



Mise au point de l'Indice Biologique Diatomée, un indice diatomique pratique applicable au réseau hydrographique Français



Michel Coste, Cemagref de Bordeaux

Jean Prygiel, Agence de l'Eau Artois-Picardie



ABSTRACT

Elaboration of the Biological Diatom Index, a practical diatom index for monitoring the French water network

France can boast a long and solid experience in the field of diatom indices and a great many applications have been carried out on the whole national territory since the beginning of the 90's. With a view of integrating diatoms in the water quality monitoring network, French Agencies de l'Eau and Cemagref associated in 1994 to elaborate a diatom index that would be capable of routine application by water management institutions. This index, called Biological Diatom Index or IBD, is based on a national set of 1332 inventories matching 14 water quality parameters. The use of modern techniques in statistics made it possible to elaborate an original index using 209 taxa, of which 57 matched, and based on the use of ecological profiles. The various phases of its elaboration as well as its first practical results are presented.

La France possède une longue et solide expérience en matière d'indices diatomiques, et de nombreuses applications ont été menées sur l'ensemble du territoire national depuis les années 90. Afin d'intégrer les diatomées dans les réseaux de surveillance de la qualité des cours d'eau, les Agences de l'Eau et le Cemagref se sont associés en 1994 pour mettre au point un indice diatomique applicable en routine par des organismes gestionnaires. Cet indice, appelé Indice Biologique Diatomée ou IBD, a été construit sur un jeu de données national de 1332 inventaires couplés à 14 paramètres de la qualité des eaux. L'utilisation de techniques statistiques modernes a conduit à élaborer un indice original utilisant 209 taxons dont 57 appariés et reposant sur l'utilisation de profils écologiques. Les différentes étapes de mise au point de l'indice ainsi que les premiers résultats d'applications sont présentés.

■ histoire des indices diatomiques en France et plus généralement en Europe date des années 70 avec la mise au point d'une grille d'évaluation de la qualité des eaux spécifique au bassin de la Seine (Coste et Leynaud, 1974). Par la suite vinrent l'indice diatomique de Descy (1979) et la méthode des espèces différentielles de Lange-Bertalot (1979). Le principe de ces trois méthodes, différentes dans leur conception et dans l'expression des résultats, a été repris par de nombreux auteurs et a donné lieu à de nombreux indices et méthodologies (Prygiel et Coste, 1995; Coste, 1997). Dans le domaine des diatomées et tout particulièrement des indices diatomiques, la France possède une longue expérience en raison du grand nombre de méthodes qui y ont été développées mais

aussi et surtout en raison des nombreuses applications qui y ont été réalisées (Prygiel et Coste, 1996a; 1996b) notamment en raison de l'existence de logiciels de gestion de bases de données taxinomiques et de calculs indiciaires (Lecoite et al., 1993). L'Indice de Polluosensibilité Spécifique de Coste (In Cemagref, 1982) dérivé de l'Indice de Descy reste à ce jour l'un des indices les plus utilisés en Europe et est considéré comme l'indice de référence. De formulation simple, cet indice qui utilise les notions d'abondance relative, de sensibilité à la pollution et de valeur indicatrice, utilise toutes les espèces présentes dans les inventaires, et a fait l'objet depuis sa création de nombreuses mises à jour pour tenir compte des acquis dans le domaine de la taxinomie et de l'écologie des diatomées. Appliqué en routine dans le bas-

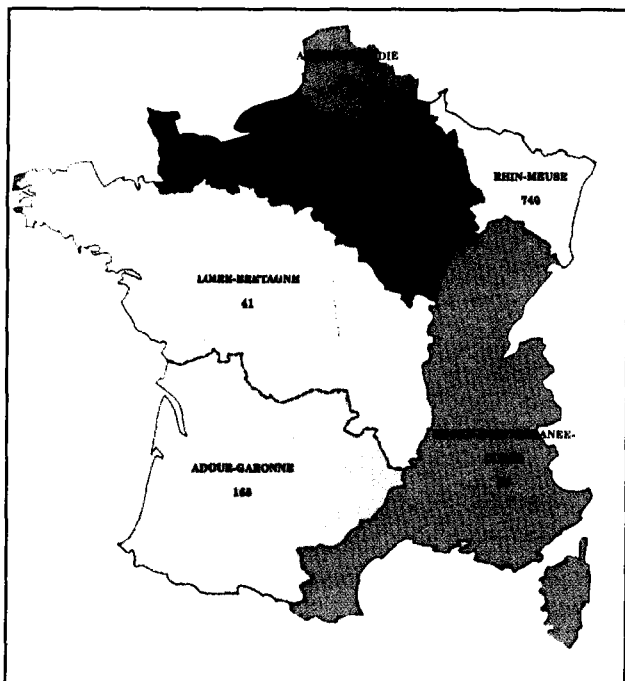


Figure 1 : répartition des 1332 inventaires de la base de données sur les 6 bassins administratifs. Les bassins Rhin-Meuse et Artois-Picardie sont les mieux renseignés

sin Artois-Picardie dès 1990 (Prygiel et Coste, 1993), cet indice a été largement appliqué avec succès dans la plupart des grands bassins hydrographiques français (Prygiel et Coste, 1996a). Si cet indice fournit d'excellents résultats, sa mise en œuvre se heurte à la difficulté d'identification des espèces et variétés rencontrées ainsi qu'à une systématique en perpétuelle évolution. Des méthodologies pratiques telles que l'In-

dice Diatomique Générale (Rumeau et Coste, 1988) ou l'Indice Diatomique Artois-Picardie (Prygiel et al., 1996) ont été proposées. Dans le premier cas, elles peuvent dans certaines conditions conduire à des erreurs grossières; dans le second, elles restent limitées à des zones géographiques limitées. C'est pourquoi, les Agences de l'Eau et le Cemagref se sont associés en 1994 pour mettre au point un indice diatomique qui soit applicable à l'ensemble du territoire national par des services gestionnaires de la qualité des eaux.

Présentation de l'Indice Biologique Diatomée (IBD)

Une description détaillée de la mise au point de l'IBD a été donnée par Lenoir et Coste (1996). La mise au point de l'IBD a démarré en août 1994 avec la constitution d'une base de données chimiques et biologiques nationale. Cette base totalise 1332 inventaires issus de l'ensemble du territoire français soit 1028 espèces et variétés différentes de dia-

tomées (figure 1). À ces données biologiques ont été associés 14 paramètres de la qualité des eaux : température, pH, conductivité, matières en suspension, oxygène dissous et pourcentage de saturation, DBO5, DCO, Azote Kjeldhal, NO2, NO3, NH4+, PO43 et chlorures.

Une des premières opérations a consisté à réduire le nombre d'espèces. Dans un premier temps, les espèces morphologiquement proches et difficiles à distinguer en microscopie optique pour le non spécialiste ont été regroupées en taxons "appariés". Dans un second temps, les espèces rares ont été éliminées. De façon classique, ce sont les espèces qui ne sont présentes que dans moins de 5 % des relevés soit dans le cas présent, les espèces présentes dans moins de 66 inventaires. La mise au point de l'IBD étant basée sur les profils écologiques, une trentaine de relevés était toutefois nécessaire pour établir un profil interprétable. Le seuil de présence a donc été ramené à 2,6 % soit 35 inventaires. Il en résulte au final un jeu de 209 taxons dont 57 sont appariés, c'est-à-dire qu'ils réunissent sous une même appellation de 2 à 6 espèces morphologiquement proches.

L'analyse par la méthode de coïncidence de la structure commune des tableaux de données chimiques et des relevés diatomiques exprimés en classes d'abondance (Chessel et Mercier, 1993) a permis de dégager un axe d'ordination des 1332 inventaires selon une

Tableau 1 : Valeurs moyennes et écarts-types des variables physico-chimiques pour les 7 classes de qualité d'eau définies par le jeu de données initial

Moyenne	T°C	pH	COND	MES	O2	% Sat	DBO5	DCO	NTK	NH4	NO2	NO3	PO4	Cl
1	19,5	7,6	1260	19	1,6	18	65	15	18,8	16,8	2,1	10,0	8,05	143
2	18,6	7,6	955	16	3,3	36	40	16	9,6	8,3	1,7	10,9	5,57	88
3	18,6	7,8	1044	14	6,1	65	19	19	4,0	2,8	0,8	12,0	2,29	154
4	18,0	7,9	822	19	8,5	90	9	16	2,0	0,6	0,4	11,1	0,67	74
5	16,8	7,8	447	14	9,3	95	4	13	1,3	0,2	0,2	10,3	0,28	21
6	15,3	7,4	162	7	10,1	100	2	12	1,0	0,2	0,1	5,6	0,13	10
7	12,8	6,9	75	4	11,7	111	1	9	0,7	0,1	0,0	4,5	0,08	7
Ecart-type	T°C	pH	COND	MES	O2	% Sat	DBO5	DCO	NTK	NH4	NO2	NO3	PO4	Cl
1	1,6	0,2	263	8	1,9	22	27	7	7,5	6,6	2,3	11,6	4,05	59
2	2,5	0,2	212	11	2,7	29	19	18	4,4	4,9	1,5	9,4	3,50	65
3	2,9	0,3	479	10	2,1	24	17	13	3,9	3,4	0,6	8,3	2,06	165
4	2,6	0,3	534	36	1,9	21	10	11	4,5	1,0	0,9	6,1	0,68	99
5	2,7	0,3	212	19	1,4	15	4	8	1,0	0,3	0,2	6,3	0,25	14
6	3,0	0,5	110	5	1,6	17	1	7	0,8	0,2	0,1	3,2	0,13	7
7	2,4	0,3	17	5	1,1	9	2	6	0,4	0,1	0,1	1,5	0,09	1

(COND = conductivité; MES = matières en suspension; NTK = azote Kjeldhal). Unités en mg/L sauf T°C en degré Celsius et conductivité en µS/s)

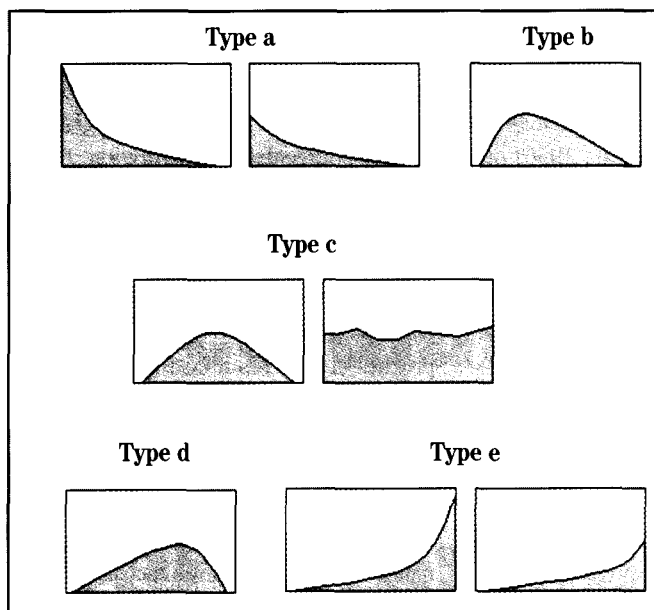


Figure 2 : les 5 types de profils écologiques des 209 taxons retenus pour le calcul de l'IBD (qualité d'eau croissante de Q1 vers Q7). Type a - profils monotones décroissants plus ou moins accentués : espèces tolérantes à la pollution ou électives des milieux pollués ; type b - profils excentrés sur la gauche : espèces halophiles ; type c : profils centrés au milieu de l'axe : espèces eutrophes à polluo-sensibilité moyenne ou indifférentes ; type d : profils en cloche excentrés sur la droite : espèces mésotrophes ou polluo-sensibles ; Type e : profils monotones croissants plus ou moins accentués : espèces sensibles à la pollution souvent acidophiles ou électives des eaux faiblement minéralisées. (En abscisse : classe de qualité d'eau croissante de la gauche vers la droite. En ordonnée : profils de probabilité de présence)

pollution globale organique et saline. À partir de cet axe de coinertie découpé en 7 classes de qualité d'eau (tableau 1), 3 types de profils écologiques ont été construits. En plus de l'absence constatée du taxon, on distingue la classe 1 (simple abondance), la classe 2 (abondance moyenne à forte) et la classe 3 (forte abondance). Ces classes 1, 2 et 3 sont des classes d'effectif égal par construction et dont les limites, par conséquent, sont propres à chaque espèce. La variabilité de ces profils écologiques a été appréhendée par la méthode d'échantillonnage du bootstrap (Efron, 1982). On dispose ainsi pour chacun des 209 taxons de profils de probabilité de présence en présence simple, en moyenne à forte abondance et en forte abondance (figure 2).

Ces profils ont été étudiés par rapport à la chimie du jeu de données initial et pour chaque espèce a été retenu le profil de probabilité le plus pertinent. 34 espèces interviennent ainsi en présence simple. Pour qu'une espèce soit prise en compte, son

abondance relative doit dépasser le seuil inférieur de la classe dans laquelle elle intervient (tableau 2).

Le calcul de l'IBD est réalisé en effectuant le produit des probabilités de présence des espèces retenues pour chacune des 7 classes de qualité d'eau. On obtient alors une courbe avec les 7 classes de qualité d'eau en abscisse et les produits de probabilités de présence en ordonnée. Le barycentre de cette courbe qui est une note sur 7 correspond à la valeur de l'IBD. Cette note est transformée en note sur 20 pour faciliter les comparaisons avec d'autres indices biologiques. Toutes ces opérations sont effectuées automatiquement une fois les résultats du comp-

partage entrés sur ordinateur. Le calcul de cet indice a en effet été intégré au logiciel Omnidia (Lecoite et al., 1993). Ce programme permet d'avoir accès aux 209 taxons retenus pour le calcul de l'IBD (nom, synonymie, code de saisie, références bibliographiques, caractéristiques morphologiques.....) et permet de visualiser après

entrée des résultats d'inventaires la liste des espèces retenues en fonction des seuils d'abondance, les espèces écartées car trop peu représentées, et le graphe présentant l'ensemble des profils des espèces participant au calcul indiciel. Ce dernier permet notamment de repérer les éventuelles incohérences spécifiques (tableau 3).

Performances de l'IBD

Les performances de l'IBD ont été testées sur le jeu de données initial. Il présente des performances très acceptables. Sur l'ensemble du jeu de données, la variabilité de l'IBD est expliquée à 72 % par la variabilité de la qualité de l'eau alors que le maximum pris en compte par les autres indices testés était de 37 % (IPS du Cemagref). Les notes fournies par l'IBD sont déterminées principalement par la DBO5, les phosphates, l'azote Kjeldhal, NH4+, les chlorures et l'oxygène. Les nitrates, les matières en suspension et la DCO jouent un rôle secondaire.

Le jeu de données initial couvre l'ensemble du territoire national. Il est cependant difficile, compte tenu de la répartition des inventaires et de la physico-chimie, de prévoir si les performances de cet indice seront partout équivalentes. La plupart des 209 taxons retenus par la méthode sont des taxons présents sur l'ensemble du territoire français. Mais, certaines situations typologiques ayant été sous-estimées (région méditerranéenne par exemple), il est possible voire même probable que ces performances varient d'une région à l'autre.

L'IBD est utilisé en routine dans le bassin Artois-Picardie depuis 1994 mais a été appliqué a posteriori sur des données anté-

Amphora lybica (L = 40 µm)

Les diatomées sont des algues brunes unicellulaires possédant un squelette siliceux formé de deux valves : le frustule.

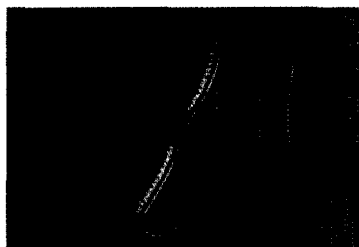
Leur taille varie de quelques microns à plusieurs centaines de microns. Les diatomées sont une composante majeure du peuplement algal des cours d'eau et des plans d'eau.

On les trouve partout, dans les eaux pures et dans les eaux les plus polluées; depuis les sources jusqu'aux estuaires et en milieu marin, ainsi que dans tous les milieux humides (flaques temporaires, suin-

tements, et même parois de cavernes à l'obscurité).

Elles sont présentes sous toutes les latitudes, depuis les zones tropicales jusqu'aux pôles.

La détermination des différentes espèces de diatomées repose sur la taille, la morphologie et l'ornementation des deux valves du frustule.



Une des premières opérations consiste donc à débarrasser les frustules de la matière organique. Cette opération est habituellement effectuée à chaud avec de l'eau oxygénée concentrée.

Tableau 3 : exemple d'application de l'IBD à partir d'un comptage effectué sur la Petite Rosselle (bassin Rhin-Meuse)

Diatomées Rosselle à petite Rosselle Septembre 1992	Abondance	Sélection	apparié	IPS	CEE	
	<i>A. minutissima</i>		<i>a</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	CE
	10000			2,0	3	0
	4000			22,0	1	12
	33,7			2,0	1	6
	2,76			2,0	2	7
	2,179		<i>NATO</i>	2,3	1	6
	0,13			1,0	3	8
	2,56			3,0	3	11
	26,26			3,4	1	11
	13,11			2,0	1	12
	2,01			2,0	3	12
	70,64			4,0	1	4
	<i>P</i>			3,0	1	6
	39,17			1,0	3	8
	13,36			2,0	1	6
	2,07			1,0	3	8
	2,25			1,0	2	7
	3,46			2,0	2	12
	<i>P</i>		<i>NMIN</i>	1,8	2	7
	2,74			2,0	2	0

Les taxons en caractères gras sont retenus pour le calcul. Les formes appariées sont en italiques; leur abondance en % doit être cumulée avec celle du taxon principal avant application du seuil de sélection.

Extraction des espèces retenues et des profils écologiques en probabilités de présence

Cl. ab.		3	4	5	6	7
3	<i>A. minutissima</i>	0,1985	0,0947	0,0546	0,0289	0
3	<i>GYAT</i>	0,0636	0,1385	0,1333	0,2967	0,2206
3	<i>NATO</i>	0,2023	0,1626	0,0838	0,0686	0,0279
1	<i>NMIN</i>	0,1985	0,1291	0,1440	0,1691	0,1789
3	<i>P</i>	0,1911	0,1180	0,0855	0,0855	0,0751
2	<i>P</i>	0,2229	0,1321	0,0524	0,0105	0,0100
	<i>P</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>P5</i>	<i>P6</i>	<i>P7</i>
Produits des probabilités :		0,225408	3,93507	8,09508	0	

Rosselle à Petite Rosselle 24/09/92 - RNB 103800 - Calcul de l'Indice Inter-Agences (IBD)

Barycentre = IBD sur 7 = (P1 + P2x2 + P3x3 + P4x4 + P5x5 + P6x6 + P7x7) / (P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7) = 1,745673. IBD/20 = IBD sur 7 x 3,167 - 2,167 = 3,3615. IPS = 1,7 CEE = 3,1

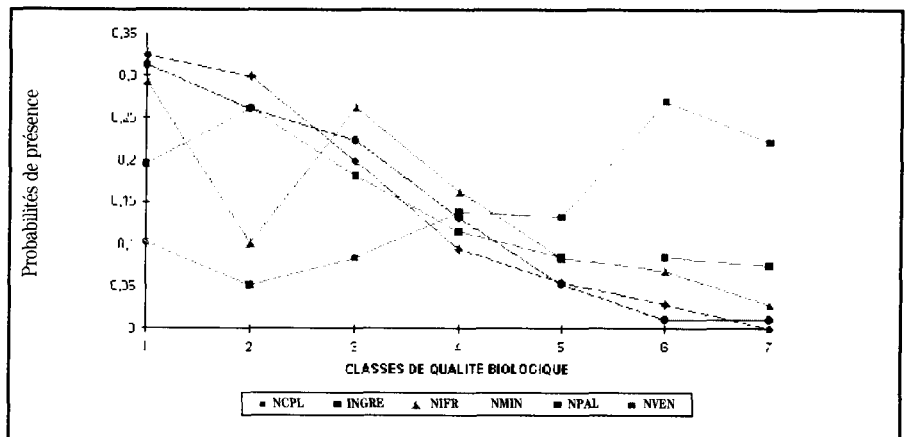
Tableau 2 : exemples de limites de classes d'abondance pour 2 espèces distinctes

Abondance en %

Limite supérieure de la classe 1

Limite supérieure de la classe 2

Largeur moyenne (mm)



"Amin" (*Achnanthes minutissima*) est une espèce appariée; "GYAT" (*Gyrosigma attenuatum*) est une espèce à part entière. Amin est une espèce intervenant en classe 2 (moyenne à forte abondance). Pour qu'elle soit prise en compte dans le calcul de l'IBD, il est donc indispensable que son abondance soit supérieure à 8 pour mille.

rieures. L'ensemble des 66 stations du Réseau National de Bassin (RNB) fait l'objet

de calcul d'indices tous les ans; la totalité des stations du Réseau National de Bassin et

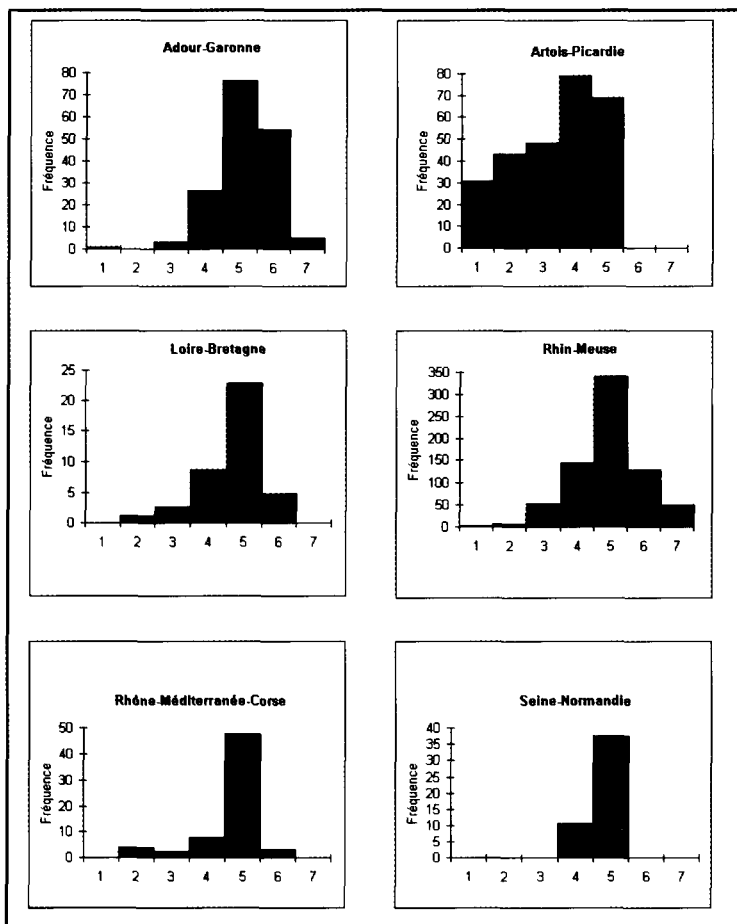


Figure 3 : Répartition des 7 classes de qualité d'eau sur les 6 bassins hydrographiques français. Seuls les bassins Rhin-Meuse et Adour-Garonne présentent les 7 classes de qualité d'eau définies dans le cadre de la mise au point de l'IBD

du Réseau Complémentaire ou RC (196 stations) faisant l'objet de calcul d'indices tous les quatre ans (1990, 1994). L'analyse des résultats obtenus sur les 188 inventaires de la campagne 1994 (RNB + RC) n'ayant pas participé à la mise au point de l'indice conduit à deux conclusions principales. Tout d'abord, les performances de l'IBD sont tout à fait satisfaisantes en ce qui concerne les corrélations avec les principaux paramètres de la qualité des eaux (tableau 4) et tout particulièrement l'ammonium, l'azote Kjeldhal et les phosphates. Ces corrélations avec la chimie sont équivalentes à celles données par l'IPS, considéré comme indice de référence dans cette étude. En second lieu, on constate que les valeurs de l'IBD oscillent entre 1 et 16,8 sur 20 sur l'ensemble des 413 relevés effectués entre 1990 et 1996 sur les réseaux de surveillance et au cours de campagnes d'étude spécifiques. La note maximale a été relevée sur la station RNB 11.000 (Escaut amont) en 1994; la note minimale a été relevée sur plusieurs des sta-

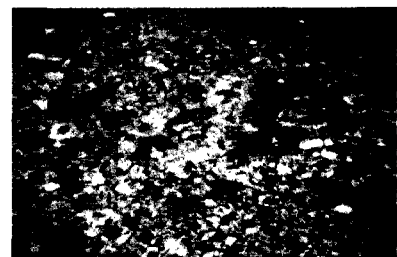
tion de la Deûle aux environs de Lille et sur certains affluents de la Lys essentiellement au cours des campagnes de 1990. À noter que si les valeurs basses sont assez fréquentes, les valeurs élevées restent extrêmement rares puisque seuls 3 inventaires sur les 413 présentent des valeurs supérieures à 15. Cette limitation des valeurs indicelles peut correspondre à l'absence dans ce bassin, et pour le jeu de données initial, des classes de qualité d'eau 6 et 7 pour lesquelles les conductivités et concentrations en chlorures sont très faibles. Cette absence de certaines classes de qualité d'eau est également observable dans d'autres bassins. Seuls les bassins Rhin-Meuse et Adour-Garonne présentent les 7 classes, ce qui permet de penser que dans ces bassins, l'IBD est susceptible de varier entre 1 et 20 (figure 3).

Mise en œuvre de l'IBD

Une première série de tests a d'ores et déjà été réalisée dans le cadre de la mise au point de l'IBD sur 172 stations issues des six grands bassins hydrographiques. Les résultats obtenus montrent que globalement les performances de l'IBD sont satisfaisantes. De nouvelles campagnes ont été engagées dans chaque bassin en 1995-1996. Ces applications poursuivent deux buts essentiels. Dans les bassins Artois-Picardie et Rhin-Meuse largement couverts dans le jeu

Sources de la Somme (les tâches brunâtres sont constituées de diatomées)

Les diatomées peuvent vivre à l'état planctonique (phytoplancton) et à l'état benthique (périphyton). Seules les diatomées du périphyton sont utilisées pour le calcul de l'IBD.



Les diatomées sont prélevées par grattage ou par broyage de substrats durs dans les secteurs lotiques des cours d'eau et à une profondeur voisine de 30 cm. En l'absence de tels substrats, on échantillonne sur substrat artificiels tels que palplanches, piles de ponts.... En dernier recours, le prélèvement peut être effectué sur végétaux. Seuls les sédiments sont proscrits. L'emploi de substrats artificiels tels que des carreaux de faïence, bouées... est également possible bien que plus compliqué à mettre en œuvre.

de données initial, il s'agit essentiellement d'applications de type routine destinées à fournir des évaluations de la qualité des eaux. De telles applications sont également en cours en Ile-de-France et menées par la DIREN. Dans les autres bassins, les applications actuellement en cours visent à couvrir des situations non prises en compte dans le jeu de données initial. Des opérations sont ainsi menées dans les bassins Rhône-Médi-

Tableau 4 : Corrélations entre indices diatomiques (IPS et IBD) et principaux paramètres physico-chimiques

Bassin Artois-Picardie, septembre 1994 (n = 188). Toutes les corrélations sont significatives à p < 0,001 sauf * : significatives à p < 0,01 et ** : significatives à p < 0,05. ns = non significatives. ACPN réalisée avec paramètres chimiques en variables actives et indices diatomiques en variables supplémentaires.

terrannée-Corse (Alpes, Provence-côte d'Azur, Corse), Loire-Bretagne (Bretagne et Centre) et dans une moindre mesure dans les bassins Seine-Normandie et Adour-Garonne. Ces campagnes sont destinées à améliorer les performances de l'IBD au niveau national. Cette amélioration passant obligatoirement par l'acquisition de nouvelles données et des applications-tests, des études destinées à promouvoir l'application de cet indice au niveau national dans des délais relativement courts ont été lancées en inter-Agences. C'est ainsi qu'un CD-Rom permettant l'identification des 209 taxons IBD et le calcul de l'indice est en cours d'élaboration et viendra compléter les clés d'identification réalisées dans le cadre de la mise au point de l'IBD. Un groupe d'experts a également été créé au niveau national. Il est chargé d'aider les services gestionnaires à mettre en œuvre l'IBD en leur fournissant aide et assistance dans l'échantillonnage des diatomées et l'identification des diatomées. L'IBD va faire par ailleurs l'objet d'une normalisation provisoire et être intégré dès 1998 dans le volet biologique du Système d'Évaluation de la Qualité des cours d'eau (SEQ) aux côtés de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN - Afnor, 1992). Enfin, des projets sont à l'étude pour restituer l'IBD dans un contexte d'écorégions

Références bibliographiques

- Afnor, 1992. Détermination de l'Indice Biologique Global Normalisé (I.B.G.N.), 9 pages.
- Cemagref, 1982. Étude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q.E. Lyon - Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 218 pages.
- Chessel, D., Mercier P., 1993. Couplage de triplets statistiques et liaisons espèces-environnement. In "Biométrie et environnement". Lebreton J.-D. & Asselain B. (eds), Masson, Paris, 15-44.
- Coste, M., 1997. Sur l'utilisation des diatomées dans le diagnostic biologique de la qualité des eaux courantes - intérêt et limite des indices. In "État de santé des écosystèmes aquatiques - les variables biologiques comme indicateurs", Séminaire national, Paris, 2 - 3 novembre 1994, Cemagref Éditions : 171-195.
- Coste, M., Leynaud G., 1974. Études sur la mise au point d'une méthodologie biologique de détermination de la qualité des eaux en milieu fluvial. Rapport C.T.G.R.E.F. - Agence financière de bassin Seine-Normandie, 78 p.
- Descy, J.-P., 1979. A new approach to water quality estimation using diatoms. *Nova Hedwigia* 64 : 305-323.
- Efron, B., 1982. The bootstrap. In "The jackknife, the bootstrap and others resampling plans". *CMBS-NSF regional conferences series in applied mathematics* : 27-36.
- Lange-Bertalot, H., 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia* 64 : 285-304.
- Lecointe, C., Coste M., Prygiel J., 1993. "OMNIDIA" : A software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270 : 509-513.
- Lenoir, A., Coste M., 1996. Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French National Water Board network. In "Use of algae for monitoring rivers II", B.A. Whitton & E. Rott (eds), E. Rott, Institut für Botanik, Univ. Innsbruck : 29-43.
- Prygiel, J., Coste M., 1993. The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiologia* 269/270 : 343-349.
- Prygiel, J., Coste M., 1995. Les diatomées et le diagnostic de la qualité des eaux continentales : les principales méthodes indicelles. *Vie et Milieu (Life and Environment)* 45 (3/4) : 179-186.
- Prygiel, J., Coste M., 1996a. Les diatomées et les indices diatomiques dans les réseaux de mesure de la qualité des cours d'eau français : historique et avenir. *Bull. Fr. Pêche & Pisc.* 341/342 : 65-81.
- Prygiel, J., Coste M., 1996b. Recent trends in monitoring French rivers using algae, especially diatoms. In "use of algae for monitoring rivers II", B.A. Whitton & E. Rott (eds), E. Rott, Institut für Botanik, Univ. Innsbruck : 87-97.
- Prygiel, J., Lévêque L., Iserentant R., 1996. Un nouvel indice diatomique pratique pour l'évaluation de la qualité des eaux en réseau de surveillance. *Rev. Sci. Eau* 1 : 97-113.
- Rumeau, A., Coste M., 1988. Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 309: 1-69.

(régions écologiquement homogènes) de façon à identifier les régions où des informations sont à acquérir pour une couverture

complète du territoire national et à préciser dans ces écorégions les valeurs de référence de l'IBD. ■

La liste des articles parus dans L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES du numéro 1 au numéro 210

est disponible sur **INTERNET**

www.editions-johanet.com

EDITIONS
JOHANET

- Recherche :
- ▶ par auteur,
 - ▶ par numéro,
 - ▶ par organismes ou sociétés,
 - ▶ par mot clef
- Plus de 2065 articles référencés, représentant plus de 10.000 pages de texte,
 - Plus de 815 résumés disponibles, en français et en anglais.