



# Diatomées benthiques dans le Rhin

## 2012/2013

Internationale  
Kommission zum  
Schutz des Rheins

Commission  
Internationale  
pour la Protection  
du Rhin

Internationale  
Commissie ter  
Bescherming  
van de Rijn

*Rapport n° 226*



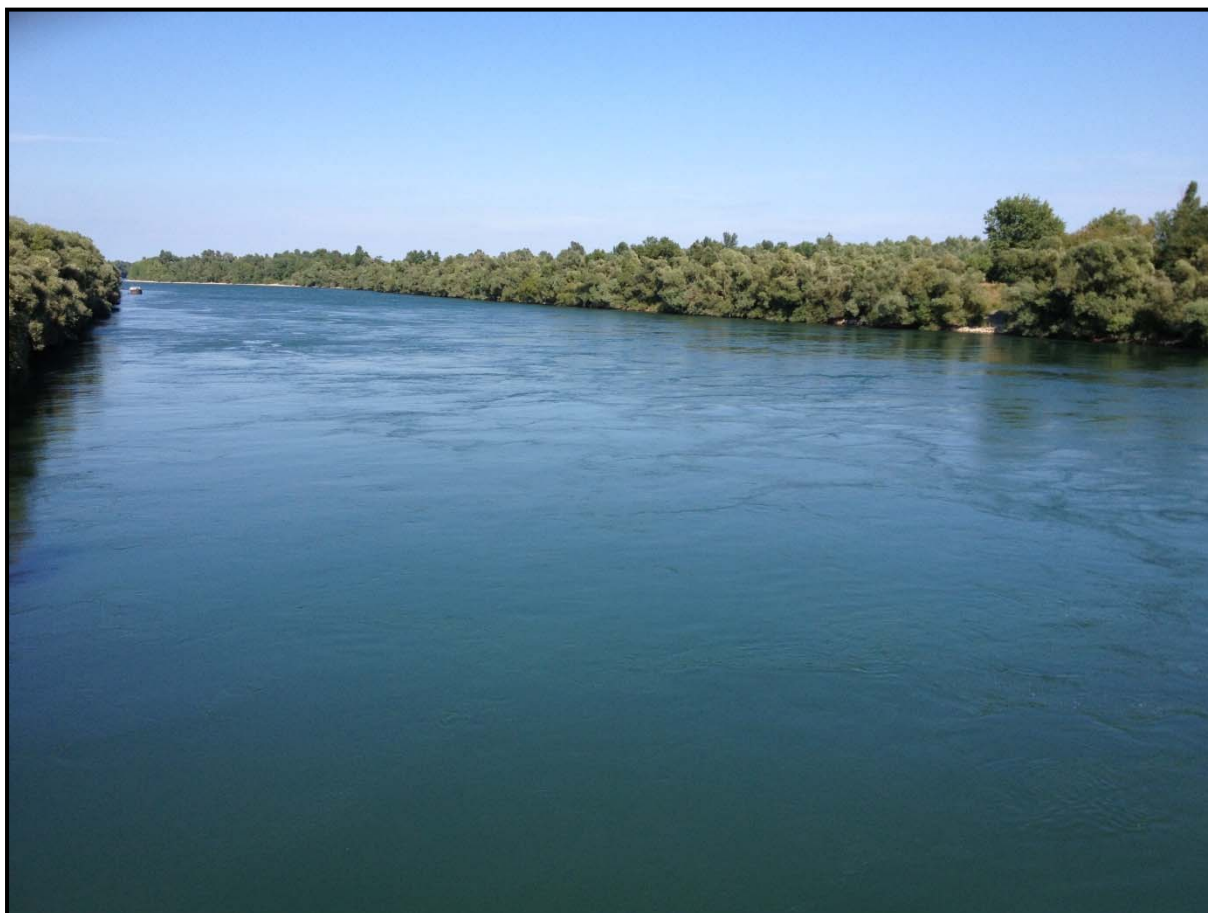
**Editeur:**

Comission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)  
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Coblenze, Allemagne  
Postfach 20 02 53, 56002 Coblenze, Allemagne  
Téléphone +49-(0)261-94252-0, téléfax +49-(0)261-94252-52  
Courrier électronique: sekretariat@iksr.de  
[www.iksr.org](http://www.iksr.org)

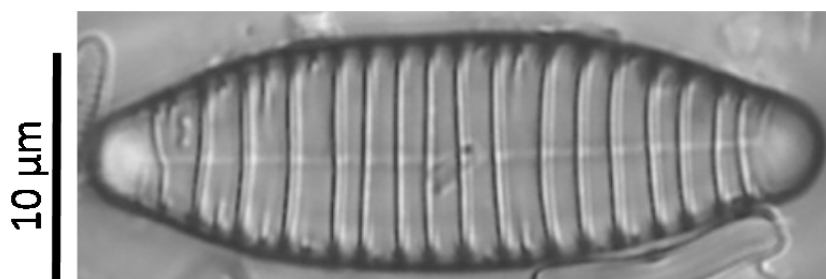
ISBN 978-3-941994-87-4

© IKSР-CIPR-ICBR 2015

## Les diatomées benthiques du Rhin 2012/2013



Le Rhin à Gamsheim (Photographie D. Heudre)



*Diatoma vulgaris* (Photographie D. Heudre)

Rédacteur responsable : David Heudre, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Lorraine, Metz

Collaborateurs : Mechthild Banning, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), Wiesbaden;  
 Thomas Ehlscheid, Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Mayence ;  
 Helmut Fischer, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Coblenz ;  
 Dr. Jochen Fischer (président du GE BMON), Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Mayence ;  
 Jochen Lacombe, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV), Recklinghausen ;  
 Jean-Luc Matte, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Metz ;  
 David Monnier (président du GT B), Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), Metz ;  
 Marieke Ohm, Ministerie van Infrastructuur en Milieu-Rijkswaterstaat-WVL (RWS), Lelystad ;  
 Franz Schöll, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Coblenz ;  
 Renate Semmler-Elpers, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe ;  
 Sabine Zeller, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne

Coordination et rédaction : Dr. Nathalie Plum et Laura Gangi  
 Commission Internationale pour la Protection du Rhin - CIPR

Traduction : Dominique Falloux, Isabelle Traue

## Sommaire

<b>Synthèse</b> .....	5
<b>1. Introduction</b> .....	6
<b>2. Méthodologie</b> .....	7
<b>3. Taxonomie</b> .....	8
<b>3.1. Espèces recensées</b> .....	8
<b>3.2. Cortèges d'espèces du haut Rhin</b> .....	14
<b>3.3. Cortèges d'espèces du Rhin supérieur</b> .....	16
<b>3.4. Cortèges d'espèces du Rhin moyen</b> .....	18
<b>3.5. Cortèges d'espèces du Rhin inférieur</b> .....	20
<b>3.6. Cortèges d'espèces du delta du Rhin</b> .....	21
<b>4. Traits biologiques</b> .....	22
<b>4.1. Caractéristiques environnementales (Van Dam <i>et al.</i> 1994)</b> .....	24
<b>4.2. Guildes écologiques &amp; modes de vie (Rimet <i>et al.</i>, 2012)</b> .....	28
<b>5. Évaluation</b> .....	32
<b>6. Conclusion</b> .....	34
<b>A. Liste der stations avec autorité</b> .....	39
<b>B. Liste des taxons recensés sur le Rhin avec tronçon de présence</b> .....	41



Le Rhin à Rhinau (Photographie D. Heudre)

## Synthèse

Le présent document comprend une synthèse harmonie des données sur les diatomées benthiques collectées dans le cadre du programme d'analyse biologique 'Rhin' 2012/2013, élément de qualité 'Phytobenthos'.

Un total de 306 espèces de diatomées benthiques a été recensé sur les 47 sites analysés en 2012/2013, ce qui représente une diversité taxonomique très importante même pour un grand fleuve comme le Rhin. On constate néanmoins que beaucoup d'espèces ne sont présentes que dans quelques stations, alors qu'un nombre d'espèces relativement faible (25) se retrouve dans plus de 50% des sites prospectés.

Sur le cours du Rhin, les communautés (ou guildes) diatomiques reflètent, de par leurs propriétés indicatives spécifiques, la baisse de la vitesse d'écoulement et l'enrichissement en nutriments et matières organiques qui l'accompagne : dans le haut Rhin, la composition des espèces est typique des écosystèmes fluviaux faiblement impactés par les nutriments et les matières organiques. Les espèces caractéristiques de milieux eutrophes (riches en nutriments) occupent une part importante à partir du Rhin supérieur et jusque dans le delta du Rhin. On trouve en outre dans le delta du Rhin des espèces planctoniques et halophiles.

En 2012, le lac de Constance est évalué dans un « bon » état dans toutes ses parties, tout comme le haut Rhin dans son ensemble et le Rhin supérieur méridional jusqu'au barrage de Gamsheim.

Plus en aval (Rhin supérieur septentrional, Rhin moyen), l'état du Rhin est jugé moyen jusqu'à la frontière germano-néerlandaise, à l'exception d'une masse d'eau en « bon » état dans le Rhin inférieur (du débouché de la Ruhr au débouché de la Lippe).

Dans le delta du Rhin, de nombreuses masses d'eau atteignent le bon potentiel écologique pour l'élément de qualité 'Macrophytes/phytobenthos'. Quelques masses d'eau dans le delta du Rhin sont classées dans un état « moyen », la Hollandsche IJssel est dans un état médiocre. Les eaux côtières et les eaux de transition sont évaluées à partir des zostères et des puccinellies maritimes (qualité et quantité).

Le littoral de la mer des Wadden est jugé moyen et la mer des Wadden médiocre. La côte néerlandaise correspond à un autre type pour lequel l'élément de qualité 'Macrophytes/phytobenthos' n'est pas évalué.

Etant donné que les diatomées benthiques ont été analysées pour la première fois en 2006/2007 dans le cadre du programme d'analyse Rhin, il est encore impossible de tirer des conclusions sur les tendances évolutives de ce groupe dans le long terme. Il est cependant indéniable que la biocénose, tout comme le phytoplancton, est plus proche d'un état naturel grâce à la réduction des apports de nutriments dans le Rhin.

## 1. Introduction

Les diatomées sont des algues hétérokontes microscopiques et unicellulaires dont la taille varie de quelques micromètres ( $\mu\text{m}$ ) à plus de  $500\mu\text{m}$ . Elles ont entre autres particularités le fait de posséder une thèque siliceuse appelée frustule, dont l'étude de la structure, la morphologie et les ornements forment la base de leur taxonomie.

Colonisant tous les milieux humides, elles se développent en particulier dans les cours d'eau pour former un biofilm sur les surfaces immergées, c'est-à-dire une matrice autoproduite de substances polymères extracellulaires dans laquelle les diatomées vivent. Leur grande diversité spécifique, leur vaste distribution géographique, ainsi que leur sensibilité aux caractéristiques physicochimiques de leur milieu de vie en font d'excellents bio-indicateurs. Elles permettent notamment de qualifier leur milieu de vie du point de vue du pH, de la conductivité, de la trophie (*i.e.* charge en nutriments) ou de la saprobie (*i.e.* charge en matières organiques) (Van Dam & Al 1994, Rott & al. 1997). Leur réponse aux changements de ces variables se fait par des modifications de la composition des assemblages d'espèces en place, tant en terme qualitatifs que quantitatifs. Grâce à une connaissance croissante du préférendum écologique des taxons, il a été possible de mettre au point et d'améliorer constamment des méthodes simples d'évaluation de la qualité des eaux de surface.

Les diatomées occupent une part essentielle au sein de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (directive 2000/60/CE, DCE) dans l'élément de qualité biologique « Macrophytes & Phytobenthos » pour l'évaluation des eaux (Union européenne, 2000). La qualité écologique d'une station de mesure sur une rivière se définit par comparaison entre la communauté présente et la communauté de référence attendue sur une rivière de ce type (géologie, typologie, taille, hydro-écorégion...). L'évaluation ne se limite donc plus à une simple quantification des pressions mais à une évaluation de l'écart constaté par rapport au référentiel.

Le présent document vise à présenter une synthèse harmonisée des données collectées sur les diatomées benthiques du Rhin pour l'année 2012 par les différentes autorités et institutions participant aux travaux de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR). Outre l'étude de la structure des communautés en place (présence d'espèces et rapports de dominance), des enseignements seront tirés sur les informations écologiques qu'elles apportent afin de caractériser l'évolution de la trophie ou la saprobie par exemple le long du cours du Rhin.

La méthode autrichienne (Directives pour la collecte des éléments de qualité biologique Partie A3 - phytobenthos, Lebensministerium Vienne, 2010) prend en compte en sus des diatomées les autres algues du phytobenthos. Ces données n'ont pas été intégrées dans le présent rapport, car il a été convenu de ne recenser et évaluer que les diatomées dans le programme d'analyse biologique Rhin 2012/2013.

Des indications à caractère provisoire (l'ensemble des données n'étant pas validé) sur l'évaluation de l'état écologique au sens de la DCE seront également fournies au chapitre 5.

## 2. Méthodologie

Les données disponibles et présentées dans le présent rapport sont tirées de l'analyse d'échantillons de diatomées benthiques prélevés sur 47 stations de mesure réparties sur le cours du Rhin en 5 tronçons (cf. tableau 1 ci-dessous).

**Tableau1 : répartition des stations de mesure par tronçon du Rhin**

Rhin alpin	Haut Rhin	Rhin supérieur	Rhin moyen	Rhin inférieur	Delta du Rhin
1	4	23	4	4	11

La liste des stations ainsi que les autorités compétentes sont présentées dans l'annexe A. Ces stations s'étendent du Rhin alpin en Autriche jusqu'au delta du Rhin aux Pays-Bas. Elles ont été échantillonnées sur la période avril 2012 à février 2013, néanmoins 75% des prélèvements ont été réalisés entre juillet et septembre 2012.

Seules des données fragmentaires sur les substrats prélevés sont disponibles : l'essentiel des prélèvements semble avoir été réalisé sur des supports recueillis dans le lit mineur (pierres, galets, blocs). Néanmoins, compte tenu des spécificités hydromorphologiques du Delta dans la partie néerlandaise, les prélèvements ont été réalisés sur les parties verticales immergées de roseaux.

En matière de dénominations taxonomiques, les données ont été uniformisées en utilisant comme principal ouvrage de référence celui de Hofmann *et al.* (2011). Cette uniformisation s'est avérée nécessaire pour corriger les variabilités constatées induites de la diversité des opérateurs ayant participé et de la disparité des ouvrages de détermination utilisés. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dans le cas où il n'a pas été possible de statuer avec certitude sur les synonymies employées, l'utilisation de taxons sensu lato a été privilégiée afin de minimiser le risque de biais. Il a par exemple été procédé au regroupement sous *Nitzschia inconspicua* sensu lato des *Nitzschia inconspicua*, *N. frustulum* var. *inconspicua* et *N. abbreviata*, car il n'était pas possible de savoir entre opérateurs si *Nitzschia inconspicua* était à comprendre au sens large ou strict (c.-à-d. sensu Krammer-Lange-Bertalot 1986-1991 ou Hofmann *et al.* 2011), et s'il avait été tenu compte de l'article de révision de ce groupe (Trobajo *et al.* 2013).



### 3. Taxonomie

#### 3.1. Espèces recensées

306 taxons ont été recensés sur l'ensemble des sites analysés, représentant une diversité taxonomique importante, même pour un grand fleuve comme le Rhin. L'annexe B synthétise la liste complète de ces taxons en précisant les tronçons du Rhin où ils ont été trouvés.

Cette diversité importante est toutefois à relativiser car elle comprend de nombreux taxons peu répandus dans le Rhin : en effet, 208 taxons ne sont trouvés que dans 1 à 5 échantillons, dont 105 taxons uniquement présents dans un seul échantillon (cf. tableau 2 ci-dessous).

**Tableau 2 : répartition du nombre de taxons par nombre d'échantillons où ils sont présents**

Nombre de taxon(s)	Nombre d'échantillon(s)
208*	1-5
38	6-10
19	11-15
10	16-20
12	21-25
8	26-30
6	31-35
2	36-40
2	41-45
1	46

\* : dont 105 présents dans un seul échantillon.

A l'inverse, un petit nombre de taxons semble structurer les cortèges floristiques sur une majorité du cours du Rhin : 25 taxons sont présents dans plus de 50% des échantillons (cf. tableau 3 ci-dessous).

**Tableau 3 : taxons les plus fréquents sur le Rhin**

(O = pourcentage d'occurrence du taxon sur la totalité des échantillons)

<b>Taxons</b>	<b>O</b>
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>	98%
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	96%
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	94%
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	85%
<i>Melosira varians</i> Agardh	83%
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	74%
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>palea</i>	72%
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	70%
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	70%
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	68%
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot var. <i>reichardtiana</i>	66%
<i>Amphora copulata</i> (Kütz) Schoeman & Archibald	62%
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	62%
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	62%
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	57%
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	57%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grunow	55%
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	55%
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve et Möller	55%
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson var. <i>olivaceum</i>	53%
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	53%
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	53%
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	53%
<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski	51%
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	51%
<i>Cymbella compacta</i> Ostrup	49%
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	49%
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in van Heurck	49%
<i>Gyrosigma sciotense</i> (Sullivan et Wormley) Cleve	47%
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	45%
<i>Navicula germainii</i> Wallace	45%
<i>Cocconeis groupe placentula</i>	43%
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow in Van Heurck	40%
<i>Gomphonema minutum</i> (Ag.)Agardh f. <i>minutum</i>	40%
<i>Planothidium rostratum</i> (Oestrup) Lange-Bertalot	40%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>lineata</i> (Ehr.)Van Heurck	38%
<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow in V. Heurck) D.G. Mann	38%
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	36%
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot)Lange-Bertalot	36%
<i>Kolbesia ploenensis</i> (Hust.) Kingston	34%
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch in Rabenhorst	34%
<i>Cocconeis pseudolineata</i> (Geitler) Lange-Bertalot	32%
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow f. <i>amphibia</i>	32%

Au regard du précédent, le tableau 4 ci-dessous met en évidence que les taxons les plus répandus sur les différentes stations (donc avec une occurrence forte) ne sont pas toujours ceux qui forment les populations les plus importantes. Le classement des taxons a été effectué ici en utilisant l'abondance relative cumulée pour éviter le biais qu'aurait introduit l'utilisation de l'abondance réelle (l'effort de comptage n'étant pas identique entre les échantillons).

**Tableau 4 : taxons les plus abondants sur le Rhin**

(ARC = Abondance Relative Cumulée du taxon sur la totalité des échantillons)

<b>Taxons</b>	<b>ARC</b>
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	524%
<i>Melosira varians</i> Agardh	368%
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>	356%
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	300%
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	166%
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	147%
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	145%
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	121%
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	113%
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	103%
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	97%
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve et Möller	78%
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>palea</i>	77%
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	74%
<i>Amphora copulata</i> (Kütz) Schoeman & Archibald	68%
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	68%
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	65%
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	61%
<i>Cocconeis</i> groupe <i>placentula</i>	59%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grunow	59%
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	53%
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in van Heurck	51%
<i>Achnantheidium</i> F.T. Kützing	48%
<i>Staurosirella</i> D.M. Williams & F.E. Round emend Morales	43%
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	40%
<i>Achnantheidium delmontii</i> Peres, Le Cohu et Barthes	40%
<i>Skeletonema</i> R.K. Greville	34%
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson var. <i>olivaceum</i>	33%
<i>Navicula germainii</i> Wallace	33%
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.)Grunow var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow in Van Heurck	32%
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	32%
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	31%
<i>Cymbella compacta</i> Ostrup	29%
<i>Nitzschia filiformis</i> (W.M.Smith) Van Heurck var. <i>filiformis</i>	26%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>lineata</i> (Ehr.)Van Heurck	25%
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	25%
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow in Van Heurck	22%
<i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot	22%
<i>Navicula caterva</i> Hohn & Hellerman	21%
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot var. <i>reichardtiana</i>	21%
<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski	20%
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams et Round	20%
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T.Marsson	19%

Les espèces les plus répandues sur le Rhin sont donc *Nitzschia dissipata*, *Navicula tripunctata* et *Amphora pediculus* que l'on observe sur la quasi totalité des stations. *Navicula cryptotenella*, *Melosira varians*, *Navicula gregaria*, *Navicula antonii* et *Rhoicosphenia abbreviata* sont également communes au sein des inventaires.

On retrouve parmi ces taxons la plupart de ceux formant les populations les plus denses : *Amphora pediculus* (38% à Bacharach), *Melosira varians* (45% sur la station « Strand van Lochem zuid km 13 lo), *Nitzschia dissipata* (20% à Karlsruhe), *Navicula cryptotenella* (18% à Rhinau)... On y trouve aussi *Achnanthydium pyrenaicum*, taxon polluosensible, présent en grande abondance sur le secteur amont du cours du Rhin avec un maximum de 58% sur la station d'Obersäckingen.

Il est surprenant de trouver une espèce très polluo-tolérante telle que *Nitzschia palea* dans 72% des inventaires. Ce constat reste néanmoins ici à relativiser : ce taxon n'est présent qu'en très faible abondance dans les inventaires (arrivée en faible quantité dans le milieu via les flux organiques entrants) et il est possible que la variété *débilis*, plus polluosensible, n'ait pas toujours été distinguée lors des inventaires.

Le cas de certaines espèces très fréquentes comme *Navicula tripunctata* par exemple peut aussi être relativisé à la vue du tableau 5 ci-dessous : si cette espèce est bien présente sur 95% des inventaires, elle ne l'est qu'à une abondance moyenne de 3%. Il s'agit donc ici d'espèces plutôt ubiquistes sur le Rhin et qui ne structurent pas vraiment les communautés.

**Tableau 5 : taxons classés par abondance moyenne sur les stations sur lesquelles ils sont présents**

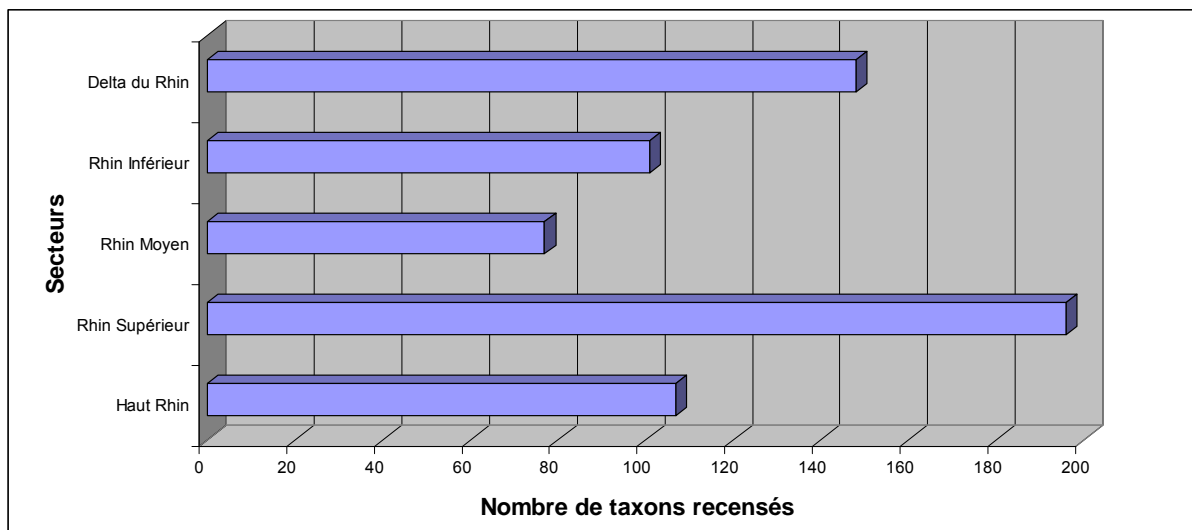
(N : nombre d'échantillons où le taxon est présent sur un total de 47 ;

AMP : abondance moyenne dans les échantillons où le taxon est présent)

Taxons	AMP	N
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	14%	21
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	12%	44
<i>Staurosirella</i> D.M. Williams & F.E. Round emend Morales	11%	4
<i>Achnanthydium delmontii</i> Peres, Le Cohu et Barthes	10%	4
<i>Melosira varians</i> Agardh	9%	39
<i>Navicula perminuta</i> Grunow in Van Heurck	8%	1
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>	8%	46
<i>Skeletonema</i> R.K. Greville	7%	5
<i>Nitzschia costei</i> Tudesque, Rimet & Ector	7%	1
<i>Amphora indistincta</i> Levkov	6%	1
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn. f. <i>inconspicuum</i> (Østrup) Compere & Riaux	6%	2
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simonsen var. <i>limnetica</i> (O.Muller) Simonsen	6%	1
<i>Gomphonemopsis obscurum</i> (Krasske) Lange-Bertalot	6%	1
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	5%	32
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	4%	29
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	4%	27
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	4%	40
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	4%	25
<i>Achnanthydium</i> F.T. Kützing	4%	12
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	4%	1
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	4%	25
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	4%	6
<i>Melosira nummuloides</i> (Dillwyn) C.A. Agardh	4%	1
<i>Pseudostaurosira trainorii</i> Morales	4%	1
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	3%	45

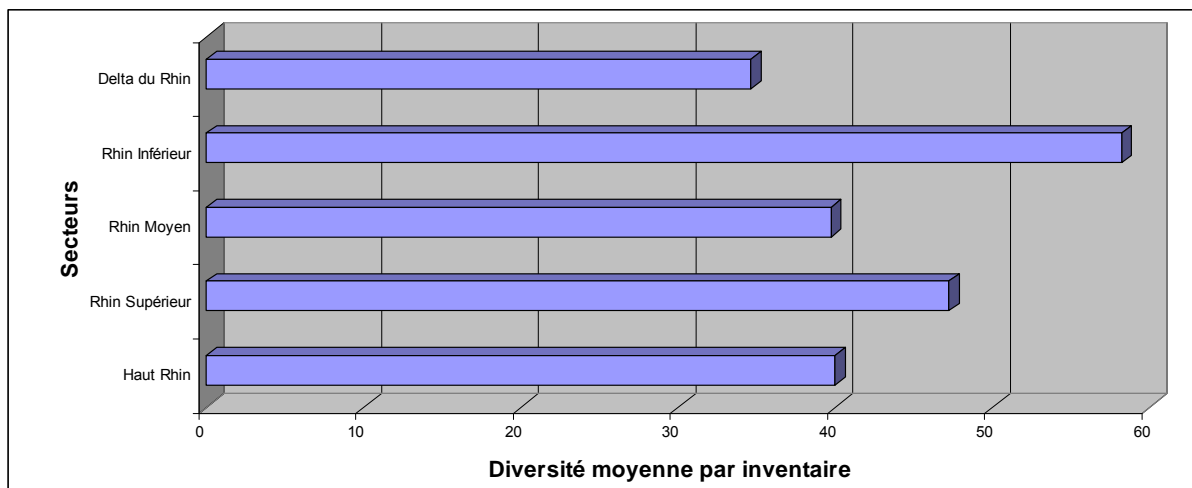
La répartition de cette diversité spécifique par tronçon du Rhin, présentée figure 1 ci-dessous, met en évidence un nombre de taxons détectés assez semblable pour les tronçons du haut Rhin, du Rhin moyen et du Rhin inférieur. Seuls le delta du Rhin et le

Rhin supérieur se démarquent nettement des autres. Néanmoins, cette singularité est à pondérer par le nombre de stations bien plus élevé de ces deux tronçons (cf. tableau 1), augmentant naturellement les chances de rencontrer de nouvelles espèces.



**Figure 1 : nombre de taxons recensés par tronçon du Rhin**

De même, si l'on regarde la diversité moyenne par échantillon présenté figure 2 ci-dessous, on se rend compte que l'on trouve un nombre moyen de taxons par inventaire très similaire d'un secteur à un autre. Seul le Rhin inférieur se distingue par une diversité de dix à quinze taxons supplémentaires par échantillon. Ceci s'explique en partie par le fait que, sur ce secteur, l'effort de comptage par échantillon a été supérieur aux autres (cf. tableau 6 ci-dessous). Le Rhin moyen, bien qu'il soit le deuxième en termes d'effort de comptage reste dans la moyenne : cela pourrait s'expliquer par une certaine homogénéité du milieu des stations et leur faible nombre.



**Figure 2 : diversité moyenne par inventaire pour chaque tronçon du Rhin**

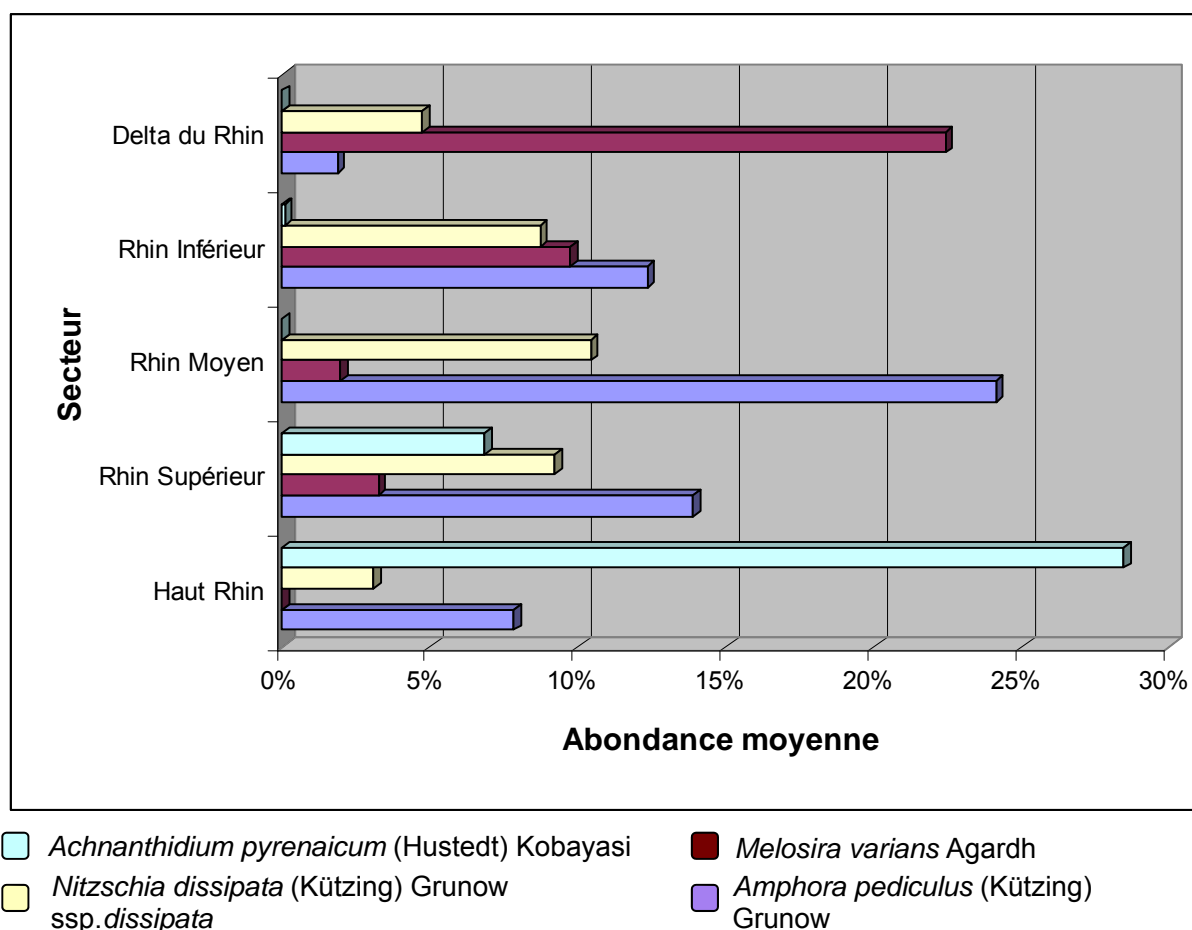
**Tableau 6 : Effort de comptage moyen par tronçon du Rhin**

Secteur	haut Rhin	Rhin supérieur	Rhin moyen	Rhin inférieur	delta du Rhin
Effectif moyen	447	427	503	548	Données non disponibles

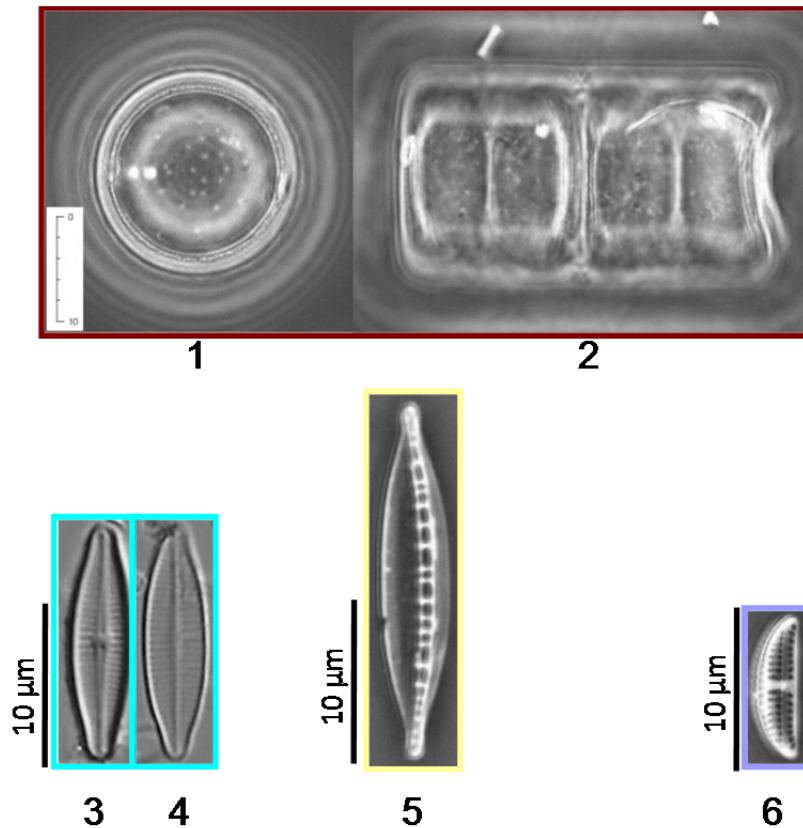
Parmi les espèces recensées, quatre espèces semblent assez structurantes et représentatives des différents tronçons du Rhin : *Amphora pediculus*, *Melosira varians*, *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata* et *Achnanthydium pyrenaicum*.

La figure 3 illustre leurs abondances moyennes sur les différents tronçons :

- ✓ *Achnanthydium pyrenaicum* est typique du haut Rhin. Sa répartition semble s'étendre au Rhin supérieur (mais il pourrait vraisemblablement s'agir d'un artéfact, tel qu'évoqué au paragraphe 3.3 ci-après).
- ✓ *Amphora pediculus*, bien qu'identifié sur tous les tronçons, présente une distribution de forme presque gaussienne centrée sur le Rhin moyen qui semble représenter son préférendum.
- ✓ *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata* représente un cas similaire à *Amphora pediculus* mais avec un préférendum moins marqué. Cette espèce est bien présente du Rhin supérieure au Rhin inférieur, et de manière plus anecdotique aux extrêmes du cours du fleuve.
- ✓ *Melosira varians* est peu présente dans le Rhin supérieur et le Rhin moyen. Sa présence devient non négligeable à partir du Rhin inférieur pour être prépondérante dans le delta du Rhin. Cette espèce benthique-tychoplanctonique étant typique des eaux calmes eutrophes, il est donc logique de la voir prendre une place majeure dans les inventaires de la partie aval du fleuve.



**Figure 3 : abondance moyenne des 4 espèces les plus structurantes des inventaires par tronçon du Rhin**



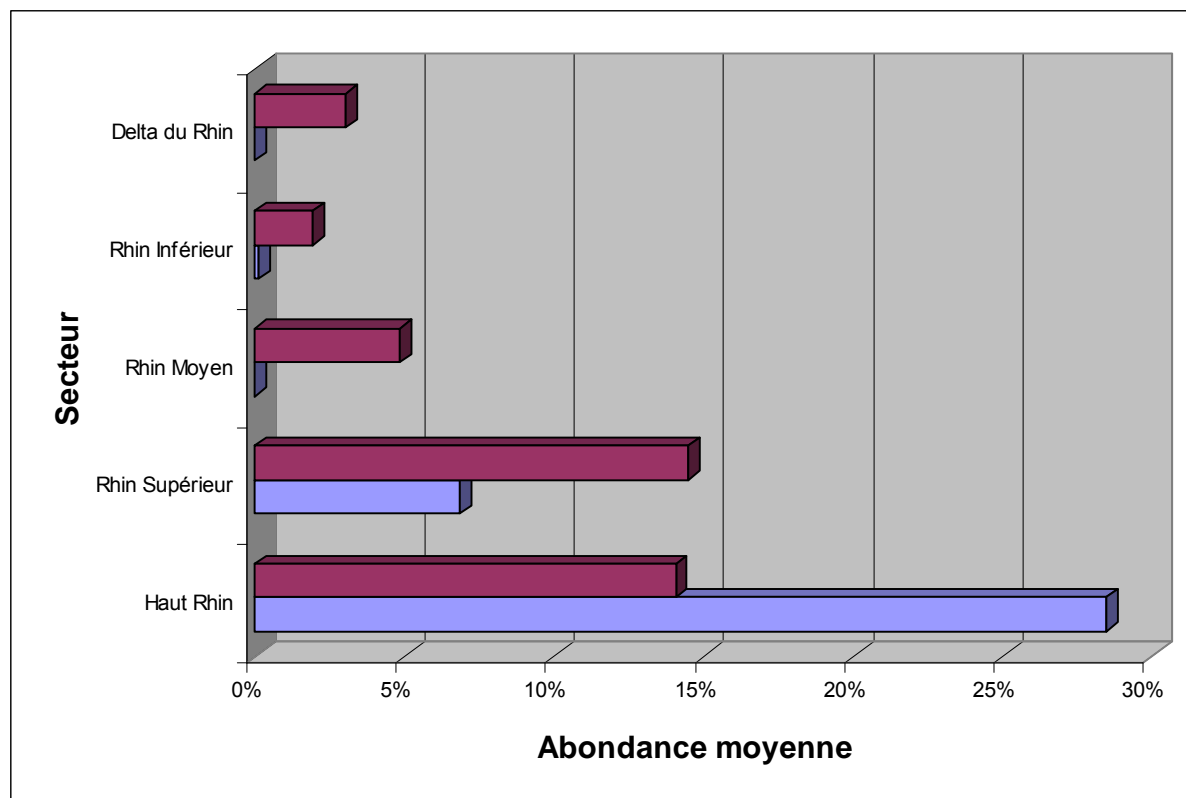
**Figure 4 : photographies des 4 espèces les plus structurantes des différents tronçons du Rhin**

(1-2 : *Melosira varians* en vue valvaire (1) et connective (2) ; 3-4 : *Achnanthydium pyrenaicum* ; 5 : *Nitzschia dissipata* ; 6 : *Amphora pediculus* ; Photographies D. Heudre)

Il est possible de réaliser une analyse plus fine des compositions et abondances spécifiques en se concentrant sur les différents tronçons du Rhin.

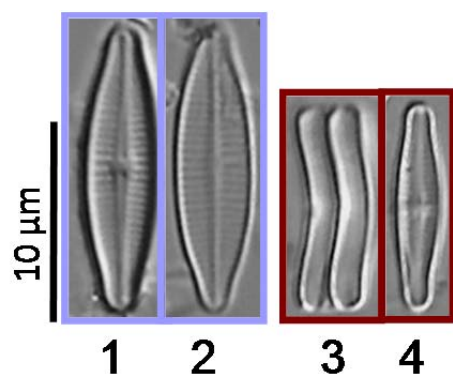
### 3.2. Cortèges d'espèces du haut Rhin

Avec une moyenne de 40 taxons relevés par inventaire et un nombre total de 107 espèces relevées, le haut Rhin se situe dans la moyenne des autres tronçons en ce qui concerne la composition des espèces. Les deux espèces les plus caractéristiques sont *Achnanthydium pyrenaicum* et *Achnanthydium minutissimum*. Il s'agit de deux espèces polluosensibles et plutôt réophiles typiques de nombreuses rivières alpines de bonne qualité.



■ *Achnanthydium pyrenaicum* (Hustedt) Kobayasi
 ■ *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki

**Figure 5 : abondance moyenne d'*Achnanthydium pyrenaicum* et d'*Achnanthydium minutissimum* par tronçon du Rhin**



**Figure 6 : photographies d'*Achnanthydium pyrenaicum* et d'*Achnanthydium minutissimum* (1-2 : *Achnanthydium pyrenaicum* ; 3-4 : *Achnanthydium minutissimum* ; Photographies D. Heudre)**

Parmi les espèces accessoires caractéristiques de ce secteur, *Diatoma ehrenbergii*, *Encyonema silesiacum*, et *Encyonopsis microcephala* ont été identifiés.

La présence de *Diatoma moniliformis* est surprenante car il s'agit d'un taxon halophile. Néanmoins, celui-ci est uniquement présent dans l'inventaire autrichien du Rhin alpin à Fußach. La proximité de cette station avec le lac de Constance peut créer une situation très particulière générant cette singularité.



### 3.3. Cortèges d'espèces du Rhin supérieur

Avec une moyenne de 47 taxons par inventaire, le Rhin supérieur est le deuxième secteur présentant les cortèges les plus diversifiés. De plus, avec un nombre total de 196 espèces relevées, il est de loin le secteur avec le plus de taxons recensés. Ce constat est sans nul doute lié au fait qu'il s'agit du secteur le plus densément échantillonné avec 23 stations de mesures.

Bien que présentes sur la grande majorité des inventaires à des abondances parfois substantielles, *Amphora pediculus* et *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata* ne sont pas les espèces les plus caractéristiques de ce tronçon (cf. figure 3). Celui-ci est plutôt représenté par un cortège d'espèces constitué de *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia fonticola* et *Eolimna minima*. Néanmoins, les faibles abondances moyennes de ces espèces (ne dépassant pas 6%, cf. figure 7 ci-dessous), et donc les faibles écarts par rapport aux autres tronçons, ne sont pas signes d'une grande robustesse de cette représentativité. La grande diversité taxonomique ainsi que le grand nombre d'échantillons du Rhin supérieur ne permettent pas de mettre en évidence des espèces réellement caractéristiques.

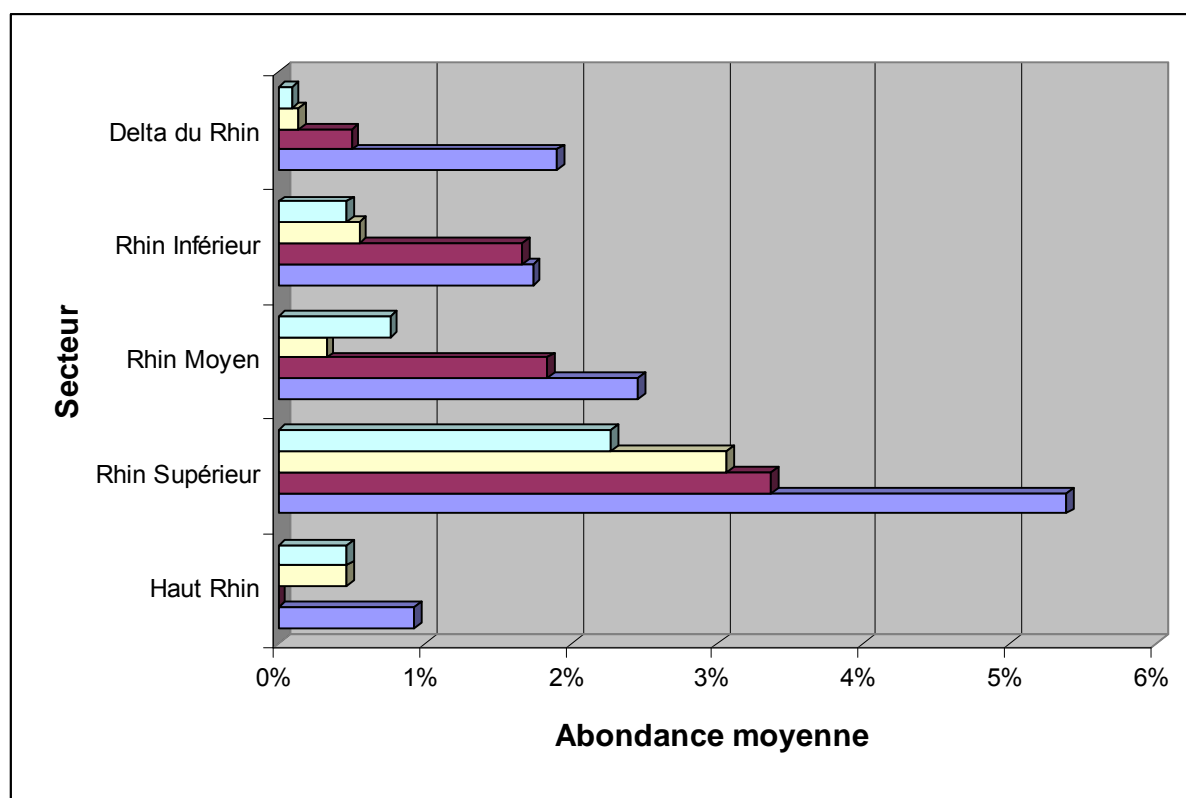
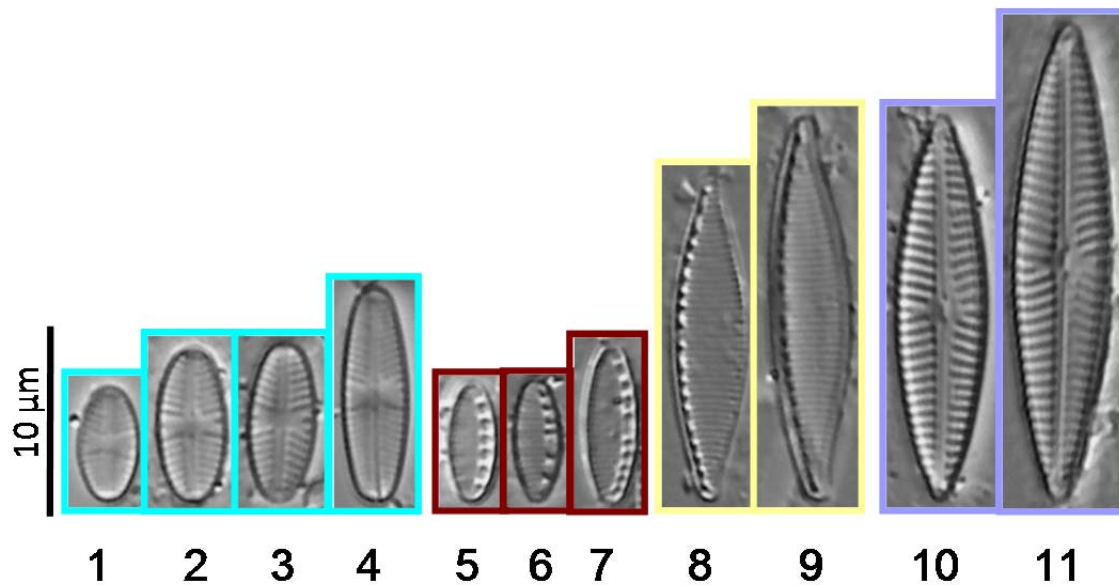


Figure 7 : abondance moyenne d'*Eolimna minima*, de *Nitzschia inconspicua*, de *Nitzschia fonticola* et de *Navicula cryptotenella* par tronçon du Rhin



**Figure 8 : photographies d'*Eolimna minima*, de *Nitzschia inconspicua*, de *Nitzschia fonticola* et de *Navicula cryptotenella***

(1-4 : *Eolimna minima* sensu auct nonnull ; 5-7 : *Nitzschia inconspicua* sensu lato (ici *Nitzschia soratensis*) ,

8-9 : *Nitzschia fonticola* ; 10-11 : *Navicula cryptotenella* ; Photographies D. Heudre)

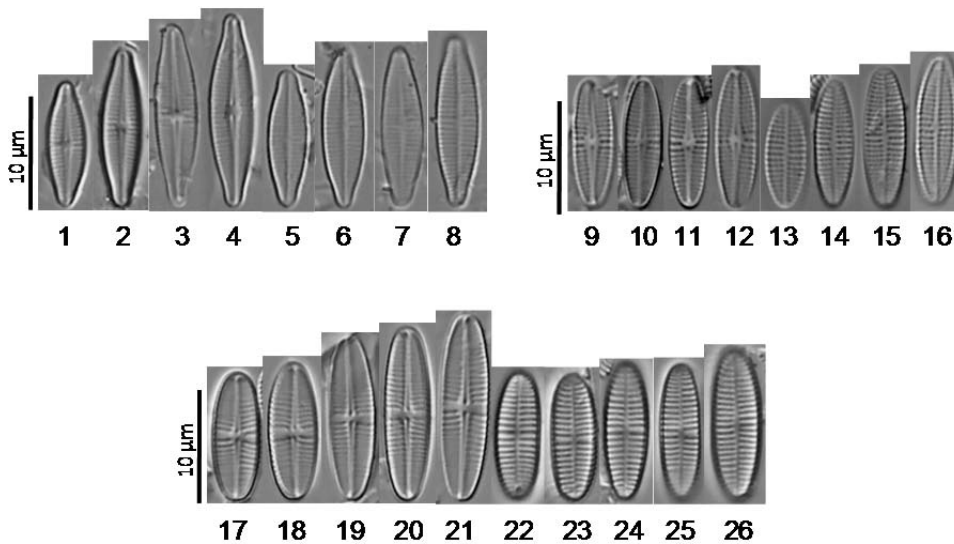
#### *Achnanthydium delmontii* Peres, Le Cohu et Barthes : une espèce méconnue ?

Comme vu au paragraphe 3.1 et sur la figure 3, il est étonnant qu'*Achnanthydium pyrenaicum* ait été identifié en forte abondance sur certaines stations du Rhin supérieur compte tenu de son écologie. Ce taxon est identifié sur les stations de mesure allemandes, alors que c'est a contrario *Achnanthydium delmontii* qui est signalé en lieu et place sur les stations françaises intercalées avec celles-ci.

*A. delmontii* est une espèce proche morphologiquement d'*A. pyrenaicum*, mais à l'écologie bien différente, même si elle reste encore à préciser. En effet, on la trouve essentiellement dans de grands cours d'eau ou des canaux, alors qu'*A. pyrenaicum* est une espèce polluosensible plutôt inféodée aux milieux lotiques, oligo à mésotrophes riches en carbonates (Hofmann *et al.* 2011). *A. delmontii* a été détectée sur le Rhin pour la première fois sur les stations du Vieux Rhin à Kembs et du Rhin à Lauterbourg-Karlsruhe en 2009, et a été décrite en 2011 comme nouvelle espèce (Pérès *et al.* 2012).

Il semble vraisemblable que cette espèce, récemment décrite et probablement encore peu connue des taxonomistes, ait été identifiée comme *A. pyrenaicum* sur les stations allemandes.

On remarque également sur certaines stations (ex : Speyer, station n° 18) d'*Achnanthydium subatomus* ADSU en faible abondance : il s'agit probablement de la même difficulté d'identification d'*A. delmontii*, *A. subatomus* étant un taxon typique des rivières faiblement minéralisées sur substrat siliceux, oligotrophes et oligosaprobies.



**Figure 9 : planches photographiques d'*Achnanthydium pyrenaicum*, *A. subatomus* et *A. delmontii***

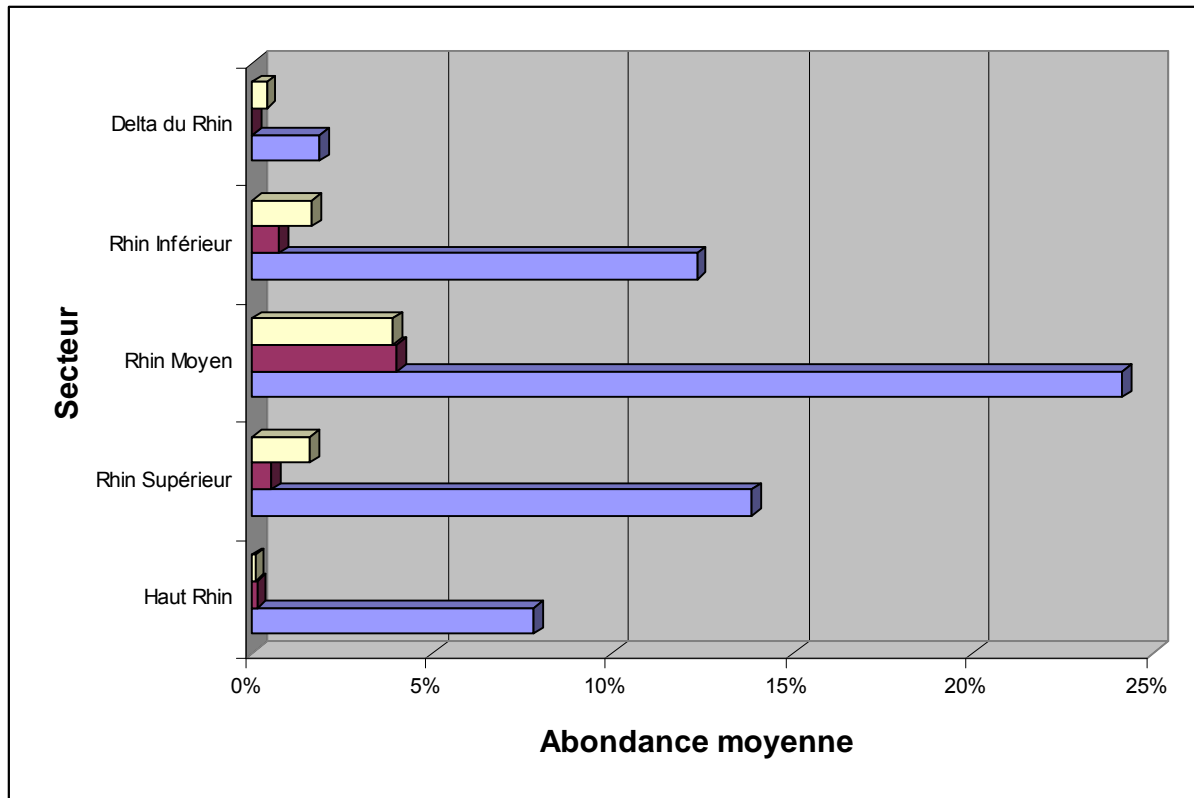
(1-8 : *Achnanthydium pyrenaicum*, la Meholle à Void-Vacon 27/07/2012 ; 9-16 : *Achnanthydium subatomus*, la Lauch à Buhl (aval) 21/07/2010 ; 17 – 26 : *Achnanthydium delmontii*, le Vieux Rhin à Kembs 19/08/2013 ; Photographies D. Heudre)

### 3.4. Cortèges d'espèces du Rhin moyen

Le Rhin moyen présente une diversité moyenne de 40 taxons par inventaire. Avec un total de 77 espèces recensées, il est le tronçon le plus homogène. Comme vu précédemment figure 3 les cortèges sont dominés par *Amphora pediculus* où ce taxon atteint ses plus fortes abondances dans les inventaires, ainsi que par *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata* dans une moindre mesure.

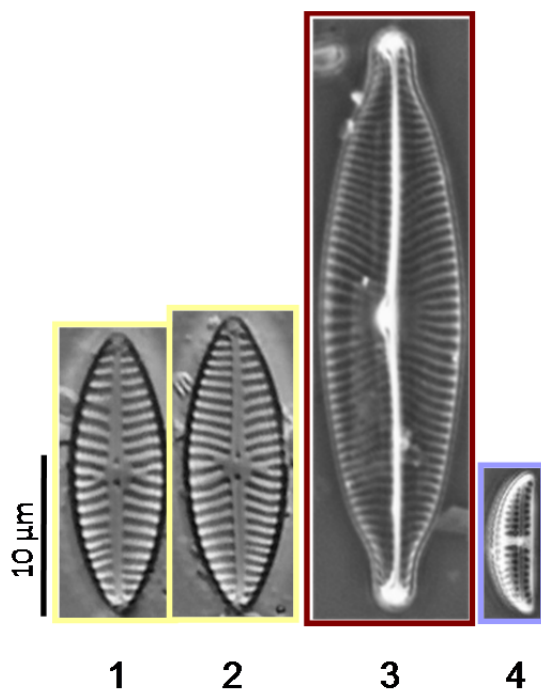
Les espèces annexes en abondance notable varient d'un inventaire à l'autre. On peut citer entre autres, *Navicula rostellata* et *Navicula recens*, présentes chacune sur un seul inventaire à une abondance de 15% environ. Seules *Navicula rostellata* et *Navicula antonii* semblent être un peu représentatives de ce tronçon du Rhin mais de manière peu marquée (cf. figure 10).

Plus généralement, on peut estimer que les cortèges en place sur le Rhin moyen ne sont pas très caractéristiques, et semblent former une transition cohérente entre ceux du Rhin supérieur et du Rhin inférieur.



*Navicula antonii* Lange-Bertalot
  *Navicula rostellata* Kützing
  *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow

**Figure 10 : abondance moyenne de *Navicula antonii*, de *Navicula rostellata* et d'*Amphora pediculus* par tronçon du Rhin**



**Figure 11 : photographies de *Navicula antonii*, de *Navicula rostellata* et d'*Amphora pediculus***

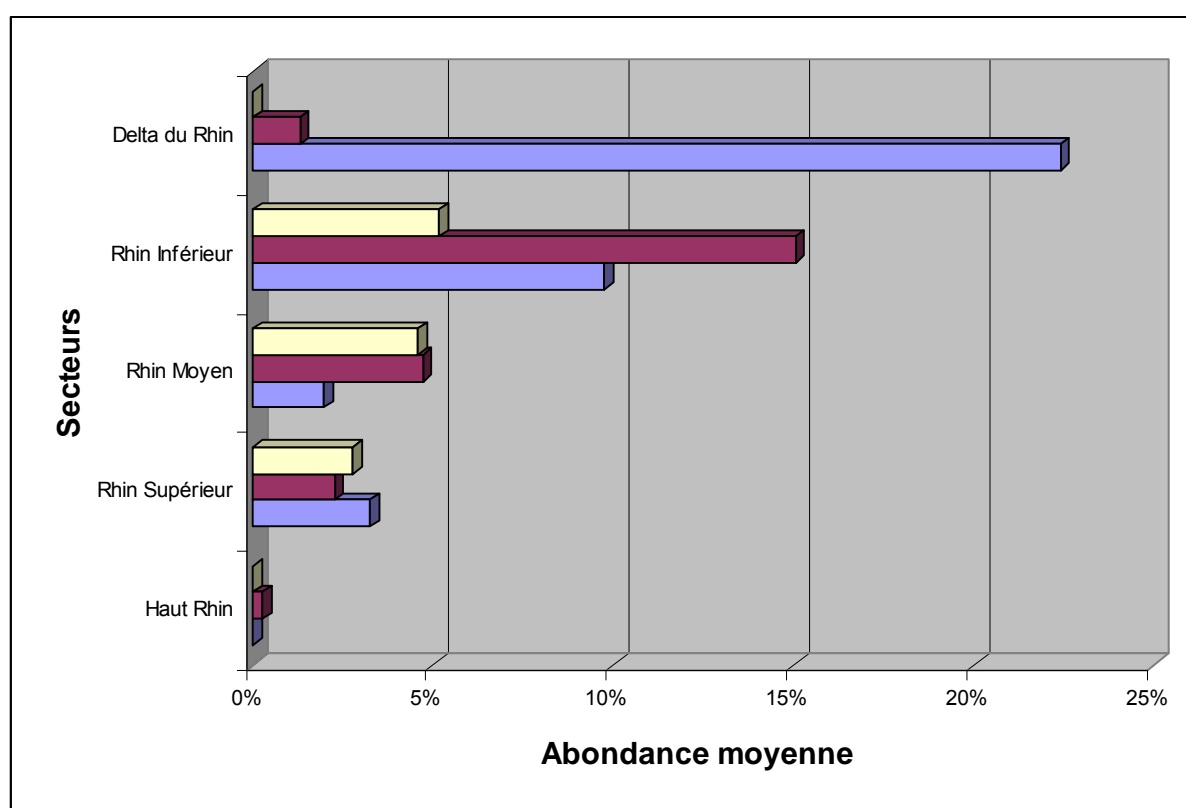
(1-2 : *Navicula antonii* ; 3 : *Navicula rostellata* ; 4 : *Amphora pediculus* ; Photographies D. Heudre)

### 3.5. Cortèges d'espèces du Rhin inférieur

Avec une moyenne de 58 taxons relevés par inventaire, le Rhin inférieur présente les inventaires les plus diversifiés. Comme vu précédemment (voir 3.1), ceci peut être en partie expliqué par un effort de comptage plus important sur ces stations lors de l'analyse. Cependant, il n'est pas rare d'observer des cortèges très diversifiés sur les tronçons aval des grands cours d'eau. Le nombre total d'espèces relevées est de 101, ce qui est dans la moyenne.

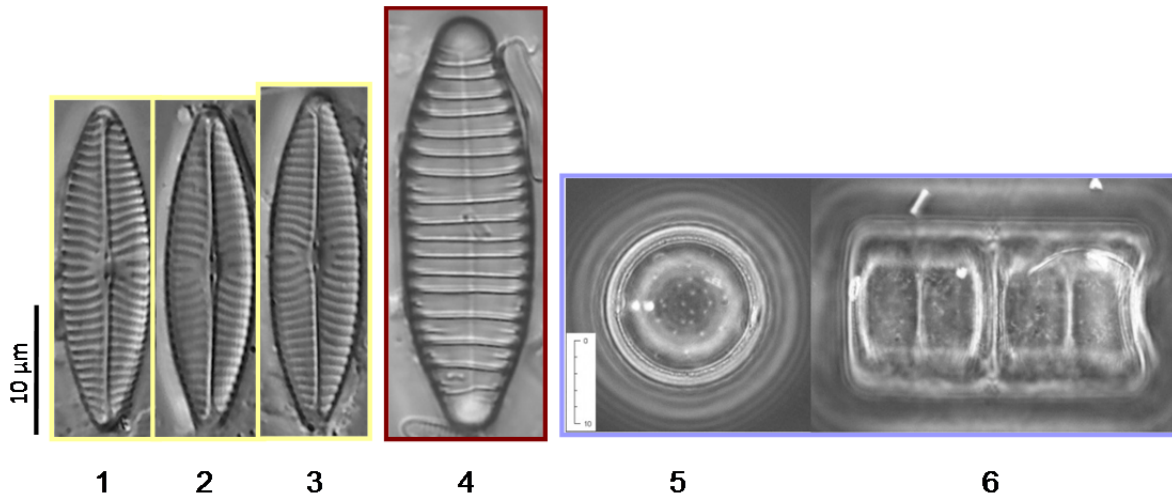
Les cortèges comportent toujours des quantités notables d'*Amphora pediculus* et de *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata* dans une moindre mesure (cf. figure 3).

Les espèces annexes les plus caractéristiques de ce tronçon sont *Diatoma vulgaris*, *Navicula recens* et enfin *Melosira varians* qui commence à apparaître en quantités substantielles dans les inventaires (cf. figure 12).



*Navicula recens* Lange-Bertalot
  *Diatoma vulgaris* Bory
  *Melosira varians* Agardh

**Figure 12 : abondance moyenne de *Navicula recens*, de *Diatoma vulgaris* et de *Melosira varians* par tronçon du Rhin**



**Figure 13 : photographies de *Navicula recens*, de *Diatoma vulgare* et de *Melosira varians* (1-3 : *Navicula recens* ; 4 : *Diatoma vulgare* ; 5-6 : *Melosira varians* ; Photographies D. Heudre)**

### 3.6. Cortèges d'espèces du delta du Rhin

Avec une moyenne de 35 taxons relevés par inventaire et un nombre total de 148 espèces recensées, le delta du Rhin est assez atypique. Il présente des cortèges peu diversifiés par rapport aux autres tronçons alors qu'il possède la deuxième plus grande diversité taxonomique totale du Rhin. Ceci se traduit donc par des cortèges très différents entre stations. Ces derniers comportent, en outre, de nombreuses espèces uniquement identifiées dans ce tronçon. Le milieu particulier qu'est un delta, et le fait que les prélèvements aient été réalisés sur héliophytes, peut expliquer la singularité des résultats de ce tronçon.

L'espèce dominante des cortèges est *Melosira varians* (cf. figure 3), mais les taxons les plus représentatifs de ce tronçon n'ont malheureusement pu être déterminés au niveau spécifique : on trouve en effet un *Achnantheidium*, une *Skeletonema* et une *Staurosirella* uniquement sur ce tronçon.

Comme espèces annexes plus communes, on relève *Navicula gregaria* et *Fragilaria vaucheriae* qui y sont mieux représentées et de façon plus régulière que sur le reste du cours du Rhin.

#### 4. Traits biologiques

En sus de la description taxonomique des cortèges en place, une étude des traits biologiques des espèces a été réalisée pour tenter de mettre en évidence l'évolution des peuplements le long du Rhin et donc les conditions environnementales structurantes.

Dans un souci de lisibilité, pour toutes les figures des paragraphes suivants du rapport, les stations sont identifiées par un code numérique présenté en tableau 7 ci-dessous. On se reportera au tableau de l'annexe A pour de plus amples informations sur ces stations.

**Tableau 7 : codes numériques des stations de mesures du Rhin**

Secteur	Identifiant	Station	Point kilométrique	Affluents principaux
Rhin alpin	1	Fußbach	<i>sans objet</i>	
Haut Rhin	2	Stein	25	{ Aar (PK 102,5)
	3	Ellikon	64	
	4	Sisseln	120-126	
	5	Pratteln-Wyhlen	158	
Rhin supérieur	6	Kembs	<i>sans objet</i>	
	7	Neuenburg	199	
	8	Breisach	220	
	9	Wyhl	245	
	10	Rhinau	261	
	11	Schwanau	272	
	12	Kehl	291	
	13	Gamsheim	309	
	14	Grauelsbaum	317	
	15	Steinmauern	345	
	16	Lauterbourg-Karlsruhe	350	
	17	Karlsruhe	361	
	18	Speyer	399	{ Neckar (PK 428)
	19	Mannheim	435	
	20	Nordheim	451	
	21	Biblis	456	
	Rhin supérieur	22	Fähre Eich	461
		23	Stockstadt	468
		24	Leeheim	478
		25	Ginsheim	491
26		Wiesbaden	499	{ Main (PK 496,5)
27		Eltville	509	
28		Heidenfahrt	516	{ Nahe (PK 529,5)
Rhin moyen	29	Bacharach	542	
	30	Lorchhausen	543	
	31	Andernach	615	{ Lahn (PK 585,5, Moselle (PK 592)
	32	Hammerstein	618	
Rhin inférieur	33	Niederkassel	665	{ Sieg (PK 659,5)
	34	Nierst	758	
	35	Walsum	794	– Ruhr (PK 780)
	36	Emmerich	855	– Lippe (PK 814,5)

Secteur	Identifiant	Station	Point kilométrique	Remarques
Delta du Rhin	37	Waal	863	Cours principal du Rhin <sup>1</sup>
	38	Nederrijn	945,6	
	39	Hagestein	986	
	40	Twentekanal	<i>sans objet</i>	Hydrosystème de l'IJssel <sup>2</sup>
	41	Vechtdelta Groot Salland	<i>sans objet</i>	
	42	IJssel	995,1	
	43	Randmeren-Zuid	<i>sans objet</i>	
	44	IJsselmeer	<i>sans objet</i>	
	45	Markermeer	<i>sans objet</i>	
	46	Noordzeekanaal	<i>sans objet</i>	
	47	Hollandsche IJssel	<i>sans objet</i>	4

1 : cours principal du Rhin entre Lobith et Rotterdam

2 : hydrosystème de l'IJssel, (l'IJssel, son affluent Vecht, l'IJsselmeer et les lacs de bordure = Randmeren)

3 : le Noordzeekanaal relie le Markermeer (partie de l'IJsselmeer) avec la côte de la mer du Nord

4 : la Hollandsche IJssel ne fait pas partie de l'hydrosystème de l'IJssel, mais est une connexion entre Rhin (cours principal : Lek) et Nieuwe Maas

Les représentations graphiques présentées ci-après visent à caractériser le profil du Rhin de l'amont vers l'aval. Ce profil ne peut néanmoins être parfait compte tenu que certaines stations ne sont pas situées sur le cours principal (Vieux Rhin à Kembs par exemple). Elles permettent cependant une représentation amont-aval intéressante de l'évolution des communautés jusqu'au tronçon du Rhin inférieur. On se heurte à la limite de ce type de représentation à partir de la station n° 37 : pour le tronçon du delta du Rhin, les stations étant réparties sur plusieurs bras de cours d'eau, elles sont ici classées dans l'ordre de restitution des données néerlandaises et ne constituent donc plus une succession au sens amont-aval.

Différents auteurs ont réalisé des synthèses de l'autoécologie des diatomées au moyen de traits biologiques. Ces traits visent à quantifier la préférence des espèces pour des caractères physico-chimique du milieu comme les niveaux trophiques ou saprobiques, le pH, l'oxygénation (voir par exemple Van Dam, 1994 ou Hofmann, 1994) ou selon leur mode de vie comme leur caractère colonial, pionnier, rhéophile... (Rimet, 2012).

De nombreux traits caractérisés par différents auteurs ont été testés, néanmoins, peu ont révélés de façon significative des tendances sur le Rhin. Cette faiblesse de réponse est principalement due au fait que la plupart de ces travaux sont anciens : la taxonomie des diatomées étant particulièrement vivante, beaucoup de taxons reconnus à ce jour n'existaient pas à l'époque des travaux de caractérisation et ne disposent dès lors pas encore de traits biologiques codés. Cet état de fait peut conduire à des proportions importantes de la catégorie « Non renseignée » et rend malheureusement peu robuste une éventuelle interprétation.



#### Limites observées de l'utilisation des traits bio :

\* La station 6 (Vieux Rhin à Kembs) présente un pic systématique de la catégorie « Non renseignée » dû à la présence en grande abondance (> 25%) d'*Achnantheidium delmontii*, espèce récemment décrite et ne disposant donc pas de traits biologiques renseignés.

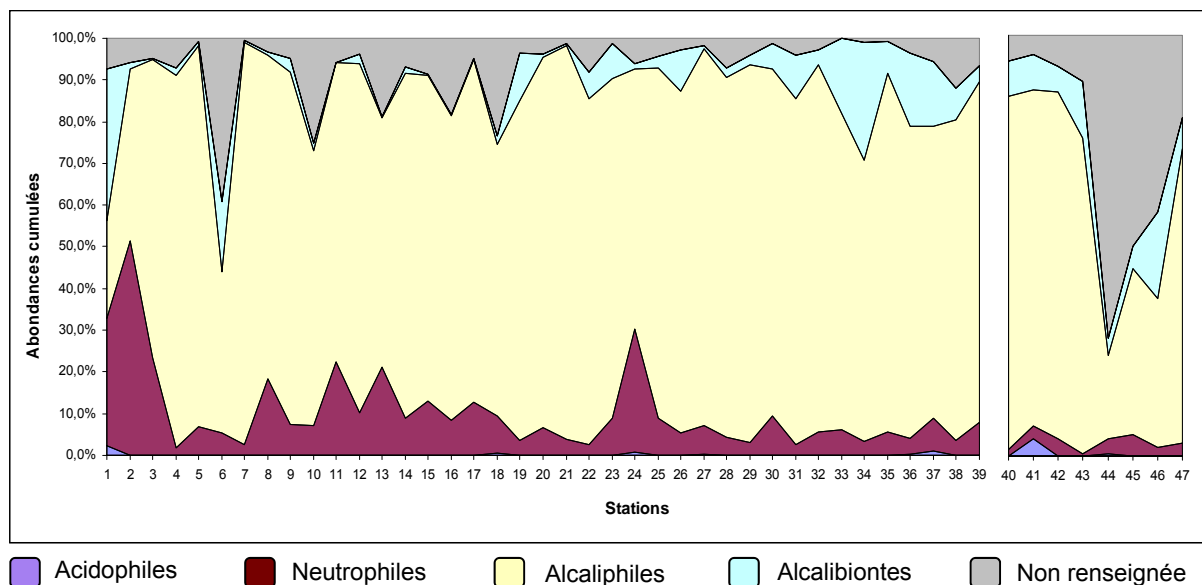
\* On observera également sur la plupart des graphiques un pic de la catégorie « Non renseignée » pour les stations 44 à 46. Ceci est en partie dû à la présence d'espèces peu courantes en eaux douces pour lesquelles les auteurs ne disposaient pas d'informations suffisantes pour leur attribuer une sensibilité. On trouve également sur ces stations des abondances parfois importantes de taxons déterminés au niveau générique, niveau qui n'a que rarement été renseigné d'un point de vue écologique par les auteurs.

Néanmoins, quelques résultats intéressants évoqués ci-après ressortent des différents traits testés.

#### **4.1. Caractéristiques environnementales (Van Dam *et al.* 1994)**

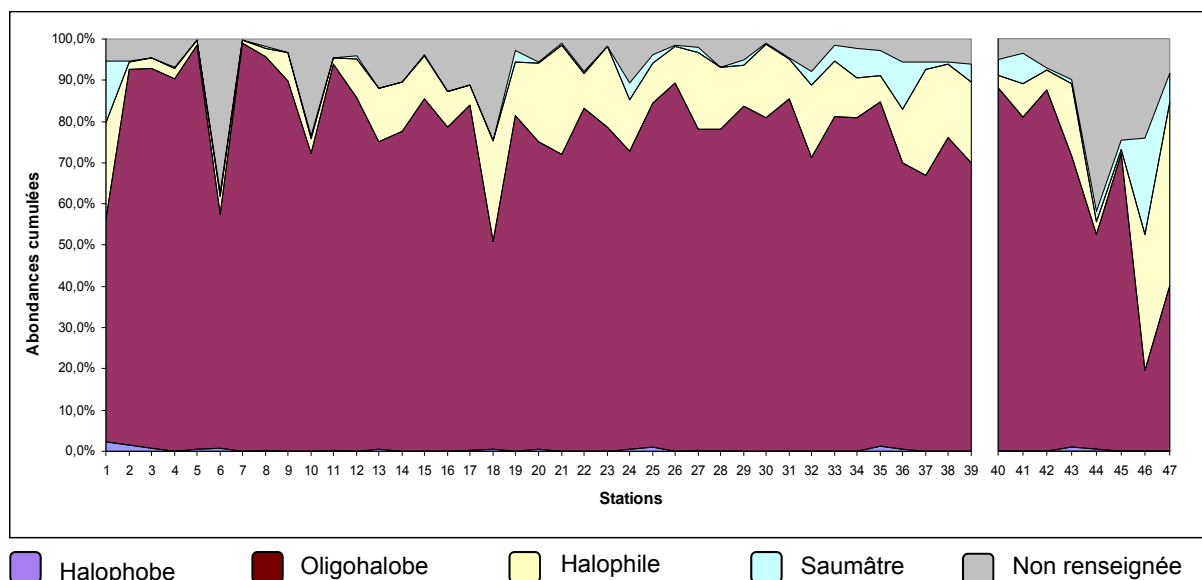
Cette publication de 1994 représente la première liste exhaustive des diatomées d'eau douce à légèrement saumâtre réalisée aux Pays-Bas. Elle comprend 948 taxons, appartenant à 776 espèces réparties dans 56 genres. Les genres *Navicula* (sensu lato à l'époque) et *Nitzschia* sont les plus représentés. Pour chaque taxon, une valeur est présentée pour les indicateurs écologiques que sont le pH, la salinité, le métabolisme vis-à-vis de l'azote, l'oxygénation, l'aérophilie, et l'état trophique et saprobique. Cette publication, déjà ancienne, est à utiliser avec précaution car les milieux particuliers présents aux Pays-Bas peuvent légèrement altérer le diagnostic par rapport aux situations rencontrées dans d'autres pays. Elle reste néanmoins l'une des plus utilisées car c'est l'une des plus complètes. Elle présente en outre l'avantage de considérer des milieux similaires à ceux de la présente étude, à la différence d'autres classifications (Van Dam, 1994).

La figure 14 montre que les cortèges en place sont dominés par des espèces alcaliphiles, avec une légère tendance à l'augmentation de la présence d'espèces alcalibiontes sur la moitié aval du cours du Rhin. On observe également une base assez constante de taxons neutrophiles, en abondance légèrement plus importante sur le premier tiers du profil, avec deux pics notables : la station n° 2 d'Hemishofen (située très à l'amont, le Rhin présentant probablement une eau encore peu minéralisée) et de manière moindre la station n° 24 de Leeheim (présence de près de 20% de *Nitzschia palea* var. *palea*, taxon pollutotolérant classé neutrophile mais probablement plutôt indifférent car d'avantage lié à la pollution organique qu'à d'autres facteurs). La présence de taxons acidophiles demeure, elle, anecdotique.



**Figure 14 : abondance cumulée des espèces réparties selon leur sensibilité au pH (Van Dam 1994)**

La figure 15 montre que les cortèges du Rhin sont globalement très majoritairement constitués de taxons oligohalobes. Néanmoins, on remarquera une apparition notable et persistante d'espèces halophiles (à comprendre ici comme résistantes à la salinité et aux fortes conductivités) à partir de la station de Kehl (n° 12, située dans le Rhin supérieur) et qui reste stable à environ 10%. De la même manière, la présence de taxons qualifiés de « saumâtres » n'apparaît de manière sensible qu'à partir de la station de Niederkassel (n° 33, première station du Rhin inférieur). Cela semble tout à fait cohérent avec l'augmentation progressive de la minéralisation vers l'aval d'un grand fleuve.

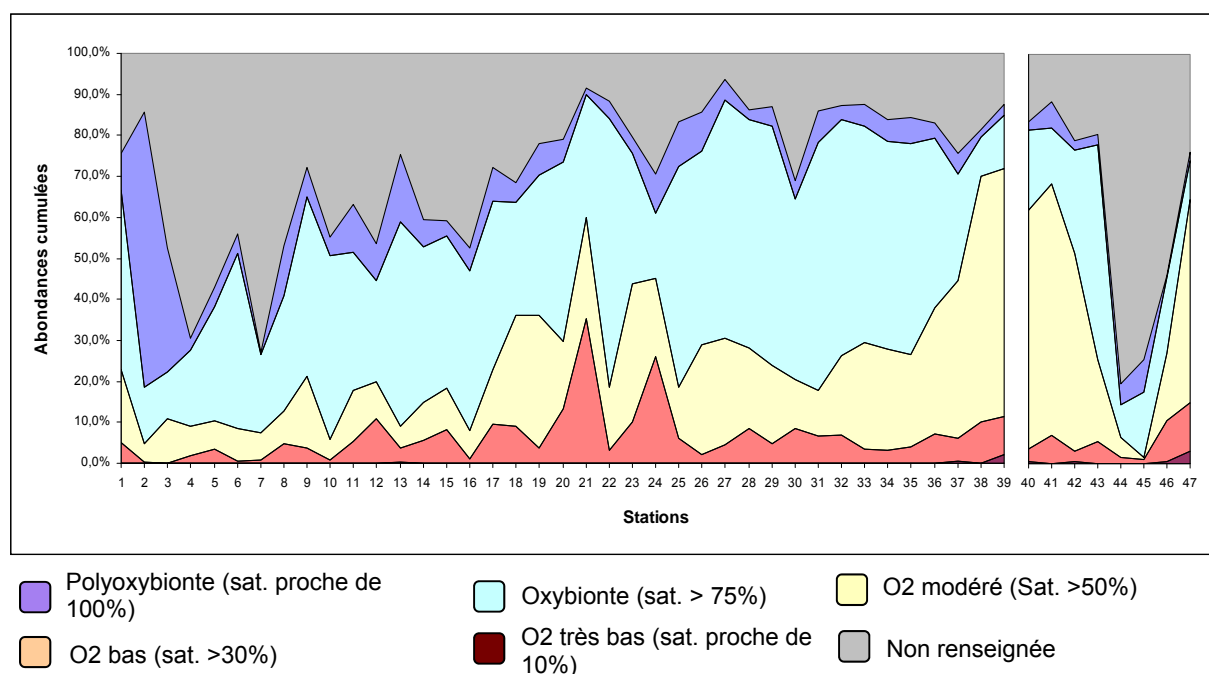


**Figure 15 : abondance cumulée des espèces réparties selon leur sensibilité à la salinité (Van Dam 1994)**

La figure 16 présentant la répartition par classe de sensibilité à l'oxygénation ne permet pas de conclure pour le premier tiers du cours du Rhin compte tenu de la grande proportion d'espèces ne disposant pas de renseignement pour ce trait. Néanmoins, on peut voir que le second tiers allant de Mannheim (station n° 19, « centrale » du tronçon du Rhin) jusqu'à Emmerich (station n° 36, dernière du Rhin inférieur) reste dominé de taxons oxybiontes, et, dans une moindre mesure, de taxons indicateurs d'une

saturation en oxygène modérée (50 à 75%). Ce constat indiquerait une bonne oxygénation du milieu, surtout considérant un fleuve de ce gabarit. Plus à l'aval, dans le tronçon du delta du Rhin, une augmentation notable des taxons indicateurs de saturation en oxygène modéré est logiquement observée, le milieu devenant bien plus lentique.

On observe deux pics de plus faible oxygénation sur les stations de Biblis (n° 21) et Leeheim (n° 24). Ceci est lié à une forte abondance (27%) d'*Eolimna minima* dans l'inventaire de Biblis, et d'une d'ampleur un peu moindre (19%) de *Nitzschia palea* var. *palea* sur celui de Leeheim. Il s'agit de taxons pollutotollérants, indicateurs de milieux de moindre qualité et donc moins bien oxygénés. On se reportera à la figure 18 ci-après décrivant les classes de saprobie où l'augmentation d'abondance des classes  $\alpha$ -mésopolysaprobies sur Biblis et polysaprobies pour Leeheim est liée à la présence des mêmes taxons. De plus, on retrouve dans leur cortège d'espèces accompagnatrices d'autres taxons indicateurs de milieux moins bien oxygénés, ce qui explique ces deux pics. Ne disposant pas d'informations relatives aux conditions environnementales de ces stations, il n'est pas possible de conclure si la présence de ces taxons est révélatrice d'une dégradation du milieu ou s'il s'agit d'artéfacts d'échantillonnage.

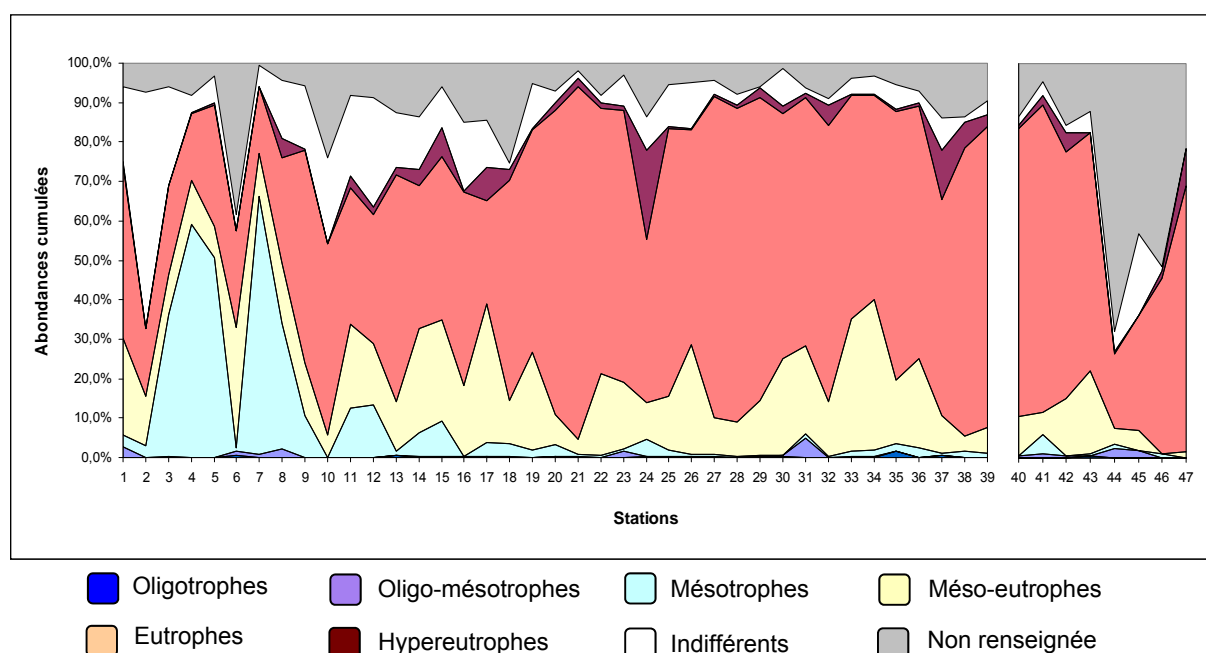


**Figure 16 : abondance cumulée des espèces réparties selon leur sensibilité à l'oxygénation (Van Dam 1994)**

Sat. : saturation en oxygène

Concernant la trophie (assimilable à la charge du milieu en nutriments), le haut Rhin et les premières stations du Rhin supérieur relèvent d'un milieu mésotrophe. Outre la station n° 6 du Vieux Rhin à Kembs présentant plus de 40% de taxons de la classe « Non-renseignée » (cf §4.1), la figure 17 ci-dessous montre une autre anomalie : la proportion importante de taxons « Indifférents » sur la station n° 2 de Hemishofen. Ceci est dû à une abondance de près de 50% d'*Achnanthydium minutissimum*, taxon classé comme indifférent car il s'agissait à l'époque de la publication de Van Dam plutôt d'une vision sensu latissimo formant un complexe d'espèces aux écologies diverses. Sur cette station, il n'est pas possible de se prononcer sur le caractère sensu stricto (oligo-mésotrophe à mésotrophe) ou sensu lato d'*A. minutissimum*, la station étant située juste à l'aval du lac de Constance. Les espèces subdominantes montrent plutôt une tendance à l'eutrophisation, à l'exception notable d'*Encyonema minuta*.

Plus à l'aval, le Rhin s'eutrophise progressivement avec une augmentation des abondances de taxons méso-eutrophes et eutrophes, jusqu'à arriver à une nette dominance d'espèces eutrophes à partir de la station de Biblis (n° 21).



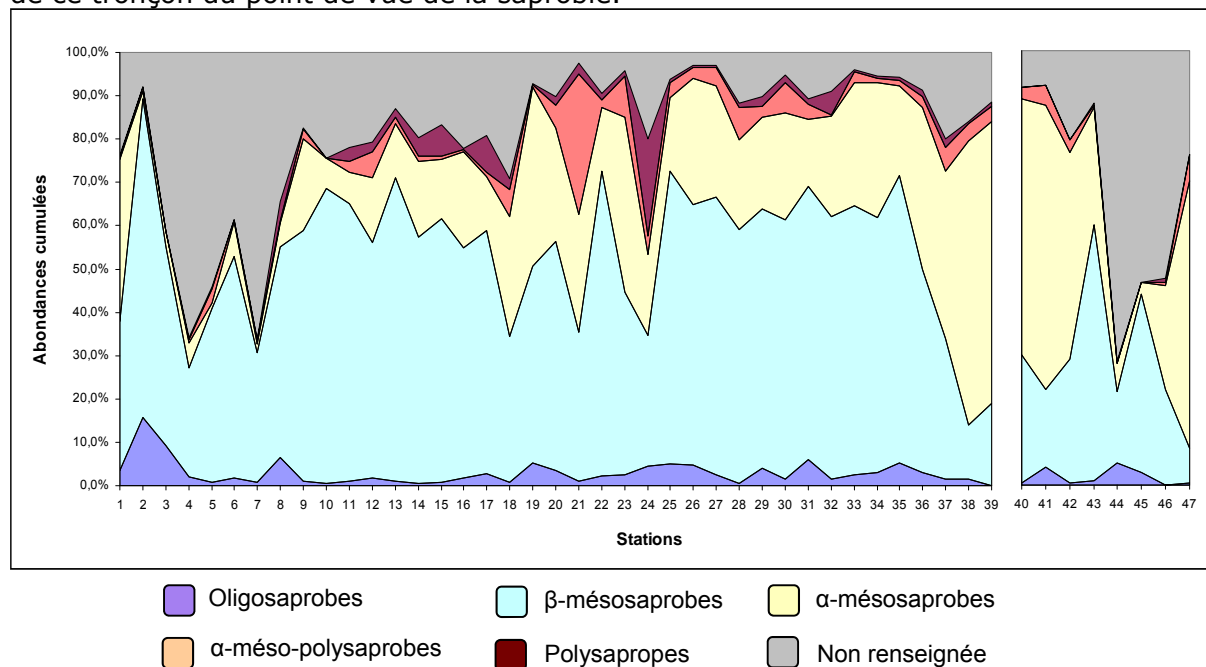
**Figure 17 : abondance cumulée des espèces réparties selon leur sensibilité à la trophie (Van Dam 1994)**

Enfin, concernant la saprobie (assimilable à la charge du milieu en matières organiques) la figure 18 montre que le Rhin est majoritairement dominé par des taxons  $\beta$ -mésosaprobés sur la quasi-totalité de son cours, ce qui indiquerait un milieu plutôt faiblement impacté par les matières organiques. Une augmentation progressive de l'importance des taxons  $\alpha$ -mésosaprobés, qui devient sensible à partir de la fin du Rhin supérieur vers la station de Ginsheim (n° 25) et dans le Rhin inférieur, est constatée. Ils ne deviennent majoritaires que dans le delta du Rhin, ce qui semble normal compte tenu du caractère typiquement stagnant avec présence de grandes roselières ou de zones marécageuses dont relève ce type de milieu.

On peut néanmoins observer la présence d'un tronçon sensiblement plus impacté à partir de la station de Speyer (n° 18) situé autour des deux pics de Biblis (n° 21) et Leeheim (n° 24) (voir oxygénation ci-avant). Sur ce tronçon, les populations en place sont dominées par *Amphora pediculus*, taxon classé comme  $\beta$ -mésosaprobe mais dans les faits plutôt admis comme euryèce et ubiquiste. On observe sur cette zone une présence en abondance notable de taxons plus polluo-tollérants comme *Eolimna minima* ou *Nitzschia inconspicua*. Ce constat plaiderait pour une augmentation significative de la

charge organique sur ce tronçon. Celle-ci pourrait avoir pour origine l'agglomération de Ludwigshafen/Mannheim ou la confluence avec le Neckar. Cependant, le milieu semble récupérer à partir de la station de Ginsheim (n° 25).

Ce profil présente une faible robustesse sur le haut Rhin, l'abondance de la classe « Non renseignée » pouvant approcher les 60%. Toutefois, les espèces non caractérisées étant polluosensibles comme vu au §3.2, il n'y a pas lieu de remettre en cause la bonne qualité de ce tronçon du point de vue de la saprobie.



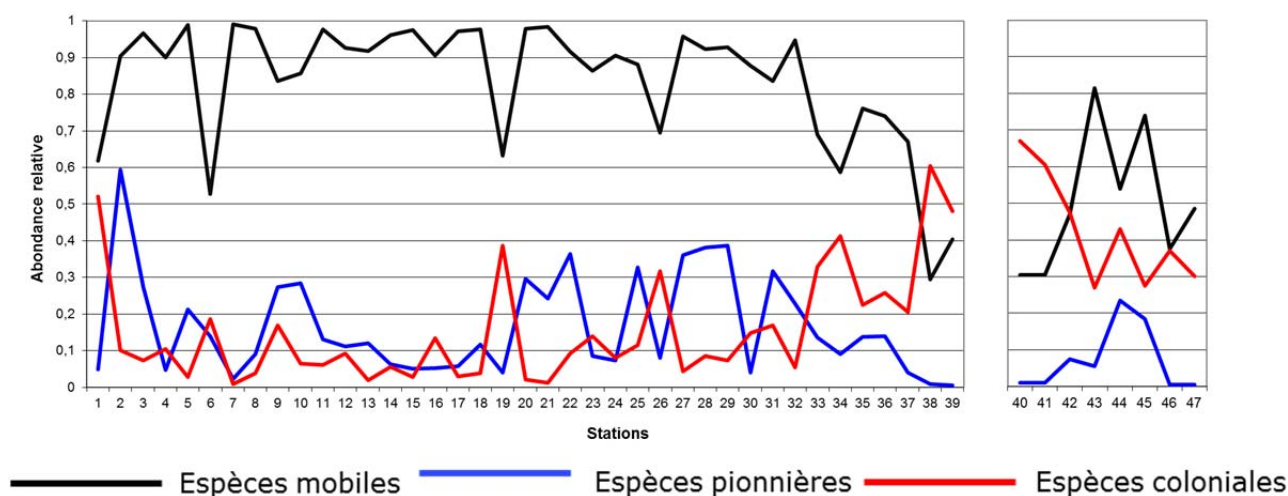
**Figure 18 : abondance cumulée des espèces réparties selon leur sensibilité à la saprobie (Van Dam 1994)**

#### 4.2. Guildes écologiques & modes de vie (Rimet *et al.*, 2012)

La majorité des indices biotiques basés sur les diatomées sont construits sur les polluosités des espèces. Néanmoins, des études récentes ont montré l'intérêt d'utiliser des métriques complémentaires pour la bioindication : les formes de vie, les tailles de cellules et les guildes écologiques. Malheureusement, l'appartenance des taxons à ces différentes métriques est souvent dispersée dans de nombreux articles et ouvrages. De plus, les études utilisant de telles métriques font souvent référence à de la littérature grise et des listes non publiées. L'objectif de cet article était de rendre disponible une importante liste de taxons fréquemment observés dans les rivières européennes avec leur appartenance à ces différentes métriques. 1115 taxons ont été codifiés dans un fichier Excel. Il apparaît clairement que l'appartenance des taxons aux métriques est déterminée par la taxonomie (Rimet *et al.*, 2012).

La figure 19 présente les abondances des taxons pour les traits biologiques mobiles, coloniaux ou pionniers. On observe une bonne corrélation inversée entre les mobiles et les coloniaux. Les populations en places sur le Rhin sont globalement dominées par des taxons mobiles, et on observe une baisse de ceux-ci dès que les formes coloniales augmentent en abondance : ceci est caractéristique des stations placées sur des zones plus lenticques, dont le tronçon du delta du Rhin est un parfait exemple. La seule exception est la station du Vieux Rhin à Kembs (n° 6) où la chute des taxons mobiles est due à *Achnantheidium delmontii*, taxon récemment décrit et non pris en compte dans la publication.

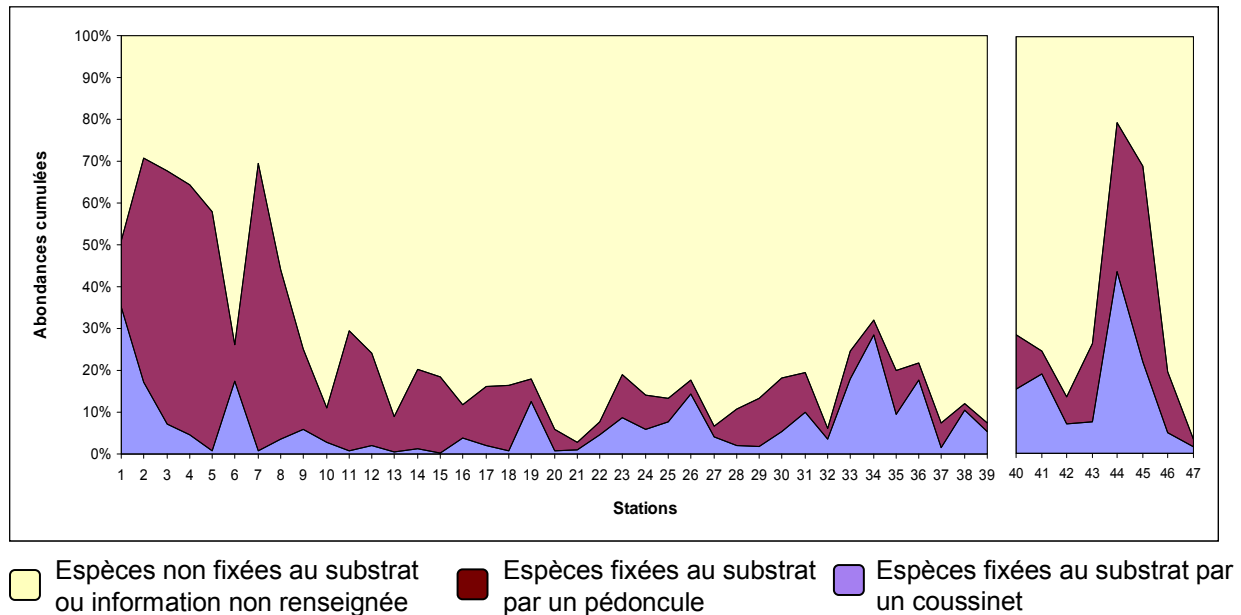
Les espèces pionnières sont parmi les premières à coloniser un support récemment immergé, grâce à des adaptations comme la capacité à se fixer fortement sur un support vierge de biofilm ou une reproduction rapide. De ce fait, elles sont également caractéristiques des milieux où le biofilm subit un décapage important. Leur abondance montre un pic sur le haut Rhin et sur la zone centrale du cours du Rhin allant de la station de Nordheim (n° 20) à celle d'Andernach (n° 31) à partir de laquelle leur abondance décroît progressivement. Le premier pic à 59% sur la station d'Hemishofen est dû à la présence en grande quantité d'*Achnanthydium minutissimum*, espèce pionnière des milieux lotiques dans lesquels les supports peuvent être soumis à charriage ou le biofilm décapé par le courant. La seconde zone de forte abondance, située au milieu du cours, est due à des effectifs importants d'*Amphora pediculus*, espèce pionnière de milieux soumis à un fort broutage du biofilm (par des mollusques gastéropodes ou des poissons par exemple).



**Figure 19 : abondances relatives des espèces selon les traits biologiques mobiles, coloniales ou pionnières (Rimet 2012)**

La figure 20 présente les abondances cumulées des taxons selon leur caractère fixé ou non au substrat, ainsi que le type de fixation. On observe un pic de formes pédonculées pour le tronçon du haut Rhin et le début du Rhin supérieur, lié à la présence en grande quantité d'*Achnanthydium minutissimum* et d'*A. pyrenaicum*, espèces adaptées aux milieux lotiques. Le creux de la station de Kembs (n° 6) est ici encore dû à la présence d'*Achnanthydium delmontii*, espèce récemment décrite et dont l'écologie reste à préciser.

Cette figure met en évidence une forte abondance d'espèces fixées par coussin sur les deux premières stations et sur la moitié aval du Rhin, notamment dans le Delta. Ces deux phénomènes sont dus à la présence d'espèces adaptées aux zones lenticques de *Fragilaria* sensu lato (c'est-à-dire *Fragilaria* sensu stricto, *Staurosira*, *Pseudostaurosira*...). Cela s'explique à l'amont par l'influence du lac de Constance, et à l'aval par le ralentissement progressif du Rhin, l'influence d'ouvrages comme les barrages et le milieu typiquement lenticque du tronçon du delta du Rhin. On observe également sur les stations de l'IJsselmeer (n° 44) et de la Markermeer (n° 45) une montée d'abondance des pédonculées due à une forte présence d'*Achnanthydium* sp et d'*Achnanthydium* du groupe *minutissimum*. La majorité des espèces du genre *Achnanthydium* vivant fixées par un pédoncule, l'auteur de la publication a pris le parti de lui attribuer ce trait. Il existe néanmoins quelques exceptions, tel *Achnanthydium catenatum* (Bily & Marvan) Lange-Bertalot qui est planctonique, raison pour laquelle le rédacteur a précédemment choisi de ne pas attribuer ce trait à *Achnanthydium delmontii* dont l'écologie et le mode de vie restent peu connus pour l'instant.



**Figure 20 : abondances cumulées des espèces selon le trait biologique relatif à la fixation au substrat (Rimet 2012)**

Enfin, on trouve dans cette publication une répartition des espèces dans quatre grandes guildes écologiques, liée à leur mode de vie :

- ✓ La guildes « Low profile » regroupe des espèces de stature basse, y compris prostrées ou érigées. Un tel groupe rassemble principalement des taxons résistants aux perturbations physiques (turbulences) et ne tolérant généralement pas l'enrichissement en nutriments. On y trouve par exemple *Achnanthydium minutissimum*.
- ✓ La guildes « High profile » comprend les grandes espèces ou celles ayant tendance à former des colonies. Ce groupe ne résiste pas aux turbulences et préfère les eaux calmes. Il sera favorisé par l'enrichissement en nutriments du milieu.
- ✓ La guildes des « Motiles » est composé de taxons capables de se déplacer rapidement (par exemple les genres *Navicula* et *Nitzschia*), et constituerait un groupe de taxons adaptés aux milieux turbulents et à des concentrations élevées en nutriments.
- ✓ La guildes « planktonic » regroupe comme son nom l'indique les taxons qui vivent principalement sous forme planctonique.

Dans cette classification, certaines espèces au cas un peu complexe posent problèmes. On peut citer par exemple *Amphora pediculus* qui est classée « Low profile » car de stature basse, mais étant une espèce pionnière en milieu eutrophe résistante au broutage. Les *Eunotia* sont un groupe qui mériterait d'être plus finement étudié car elles sont classées « High profile ». Ce genre contient en effet beaucoup de grandes espèces formants des rubans, mais il est plutôt inféodé aux eaux neutres à acides oligotrophes et oligosaprobies, et il existe de petites espèces comme *Eunotia exigua* à stature basse.

Néanmoins, bien que n'étant pas exempte de défauts, elle offre une vision intéressante de la succession des peuplements structurels des diatomées le long d'un cours d'eau. On peut observer cette succession sur la figure 21 ci-dessous. La station de Fußach représente ici encore une anomalie dans le Rhin alpin, avec un assemblage plutôt typique d'eaux calmes. On observe une dominante de « Low profile » sur la partie amont du Rhin avec un maximum de 82% du cortège pour la station de Wyhlen (n° 5), ce qui

caractérise bien ce tronçon à forte énergie aux eaux très lotiques et turbulentes. Le Vieux Rhin à Kembs fait ici aussi exception pour les raisons déjà évoquées précédemment.

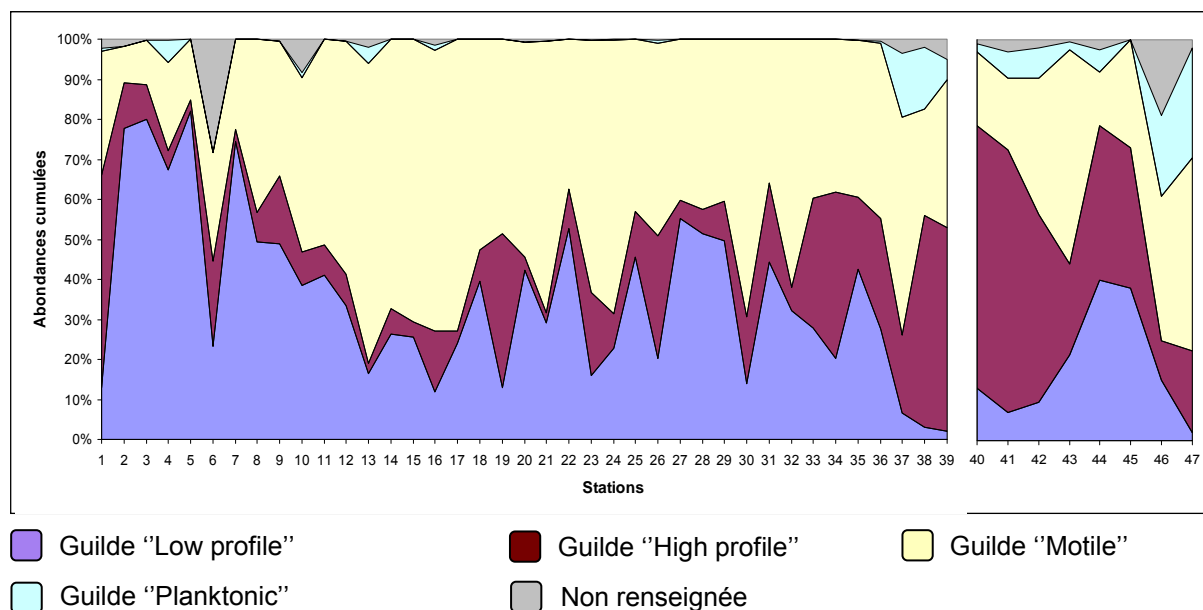
A partir de la station de Neuenburg (n° 7) jusqu'à celle de Karlsruhe (n° 17) cette guilda va décliner pour être remplacée progressivement par celle des « Mobile », qui atteint un maximum de 75% sur la station de Gamsheim (n° 13). Le Rhin reste en effet un milieu à forte énergie mais commence à être enrichi de façon notable en nutriments (voir figure 17 sur la trophie selon Van Dam, 1994).

A l'aval de ce tronçon et jusque la station de Hammerstein (n° 32) marquant la fin du Rhin moyen, on va observer une remontée de l'abondance des « Low profile » provoquée par la prépondérance d'*Amphora pediculus* dans ce tronçon (voir figure 3). Le milieu étant eutrophisé, et probablement moins turbulent, cette espèce pionnière résistante au broutage du biofilm devient une composante essentielle des cortèges en place là où sont prélevés les supports.

A partir du Rhin inférieur, on voit croître progressivement l'abondance des « High profile » avec des maximum de 66% sur les stations de Twentekanal (n° 40) et « Vechtdelta Groot Salland » (n° 41) : le milieu devient plus lentique et la charge en nutriments s'accroît sans doute également.

On peut noter également l'apparition en abondance notable des planctoniques essentiellement dans le tronçon du delta du Rhin, même s'il y a quelques artéfacts comme sur les stations de Obersäckingen (n° 4) ou de Gamsheim (n° 13). Ces singularités sont probablement liées à des prélèvements réalisés dans des zones moins lotiques favorisant la sédimentation ou à la présence de barrage à l'amont.

Nous constatons donc ici une belle et logique succession des guildes à mesure que l'on descend le Rhin vers l'aval et que s'opère une baisse de son caractère lotique couplée à un enrichissement en nutriments.



**Figure 21 : abondances cumulées des espèces selon leur appartenance aux différentes guildes écologiques (Rimet 2012)**



## 5. Évaluation

L'évaluation de l'état ou du potentiel du Rhin et de ses grands affluents basée sur l'élément de qualité biologique 'Macrophytes/phytobenthos' est présentée dans le tableau 7.

Dans leur majorité, les Etats riverains du Rhin tiennent uniquement compte des diatomées benthiques dans l'évaluation. Au Bade-Wurtemberg (DE-BW) et en Rhénanie-du-Nord-Westphalie, les autres formes phytobenthiques entrent également en ligne de compte dans l'évaluation.

En 2012, le **lac de Constance** est évalué dans un « bon » état dans toutes ses parties, tout comme le **haut Rhin** dans son ensemble et le **Rhin supérieur méridional** jusqu'au barrage de Gamsheim.<sup>2</sup>

Plus en aval (**Rhin supérieur septentrional, Rhin moyen**), l'état du Rhin est jugé moyen jusqu'à la frontière germano-néerlandaise, à l'exception d'une masse d'eau en « bon » état dans le **Rhin inférieur** (du débouché de la Ruhr au débouché de la Lippe). Dans le **delta du Rhin**, de nombreuses masses d'eau atteignent le bon potentiel écologique pour l'élément de qualité 'Macrophytes/phytobenthos' : le Boven Rijn / Waal, le Nieuwe Waterweg, IJssel, les lacs de bordure à l'est, la Ketelmeer, la Vossemeer, la Zwartemeer et tous les grands canaux. Le Nederrijn/Lek, le Dordtse Biesbosch, l'Oude Maas, l'IJsselmeer et les lacs de bordure dans le sud affichent un état moyen, l'Hollandsche IJssel un état médiocre.

Etant donné que les diatomées benthiques ont été analysées pour la première fois en 2006/2007 dans le cadre du programme d'analyse Rhin, il est encore impossible de tirer des conclusions sur les tendances évolutives de ce groupe dans le long terme. Il est cependant indéniable que la biocénose, tout comme le phytoplancton, est plus proche d'un état naturel grâce à la réduction des apports de nutriments dans le Rhin.

---

<sup>2</sup>Résultat de l'évaluation pour le lac de Constance conformément aux données fournies pour l'annexe 1 dans le projet de 2<sup>ème</sup> PdG Rhin. Du fait de la prise en compte des macrophytes, le Bade-Wurtemberg n'obtient qu'un résultat moyen pour toutes les masses d'eau du Rhin supérieur. La concertation bilatérale a cependant montré que l'on pouvait reprendre l'évaluation « bon état » de la France pour les masses d'eau OR 1 à OR 3.

**Tableau 8 : évaluation de l'élément de qualité biologique 'Macrophytes/phytobenthos' dans le Rhin selon la DCE pour le Plan de gestion en 2009 et le projet de PdG 2014**

Évaluation de l'élément de qualité biologique 'Macrophytes/phytobenthos' dans le Rhin selon la DCE pour le PdG 2009 et le projet de PdG 2014	J.	Evaluation des éléments de qualité non requise		1	Potentiel écologique
		pas de recensement ou d'évaluation de l'élément / base de données insuffisante	très bonne	2	2
	Macrophytes/phytobenthos : ** en DE-BW, ce résultat se réfère à l'ensemble des éléments biologiques. En France, l'évaluation porte uniquement sur les diatomées.		bon	3	3
			moyen	4	4
			médiocre	5	5
Mise à jour : Mai 2015					
masse d'eau	PK	Station d'analyse CIPR du contrôle de surveillance dans la masse d'eau	Etat / Land	PdG 2009	Projet de PdG 2014
<b>RHIN ALPIN (Reichenau – lac de Constance)</b>					
AR 3 Rhin alpin, masse d'eau de surface AT 10109000		Fussach	AT / Vorarlberg/CH (SG)	2	2
<b>LAC DE CONSTANCE</b>					
BOD-OS Lac supérieur du lac de Constance	aucun kilométrage	Fischbach-Uttwil	DE-BW	2	2
BOD-USZ Lac de Zeller dans le lac inférieur du lac de Constance		Lac de Zeller	CH / St. Gall	2	2
<b>HAUT RHIN (Lac de Constance – Bâle)</b>					
Haut Rhin 1 - du lac de Constance au débouché de l'Aar	24-102,7	Stein, Ellikon	CH / DE-BW	1	2
Haut Rhin 2 - du débouché de l'Aar à Bâle	102,7-170	Sisseln, Pratteln/Wyhlen	CH / DE-BW	1	2
<b>RHIN SUPERIEUR (Bâle - Bingen)</b>					
Rhin supérieur 1 - OR 1 - Vieux Rhin de Bâle à Breisach	170-225	Weil am Rhein	DE-BW	1	3
			FR	2	2
			<i>Résultat de la concertation</i>		
Rhin supérieur 2 - OR 2 - Rhin 2 - Ensemble de festons du Rhin de Breisach à Strasbourg	225-292	en amont de Rhinau	DE-BW	2	3
			FR	2	2
			<i>Résultat de la concertation</i>		
Rhin supérieur 3 - OR 3 - Rhin 3 - Rhin canalisé de Strasbourg à Iffezheim	292-352	en amont de Gamsheim	DE-BW	2	3
			FR	3	2
			<i>Résultat de la concertation</i>		
Rhin supérieur 4 - OR 4 - Rhin 4 - Du barrage d'Iffezheim jusqu'en amont du débouché de la Lauter	352-428	en amont de Lauterbourg-Karlsruhe	Karlsruhe	DE-BW	2
			FR		3
			<i>Résultat de la concertation</i>		
Rhin supérieur 5 - OR 5 - Débouché de la Lauter jusqu'au débouché du Neckar	352-428		DE-BW	2	3
			DE- RP		3
Rhin supérieur 6 - OR 6 - Débouché du Neckar jusqu'au débouché du Main	428 - 497	Worms	DE-BW	3	3
			DE-HE		3
Rhin supérieur 7 - OR 7 - Débouché du Main jusqu'au débouché de la Nahe	497 - 529	de Mayence/Wiesbaden	DE- RP	3	3
			DE-HE		3
<b>RHIN MOYEN (Bingen - Bonn)</b>					
Rhin moyen (MR)	529-639	Coblence	DE-HE		3
			DE- RP	3	3
<b>RHIN INFÉRIEUR (Bonn - Clèves-Bimmen/Lobith)</b>					
Rhin inférieur 1 - NR 1 - de Bad Honnef à Leverkusen	639-701	Cologne-Godorf	DE-NW	3	3
Rhin inférieur 2 - NR 2 - de Leverkusen à Duisbourg	701-764	Port de Dusseldorf	DE-NW	2	4
Rhin inférieur 3 - NR 3 - de Duisbourg à Wesel	764-811	Duisburg-Walsum /Orsoy	DE-NW	3	3
Rhin inférieur 4 - NR 4 - de Wesel à Clèves	811-865	Niedermoerter / Rees	DE-NW	2	3
<b>DELTA DU RHIN (Lobith – Hoek van Holland)</b>					
Boven-Rijn, Waal	880-930	Lobith	NL	2	2
Nederrijn/Lek	954-980		NL	2	3
Dordtse Biesbosch	972-982		NL	2	3
Oude Maas	977-998		NL	2	2
Nieuwe Waterweg	998-1013	Maassluis	NL	2	2
IJsselmeer	n.c.	Vrouwezand	NL	2	2
Littoral de la mer des Wadden	n.c.	Boomkensdiep	NL	5	3
Mer des Wadden	n.c.	Dantziggat, Doovebalg west	NL	4	4
Côte hollandaise (eaux côtières)	n.c.	Noordwijk	NL		

Dans les masses d'eau 'Mer des Wadden' et 'Littoral de la mer des Wadden', l'évaluation ne se fonde pas sur le phytobenthos mais sur les zostères et les puccinellies maritimes (qualité et quantité).

Aux Pays-Bas, les échelles d'évaluation appliquées aux macrophytes (et aux poissons) ont été perfectionnées en 2012, ce qui fait que les valeurs fournies par l'indice de qualité écologique EKR (*ecologische kwaliteitsratio*) s'écartent parfois fortement des anciennes valeurs. Pour pouvoir comparer les anciennes échelles aux nouvelles, les données de 2012 ont été vérifiées à partir des deux échelles. Le bon potentiel écologique a ensuite été adapté de façon à ce que les évaluations de 2009 puissent malgré tout être comparées de manière satisfaisante à celles de 2012.

## **6. Conclusion**

L'étude de la structure des communautés de diatomées nous a permis de caractériser l'évolution des conditions écologiques le long du cours du Rhin.

Ainsi pour le haut Rhin les cortèges sont typiques de milieux lotiques faiblement impactés, que ce soit par les nutriments, les matières organiques oxydables ou la minéralisation. Cette situation évolue ensuite progressivement au fil du fleuve. Les espèces caractéristiques de milieux eutrophes prennent une part importante dès le Rhin supérieur, pour devenir majoritaire vers la fin de ce tronçon. La succession des cortèges au fil du fleuve traduit une augmentation plus modérée et progressive de la quantité de matières organiques et de la minéralisation.

Les espèces présentes dans le delta du Rhin traduisent quant à elles un milieu singulier de par ses caractéristiques hydromorphologiques : apparition d'espèces planctoniques et halophiles en quantité notable ainsi que d'espèces typiques de milieux stagnants moins oxygénés où la matière organique s'écoule naturellement.

Une belle succession de communautés diatomiques se déploie donc à mesure que l'on descend le Rhin vers l'aval et que s'opère une baisse de son caractère lotique couplée à un enrichissement du milieu.

## Bibliographie

AFNOR T90-354 (Décembre 2007). Qualité de l'eau - Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). Paris, 79p.

Coste *in* CEMAGREF (1982). Etude des méthodes biologiques quantitatives d'appréciation de la qualité des Eaux. Rapport Q.E. Lyon, A.F.B. Rhône-Méditerranée-Corse, 218 pages.

Coste, M., Boutry, S., Tison Rosebery, J., Delmas, F. (2009). "Improvements of the Biological Index (BDI): description and efficiency of the new version (BDI-2006)." Ecological indicators, vol. 9, no. 4, pp. 621-650

Hofmann, G. (1994): Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie.- Bibliotheca Diatomologica 30: 1-241.

Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H. (2011). Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa. Lange - Bertalot, Horst (ed.). 3522 Fig. auf 133 Tafeln. 908p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. (1986). Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1986, 876 p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. (1988). Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1988, 610p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991a). Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In : H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer (Eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1991a, 576 p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991b). Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 4. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1991b, 468 p.

Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente Teil A3 - Phytobenthos, Lebensministerium Wien, 2010

MEEDEM (2010). Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement. NOR : *DEVO1001032A*. 55p

MEDDE (2012). Guide technique : Évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau). Edité par le Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. 84p.

Pérès F., Barthès A., Ponton E., Coste M., Ten-Hage L. & Le-Cohu R. (2012). *Achnantheidium delmontii* sp. nov., a new species from French rivers - *Fottea*, Olomouc, 12(2): 189-198

Rimet F. and Bouchez A. (2012). Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 406: 1-14.

UNION EUROPEENNE (2000) : Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans

le domaine de l'eau. Journal Officiel des Communautés Européennes, L 32771/1, 22.12.02.

Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J., (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Neth. J. Aquat. Ecol.* 28, 117–133.

Van Dam, H., (2007). Een herziene KRW-maatlat voor het fyto bentos in stromende wateren (A revised WFD-metric for river phytobenthos in The Netherlands). In opdracht van (commissioned by): Rijkswaterstaat RIZA. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur. Amsterdam. 47p.

Rott, E.; H, G.; Pall, K.; Pfister, P. & Pipp, E. (1997): Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 1: Saprobielle Indikation.- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien: 1-73.

Rott, E.; Binder, N.; Van Dam, H.; Ortler, K.; Pall, K.; Pfister, P. & Pipp, E. (1999): Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen.- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien: 1-248.

Trobajo R., Rovira L., Ector L., Wetzel C. E., Kelly M. & Mann D.G. (2013): Morphology and identity of some ecologically important small *Nitzschia* species, *Diatom Research*, 28:1, 37-59

Zelinka M., Marvan P., (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Rheinheit fließender Gewässer. *Archiv. Hydrobiol.*, 57, 389-407.

## Table des figures

Figure 1 : nombre de taxons recensés par tronçon du Rhin .....	12
Figure 2 : diversité moyenne par inventaire pour chaque tronçon du Rhin.....	12
Figure 3 : abondance moyenne des 4 espèces les plus structurantes des inventaires par tronçon du Rhin.....	13
Figure 4 : photographies des 4 espèces les plus structurantes des différents tronçons du Rhin .....	14
Figure 5 : abondance moyenne d' <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> .....	15
Figure 6 : photographies d' <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> et d' <i>Achnanthydium minutissum</i> .	15
Figure 7 : abondance moyenne d' <i>Eolimna minima</i> , de <i>Nitzschia inconspicua</i> , de <i>Nitzschia fonticola</i> et de <i>Navicula cryptotenella</i> par tronçon du Rhin .....	16
Figure 8 : photographies d' <i>Eolimna minima</i> , de <i>Nitzschia inconspicua</i> , .....	17
Figure 9 : planches photographiques d' <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> , <i>A. subatomus</i> et <i>A. delmontii</i> .....	18
Figure 10 : abondance moyenne de <i>Navicula antonii</i> , de <i>Navicula rostellata</i> et d' <i>Amphora pediculus</i> par tronçon du Rhin.....	19
Figure 11 : photographies de <i>Navicula antonii</i> , de <i>Navicula rostellata</i> et d' <i>Amphora pediculus</i> .....	19
Figure 12 : abondance moyenne de <i>Navicula recens</i> , de <i>Diatoma vulgare</i> et de <i>Melosira varians</i> par tronçon du Rhin.....	20
Figure 13 : photographies de <i>Navicula recens</i> , de <i>Diatoma vulgare</i> et de <i>Melosira varians</i> .....	21
Figure 14 : abondance cumulée des espèces réparties selon leur sensibilité au pH (Van Dam 1994).....	25
Figure 15 : abondance cumulée des espèces réparties selon leur sensibilité à la salinité (Van Dam 1994) .....	25
Figure 16 : abondance cumulée des espèces réparties selon leur sensibilité à l'oxygénation (Van Dam 1994) .....	26
Figure 17 : abondance cumulée des espèces réparties selon leur sensibilité à la trophie (Van Dam 1994).....	27
Figure 18 : abondance cumulée des espèces réparties selon leur sensibilité à la saprobie (Van Dam 1994).....	28
Figure 19 : abondances relatives des espèces selon les traits biologiques mobiles, coloniales ou pionnières (Rimet 2012) .....	29
Figure 20 : abondances cumulées des espèces selon le trait biologique relatif à la fixation au substrat (Rimet 2012).....	30

Figure 21 : abondances cumulées des espèces selon leur appartenance aux différentes guildes écologiques (Rimet 2012) ..... 31

### Liste des tableaux

Tableau 1 : répartition des stations de mesure par tronçon du Rhin .....	7
Tableau 2 : répartition du nombre de taxons par nombre d'échantillons où ils sont présents .....	8
Tableau 3 : taxons les plus fréquents sur le Rhin .....	9
Tableau 4 : taxons les plus abondants sur le Rhin .....	10
Tableau 5 : taxons classés par abondance moyenne sur les stations sur lesquelles ils sont présents .....	11
Tableau 6 : Effort de comptage moyen par tronçon du Rhin.....	12
Tableau 7 : codes numériques des stations de mesures du Rhin.....	22
Tableau 8 : évaluation de l'élément de qualité 'Macrophytes/phytobenthos dans le Rhin	33

## ANNEXES

## A. Liste der stations avec autorité

Code station (propre à l'étude)	Bassin	Rivière	Station	Autorité	Point kilométrique (PK)
1	Rhin alpin	Nouveau Rhin	Fußbach	Autriche	<i>sans objet</i>
2	Haut Rhin	Rhin	Stein	Confédération suisse	25
3	Haut Rhin	Rhin	Ellikon	Bade-Wurtemberg, Confédération suisse	64
4	Haut Rhin	Rhin	Sisseln	Bade-Wurtemberg, Confédération suisse	120-126
5	Haut Rhin	Rhin	Pratteln/Wyhlen	Bade-Wurtemberg, Confédération suisse	158
6	Rhin supérieur	Vieux Rhin	Kembs	France	<i>sans objet</i>
7	Rhin supérieur	Rhin	Neuenburg	Bade-Wurtemberg	199
8	Rhin supérieur	Rhin	Breisach	Bade-Wurtemberg	220
9	Rhin supérieur	Rhin	Wyhl	Bade-Wurtemberg	245
10	Rhin supérieur	Rhin	Rhinou	France	261
11	Rhin supérieur	Rhin	Schwanau	Bade-Wurtemberg	272
12	Rhin supérieur	Rhin	Kehl	Bade-Wurtemberg	291
13	Rhin supérieur	Rhin	Gambsheim	France	309
14	Rhin supérieur	Rhin	Grauelsbaum	Bade-Wurtemberg	317
15	Rhin supérieur	Rhin	Steinmauern	Bade-Wurtemberg	345
16	Rhin supérieur	Rhin	Lauterbourg- Karlsruhe	France	350
17	Rhin supérieur	Rhin	Karlsruhe	Bade-Wurtemberg	361
18	Rhin supérieur	Rhin	Speyer	Rhénanie-Palatinat	399
19	Rhin supérieur	Rhin	Mannheim	Bade-Wurtemberg	435
20	Rhin supérieur	Rhin	Nordheim	Hesse	451
21	Rhin supérieur	Rhin	Biblis	Hesse	456
22	Rhin supérieur	Rhin	Fähre Eich	Rhénanie-Palatinat	461
23	Rhin supérieur	Rhin	Stockstadt	Hesse	468
24	Rhin supérieur	Rhin	Leeheim	Hesse	478
25	Rhin supérieur	Rhin	Ginsheim	Hesse	491
26	Rhin supérieur	Rhin	Wiesbaden	Hesse	499
27	Rhin supérieur	Rhin	Eltville	Hesse	509
28	Rhin supérieur	Rhin	Heidenfahrt	Rhénanie-Palatinat	516
29	Rhin moyen	Rhin	Bacharach	Rhénanie-Palatinat	542
30	Rhin moyen	Rhin	Lorchhausen	Hesse	543
31	Rhin moyen	Rhin	Andernach	Rhénanie-Palatinat	615
32	Rhin moyen	Rhin	Hammerstein	Rhénanie-Palatinat	618
33	Rhin inférieur	Rhin	Niederkassel	Rhénanie-du-Nord- Westphalie	665
34	Rhin inférieur	Rhin	Nierst	Rhénanie-du-Nord- Westphalie	758
35	Rhin inférieur	Rhin	Walsum	Rhénanie-du-Nord- Westphalie	794
36	Rhin inférieur	Rhin	Emmerich	Rhénanie-du-Nord- Westphalie	855



Code station*	tronçon	Rivière	Station	Autorité	Point kilométrique (PK)
37	delta du Rhin	Rhin	Waal	Pays-Bas	863
38	delta du Rhin	Lek	Nederrijn	Pays-Bas	946
39	delta du Rhin	Oude Maas	Hagestein	Pays-Bas	986
40	delta du Rhin	Twenthekanaal	Twentekanalen	Pays-Bas	<i>sans objet</i>
41	delta du Rhin	Zwarte Water	Vechtdelta Groot Salland	Pays-Bas	<i>sans objet</i>
42	delta du Rhin	IJssel	IJssel	Pays-Bas	995
43	delta du Rhin	Eemmeer	Randmeren-Zuid	Pays-Bas	<i>sans objet</i>
44	delta du Rhin	IJsselmeer	IJsselmeer	Pays-Bas	<i>sans objet</i>
45	delta du Rhin	Markermeer	Markermeer	Pays-Bas	<i>sans objet</i>
46	delta du Rhin	Noordzeekanaal	Noordzeekanaal	Pays-Bas	<i>sans objet</i>
47	delta du Rhin	Hollandsche IJssel	Hollandsche IJssel	Pays-Bas	<i>sans objet</i>

\*propre à l'étude

*Sans objet* : pas de PK car non situé sur le cours principal du Rhin.

<b>Cours principal du Rhin entre Lobith et Rotterdam.</b>
Hydrosystème de l'IJssel, (l'IJssel, son affluent Vecht, l'IJsselmeer et les lacs de bordure = Randmeren).
Le Noordzeekanaal relie le Markermeer (partie de l'IJsselmeer) avec la côte de la mer du Nord.
La Hollandsche IJssel ne fait pas partie de l'hydrosystème de l'IJssel, mais est une connexion entre le Rhin (cours principal : Lek) et Nieuwe Maas.

## B. Liste des taxons recensés sur le Rhin avec tronçon de présence

Taxons	haut Rhin	Rhin supérieur	Rhin moyen	Rhin inférieur	delta du Rhin
<i>Achnantheidium affine</i> (Grun) Czarnecki		X			
<i>Achnantheidium</i> F.T. Kützing		X			X
<i>Amphora copulata</i> (Kütz.) Schoeman & Archibald	X	X	X	X	X
<i>Achnantheidium catenatum</i> (Bily & Marvan) Lange-Bertalot	X				
<i>Achnantheidium eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot		X			X
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simonsen var. <i>limnetica</i> (O.Muller) Simonsen	X				
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	X	X	X	X	
<i>Achnantheidium delmontii</i> Peres, Le Cohu et Barthes		X			
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	X	X		X	
<i>Achnantheidium rivulare</i> Potapova & Ponader		X			
<i>Achnantheidium saprophilum</i> (Kobayasi et Mayama) Round & Bukhtiyarova		X			
<i>Achnantheidium straubianum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	X	X			
<i>Achnantheidium subatomus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		X			
<i>Asterionella formosa</i> Hassall					X
<i>Amphora inariensis</i> Krammer					X
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grunow ssp. <i>dubia</i> (Grunow) Lange-Bertalot	X	X			X
<i>Amphora indistincta</i> Levkov		X			
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn. f. <i>inconspicuum</i> (Østrup) Compere & Riaux					X
<i>Achnanthes minuscula</i> Hustedt	X				
<i>Amphora</i> C.G. Ehrenberg ex F.T. Kützing					X
<i>Amphora neglectiformis</i> Levkov & Edlund					X
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing var. <i>ovalis</i>	X	X	X	X	
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	X	X	X	X	X
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen					X
<i>Berkeleya</i> R.K. Greville					X
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T.Marsson		X	X	X	X
<i>Cymbella excisa</i> Kützing var. <i>excisa</i>	X	X			X
<i>Cyclotella atomus</i> var. <i>gracilis</i> Genkal & Kiss					X
<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt					X

<i>Cymatosira belgica</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Cyclotella cyclopuncta</i> Hakansson & Carter		X			
<i>Cymbella compacta</i> Ostrup	X	X	X	X	X
<i>Cyclotella cryptica</i> Reimann, Lewin & Guillard					X
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round					X
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brebisson) W. Smith var. <i>elliptica</i>		X		X	
<i>Cymbella helvetica</i> Kützing	X	X			
<i>Cyclostephanos invisitatus</i> (Hohn & Hellerman) Theriot Stoermer & Hakansson					X
<i>Cymbella lanceolata</i> (Agardh ?) Agardh var. <i>lanceolata</i>			X	X	X
<i>Cymbella lange-bertalotii</i> Krammer		X			
<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski	X	X	X	X	X
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing					X
<i>Craticula molestiformis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		X			X
<i>Cymbella neoleptoceros</i> Krammer var. <i>neoleptoceros</i>		X			
<i>Cocconeis neothumensis</i> Krammer	X	X		X	
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek					X
<i>Cocconeis</i> groupe <i>placentula</i> C.G. Ehrenberg	X	X	X		X
<i>Cocconeis pseudolineata</i> (Geitler) Lange-Bertalot	X	X		X	
<i>Cymbella parva</i> (W.Sm.) Kirchner in Cohn	X	X			
<i>Craspedostauros</i> E.J. Cox					X
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	X	X	X	X	X
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>	X	X			
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grunow	X	X	X	X	
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>lineata</i> (Ehr.) Van Heurck	X	X	X	X	
<i>Cyclotella polymorpha</i> Meyer & Håkansson		X			
<i>Cyclotella rossii</i> Håkansson		X			
<i>Cymatopleura solea</i> (Brebisson) W. Smith var. <i>apiculata</i> (W. Smith) Ralfs in Pritchard		X			
<i>Caloneis schumanniana</i> (Grunow in Van Heurck) Cleve				X	
<i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) Cleve			X		
<i>Cymatopleura solea</i> (Brebisson in Breb. & Godey) W. Smith var. <i>solea</i>		X		X	
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kütz.) Williams et Round					X
<i>Cymbella tumida</i> (Brebisson) Van Heurck		X	X	X	
<i>Cymbella</i> C. Agardh		X			

<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	X	X			
<i>Delphineis minutissima</i> (Hustedt) Simonsen					X
<i>Diademsis gallica</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Lange-Bertalot		X	X		
<i>Diatoma</i> J.B.M. Bory de St. Vincent		X			
<i>Diatoma tenuis</i> Agardh					X
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing		X			
<i>Diatoma moniliformis</i> (moniliforme) Kützing	X	X			X
<i>Diploneis oculata</i> (Brebisson in Desmazières) Cleve		X	X		
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk et Klee					X
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	X	X			
<i>Diatoma vulgaris</i> Bory	X	X	X	X	X
<i>Discostella woltereckii</i> (Hustedt) Houk & Klee					X
<i>Encyonema caespitosum</i> Kützing var. <i>caespitosum</i>	X	X	X		
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg					X
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	X	X			X
<i>Encyonema</i> F.T. Kützing		X			
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G. Mann in Round Crawford & Mann	X	X			
<i>Encyonema ventricosum</i> (Kützing) Grunow in Schmidt & al.	X	X			X
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing		X	X	X	X
<i>Eolimna subminuscula</i> (Manguin) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin		X	X	X	
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D.G. Mann	X	X		X	
<i>Fallacia</i> A.J. Stickle & D.G. Mann				X	
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow in Van Heurck	X	X		X	
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	X				
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>binodis</i> (Ehr.) Hustedt	X	X		X	
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grunow f. <i>construens</i>	X	X	X	X	
<i>Fallacia cryptolyra</i> (Brockman) Stickle & Mann in Round & al.		X			
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grunow f. <i>venter</i> (Ehr.) Hustedt	X	X			
<i>Fragilaria famelica</i> (Kützing) Lange-Bertalot var. <i>famelica</i>					X
<i>Fragilariforma bicapitata</i> (A.Mayer) Williams & Round					X
<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup	X				X
<i>Fragilaria leptostauron</i> (Ehr.) Hustedt var. <i>dubia</i> (Grunow) Hustedt				X	

<i>Fallacia lenzi</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	X	X	X	X	
<i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst	X				
<i>Fragilaria nitzschioides</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Fragilaria parasitica</i> (W.Sm.) Grunow in Van Heurck		X		X	
<i>Fragilaria perminuta</i> (Grunow) Lange-Bertalot	X			X	X
<i>Fragilaria pinnata</i> Ehrenberg var. <i>pinnata</i>	X	X		X	
<i>Fragilaria pararumpens</i> Lange-Bertalot, Hofmann & Werum in Hofmann & al.	X				
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Stickle & Mann ssp. <i>pygmaea</i> in Lange-Bertalot & al				X	
<i>Fragilaria</i> H.C. Lyngbye	X	X			X
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kütz.) G.W.F.Carlson		X		X	
<i>Fistulifera saprophila</i> (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot					X
<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow in V. Heurck) D.G. Mann	X	X	X	X	X
<i>Fragilaria tenera</i> (W.Smith) Lange-Bertalot		X			X
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bertalot var. <i>acus</i> (Kütz.) Lange-Bertalot	X	X		X	X
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bertalot var. <i>ulna</i>	X	X		X	
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	X	X			X
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni					X
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg var. <i>acuminatum</i>		X		X	
<i>Gomphonema affine</i> Kützing					X
<i>Gomphonema angustivalva</i> E. Reichardt		X			
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg		X			X
<i>Gomphonema cuneolus</i> E. Reichardt		X			
<i>Geissleria cummerowi</i> (L.Kalbe) Lange-Bertalot	X			X	
<i>Geissleria decussis</i> (Ostrup) Lange-Bertalot & Metzeltin		X	X	X	X
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt		X			
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg		X			
<i>Gomphonema minutum</i> (Ag.) Agardh f. <i>minutum</i>	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema minusculum</i> Krasske					X
<i>Gomphoneis</i> P.T. Cleve		X			
<i>Gomphonema olivaceoides</i> Hustedt		X			
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson var. <i>olivaceum</i>	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema</i> C.G. Ehrenberg	X	X	X		
<i>Gomphonemopsis obscurum</i> (Krasske) Lange-Bertalot					X

<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	X	X	X	X	X
<i>Gomphosphenia lingulatiformis</i> (Lange-Bertalot & Reichardt) Lange-Bertalot		X			
<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>rigidum</i> Reichardt & Lange-Bertalot		X			X
<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot	X	X			X
<i>Gyrosigma sciotense</i> (Sullivan et Wormley) Cleve	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema subclavatum</i> Grunow					X
<i>Gomphonema tergestinum</i> Fricke		X	X		X
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehr.		X			X
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst		X	X		
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst		X	X	X	
<i>Halamphora</i> (Cleve) Levkov					X
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehr.) Lange-Bert. Metzeltin & Witkowski		X	X	X	
<i>Hippodonta costulata</i> (Grunow) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski	X	X	X		X
<i>Hippodonta hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski					X
<i>Hippodonta linearis</i> (Østrup) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski				X	
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov		X			
<i>Hippodonta neglecta</i> Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski		X			X
<i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov				X	
<i>Karayevia ploenensis</i> (Hustedt) Bukhtiyarova var. <i>gessneri</i> (Hust.) Bukhtiyarova					X
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow) Bukhtiyarova var. <i>clevei</i>		X	X	X	
<i>Kolbesia kolbei</i> (Hust.) Round & Bukhtiyarova				X	
<i>Kolbesia ploenensis</i> (Hust.) Kingston	X	X	X	X	
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann in Round Crawford & Mann	X	X			
<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round & Basson		X	X	X	
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann in Round Crawford & Mann		X			X
<i>Luticola ventricifusa</i> Lange-Bertalot					X
<i>Luticola ventricosa</i> (Kützing) D.G. Mann in Round Crawford & Mann	X				
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	X	X	X		
<i>Martyana atomus</i> (Hustedt) Snoeijs					X
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh var. <i>circulare</i>	X				
<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) Agardh					X
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Muller) Agardh					X

<i>Melosira nummuloides</i> (Dillwyn) C.A. Agardh					X
<i>Melosira varians</i> Agardh	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia acula</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow	X				
<i>Nitzschia agnita</i> Hustedt		X			X
<i>Nitzschia alicae</i> Hlubikova & Ector	X				
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow f. <i>amphibia</i>		X	X		
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Navicula</i> J.B.M. Bory de St. Vincent		X			
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Navicula cari</i> Ehrenberg	X	X			
<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Ralfs in Pritchard		X			
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch		X			
<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst					X
<i>Nitzschia constricta</i> (Kützing) Ralfs in Pritchard		X	X	X	X
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A.Schmidt & al.		X	X		
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	X	X	X	X	
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		X	X		X
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot	X	X	X		X
<i>Navicula cataracta-rheni</i> Lange-Bertalot		X			
<i>Navicula caterva</i> Hohn & Hellerman	X	X			
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow in Van Heurck	X	X			X
<i>Nitzschia dissipata</i> ssp. <i>oligotrphenta</i> Lange-Bertalot					X
<i>Nitzschia draveillensis</i> Coste & Ricard					X
<i>Navicula erifuga</i> Lange-Bertalot in Krammer & Lange-Bertalot		X		X	
<i>Nitzschia filiformis</i> (W.M.Smith) Van Heurck var. <i>filiformis</i>		X	X	X	X
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve et Möller	X	X	X	X	X
<i>Navicula germainii</i> Wallace		X	X	X	
<i>Nitzschia gessneri</i> Hustedt		X			
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia heufferiana</i> Grunow	X	X		X	X
<i>Nitzschia angustata</i> (W.Smith) Grunow		X			

<i>Nitzschia archibaldii</i> Lange-Bertalot	X	X	X		
<i>Nitzschia bulnheimiana</i> (Rabenhorst) H.L.Smith		X			
<i>Nitzschia frequens</i> Hustedt		X			
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing)Grunow var. <i>frustulum</i>		X	X	X	X
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow				X	X
<i>Nitzschia lacuum</i> Lange-Bertalot	X	X			
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow		X	X	X	X
<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow		X			
<i>Nitzschia oligotrphenta</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot in Hofmann & al.	X				
<i>Nitzschia pusilla</i> (Kützing) Grunow emend Lange-Bertalot		X			X
<i>Nitzschia solita</i> Hustedt		X			
<i>Nitzschia subtilis</i> Grunow in Cleve et Grunow		X			X
<i>Nitzschia</i> A.H. Hassall	X	X			X
<i>Navicula jakovljevicii</i> Hustedt	X				
<i>Navicula kotschyi</i> Grunow					X
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia levidensis</i> (W.Smith) Grunow in Van Heurck		X		X	
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>linearis</i>	X	X	X		
<i>Nitzschia levidensis</i> (W.Smith) Grunow <i>salinarum</i> -Sippen in Krammer & Lange-Bertal					X
<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow in Cleve & Moller		X	X		
<i>Navicula moskalii</i> Witkowski & Lange-Bertalot		X			
<i>Navicula novaesiberica</i> Lange-Bertalot		X		X	
<i>Navicula oppugnata</i> Hustedt		X		X	
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow in Cl. & Grun		X		X	
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in van Heurck	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>palea</i>	X	X	X	X	X
<i>Navicula phylleptosoma</i> Lange-Bertalot					X
<i>Navicula perminuta</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Navicula radiosa</i> Kützing					X
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot var. <i>reichardtiana</i>	X	X	X	X	X
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot		X	X	X	
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch in Rabenhorst	X	X	X	X	X



<i>Navicula rhynchotella</i> Lange-Bertalot		X			
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	X	X	X	X	
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt	X	X			X
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.M.Smith	X				
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch)W. Smith		X		X	
<i>Navicula slesvicensis</i> Grunow					X
<i>Nitzschia siliqua</i> Archibald					X
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	X	X		X	X
<i>Nitzschia solgensis</i> Cleve-Euler		X			
<i>Nitzschia subacicularis</i> Hustedt in A.Schmidt et al.		X			X
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	X	X	X	X	X
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot var. <i>trivialis</i>		X		X	
<i>Navicula upsaliensis</i> (Grunow) Peragallo		X			
<i>Navicula utermoehlii</i> Hustedt	X	X		X	
<i>Navicula vandamii</i> Schoeman & Archibald var. <i>vandamii</i>		X			
<i>Navicula veneta</i> Kützing		X		X	
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch in Rabenhorst					X
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg		X	X		
<i>Navicula witkowskii</i> Lange-Bertalot Iserentant & Metzeltin					X
<i>Nitzschia wuellerstorffii</i> Lange-Bertalot		X			
<i>Navicula associata</i> Lange-Bertalot	X	X			
<i>Nitzschia costei</i> Tudesque, Rimet & Ector		X			
<i>Nitzschia abbreviata</i> Hustedt in Schmidt & al.		X			
<i>Nitzschia adamata</i> Hustedt					X
<i>Nitzschia angustatula</i> Lange-Bertalot					X
<i>Nitzschia supralitorea</i> Lange-Bertalot		X			X
<i>Opephora krumbeinii</i> Witkowski. Witak & Stachura					X
<i>Placoneis clementis</i> (Grun.) Cox			X		
<i>Planothidium frequentissimum</i> var. <i>magnum</i> (Straub) Lange-Bertalot					X
<i>Planothidium granum</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot		X			
<i>Psammothidium lauenburgianum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova et Round		X			
<i>Planothidium engelbrechtii</i> (Choln.) Round & Bukhtiyarova		X			
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	X	X	X	X	

<i>Platessa holsatica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		X			
<i>Planothidium minutissimum</i> (Krasske) Morales		X		X	
<i>Psammothidium oblongellum</i> (Oestrup) Van de Vijver		X			X
<i>Parlibellus protracta</i> (Grunow) Witkowski Lange-Bertalot & Metzeltin		X			
<i>Placoneis pseudanglica</i> (Lange-Bertalot) Cox		X		X	
<i>Pinnularia parvulissima</i> Krammer					X
<i>Planothidium rostratum</i> (Oestrup) Lange-Bertalot	X	X	X	X	
<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova et Round	X	X			
<i>Platessa bavarica</i> Lange Bertalot et Hofmann	X				
<i>Platessa conspicua</i> (A.Mayer) Lange-Bertalot	X				
<i>Planothidium delicatulum</i> (Kütz.) Round & Bukhtiyarova		X	X	X	X
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brebisson ex Kützing) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Pseudostaurosira trainorii</i> Morales					X
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	X	X	X	X	X
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala Guerrero & Ferrario	X				
<i>Stephanodiscus agassizensis</i> Hakansson & Kling					X
<i>Surirella angusta</i> Kützing		X	X	X	
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer et Lange-Bertalot	X	X			X
<i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot var. <i>brebissonii</i>		X	X	X	
<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D.G.Mann				X	
<i>Sellaphora mutata</i> (Krasske) Lange-Bertalot	X				
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow in Cleve & Grunow					X
<i>Surirella helvetica</i> Brun				X	
<i>Simonsenia delognei</i> Lange-Bertalot	X	X			
<i>Skeletonema</i> R.K. Greville					X
<i>Skeletonema potamos</i> (Weber) Hasle					X
<i>Stephanodiscus medius</i> Håkansson					X
<i>Sellaphora mutatooides</i> Lange-Bertalot & Metzeltin				X	
<i>Surirella ovalis</i> Brebisson				X	
<i>Stephanodiscus parvus</i> Stoermer et Hakansson					X
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowksy	X	X		X	
<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G. Mann					X

<i>Surirella suecica</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Surirella terricola</i> Lange-Bertalot & Alles					X
<i>Stauroneis thermicola</i> (Petersen) Lund	X				
<i>Staurosirella</i> D.M. Williams & F.E. Round emend Morales					X
<i>Stephanodiscus tenuis</i> Hustedt					X
<i>Surirella minuta</i> Brebisson		X			
<i>Surirella</i> P. J.F. Turpin		X			
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg		X			
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams et Round		X	X	X	X
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing				X	
<i>Thalassiosira guillardii</i> Hasle					X
<i>Thalassiosira</i> P.T. Cleve					X
<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle et Heimdal					X
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Compère					X
Diatomée non identifiée (indéterminée)		X			