin d'Arcachon) par des tests d'inhibition de croissance à court terme sur des diatomées autochtones. 30ème colloque de l'ADLaF, Boulogne-sur-mer (France), 6-8 septembre 2011. Communication orale, international.
- (98) BOUTRY S., GASSIOLE G., ROSEBERY J., GIRAUDEL J.L., PERES F., COSTE M., DELMAS F. (2011) - Mise au point d'un indice diatomique pour les cours d'eau de la Réunion : présentation de la démarche biomathématique d'élaboration de l'indice. 30ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF), 6-8 septembre 2011, Boulogne-sur-mer (France). Communication orale, international.
- (99) DELMAS F., BOUTRY S., GASSIOLE G., ROSEBERY J., GIRAUDEL J.L., PERES F., COSTE M. (2012) - Indice Diatomique Réunion (IDR) : a new river diatom index dedicated to a specific ultramarine and tropical biogeographical context. 8th International Symposium Use of Algae for Monitoring Rivers, Madrid (Espagne), 20-22 juin 2012. Communication orale, international.

(100) FEIO M.J., AGUIAR F.C., ALMEIDA S.F., FERREIRA J., FERREIRA M.T., ELIAS C., SERRA S.R.S, BUFFAGNI A., CAMBRA J., CHAUVIN C., DELMAS F., DÖRFLINGER G., ERBA S., FLOR N., FERRÉOL M., GERM M., MANCINI L., MANOLAKI P., MARCHEGGIANI S., MINCIARDI M.R., MUNNÉ A., PAPASTERGIADOU E., PRAT N., PUCCINELLI C., ROSEBERY J., SABATER S., CIADAMIDARO S., TORNÉS E., TZIORTZIS I., URBANIČ G., VIEIRA C. (2012) - Best available conditions within common Mediterranean stream types from 7 countries. XVI Congress of the Iberian Association of Limnology, Guimarães (Portugal), 2-6 juillet 2012. Communication orale, international

(101) LEFRANÇOIS E., EULIN-GARRIGUE A., COSTE M., GUEGUEN J., BOUTRY S., ROSEBERY J., DELMAS F. (2012) - Flore diatomique des Antilles françaises : Présentation des principaux éléments taxonomiques justifiant et participant à la conception d'un indice diatomique des Antilles françaises. 31ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF), Le Mans (France), 11-13 septembre 2012. Poster, international.

(102) LEFRANÇOIS E., EULIN-GARRIGUE A., COSTE M., GUEGUEN J., BOUTRY S., ROSEBERY J., DELMAS F. (2012) Mise au point d'un indice antillais de bioindication de la qualité de l'eau à partir des diatomées : Aspects taxonomiques et écologiques. 31ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF), Le Mans (France). 11-13 septembre 2012. Communication orale, international.

(103) GUEGUEN J., BOUTRY S., EULIN-GARRIGUE A., LEFRANÇOIS E., COSTE M., ROSEBERY J., DELMAS F. (2012) - Approche biomathématique pour la mise au point d'un indice diatomique adapté aux Antilles françaises : présentation de la démarche, résultats actuels et perspectives. 31ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF), Le Mans (France). 11.13 septembre 2012. Communication orale, international.

(104) BOUTRY S., GASSIOLE G., ROSEBERY J., GIRAUDEL J.-L., PERES F., COSTE M., DELMAS F. (2012) - Mise au point d'un indice diatomique pour les cours d'eau de la Réunion (I.D.R.) : Construction de la démarche biomathématique, résultats et perspectives. 31ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF), Le Mans (France), 11-13 septembre 2012. Communication orale, international.

(105) BOTTIN M., SOININEN J., TISON-ROSEBERY J. (2012) - Structuration spatiale des assemblages de diatomées benthiques des rivières françaises : un effet de l'environnement ? 31ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF), Le Mans (France), 11-13 septembre 2012. Communication orale, international.

(106) BOTTIN M., GIRAUDEL J.-L., BOUTRY S., GUEGUEN J., TISON-ROSEBERY J. (2012) - An easy-to-use package for ordination of diatom assemblages using Self-Organizing Kohonen Maps. 22nd international Diatom Symposium, Ghent (Belgique). 26-31 aout 2012. Communication orale, international.

(107) BOTTIN M., GIRAUDEL J.L., GUEGUEN J., BOUTRY S., LAVOIE I., ANTUNES N., TISON ROSEBERY J. (2012) - Les cartes auto-organisantes de Kohonen appliquées à l'étude des communautés de micro-algues des cours d'eau. 1ères Rencontres R, Bordeaux (France), 02 juillet 2012. Communication orale, national.

(108) LAINE M., ROSEBERY J., CHAUVIN C., LIEBIG H., RENARD V., BERTRIN V., REBILLARD J.P., MORIN S. (2013) - Une approche multi-compartiments (macroinvertébrés

benthiques, diatomées, macrophytes et faune piscicole) afin d'évaluer l'impact de rejets industriels sur un cours d'eau : lorsque la biologie nous renseigne plus de la physico-chimie. Colloque SEFA, Thionville (France), 3-4 juillet 2013. Communication courte, national.

(109) BOTTIN M., MORIN S., PESCE S., SOININEN J., TISON-ROSEBERY J., DELMAS F. (2013) - Les micro-organismes et la trame verte et bleue, perspectives concernant les diatomées. Séminaire interne Irstea Trame Verte et Bleue, Antony (France), 20 juin 2013. Communication orale, national.

(110) N'GUESSAN R., ECTOR L., WETZEL C., COSTE M. and TISON-ROSEBERY J. (2013) - Flore diatomique des bassins versants de l'Agnéby et de la Mé (Côte d'Ivoire). 32ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF), Thonon-les-Bains (France), 16-18 septembre 2013. Poster, national.

(111) RAMOS M., BOUTRY, S., EULIN A., VIGOUROUX R., TISON-ROSEBERY J., COSTE M., DELMAS F., 2014. Phytobenthos cours d'eau de Guyane : résultats préliminaires et perspectives. Séminaire ONEMA – DOM, Porte Dorée, 20 et 21/03/2014.

(112) GASSIOLE G., EULIN A., LEFRANCOIS E., PERES F., BOUTRY S., GUEGUEN J., GIRAUDEL J.-L., TISON-ROSEBERY J., COSTE M., DELMAS F., 2014. Méthodes phytobenthiques cours d'eau (Réunion et Antilles) : Cadre général et méthodologique. Séminaire ONEMA – DOM, Porte Dorée, 20 et 21/03/2014.

(113) NEURY-ORMANNI J., VEDRENNE J., TISON-ROSEBERY J., MORIN S., 2014. Interactions diatomées et microméiofaune benthique en cours d'eau contaminés. 33ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF). 7 - 10 octobre 2014, Clermont-Ferrand, France. Communication orale.