

Analyse de l'application de deux indices
diatomées sur les cours d'eau lorrains :
I.B.D. et I.P.S.



Direction Régionale de l'Environnement
LORRAINE

Analyse de l'application de deux indices diatomées sur les cours d'eau lorrains : I.B.D. et I.P.S.

Editeur :

Direction Régionale de l'Environnement

19 avenue Foch, BP 60223

57005 Metz cedex 1

Tel : 03-87-39-99-99

Fax : 03-87-39-99-50

Auteurs :

Rimet F.¹, Matte J.L.² & Mazuer P.³

1 : Hydroécologue, diatomiste

2 : Technicien supérieur

3 : Hydroécologue, responsable de la Cellule Eau et Milieux Aquatiques

© Mai 2006 – DIREN LORRAINE – Tous droits réservés

Ce document est disponible sur <http://www.lorraine.ecologie.gouv.fr/>

Les données utilisées dans cette synthèse ont été produites par les Agences de l'Eau Rhin-Meuse, Seine-Normandie et Rhône-Méditerranée et Corse et les DIREN LORRAINE et CHAMPAGNE-ARDENNES.

Les données brutes sont disponibles sur les sites : www.eau-rhin-meuse.fr
<http://www.champagne-ardenne.ecologie.gouv.fr/> et sur <http://rdb.eaurmc.fr/>

En couverture : Photos de plusieurs espèces de diatomées et cliché de la Sarre Rouge à Saint-Quirin (Photos DIREN LORRAINE).

Analyse de l'application de deux indices diatomées sur les cours d'eau lorrains : I.B.D. et I.P.S.

Table des matières :

Résumé.....	3
1. Introduction et objectifs	4
2. Analyse des surévaluations de l'IBD	4
2.1 Comparaison des profils écologiques de l'IBD à ceux observés en Lorraine.....	4
2.1.1 Méthodologie	5
2.2.1.1 Analyse réalisée sur les paramètres de saprobie	7
2.2.1.2 Analyse réalisée sur les paramètres de trophie.....	9
2.1.2 Profils concordants	10
2.1.3 Profils discordants	12
2.2 Cas concrets de mauvais fonctionnement	14
2.2.1 Alzette à Audun-le-Tiche (02 094950)	14
2.2.2 La Fensch à Florange (02 092000).....	15
2.2.3 La Rosselle à Macheren (02 101050).....	15
2.2.4 Le Moderbach à Holving (02 096975).....	16
2.2.5 Othain à Houdelaucourt (02 115790).....	16
2.2.6 La Seigneulle à Brainville (02 085825)	17
3. Pouvoir discriminant de l'IBD	18
3.1 Corrélations entre indices diatomiques IBD et IPS et paramètres physico-chimiques ..	18
3.2 Répartition des valeurs IBD et IPS dans les 5 classes de qualité sur le RNB Lorrain...	19
4. Conclusions	20
5. Bibliographie	21

Résumé

Le Réseau National de Bassin (R.N.B.) inclut depuis plusieurs années en Lorraine un volet diatomées dont les résultats ont fait l'objet d'une interprétation dans le rapport « Etat des rivières en Lorraine évalué au moyen des indices diatomiques – Synthèse 2000 -2005 ». Le présent rapport, à caractère davantage méthodologique, vise à étudier certains biais de la méthode IBD (AFNOR, 2000) qui sont apparus dès la mise en application de celle-ci et à comparer les résultats de cette méthode avec ceux de l'indice IPS (CEMAGREF, 1982) qui, compte tenu des limites de détermination réellement pratiquées sur les données lorraines du RNB, a pu être recalculé sur ces mêmes prélèvements.

Une base de données diatomées (744 échantillons) associée à des mesures physico-chimiques (30 paramètres) a été constituée. Les profils écologiques des taxons de diatomées ont été recalculés à partir de cette base en utilisant une méthode semblable à celle utilisée lors de la conception de l'IBD (analyses canoniques). Il apparaît que certains profils écologiques d'espèce communes en Lorraine, utilisés dans la méthode IBD sont discordants par rapport à ceux observés en Lorraine (*Eolimna minima*, *Naviculadicta seminulum*, *Mayamaea atomus* var. *permitis* et *Fistulifera saprophila*, *Psammothidium lauenburgianum*). La comparaison avec l'indice IPS et les données bibliographiques confirme la nécessité de corriger ces profils au sein de la méthode IBD.

Ceci explique d'ailleurs que l'IBD surestime nettement la qualité des cours d'eau lorrains dominés par ces espèces, par rapport aux autres indicateurs de qualité que sont les mesures physico-chimiques et les prélèvements de macrofaune benthique ainsi que par rapport aux pressions connues sur ces cours d'eau.

D'autre part, la répartition des valeurs de l'IPS dans les 5 classes de qualité sur le RNB de Lorraine est meilleure que l'IBD, ce qui permet à l'IPS d'avoir un meilleur pouvoir de discrimination que l'IBD. On remarque également que l'IBD est moins bien corrélé aux paramètres physico-chimique que l'IPS.

Il est proposé de modifier les profils écologiques de certaines espèces, donnés dans l'IBD et d'améliorer son pouvoir discriminant en améliorant la répartition des stations du RNB dans les 5 classes de qualité.

D'autres propositions sont données telles que celles d'utiliser un indice multimétrique prenant en compte les différences écorégionales de chaque type de cours d'eau.

1. Introduction et objectifs

Une évaluation de la qualité des rivières de Lorraine a été réalisée par la DIREN Lorraine (cf. le rapport associé : « Etat des rivières en Lorraine évalué au moyen des indices diatomiques – Synthèse 2000 -2005 »).

Cette analyse des données sur cinq années a montré ou confirmé les problèmes suivants liés à la méthode normalisée IBD (Lenoir et Coste 1996, AFNOR 2000) :

- **surévaluation** manifeste de la qualité de certains cours d'eau dont la qualité de l'eau est dégradée de manière importante (Fensch, Alzette, Rosselle...),
- d'autre part, un **pouvoir discriminant** de la qualité globalement plus faible que l'IPS et que les autres compartiments (physico-chimie, macroinvertébrés etc...).

Ce même rapport a, en contrepartie, montré une meilleure réponse de l'indice IPS (CEMAGREF, 1982), tant en valeur moyenne que sur les stations particulières évoquées ci-dessus.

Il est donc apparu indispensable de réaliser une étude à caractère méthodologique cherchant à expliquer les anomalies de réponses de l'IBD sur certaines stations. De manière plus générale la réponse de l'IBD a été comparée à la physico-chimie et également à la réponse de l'IPS.

Les listes floristiques analysées dans ce rapport proviennent de prélèvements estivaux menés entre 2000 et 2005. De même, les données physico-chimiques utilisées pour les corrélations et les analyses multivariées correspondent à la moyenne estivale entre début juin et fin septembre.

2. Analyse des surévaluations de l'IBD

2.1 Comparaison des profils écologiques de l'IBD à ceux observés en Lorraine

Le calcul des indices diatomiques IBD et IPS est basé sur l'écologie des taxons de diatomées et notamment leur sensibilité au degré de pollution.

Dans l'IBD, 209 taxons sont retenus pour le calcul de l'indice. A chacun des 209 taxons correspond un profil écologique, où sa probabilité de présence est donnée en fonction de 7 classes de qualité d'eau (fig. 1).

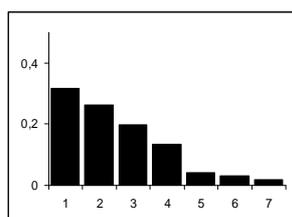


Figure 1 : Profil écologique de *Achnantheidium minutissimum* dans l'IBD. En abscisse se trouvent 7 classes de qualité ordonnées par niveau de pollution croissante. En abscisse, la probabilité de présence du taxon dans la classe de qualité considérée.

Le calcul de l'IBD est basé sur la formule suivante :

$$F(i) = \frac{\sum_{x=1}^n A_x \cdot P_x(i) \cdot v_x}{\sum_{x=1}^n A_x \cdot v_x}$$

où : A_x : abondance du taxon i

$P_x(i)$: probabilité de présence du taxon apparié x pour la classe de qualité i

v_x : valeur écologique du taxon apparié x

n : est le nombre de taxons appariés retenus après application des valeurs seuils.

Sept valeurs de $F(i)$ sont ainsi calculées. Un indice intermédiaire B est ensuite calculé selon la formule suivante :

$$B = 1.F(1) + 2.F(2) + 3.F(3) + 4.F(4) + 5.F(5) + 6.F(6) + 7.F(7)$$

Finalement :

Si $B \leq 2$, \rightarrow IBD = 1

Si $2 < B < 6$, \rightarrow IBD = $(4,75 \cdot B) - 8,5$

Si $6 \leq B$, \rightarrow IBD = 20

L'IBD intègre la pollution globale des cours d'eau, l'accent est mis surtout sur les matières organiques oxydables et la salinité, mais le niveau trophique est également pris en compte. L'IBD fait la moyenne de ces trois types de pollution.

Comme de nombreux autres indices diatomiques, le calcul de l'IPS est basé sur la formule de Zelinka et Marvan (1961) :

$$ID = \frac{\sum A_j \cdot v_j \cdot s_j}{\sum A_j \cdot v_j}$$

où : - A_j : abondance relative de l'espèce j ,

- s_j : polluosensibilité de l'espèce j , varie entre 1 (taxon fortement résistant à la pollution) et 5 (taxon très sensible à la pollution),

- v_j : valeur indicatrice de l'espèce ou degrés de sténoécie, varie entre 1 (faible poids écologique, taxon ayant une grande amplitude écologique donc euryèce) et 3 (fort poids écologique, taxon ayant une faible amplitude écologique donc sténoèce)

Les profils écologiques de l'IBD et les valences écologiques de l'IPS ont été calculés à partir d'une base de données regroupant 1332 relevés diatomiques (les prélèvements réalisés entre 1977 et 1994 en grande majorité par M. Coste du CEMAGREF de Bordeaux) et associés à des mesures physico-chimiques.

Afin de bien appréhender cette différence entre profils écologiques donnés dans l'IBD, valeurs écologiques données dans l'IPS et écologie des taxons observés en Lorraine, une comparaison de ces profils écologiques et valeurs a été menée.

2.1.1 Méthodologie

Les profils écologiques donnés dans la norme AFNOR (2000) pour les 209 taxons de l'IBD ont été définis au moyen d'une analyse de co-inertie réalisée entre une base de données diatomées (regroupant 1332 listes micro-floristiques) et une base de données chimie. Sur le

premier axe d'ordination de cette analyse a été mis en évidence un gradient de pollution **organique et saline** et dans une moindre mesure un gradient trophique. C'est à partir de cet axe que 7 classes de qualité ont été définies et que la probabilité de présence de chaque taxon a été calculée (Lenoir & Coste 1996).

Des analyses similaires ont été menées sur les données de la région Lorraine. Des analyses canoniques des correspondances (ACC) ont été réalisées entre la base diatomées et la base chimie de Lorraine. La base de données diatomées regroupe 744 échantillons récoltés entre 2000 et 2004 sur le réseau national de bassin (RNB) et en 2005 sur le réseau de référence. Une sélection des 220 taxons les plus abondants en Lorraine a été effectuée au sein des 567 taxons recensés. Ensuite, les abondances des taxons ont été converties en logarithme (Log à base 10) afin de réduire l'importance des espèces rares. Le logiciel PcOrd (MacCune & Mefford 1999) a été utilisé pour le calcul de ces analyses.

□ Une 1^{ère} ACC a été réalisée entre les diatomées et les paramètres indiquant le **niveau saprobique** (pollution organique). Les paramètres chimiques suivants ont été sélectionnés :

- oxygène dissous,
- carbone organique dissous (COD),
- demande chimique en oxygène (DCO),
- demande biologique en oxygène (DBO),
- NO_2^- ,
- NH_4^+ .

Cette analyse a été utilisée pour définir les affinités des 220 taxons par rapport à la saprobie (pollution organique). L'axe 1 de cette analyse représente un gradient de saprobie. Cinq classes de saprobie ont été définies sur cet axe (cf. § 2.2.1.1). L'affinité des taxons par rapport à la saprobie est donnée en représentant l'abondance moyenne de chaque taxon dans chacune de ces 5 classes de saprobie.

□ Une 2^{ème} ACC a été réalisée entre les diatomées et les paramètres indiquant le **niveau trophique** (concentration en nutriments). Les paramètres chimiques suivants ont été sélectionnés :

- NO_3^- ,
- azote total,
- PO_4^{2-} ,
- phosphore total.

Cette analyse a été utilisée pour définir les affinités des taxons par rapport à la trophie. L'axe 1 de cette analyse représente un gradient de trophie. Cinq classes de trophie ont été définies sur cet axe (cf. § 2.2.1.2). L'affinité des taxons par rapport à la trophie est donnée en représentant l'abondance moyenne de chaque taxon dans chacune de ces 5 classes de trophie.

□ La salinité n'a pas été prise en compte pour la détection des taxons ayant un profil discordant. La salinité n'étant pas l'origine de la surévaluation constatée de l'IBD sur les stations de l'Alzette, la Rosselle, la Fensch, le Moderbach, l'Othain et la Seigneulle (stations présentant une surévaluation nette selon l'IBD).

Ces deux types de profils ont été comparés aux profils de l'IBD, ceci afin de savoir si les profils de l'IBD correspondent aux profils écologiques effectivement observés en Lorraine.

La mise en évidence de discordances entre les profils de l'IBD et les profils observés en Lorraine pourront amener des éléments de réponses quant au mauvais fonctionnement de l'IBD dans certaines situations.

De la même façon les valences écologiques de l'IPS (polluosensibilité « s » et valeur indicatrice « v ») ont été comparées aux profils écologiques observés en Lorraine.

2.2.1.1 Analyse réalisée sur les paramètres de saprobie

Les corrélations des paramètres avec les axes 1 et 2 de l'analyse canonique sont données à la figure 2. On observe que les paramètres de saprobie sont positivement corrélés avec l'axe 1 de l'analyse canonique : le niveau de pollution organique augmente en passant du côté négatif au côté positif de l'axe 1. Les caractéristiques physico-chimiques du 1^{er} axe de l'analyse canonique sont données dans le tableau 1.

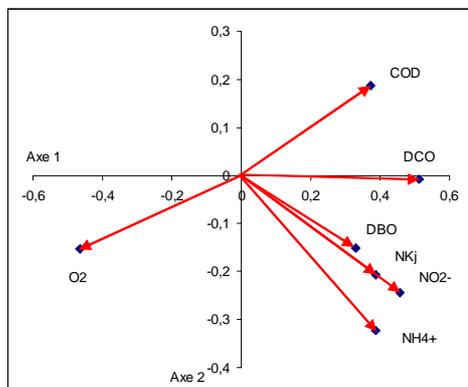
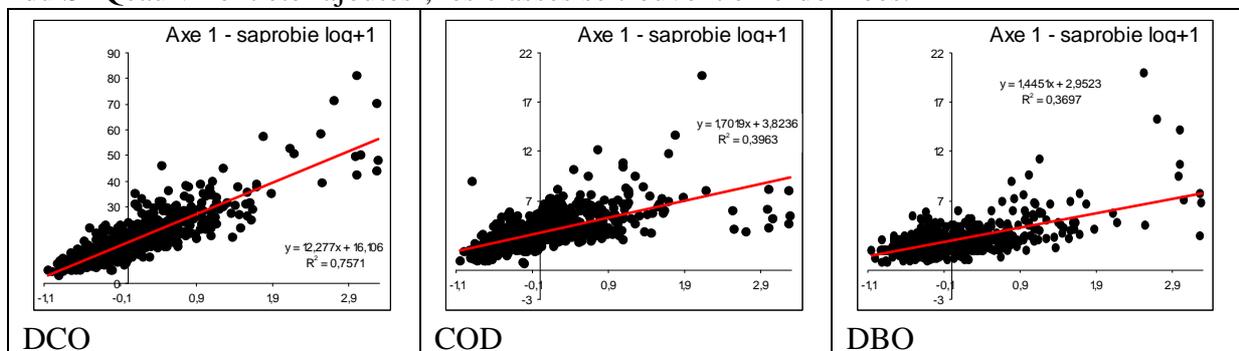
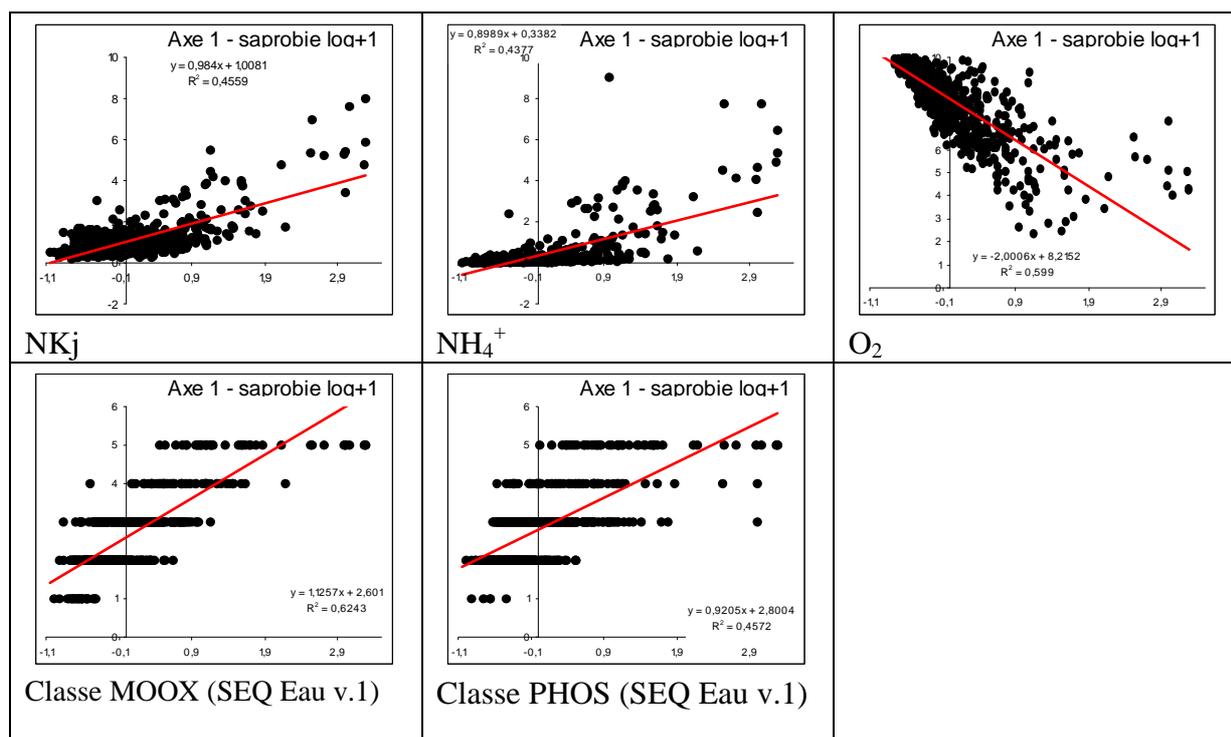


Figure 2 : corrélation des paramètres indicateurs du niveau saprobie avec les axes 1 et 2 de la 1^{ère} analyse canonique.

Tableau 1 : Caractérisation physico-chimique de l'axe 1 de la 1^{ère} analyse canonique. En abscisse de graphes figurent les coordonnées sur l'axe 1 de l'ACC. **En ordonnées figurent les concentrations en mg.l⁻¹ des paramètres correspondants.** Les classes MOOX et PHOS du SEQeau v1 ont été rajoutés¹, les classes se trouvent en ordonnées.



¹ Pour des raisons pratiques les classes SEQ-Eau ont été codée de 1 (bleu, qualité très bonne) à 5 (rouge, qualité mauvaise)



Principalement sur base des classes MOOX, mais également à partir des autres paramètres, il est possible de définir 5 classes de saprobie adaptées à la base de données Lorraine. La définition des classes ci-dessous correspond à un compromis entre une amplitude similaire et un nombre de stations réparti au mieux entre chaque classe :

- classe 1 : très faible niveau saprobique (coordonnées sur l'axe inférieure à -0,918)
- classe 2 : faible niveau saprobique (coordonnées sur l'axe comprises entre -0,918 et +0,089)
- classe 3 : niveau saprobique moyen (coordonnées sur l'axe comprises entre +0,089 et +0,799)
- classe 4 : niveau saprobique élevé (coordonnées sur l'axe comprises entre +0,798 et +1,687)
- classe 5 : niveau saprobique très élevé (coordonnées sur l'axe supérieures à +1,687)

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques pour chaque classe de saprobie sont données dans le tableau 2.

Tableau 2 : Moyennes des paramètres indicateurs de pollution organique pour les 5 classes de saprobie (l'écart type est indiqué entre parenthèses).

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
DCO (mg.l ⁻¹)	4,13 (1,03)	11,36 (3,43)	19,05 (5,81)	28,34 (6,04)	51,69 (13,24)
COD (mg.l ⁻¹)	1,32 (0,50)	3,02 (0,95)	4,45 (1,38)	5,82 (1,77)	7,70 (4,19)
DBO (mg.l ⁻¹)	1,30 (0,63)	2,56 (0,77)	2,97 (0,96)	4,60 (1,82)	8,25 (4,69)
NKj (mg.l ⁻¹)	0,50 (0)	0,76 (0,38)	0,96 (0,50)	2,28 (1,51)	4,55 (2,11)
NH ₄ (mg.l ⁻¹)	0,05 (0,01)	0,13 (0,16)	0,26 (0,39)	1,45 (1,60)	3,74 (2,41)
O ₂ (mg.l ⁻¹)	11,01 (0,69)	9,16 (0,90)	7,45 (1,20)	5,58 (1,67)	4,94 (1,14)
MOOX (classes)	≅1	≅2	≅3	≅4	≅5
Nombre éch.	3	393	279	53	16

L'affinité par rapport au niveau saprobique de chaque taxon est donnée en calculant son abondance moyenne dans les échantillons de chacune de ces classes.

2.2.1.2 Analyse réalisée sur les paramètres de trophie

Les corrélations des paramètres avec les axes 1 et 2 de l'analyse canonique sont données à la figure 3. On observe que les paramètres de trophie sont positivement corrélés avec l'axe 1 de l'analyse canonique : la concentration en nutriments augmente en passant du côté négatif au côté positif de l'axe 1. La caractérisation physico-chimique de l'axe 1 est donnée au tableau 3.

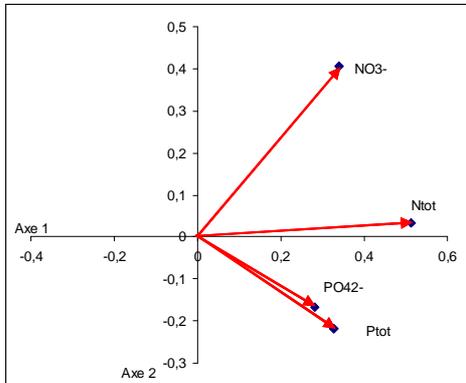
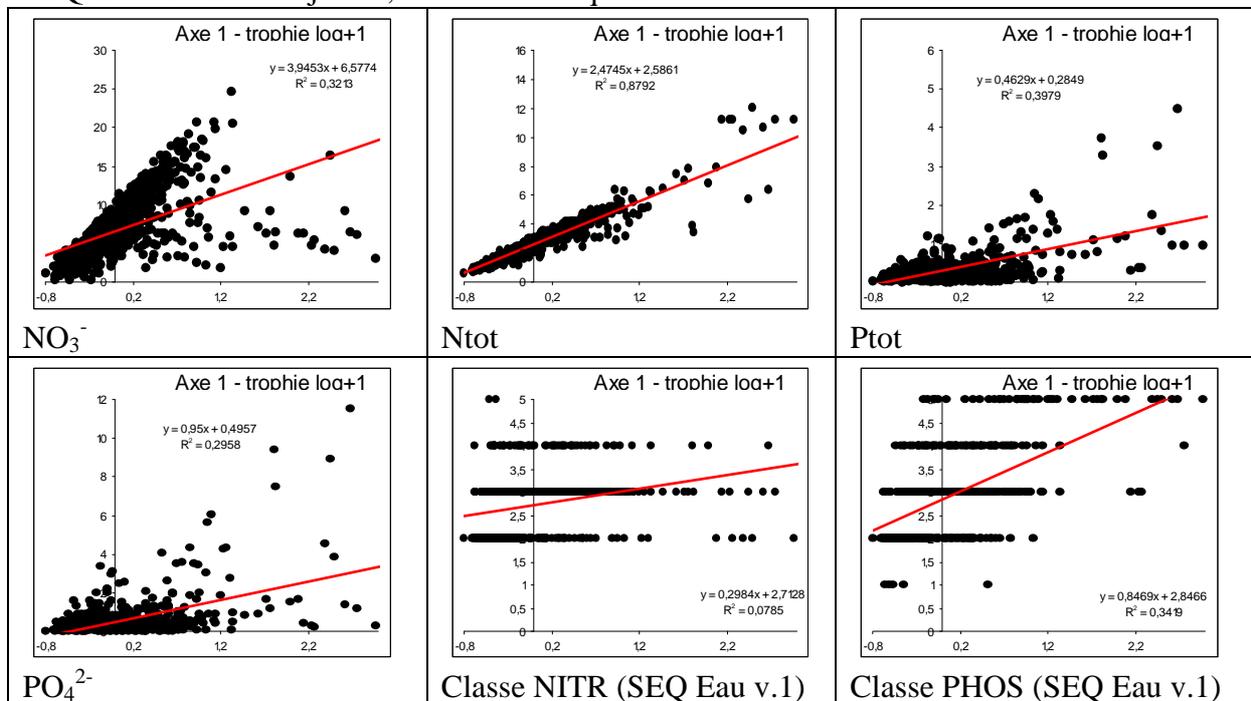


Figure 3 : corrélation des paramètres indicateurs du niveau trophie avec les axes 1 et 2 de la 2^{ème} analyse canonique.

Tableau 3 : Caractérisation physico-chimique de l'axe 1 de la 2^{ème} analyse canonique. En abscisse des graphes figurent les coordonnées sur l'axe 1 de l'ACC. **En ordonnées figurent les concentrations en mg.l⁻¹ des paramètres correspondants.** Les classes NITR et PHOS du SEQ Eau v1 ont été rajoutés, les classes de qualité se trouvent en ordonnées.



Principalement sur base des classes du SEQ Eau pour le Ptot, mais également à partir des autres paramètres, il est possible de définir 5 classes de trophie adaptées à la base de données Lorraine. La définition des classes ci-dessous correspond à un compromis entre une amplitude similaire et un nombre de stations réparti au mieux entre chaque classe :

- classe 1 : très faible niveau trophique (coordonnées sur l'axe 1 inférieure à -0,508)
- classe 2 : faible niveau trophique (coordonnées sur l'axe comprises entre -0,508 et -0,184)
- classe 3 : niveau trophique moyen (coordonnées sur l'axe comprises entre -0,184 et +0,464)
- classe 4 : niveau trophique élevé (coordonnées sur l'axe comprises entre +0,464 et +1,544)
- classe 5 : niveau trophique très élevé (coordonnées sur l'axe supérieures à +1,544)

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques pour chaque classe de trophie sont données dans le tableau 3.

Tableau 4 : Moyennes des paramètres indicateurs de charge en nutriments pour les 5 classes de trophie (l'écart type est indiqué entre parenthèses).

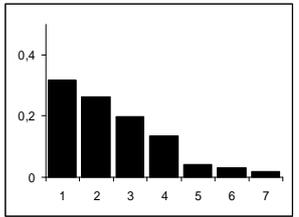
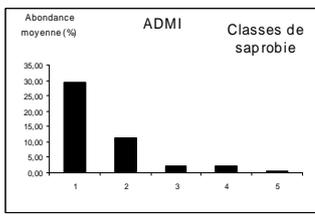
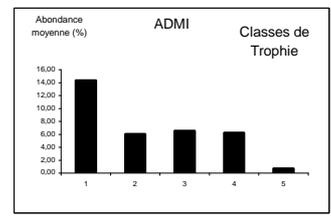
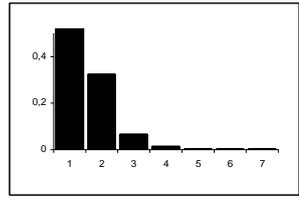
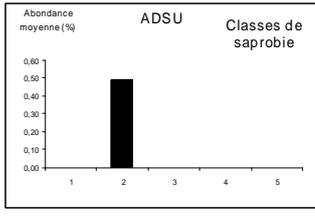
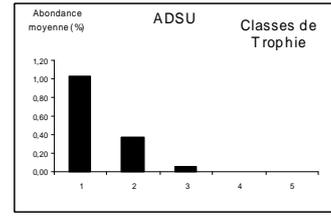
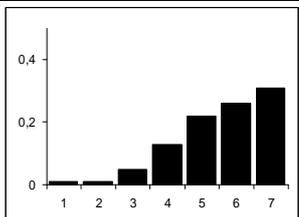
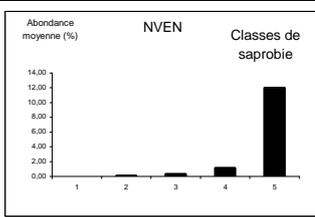
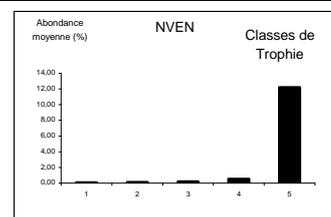
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	2,60 (1,01)	4,19 (1,37)	7,94 (2,80)	12,28 (5,00)	6,81 (3,58)
Ntot (mg.l ⁻¹)	1,10 (0,17)	1,69 (0,28)	2,87 (0,62)	4,47 (0,81)	8,61 (2,69)
PO ₄ ²⁻ (mg.l ⁻¹)	0,17 (0,15)	0,31 (0,30)	0,42 (0,49)	1,00 (1,27)	3,73 (4,01)
Ptot (mg.l ⁻¹)	0,12 (0,06)	0,19 (0,11)	0,26 (0,19)	0,53 (0,50)	1,81 (1,60)
Nombre éch.	84	247	294	101	18

L'affinité par rapport au niveau trophique de chaque taxon est donnée en calculant son abondance moyenne dans les échantillons de chacune de ces classes.

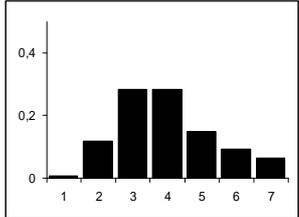
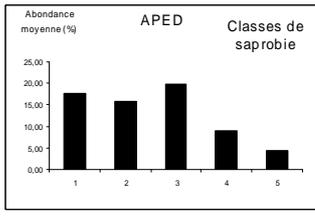
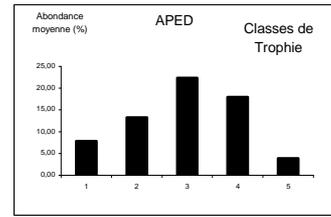
2.1.2 Profils concordants

Pour la plupart des taxons présents en Lorraine, les profils écologiques observés en Lorraine concordent avec celui donné par l'IBD et concordent aussi avec les valences écologiques données dans l'IPS. Le tableau 5 donne quelques exemples de taxons abondants en Lorraine qui présentent cette concordance de profils :

Tableau 5 : comparaison du profil écologique selon l'IBD avec les profils écologiques observés en Lorraine et les valences écologiques de l'IPS (s : polluosensibilité, v : valeur indicatrice)². Quelques exemples de profils concordants entre profils IBD et profils observés en Lorraine.

Taxon	IPS (s, v)	Profil IBD	Profil saprobie Lorraine	Profil trophie Lorraine
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	5 - 1			
- <i>Achnanthydium minutissimum</i> est un taxon très commun dans les cours d'eau européens. Il s'agit d'un taxon colonisateur plutôt électif de milieux de bonne qualité. Les profils écologiques selon l'IBD et les profils calculés sur la base de données Lorraine concordent. Les valences écologiques de l'IPS vont dans le même sens, puisqu'une valeur de polluosensibilité de 5 correspond à une « très bonne » qualité d'eau.				
<i>Achnanthydium subatomus</i>	5 - 1			
- <i>Achnanthydium subatomus</i> est un taxon caractéristique des milieux oligosaprobies (Van Dam et al. 1994). Le profil écologique de l'IBD montre que ce taxon est polluosensible et est absent des classes de mauvaise qualité. Ce taxon est assez rare en Lorraine. Les profils saprobie et trophie calculés en Lorraine concordent, et montrent que ce taxon est uniquement présent dans les stations de faible niveau de pollution organique et de faible concentration en nutriments. Les valences écologiques de l'IPS vont dans le même sens, puisqu'une valeur de polluosensibilité de 5 correspond à une très bonne qualité d'eau.				
<i>Navicula veneta</i>	1 - 2			
- <i>Navicula veneta</i> est une espèce pollutotolérante (Van Dam et al. 1994), les profils IBD, saprobie et trophie concordent. Les valences écologiques de l'IPS vont dans le même sens, puisqu'une valeur de polluosensibilité de 1 correspond à une très mauvaise qualité d'eau.				

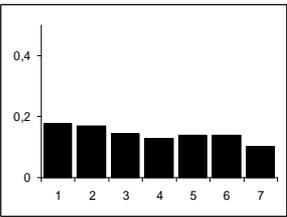
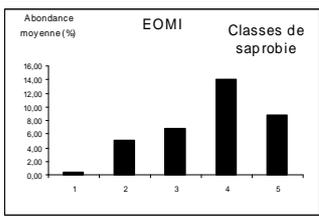
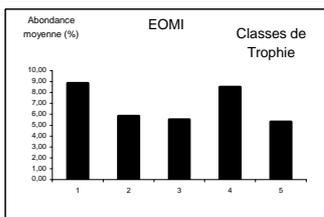
² « s » varie de 1 (taxon non sensible à la pollution) à 5 (taxon fortement sensible à la pollution),
« v » varie de 1 (faible poids écologique, c'est-à-dire euryèce) à 3 (fort poids écologique, c'est-à-dire sténoèce).

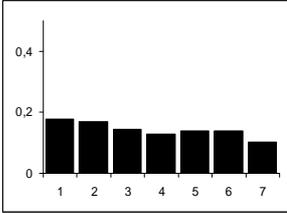
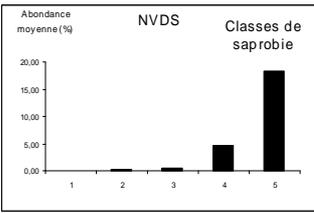
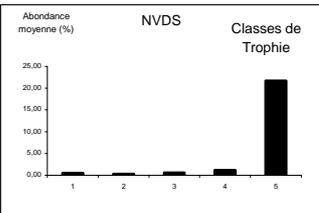
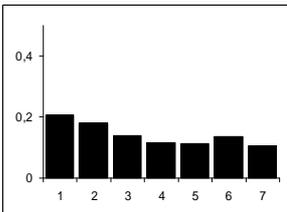
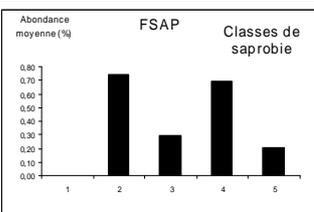
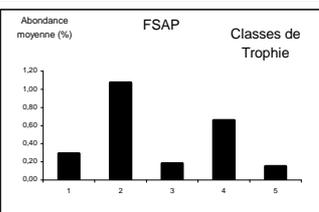
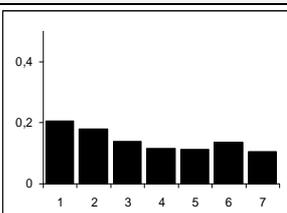
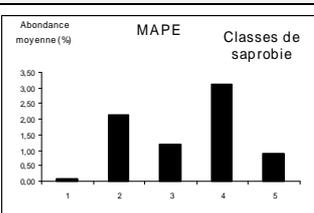
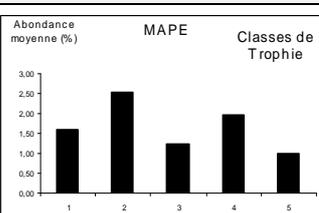
Taxon	IPS (s, v)	Profil IBD	Profil saprobie Lorraine	Profil trophie Lorraine
<i>Amphora pediculus</i>	4 - 1			
<p>- <i>Amphora pediculus</i> est un petit taxon colonisateur. Il est considéré comme β-mésosaprobe par Van-Dam et al. (1994) et comme cosmopolite par Krammer & Lange-Bertalot (1986). Les profils IBD, saprobie et trophie concordent et montrent une préférence plutôt pour les milieux présentant une pollution intermédiaire. Les valences écologiques de l'IPS indiquent qu'il s'agit d'un taxon plutôt polluosensible (s = 4) mais ayant un profil écologique large (v = 1).</p>				

2.1.3 Profils discordants

Cinq taxons abondants dans les rivières de Lorraine et donc ayant une importance majeure pour la bioindication par les diatomées en Lorraine ont des profils écologiques selon l'IBD qui ne concordent pas avec les profils écologiques observés en Lorraine (Tableau 6).

Tableau 6 : comparaison du profil écologique selon l'IBD avec les profils écologiques observés en Lorraine et les valences écologiques de l'IPS (s : polluosensibilité, v : valeur indicatrice). Discordances entre profils IBD et profils écologiques observés en Lorraine.

Taxon	IPS (s-v)	Profil IBD	Profil saprobie Lorraine	Profil trophie Lorraine
<i>Eolimna minima</i>	2,2 - 1	 Discordance		
<p>- <i>Eolimna minima</i> est un taxon caractéristique des milieux de mauvaise qualité ; il est considéré comme α-mésopolysaprobe (Van Dam et al. 1994) et très tolérant à la pollution (Lange-Bertalot 1979). Les profils écologiques calculés sur la base des données Lorraine pour la saprobie et la trophie, montrent également que ce taxon est abondant dans les stations présentant une forte concentration en matières organiques (niveau saprobique élevé), par contre il semble insensible au niveau trophique. Les valeurs de l'IPS concordent avec ces observations, et indiquent que ce taxon est pollutotolérant. Par contre, le profil écologique selon l'IBD n'est pas conforme à ces observations puisqu'il est plutôt décalé vers les bonnes classes de qualité : il y a discordance entre l'écologie de ce taxon décrite selon IBD et la situation observée en Lorraine.</p>				

Taxon	IPS (s-v)	Profil IBD	Profil saprobie Lorraine	Profil trophie Lorraine
<i>Naviculadicta seminulum</i>	1,5 - 2	 <p>Discordance</p>		
<p>- <i>Naviculadicta seminulum</i> est aussi un taxon caractéristique des milieux de mauvaise qualité ; il est considéré comme α-mésopolysaprobe (Van Dam et al. 1994) et très tolérant à la pollution (Lange-Bertalot 1979). Les profils écologiques calculés sur la base de données Lorraine sont en accord avec la bibliographie et montrent que ce taxon est uniquement présent dans des stations présentant des niveaux trophiques et saprobiques élevés. Les valeurs de l'IPS concordent avec ces observations, et indiquent que ce taxon est très pollutolérant. Par contre, le profil écologique selon l'IBD n'est pas conforme à ces observations puisqu'il est plutôt décalé vers les bonnes classes de qualité : il y a discordance entre l'écologie de ce taxon décrit selon IBD et la situation observée en Lorraine.</p>				
<i>Fistulifera saprophila</i>	2 - 1	 <p>Discordance</p>		
<p>- <i>Fistulifera saprophila</i> est un taxon considéré comme α-mésopolysaprobe (Van Dam et al. 1994) et vivant en colonies dense dans des matrices organiques (Lange-Bertalot 2001). Les profils écologiques calculés sur la base de données Lorraine sont en accord avec ces observations puisque l'on observe que ce taxon est présent dans des milieux moyennement à fortement pollués organiquement (par contre, ce taxon semble assez insensible à la trophie). Les valeurs de l'IPS pour ce taxon indiquent qu'il est pollutolérant et concordent avec l'écologie de ce taxon en Lorraine. Le profil écologique selon l'IBD n'est pas conforme à ces observations puisqu'il est plutôt décalé vers les classes de bonne qualité : il y a discordance entre l'écologie de ce taxon décrit selon IBD et la situation observée en Lorraine.</p>				
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i>	2,3 - 1	 <p>Discordance</p>		
<p>- <i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> est un taxon considéré comme α-mésopolysaprobe (Van Dam et al. 1994) et vivant en colonies dense dans des matrices organiques (Lange-Bertalot 2001). Les profils écologiques calculés sur la base de données Lorraine sont en accord avec ces observations puisque l'on observe que ce taxon est électif des milieux fortement pollués organiquement (par contre, ce taxon semble assez insensible à la trophie). Les valeurs de l'IPS concordent aussi puisqu'elles indiquent que ce taxon est pollutolérant. Le profil écologique selon l'IBD n'est pas conforme à ces observations puisqu'il est plutôt décalé vers les classes de bonne qualité : il y a discordance entre l'écologie de ce taxon décrit selon IBD et la situation observée en Lorraine.</p>				

Taxon	IPS (s-v)	Profil IBD	Profil saprobie Lorraine	Profil trophie Lorraine
<i>Psammothidium lauenburgianum</i>	4,8 - 3	<p>Discordance</p>	<p>Abondance moyenne (%) PLAU Classes de saprobie</p>	<p>Abondance moyenne (%) PLAU Classes de Trophie</p>
<p>- <i>Planothidium lauenburgianum</i> est un taxon dont le profil écologique est plutôt centré vers les qualités moyennes selon l'IBD et ses valences écologiques selon l'IPS indiquent un taxon polluosensible. Cela est en discordance avec les profils écologiques observés sur la région Lorraine puisque ce taxon est présent surtout dans les milieux présentant des niveaux trophique et saprobiques élevés.</p>				

2.2 Cas concrets de mauvais fonctionnement

Sur les stations suivantes (§ 2.2.1 à 2.2.6), une ou plusieurs des espèces à profils discordants citées dans le paragraphe précédent (§ 2.1.3) sont présentes de façon abondante dans les listes floristiques de certaines années. Cela entraîne une nette surestimation de la valeur de l'IBD. Pour ces stations, et pour les années présentant une surestimation de la valeur de l'IBD, les valeurs ont été grisées sur la carte de qualité de l'IBD du rapport « Etat des rivières en Lorraine évalué au moyen des indices diatomiques – Synthèse 2000-2005 ».

2.2.1 Alzette à Audun-le-Tiche (02 094950)

Année	IBD	IPS	MOOX	Espèces dominantes	
				<i>Naviculadicta seminulum</i> :	<i>Eolimna minima</i>
2000	10,3	3,7	5	11,0%	75,5%
2001	11,4	6,3	5	11,7%	77,5%
2002	9,8	5,8	5	0,0%	66,5%
2003	11,3	6,1	5	9,5%	78,5%
2004	11,4	6,9	5	0,5%	89,5%

L'Alzette à Audun-le-Tiche est caractérisée par une forte pollution organique, le prélèvement étant fait, à l'aval d'une station d'épuration ayant un fort impact sur ce petit cours d'eau. Ceci est confirmé par la classe MOOX (matières organiques et oxydables) qui est de 5, ce qui correspond à une mauvaise qualité.

L'IPS confirme également ce diagnostic puisqu'il correspond également à une mauvaise ou une « très mauvaise » qualité selon les années.

Par contre l'IBD donne une qualité moyenne, éloignée des valeurs données par l'IPS et les MOOX.

Les espèces dominantes de cette station sont *Eolimna minima* et *Naviculadicta seminulum* pour les années 2000 à 2004. Ces deux taxons sont appariés dans l'IBD et leur profil

écologique pour cet indice est plutôt décalé vers les bonnes qualités. Ce profil n'est pas conforme à la plupart des données bibliographiques puisque *Eolimna minima* est considéré comme α -mésopolsaprobe selon Van Dam et al. (1994) et Krammer & Lange-Bertalot (1986). Krammer & Lange-Bertalot (1986) précisent que ce taxon se développe prioritairement dans des milieux riches en matières organiques. Le profil écologique de *Eolimna minima* observé sur les stations de Lorraine est également en accord avec ces données bibliographiques.

Naviculadicta seminulum a le même profil IBD que *Eolimna minima*, décalé vers les bonnes qualités. Ceci n'est pas conforme avec les données bibliographiques qui considèrent ce taxon comme α -mésopolsaprobe selon Van Dam et al. (1994) et polysaprobe selon Krammer & Lange-Bertalot (1986). Le profil écologique de *Naviculadicta seminulum* observé sur les stations de Lorraine est également en accord avec ces données bibliographiques.

Par conséquent, la valeur de l'IBD est surestimée pour cette station, et d'une manière générale est surestimée lorsqu'une dominance de *Naviculadicta seminulum* ou *Eolimna minima* est observée.

2.2.2 La Fensch à Florange (02 092000)

Année	IBD	IPS	MOOX	Espèces dominantes	
				<i>Naviculadicta seminulum</i>	<i>Eolimna minima</i>
2000	10,3	3,7	5	61,5%	17,0%
2001	11,8	4,5	5	68,2%	0,7%

La même observation que pour l'Alzette à Audun-le-Tiche peut-être faite pour la Fensch à Florange. Cette station, à l'aval d'une vallée fortement industrielle et urbaine et à l'aval immédiat du rejet d'une station d'épuration en fin de vie est caractérisée par une forte pollution organique (MOOX : 5).

L'IPS traduit bien le niveau de pollution élevé de la station puisqu'il indique que la station est de « très mauvaise » qualité. L'IBD donne une qualité moyenne : la même remarque peut-être faite que pour l'Alzette puisque les prélèvements diatomées de 2000 et 2001 sont dominés par *Eolimna minima* et *Naviculadicta seminulum*. L'IBD donne donc une valeur largement surestimée.

2.2.3 La Rosselle à Macheren (02 101050)

Année	IBD	IPS	MOOX	Espèces dominantes			
				<i>Naviculadicta seminulum</i>	<i>Eolimna minima</i>	<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i>	<i>Navicula veneta</i>
2000	9,8	3,0	5	82,2%		0,0%	15,2%
2001	11,5	3,9	5	74,2%		12,5%	3,0%
2002	10,2	5,6	4	33,7%			4,2%
2004	9,4	7,4	4	2,5%	35,3%		2,5%

La même observation que pour l'Alzette à Audun-le-Tiche peut-être faite également pour cette station. La Rosselle à Macheren (aval de la ville de Saint-Avold) est caractérisée par une forte pollution organique (MOOX : 5).

L'IPS traduit bien le niveau de pollution élevé de la station puisqu'il indique que la station est de « très mauvaise » qualité. L'IBD donne une qualité moyenne : la même remarque peut-être faite que pour l'Alzette puisque les prélèvements diatomées de 2000, 2001, 2002 et 2004 sont dominés par *Naviculadicta seminulum* ou *Eolimna minima*. L'IBD donne une valeur largement surestimée.

Mayamaea atomus var. *permitis* présente un profil écologique assez indifférent à la qualité de l'eau selon l'IBD. Ceci n'est pas en accord avec les données bibliographiques qui le considèrent comme pollutotolérant et vivant dans des matrices organiques dans des eaux résiduaires (Lange-Bertalot, 2001), et comme α -mésopolysaprobe selon Van Dam et al. (1994).

2.2.4 Le Moderbach à Holving (02 096975)

Année	IBD	IPS	MOOX	Espèces dominantes			
				<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i>	<i>Fistulifera saprophila</i>	<i>Naviculadicta seminulum</i>	<i>Eolimna minima</i>
2000	13,2	7,6	5	37,5%	31,0%		
2001	11,4	5,9	5	8,7%	3,5%	9,25%	
2002	9,7	9,9	5			3,25%	22,5%

Le Moderbach à Holving est une station caractérisée par une forte pollution organique (MOOX : 5), qui est bien retranscrite par l'IPS qui indique une mauvaise qualité. L'IBD surestime la qualité de la station puisqu'il donne qualité moyenne.

Mayamaea atomus var. *permitis* et *Fistulifera saprophila* sont les taxons dominants sur cette station en 2000, ils sont considérés comme pollutotolérants dans les données bibliographiques : Van Dam et al. (1994) les considèrent comme α -mésopolysaprobites et Krammer & Lange-Bertalot (1986) comme électifs de milieux polysaprobites. Les profils écologiques selon l'IBD ne sont pas en accord puisqu'ils sont décalés vers les bonnes qualités. Le même type de remarque peut-être fait pour 2002 avec *Eolimna minima* qui a un profil décalé vers les bonnes qualités avec l'IBD, ce qui ne correspond pas à son écologie en Lorraine.

Pour 2001, la présence de plusieurs taxons ayant des profils discordants de ceux observés en Lorraine explique la surestimation de l'IBD.

2.2.5 Othain à Houdelaucourt (02 115790)

Année	IBD	IPS	MOOX	Espèces dominantes		
				<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i>	<i>Eolimna minima</i>	<i>Psammothidium lauenburgianum</i>
2004	11,4	8,8	5	54,5%	12,5%	
2003	10,4	16,9	5	14,5%		42,5%

Le même type de remarque que pour le Moderbach à Holving peut-être fait pour l'Othain à Houdelaucourt. Cette station, très affectée par la baisse de son débit consécutif à l'arrêt des exhaures minières, est dominée par *Mayamaea atomus* var. *permitis*. Par conséquent l'IBD surestime la qualité de la station.

On peut remarquer que *Psammothidium lauenburgianum* est considérée comme polluosensible selon l'IPS, ce qui conduit à une note de bonne qualité. Il a clairement un profil décalé vers les niveaux de trophie et de saprobie élevés en Lorraine, ce qui conduit à une surestimation de la qualité selon l'IPS. Pour l'IBD il a un profil centré sur les qualités moyenne à bonne, ce qui tend également à surestimer la qualité. Cependant ce taxon est rarement présent avec de fortes abondances

2.2.6 La Seigneulle à Brainville (02 085825)

Année	IBD	IPS	MOOX	Espèces dominantes		
				<i>Eolimna minima</i>	<i>Amphora pediculus</i>	<i>Nitzschia palea</i>
2003	10,1	6,8	5	35,2%	18,5%	17,2%

L'IBD surestime la qualité du fait de la présence de *Eolimna minima* (cf. même commentaire que pour l'Alzette à Audun-le-Tiche).

3. Pouvoir discriminant de l'IBD

3.1 Corrélations entre indices diatomiques IBD et IPS et paramètres physico-chimiques

Des coefficients de corrélation ainsi que des corrélation linéaires ont été calculés entre les indices diatomiques et les paramètres physico-chimiques (moyennes estivales entre début juin et fin septembre). Ces coefficients de corrélation permettent de quantifier la relation linéaire entre les indices diatomiques IBD ou IPS et les variables chimiques. Les résultats des calculs sont indiqués dans le tableau 7.

Tableau 7 : Corrélation entre les indices diatomiques IBD et IPS et les paramètres chimiques. Le coefficient de corrélation linéaire est indiqué (R^2) en pourcentage.

Paramètre chimique (x)	IBD : R^2	IPS : R^2
Conductivité	36,3 %	10,9 %
O₂	20,0 %	22,6 %
DBO	6,7 %	16,3 %
DCO	25,6 %	27,0 %
NH₄⁺	7,1 %	19,6 %
Nkj	8,9 %	16,2 %
NO₂⁻	12,7 %	20,0 %
NO₃⁻	0,0 %	4,1 %
Ntot	5,6 %	5,3 %
PO₄²⁻	5,6%	9,1 %

On remarque que pour tous les paramètres indicateurs de pollution organique et trophique, le coefficient de corrélation est toujours supérieur pour l'IPS (sauf : pour Ntot) : il y a donc une meilleure relation entre l'IPS et les paramètres chimiques indicateurs de niveau de pollution.

Pour la conductivité, l'IBD a une meilleure corrélation que l'IPS. En effet, dans la conception de l'IBD, la conductivité a été intégrée comme paramètre indicateur de pollution. Ceci a pour tendance de sous-estimer la qualité des cours d'eau présentant naturellement de fortes conductivités, comme cela peut-être le cas en partie dans le bassin versant de la Seille, de la Meurthe et sur la Moselle en aval de la confluence avec la Meurthe. La corrélation de l'IPS avec la conductivité peut être indirecte et donc plus faible, les cours d'eau lorrains de bonne qualité se rencontrant principalement dans les Vosges (où les eaux sont de faible conductivité).

3.2 Répartition des valeurs IBD et IPS dans les 5 classes de qualité sur le RNB Lorrain

Pour évaluer le pouvoir discriminant de l'IBD et de l'IPS sur le RNB de Lorraine, nous avons regardé la répartition des stations dans les 5 classes de qualité pour l'IBD et l'IPS (Figure 4). Celles-ci ont été comparées à la répartition des stations selon des indices chimiques MOOX, NITR et PHOS du SEQeau v1 (Figure 5). Seules les stations ayant fait l'objet d'un prélèvement diatomées sont prises en compte dans les figures 4 et 5.

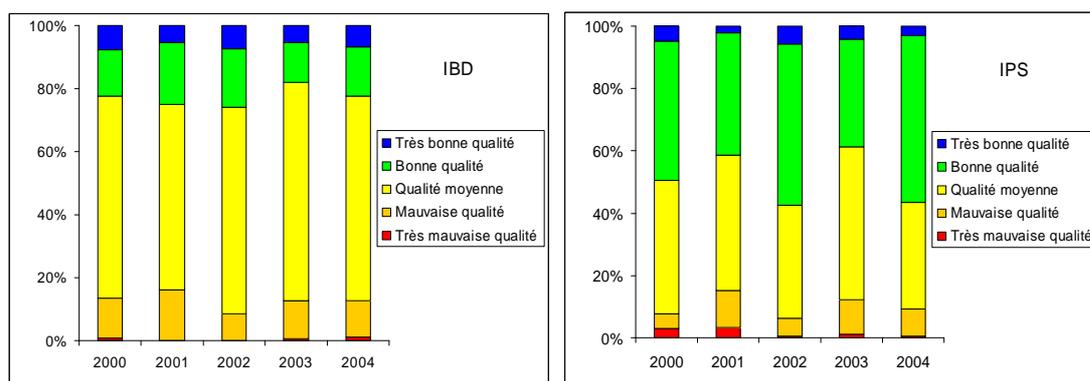


Figure 4 : Répartition des stations du RNB de 2000 à 2004 dans les 5 classes de qualité selon l'IBD et l'IPS. 2000 : 103 stations, 2001 : 92 stations, 2002 : 174 stations, 2003 : 173 stations, 2004 : 175 stations.

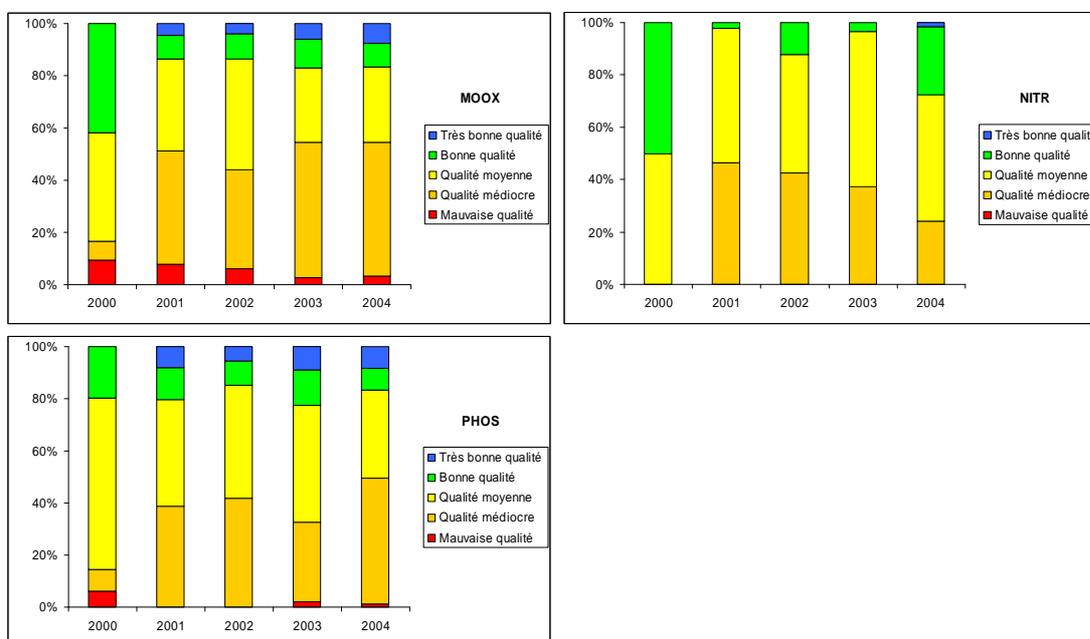


Figure 5 : Répartition des stations du RNB de 2000 à 2004 dans les 5 classes de qualité selon les indices MOOX, NITR et PHOS du SEQeau v1. 2000 : 103 stations, 2001 : 92 stations, 2002 : 174 stations, 2003 : 173 stations, 2004 : 175 stations.

Pour l'IBD la classe de qualité moyenne est largement majoritaire : plus d'une station sur deux est de qualité moyenne (entre 58% et 69% selon les années). De plus, la classe « très

mauvaise qualité » n'est pas représentée pour certaines années (2001 et 2002) et le nombre de stations de bonne et « très bonne » qualité est réduit (entre 18% et 25% selon les années).

Par contre, l'IPS, paraît nettement plus discriminant que l'IBD. L'IPS a une meilleure répartition dans les 5 classes de qualité que l'IBD.

Les indices MOOX et PHOS apparaissent également plus discriminants que l'IBD sauf pour l'indice NITR (qui discrimine ici assez mal la qualité des cours d'eau). Par rapport aux indices MOOX, NITR et PHOS, l'IBD est légèrement plus optimiste.

L'IPS présente une aussi bonne distribution des stations dans les 5 classes de qualité que les indices MOOX et NITR. Cependant cet indice est nettement plus optimiste que les indices MOOX et NITR.

4. Conclusions

Cette étude confirme, s'il en était besoin, que les diatomées constituent un bon indicateur biologique de la qualité de l'eau, notamment vis-à-vis de la pollution organique et des nutriments. Ce jugement est d'autant plus intéressant en considérant, comme nous ne l'avons pas encore indiqué dans ce rapport, le faible coût des analyses diatomées.

Il apparaît que l'IBD répond globalement bien aux pollutions sur l'ensemble du réseau lorrain car la grande majorité des 209 taxons de l'IBD présentent un profil écologique proche de celui calculé à partir de la base de données Lorraine.

Néanmoins, il serait pertinent de profiter de la révision de cette norme pour apporter trois corrections importantes :

□ 5 taxons, *Eolimna minima*, *Naviculadicta seminulum*, *Mayamaea atomus* var. *permitis* et *Fistulifera saprophila*, *Psammothidium lauenburgianum* souvent abondants dans les stations principalement caractérisées par de fortes pollutions organiques, conduisent à surestimer largement les valeurs d'IBD.

Pour améliorer l'IBD, il conviendrait de modifier les profils écologiques de ces taxons dans le calcul de l'IBD. En effet, les profils sont non seulement nettement différents de ceux observés en Lorraine, mais également nettement différents de ceux pris en compte par l'IPS et de ceux qui sont décrits dans la littérature (e.g. Van Dam et al. 1994, Krammer & Lange-Bertalot 1986).

□ l'IBD est généralement moins bien corrélé (cf. tableau 7) aux paramètres de pollution organique et trophique que l'IPS. Ce point serait à améliorer pour une future version de l'IBD.

□ Afin que l'IBD soit plus discriminant, il serait également important d'améliorer la répartition de ses valeurs afin d'obtenir une meilleure distribution des stations entre les 5 classes de qualité (la prise en compte des deux points précédents permettrait sans doute déjà d'améliorer la situation).

□ Enfin il serait intéressant, dans le cadre d'une rénovation future de l'IBD, de prendre en compte autrement les 3 types de pollution : salinité, trophie et saprobie. L'IBD pourrait être

un indice multimétrique divisé en 3 sous-indices, indiquant la trophie, la saprobie et la salinité (ce qui permettrait une meilleure compréhension des résultats). Des valeurs de référence pour chaque sous-indice pourraient être établies par hydroécocorégion et type de cours d'eau. Cet IBD modifié pourrait intégrer ces 3 sous-indices en retenant la valeur du sous indice la plus basse.

D'autre part, l'IPS présentant globalement de bonnes réponses, et les niveaux de détermination demandés étant, en pratique, atteint par la plupart des diatomistes, on peut se demander s'il ne serait pas souhaitable de normaliser aussi cet indice.

5. Bibliographie

AFNOR, 2000. Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). Norme NF T 90-354. juin 2000, 63 p.

CEMAGREF, 1982. Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q.E. Lyon, Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

Krammer, K & Lange-Bertalot, H. 1986-1991. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae; 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae; 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae; 4. Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. In: Ettl, H., Gärtner, G., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany.

Lange-Bertalot, H. 2001. Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 2. *Navicula sensu stricto*. 10 Genera Separated from *Navicula sensu lato*. *Frustulia*. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggell. 526 pp.

Lange-Bertalot, H. 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia* 64: 285-304.

Lenoir A. & Coste M, 1996. Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the french national water board network. In: Whiton B.A. & Rott E. (eds). Use of algae for monitoring rivers II, Innsbruck Austria 17-19 sept 95, Studia Student. Gmbh : 29-43.

MacCune, B. & Mefford, M.J. 1999. Multivariate analysis of ecological data. Version 4.01. MjM software, Gleneden Beach, Oregon, USA.

Van Dam H., Mertens A. & Sinkeldam J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherland Journal of Aquatic Ecology*, 28, 117-133.

Zelinka, M. & Marvan, P. 1961: Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Archiv für Hydrobiologie*, 57, 389-407.