



Qualité biologique des eaux les méthodes microfloristiques

Michel Coste

► To cite this version:

Michel Coste. Qualité biologique des eaux les méthodes microfloristiques. 3ème cycle. Paris, France. 1986, 60 p. hal-03814975

HAL Id: hal-03814975

<https://hal.inrae.fr/hal-03814975>

Submitted on 14 Oct 2022

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

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

ECOLE NATIONALE DU GENIE RURAL
DES EAUX ET FORETS (E.N.G.R.E.F.)
19.Avenue du Maine
75732 PARIS CEDEX 15

doc archives

SECTION
DOCUMENTATION

QUALITE BIOLOGIQUE DES EAUX LES METHODES MICROFLORISTIQUES

(Document de travail)

SESSION DE FORMATION CONTINUE AII C-2

PARIS 26-28 Février 1986

M.COSTE CEMAGREF BORDEAUX

- ALGUES. INDICATEUR BIOLOGIQUE. INDICE
BIOLOGIQUE. DIATOMÉE. Qualité de l'eau
Cours d'eau.

00721

UTILISATION DES DIATOMÉES POUR L'APPRECIATION DE LA QUALITE BIOLOGIQUE DES EAUX COURANTES

GENERALITES

Comme les Invertébrés, les Diatomées réagissent aux modifications de la composition du milieu aqueux et l'observation des communautés périphytiques ou benthiques est depuis longtemps utilisée comme élément de diagnostic dont la précision peut varier selon l'intensité des pollutions...et selon les auteurs. Les méthodes microfloristiques basées sur les Diatomées s'appuient sur les mêmes fondements que les méthodes faunistiques (principe de causalité) et obéissent aux mêmes règles. Elles font appel aux sensibilités spécifiques (globales ou particulières) à la valeur indicatrice ou degré de sténocécie des espèces, à la diversité spécifique et à l'abondance. Enfin, et bien que ces organismes soient réputés ubiquistes, quelques approches typologiques ont été tentées afin de confronter les estimations à une situation théorique de référence.

Par rapport aux Invertébrés les Algues et plus particulièrement les Diatomées présentent un certain nombre d'avantages et d'inconvénients:

Avantages:

- Autotrophes (le plus souvent) et bien que microscopiques elles seront "visibles" à l'oeil nu tout au moins lors de développements en masse.
- elles sont très diversifiées (plus de 6000 taxons recensés) et colonisent tous les supports existants même les moins accueillants comme les bouées de navigation enduites de peinture antifouling. Elles seront présentes partout des sources au milieu marin.
- au sein d'une même communauté des espèces à cycle très court (parfois 1h) côtoient des espèces à cycle beaucoup plus long (plusieurs jours). Cette particularité est très importante lors de l'interprétation car elle permet de bénéficier d'une gamme d'informations plus étendue sur les effets des pollutions, la variabilité du caractère intégrateur étant liée à la pérennité des organismes. C'est ainsi que toute prolifération d'espèces de petite taille traduira des modifications du milieu à court terme. En revanche l'abondance de formes volumineuses (et très silicifiées) sera caractéristique d'une certaine stabilité du milieu.
- leur facilité d'échantillonnage reste un atout important leur homogénéité de répartition étant de loin supérieure à celle des invertébrés et leur accessibilité immédiate en principe. Elles permettent d'effectuer des estimations dans les milieux peu favorables aux faunisticiens (canaux etc...)
- Enfin elles restent très étudiées mais on peut se demander si l'abondance d'ouvrages systématiques ou écologiques de valeur très inégale et trop souvent contradictoires constitue un réel avantage.

Inconvénients:

- leur pouvoir intégrateur est moins élevé que celui des invertébrés. (Elles sont par exemple peu sensibles aux perturbations de l'habitat)
- Difficulté de mise en oeuvre d'un échantillonnage quantitatif sur les substrats naturels car les Diatomées sont très sensibles aux turbulences et l'abondance (comme la diversité) varient grandement sur les différentes faces d'un même galet (cf. travaux de Backhaus, Cazaubon).
- Difficulté d'utilisation de substrats artificiels, le maintien d'une profondeur d'immersion constante nécessitant des flotteurs qui suscitent toujours l'indélicatesse des curieux. (Ils partent aussi parfois à l'occasion d'une crue ou se recouvrent d'algues filamenteuses dérivant au fil de l'eau...).
- leur taille évidemment réduite nécessite une observation microscopique obligatoire et au fort grossissement.
- Nécessité d'effectuer des préparations (après observation préalable) puis des comptages toujours fastidieux en raison de l'abondance des taxons (parfois plus de cent dans un même échantillon).
- importance des phénomènes de dérive naturels ou provoqués qui peuvent avoir des répercussions importantes lors de l'interprétation en particulier dans les cours d'eau encombrés d'algues filamenteuses ou lors de proliférations de Fungi ou de Bactéries.
- L'identification à l'espèce est souhaitable voire indispensable pour l'instant. L'initiation à la systématique nécessite une formation surtout coûteuse en temps.

Quoiqu'il en soit les méthodes fondées sur l'utilisation de ces algues viennent compléter utilement les informations recueillies à l'aide des autres méthodes (indices biotiques) en apportant parfois des précisions sur la nature et l'intensité des contaminations.

1/ PRINCIPALES METHODES UTILISANT LES COMMUNAUTES DE DIATOMEES

Elles font leur apparition au début du siècle avec le système dit des Saprobies dans lequel figuraient quelques diatomées. Ces méthodes se sont diversifiées ensuite en s'appuyant sur la connaissance de l'ensemble du spectre écologique des espèces (données autécologiques) puis sur la structure des communautés (diversité spécifique) ou encore, plus récemment sur la mise en évidence de groupements d'espèces à exigences écologiques proches (assemblages des auteurs anglais).

Des approches plus expérimentales destinées à mettre en évidence l'influence d'un paramètre particulier ont également été tentées par divers chercheurs. BESH et Al 1972, SCHUMACHER 1965, McINTIRE 1964 ont étudié respectivement les effets des métaux lourds, de la vitesse du courant et de la température in situ ou à l'aide de canaux artificiels. Ces méthodes s'apparentent aux études écotoxicologiques actuellement en plein essor.

a) Méthodes fondées sur les connaissances autécologiques

Les précurseurs dans ce domaine furent des systématiciens HUSTEDT (1957) sur la WESER puis REIMER (1962), PIERRE (1968), VAN LANDINGHAM (1976-1978) et enfin LOWE (1974) ont proposé diverses classifications des espèces en fonction de leur spectre écologique. La répartition des différents taxons d'une communauté en fonction de leur abondance et de leurs caractéristiques autécologiques suffit généralement à fournir des indications globales sur la qualité des eaux.

CHOLNOKY (1968) fut un des premiers à exprimer les résultats des inventaires par la dominance de chaque taxon ce qui lui a permis de montrer que les diatomées réagissaient fort bien aux variations du pH, de l'oxygène dissous, de la salinité ainsi qu'aux pollutions organiques. A sa suite SCHOEMAN (1973) a étudié les pollutions du bassin de la Lesotho (Afrique du Sud). L'acquisition des données et l'expression des résultats telle qu'elle sont proposées par ces auteurs ont été reprises dans les méthodes actuelles.

L'utilisation des caractéristiques écologiques bien qu'immédiate nécessite des connaissances approfondies de l'écologie des espèces et des zones d'incertitudes existent nécessairement en raison de la diversité même de ce groupe et du nombre de paramètres à considérer. Les données de la littérature s'avèrent dans ce domaine souvent contradictoires surtout lorsqu'elles sont le fait de systématiciens qui se bornent à noter la présence ou l'absence (ce qui leur confère un caractère très anecdotique.)

b) Méthodes basées sur la structure des communautés.

PATRICK (1949) est la première à avoir développé ce type d'approche. Considérant le nombre d'espèces (en ordonnée) et le nombre d'individus de chaque espèce (en abscisse), elle montre que la distribution des espèces (récoltées sur lames de verre) s'effectue selon une courbe log-normale d'autant plus aplatie que la pollution est importante. VAN DAM (1981) a également étudié la structure des communautés à l'aide de diagrammes Rang-fréquence basés sur le même principe mais avec une représentation logarithmique du nombre d'individus de chaque espèce classé par ordre (rang) décroissant.

Les indices de diversité les plus utilisés (SHANNON et WEAVER 1948), associent le plus souvent le nombre d'espèces et le nombre d'individus de chaque espèce.

Indice de Shannon:
$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

S-Nombre d'espèces: N - nombre total d'individus n_i - nombre d'individus de l'espèce i.

Cet indice est souvent accompagné du calcul de l'équitabilité ("eveness" des auteurs anglais) qui est le rapport de la diversité calculée à une diversité théorique optimale, H_{max} , obtenue en considérant que chacune des S espèces de l'échantillon est représentée par un seul individu. (Equirépartition).

En l'absence d'un échantillonnage rigoureusement quantitatif l'application de ces méthodes donne des résultats très variables avec l'effort de recherche et donc peu fiable.

Enfin il s'agit de méthodes "aveugles" qui ne rendent pas compte du remplacement d'une espèce par une autre. Elles présentent l'avantage de mettre en évidence certaines pollutions toxiques.

c) Méthodes fondées sur les "système des Saprobies"

L'historique et l'évolution de ce système ont fait l'objet de nombreux travaux et SLADECEK (1973) en a dressé un bilan exhaustif. Elles s'appuient sur une classification de l'ensemble des organismes aquatiques des bactéries aux poissons en fonction de leur affinité pour les matières organiques. Diverses classifications ont ainsi été proposées depuis KOLKWITZ et MARSSON (1908) et la plus utilisée décrite par SLADECEK (1973) comporte essentiellement 5 "zones" (cf. fig.1).

Deux méthodologies intéressantes par leur formulation paraissent retenir l'attention.

Méthode Pantle et Buck (1955):

Ces auteurs proposent le calcul d'un indice "saprobique" d'après la formule suivante:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n s_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

où h - abondance (classe, effectif ou fréquence) s - "valence saprobiale" ou degré d'affinité pour les matières organiques (varie de 0,1 à 5)

SLADECEK a proposé des valeurs de s pour l'ensemble des organismes concernés (cf annexe).

L'indice varie de 0 à 5 en principe mais les valeurs ne dépassent rarement 4 pour les Diatomées les auteurs considérant qu'elles sont absentes de la zone "polysaprobe" ce qui est manifestement erroné.

SLADECEK (1984) conscient des nombreuses critiques formulées à l'encontre de sa classification a proposé de nouvelles valeurs pour les Diatomées en augmentant le nombre d'espèces prises en compte. Cf. Annexe. Malheureusement certaines confusions sont décelables des espèces considérées depuis longtemps comme synonymes étant affectées de valeurs parfois très différentes. Ce classement est donc à utiliser avec prudence.

Méthode ZELINKA et MARVAN (1961).

- Ces auteurs utilisent une formulation quelque peu différente de la précédente en faisant intervenir la notion de valeur indicatrice (g) et en proposant des notes (x) dont la somme est toujours égale à 10 échelonnées sur les 5 "niveaux de saprobies", la note la plus élevée correspondant à l'optimum d'affinité pour la zone considérée. Ils effectuent ensuite pour chacune des 5 "zones" des moyennes pondérées entre l'abondance (h), le degré d'affinité pour un niveau donné (x) et la valeur indicatrice (g) selon la formule :

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n h_i g_i x_i}{\sum_{i=1}^n h_i g_i}$$

Cette méthode reste peu utilisée en raison du choix des indicateurs et des valeurs proposées par SLADECEK (1973), mais la formule utilisée a été retenue moyennant quelques simplifications par DESCY lors de la conception de sa méthode.

Les méthodes dérivées du système des Saprobies sont en principe destinées à l'appréciation des seules contaminations organiques ce qui peut paraître restrictif. Néanmoins il s'avère que chez les Diatomées les formes polluo-résistantes sont bien souvent saprophiles ce qui expliquerait une assez bonne adéquation des résultats obtenus avec ceux des analyses physico-chimiques lors de leur application à l'étude des pollutions mixtes.

d) Méthodes fondées sur les groupements écologiques

Méthode DESCY (1979-80)

A partir d'une étude exhaustive réalisée sur la Meuse belge, DESCY a mis en évidence à l'aide d'une analyse factorielle 5 groupements d'espèces en relation avec le degré de contamination du milieu. Il propose alors 5 classes de polluo-sensibilité variant de 1 pour les formes résistantes à 5 pour les plus sensibles. Il associe en outre à chaque espèce une valeur indicatrice qui varie de 1 pour les formes les plus ubiquistes à 3 pour les plus caractéristiques. L'indice diatomique peut alors être calculé par station d'après la formule suivante:

$$ID = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \times i_j \times v_j}{\sum_{j=1}^n A_j \times v_j}$$

où A_j - abondance relative de l'espèce j

i_j - indice de polluosensibilité de l'espèce j

v_j - valeur indicatrice de l'espèce j

Les valeurs obtenues pour chaque échantillon varient entre 1 et 5 et peuvent selon l'auteur être interprétées de la manière suivante:

qualité bonne à acceptable	{	ID > 4,5	pollution nulle
		4,5 - 4	pollution ou eutrophisation faible
		4 - 3,5	eutrophisation modérée
qualité mauvaise à très mauvaise	{	3,5 - 3	pollution moyenne ou eutrophisation importante
		3 - 2	pollution forte
		1 - 2	pollution très forte

Cet indice prend en compte un nombre indéterminé d'espèces mais l'auteur (1979) propose cependant une liste de 106 taxons.

Cette méthode a été utilisée avec succès pour la surveillance du réseau hydrographique belge. Elle a été appliquée également par le CEMAGREF sous le nom d'IPS (indice de polluosensibilité) aux rivières du bassin Rhône Méditerranée-Corse moyennant quelques modifications concernant l'attribution des notes de sensibilité et l'expression de la note finale (1 à 20).

Elle permet de prendre en compte la totalité des espèces présentes ce qui peut être satisfaisant pour l'esprit mais n'offre pas nécessairement que des avantages (difficulté d'attribution des notes de sensibilité à des espèces écologiquement peu connues).

Méthode LANGE-BERTALOT (1979).

S'inspirant des niveaux de contamination organique proposés dans le système des Saprobies cet auteur distingue trois grands groupes de taxons particulièrement significatifs classés en fonction de leur aptitude à supporter les pollutions organiques ou chimiques. Ce classement présente l'intérêt d'avoir été réalisé par un systématicien de haut niveau ce qui lui confère une fiabilité évidente. cf. fig.8

En fonction des groupements dominants, l'auteur détermine ainsi l'appartenance à 4 classes de qualité correspondant globalement à oligosaprobe, β -mésosaprobe, α -mésosaprobe et polysaprobe tout en considérant que cette classification peut être étendue à l'ensemble des pollutions.

Il distingue par ailleurs deux sous groupes à l'intérieur des groupes 2 et 3 en relation avec leur abondance dans les milieux potamiques ce qui porte le nombre total de groupements à 5 et facilite ainsi les comparaisons avec les autres méthodes existantes.

Méthode FABRI et LECLERCQ (1984)

Etudiant les diatomées des rivières du nord du massif Ardennais ces auteurs ont effectué une approche typologique exhaustive des milieux acides oligotrophes à partir de 800 prélèvements échelonnés sur trois années de récoltes. Après avoir défini 8 variantes typologiques et trois faciès ils ont étudié l'influence des pollutions et montré que toute altération du milieu se traduisait par un glissement vers les biotypes inférieurs (passage de milieux acides à neutre ou alcalin). En principe, toute détermination de la qualité du milieu doit s'effectuer par rapport à une situation de référence et ses auteurs ont proposé un tableau de repérage des communautés potentielles à partir du pH, de l'alcalinité du type de support géologique et de la saison; tout écart avec les communautés observées traduit alors une perturbation. Cette étude leur a permis en outre de définir 6 groupes de sensibilité et de montrer l'inadéquation des autres méthodes existantes.

Cette hiérarchisation des espèces a pu être testée par le CEMAGREF (mais sans utilisation du repérage typologique) sur un cours d'eau acide et pollué des Landes. Paradoxalement les méthodes ne prenant en compte que peu d'espèces acidophiles (Lange-Bertalot, Cemagref) se sont révélées les plus appropriées au diagnostic des pollutions dans ces milieux car elles utilisent un nombre

relativement élevé de formes polluoresistantes suffisamment répandues pour être significatives même à faible effectif. L'inadéquation des autres méthodes peut trouver une autre explication à cette anomalie dans le fait que la persistance des formes sensibles dans les secteurs pollués s'accompagnait d'une prolifération systématique de Bactéries et de Champignons aquatiques (*Leptomit*) très importante entraînant sans doute une filtration des espèces dérivant de l'amont (drift).

Cette observation permet de souligner le rôle important des formes polluo-résistantes dans le diagnostic des pollutions et il est intéressant de noter que leur seule prise en compte est parfois suffisante à la détermination de la qualité du milieu comme l'a montré CHOLNOKY (1968).

Les méthodes faunistiques s'appuient parfois sur ce critère et c'est également la dominance des formes polluo-résistantes qui est retenue dans une méthode indicielle récente fondée sur les peuplements d'Oligochètes (LAFONT 1984).

Méthode CEMAGREF (1984)

Directement dérivée d'une étude réalisée sur la Seine (Coste et Leynaud 1974) cette méthode permet de calculer un indice diatomique variant de 1 à 10 (dans le sens des meilleures qualités d'eau) à partir d'un tableau à double entrée. Horizontalement figurent 5 groupes de 10 espèces relativement euryèces classées dans l'ordre des sensibilités décroissantes. Verticalement 6 sous-groupes de 10 taxons plus caractéristiques d'un niveau typologique (plus sténoèces) sont représentées sensiblement dans l'ordre d'apparition amont aval le long d'un écosystème théorique.

La note est obtenue en effectuant la somme des % des espèces repères représentées dans l'échantillon et le calcul des groupes et sous-groupes médians (ceux qui représentent 50% de l'effectif des espèces repères.). Il suffit alors de lire sur la grille la note correspondante ou d'effectuer le calcul:

ID- 12 - (SGM+GM) où SGM - sous-groupe médian et GM- groupe médian.

Les espèces des sous -groupes plus sténoèces sont parfois sous-représentées; lorsque leur abondance relative est inférieure à 1% il est préférable d'effectuer le calcul à partir du groupe médian seul :

ID- 12 - GM X 2

Cette méthode prend mieux en compte les superpositions de peuplements fréquentes dans les milieux lotiques .

DISCUSSION ET CONCLUSION

Limites d'application:

Les méthodes précitées à l'exception de celle de FABRI et LECLERCQ ont toutes fait l'objet d'application dans les milieux potamiques pour lesquels elles ont été conçues.

Elles se sont révélées peu adaptées voire inadéquates dans les milieux acides ou faiblement minéralisés où toute alcalinisation même légère doit être considérée comme une altération (Fabri et Leclercq).

De la même façon elles deviennent inapplicables dans les milieux saumâtres ou estuariens où la prise en compte d'organismes supplémentaires est nécessaire ainsi qu'une étude approfondie de l'écologie des formes halophiles. La méthode CEMAGREF s'est déjà heurtée à ce problème sur la Seine, la Dordogne et les rivières méditerranéennes (ORB, Aude). La présence d'espèces repères dans le groupe 6 inféodées à de tels milieux (aval Seine) a des répercussions sur le calcul de l'indice car certaines pollutions (tanneries, mines de potasse) provoquent l'apparition de formes halophiles en eau douce ce qui doit être interprété comme un phénomène de pollution.

Néanmoins des phénomènes naturels (support géologique Triasique) ont des effets identiques (ex. Moselle à Dombasle et Thionville, Furieuse à Salins dans le Jura).

Il apparaît souhaitable de proposer des méthodes de détection différentes pour ces trois grands types de milieux et à l'heure actuelle les méthodes qui prennent en compte le plus grand nombre d'espèces polluo-résistantes (à degré d'euryécie élevé) paraissent les plus largement applicables .

Vers une simplification des méthodes indicielles?

Les méthodes dérivées du système des saprobies utilisent un très grand nombre d'espèces, les autres méthodes se limitent à un peu plus de la centaine et il paraît souhaitable d'envisager l'utilisation d'environ 150 taxons caractéristiques pour obtenir des diagnostics fiables.

La tendance actuelle est de rechercher une méthode simplifiée faisant appel à un nombre restreint d'organismes "indicateurs".

Le CEMAGREF a testé une méthode utilisant les genres de diatomées (une quarantaine présents en eau douce) qui donne des résultats assez comparables à ceux obtenus à l'aide de toutes les espèces. Les coefficients de similitude (formule de Stander) calculés sur les estimations indicielles obtenues sur la Seine entre la source et Rouen (20 stations) au cours de 3 campagnes sont supérieurs à 90% (cf Fig.9-10)

Cette technique a également été testée sur l'ensemble des cours d'eau du bassin RMC.

Il ne faut néanmoins pas s'attendre à une grande précision des estimations la signification écologique globale de certains genres (*Navicula* par exemple) dont le spectre de répartition est très étendu reste illusoire à définir. Le gain en temps passé est bien sûr très important.

Remarque:

L'étude du potamoplancton est généralement abordée en vue d'évaluer la production planctonique. Elle fournit des informations relatives au degré d'eutrophisation du milieu. L'examen de la microflore benthique permet également une telle approche à partir des nombreuses formes planctoniques déposées ou piégées par filtration au sein du périphyton.

Perspectives d'utilisation

Les méthodes actuelles restent encore malheureusement l'apanage des spécialistes bien que divers essais d'utilisation aient été tentés récemment:

- étude de l'influence du marnage sur les communautés benthiques du Verdon (MILLERIOUX et al 1981)

- Etude de la pollution de l'Argens (GALVIN et al.1983)

- Impact de la dérivation du Tavignano (Corse) CAZAUBON et al.(1984)

- Etude des effets des extractions de granulats (CLAVEL et BOUCHAUD 1980)

Mais aucune des études précitées n'utilise de méthode indicielle.

Les indices restent très suspects au regard des biologistes qui considèrent généralement que l'utilisation qui peut en être faite est dangereuse d'une part et d'autre part que leur calcul s'apparente plus à des recettes de cuisine qu'à une démarche vraiment scientifique.

Cette dernière opinion est sans doute excessive car le calcul d'un indice ne constitue qu'une mise en pratique des acquis écologiques concernant les espèces. Non seulement la démarche est objective et permet de remettre en question de manière permanente ses propres connaissances mais elle conduit très fréquemment à s'interroger sur des résultats en désaccord avec les autres analyses et à en rechercher les causes.

Les possibilités de formation des systématiciens sont de plus en plus difficiles à envisager compte-tenu du peu de succès de cette discipline coûteuse en temps et fastidieuse.

Mais un délai de trois mois paraît raisonnable (à condition de pratiquer la microscopie) avec l'aide d'un spécialiste. Le Museum National d'Histoire Naturelle organise des stages tous les ans à l'occasion desquels des possibilités d'accueil pour des durées plus longues peuvent être envisagées.

Les ouvrages de détermination (en français) récemment apparus sur le marché permettent des identifications à l'espèce.

Le coût d'un microscope est également à prendre en compte et il est souhaitable d'envisager un traitement informatique des données tant au niveau de la saisie que celui du stockage et de l'exploitation. (exemple sortie automatique des listes systématiques à partir de fichiers d'abréviations etc...).

Le CEMAGREF utilise un fichier de plus de 5000 taxons (et de leurs abréviations à 4 lettres) régulièrement mis à jour (révisions taxonomiques ou nouvelles espèces).

Ce n'est que dans la simplification des tâches les plus fastidieuses que ces méthodes pourront trouver des possibilités d'extension.

MILIEUX LACUSTRES: APPROCHE DU DEGRE DE TROPHIE A L'AIDE DES DIATOMEES

La qualité des eaux des milieux lacustres est généralement appréciée à l'aide de méthodes globales. Les méthodes floristiques sont assez peu développées en raison de la nécessité d'effectuer des comptages et des calculs de biomasses (biovolumes).

A/ Rappel succinct des principales méthodes globales

Elles sont relativement nombreuses et devraient permettre d'établir les bases d'une typologie des statuts trophiques. Dans des directives publiées par l'OCDE(1982) pour la surveillance de l'eutrophisation des milieux lacustres, VOLLENWEIDER recense plus d'une centaine de paramètres à relever (certains synthétiques)... ce qui devrait encourager la mise au point de méthodes biologiques.

A titre indicatif les mesures globales les plus utilisées sont:

- les numérations et les calculs de biomasses
- les dosages de pigments chlorophylliens dans la zone euphotique
- La mesure de la productivité primaire (au C14)
- Le rapport A/Amax (PELLETIER) étroitement corrélé à la transparence.
- La production par unité de Biomasse : $P(\text{mgC}/\text{m}^3/\text{J})/B(\text{mg}/\text{m}^3)$
- Le dosage des adénosines 5'phosphates (ATP,ADP,AMP) qui permet de calculer la charge énergétique est rarement réalisé en routine.
- poids du périphyton (cendres) en g/m^2 / Chlorophylle a en g/m^2
- Tests de fertilité
- Indices de diversité

De nombreux indices combinent les concentrations en chlorophylle a, la transparence, le phosphore total et l'azote total.

C'est le cas des indices de CARLSON (1977):

$$\begin{aligned} \text{TSI} &= 10(6 - \ln 48 \mu\text{g/l TP}) / \ln 2 & \text{TP} &= \text{phosphore total} \\ \text{TSI} &= 10(6 - \ln \text{mSD}) / \ln 2 & \text{SD} &= \text{transparence (Secchi)} \\ \text{TSI} &= 10(6 - 2.04 - 0.68 \ln \mu\text{g/l Chlor}) / \ln 2 & \text{Chlor} &= \text{Chlorophylle a} \end{aligned}$$

Cet indice a été testé par LAMBOU et AL.(1983) et confronté à diverses mesures: biotests, biomasses, coefficients d'associations de NYGAARD, diversité, N-total, P-total etc...sur 44 lacs américains, mais les résultats se sont avérés peu corrélés entre eux selon les auteurs.

Les indices de Carlson ont été fortement critiqués par LORENZEN (1980) puis MEGARD (1980) car les particules minérales ou colloïdales peuvent interférer lors de la mesure de la transparence ce qui modifie la relation avec la biomasse exprimée par la chlorophylle a dans la formule proposée.

Dans un essai de définition des niveaux trophiques, MATHIEU et AL.(1979) proposent, à partir de l'étude de 30 lacs canadiens, de retenir 4 descripteurs aisément mesurables: le pourcentage de saturation en O₂ dissous en profondeur, la transparence mesurée au Secchi, la profondeur moyenne, le poids sec de seston.

Ils établissent à partir de ces valeurs 4 relations qui déterminent une note de 1 à 10 (CT="Côte trophique") selon l'état trophique.

$$\begin{aligned} \text{CT1} &= 10.037 - 0.046 \text{ OD} - 1.183 \text{ TR} \\ \text{CT2} &= 7.786 - 0.041 \text{ OD} - 0.847 \text{ TR} + 0.009 \text{ PS} \\ \text{CT3} &= 7.643 - 0.721 \text{ TR} - 0.174 \text{ PM} + 0.011 \text{ PS} \\ \text{CT4} &= 7.952 - 0.024 \text{ OD} - 0.703 \text{ TR} - 0.117 \text{ PM} + 0.010 \text{ PS} \end{aligned}$$

où:

OD= oxygène dissous en % de saturation PS= poids sec de seston en mg/m^3

TR= transparence (Secchi)

PM= profondeur moyenne en m.

D'après les auteurs, les mesures doivent être réalisées dans des conditions bien précises (en Août et à 1 m du fond pour l'oxygène).

B/ les quotients d'association

Ils utilisent les grands groupes d'algues le plus souvent planctoniques et ne nécessitent pas d'identification à l'espèce pourvu qu'elles puissent être différenciées. Les plus connus sont les coefficients de NYGAARD (1949) (cf. tableau) établis sur les lacs danois (en majorité oligotrophes à mésotrophes).

Le quotient le plus utilisé est le "Compound Index". L'auteur utilise le nombre de taxons dénombrés par groupe systématique (et non le nombre d'individus).

Les résultats obtenus par application de ces quotients sont généralement très imprécis voire discutables. Un seul groupe figure au dénominateur (Desmidiées) or ces espèces sont souvent sous-représentées dans les milieux oligotrophes ou eutrophes par rapport aux autres algues ce qui exige un effort de recherche important bien souvent hors comptage et diminue d'autant l'intérêt pratique de cette méthode.

- **Les propositions de WURTZ (1958)** (cf. tableau) applicables aux étangs associent la nature géologique des fonds et les dominantes phytoplanctoniques.

Cette technique s'est révélée fort intéressante à l'usage bien qu'elle présente encore de nombreuses lacunes dans la description des types.

- le quotient A/C (Araphidées/Centriques) STOCKNER (1971)

A partir de l'étude de 16 lacs américains STOCKNER a montré que le rapport Araphidées sur Centrales obtenu à partir des Diatomées prélevées à la surface du sédiment est d'autant plus élevé que le lac est eutrophe.

Il propose les bornes suivantes: type A/C

Oligotrophe	0 - 1,0
Mésotrophe	1,0 - 2,0
Eutrophe	> 2,0

Outre le manque de précision de la méthode il faut remarquer que ce quotient est en contradiction avec celui de NYGAARD qui considère les Diatomées Centriques comme "eutrophisantes".

- Récemment ROSEN (1980) a décrit une liste d'espèces indicatrices de différents stades trophiques ainsi que les caractéristiques physico-chimiques des lacs suédois où elles sont dominantes (étude portant sur 1250 lacs et étangs).

De la même façon RICHARDSON (1968) pour les lacs africains, HUTCHINSON (1944), RAWSON (1956) sur les lacs américains, JARNEFELT (1952), dressent des listes d'algues caractéristiques de l'état trophique. BROOK (1965, 1981), COESEL (1978) précisent les exigences écologiques des Desmidiées.

- HORNSTROM (1981) à partir de l'étude de 332 lacs suédois propose un indice trophique spécifique (Is) s'appuyant sur le volume moyen de chaque espèce, calculé sur l'ensemble des lacs et sur 5 classes d'abondance (f).

L'indice obtenu pour chaque lac est de la forme:

$$I = \sum (f \times I_s) / \sum f$$

La méthode est séduisante mais nécessite des identifications à l'espèce et la prospection préalable d'un grand nombre de lacs.

- le CEMAGREF (1983) utilise des quotients d'associations dérivés de la méthode de Nygaard où les abondances relatives des différents groupes taxonomiques sont prises en compte ainsi que le nombre d'espèces (quotient pondéré).

Les quotients d'associations ou les méthodes indicielles du type Hornstrom devraient donner lieu à des applications pratiques dans un très proche avenir. Elles restent pour l'instant des méthodes de spécialistes.

C/ Méthodologies particulières

- Microaccumulation des métaux lourds

LINDAHL et al. (1983) ont étudié récemment la capacité de microaccumulation des métaux lourds par certaines diatomées en milieu marin (plancton). Ils ont examiné les possibilités offertes par la microanalyse aux rayons X en microscopie électronique pour le diagnostic des pollutions.

Cette technique permet de déceler la présence de métaux habituellement non détectés par les méthodes d'analyse conventionnelles (ex. Zirconium) et de distinguer les proportions de métaux véhiculées par le phytoplancton, le zooplancton ou par les particules minérales en suspension. La variabilité des résultats obtenus (peu corrélée dans cette étude aux résultats des mesures chimiques) nécessite malheureusement plusieurs analyses par échantillon. Quelques

essais réalisés par le CEMAGREF confirment l'intérêt de l'approche qualitative de cette méthodologie qui permet de déceler instantanément l'ensemble des métaux présents et dans une fraction restreinte de l'échantillon et d'orienter ainsi les recherches physico-chimiques. La mise au point d'un protocole d'observation est nécessaire avant d'envisager la réalisations de mesures plus quantitatives. Le coût de ces mesures est relativement peu élevé en comparaison de celui des analyses classiques.

- Les techniques stratigraphiques et paleoclimatiques.

La paléolimnologie vise à reconstituer l'histoire des formations aquatiques et par déduction les conditions climatologiques anciennes (à l'échelle géologique). Elle s'appuie sur les associations de diatomées prélevées dans des carottes profondes et sur des datations au Carbone 14.

L'examen des frustules récoltés dans les couches superficielles (40 centimètres) a conduit de nombreux auteurs à reconstituer l'évolution des milieux lacustres dans un passé plus récent. HAWORTH (1972), STOCKNER (1972), BRUGAM (1979) et plus récemment ENNIS et Al. ont utilisé et discuté les estimations obtenues à l'aide du quotient de STOCKNER.

Mais ces investigations sont rendues difficiles par la dissolution de la silice qui altère les valves de diatomées et rend leur identification souvent problématique (PARKER et Al. 1977). Cette méthodologie a néanmoins donné lieu à quelques essais d'application dans les lacs du Massif Central (MANGUIN 1958, DEVAUX comm.verb.).

Les diatomées sont également utilisées dans la recherche archéologique.

- Une utilisation récente dans le diagnostic de la noyade est même développée par PEABODY et al (1984) en Angleterre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR. 1984. Dosage de la chlorophylle a et des phéopigments par spectrométrie d'absorption moléculaire. Norme T 90-117.:7 p. AFNOR Ed. Paris.
- ALLARD, L. 1986. Les matières organiques produites par l'eutrophisation en eau douce. Nature, effets, cas particulier des algues bleues. Document Agence de l'Eau Seine Normandie. Nanterre. 46 p.
- AMAVIS R., J. SMEETS 1976. Principes and methods for determining ecological criteria on hydrobiocenoses. Proc. European Scientific Coll. Luxembourg Nov. 1975. Pergamon Press Ed. 531 p.
- ANGELI, N. 1980. Interactions entre la qualité des eaux et la qualité de son plancton. In PESSON: La pollution des eaux continentales. Gauthiers-Villars Ed. Paris. 97-146.
- BACKHAUS, D. 1967. Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der Obersten Donau und ihrer Quellflüsse. Arch. Hydrobiol. Suppl. 30:364-399
- BACKHAUS, D. 1968. Idem II. Die räumliche und zeitliche verteilung der algen. Arch. Hydrobiol. Suppl. 34:130-149
- BALVAY G. 1980. Fonctionnement et contrôle du réseau trophique en étang. In R. BILLARD. La pisciculture en étang. INRA Publ. Paris, 47-79
- BEERS G. D., J. M. NEUBOLD 1968. Measurement of stream periphyton on paraffin-coated substrates. Limnol. Oceanogr. 13 (3):559-562
- BENSON-EVANS, K., P. F. WILLIAMS, R. O. McLEAN, N. PRANCE. 1975. Algal communities in polluted rivers of South Wales. Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 19:2010-2019
- BESH W., M. RICARD, R. CANTIN, 1972. Benthic diatoms as indicators of mining pollution in the Northwest Miramichi River system, New Brunswick Canada. Int. Revue ges. Hydrobiol. 57:39-74
- BILLARD R. 1980. La pisciculture en étang. INRA Ed. Paris. 434 p.
- BLAKE G. 1985. Les macrophytes lacustres. Production et décomposition. Thèse Doc. Sci. Univ. Grenoble.
- BOURRELLY, P. 1954. Les sulfobactéries. Revue Algol. Nelle Ser. 1(1):29-41
- BOURRELLY P. 1968. Les Algues d'eau douce. Les Algues jaunes et brunes. 2: Boubée Ed. 438 p.
- BROOK A. J. 1981. Population Dynamics and water quality with special reference to the Desmidiaceae. In PESSON: La pollution des eaux continentales. Gauthiers-Villars Ed. Paris. 87-107.
- BROWN, S. D., A. P. AUSTIN 1971. A method of collecting periphyton in lentic habitats with procedures for subsequent sample preparation and quantitative assessment. Int. Revue ges. Hydrobiol. 58(6):557-580.
- BRUGAM, R. B., 1979. A re-evaluation of the Araphidinae/Centrales index as an indicator of lake trophic status. Freshwater Biol. 9:451-460
- BUCHANAN, R. E., N. E. GIBBONS, 1974. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 8. Ed. 1268 p.
- CAPBLANCQ J., M. CASSAN, 1979. Etude du périphyton d'une rivière polluée (l'Agout). I. Structure et développement des communautés sur substrats artificiels. Annls. Limnol. 15(2):193-210
- CARLSON, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr. 22(2):361-369.
- CASTENHOLZ, R. W. 1961. An evaluation of a submerged glass method of estimating production of attached algae. Verh. int. Verein. Theor. angew. Limnol. 14:155-159.
- CEMAGREF. 1981. Etude hydrobiologique de la Dordogne. Etude n° 3:337 p. Q. E. Bordeaux.
- CAUMETTE, P. 1978. Participation des Bactéries phototrophes sulfo oxydantes dans le métabolisme du soufre en milieu lagunaire méditerranéen (étang du Prévost). Etude des crises dystrophiques (Malaigues). Thèse Doc. Ecol. aquat. Univ. Montpellier. 190 p.
- CEMAGREF 1982. Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q. E. Lyon-A. F. Bassin Rhône-Méditerranée-Corse :218 p.

- CEMAGREF, 1984. Opération Seine Rivière propre. Evaluation de la qualité hydrobiologique: Poissons-Diatomées. Rapport Agence Seine Normandie Conseil. Regional Ile de France. 35 p.+annexes.
- CHOLNOKY, B.J. 1968. Die Okologie des Diatomeen In Binnengewässern. Cramer Ed.: 699 p.
- CHANTEREAU, J. 1977. Corrosion bactérienne. Bactéries de la corrosion. Technique et Documentation. Ed. Paris, 246p.
- CLAVEL, P., B. BOUCHAUD, 1980. Incidences des extractions de granulats d'alluvions et de certains travaux hydrauliques sur le périphyton, la production primaire et la production secondaire dans trois cours d'eau du Massif Central. Annls. Stat. Hydrobiol. Besse en Chandesse .14:211-350
- COESEL P.F.M. 1977. On the ecology of Desmids and the suitability of these algae in monitoring the aquatic environment. Hydrobiol. Bull. 11:20-21
- COOKE, W.B. 1956. Colonisation of artificial bare areas by microorganisms. Bot. Rev. 22:613-638
- COOKE, W.B. 1963. A laboratory guide to Fungi in polluted waters, Sewage and sewage treatment systems. Their identification and culture. PHS. Publ. 999 (WP-1):132p.
- CORILLION R. 1957. Les Charophycées de France et d'Europe Occidentale. Bull. Soc. Sci. Bretagne, N.S. 32:1-499
- COSTE, M. et G. LEYNAUD 1974. Etudes sur la mise au point d'une méthode biologique de détermination de la qualité des eaux en milieu fluvial. Rapport CTGREF - AFBSN, Paris, 80p.
- COSTE, M. 1975. A biological method for the assessment of the quality of the Main River based on benthic and periphytic diatoms communities. C.E.C. Report, Health Protection Directorate: 12 p. Koblenz.
- COSTE, M. 1975 Sur la prolifération dans la Seine d'une diatomée benthique tropicale: Navicula confervacea (Kutz.) Grun. Annls. Limnol. 11 (2):111-123
- COSTE, M. 1976. Use of diatom communities for the assessment of water quality. CEC Report. 2nd Collaborative study concerning methods for assessing river water quality. Practical demo. on the river Trent. 19 p.
- COSTE, M. 1976. Contribution à l'écologie des diatomées benthiques et périphytiques de la Seine: Distribution longitudinale et influence des pollutions. Soc. Hydrotech. Fr. XIV (9):1-7
- COSTE, M. 1978. Sur l'utilisation des diatomées benthiques pour l'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes. Thèse Univ. Besançon: 150 p.
- COSTE, M., J.L. VERREL. 1978. Incidences du réchauffement des eaux de Seine sur la composition de la microflore diatomique benthique. Cah. Hydrobiol. Montereau. 6:27-44
- COSTE, M., M. RICARD. 1980. On some interesting finely striated Nitzschiae observed under light and electron microscopes. Systematic and ecological aspects. 6th Diatom Symposium Budapest. Koeltz Ed. 191-201.
- COSTE, M., M. LE BLANC, M. RICARD. 1981. Sur quelques diatomées d'eau douce rares ou nouvelles pour la flore française. Cryptogamie Algologie 2 (2):150-151
- CURTIS E.J.C. 1969. Review paper. Sewage fungus: its nature and effects. Water Res. 3:289-311
- DAGET P., M. GODRON. 1982. Analyse de l'Ecologie des espèces dans les communautés. Coll. d'Ecologie 18. MASSON Ed. Paris. 163 p.
- DE CLERCQ-VERSELE H., R. KIRCHMANN 1982. L'impact des rejets de la centrale nucléaire de Tihange (Belgique) sur l'écosystème Meuse: Cinq années d'étude in situ et d'approche expérimentale. (1976-1980). BLG. 555:54 p.
- DERUELLE, S., R. LALLEMENT 1983. Les lichens témoins de la pollution. Vuibert Ed. 108 p.
- DESCY, J.P. (1975). Etude quantitative du peuplement algal benthique en vue de l'établissement d'une méthodologie d'estimation biologique de la qualité des eaux courantes. Application au cours belge de la Meuse et de la Sambre et à la Somme. Mem. Doc. Sci. Bot. Univ. Liege. 173 p.
- DESCY, J.P. 1976. Un appareillage pratique pour l'échantillonnage du périphyton épilithique. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 109:43-47
- DESCY, J.P. (1979). A new approach to water quality estimation using diatoms. Nova Hedwigia. 64:305-323.

- DESCY, J.P. 1980. Utilisation des algues benthiques comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes. In PESSON: La pollution des eaux continentales. Gauthiers-Villars Ed. Paris.: 169-194.
- DESCY, J.P., A. EMPAIN, J. LAMBINON. 1981. La qualité des eaux courantes en Wallonie. Bassin de la Meuse. Doc. Secrétariat d'Etat à l'Environnement à l'Aménagement du Territoire et à l'Eau pour la Wallonie.: 16 p.
- DESCY, J.P. 1983. Contribution à l'étude des diatomées du bassin de la Meuse (période 1975-1980): liste floristique et commentaires sur divers taxons rares ou nouveaux pour la Belgique. Lejeunia. Revue de Botanique .111:1-33.
- DESCY, J.P., C. MOUVET. 1984. Impact of the Tihange nuclear power plant on the periphyton and the phytoplankton of the Meuse River (Belgium). Hydrobiologia. 119:119-128.
- DESCY, J.P. 1983. Les communautés algales de la Haute Meuse Belge et la Qualité de ses eaux: un bilan à l'automne 1981. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 116:31-50.
- DESCY, J.P. 1984. Ecologie et distribution des diatomées benthiques dans le bassin Belge de la Meuse. Inst. Roy. Sci. Nat. Belg. 18:95 p.
- DEVAUX, J., G. MILLERIOUX. 1977. Utilisation d'une cotation d'abondance pour l'étude quantitative des populations phytoplanctoniques. J. français Hydrol. 8 :37-44.
- DOUGLAS B. 1958. The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stream. J. Ecol. 46:295-322
- DRESSCHER, G.N., H. VAN DER MARK. 1976. A simplified method for the biological assessment of the quality of fresh and slightly brackish water. Hydrobiologia 48(3):199-201
- EMPAIN, A., J. LAMBINON, C. MOUVET, R. KIRCHMANN. 1980. Utilisation des Bryophytes aquatiques et subaquatiques comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes. In PESSON: La pollution des eaux continentales. Gauthiers-Villars Ed. Paris.: 195-223.
- ENNIS, G.L., T.G. NORTHCOTE, J.G. STOCKNER. 1983. Recent trophic changes in Kootenay Lake, British Columbia, as recorded by fossil diatoms. J. Can. Bot. 61(7):1983-1992.
- FABRI, R., LECLERCQ, L. 1984. Etude écologique des rivières du nord du massif Ardennais (Belgique): Flore et végétation de Diatomées et physico-chimie des eaux. Robertville. Stat. Sci. Hautes Fagnes 1:379 p., 2:329 p., 3:200 p.
- FJERDINGSTAD E. 1977 Sulfur Bacteria. ASTM Spec. Publ. 650:121 p.
- FOERSTER, J.W., H.E. SCHLICHTING. 1965. Phyco-periphyton in an oligotrophic lake. Trans. Am. Microsc. Soc. 84:485-502
- FRONTIER S. 1983. Stratégies d'échantillonnage en écologie. Coll. d'Ecologie 17. MASSON ed. Paris. 494 p.
- GORLENKO V.M., G.A. DUBININA, S.I. KUZNETSOV. 1983. The ecology of aquatic micro-organisms. Die Binnengewasser. 28. Schweizerbart'sche verlag. Stuttgart. 252 p.
- GOUY J.L., L. LABROUE. 1984. Sur quelques ferrobactéries isolées dans le Sud-Ouest de la France. Ecologie et rôle dans l'environnement. Annls. Limnol. 20(3):147-156.
- HASLAM S.M. 1978. River plants. The macrophytic vegetation of watercourses. Cambridge Univ. Press Ed. 396 p.
- HASLAM, S.M., P.A. WOLSELEY. 1981. River vegetation: its identification, assessment and management. A field guide to the macrophytic vegetation of British watercourses. Cambridge University Press Ed. London. 154 p.
- HASLAM, S.M. 1982. Major factors determining the distribution of Macrophytic vegetation in the watercourses of the European community. Proc. EWRS. 6th Symposium on Aquatic Weeds NOVI SAD: 104-111
- HAWORTH, E.Y. 1972. The recent diatom history of Loch Leven, Kinross. Freshwater Biol. 2:131-141
- HELLAWELL, J.M. 1977. Biological surveillance and water quality monitoring. In ALABASTER: Biological Monitoring of inland Fisheries, 69-88
- HOLMES, N.T.H., B.A. WHITTON. 1977. Macrophytes of the river Wear: 1966-1976. Naturalist Hull .102:53-73

- HORNSTROM E. 1981 Trophic characterization of lakes by means of qualitative phytoplankton analysis. Limnologica. 13(2): 249-261
- HUSTEDT F. 1957. Die diatomeenflora des flusssystemes der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. Abh. Naturw. Ver. Bremen .34 (3):181-440
- HUTCHINSON, G.E. 1975 .A treatise on Limnology .Vol.3. Limnological Botany. John Wiley ed. 660 p.
- INGOLD, C.T. 1975. An illustrated Guide to Aquatic and Water-borne Hyphomycetes (Fungi imperfecti) with notes on their biology. Freshw. Biological Ass. Sci. Publ. 30:96 p.
- JAMES A., L. EVISON, 1979. Biological indicators of water Quality Wiley Ed. 608 p.
- KIRCHMANN, R. 1985. L'impact des rejets de la centrale nucléaire de Tihange (Belgique) sur l'écosystème Meuse: Etudes in situ et recherches expérimentales durant la période 1981-84. Contrat CCE. BIO-B330-81-B. BLG. 573:48 p.
- LAFONT, M. 1984. Oligochaete communities as biological descriptors of pollution in the fine sediment of rivers. Hydrobiologia .115:127-129.
- LAMBOU V.W., W.D. TAYLOR, S.C. HERN, L.R. WILLIAMS 1983. Comparisons of trophic state measurements. Water Res. 17(11):1619-1626.
- LAMOTTE M., F. BOURLIERE, 1983. Problèmes d'écologie. Structure et fonctionnement des écosystèmes limniques .Masson Ed. Paris. 254 p.
- LANGE-BERTALOT, H. 1979. Toleranzgrenzen und populationsdynamik bentischer Diatomeen bei unterschiedlich starker Abwasserbelastung. Arch. Hydrobiol./suppl. 56 Algological studies 23:184-219.
- LANGE-BERTALOT, H. 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. Nova Hedwigia 64: 285-304.
- LEGENDRE, L., P. LEGENDRE. 1979. Ecologie numérique. Tome 1. Le traitement multiple des données écologiques. tome 2: La structure des données écologiques. Masson, Paris, XIV+197 p. et VIII+254 p.
- LEYNAUD, G., J.L. VERREL. 1980. Modifications du milieu aquatique sous l'influence des pollutions. In PESSON: La pollution des eaux continentales. Gauthiers-Villars Ed. Paris. 1-28.
- LOWE, R.L. 1974. Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. U.S. EPA Rep. :334 p.
- MANGUIN, E. 1958. Importance de l'étude des vases lacustres pour la connaissance du phytoplancton. Verh. Int. Verein Limnol. 13:4p
- MARKER A.F.H. 1976. The benthic algae of some streams in southern England. J. Ecol. 64:343-358
- MATHIEU, P., P. GENTES, J.P. GAUTHIER, 1979. Méthode numérique d'évaluation de l'état trophique des lacs. in L'Age de nos lacs. Doc. Gouv. du Quebec. Minist. des Richesses Naturelles. 57 p.
- MERIAUX J.L., J.R. WATTEZ, 1980. Les végétations aquatiques et subaquatiques. Relations avec la qualité des eaux. In PESSON: La pollution des eaux continentales. Gauthiers-Villars Ed. Paris. :225-242.
- MILLERIOUX, G., A. GREGOIRE, A. CHAMPEAU, 1981. Les populations de diatomées d'une rivière à débit régulé: Le Verdon. Annls. Limnol .17 (1):63-77
- MOUTHON, J., M. COSTE. 1984. Qualité hydrobiologique de la Loire. Rapport CEMAGREF. Qual. Eau. Lyon. 110 p.
- NYGAARD G. 1949. Hydrobiological studies in some ponds and lakes. Part II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. Kgl. Danske. Vidensk. Selsk. Biol. Skrifter. 7 (1):1-293
- PANTLE, R., H. BUCK, 1955. Die Biologisch überwachung der Gewässer und die darstellung der ergebnisse. Gas u. Wasserfach. 96:604 p.
- PARKER, J.I., H.L. CONWAY, E.M. YAGUCHI 1977. Dissolution of diatom frustules and recycling of amorphous silicon in Lake Michigan. J. Fish. Res. Bd. Can. 34:545-551
- PATRICK, R. 1949. A proposed biological measure of stream conditions based on a survey of the Conestoga basin, Lancaster country, Pennsylvania. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. 101:277-341
- PEABODY, A.J., R.M. BURGESS, 1984. Diatoms in the diagnosis of death by drowning. 7th Diatom Symposium Philadelphia. D.G. MANN Ed. 537-541.

- PESSON P.1980. La pollution des eaux continentales. Incidences sur les biocénoses aquatiques. 2ème édition. Gauthiers-Villars Ed., 345 p.
- PIERRE, J.F. 1968. Etude hydrobiologique de la Meurthe. Contribution à l'écologie des populations algales. Bull. Acad. Soc. Lorraine Sci. 7:261-412
- PIERRE, J.F. 1972. Sur un problème de colmatage des prises d'eau par des algues. La Technique de l'eau .303:1-5.
- POURRIOT, R., J. CAPBLANCQ, P. CHAMP, J.A. MAYER. 1982. Ecologie du plancton des eaux continentales. Collection d'Ecologie 16. Masson Ed. Paris:212 p.
- RAVERA, O. 1983. Assessment of the trophic state of a water body. Annls. Limnol. 19 (3):229-234.
- RAWSON, D.S. 1956. Algal indicators of trophic lake types. Limnol. Oceanogr. 1 (1):18-25.
- ROSEN, G. 1981. Phytoplankton indicators and their relation to certain chemical and physical factors. Limnologica. 13 (2): 263-290
- ROUND, F.E. 1981. The ecology of algae. Cambridge Univ. Press Ed. 653 p.
- SAUNDERS, M.J., J.W. EATON 1976. A method for estimating the standing crop and nutrient content of the phytobenthos of stony rivers. Arch. Hydrobiol. 78(1):86-101.
- SHANNON, C.E., W. WEAVER. 1948. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Urbana III.
- SLADECEK, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebnisse Limnol. 7.218 p.
- SLADECEK, V. 1984. Diatoms as indicators of organic pollution. 8th Diatom Symposium, Paris. 12 p.
- STOCKNER, J.G. 1967. Preliminary characterization of lakes in the experimental lakes area, Northwestern Ontario, using diatom occurrences in sediment. J. Fish. Res. Bd. Can., 28:265-275
- STOCKNER, J.G., 1972. Paleolimnology as a means of assessing eutrophication. Verh. Int. Ver. Limnol. 18:1018-1030.
- SUMITA, M., T. WATANABE, 1983. New general estimation of river pollution using new diatom community index (NDCI) as biological indicators based on specific Composition of epilithic Diatoms Communities. Jap. J. Limnol. 44(4):329-340.
- SYMOENS, J.J. 1951. Esquisse d'un système des associations algales d'eau douce. Verh. int. Verein. Limnol., 11:395-408
- TIPETT, R. 1970. Artificial surfaces as a method of studying populations of benthic microalgae in freshwater. Br. Phycol. J. 5:187-199
- VAN DAM, H. 1981 On the use of measures of structure and diversity in applied Diatom ecology. Nova Hedwigia 73:97-115
- VAN LANDINGHAM J.W. 1976 Comparative evaluation of water quality on the St. Joseph River (Michigan and Indiana, U.S.A) by three methods of algal analysis. Hydrobiologia ,48 (2):145-174
- VAN LANDINGHAM, S.L. 1982. Guide to the identification, environmental requirements and pollution tolerance of freshwater blue-green algae (Cyanophyta). U.S.E.P.A. Report, 600:341 p.
- VERNEAUX, J. 1973. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse Doc. Sci. Univ. Besançon, 260 p.
- VERNEAUX, J. 1976. Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales. Principales méthodes biologiques. in PESSON la pollution des Eaux continentales .Gauthiers Villars Ed. 229-285
- VERNEAUX, J. 1984. Méthodes biologiques et problèmes de la détermination des qualités des eaux courantes. Bull. Ecol. 15(1):47-55
- VOLLENWEIDER R. 1982. Eutrophisation des eaux. Méthodes de surveillance d'évaluation et de lutte. :162 p. Doc. OCDE Paris.
- WATANABE, T. 1982. Numerical assessment of river pollution based on the water quality chart. Research report of Environmental Science, B121-R-12-10. 92-95 (en Japonais).
- WATANABE T. 1985. Etude de la relation entre le périphyton et la qualité chimique de l'eau des rivières: utilisation des bioessais "in situ" (substrats

- artificiels) pour caractériser l'état de pollution des eaux. Thèse Hydrobiol. Univ.Toulouse, 127 p.
- WEBER, C.I. 1973. Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface waters and effluents. E.P.A.Environment.Monitor.Ser. 670(4):170 p.
- WETZEL, R.G. 1983. Periphyton of freshwater ecosystems. Development in Hydrobiology. 17. JUNK Ed. The Hague: 346 p.
- WHITTON, B.A., P.J. SAY. 1975. Heavy metals. In WHITTON: River Ecology. Blackwell Sci. Publ. 286-311.
- WHITTON, B.A. 1979. Plants as indicators of river water Quality. in JAMES: Biological indicators of water quality . Wiley Ed. 34 p.
- WURTZ, A. 1957. Champignons, Bactéries et Algues des eaux polluées. Bull.fr.Piscul. 182-184: 52 p.
- WURTZ, A. 1958 Peut-on concevoir la typification des étangs sur les mêmes bases que celles des lacs? Verh.int.Verein. Limnol. 13:381-393
- ZELINKA, M., P. MARVAN 1961. Zur prazisierung der biologischen klassifikation des Reinheit fliessender gewasser. Arch.Hydrobiol . 57:389-407

PRINCIPAUX OUVRAGES D'IDENTIFICATION

- BOURRELLY, P. 1966-1984. *Les algues d'eau douce* tomes 1, 2 et 3: Boubée Ed. Paris. 1452 p.
- GERMAIN, H. 1981. *Flore des Diatomées eaux douces et saumâtres*. Boubée Ed. Paris. 444 p.
- HUSTEDT, F. 1930. Bacillariophyta. In *Die Susswasserflora Mitteleuropas*. 10.: 468 p.
- HUSTEDT, F. 1927-1966. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. in *Rabenhorst Kryptogamenflora*. 7. (1-2-3): 2581 p.
- PATRICK, R., C.W. REIMER. 1966. *The Diatoms of the United States*. 1. Monogr. 13. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. 688 p.
- PATRICK, R., C.W. REIMER. 1975. *The Diatoms of the United States*. 2(1). Monogr. 13. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. 213 p.
- KRAMMER, K., H. LANGE-BERTALOT. 1985. Naviculaceae. Neue und wenig bekannte taxa, neue kombinationen und synonyme sowie bemerkungen zu einigen gattungen. *Bibliotheca Diatomologica*. 9., J. CRAMER Ed. 230 p.
- LANGE-BERTALOT, H. 1980. New species, combinations and synonyms in the genus *Nitzschia*. *Bacillaria* 3: 42-77
- LANGE-BERTALOT, H. 1980. Zur revision taxonomisch problematischer ökologisch jedoch wichtiger sippen der gattung *Achnanthes* Bory. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 60. *Algological Studies* 26: 1-31.
- LANGE-BERTALOT, H. 1980. Zur systematischen bewertung der bandförmigen kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. *Nova Hedwigia*. 33: 723-787.
- LANGE-BERTALOT, H., R. SIMONSEN. 1978. A taxonomic Revision of the *Nitzschiae lanceolatae* Grunow. *Bacillaria* 1: 11-111.

FIGURES ET TABLEAUX

--==--

FIG.1 SYSTEME DES SAPROBIES - PRINCIPALES CLASSES
 DE QUALITE RETENUES PAR SLADECEK (1973)

KATHAROBÉ	DBO ₅
	0
LIMNOSAPROBE	
1/ XENOSAPROBE (ZELINKA 1960)	0
2/ OLIGOSAPROBE (KOLKWITZ & MARSSON 1902)	0
3/ BETA MESOSAPROBE (KOLKWITZ & MARSSON 1908)	<5
4/ ALPHA MESOSAPROBE (KOLKWITZ & MARSSON 1908)	5 - 10
5/ POLYSAPROBE (KOLKWITZ & MARSSON 1902)	10 - 50
EUSAPROBE	
6/ ISOSAPROBE (SLADECEK 1961)	40-400
7/ METASAPROBE (SLADECEK 1961)	200-700
8/ HYPERSAPROBE (SRAMEK HUSEK 1956)	500-1500
9/ ULTRASAPROBE (SLADECEK 1959)	1000-120000

FIG.2 SYSTEME DES SAPROBIES PRINCIPAUX INDICES UTILISES

Formule générale (SLADECEK 1973)

$$S = \frac{0\sum h_x + 1\sum h_o + 2\sum h_\beta + 3\sum h_\alpha + 4\sum h_p + 5\sum h_i + 6\sum h_m + 7\sum h_h + 8\sum h_u}{\sum h}$$

SZABO (1969)

$$Tk Z = \frac{\sum p_\alpha + \sum \alpha + \sum \alpha\beta + \sum \beta}{\sum p + \sum \alpha p + \sum \alpha + \sum \alpha\beta + \sum \beta}$$

Charge organique relative de KNOPP (1954)

$$C = \frac{\sum (\alpha + p)}{\sum (o + \beta + \alpha + p)}$$

Formule de PANTILÉ & BUCK (1955):

$$S = \frac{\sum h.s}{\sum h}$$

h=abondance
s=valence saprobiale

Formule de ZELINKA & MARVAN (1961)

$$X = \frac{\sum_{i=1}^h h.g.x}{\sum_{i=1}^h h.g}$$

h= abondance
g= valeur indicatrice(1-5)
x= valence saprobiale(0-8)

DRESSCHER & VAN DER MARK (1976)

$$X = \frac{C + 3D - B - 3A}{A + B + C + D}$$

A= Ciliés (polysaprobies)
B= Euglénien (α méso.)
C= Chlorococcales+Diatomées(β)
D= Péridiniens +Conjugues
+Chrysophycées(oligo)

AUTRES FORMULATIONS PLUS GENERALES

Indice de WATANABE (1962)

$$I = \frac{2A + B - 2C}{A + B + C}$$

A= espèces sensibles
B= " indifférentes
C= " résistantes

Indice d'HORASAWA (1956)

$$I = \frac{B}{A+B} \times 100$$

A = organismes chlorophylliens
B = " non chlorophylliens

Indice de GABRIEL (1945)

$$I = \frac{2P}{D+C}$$

P= producteurs
D= décomposeurs
C= consommateurs

Indice de BECK (1955)

$$I = 2n(x + o + \beta)$$

n= nombre d'espèces

FIG.3 PRINCIPAUX INDICES DE DIVERSITE

MENHINICK (1964) $d = \frac{S}{\sqrt{n}}$

MARGALEF (1951) $d = \frac{S-1}{\log N}$

BRILLOUIN (1962), MARGALEF (1956-57-61)

$$H = \frac{1}{N} \frac{\log_2 N!}{\prod_{i=1}^S (N_i!)} \quad \text{où } N = \sum_{i=1}^S N_i$$

SIMPSON (1949) $B = \frac{\sum_{i=1}^S N_i(N_i-1)}{N(N-1)}$

TRAVERS (1971) $T = \frac{N - \sqrt{\sum_{i=1}^S n_i^2}}{N - \sqrt{N}}$

SHANNON & WEAVER (1949)

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log p_i \quad \text{où } p_i = \frac{N_i}{N}$$

LLOYD, ZAR & KARR (1968)

$$\bar{d} = \frac{C}{N} (N \log_{10} N - \sum n_i \log_{10} n_i) \quad C = 3,321928$$

DIVERSITE RELATIVE : REDONDANCE

PATTEN (1961, 62, 66) $R = \frac{\bar{D}_{\max} - \bar{D}}{\bar{D}_{\max} - \bar{D}_{\min}} \quad \text{où } \begin{aligned} D_{\min} &= \log_2 N! - \log_2 \{N-(S-1)\}! \\ D_{\max} &= \log_2 N! - S \log_2 \left(\frac{N}{S}\right)! \end{aligned}$

MAIN & McINTIRE (1974)

$$R = \frac{H''_{\max} - H'}{H''_{\max} - H''_{\min}} \quad \text{où } \begin{aligned} H''_{\max} &= \log_2 S \\ H''_{\min} &= \log_2 N - \frac{(N+S+1)}{N} \log_2 (N+S+1) \end{aligned}$$

HURLBURT (1963) (dominance) : S = \frac{100 \cdot (n_1 + n_2)}{2}

EQUITABILITE OU "EVENESS"

LLOYD & GHELARDI (1964) $e = \frac{s'}{s}$

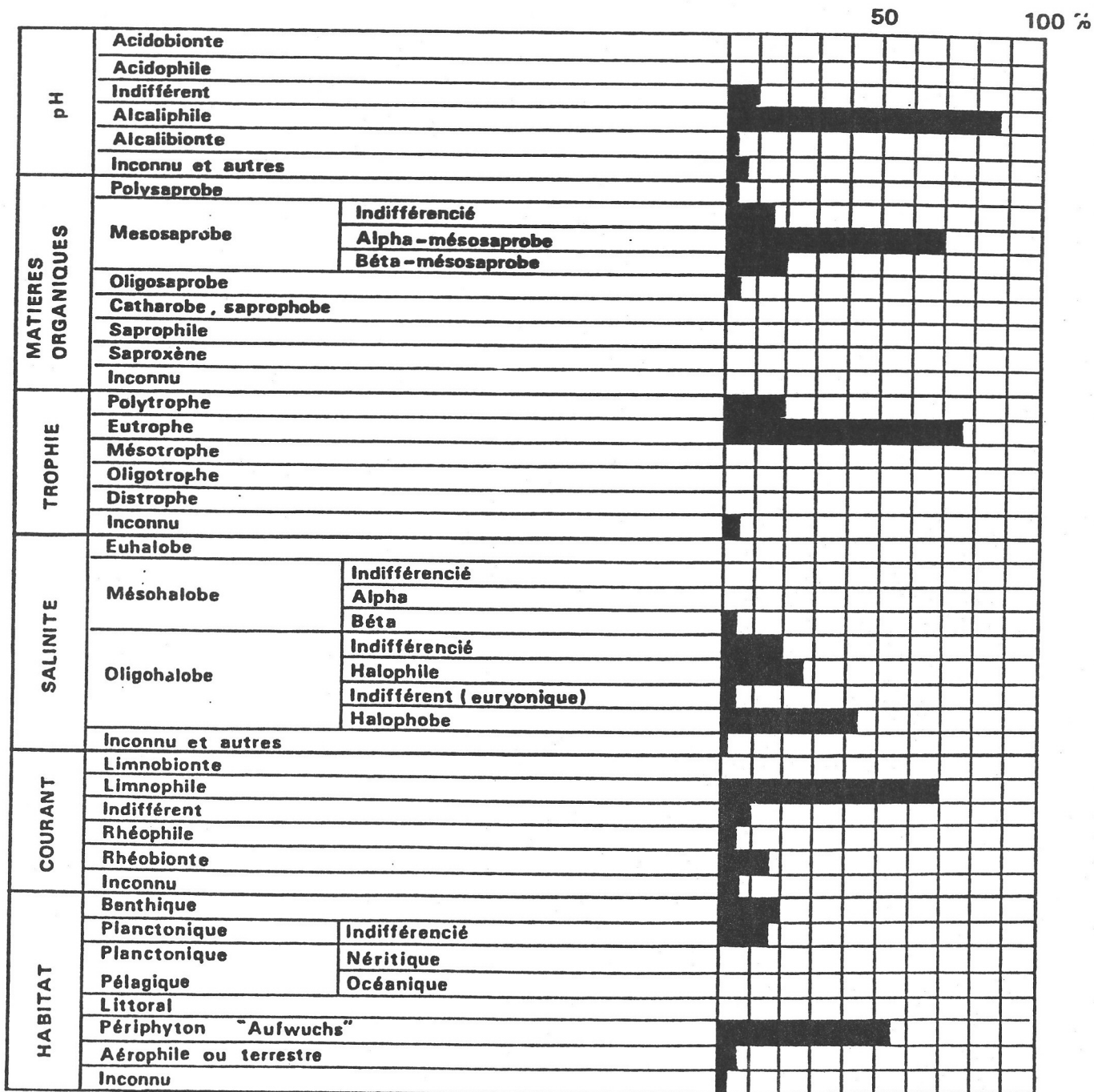
PIELOU (1966) $J = \frac{\bar{H}'}{H'_{\max}}$

METHODES ASSOCIATIVES :

Coefficient de similitude SIMI de STANDER (1970) : $SIMI = \frac{\sum_{i=1}^S p_{ij} p_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^S p_{ij}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^S p_{ik}^2}}$

MAC ARTHUR (1965) : DIFF = \frac{e H^T}{e H'}

FIG.4 APPLICATION DU SYSTEME M.S.A. A UNE STATION
POLLUEE DE LA SEINE



Liste des diatomées utilisées dans le calcul de l'indice diatomique avec leur indice de polluosensibilité (i) et leur valeur indicatrice (v)

polluosensibilité (i) et leur valeur indicatrice (v)

i v

<i>Achnanthes conspicua</i> A. Mayer	5	3	<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kütz.) Rabenh.	5	3
<i>lanceolata</i> (Bréb.) Grun. [et var.]	3	1	<i>spenceri</i> (W. Smith) Cleve var. <i>nodiferum</i> Grun.	5	3
<i>linearis</i> (W. Smith) Grun.	5	3	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	3	2
<i>microcephala</i> (Kütz.) Grun.	5	3	<i>Melosira italica</i> (Ehr.) Kütz. [et var.]	3	2
<i>minutissima</i> Kütz. [et var. <i>cryptocephala</i> Grun.]	4	1	<i>varians</i> Ag.	3	1
<i>Amphora ovalis</i> Kütz.	4	2	<i>Meridion circulare</i> Ag.	5	2
<i>ovalis</i> Kütz. var. <i>pediculus</i> Kütz.	5	2	<i>Navicula accomoda</i> Hust.	1	3
<i>Anomooneis seriens</i> (Bréb.) Cleve var. <i>brachysira</i> (Bréb.) Cleve	5	3	<i>contenta</i> Grun.	5	3
<i>Caloneis bacillum</i> (Grun.) Cleve [et var. <i>lancetula</i> (Schulz) Hust.]	5	3	<i>cryptocephala</i> Kütz.	3	1
<i>silicula</i> (Ehr.) Cleve [et var. <i>truncatula</i> Grun.]	5	3	<i>cryptocephala</i> Kütz. var. <i>intermedia</i> Grun.	5	2
<i>Ceratoneis arcus</i> (Ehr.) Kütz. [et var.]	4	3	<i>cuspidata</i> Kütz.	3	2
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr.	4	2	<i>cuspidata</i> Kütz. var. <i>ambigua</i> (Ehr.) Cleve	3	2
<i>placantula</i> Ehr. [et var.]	4	2	<i>cocconeiformis</i> Gregory	5	3
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	3	1	<i>gothlandica</i> Grun.	3	2
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Bréb.) W. Smith	5	3	<i>gracilis</i> Ehr.	5	3
<i>solea</i> (Bréb.) W. Smith [et var.]	4	2	<i>hungarica</i> Grun. var. <i>capitata</i> (Ehr.) Cleve	4	2
<i>Cymbella cistula</i> (Hemprich) Grun. [et var. <i>maculata</i> (Kütz.) v. Heurck]	4	3	<i>menisculus</i> Schum.	5	2
<i>gracilis</i> (Rabenh.) Cleve	5	3	<i>minuscule</i> Grun.	3	2
<i>lanceolata</i> (Ehr.) v. Heurck	5	3	<i>mutica</i> Kütz. [et var.]	1	3
<i>naviculiformis</i> Auerswald	5	3	<i>placantula</i> (Ehr.) Grun. [et var.]	5	3
<i>prostrata</i> (Berkeley) Cleve	5	2	<i>pupula</i> Kütz.	3	2
<i>sinuata</i> Gregory	5	2	<i>radiosa</i> Kütz.	4	3
<i>tumida</i> (Bréb.) v. Heurck	4	3	<i>rhynchocephala</i> Kütz.	4	2
<i>ventricosa</i> Kütz.	4	2	<i>rotaeana</i> (Rabenh.) Grun.	5	3
<i>Denticula tenuis</i> Kütz. var. <i>crassula</i> (Näg.) Hust.	5	3	<i>subhamulata</i> Grun. [et var.]	5	3
<i>Diatoma hiemale</i> (Lyngb.) Heib. var. <i>mesodon</i> (Ehr.) Grun.	5	3	<i>viridula</i> Kütz.	4	1
<i>vulgare</i> Bory	5	2	<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith	3	2
<i>vulgare</i> Bory var. <i>productum</i> Grun.	4	2	<i>amphibia</i> Grun.	2	3
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	5	3	<i>dissipata</i> (Kütz.) Grun.	5	2
<i>Eunotia diodon</i> Ehr.	5	3	<i>filiformis</i> (W. Smith) Hust.	3	3
<i>exigua</i> (Bréb.) Rabenh.	5	3	<i>fonticola</i> Grun.	4	2
<i>flexuosa</i> (Bréb.) Kütz.	5	3	<i>inconspicua</i> Grun.	4	2
<i>lunaris</i> (Ehr.) Grun.	5	3	<i>linearis</i> W. Smith	4	2
<i>pectinalis</i> (Dillw.) Rabenh. [et var.]	5	3	<i>palea</i> (Kütz.) W. Smith	1	2
<i>pectinalis</i> (Dillw.) Rabenh. var. <i>minor</i> (Kütz.) Rabenh.	5	2	<i>paleacea</i> Grun.	3	2
<i>polydentula</i> Brun	5	3	<i>recta</i> Hantzsch	5	2
<i>tenella</i> (Grun.) Hust.	5	3	<i>romana</i> Grun.	4	2
<i>veneris</i> (Kütz.) O. Müll.	5	3	<i>sigmoidea</i> (Ehr.) W. Smith	5	3
<i>Fragilaria capucina</i> Desm. [et var.]	5	2	<i>tryblionella</i> Hantzsch [et var.]	5	3
<i>construens</i> (Ehr.) Grun.	4	2	<i>Peronia heribaudii</i> Brun et Per.	5	3
<i>pinnata</i> Ehr.	5	3	<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kütz.) Cleve [et var. <i>hybrida</i> (Grun.) Cleve]	1	3
<i>rumpens</i> (Kütz.) Carlson	4	2	<i>subcapitata</i> Gregory [et var.]	5	2
<i>vaucheriae</i> (Kütz.) Peters.	4	1	<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kütz.) Grun.	4	2
<i>virescens</i> Ralfs	5	3	<i>Surirella angustata</i> Kütz.	3	2
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehr.) De T. var. <i>amphipleuroides</i> (Grun.) Cleve	5	3	<i>biseriata</i> Bréb.	5	3
<i>rhomboides</i> (Ehr.) De T. var. <i>saxonica</i> (Rabenh.) De T.	5	3	<i>linearis</i> W. Smith	5	3
<i>vulgaris</i> (Thwaites) De T.	4	2	<i>ovata</i> Kütz.	2	1
<i>Gomphonema abbreviatum</i> (Ag.) Kütz.	3	2	<i>Synedra pulchella</i> Kütz. var. <i>lanceolata</i> O'Meara	3	2
<i>acuminatum</i> Ehr. [et var.]	4	2	<i>ulna</i> (Nitzsch.) Ehr. [et var.]	2	1
<i>angustatum</i> (Kütz.) Rabenh. [et var.]	4	2	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.	5	3
<i>constrictum</i> Ehr. [et var.]	4	2			
<i>gracile</i> Ehr.	5	3			
<i>longiceps</i> Ehr. [et var.]	5	3			
<i>olivaceoides</i> Hust.	5	3			
<i>olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.	4	2			
<i>parvulum</i> Kütz. [et var.]	2	1			

FIG.5 LISTE DES DIATOMEES UTILISEES PAR DESCY (1979)

i= valeur de la sensibilité v= valeur indicatrice

		i	v
ACON	Achnanthes conspicua A. Mayer	5	3
ALAN	lanceolata (Bréb.) Grun. (et var.)	3	1
ALIN	linearis (W. Smith) Grun.	5	3
AMIC	microcephala (Kütz.) Grun.	5	3
AMIN	minutissima Kütz. (et var. cryptocephala Grun.)	4	1
AOVA	Amphora ovalis Kütz.	4	2
APED	ovalis Kütz. var. pediculus Kütz.	5	2
ASER	Anomoeoneis serians (Bréb.) Cleve var. brachysira (Bréb.) Cleve	5	3
CBAC	Caloneis bacillum (Grun.) Cleve (et var. lancettula (Schulz) Hust.)	5	3
CSIL	silicula (Ehr.) Cleve (et var. truncatula Grun.)	5	3
CARC	Ceratoneis arcus (Ehr.) Kütz. (et var.)	4	3
CPED	Cocconeis pediculus Ehr.	4	2
CPLA	placentula Ehr. (et var.)	4	2
CMEN	Cyclotella meneghiniana Kütz.	3	1
CELL	Cymatopleura elliptica (Bréb.) W. Smith	5	3
CSOL	solea (Bréb.) W. Smith (et var.)	4	2
CCIS	Cymbella cistula (Hemprich) Grun. (et var. maculata (Kütz.) v. Heurck)	4	3
CGRA	gracilis (Rabenh.) Cleve	5	3
CLAN	lanceolata (Ehr.) v. Heurck	5	3
CNAV	naviculiformis Averswald	5	3
CPRO	prostrata (Berkeley) Cleve	5	2
CSIN	sinuata Gregory	5	2
CTUM	tumida (Bréb.) v. Heurck	4	3
CVEN	ventricosa Kütz.	4	2
DTEN	Denticula tenuis Kütz. var. crassula (Näg.) Hust.	5	3
DHIE	Diatoma hiemale (Lyngb.) Heib. var. mesodon (Ehr.) Grun.	5	3
DVUL	vulgare Bory	5	2
DPRO	vulgare Bory var. productum Grun.	4	2
DOVA	Diploneis ovalis (Hilse) Cleve	5	3
EDIO	Eunotia diodon Ehr.	5	3
EEXI	exigua (Bréb.) Rabenh.	5	3
EFLE	flexuosa (Bréb.) Kütz.	5	3
ELUN	lunaris (Ehr.) Grun.	5	3
EPEC	pectinalis (Dillw.) Rabenh. (et var.)	5	3
EMIN	pectinalis (Dillw.) Rabenh. var. minor (Kütz.) Rabenh.	5	2
EPOL	polydentula Brun	5	3
ETEN	tenella (Grun.) Hust.	5	3
EVEN	veneris (Kütz.) O. Müll.	5	3
FCAP	Fragilaria capucina Desm. (et var.)	5	2
FCON	construens (Ehr.) Grun.	4	2
FPIN	pinnata Ehr.	5	3
FRUM	rumpens (Kütz.) Carlson	4	2
FVAU	vaucheriae (Kütz.) Peters	4	1
FVIR	virescens Ralfs	5	3
FAMP	Frustulia rhomboides (Ehr.) De T. var. amphipleuroides (Grun.) Cleve	5	3
FSAX	rhomboides (Ehr.) De T. var. saxonica (Rabenh.) De T.	5	3
FVUL	vulgaris (Thwaites) De T.	4	2
GABB	Gomphonema abbreviatum (Ag.) Kütz.	3	2
GACU	acuminatum Ehr. (et var.)	4	2
GANG	angustatum (Kütz.) Rabenh. (et var.)	4	2

		i	v
GCON	Gomphonema constrictum Ehr. (et var.)	4	2
GGRA	gracile Ehr.	5	3
GLON	longiceps Ehr. (et var.)	5	3
GOLV	olivaceoides Hust.	5	3
GOLI	olivaceum (Lyngb.) Kütz.	4	2
GPAR	parvulum Kütz. (et var.)	2	1
GATT	Gyrosigma attenuatum (Kütz.) Rabenh.	5	3
GSPE	spenceri (W. Smith) Cleve var. nodiferum Grun.	5	3
HAMP	Hantzschia amphioxys (Ehr.) Grun.	3	1
MITA	Melosira italica (Ehr.) Kütz. (et var.)	3	1
MVAR	varians Ag.	3	1
MCIR	Meridion circulare Ag.	5	3
NACC	Navicula accommoda Hust.	1	1
NCON	contenta Grun.	5	3
NCRY	cryptocephala Kütz.	3	1
NINT	cryptocephala Kütz. var. intermedia Grun.	5	3
NCUS	cuspidata Kütz.	3	1
NAHB	cuspidata Kütz. var. ambigua (Ehr.) Cleve	3	1
NCYC	cocconeiformis Gregory	5	3
NGUT	gothlandica Grun.	3	1
NGRA	gracilis Ehr.	5	3
NEUN	hungarica Grun. var. capitata (Ehr.) Cleve	4	2
NMEN	menisculus Schum.	5	3
NMIN	minuscula Grun.	3	1
NMUT	mutica Kütz. (et var.)	1	1
NPLA	placentula (Ehr.) Grun. (et var.)	5	3
NPUP	pupula Kütz.	3	1
NRAD	radiosa Kütz.	4	2
NRHY	rhynchocephala Kütz.	4	2
NROT	rotasana (Rabenh.) Grun.	5	3
NSUB	subhamulata Grun. (et var.)	5	3
NVIR	viridula Kütz.	4	2
NACI	Nitzschia acicularis W. Smith	3	1
NAMP	amphibia Grun.	2	1
NDIS	dissipata (Kütz.) Grun.	5	3
NFIL	filiformis (W. Smith) Hust.	3	1
NFON	fonticola Grun.	4	2
NINC	inconspicua Grun.	4	2
NLIN	linearis W. Smith	4	2
NPAL	palea (Kütz.) W. Smith	1	1
NPAE	paleacea Grun.	3	1
NREC	recta Hantsch	5	3
NROM	romana Grun.	4	2
NSIG	sigmoidea (Ehr.) W. Smith	5	3
NTRY	tryblionella Hantzsch (et var.)	5	3
PPER	Peronia heribaudii Brun. et Per.	5	3
PBRE	Pinnularia brebissonii (Kütz.) Cleve et var. hybrida (Grun.) Cleve	1	1
PSUB	subcapitata Gregory (et var.)	5	3
RCUR	Rhoicosphenia curvata (Kütz.) Grun.	4	2
SAIG	Surirella angustata Kütz.	3	1
SBIS	biseriata Bréb.	5	3
SLIN	linearis W. Smith	5	3
SOVA	ovata Kütz.	2	1
SPUL	pulchella Kütz. var. lanceolata O'Heara	3	1
SULN	ulna (Nitzsch.) Ehr. (et var.)	2	1
TFLO	Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	5	3

FIG.6 Comportement vis-à-vis de la pollution d'origine organique
(phosphates, nitrites, ammoniacale) et de la saturation en oxygène
des principaux taxons de diatomées observés en Ardenne
(d'après FABRI ET LECLERCQ 1984)

taxons saprophobes et polyoxybiontes					groupe 6
A AUST H	AN SER B	DIA HI M	E TENE	FRU R SA	NI RECT
A LAPI	AN VIT	E EXIG	E TRID P	GO CLEV	P APPE I
A LAPP	CY HAUC	E RHOM	FRA CAP	GO GRAC	SU DELI
A SAXO	CY LUNA	E PECT V	FRU R	NE BIS	SU ROBA
taxons saproxènes et polyoxybiontes					groupe 5
A MINU	E CURV	GO ANG	MER CI C	NE HERC	P MAJO
AMPHO PE	E FLEX	GO LON S	NA ANGU	PE FIBU	P MESOL
AN SER	E PECT	GO OLIV	NA ELC S	P ACRO	P MICR
CY NAVI	E PECT M	GO TRU	NA PUP	P BICE	P STO'RA
CY PERP	E SEPT	HANN A	NA QUAD	P BICE M	STA AN H
DIA ANC	FRA VI	HANT A	NA RAD	P DI'ENS	TAB FLO
DIP OB	FRU WEI	HANT A C	NE AFF	P HILS	
taxons indifférents à faiblement saprophiles, polyoxybiontes					groupe 4
A BIOR	CY MIN	FRU VU	NA LANC	NI P'CEA	STA PH
A LANC	CY SINU	GO ACU	NA MINU	P BORE	STA TH
?A MARG	E DIOD	GO ANG P	NA RHYN	P BREB D	ST'IS TV
A MINU J	E PRAE	GO PARV	NA SAPR	P OBSC	SU ANGU
AMPHO OV	E PRAE B	HANN A A	NA TR PA	P ABAU	SU CEL
CA BACI	E PRAE I	MER CI	NI ACID	P SUBC	SU OVA
CA VEN T	FRA BIC	NA CINC	NI DISS	P SUDE	SU OVA P
CO DISC	FRA RUM	NA COCC	NI GAND	P VIRI	SY ULN
CO PLA E-	FRA VA	NA CRY	NI HOMB	P VIRI C	TAB FEN
CY GIRO	FRA VI E	NA GREG	NI LINE	STA AN	
taxons saprophiles, méso-oxybiontes à polyoxybiontes					groupe 3
CYC MENE	MEL ITA	NA MINI	NI ARCH		
?FRA CO V	NA EXCE	NA PERM			
taxons saprophiles, méso-oxybiontes à oligo-oxybiontes					groupe 2
NA TVYM	NI PALEA				
taxons saprobiontes et polyoxybiontes					groupe 3
DIA TE E	MEL DIS	NI SOCI	ST'US HA		
DIA VUL	NI ROMA	RHOI CUR	SY ACUS		
taxons saprobiontes, méso-oxybiontes à polyoxybiontes					groupe 3
AST FORM	MEL VAR	NA CAP	NI ACIC		
taxons saprobiontes, méso-oxybiontes à oligo-oxybiontes					groupe 2
CO PEDI	NA TRIV	NI PUSI			
taxons saprobiontes et oligo-oxybiontes					groupe 1
NA ACCO	NA FRUG				

A AUST H Achmanthes austriaca var. helvetica
 A BIOR " bioretii
 A LANC D " lanceolata var. dubia
 A LAPI " lapidosa var. lapidosa
 A LAPP " lapponica
 A MARG " marginulata
 A MINU " minutissima var. minutissima
 A MINU J " minutissima var. jackii
 A SAXO " saxonica
 AMPHO OV Amphora ovalis
 AMPHO PE " pediculus
 AN SER Anomoeoneis serians var. serians
 AN SER B " serians var. brachysira
 " f. thermalis
 AN VIT " vitrea f. vitrea
 AST FORM Asterionella formosa
 CA BACI Caloneis bacillum
 CA VEN T " ventricosa var. truncatula
 CO DISC Cocconeis disculus
 CO PEDI " pediculus
 CO PLA E " placentula var. euglypta
 CYC MENE Cyclotella meneghiniana
 CY GIRO Cymbella girodi
 CY HAUC " hauckii
 CY LUNA " lunata
 CY MIN " minuta var. minuta
 CY NAVI " naviculiformis
 CY PERP " perpusilla
 CY SINU " sinuata
 DIA ANC Diatoma anceps
 DIA HI M " hiemale var. mesodon
 DIA TE E " tenue var. elongatum
 DIA VUL " vulgare
 DIP OB Diploneis oblongella var. oblongella
 E CURV Eunotia curvata var. curvata
 E DIOD " diodon
 E EXIG " exigua var. exigua

E FLEX Eunotia flexuosa
 E RHOM " rhomboidea
 E PECT " pectinalis var. pectinalis
 E PECT M " pectinalis var. minor
 E PECT V " pectinalis var. ventricosa
 E PRAE " praerupta var. praerupta
 E PRAE B " praerupta var. bidens
 E PRAE I " praerupta var. inflata
 E SEPT " septantrionalis
 E TENE " tenella
 E TRID P " tridentula var. perminuta
 FRA BIC Fragilaria bicapitata
 FRA CAP " capucina var. lanceolata
 FRA CO V " construens var. venter
 FRA RUM " rumpens
 FRA VA " vaucheriae var. vaucheriae
 FRA VI " virescens var. virescens
 FRA VI E " virescens var. elliptica
 FRU R Frustulia rhomboides var. rhomboides
 FRU R SA " rhomboides var. saxonica
 FRU VU " vulgaris var. vulgaris
 FRU WEI " weinholdii
 GO ACU Gomphonema acuminatum var. acuminatum
 GO ANG " angustatum var. angustatum
 GO ANG P " angustatum var. productum
 GO CLEV " clevei
 GO GRAC " gracile
 GO LON B " longiceps var. subclavatum
 GO OLIV " olivaceoides
 GO PARV " parvulum
 GO TRU " truncatum var. truncatum
 HANN A Hannaea arcus var. arcus
 HANN A A " arcus var. amphioxys
 HANT A Hantzschia amphioxys f. amphioxys
 HANT A C " amphioxys f. capitata
 MEL DIS Melosira distans
 MEL ITA " italica

MEL VAR Melosira varians
 MER CI Meridion circulare var. circulare
 MER CI C " circulare var. constrictum
 NA ACCO Navicula accomoda
 NA ANGU " angusta
 NA CAP " capitata var. capitata
 NA CINC " cincta
 NA COCC " cocconeiformis
 NA CRY " cryptocephala var. cryptocephala
 NA ELG S " elginensis var. subcapitata
 NA EXCE " excelsa
 NA FRUG " frugalis
 NA GREG " gregaria
 NA LANC " lanceolata
 NA MINI " minima
 NA MINU " minuscula
 NA PERM " permittis
 NA PUP " pupula var. pupula
 NA QUAD " quadripunctata
 NA RAD " radiosa var. radiosa
 NA RHYN " rhynchocephala
 NA SAPR " saprophila
 NA TR PA " tridentula var. parallela
 NA TRIV " trivialis
 NA TWYM " twymaniana
 NE AFF Neidium affine var. affine
 NE BIS " bisulcatum var. bisulcatum
 NE HERC " hercynicum
 NI ACIC Nitzschia acicularis
 NI ACID " acidoclinata
 NI ARCH " archibaldii
 NI DISS " dissipata
 NI GAND " gandersheimiensis
 NI HOMB " hamburghensis
 NI LINE " linearis
 NI PALEA " paleacea
 NI P'CEA " paleacea
 NI PUSI " pusilla
 NI RECT " recta

NI ROMA Nitzschia romana
 NI SOCI " sociabilis
 PE FIBU Peronia fibula
 P ACRO Pinnularia acrosphaeria
 P APPE I " appendiculata var. irrorata
 P BICE " biceps f. biceps
 P BICE M " biceps f. minutissima
 P BORE " borealis
 P BREB D " brebissonii var. diminuta
 P DI'ENS " divergens var. divergens
 P HILS " hilseana
 P MAJO " major
 P MESOL " mesolepta
 P MICR " microstauron
 P OBSC " obscura
 P ABAU " abaujensis var. abaujensis
 P STO'RA " stomatophora
 P SUBC " subcapitata
 P SUDE " sudetica
 P VIRI " viridis var. viridis
 P VIRI C " viridis var. commutata
 RHOI CUR Rhoicosphenia abbreviata
 STA AN Stauroneis anceps var. anceps f. anceps
 STA AN H " anceps var. hyalina
 STA PH " phoenicenteron
 " var. phoenicenteron
 STA TH " thermicola f. thermicola
 ST'US HA Stephanodiscus hantzschii
 ST'IS TU Stephanopyxis turris var. cylindrus
 " f. inermis
 SU ANGU Surirella angusta
 SU CEL " celtica var. celtica
 SU DELI " delicatissima
 SU OVA " ovata var. ovata
 SU OVA P " ovata var. pinnata
 SU ROBA " roba
 SY ACUS Synedra acus
 SY ULN " ulna var. ulna
 TAB FEN Tabellaria fenestrata
 TAB FLO " flocculosa

FIG.7. SIGNIFICATION DES ABBREVIATIONS UTILISEES PAR R.FABRI (1984)

FIG.8. LISTE D'ESPECES DIFFERENTIELLES

D'APRES LANGE-BERTALOT 1979

I - ESPÈCES POUVANT SUPPORTER DES CONDITIONS POLYSAPROBES

Amphora veneta Kütz., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun., *Navicula accomoda* Hust., *Navicula atomus* (Naeg.) Grun., *Navicula cloacina* Lange-B. & Bonik., *Navicula (cryptocephala var.) veneta* Kütz., *Navicula frugalis* Hust., *Navicula goepertiana* (Bleisch) Grun., *Navicula minima* Grun., *Navicula permittis* Hust., *Navicula saprophila* Lange-B. & Bonik., *Navicula seminulum* Grun., *Navicula twymaniana* Archib., *Nitzschia communis* Rabenh., *Nitzschia gandersheimiensis* Krasske emend. Lange-B. & Simonsen, *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm., *Nitzschia umbonata* (Ehrenb.) Lange-B. syn. *N. thermalis* (Kütz.) Grun. non (Ehrenb.) Auersw., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenb.

II - ESPÈCES NE SUPPORTANT PAS DE CONDITIONS POLYSAPROBES MAIS POUVANT TOLÉRER DES CONDITIONS ALPHA MESOSAPROBES

(a) *Achnanthes lanceolata* (Bréb.) Grun., *Cymbella ventricosa* Kütz., *Diatoma elongatum* (Lyngbye) Ag., *Fragilaria vaucheriae* (Kütz.) Petersen, *Melosira varians* Ag., *Navicula avenacea* Bréb. ex Grun., *Navicula greguria* Donk., *Navicula halophila* (Grun.) Cleve, *Navicula phyllepta* Kütz., *Nitzschia amphibia* Grun., *Nitzschia filiformis* (W. Sm.) Schütt., *Nitzschia hungarica* Grun., *Nitzschia paleacea* Grun., *Nitzschia supralittorea* Lange-B., *Surirella ovalis* Bréb., *Synedra pulchella* Ralfs ex Kütz.

(b) *Achnanthes hungarica* Grun., *Anomoeoneis sphaerophora* (Kütz.) Pfütz., *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve, *Cymatopleura librile* (Ehrenb.) Pant. syn. *C. solea* (Bréb. ex Kütz.) W. Sm., *Gomphonema pseudoaugur* Lange-B., *Navicula cincta* (Ehrenb.) Kütz., *Navicula cuspidata* Kütz., *Navicula capitata* Ehrenb. syn. *N. hungarica* Grun., *Navicula pupula* Kütz., *Navicula pygmaea* Kütz., *Navicula salinarum* var. (?) *intermedia* (Grun.) Cleve, *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm., *Nitzschia apiculata* (Greg.) Grun., *Nitzschia clausii* Hantzsch, *Nitzschia levidensis* W. Sm., *Nitzschia microcephala* Grun., *Nitzschia sigma* (Kütz.) W. Sm., *Nitzschia tryblionella* Hantzsch, *Synedra acus* Kütz., *Synedra parasitica* (W. Sm.) Hust.

FORMES AUX EXIGENCES ÉCOLOGIQUES MAL CONNUES

Frustulia vulgaris (Thw.) De Toni, *Gomphonema abbreviatum* Ag. sensu Kütz., *Pinnularia microstauron* var. *brébissonii* (Kütz.) Hust., *Stauroneis phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenb., *Synedra fasciculata* (Ag.) Kütz. syn. *S. tabulata* (Ag.) Kütz.

III - ESPÈCES SENSIBLES NE TOLÉRANT PAS LES CONDITIONS PRÉCÉDENTES

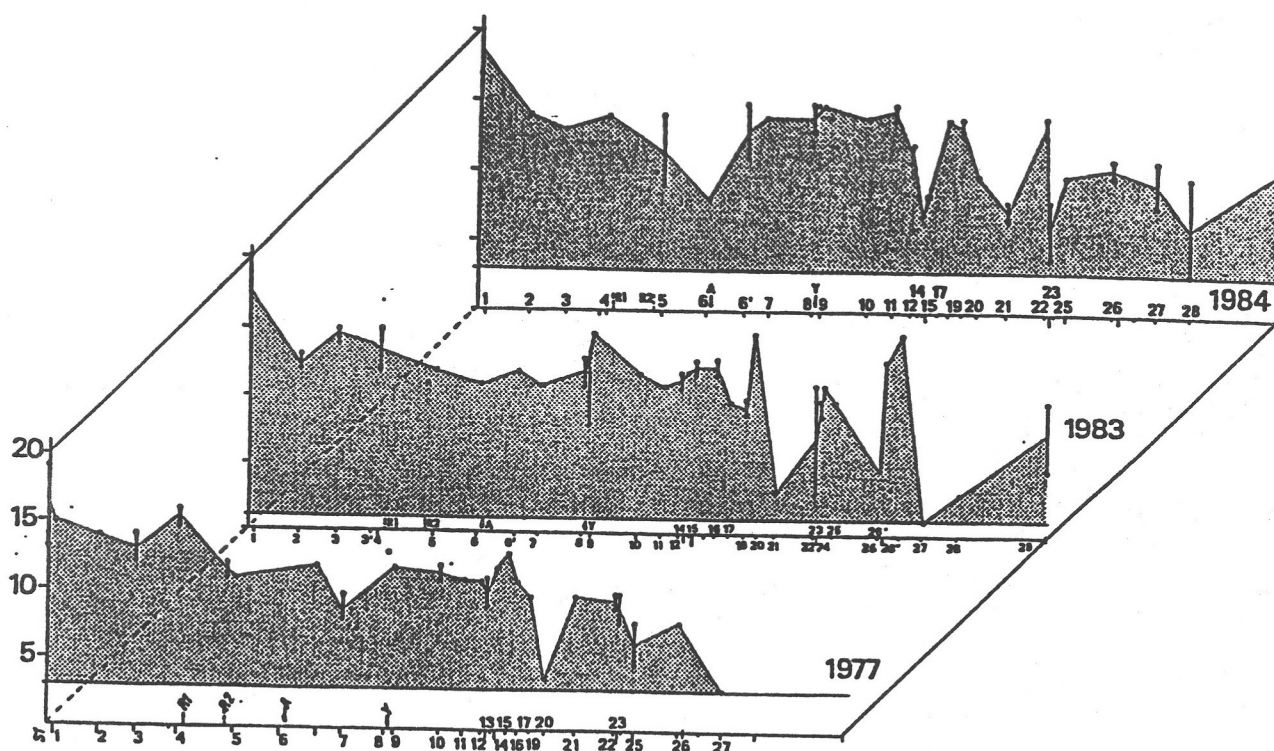
(a) *Achnanthes minutissima* Kütz., *Amphora ovalis* Kütz., *Amphora pediculus* (Kütz.) Grun., *Caloneis bacillum* (Grun.) Mereschk., *Cocconeis pediculus* Ehrenb., *Cocconeis placentula* Ehrenb., *Cymbella helvetica* Kütz., *Cymbella prostrata* (Berk.) Cleve, *Diatoma vulgare* Bory, *Gomphoneis curta* (Hust.) Lange-B., *Gomphoneis olivacea* (Hornemann) Dawson, *Navicula (cryptocephala var.) exilis* Kütz., *Navicula gracilis* Ehrenb. syn. (stated by Patrick but questionable), *N. tripunctata* (O.F. Müller) Bory, *N. gracilis* var. *schizonemoides* V.H., *Nitzschia dissipata* (Kütz.) Grun., *Nitzschia frustulum* Kütz. emend. Lange-B. & Simonsen, *Nitzschia romuna* Grun. emend. Lange-B. & Simonsen, *Rhoicosphenia curvata* (Kütz.) Grun.

(b) *Achnanthes clevei* Grun., *Amphipleura pellucida* Kütz., *Cymbella affinis* Kütz., *Cymbella cistula* (Ehrenb.) Kirchner, *Cymbella sinuata* Greg., *Cymbella tumida* (Bréb.) V.H., *Denticula tenuis* Kütz., *Diploneis oculata* (Bréb.) Cleve, *Fragilaria capucini* Desm., *Fragilaria construens* (Ehrenb.) Grun., *Frustulia rhomboides* (Ehrenb.) De Toni, *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabenh., *Gomphonema augur* Ehrenb., *Gomphonema truncatum* Ehrenb. syn. *G. constrictum* Ehrenb., *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh., *Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Rabenh., *Gyrosigma nodiferum* (Grun.) G. West, *Navicula mutica* Kütz. sensu stricto syn. *N. imbricata* Bock, *Navicula rhynchocephala* Kütz., *Nitzschia denticula* Grun., *Nitzschia heusseriana* Grun., *Nitzschia linearis* W. Sm., *Nitzschia recta* Hantzsch, *Nitzschia sigmoidea* (Ehrenb.) W. Sm., *Nitzschia sinuata* (W. Sm.) Grun., *Nitzschia sociabilis* Hust., *Nitzschia sublinearis* Hust.

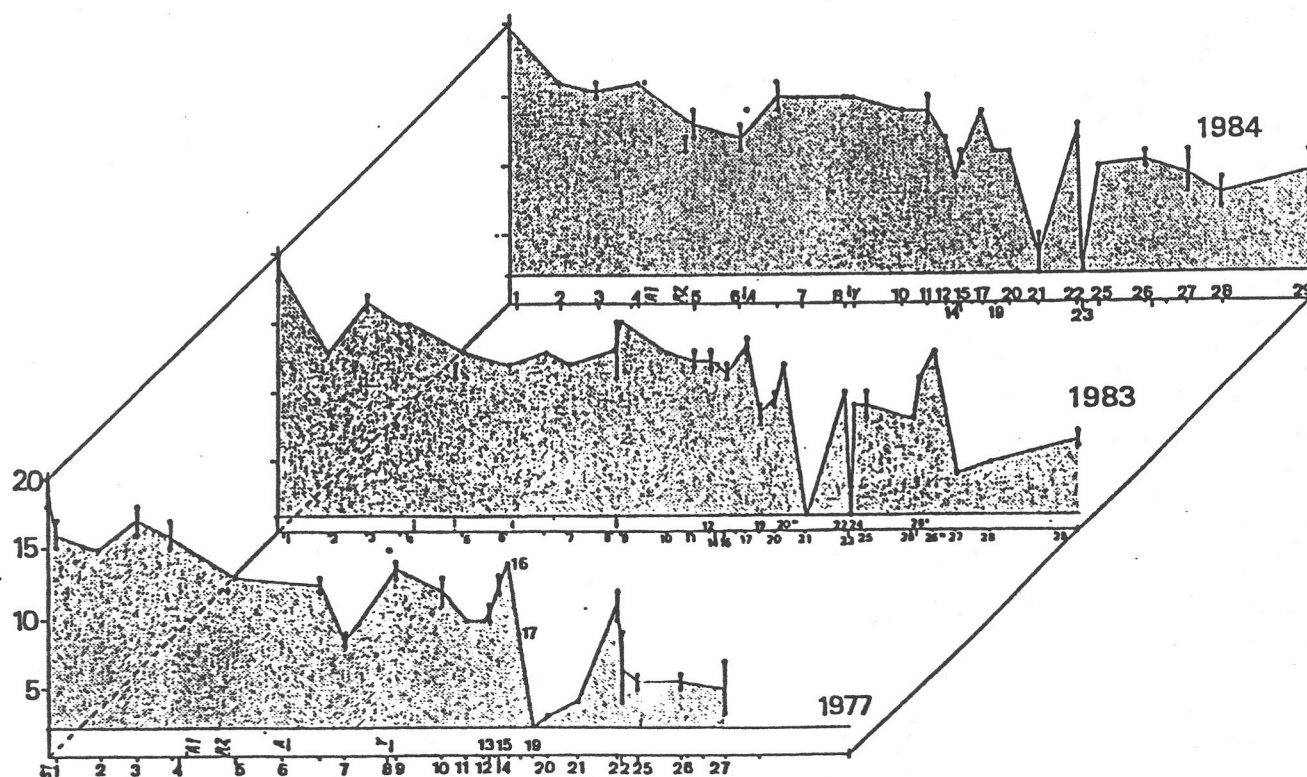
Position somewhat questionable: *Achnanthes exigua* Grun.

FIG.9

DIATOMEES SEINE
RESULTATS DES ESTIMATIONS INDICIELLES
INDICE DIATOMIQUE GENERIQUE (IDG)
(Utilise 41 genres)



DIATOMEES DE LA SEINE
RESULTATS DES ESTIMATIONS INDICIELLES
INDICE DE POLLUO-SENSIBILITE (I.P.S.) DERIVE
DE LA METHODE DESCY (1979)
(Utilise toutes les espèces)



**FIG.10 REPARTITION DES GENRES DE DIATOMEES RECENSEES
SUR LE BASSIN R.M.C. EN CLASSES DE SENSIBILITE
GLOBALE AUX POLLUTIONS**

V	IV	III	II	I
Achnanthes				
Amphipleura				
Anomoeoneis				
Ceratoneis				
Cymbella	Asterionella			
Denticula	Caloneis			
Diploneis	Cocconeis			
Epithemia	Cymatopleura			
Eunotia	Diatoma	Amphora	Amphiprora	
Frustulia	Fragilaria	Cyclotella	Bacillaria	
Meridion	Gomphoneis	Gomphonema	Biddulphia(=Cerataulus)	
Neidium	Gyrosigma	Melosira	Coscinodiscus	
Rhopalodia	Nitz.sect.Dissipatae	Navicula	Simonsenia	
Stauroneis	Pinnularia	Surirella	Stephanodiscus	Hantzschia
Tabellaria	Rhoicosphenia	Synedra	Thalassiosira	Nitzschia

- V Formes sensibles à très sensibles
- IV Formes sensibles à moyennement sensibles
- III Formes à sensibilité moyenne ou indifférentes
- II Formes indifférentes à résistantes
- I Formes très résistantes et saprophytes

Remarque: La section des *Nitzschia dissipatae* (IV) ne renferme que deux à trois espèces aisément reconnaissable par leur carène centrale.

FIG.11 CLASSIFICATION DES STADES TROPHIQUES
(d'après MATHIEU et al.1979)

PARAMETRES	AUTEURS	STADE OLIGOTROPHE	STADE MESOTROPHE	STADE EUTROPHE
BIOMASSE	Vollenweider 1971	$<1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$	$3 - 5 \text{ cm}^3/\text{m}^3$	$10 \text{ cm}^3/\text{m}^3$
PHYTOPLANCTONIQUE (été)	Granberg 1973	$150 - 300 \text{ mg}/\text{m}^3$	—	$1200 - 6000 \text{ mg}/\text{m}^3$
CHLOROPHYLLE A (été)	Sakamoto 1966 Vollenweider 1974 Dillon et al 1975	$0.3 - 2.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ $0.0 - 4.4 \text{ "}$ < 2.0	$1 - 15 \text{ mg}/\text{m}^3$ $4.4 - 8.8 \text{ "}$ $2.0 - 5.5 \text{ "}$	$5 - 140 \text{ mg}/\text{m}^3$ $> 8.8 \text{ "}$ $5.5 - 10.0 \text{ "}$
TRANSPARENCE (Secchi)	Dobson 1974 Dillon et al 1975	$> 6 \text{ mètres}$ $> 5 \text{ "}$	$6 - 3 \text{ mètres}$ $5 - 2 \text{ "}$	$< 3 \text{ mètres}$ $< 2 \text{ mètres}$
PHOSPHORE TOTAL (printemps)	Thomas 1953 Sakamoto 1966 Dillon et al 1975	$<0.005 \text{ mg}/\text{l}$ $0.002 - 0.02 \text{ mg}/\text{l}$ $<0.01 \text{ "}$	$0.005 - 0.01 \text{ mg}/\text{l}$ $0.01 - 0.03 \text{ "}$ $0.01 - 0.02 \text{ "}$	$0.01 - 0.1 \text{ mg}/\text{l}$ $0.01 - 0.09 \text{ "}$ $0.02 - 0.03 \text{ "}$
AZOTE TOTAL (printemps)	Thomas 1953 Sakamoto 1966	$<0.2 \text{ mg}/\text{l}$ $0.02 - 0.2 \text{ "}$	$0.2 - 0.4 \text{ mg}/\text{l}$ $0.1 - 0.7 \text{ "}$	$0.3 - 1.5 \text{ mg}/\text{l}$ $0.5 - 1.3 \text{ "}$

FIG 12. PRINCIPAUX QUOTIENTS D'ASSOCIATION

UTILISÉS POUR L'APPRÉCIATION DU DEGRÉ DE TROPHIE
DES MILIEUX LACUSTRES

QUOTIENTS DE NYGAARD (1949)

$$M = \frac{\text{CYANOPHYCÉES}}{\text{DESMIDIACÉES}}$$

$$E = \frac{\text{EUGLÉNOPHYCÉES}}{\text{CYANOPHYCÉES} + \text{CHLOROCOCCALES}}$$

$$C = \frac{\text{CHLOROCOCCALES (THUNMARK)}}{\text{DESMIDIACÉES}} \quad 1945$$

$$D = \frac{\text{CENTRIQUES}}{\text{PENNATOPHYCIDÉES}}$$

QUOTIENT COMPOSÉ: (COMPOUND INDEX)

$$QC = \frac{\text{CYANOPHYCÉES} + \text{CHLOROCOCCALES} + \text{CENTRIQUES} + \text{EUGLÉNOPHYCÉES}}{\text{DESMIDIACÉES}}$$

Valeurs obtenues par NYGAARD sur les lacs et étangs danois					
	LACS DANOIS				
	M	C	D	E	QC
Lacs oligotrophes en phase de dystrophie	0	0 - 0,3	0 - 0,3	0	0 - 0,3
Lacs oligotrophes en phase d'acidotrophie	0	0 - 0,1	0	0	0 - 0,1
Lacs oligotrophes	0 - 0,1	0 - 0,7	0	0 - 0,2	0,25 - 1,0
Lacs mésotrophes	0,1 - 0,5	0,2 - 0,6	0 - 0,75	0,1 - 1,0	1,1 - 1,2
Lacs légèrement eutrophes	0,8 - 1,0	0,7 - 1,1	0,2 - 1,5	0 - 0,2	2,0 - 2,25
Lacs modérément eutrophes	1,4 - 2,0	1,25 - 1,4	0,6 - 1,7	0	3,5 - 4,4
Lacs eutrophes	1,2 - 3,0	2,1 - 3,5	1,25 - 3,0	0	4,3 - 8,75
	ETANGS DANOIS				
Etangs oligotrophes phase de dystrophie	0 - 0,3	0,1 - 0,3	0	0 - 1,0	0,1 - 0,6
Etangs oligotrophes phase d'acidotrophie	0,1 - 0,3	0,25 - 0,45	0	0 - 0,1	0,4 - 0,8
Etangs acidotrophes	0,1 - 0,5	0,30 - 1,25	0	0	0,55 - 1,75
Etangs mésotrophes	0,1 - 1,7	0,6 - 1,9	0,1 - 0,7	0,1 - 0,4	1,40 - 3,55
Etangs eutrophes	0,5 - 5,0	2,0 - 31,0	0,4 - 6,0	0 - 0,4	4,3 - 43,0

FIG.13 PROPOSITIONS POUR UNE TYPIFICATION DES ETANGS PAR WURTZ (1958)

Groupe I - Etangs Oligotrophes

Ia. Oligotrophe normal sur sable et graviers. Etangs très pauvres.

Ib. Oligotrophe acidogène sur sable ou argile.

Etangs à : *Desmidiées-Diatomées-Chlorococcales-Chrysophycées-Péridiniens*, sans dominante et très peu abondants.

Ic. Oligotrophe acidogène avec formation de tourbe par blocage de la minéralisation en milieu acide.

Etangs à : *Desmidiées et Diatomées Pennales* dominantes.

Groupe II - Etangs Oligo-mésotrophes

IIa. Etangs à *Chrysophycées* dominantes (*Mallomonas-Synura*)

IIb. Etangs à : *Chrysophycées-Diatomées-Péridiniens* et possibilité d'apparition de fleurs d'eau à *Botryococcus braunii*.

Groupe III Etangs faiblement eutrophes

Etangs à : *Péridiniens-Diatomées* dominants

(formation de vase organique, stratification journalière d'O₂).

Groupe IV - Etangs moyennement eutrophes

Etangs à : *Chlorococcales-Diatomées-Péridiniens-Chrysophycées (Dinob.)*
(vase, perte en O₂ et stratification "journalière" accentuées)

Type acide à *Péridiniens-Chrysophycées*

Type alcalin à *Chlorococcales - Diatomées*

Groupe V - Etangs fortement eutrophes

Etangs à : *Chlorococcales - Cyanophycées* (fleurs d'eau à *Anabaena*)

(fortes sursaturations en O₂ en surface-diminution de la diversité).

Groupe VI - Etangs eutrophes-polytrophes

(très fortes sursaturations en O₂ le jour, vases abondantes)

VIa. Etangs à : *Volvocales-Chlorococcales-Cyanophycées (Aphanizomenon)*

VIb. Etangs à : *Eugléniens-Volvocales* dominants.

(étangs les plus productifs mais dangereux car risque d'anaérobiose et prolifération de Bactéries Sulfuraires (*Chromatium*)).

Référence : WURTZ A. (1958, Peut-on concevoir la typification des étangs sur les mêmes bases que celles des lacs ?
Verh. Internat. Ver. Limnol. 13 : 381-393

FIG.14. APPRECIATION DE LA CHARGE ORGANIQUE PAR LES METHODES DE ZELINKA & MARVAN ET PANTLE & BUCK . Application aux diatomées de la Seine. (COSTE 1978)

Stations	1 Source Seine		8 Montereau		21 Conflans		Valeurs lues in SLADECEK (1973)							
Taxons	h	h.g	h	h.g	h	h.g	d	x	o	β	α	p	g	s
<i>Achnanthes linearis</i>	18.7	56.1	9.3	18.6			x-o	6	4				3	0.40
<i>Achnanthes minutissima</i>	27.6	55.2					o-b	1	4	5	+		2	1.45
<i>Cyclotella kuetzingiana</i>			17.6				b			+				2.00
<i>Cymbella affinis</i>	8.3	24.9					o-b		4	6			3	1.60
<i>Navicula capitatoradiata</i>			8.3	33.2			b		+	7	3		4	2.30
<i>Navicula gracilis</i>			8.3	16.6			b-o		4	5	1		2	1.65
<i>Navicula mutica</i>					30.1		?	+			?			
<i>Navicula pupula</i>					5.6	22.4	b			8	2		4	2.20
<i>Nitzschia dissipata</i>	8.0	24.0	6.4	19.2			o-b		5	5			3	1.50
<i>Nitzschia palea</i>			7.6	22.8	33.7	101.1	a			3	6	1	3	2.75
Σ h.g.		160.2		110.4		123.5								

RESULTATS :	ZELINKA & MARVAN 1961					SLADECEK 1973
	xeno	oligo	beta	alpha	polys.	S
Station 1 (source Seine)	2.45	4.15	3.4			1.16
Station 8 (Montereau)	0.17	2.14	5.19	2.29	0.21	1.95
Station 21 (Conflans)			3.91	5.27	0.82	2.67

S: 0 - 0.5 : xénosaprobie (pollution nulle)
0.5 - 1.5 : oligosaprobie (pollution faible)
1.5 - 2.5 : β -mésosaprobie (pollution moyenne)
2.5 - 3.5 : α -mésosaprobie (pollution forte)
3.5 - 4.5 : polysaprobie (pollution très forte)

L'utilisation de la méthode de ZELINKA et MARVAN (1961) classe les groupements d'espèces comme:

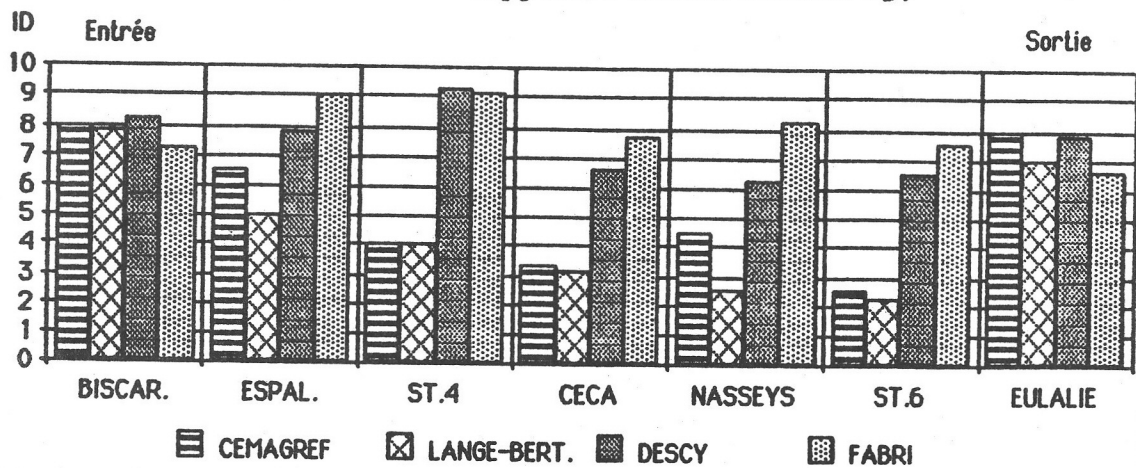
- oligosaprobies pour la station 1
- bêta - mésosaprobies pour la station 8
- alpha - mésosaprobies pour la station 21

L'application de la formule de PANTLE & BUCK (1955) aboutit à des résultats identiques.

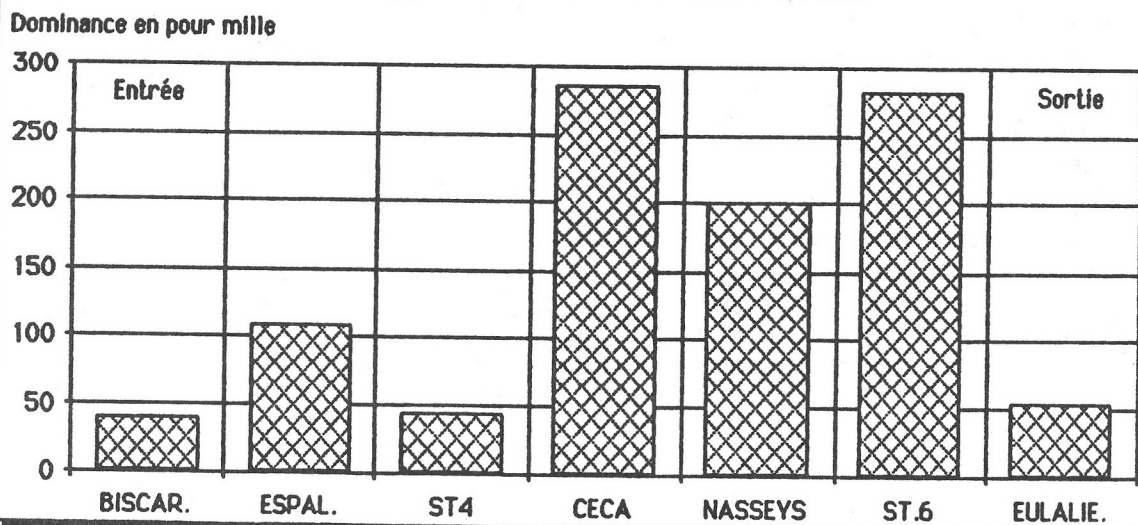
Tableau n°15: CODIFICATION DES PRELEVEMENTS DE DIATOMÉES

Colonne 1 : Type de prélèvement	Colonne 3: Indications diverses
0/ Indéterminé 1/ Epilithon 2/ Epipsammon 3/ Epipelon 4/ Epimicrophyton 5/ Epimacrophyton 6/ Périphyton naturel(sens large) 7/ Périphyton artificiel 8/ Plancton 9/ Zoophyton A/ Diatomées fossiles (carottages) B/ Composite(plusieurs supports)	0/ R.A.S. 1/ Zone battue par les vagues(z.b.v.) 2/ Parois d'écluse exondée 3/ Paroi d'écluse inondée 4/ Zone intertidale exondée 5/ Zone intertidale inondée 6/ Suintements 7/ Milieux temporaires 8/ Crue:zone récemment inondée 9/ Décrue:zone récemment exondée A/ Bouées,flotteurs,embarcations B/ Piles de pont C/ Crêtes de barrage,déversoirs,seuils D/ sur animaux aquatiques E/ contenus stomacaux ou intestinaux F/ carottages G/ tourbières H/ Zones ombragées(ex.s/c.forestier) I/ Aval barrage ou écluse zone exondée J/ " " zone récemment inondée K/ Zone soumise à un marnage (sans précision)
Colonne 2: Nature du substrat	Colonne 4 : Faciès
0/ Indéterminé 1/ Blocs ou pierres 2/ Galets 3/ Sables et graviers 4/ Vase ou sédiment 5/ Terre ,marne,argile,mollasse 6/ Béton 7/ Brique,tuile ou ardoise 8/ Polysthyrene,plastiques,PVC 9/ Verre A/ Métal B/ Caoutchouc (ex.pneu) C/ Tissus,cordages D/ Bois morts E/ Hydrophytes submergés F/ Hydrophytes émergés ou flottants G/ Helophytes H/ Algues filamenteuses I/ Mousses J/ Macrophytes ou algues (non précisé) K/ Pierres + algues L/ Pierres + béton M/ Pierres + bois mort N/ Pierres + macrophytes O/ Pierres + mousses P/ Pierres + mousses+ algues Q/ Pierres + sédiments R/ Végétaux + sédiment S/ Amas d'algues flottantes T/ Animaux aquatiques U/ Composite(tous supports)	0/ Indéterminé ou non précisé 1/ Lotique 2/ semi-lotique 3/ semi-lentique 4/ lentique 5/ lotique+lentique 6/ Lotique + semi lotique 7/ Lotique + semi lentique 8/ Lentique + semi lotique 9/ Lentique + semi lentique A/ Semi lotique + semi lentique B/ marée montante C/ marée descendante D/ Etal E/ Aucun courant(pas d'écoulement)

**FIG.16. VARIABILITE DES ESTIMATIONS INDICIELLES
EN MILIEU ACIDE
(Diatomées - Apports Parentis Octobre 85)**



**FIG.17. ABONDANCE DES DIATOMEES POLLUO-RESISTANTES
(Apports Parentis - Octobre 1985)**



A N N E X E. 1

**Liste des espèces et des valeurs proposées
par SLADECEK (1984)**

VALENCES SAPROBIALES, ET VALEUR INDICATRICES UTILISEES

PAR ZELINKA ET MARVAN ET PANTLE ET BUCK ET SLADECEK (Revision Sladeczek 1984)

x=xenosaprobe o=oligosaprobe b=beta-mesosaprobe a=alpha-meso. l=indice saprobique
s =valence saprobiale

xobapi s	
AAMP64000304	Achnanthes amphicephala Hust.
ACLE05500315	Achnanthes clevei Grunow
ACOA91000501	Achnanthes coarctata Brebisson
AEXG05500315	Achnanthes exigua Grunow
AFLE91000501	Achnanthes flexella (Kutzing)Brun
AHUN00550325	Achnanthes hungarica Grunow
ALAN43210109	Achnanthes lanceolata(Brebisson)Grunow
ALPP73000403	Achnanthes lapponica Hustedt
ALIN64000304	Achnanthes linearis (W.Sm.)Grunow
ALCU14410115	Achnanthes linearis (W.Sm.)Grun.fo.curta H.L.Smith
AMIN34300210	Achnanthes minutissima Kutzing
APYR64000304	Achnanthes pyrenalca Hustedt
APEL07300413	Amphipleura pellucida Kutzing
ACRE05500315	Amphiprora crenata Bailey
AORN05500315	Amphiprora ornata Bailey
AMOR91000501	Amphora normanii Rabenhorst
AOVA23320115	Amphora ovalis Kutzing
AOR044600316	Amphora ovalis Kutzing var.gracilis (Ehr.) cleve
APED15310114	Amphora pediculus Kutzing
AVEN00550325	Amphora veneta Kutzing
ANEX46000306	Anomoeoneis exilis(Kutz.)Cleve
ASER82000402	Anomoeoneis serians (Breb.)Cleve
ASPH00370427	Anomoeoneis sphaerophora(Kutz.)Pfitzer
AVIT46000306	Anomoeoneis vitrea (Grun.)Ross
AFOR06400314	Asterionella formosa Hassall
AGRA08200412	Asterionella gracillima(Hantzsch.)Heiberg
AZAC06400314	Attheya zachariasii Brun
BPAR02800418	Bacillaria paradoxa Gmelin
BPAX02800418	Bacillaria paxillifer(Muller)Hendey
CAMP01540223	Caloneis amphisbaena(Bory)Cleve
CBAC35200209	Caloneis bacillum(Grunow)Cleve
CALI25200209	Caloneis limosa (Kutz.)Patrick
CAVE24310113	Caloneis ventricosa(Ehr.,Donkin)Meister
CNRC10000500	Campylodiscus noricus Ehr.
CREI05500315	Centronella reicheltii Voigt
CARC73000403	Ceratoneis arcus Ehr.(=HARC)
CAAM46000306	Ceratoneis arcus Ehr.var.amphioxys (Rabenhorst)Brun(=HAAM)
CDIM43210101	Cocconeis diminuta Pantocsek
CDMI55000305	Cocconeis disculus var.minor
CPED04510217	Cocconeis pediculus Ehrenberg
CPLA34210110	Cocconeis placentula Ehrenberg
CPLI06400314	Cocconeis placentula Ehrenberg var.lineata(Ehr.)Van Heurck
CBOD55000305	Cyclotella bodanica Eulenstein
CCMS55000305	Cyclotella comensis Grunow
CCOM26200310	Cyclotella comta(Ehr.)Kutzing
CKUT05500315	Cyclotella kuetzingiana Thwaites
CMEN00460326	Cyclotella meneghiniana Kutzing
COCE24310112	Cyclotella ocellata Pantocsek
COPE07300413	Cyclotella operculata (Agardh)Kutzing
CPST02530221	Cyclotella pseudostelligera Hustedt
CSTE04600316	Cyclotella stelligera(Cleve & Grun)Van Heurck
CELL04510217	Cymatopleura elliptica (Brebisson)W.Smith
CED102800418	Cymatopleura elliptica (Brebisson)W.Smith v.discoidea Wislouch & Kolbe
CEND04510217	Cymatopleura elliptica (Brebisson)W.Smith v.nobilis(Hantzsch.)Hustedt
CYLA00550325	Cymatopleura librile (Ehr.)Pantocsek var.apiculata(Ralfs)Descy
CYLI01540223	Cymatopleura librile(Ehr.)Pantocsek
CAFF25300211	Cymbella affinis Kutzing
CAPH15400213	Cymbella amphicephala Naegeli
CCES91000501	Cymbella cesatii (Rabh.)Grunow
CCIS24400212	Cymbella cistula(Hemprich)Kirchner

CEHR05500315 *Cymbella ehrenbergii* Kutzing
 CGRA73000403 *Cymbella gracilis*(Ehr.)Kutzing
 CHEL54100206 *Cymbella helvetica* Kutzing
 CLAN05500315 *Cymbella lanceolata*(Ehr.)Van Heurck
 CMIC27100409 *Cymbella microcephala* Grunow
 CMIN24310112 *Cymbella minuta* Hilse ex Rabenhorst
 CNAV36100308 *Cymbella naviculiformis* Averswald
 CYOB37000407 *Cymbella obtusa* Grunow
 CPAR24400212 *Cymbella parva*(W.Sm.)Wolle
 CPR012610117 *Cymbella prostrata*(Berkeley)Grunow
 CSIN05500315 *Cymbella sinuata* Gregory
 CTUM02440222 *Cymbella tumida*(Brebisson)Van Heurck.
 CVEN24310112 *Cymbella ventricosa* Agardh
 DELE82000402 *Denticula elegans* Kutzing
 DTEN73000403 *Denticula tenuis* Kutzing
 DTCR73000403 *Denticula tenuis* Kutzing var.*crassula*(Naegeli)Hustedt
 DANC46000306 *Diatoma anceps*(Ehr.)Kirchner
 DHIE10000500 *Diatoma hiemale*(Lyngbye)Heiberg
 DHME82000402 *Diatoma hiemale*(Lyngbye)Heiberg var.*mesodon*(Ehr.)Fricke
 DITE05500315 *Diatoma tenue* Agardh
 DVUL02440222 *Diatoma vulgare* Bory
 DVBR45100207 *Diatoma vulgare* Bory var.*grande*(W.Sm.)Grun.
 DGE110000500 *Didymosphenia geminata*(Lyngbye)W.M.Schmidt
 DELL17200311 *Diploneis elliptica*(Kutzing)Cleve
 DOBL16300312 *Diploneis oblongella*(Naegeli ex Kutzing)Cleve
 DDCU05500315 *Diploneis oculata*(Brebisson)Cleve
 DDOB16300312 *Diploneis ovalis*(Hilse)Cleve var.*oblongella*(Naegeli)Cleve
 EARG18100410 *Epithemia argus*(Ehrenberg)Kutzing
 ESOR06400314 *Epithemia sorex* Kutzing
 ETUR06400314 *Epithemia turgida*(Ehr.)Kutzing
 EZSA06400314 *Epithemia zebra*(Ehrenberg)Kutzing var.*saxonica*(Kutzing)Grunow
 EALP45100207 *Eunotia alpina*(Naegeli)Hustedt
 EARC45100207 *Eunotia arcus* Ehrenberg
 EBIG91000501 *Eunotia biggiba* Kutzing
 ECUR54100205 *Eunotia curvata*(Kutzing)Lagerstedt
 EDIO82000402 *Eunotia diodon* Ehrenberg
 EEX164000304 *Eunotia exigua*(Breb.)Rabenhorst
 EFLE36100308 *Eunotia flexuosa*(Brebisson)Kutzing
 EGLA46000306 *Eunotia glacialis* Meister
 EHEX55000305 *Eunotia hexaglyphis* Ehrenberg(=EPLG)
 EINCS5000305 *Eunotia inclsa* Gregory
 EMON55000305 *Eunotia monodon* Ehrenberg
 EN4645100207 *Eunotia naegelii* Migula
 EPAR55000305 *Eunotia parallela* Ehrenberg
 EPEC82000402 *Eunotia pectinalis*(Kutzing)Rabenhorst
 EPMI55000305 *Eunotia pectinalis*(Kutzing)Rabenhorst var.*minor*(Kutz.)Rabenhorst
 EPLG55000305 *Eunotia polyglyphis* Grunow
 EPRA64000304 *Eunotia praerupta* Ehrenberg
 ERH055000305 *Eunotia rhomboidea* Hustedt
 EROB64000304 *Eunotia robusta* Ralfs(=ESER)
 ERTE46000306 *Eunotia robusta* Ralfs var.*tetraodon*(Ehr.)Ralfs (=ESD1)
 ESER64000304 *Eunotia serra* Ehrenberg
 ESD146000306 *Eunotia serra* Ehr.var.*diadema* (Ehr.) Patrick
 ESUD73000403 *Eunotia sudetica* O.Muller
 ETEN55000305 *Eunotia tenella*(Grunow)Hustedt
 ETRD55000305 *Eunotia tridentula* Ehr.
 ETRI01000510 *Eunotia triodon* Ehr.
 EVAL55000305 *Eunotia valida* Hustedt
 FBIC17200311 *Fragilaria bicapitata* Mayer
 FCAP05500315 *Fragilaria capucina* Desmazieres
 FCVA13420117 *Fragilaria capucina* Desmazieres var.*vaucheriae*(Kutzing)Lange-Bertalot
 FCON16300311 *Fragilaria construens*(Ehr.)Grunow
 FCR014500214 *Fragilaria crotonensis* Klifton
 FLEP05500315 *Fragilaria leptostauron*(Ehr.)Hustedt
 FPIN06400314 *Fragilaria pinnata* Ehrenberg
 FVAU13420117 *Fragilaria vaucheriae* Boye-Petersen (=FCVA)
 FVIR82000402 *Fragilaria virescens* Ralfs
 FRH064000304 *Frustulia rhomboides*(Ehr.)De Toni
 FVUL13420117 *Frustulia vulgaris*(Thwaites)De Toni
 GCUR06400314 *Gomphonella curta*(Hustedt)Lange-Bertalot(=GMIN)
 GOLC00730423 *Gomphonella olivacea*(Horn.)Dawson ex Ross & Sims var.*calcareo*(Cl.)V.Heurck
 GOL103430220 *Gomphonella olivacea*(Hornemann)Dawson ex Ross & Sims

NMUR34300210 *Navicula muralis* Grunow
 NMUT24400212 *Navicula mutica* Kutzing
 NOBL05500315 *Navicula oblonga* Kutzing
 NPER00262330 *Navicula permitis* Hustedt
 NPPV02440222 *Navicula perparva* Hustedt (=NSBM)
 NPEP91000501 *Navicula perpusilla* Grunow (NGAL)
 NPLA02710319 *Navicula placentula* (Ehr.) Kutzing
 NPSL03700417 *Navicula pseudolanceolata* Lange-Bertalot
 NPUP03520219 *Navicula pupula* Kutzing
 NPYG00370427 *Navicula pygmaea* Kutzing
 NRAD05500315 *Navicula radiosa* Kutzing
 NRTE54100206 *Navicula radiosa* Kutzing var. *tenella* (Brebisson) Cleve & Moller
 NRHY00370427 *Navicula rhynchocephala* Kutzing
 NRHA01630322 *Navicula rhynchocephala* Kutzing var. *amphiceros* (Kutz.) Grunow
 NRHE07300413 *Navicula rhynchocephala* Kutzing var. *elongata* Grunow
 NROS02620320 *Navicula rostellata* Kutzing
 NROT64000304 *Navicula rotaena* (Rabenhorst) Grunow
 NSHR17200411 *Navicula schroeteri* Meister
 NSEM24400212 *Navicula seminulum* Grunow
 NSBH14410115 *Navicula subhamulata* Grunow
 NSBM00262330 *Navicula subminuscula* Manguin
 NSUB28000408 *Navicula subtilissima* Cleve
 NTAN18100410 *Navicula tantula* Hustedt
 NTNL16300312 *Navicula tenella* sensu Grun non Brebisson
 NTPT08200412 *Navicula tripunctata* (O.F.M.) Bory
 NTUS05500315 *Navicula tuscula* Ehrenberg
 NTWY00550325 *Navicula twymanniana* Archibald
 NVEN00172431 *Navicula veneta* Kutzing
 NVIR00550325 *Navicula viridula* (Kutzing) Ehrenberg
 NEAF18100410 *Neidium affine* (Ehrenberg) Pfitzer
 NBIS28000408 *Neidium bisulcatum* (Lagerstedt) Cleve
 NEDU04510217 *Neidium dubium* (Ehrenberg) Cleve
 NEIR16300312 *Neidium iridis* (Ehr.) Cleve
 NEPR05500315 *Neidium productum* (W.M. Smith) Cleve
 NACI00370427 *Nitzschia acicularis* (Kutzing) W.M. Smith
 NAMP13420118 *Nitzschia amphibia* Grunow
 NJAN00190529 *Nitzschia angustata* Grunow
 NAPI00190529 *Nitzschia apiculata* (Gregory) Grunow
 NBRE05500315 *Nitzschia brevissima* Grunow
 NCLA00550325 *Nitzschia clausii* Hantzsch
 NCOM02800418 *Nitzschia communis* Hantzsch
 NDEN05500315 *Nitzschia denticula* Grunow
 NDIS16300312 *Nitzschia dissipata* (Kutzing) Grunow
 NDUB00550325 *Nitzschia dubia* W.M. Smith
 NFIL00550325 *Nitzschia filiformis* (W.M. Smith) Van Heurck
 NFON34300210 *Nitzschia fonticola* Grunow (=NROM)
 NIFR *Nitzschia frustulum* (Kutzing) Grunow
 NIFT00640324 *Nitzschia fruticosa* Hustedt
 NGAN00550325 *Nitzschia gandersheimiensis* Krasske
 NIGR04600316 *Nitzschia gracilis* Hantzsch
 NHAN55000305 *Nitzschia hantzschiana* Rabenhorst
 NHEU46000306 *Nitzschia heufleriana* Grunow
 NZHO00820422 *Nitzschia holsatica* Hustedt
 NIHU01270326 *Nitzschia hungarica* Grunow
 NINC16300312 *Nitzschia inconspicua* Grunow
 NINT00460326 *Nitzschia intermedia* Hantzsch ex Cleve & Grunow
 NLIN24310113 *Nitzschia linearis* (Agardh) W.M. Smith
 NILP00640324 *Nitzschia longissima* (Brebisson) Grunow fo. *parva* Grunow
 NMIC16300312 *Nitzschia microcephala* Grunow
 NIPA05500315 *Nitzschia parvula* Lewis (=NBRE)
 NPAL01351126 *Nitzschia palea* (Kutzing) W.M. Smith
 NPAE23320315 *Nitzschia paleacea* Grunow
 NIPM02800418 *Nitzschia perminuta* (Grun.) Peragallo (=NIFR)
 NZPV00550325 *Nitzschia perpusilla* Rabenhorst
 NREC05500315 *Nitzschia recta* Hantzsch ex Rabenhorst
 NROM15400213 *Nitzschia romana* Grunow
 NSIG00550325 *Nitzschia sigma* (Kutzing) W.M. Smith
 NSI000550325 *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch.) W.M. Smith
 NSIN15400213 *Nitzschia sinuata* (Thwaites) Grunow
 NSOC05500315 *Nitzschia sociabilis* Hustedt
 NSTG00262330 *Nitzschia stagnorum* (Rabenhorst) Grunow
 NSTG00262330 *Nitzschia stagnorum* (Rabh.) Grunow (=NUMB)

GAC00082 0422 Gomphonema acuminatum Ehrenberg var. coronata (Ehr.) W. Smith
 GACU03700417 Gomphonema acuminatum Ehrenberg
 GAFF25300213 Gomphonema affine Kutzing
 GANG27100309 Gomphonema angustatum (Kutzing) Rabenhorst
 GAPR00460326 Gomphonema angustatum (Kutzing) Rabenhorst var. producta Grunow
 GAUG03700417 Gomphonema augur Ehrenberg
 GAGA0190051 Gomphonema augur Ehrenberg var. gautleri Van Heurck
 GCLE73000403 Gomphonema clevei Fricke
 GDIC17200313 Gomphonema dichotomum Kutzing
 GGRA25300213 Gomphonema gracile Ehrenberg
 GIPU17200313 Gomphonema intricatum Kutzing var. pumila Grunow (=GDIC)
 GLAN25300213 Gomphonema lanceolatum Ehr.
 GMIN06400314 Gomphonema minutum C.A. Agardh
 GMON64000304 Gomphonema montanum Schumann
 GPAR12331127 Gomphonema parvulum Kutzing
 GSCL35200202 Gomphonema subclavata Grun.
 GTER01630322 Gomphonema tergestinum (Grunow) Fricke
 GTRU03610318 Gomphonema truncatum Ehr.
 GVEN73000403 Gomphonema ventricosum Gregory
 GYAC01630322 Gyrosigma acuminatum (Kutzing) Rabenhorst
 GYAT01630322 Gyrosigma attenuatum (Kutz.) Cleve
 GNOD03700417 Gyrosigma nodiferum (Grunow) Cleve
 GSCA01630322 Gyrosigma scalproides (Rabenhorst) Cleve
 HARC73000403 Hannaea (Ceratoneis) arcus (Ehr.) Patrick
 HAAM46000306 Hannaea arcus Ehr. var. amphioxys (Rabenhorst) Brun
 HAMP01450224 Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow
 MAMB05500315 Melosira ambigua (Grunow) O. Muller
 MARE91000502 Melosira arenaria Moore
 MBIN00100520 Melosira binderana Kutzing
 MDEN91000507 Melosira dendroteres (Ehr.) Ross
 MDIS54100205 Melosira distans (Ehr.) Kutzing
 MDAL55000305 Melosira distans (Ehr.) Kutzing var. alpigena Grunow
 MGAN02800418 Melosira granulata (Ehrenberg) Ralfs var. angustissima O. Muller
 MGRA02800418 Melosira granulata (Ehrenberg) Ralfs
 MIHE15400213 Melosira islandica O. Muller subsp. helvetica O. Muller
 MITA05500315 Melosira italica (Ehrenberg) Kutzing
 MITE03610318 Melosira italica (Ehrenberg) Kutzing var. tenuissima (Grun.) O. Muller
 MRDE91000507 Melosira roeseana Rabh. var. dendroteres (Ehr.) Grunow (=MDEN)
 MVAR13510117 Melosira varians Agardh
 MCIR36100308 Meridion circulare (Greville) Agardh
 NAC000073433 Navicula accomoda Hustedt
 NAT002530221 Navicula atomus Hustedt
 NAVE03430220 Navicula avenacea Breb. (=NLAN)
 NBAC05500315 Navicula bacillum Ehrenberg
 NCAP00640324 Navicula capitata Ehrenberg
 NCHU00550320 Navicula capitata Ehrenberg var. hungarica (Grunow) Ross
 NCPR02710319 Navicula capitatoradiata Germain
 NCIN00460326 Navicula cincta (Ehrenberg) Ralfs
 NCL000163332 Navicula cloacina Lange-Bertalot & Bonik (=NMMU)
 NCOF13420118 Navicula confervacea (Kutzing) Grunow
 NCRY01450224 Navicula cryptocephala Kutzing
 NCUS00550325 Navicula cuspidata Kutzing
 NCAM00730423 Navicula cuspidata Kutzing var. ambigua (Ehr.) Cleve
 NDEC07300423 Navicula decussis Oestrup
 NDIC06400314 Navicula dicephala Ehrenberg
 NEXG06400314 Navicula exigua (Gregory) Grunow
 NFES18100410 Navicula festiva Krasske
 NFRU00262330 Navicula frugalis Hustedt (=NSBM)
 NGAL91000501 Navicula gallica (W.M. Smith) Lagerstedt
 NGAS05500315 Navicula gastrum (Ehr.) Kutzing
 NGOE00262330 Navicula goeppertiana (Bleisch) Grunow
 NGRA04510217 Navicula gracilis Ehrenberg (=NTPT)
 NGRE00550325 Navicula gregaria Donkin
 NHAL00262330 Navicula halophila (Grunow) Cleve
 NJMB05500315 Navicula imbricata Bock
 NLAN03430220 Navicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg
 NMUP06400314 Navicula menisculus Schuman var. upsaliensis Grunow
 NMEN02530221 Navicula menisculus Schumann
 NMJN03610318 Navicula minima Grunow
 NMIS26200310 Navicula minuscula Grunow
 NMMU00163332 Navicula minuscula Grunow var. muralis (Grunow) Lange-Bertalot

NTMH00271429 Nitzschia thermalis(Ehrenberg)Auerswald (=NUMB)
 NTRY01450224 Nitzschia tryblionella Hantzsch
 NVER02620320 Nitzschia vermicularis(Kutzing)Hantzsch
 OMAR05500315 Opephora martyi Heribaud
 PAPP03331121 Pinnularia appendiculata(Agardh)Cleve
 PBIC18100410 Pinnularia biceps Gregory
 PBOR64000304 Pinnularia borealis Ehrenberg
 PBRE13420118 Pinnularia brebissonii (Kutz.) Rabenhorst
 PCAR26200310 Pinnularia cardinalis (Ehr.)W.Smith
 PDIV18100410 Pinnularia divergens W.M.Smith
 PGIB73000403 Pinnularia gibba Ehrenberg
 PGRAB2000402 Pinnularia gracillima Gregory
 PLEG26200310 Pinnularia legumen Ehr.
 PMAJ34300210 Pinnularia major(Kutzing)Rabenhorst
 PMES35200209 Pinnularia mesolepta(Ehrenberg)W.M.Smith
 PMIC45100207 Pinnularia microstauron(Ehrenberg)Cleve
 PMOL Pinnularia molaris(Grunow) Cleve
 PNOB17200311 Pinnularia nobilis Ehrenberg
 PNIN08200412 Pinnularia nobilis Ehr.fo.intermedia Dippel
 PSCA54100206 Pinnularia subcapitata Gregory
 PSHI54100206 Pinnularia subcapitata Gregory var.hilseana (Janisch) O.Muller
 PVIR24310113 Pinnularia viridis(Nitzsch)Ehrenberg
 PVSU73000403 Pinnularia viridis(Nitzsch)Ehrenberg var.sudetica(Hilse) Hustedt
 RLON08200412 Rhizosolenia longiseta Zacharias
 RCUR03610318 Rhoicosphenia curvata(Kutzing)Grunow
 RGIB64000314 Rhopalodia gibba(Ehrenberg,Kutz.)O.Muller
 STAC18100410 Stauroneis acuta W.M.Smith
 STAN15400213 Stauroneis anceps Ehrenberg
 STKR35200209 Stauroneis Kriegeri Patrick
 SPHO15400213 Stauroneis phoenicenteron(Nitzsch)Ehrenberg
 SSMI03700417 Stauroneis smithii Grunow
 SINT18100410 Stenopterobia intermedia (Lewis) Van Heurck
 SDUB04420222 Stephanodiscus dubius(Fricke)Hustedt
 SHAN00370427 Stephanodiscus hantzschii Grunow
 SROT05500315 Stephanodiscus rotula (Kutz.) Hendey (=STPA)
 SANG03510217 Surirella angustata Kutzing
 SBIF05500315 Surirella bifrons Ehr.
 SUCA02620320 Surirella capronii Breb.&OOKitton
 SDEL55000305 Surirella delicatissima Lewis
 SELE15400213 Surirella elegans Ehrenberg
 SLIN05500315 Surirella linearis W.M.Smith
 SLHE Surirella linearis W.M.Smith var.helvetica(Brun)Meister
 STNE45100207 Surirella nervosa(Schmidt)Mayer
 SOVA05410216 Surirella ovata Brebisson
 SOCR03520219 Surirella ovata Kutz.var.crumena (Breb.ex.Kutz.)Hustedt
 SRSP04510217 Surirella robusta Ehrenberg var.splendida(Ehr.)Van Heurck
 SSP182000402 Surirella spiralis Kutzing
 SSPL045100217 Surirella splendida (Ehr.) Kutz. (=SRSP)
 STNR03520219 Surirella tenera Gregory
 STNV45100207 Surirella tenera Gregory var.nervosa A.Schmidt (=STNE)
 STUR05500315 Surirella turgida W.M.Smith
 SACU03610318 Synedra acus Kutzing
 SAAN05500315 Synedra acus Kutzing var.angustissima Grunow
 SAMA73000403 Synedra amphicephala Kutzing var.austriaca(Grunow) Hustedt
 SBER01720320 Synedra berlinensis Lemmermann
 SCAP05500315 Synedra capitata Ehrenberg
 SFSC00640324 Synedra fasciculata (Ag.)Kutzing(=STAB)
 SMIN06400314 Synedra minuscula Grunow
 SPAR00640324 Synedra parasitica(W.Smith)Hustedt
 SPUL01450224 Synedra pulchella(Ralfs ex Kutzing)Kutzing
 SRUM14410115 Synedra rumpens Kutzing(=FCAP)
 SUB101900519 Synedra ulna (Nitzsch.)Ehr. var.biceps(Kutz.)Schoenfeldt
 SUDA03700417 Synedra ulna (Nitzsch.)Ehr.var.danica(Kutzing)Grunow
 SULN12430119 Synedra ulna(Nitzsch)Ehr.
 TFEN55000305 Tabellaria fenestrata(Lyngbye)Kutzing
 TFIN06400314 Tabellaria fenestrata (Lyngbye) Kutz. var.intermedia Grunow
 TFL046000306 Tabellaria flocculosa(Roth)Kutzing
 TLAC64000304 Tetracyclus lacustris Ralfs
 TRUP10000500 Tetracyclus rupestris(Braun ex Rabenhorst)Grunow
 TFLU00820422 Thalassiosira fluvialis Hustedt (=TWE1)
 TWE100820422 Thalassiosira weissfloggli(Grunow)Fryxell &Hasle

A N N E X E 2

METHODE DES INDICES DIATOMIQUES

CEMAGREF 1984

MODE D'UTILISATION

METHODE CEMAGREF (1984)

TECHNIQUES D'ETUDE

1/ Echantillonnage

1.1 Quantitatif

Substrats naturels:

Divers appareillages ont été proposés par PATRICK (1963) DOUGLAS (1968), DESCY (1975), SAUNDERS et EATON 1976 etc... La plupart sont adaptés à la prospection de l'épilithon (pierres) dont on sait qu'il n'est pas partout présent ou accessible.

Ce type d'échantillonnage n'est pas préconisé ici en raison de la grande hétérogénéité de distribution des biomasses très sensibles aux turbulences.

Substrats artificiels:

Cette méthode a été utilisée par le CEMAGREF essentiellement sur la Seine en vue de mettre en évidence les effets du réchauffement des eaux par les centrales E.D.F. Des films plastiques, des lames verre et du PVC ont été utilisés. Cette technique permet d'opérer dans des conditions d'échantillonnage normalisées. La composition des communautés de Diatomées ainsi récoltées après une période d'immersion suffisante (3 semaines) varie relativement peu avec celle des substrats durs placés dans des conditions d'exposition identique. Elle impose néanmoins un certain nombre de contraintes:

- surveillance très astreignante même sur des sites protégés afin d'éviter toute détérioration: crues, indécrotabilité des curieux, colmatage par des objets dérivant, algues filamenteuses, macrophytes, sacs plastiques etc...
- nécessité d'un double passage pour installer et relever les substrats avec des durées d'immersion variables avec la saison (d'une semaine en été à 1 mois en hiver).

1.2 Qualitatif

Par extension seront considérés comme "naturels" tous les substrats présents dans le milieu y compris les plus "artificiels" par opposition à ceux placés intentionnellement en vue de la récolte des Diatomées.

Pour des raisons pratiques et chaque fois que l'aire prospectée est étendue les substrats naturels dominants sont échantillonnés de préférence par raclage ou expression de végétaux. **Il n'existe pas de protocole universel** mais simplement des **recommandations** visant à établir une **hiérarchisation** des substrats à prospecter.

Schématiquement la gamme des estimations à l'aide des Diatomées peut varier sensiblement sur une même station. De sévère à partir des échantillons de sédiments (vases), elle peut devenir optimiste dans un courant très rapide.

Les appréciations qui paraissent le plus en accord avec la qualité des eaux sont obtenues à l'aide de supports flottants (en pleine eau) et dans la zone photique.

La distinction entre les substrats de différente nature doit être codifiée et notée.

En principe tous les substrats dominants peuvent être échantillonnés sans discrimination à l'exception du sédiment. L'épilithon héberge en effet des formes souvent saprophytes et cette caractéristique est intégrée par la méthode ce qui entraîne des estimations plus pessimistes dès lors que ce support est prospecté. Pour la même raison il faut également éviter les zones d'accumulation sur certains substrats horizontaux et choisir de préférence des substrats solides et verticaux (afin d'éviter des sédimentations excessives)

Dans les milieux canalisés, en l'absence de berges accessibles (effondrées), et de tout substrat rocheux l'échantillonnage peut être réalisé sur des plantes immergées ou sur des supports flottants lorsqu'ils existent.

Les macrophytes aquatiques vivants ne sont pris en compte qu'en l'absence de substrats durs. L'échantillonnage est alors effectué par expression ou passage d'un filet à nanoplancton (maille inférieure à 30 μ) dans l'herbier. L'épiphyton renferme bien souvent des espèces spécialisées (*Cocconeis*, *Rhoicosphenia* ou *Achnanthes hungarica* sur les lentilles) mais les macrophytes intègrent eux aussi les variations liées à la qualité de l'eau.

A l'aval des barrages ou dans toute zone soumise à des marnages fréquents et importants l'échantillonnage sur support flottant permet de faire abstraction des variations de niveau (l'estimation est alors plus corrélée à la qualité de l'eau).

L'échantillonnage doit être évité durant les crues ou pendant la quinzaine de jours qui suivent afin de permettre une recolonisation des supports (sauf si des flotteurs sont utilisés)

Enfin il convient d'éviter la proximité immédiate d'égoûts ou de rejets lorsqu'on veut obtenir une estimation globale.

En résumé, le protocole suivant qui établit des priorités d'échantillonnage a été adopté:

1/ Substrat fixé à un support flottant

immergé dans la zone photique (au centre du cours d'eau).

Cette condition "idéale" est rarement rencontrée.

2/ Substrat dominant.

(dans les deux faciès dominants: habituellement lentique et lotique).

Substrat dur et stable (face verticale) de préférence.

Effectuer plusieurs racleurs sur des substrats identiques répartis au hasard (aire totale voisine de 10 cm².)

Effectuer un échantillonnage dans les deux faciès dominants ou deux récoltes dans le même faciès s'il est seul présent.

C'est le cas le plus fréquemment rencontré.

3/ Macrophytes en l'absence des conditions 1 et 2.

Dans les deux faciès dominants, l'expression porte généralement sur un volume de macrophytes voisin d'un dm³.

4/ Sédiment.

A défaut de tout autre substrat présent, les diatomées sont prélevées en surface à l'aide d'une pipette.

Un minimum de deux échantillons par station est donc réalisé chacun d'entre pouvant être constitué par plusieurs sous-échantillons (5 au maximum en pratique).

Chaque échantillon doit porter un certain nombre de mentions indispensables aux interprétations ultérieures: date, site, nature du substrat ou du prélèvement (racleur, expression) et faciès.

La fixation (formol 4%) doit être réalisée sur le terrain de préférence.

2/ PREPARATION ET COMPTAGE

Si la station est polluée (présence de bactéries ou de "queues de mouton") ou si le prélèvement a été réalisé en faciès lentique une observation microscopique préalable sur du matériel fixé est nécessaire afin de distinguer les valves vides des valves vivantes.

Une partie aliquote de l'échantillon est ensuite nettoyée à l'eau oxygénée concentrée (110 ou 130 volumes) en chauffant doucement pendant 30 mn environ. le matériel est ensuite rincé abondamment avant d'être monté entre lame et lamelle dans un milieu réfringent (Naphrax IR:1,74).

Un comptage portant sur 400 individus au moins (si la richesse de la préparation le permet) au fort grossissement (10x50 ou 10x100) permet de dresser un inventaire rapide et succinct.

3/ CALCUL DES INDICES

Il est préférable mais non indispensable d'exprimer les résultats en pour mille.

A défaut de traitement informatisé il faut repérer les espèces figurant dans l'inventaire et en faire la somme dans chaque groupe et sous groupe représenté comme dans l'exemple suivant:

Résultat d'un inventaire réalisé sur l'Ardèche 10.07.84.

	Effectif	%	Groupes ou sous-groupes
ALAN Achnanthes lanceolata	2	5	
ALIN Achnanthes linearis	1	2	G1
AMIN Achnanthes minutissima	38	91	G1
APED Amphora pediculus	1	2	G3
CAFF Cymbella affinis	1	2	SG2
CARC Ceratoneis (Hannaea) arcus	1	2	G1
CMEN Cyclotella meneghiniana	1	2	
CPLA Cocconeis placentula	4	10	
CSIN Cymbella sinuata	6	14	G2
CVEN Cymbella ventricosa	41	98	G2

GDIC Gomphonema dichotomum	1	2	G1
GPAR Gomphonema parvulum	24	58	G4
MVAR Melosira varians	3	7	G3
NAMP Nitzschia amphibia	16	38	G5
NBAC Navicula bacillum	1	2	
NEXG Navicula exigua	4	10	SG3
NFRU Navicula frugalis	16	38	G4
NGRE Navicula gregaria	1	2	G3
NHAN Nitzschia hantzschiana	2	5	SG1
NINO Navicula ignota	7	17	SG4
NMEN Navicula menisculus	1	2	SG3
NPAE Nitzschia paleacea	24	58	G4
NPAL Nitzschia palea	85	204	G5
NPUP Navicula pupula	22	53	SG5
NROM Nitzschia romana	101	242	G2
NPMI Navicula perminuta	3	7	SG3
NTAN Navicula tantula	3	7	G3
NUMB Nitzschia umbonata	1	2	G5

Sous-groupes	totaux	cumulés	Groupes:	Totaux:	Cumulés
SG1-5	5	5	G1-2+91+2+2-	97	97
SG2-2	2	7	G2-14+98+242-	354	451
SG3-10+2+7	19	26	G3-2+7+2+7-	18	469
SG4-17	17	43	G4-58+38+58-	154	623
SG5-53	53	96	G5-38+204+2-	244	867
Total S.G.:	96		TOTAL GROUPES	867	
Médiane	48		Médiane	433.5	

SGM = 5 GM=2 Indice diatomique = 5

(Ces calculs sont aisément programmables sur calculette, microordinateurs ou autres)

Les groupes et sous groupes médians sont simultanément dominants mais ce n'est pas toujours le cas un groupe ou sous-groupe peu représenté peut être médian.

Il faut remarquer la faible représentation des sous-groupes par rapport aux groupes. Lorsque le total des sous-groupes est inférieur à 1% (10 pour mille) le calcul suivant est effectué de préférence:

$$ID = 12 - 2 \times GM \quad (\text{où } GM \text{ est le groupe médian}).$$

Cette méthode rend compte de manière plus significative des superpositions de peuplements dues à des conditions changeantes.

GRILLE D'INDICES DIATOMIQUES (CEMAGREF 1984)

SOUS-GROUPES	GROUPES:	1	2	3	4	5
		AEXI ALIN APUS AMIN CAAM CARC GINT GDIC MCCO MCIA	CPED CSIN CUEN DUUL FBID FCAP FCON GOLI NDIS NAOM	APED NUAR NEXI NGRE NLAN NMIS ACUR NTAN NMIN SOUA	AVEN GPAR NACI NAPI NATO NFRU NIHU NPAE NINC NTWY	NAMP NACO NCOM NGAN NINT NPAL NSEM NSMO NUMB NUEN
SG1	ABIO CHEL CSLE DANC DHME DTCR GOLD NACD NHAN NTRI	10	9	8	7	6
SG2	ACLE CAFF CCIS CLAN CMIC CPRO GYAC NRRD NSTL NSBL	9	8	7	6	5
SG3	CCAE GCUR GNOD GYAT NEXG NGRA NMEN NREC NSOC NPMI	8	7	6	5	4
SG4	CNAU CTUM NINO NCOH NCPA NROS SANG NTEN NHEU SIDE	7	6	5	4	3
SG5	DITE DTEL NCIN NFIL NGOE PBRE NPUP NSHR NUIR SPUL	6	5	4	3	2
SG6	GABB NAMC NCRE NHAL NIPU NMUT NPHY NSIG NTRU STAB	5	4	3	2	1

LISTE DES ABBREVIATIONS UTILISEES DANS LA GRILLE ET DES PRINCIPAUX SYNONYMES

ABIO	Achnanthes bioretii Germain
ACLE	Achnanthes clevei Grunow
AEXI	Achnanthes exilis Kuetzing
AHUN	Achnanthes hungarica Grunow
ALIN	Achnanthes linearis (W.Sm.)Grunow = A.minutissima selon Lange-Bertalot
AMIN	Achnanthes minutissima Kuetzing
APED	Amphora pediculus Kuetzing
APUS	Achnanthes pusilla (Grun.) De Toni (=A.linearis var.pusilla)
AVEN	Amphora veneta Kuetzing
CAFF	Cymbella affinis Kuetzing
CARC	Ceratoneis (Hannaea) arcus Ehrenberg
CCAE	Cymbella caespitosa (Kuet.) Brun
CCIS	Cymbella cistula (Hemprich) Kirchner
CHEL	Cymbella helvetica Kuetzing
CLAN	Cymbella lanceolata (Ehr.) Van Heurck
CMIC	Cymbella microcephala Grunow
CMIN	Cymbella minuta Hilse ex Rabh.(=C.ventricosa Ag.)
CNAV	Cymbella naviculiformis Auerswald
CPED	Cocconeis pediculus Ehrenberg
CPRO	Cymbella prostrata (Berkeley) Grunow
CSIN	Cymbella sinuata Gregory
CSLE	Cymbella silesiaca Bleisch ex Rabh.
CTUM	Cymbella tumida (Breb.) Van Heurck
CVEN	Cymbella minuta Hilse ex Rabh.(=C.ventricosa Ag.)
DANC	Diatoma anceps (Ehr.) Kirchner
DHME	Diatoma hiemale var.mesodon (Ehr.) Fricke
DITE	Diatoma tenue Agardh (=D.elongatum var.tenuis)
DTCR	Denticula tenuis Ktz.var.crassula (Naeg.)Hustedt
DTCL	Diatoma tenue Ag.var.elongatum Lyngbve (=D.elongatum)
DVUL	Diatoma vulgare Bory
FBID	Fragilaria bidens Heiberg
FCAP	Fragilaria capucina Desmazieres
FCME	Fragilaria capucina var.mesolepta Rabh.
FCON	Fragilaria construens (Ehr.)Grunow
FCVA	Fragilaria capucina var.vaucheriae (Kutz.) Lange-Bertalot
FPIN	Fragilaria pinnata Ehr.
GABB	Gomphonema abbreviatum Agardh
GCUR	Gomphonema curta(Hust.)Lange-Bert. =Gomphonema minutum Ag.
GDIC	Gomphonema dichotomum Kuetzing (=G.intricatum var.pumilum)
GINI	Gomphonema intricatum Kuetzing
GNOD	Gyrosigma nodiferum (Grunow) Cleve
GOLD	Gomphonema olivaceoides (Hustedt) Carter
GOLI	Gomphonema olivacea (Hornemann) Dawson ex Ross et Sims =Gomphonema olivacea
GPAP	Gomphonema parvulum Kuetzing
GYAC	Gyrosigma acuminatum (Kuetzing) Rabh.
GYAT	Gyrosigma attenuatum (Kuetz.)Cleve
MCCO	Meridion circulare var.constricta (Ralfs) Van Heurck
MCIR	Meridion circulare (Greville) Agardh
MVAR	Melosira varians Agardh
NACD	Nitzschia acidoclinata Lange-Bertalot
NACI	Nitzschia acicularis (Kuetz.) W.M.Smith
NACO	Navicula accomoda hustedt
NAEX	Navicula atomus Hustedt var. excelsa (Krasske) Lange-Bertalot (=N.excelsa)
NALE	Nitzschia alexandrina (Cholnoky) Lange-Bertalot
NAMC	Nitzschia amplexans Hustedt
NAMP	Nitzschia amphibia Grunow
NAPE	Navicula atomus Hustedt var.permitis (Hustedt) Lange-Bertalot (=N.permitis)
NAPI	Nitzschia apiculata (Gregory) Grunow

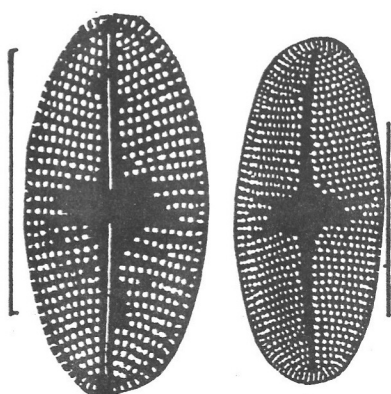
NATO *Navicula atomus* Hustedt
 NCIN *Navicula cincta* (Ehr.) Ralfs
 NCLA *Nitzschia clausii* Hantzsch
 NCOH *Navicula cohnii* (Hilse) Grunow
 NCPR *Navicula capitatoradiata* Germain
 NCRE *Navicula cari* Ehr.var.recens Lange-Bert.
 NCTE *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot (=N.radiosa var.tenella)
 NDEC *Navicula decussis* Ostrup
 NDIS *Nitzschia dissipata* (Kuetz.) Grunow
 NEXG *Navicula exigua* (Gregory) Grunow
 NEXI *Navicula exilis* Kuetzing
 NFIL *Nitzschia filiformis* (W.M.Smith) Van Heurck
 NFRU *Navicula subminuscule* Manguin (=N.frugalis Hustedt)
 NGAN *Nitzschia gandersheimiensis* Krasske
 NGAT *Nitzschia gandersheimiensis* Krasske fo.tenuirostris Lange-Bertalot
 NGOE *Navicula goeppertiana* (Bleisch) Grunow
 NGRA *Navicula gracilis* Ehr.(=N.tripunctata(OFM) Bory)
 NGRE *Navicula gregaria* Donkin
 NHAL *Navicula halophila* (Grunow) Cleve
 NHAN *Nitzschia hantzschiana* Rabh.
 NHEU *Nitzschia heufleriana* Grunow
 NIFR *Nitzschia frustulum* (Kutz.)Grunow
 NIHU *Nitzschia hungarica* Grunow
 NINA *Navicula ignota* Krasske var.acceptata (Hust.) Lange-Bertalot
 NINC *Nitzschia inconspicua* Grunow =N.frustulum
 NINO *Navicula ignota* Krasske
 NINT *Nitzschia intermedia* Hantzsch ex.Cleve et Grunow
 NIPU *Nitzschia pusilla* (Kuetz.) Grunow
 NLAN *Navicula lanceolata* (Ag.)Ehr.(=N.avenacea)
 NMAR *Navicula margalithii* Lange-Bertalot (=N.gracilis)
 NMEN *Navicula menisculus* Schumann
 NMIN *Navicula minima* Grunow
 NMIS *Navicula minuscula* Grunow
 NMUT *Navicula mutica* Kuetzing
 NNEO *Navicula neoventricosa* Hustedt
 NPAE *Nitzschia paleacea* Grunow
 NPAL *Nitzschia palea* (Kuetz.)W.Smith
 NPHY *Navicula phyllepta* Kuetzing
 NPMI *Navicula perminuta* Grunow
 NPUP *Navicula pupula* Kuetzing
 NRAD *Navicula radiosa* Kuetzing
 NREC *Nitzschia recta* Hantzsch.ex Rabh.
 NRGR *Navicula reinhardtii* Grun.var.gracilior Grunow =NRGR
 NROM *Nitzschia romana* Grunow
 NROS *Navicula rostellata* Kuetzing = N.viridula var.rostellata
 NRTE *Navicula radiosa* var.tenella (Breb.) Cleve et Moller =NCTE
 NSBL *Nitzschia sublinearis* Hustedt
 NSEM *Navicula seminulum* Grunow
 NSHR *Navicula schroeteri* Meister
 NSIG *Nitzschia sigma* (Kuetz.) W.M.Smith
 NSMO *Navicula submolesta* Hustedt
 NSOC *Nitzschia sociabilis* Hustedt
 NSOR *Navicula soehrensensis* Krasske
 NSTL *Navicula striolata* Lange-Bertalot (=N.reinhardtii var.gracilior)
 NTAN *Navicula tantula* Hustedt (=variété possible de N.minima selon L.B.)
 NTEN *Navicula tenelloides* Hustedt
 NTRI *Navicula tridentula* Krasske
 NTRV *Navicula trivialis* Lange-Bertalot

NTWY *Navicula twymanniana* Archibald
 NUMB *Nitzschia umbonata* (Ehr.) Lange-Bertalot
 NVEN *Navicula veneta* Kuetzing
 NVIR *Navicula viridula* (Kuetz.) Ehr.
 PBRE *Pinnularia brebissonii* (Kuetz.) Rabh.
 RCUR *Rhoicosphenia curvata* (Kuetz.) Grunow
 SANG *Surirella angustata* Kuetzing
 SIDE *Simonsenia delognei* Lange-Bertalot
 SOPI *Surirella ovata* var. *pinnata* (W. Smith) Van Heurck
 SOVA *Surirella ovata* Brebisson
 SPUL *Synedra pulchella* (Ralfs) Kuetzing *Fragilaria pulchella* selon Lange-B.
 SRUM *Synedra rumpens* Kuetzing = *Fragilaria capucina* selon Lange-Bertalot
 SULN *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr. *Fragilaria ulna* selon Lange-Bertalot
 STAB *Synedra tabulata* (Agardh) Kuetzing = *Fragilaria tabulata* cf. Lange-B.

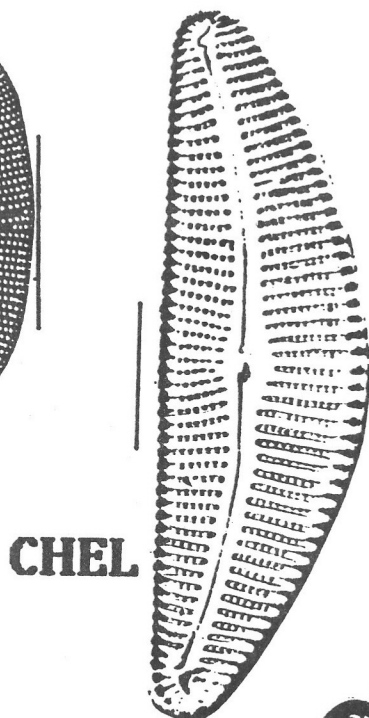
PLANCHES

**Les dessins des planches proviennent de divers ouvrages taxonomiques connus: Patrick et Reimer (1966-1975), Hustedt 1930-1966, Germain (1981), Fabri et Leclercq (1984) et Krammer et Lange-Bertalot (1985).
Les électromicrographies ont été réalisées au centre de microscopie électronique de l'Université de Bordeaux I.
Le trait placé à côté de chaque dessin représente 10 microns.**

SOUS - GROUPE 1



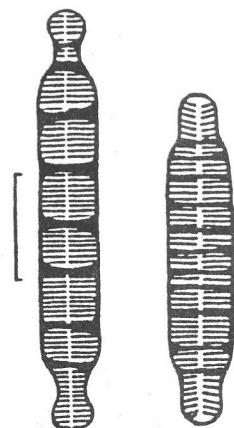
ABIO



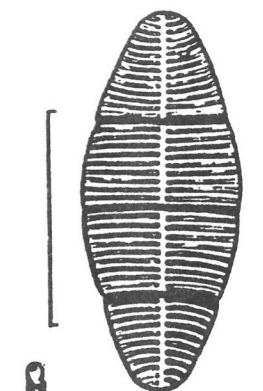
CHEL



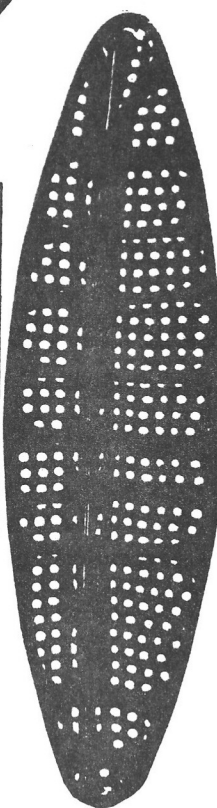
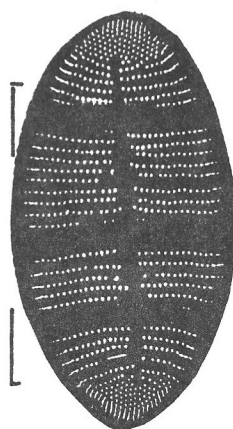
CSLE



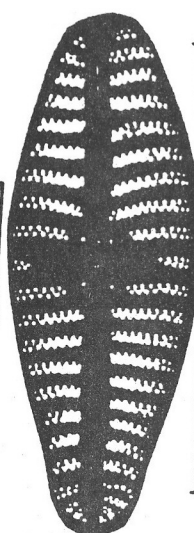
DANC



DHME



DTCH



GOLD



NACD



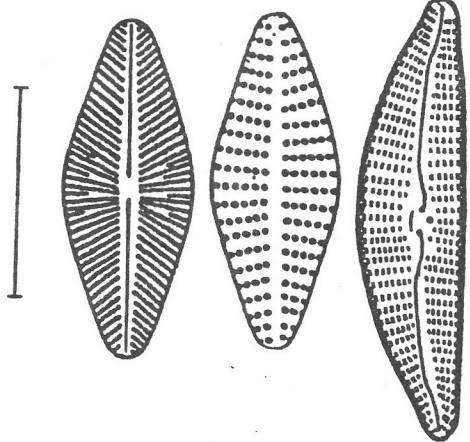
NHAN



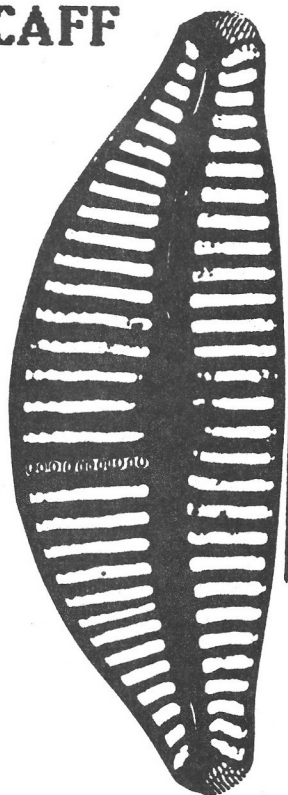
NTRI

SOUS - GROUPE 2

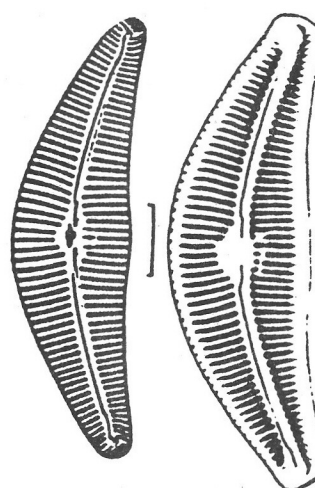
ACLE



CAFF



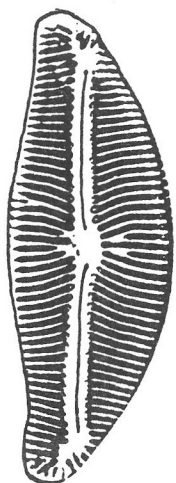
CCIS



CMIC



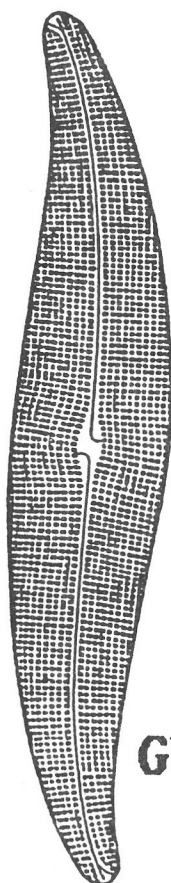
CPRO



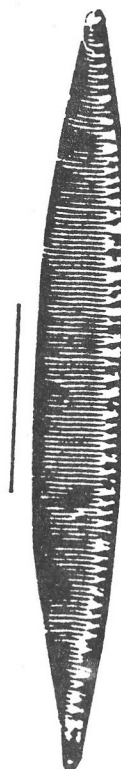
CLAN



GYAC

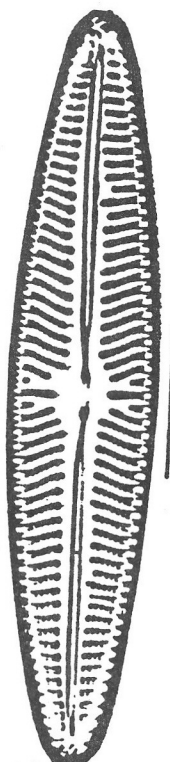
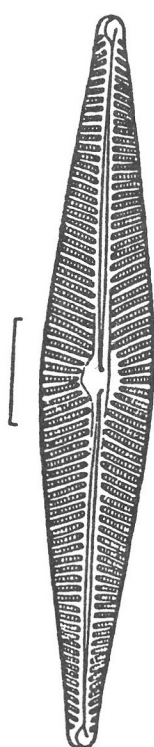


NSBL



NRAD

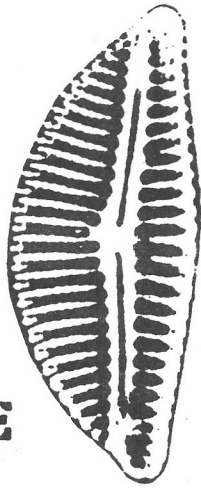
NSTL



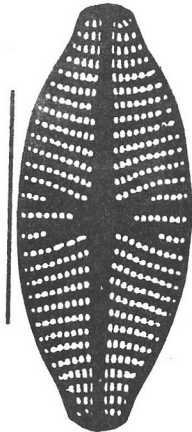
SOUS - GROUPE 3



CCAЕ



GCUR



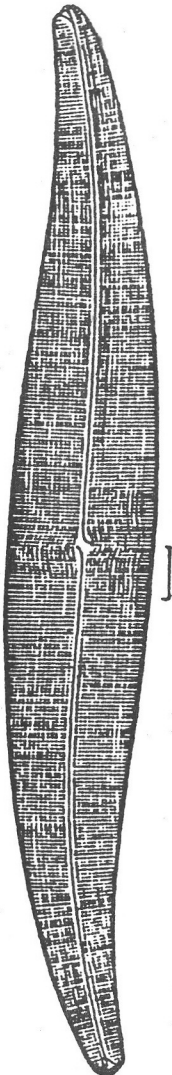
NEXG



NGRA



GNOD



GYAT



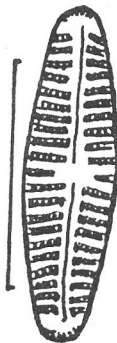
NMEN



NSOC

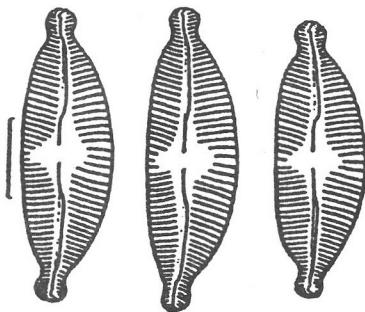


NREC

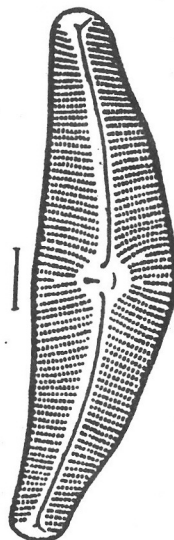
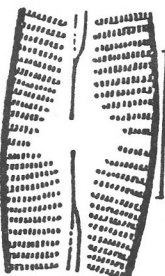


NPMI

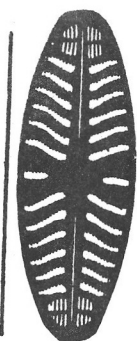
SOUS - GROUPE 4



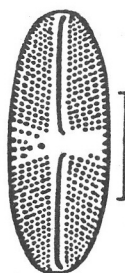
CNAV



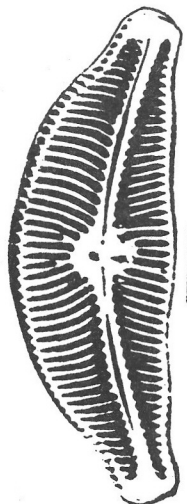
CTUM



NINO



NCOH



NHEU



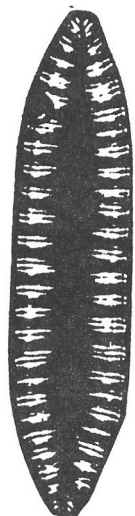
NCPR



NR0S



SANG

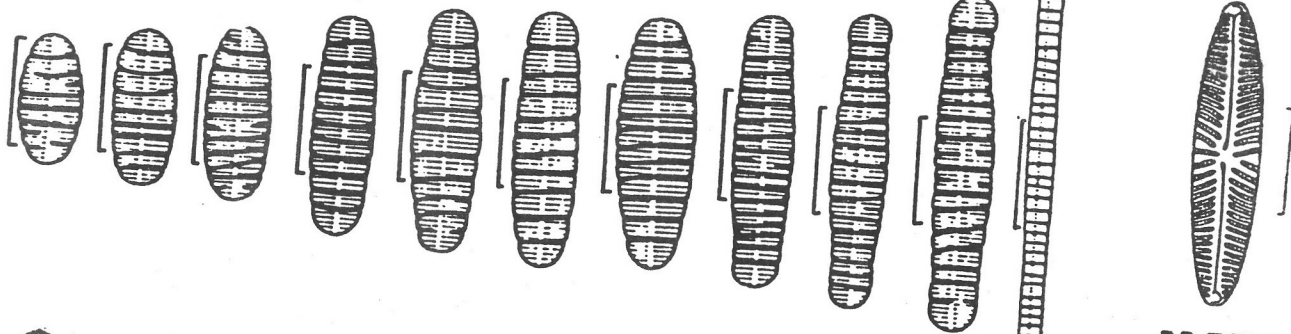


NTEN SIDE



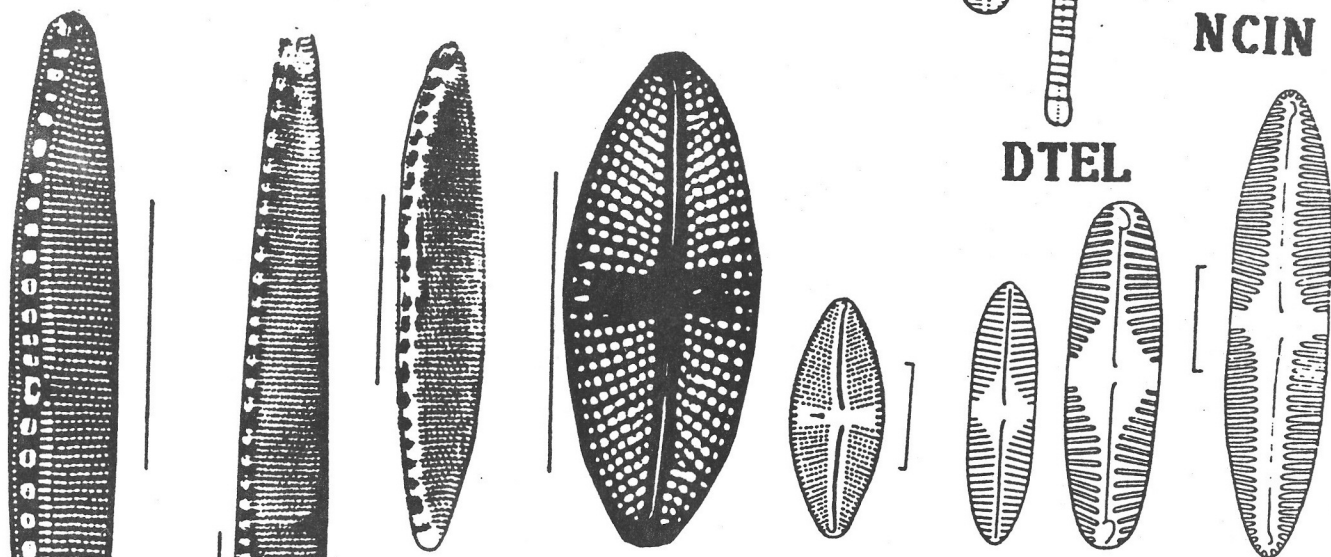
SOUS - GROUPE 5

DITE



NCIN

DTEL



NGOE

PBRE

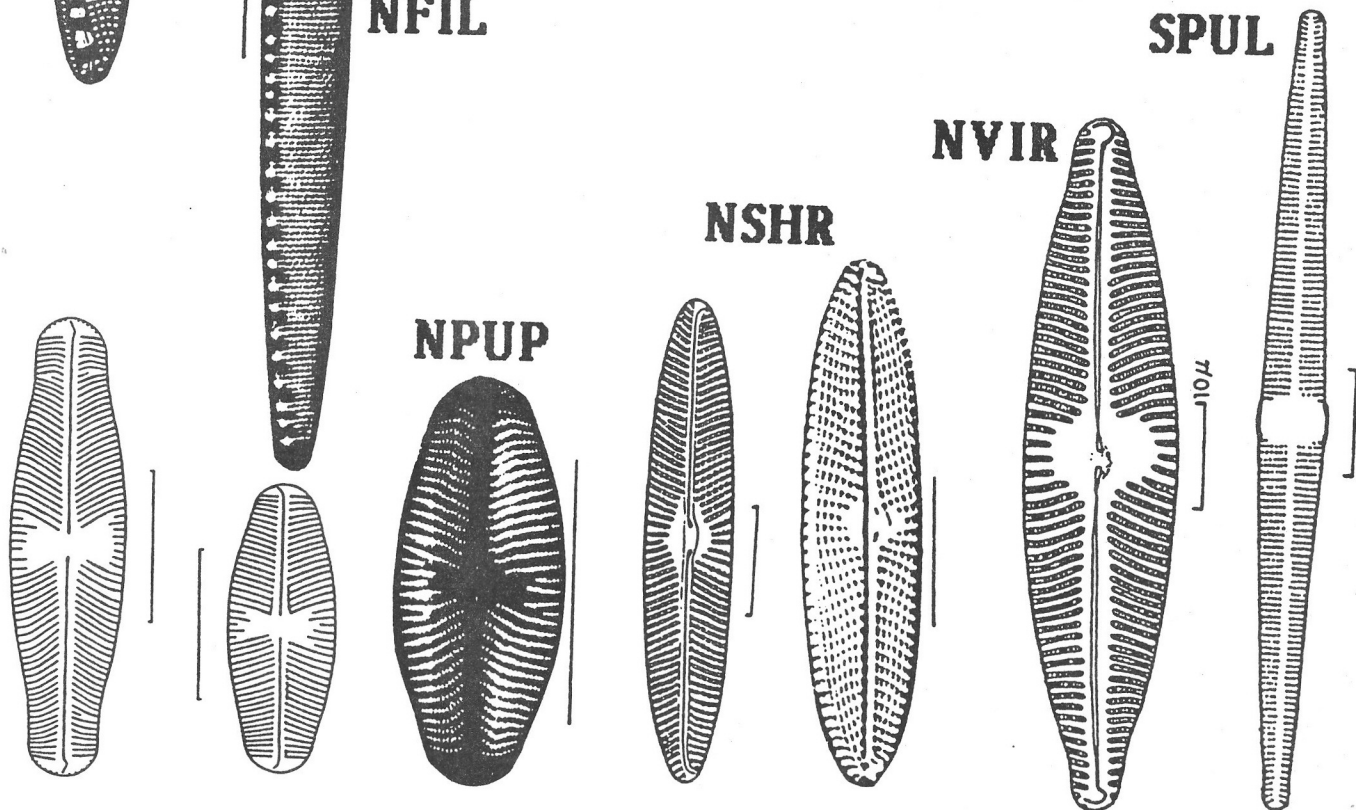
NFIL

SPUL

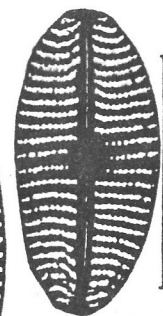
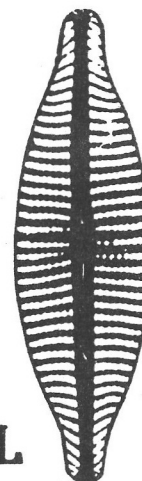
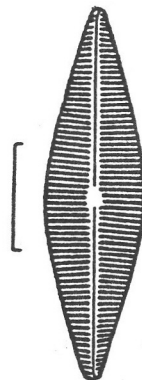
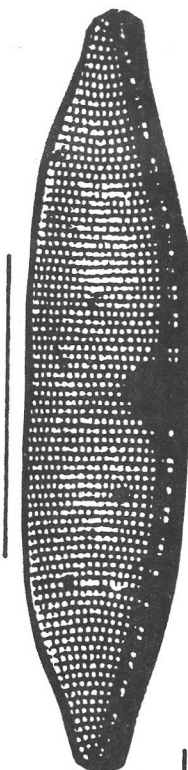
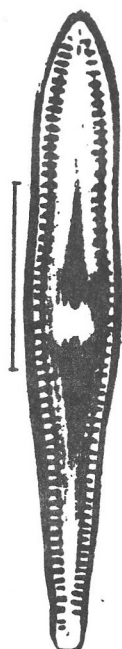
NVIR

NSHR

NPUP



SOUS - GROUPE 6

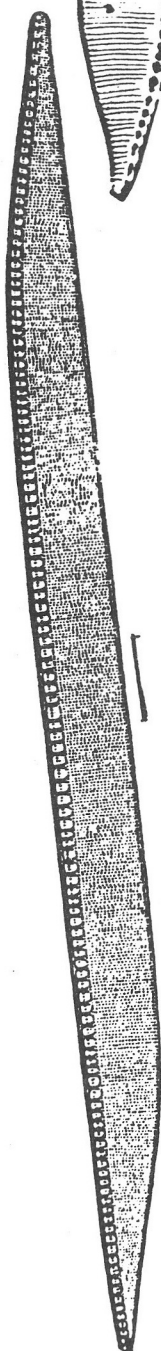


NCRE

NHAL



GABB

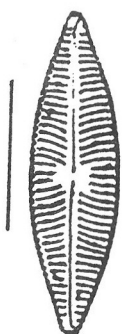
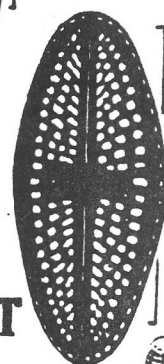


NAMC



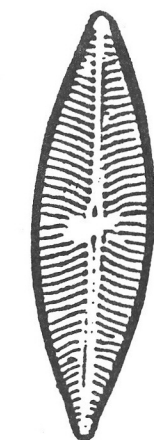
NIPU

NMUT

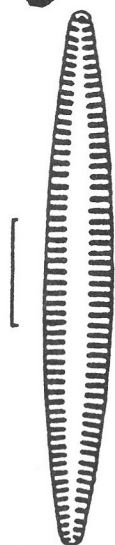


NPHY

NSIG



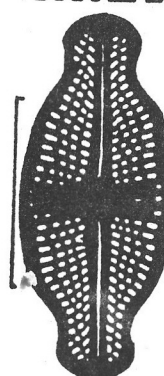
NTRV



STAB



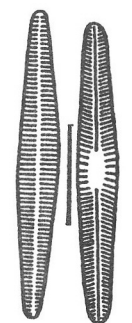
NNEO



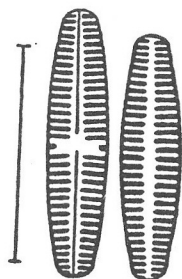
NALE NCLA



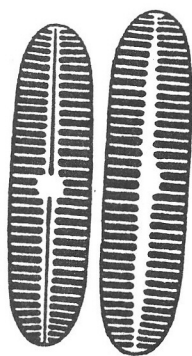
GROUPE 1



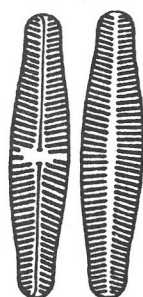
AEXI



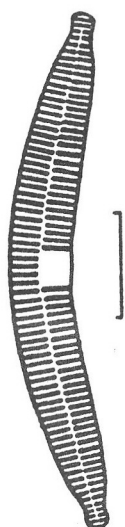
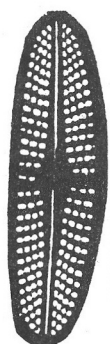
ALIN



APUS



AMIN



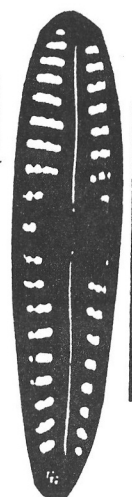
CARC



CAAM



GINT



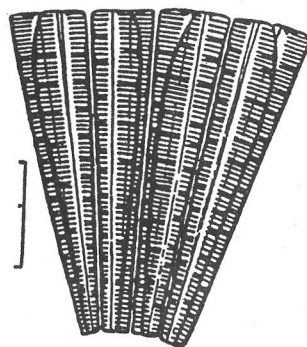
GDIC



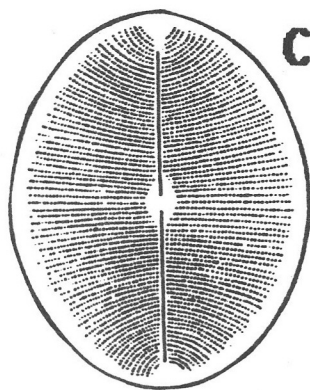
MCCO



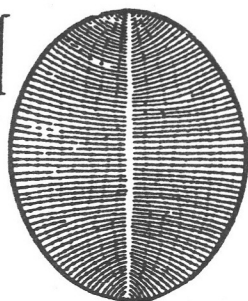
MCIR



GROUPE 2



CPED



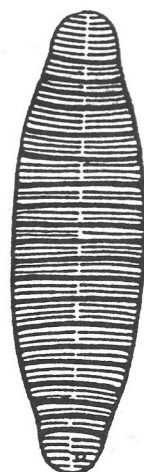
CSIN



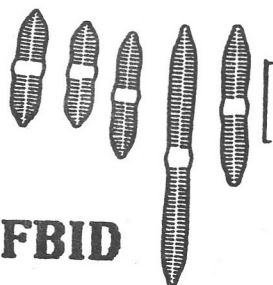
CVEN



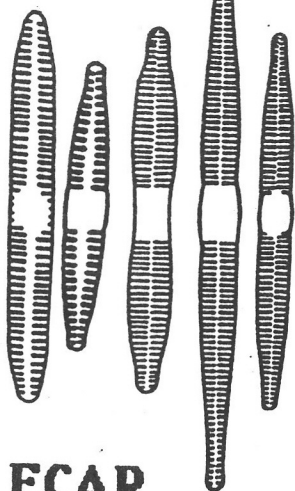
DVUL



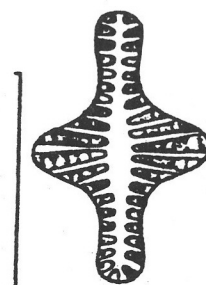
FBID



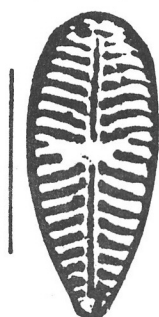
FCAP



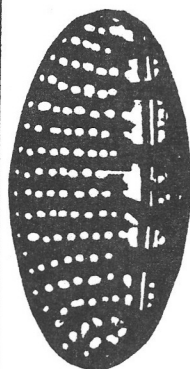
FCON



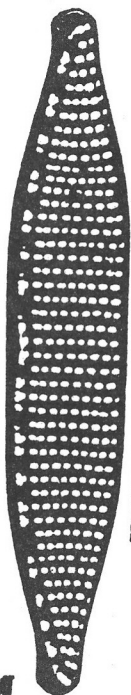
GOLI



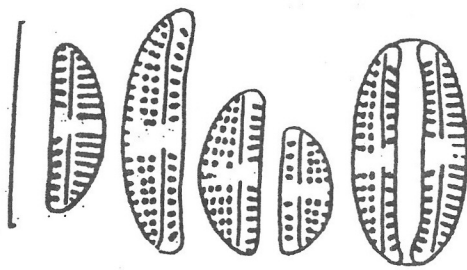
NDIS



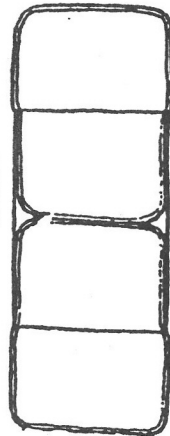
NROM



GROUPE 3



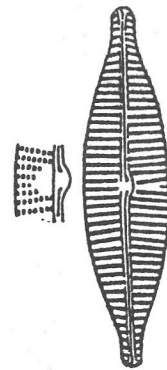
APED



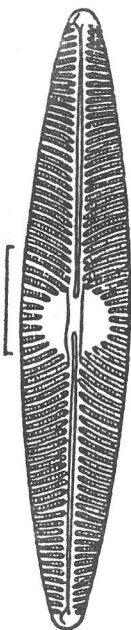
MVAR



NEXI



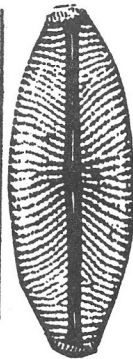
NGRE



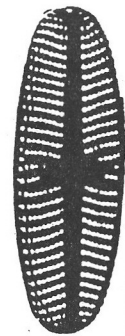
NLAN



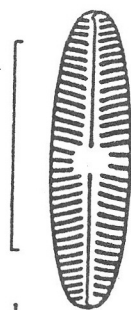
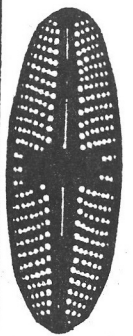
NMIS



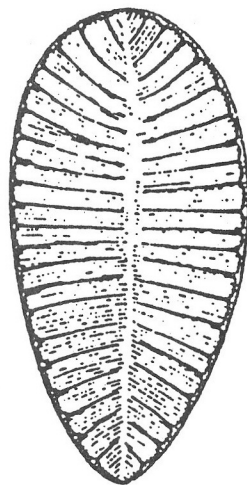
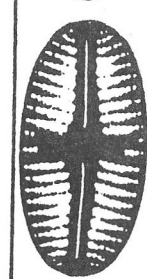
RCUR



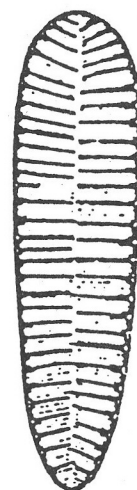
NTAN



NMIN

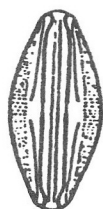
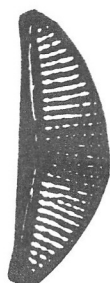


SOVA

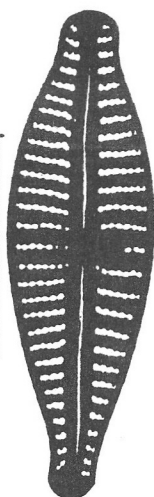


SOPH

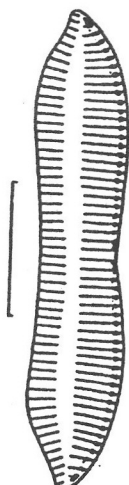
GROUPE 4



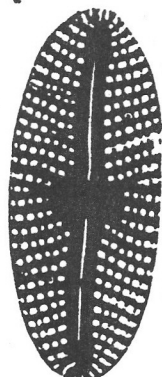
AVEN



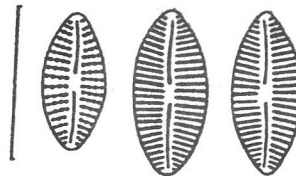
GPAR



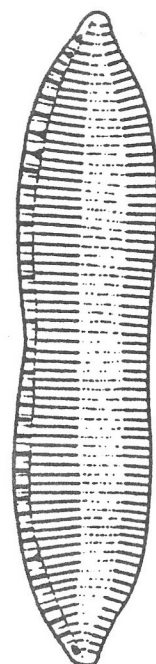
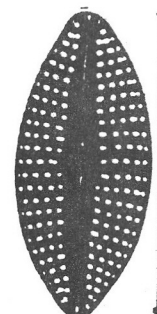
NAPI



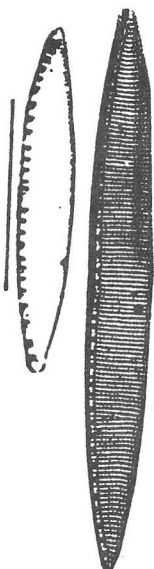
NATO



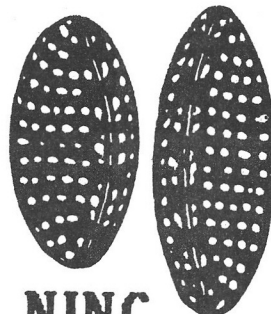
NACI



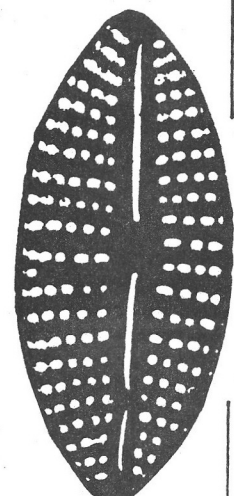
NIHU



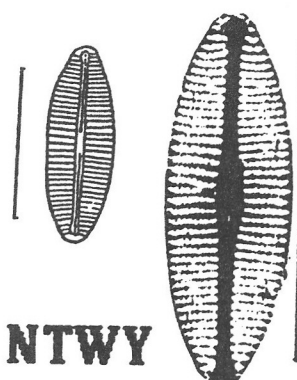
NPAE



NINC

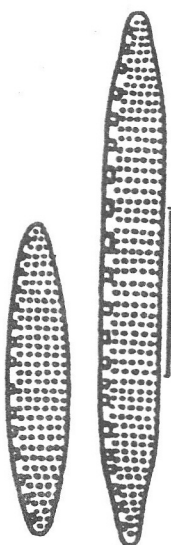


NFRU



NTWY

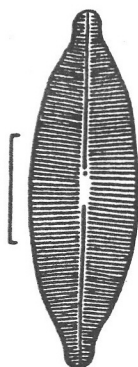
GROUPE 5



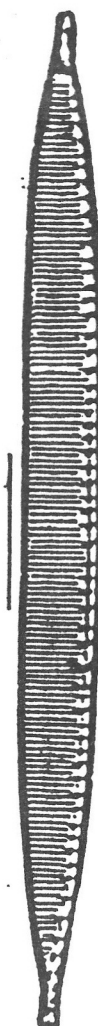
NAMP



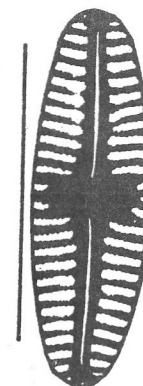
NGAN



NACO

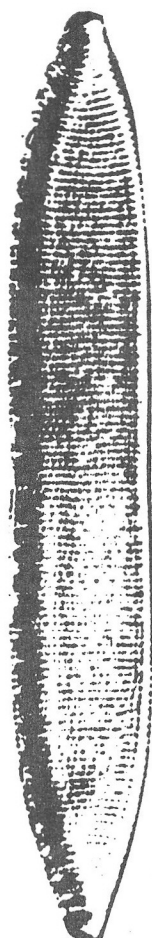


NINT



NSEM

NPAL



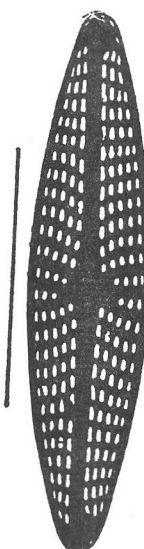
NUMB



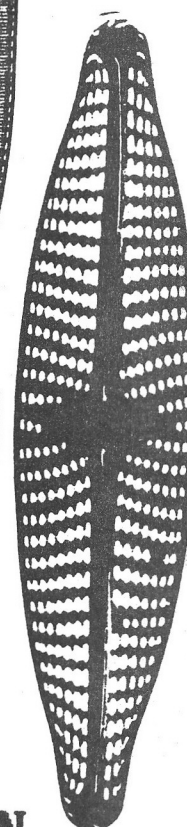
NSMO



NCOM



NVEN



COMMUNAUTE DE DIATOMEES HIVERNALES SEINE AVAL MELUN (84)

