

MINISTERE
DE L'AGRICULTURE

C E M A G R E F

Centre National du Machinisme Agricole
du Génie Rural, des Eaux et des Forêts

ETUDE DES METHODES BIOLOGIQUES
D'APPRECIATION QUANTITATIVE
DE LA QUALITE DES EAUX

Etude réalisée avec la participation Financière de
l'Agence de Bassin Rhône Méditerranée Corse.

Novembre 1982

Division Qualité des Eaux
Pêche et Pisciculture
3, quai Chauveau 69009 LYON

o Etude rédigée sous la responsabilité scientifique de :

II - Présentation de l'étude - Codification des données
S. DES CLERS

III - Revue critique des méthodes hydrobiologiques utilisées
par le CEMAGREP.

III.1 Dosage des pigments chlorophylliens
M. PHILIPPE et J. BARBE

III.2)
III.3) Méthodes zoologiques et méthodes biotypologiques
J. MOUTHON et B. FAESSEL

IV - Résultats des recherches entreprises

IV.1 - Les Diatomées M. COSTE
IV.2 - Les Mollusques J. MOUTHON
IV.3 - Les Oligochètes et les Chironomidae
IV.3.1 Techniques d'échantillonnage
J.G. WASSON et M. LAFONT
IV.3.2 Les Oligochètes M. LAFONT

o Secrétariat : M. TAILLOLE

S O M M A I R E.

	pages
I / <u>INTRODUCTION</u> /	9
II / <u>Présentation de l'étude - Codification des données</u> /	11
II -1- Bilan des travaux effectués	11
II -1- 1. <u>Nature des analyses et dates des prélèvements.</u> <u>Disponibilité des données.</u>	12
II -1- 1.1 Diatomées	
II -1- 1.2 Phytoplancton - les canaux - les cours d'eau.	
II -1- 1.3 Les Mollusques	
II -1- 1.4 Les Oligochètes	
II -1- 1.5 Chironomes et Coléoptères	
II -2- Principes généraux de codification des relevés hydrobiologiques - Orientations actuelles et perspectives.	17
II -2- 1. <u>Orientations actuelles en matière de codification</u> ..	17
II -2- 1.1 Les Diatomées	
II -2- 1.2 Les Invertébrés benthiques	
II -2- 1.3 Autres codes	
II -2- 2. <u>Perspectives</u>	20
II -2- 2.1 Fichier "Données hydrobiologiques"	
II -2- 2.2 Validation et exploitation des données.	
II -2- 2.3 Collaborations extérieures.	
Annexes du chapitre II.	23
III / <u>Revue critique des méthodes hydrobiologiques utilisées par le CEMAGREF</u> /	33
III -1- Dosage de pigments chlorophylliens.	33
III -1- 1. <u>Historique</u>	33
III -1- 2. <u>Méthodologie</u>	33
III -1- 2.1 La fluorimétrie	
III -1- 2.2 La chromatographie	
III -1- 2.3 La spectrophotométrie	
III -1- 3. <u>Intérêts et limites des mesures de pigments.</u>	34

	pages
III -2- Méthodes zoologiques d'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes.	36
III -2- 1. <u>Revue critique et commentaires</u>	38
III -2- 1.1 Les "indices biotiques"	
III -2- 1.2 L'IQBG - Indice de qualité biologique globale	
III -2- 1.3 L'IQBP - Indice de qualité biologique potentiel	
III -2- 1.4 Limites d'application (Indices biotiques et IQBG)	
III -2- 2. <u>Conclusion.</u>	49
III -3- Méthodes biotypologiques.	51
III -3- 1. <u>Revue critique et commentaires</u>	51
III -3- 1.1 Repérage des appartenances typologiques à partir des groupements "socio-écologiques".	
III -3- 1.2 Repérage des appartenances typologiques à partir des peuplements ichtyologiques. - <i>Limites d'application</i>	
III -3- 1.3 Repérage des niveaux typologiques thermiques à partir de données mésologiques. - <i>Limites d'application</i> - <i>Conclusion</i>	
Bibliographie du chapitre III.	59
Annexes du chapitre III.	63
IV / <u>Résultats des recherches entreprises.</u> /	69
IV -1- Les Diatomées -	
- Etat des connaissances acquises en matière de Diatomées benthiques.	69
IV -1- 1. <u>Techniques d'étude</u>	69
IV -1- 1.1 Echantillonnage des communautés - choix des supports - mode opératoire et matériel utilisé	
IV -1- 1.2 Préparation et comptage	
IV -1- 1.3 Codification des résultats	
IV -1- 2. <u>Utilisation des Diatomées pour l'appréciation de la qualité des eaux.</u>	73
IV -1- 2.1 Méthodologie - Méthode de Zelinka & Marvan (1961) modifiée Descy (1979) - Proposition de classes de qualité pour le calcul d'un indice basé sur les polluosensibilités spécifiques (IPS) - Indice diatomique mis au point sur la Seine (CTGREF 1974)	

	pages
IV -1- 2.2 Résultats d'application des méthodes biologiques et discussion	
- Application de l'indice IPS (dérivé de la méthode Descy)	
- Application de l'indice diatomique Seine (IDS)	
- Confrontation des résultats obtenus	
a) qualité des cours d'eau des bassins côtiers	
b) qualité des eaux du sillon rhodanien	
c) qualité des eaux du bassin de la Saône	
IV -1- 3. <u>Nouveaux résultats acquis</u> : Proposition et perspectives. Proposition d'un indice basé sur l'utilisation des genres (IDG)	80
- Méthodologie	
- Résultats	
IV -1- 4. <u>Discussion des résultats obtenus et conclusion</u> ...	87
- variations dues aux méthodes indicielles	
- variations dues à l'échantillonnage	
- avantages et inconvénients des techniques utilisées	
- conclusion.	
Bibliographie du chapitre IV -1-	91
IV -2- Les Mollusques des eaux courantes	93
IV -2- 1. <u>Recherches biotypologiques</u>	93
IV -2- 1.1 Introduction	
IV -2- 1.2 Techniques d'échantillonnages	
IV -2- 1.3 Choix de la méthode	
IV -2- 1.4 Choix et critique de l'expression des données numériques utilisées	
a) nombres bruts	
b) pourcentage (abondance-relative)	
c) critère présence-absence	
d) classe relative d'abondance	
IV -2- 1.5 Etablissement des classes d'abondance	
IV -2- 1.6 Résultats	
IV -2- 1.6.1 Analyse globale du réseau hydrographique étudié	
a) structure suivant les axes F_1 , F_2	
b) structure suivant les axes F_1 , F_3	
IV -2- 1.6.2 Confrontation de la structure malacologique obtenue aux données typologiques	
a) méthodes et données utilisées	
b) typologie des mollusques	
IV -2- 1.6.3 Discussion	

IV -2-	1.7 Applications	
IV -2-	1.7.1 Classement "socio écologique" des espèces -eurytopie-sténotopie-euryécie-sténoécie -preferendum typologique.	
IV -2-	1.7.2 Evolution longitudinale et signification typologique des Mollusques comparées à 4 groupes faunistiques.	
	Bibliographie du chapitre IV -2- 1.	121
IV -2-	2. <u>Données écologiques</u> - Ebauche d'une gamme de polluosensibilité des Mollusques dulcicoles	123
IV -2-	2.1 Introduction	
IV -2-	2.2 Résultats	
IV -2-	2.2.1 Evolution du nombre d'espèces et de l'abondance relative en fonction de 18 paramètres du milieu	
IV -2-	2.2.2 Les Mollusques et la pollution : introduction à l'établissement d'une gamme de polluo-sensibilité	
IV -2-	3. <u>Conclusion</u>	135
	Bibliographie du chapitre IV -2-	137
IV -3-	Les Oligochètes et les Chironomides	141
IV -3-	1. <u>Techniques d'échantillonnage</u>	141
IV -3-	1.1 But	
IV -3-	1.2 Problèmes posés et principes généraux	
IV -3-	1.3 Nombre et localisation des prélèvements	
IV -3-	1.4 Matériel et techniques de prélèvements	
IV -3-	1.4.1 Maille des filets et tamis	
IV -3-	1.4.2 Appareils de prélèvement	
	- Filets emmanchés de 100 à 400 cm ²	
	- Filets troubleau quadrangulaire	
	- Benne type LENZ	
	- Benne type FRIEDINGER	
	- Carrotiers type ROPES-SAVARY	
IV -3-	1.4.3 Conditions d'utilisation des différents appareils	
IV -3-	1.4.4 Fixation des prélèvements.	
IV -3-	1.5 Le sous-échantillonnage.	
IV -3-	1.5.1 Nombre d'individus à examiner	
IV -3-	1.5.2 Méthode de sous-échantillonnage	
	- coloration - tamisage	
	- technique de sous-échantillonnage	
	a) Tri sur le gros tamis	
	b) Sous-échantillonnage sur le petit tamis	
	- Tri.	

IV -3-	1.5.3 Estimation de la densité des peuplements.	
IV -3-	1.6 Montage et détermination des individus	
IV -3-	1.6.1 Montage des larves et chironomides	
IV -3-	1.6.2 Montage des Oligochètes	
IV -3-	1.7 Expression finale des résultats.	
IV -3-	2. <u>Etat des connaissances acquises sur les peuplements d'Oligochètes.</u>	159
IV -3-	2.1 Approche théorique	
IV -3-	2.2 Résultats obtenus pour les sédiments fins	
IV -3-	2.2.1 Résultats obtenus sur le Rhône et le Doubs	
IV -3-	2.2.2 Résultats ponctuels obtenus sur le Rhône, le Doubs et le Lez.	
IV -3-	2.2.3 Résultats obtenus à partir d'un protocole standard de prélèvements	
IV -3-	2.2.4 Principales relations mises en évidence.	
	- Les Oligochètes et la détection des substances toxiques sur le terrain	
IV -3-	2.3 Conclusions et remarques autécologiques.	
	Bibliographie du chapitre IV -3-	201
	Annexes du chapitre IV	205
V	<u>Conclusion</u>	217

I / INTRODUCTION /

La connaissance de l'état de pollution d'un cours d'eau est particulièrement délicate et d'importants programmes de mesures physico chimiques, très nombreuses et onéreuses éventuellement réalisées en continu, ont été engagés ces dernières années afin d'essayer de mieux quantifier l'évolution de la qualité des eaux en rapport avec les efforts d'épuration entrepris.

Les résultats obtenus sont souvent considérés comme décevants car il apparaît dans l'ensemble difficile de porter un jugement synthétique sur l'état d'un système aquatique à partir de données très partielles et l'intérêt de recourir à des méthodes biologiques pour mieux apprécier de façon globale la qualité des eaux a depuis longtemps été reconnu.

Leur application en France, aux cours d'eau de faible ou moyenne importance, est désormais d'usage courant avec l'utilisation d'une méthode comme celle des indices biotiques (Tuffery et Verneaux 1968) lors des inventaires nationaux de la pollution des eaux superficielles et de la plupart des études conduites par les Services Régionaux de l'Aménagement des Eaux.

L'étude des cours d'eau à faible vitesse, envasés ou fortement artificialisés par divers aménagements, se révèle beaucoup plus délicate à l'aide de telles méthodes en raison des difficultés d'échantillonnage et de la faible représentativité des groupes d'insectes épibenthiques, caractéristiques des petites et moyennes rivières.

Directement intéressée à l'extension des méthodes biologiques d'appréciation de la qualité des eaux aux grands systèmes d'eau courante plus ou moins perturbés, l'Agence Financière du Bassin Rhône-Méditerranée-Corse a demandé au CEMAGREF (Division Qualité des Eaux, Pêche et Pisciculture) de compléter les connaissances acquises sur les peuplements d'algues benthiques, d'invertébrés épi- et endobenthiques susceptibles de se développer dans ce type de milieu.

Les travaux entrepris ont principalement portés sur les peuplements de diatomées benthiques, en prolongement des résultats acquis sur le bassin de la Seine à la demande de l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, sur les peuplements de Mollusques et d'Oligochètes.

Parallèlement et à titre de comparaison, une revue des méthodes hydrobiologiques jusqu'à présent utilisées par le CEMAGREF a été conduite afin de mieux en préciser les limites d'utilisation et de tracer quelques perspectives d'amélioration potentielle.

Situées dans l'ensemble du bassin du Rhône les stations prospectées ont, dans un premier temps, été préférentiellement choisies dans le bassin du Doubs, afin de relier les résultats obtenus aux travaux de biotypologie conduits depuis de nombreuses années sur ce bassin.

II / Présentation de l'étude -Codification des données /

II -1- BILAN DES TRAVAUX EFFECTUES

La liste de l'ensemble des prélèvements hydrobiologiques est fournie en annexe I de ce chapitre. D'une manière générale, quelque soit le groupe étudié, Diatomées, Phytoplancton dans son ensemble, Mollusques, et Oligochètes, les déterminations ont été faites au niveau spécifique. Les prélèvements effectués pour certains groupes sont parfois accompagnés de mesures annexes dont le détail est décrit ci-après pour chaque paramètre hydrobiologique.

Certaines stations de prélèvements ont été visitées plusieurs fois dans le temps; dans ce cas seules les dates de départ et de fin de campagne figurent dans le tableau en annexe I, ainsi que le nombre de prélèvements dans la colonne "Fréquence". Pour plus de détail, on se référera aux chapitres concernés. De même, plusieurs types de substrats peuvent être échantillonnés pour une même date.

Sur l'ensemble du bassin, les prélèvements sont classés selon la codification hydrologique propre au Secrétariat de la Mission Déléguée du Bassin RHONE-MEDITERRANEE - CORSE (cf. Instruction de Monsieur le Ministre Délégué à l'Aménagement et à l'Action Régionale, en date du 28 Mai 1968).

Ainsi, les prélèvements, figurent dans l'ordre des cinq grandes régions suivantes :

Bassin	1er caractère du code hydrologique
SAONE	U
RHONE (Saône, Isère et Durance exclus)	V
ISERE	W
DURANCE	X
Fleuves côtiers et CORSE	Y

A l'intérieur du bassin l'ordre Amont-Aval a été retenu. L'ensemble -code hydrologique, point kilométrique - figure dans le tableau lorsqu'ils sont disponibles. Ces données ont été fournies par l'Agence FB - RMC au titre de la Mission Déléguée de Bassin RMC.

On trouvera dans ce chapitre, un extrait du tableau général (tableau I), mentionnant les prélèvements hydrobiologiques effectués sur les stations permanentes de l'inventaire, dans le bassin RMC ou dans leur voisinage immédiat. Ce tableau regroupe la quasi totalité des stations permanentes de l'année 1981 (extrait du document Ministère de l'Environnement, 1978).

Ce chapitre présente, en première partie (§II-1-) la nature des analyses, les dates de prélèvements et la disponibilité des données par grand groupe étudié. Dans une deuxième partie (§II-2-), les principes généraux de codification des relevés hydrobiologiques, ainsi que les perspectives dans ce domaine seront développés.

Enfin, en conclusion de cette présentation générale, certaines perspectives de collaboration ultérieure dans le cadre du traitement informatique des données physico-chimiques et hydrobiologiques seront évoquées.

II-1-1. Nature des analyses et dates de prélèvements. Disponibilités des données.

Ce chapitre traite chaque grand groupe hydrobiologique séparément, les analyses effectuées et les dates de prélèvement étant propres à chaque spécialité. Il en est de même pour la disponibilité des données. En effet, la mise sur fichier informatique des données, d'une manière systématique, est récente à la Division QEPP du CEMAGREF. Elle a donc concerné en priorité les données demandant des calculs pour la présentation des résultats (ex : calcul de l'indice Diatomique).

II -1- 1.1. Diatomées

186 prélèvements ont été effectués, sur l'ensemble du Bassin RMC. Ces prélèvements ont intéressé 42 stations dont la presque totalité des stations permanentes d'observation.

Ces prélèvements ont été effectués entre le mois de Janvier 1977 et le mois de Novembre 1980. Chaque identification de prélèvement (date, lieu, codification interne) est accompagnée d'une mesure de la température de l'eau ainsi que d'une description du substrat échantillonné. Le détail de la codification du substrat, en 4 caractères, est réporté dans le tableau 2 .

L'ensemble de ces données est stocké et traité localement à la Section QEPP du CEMAGREF de BORDEAUX et également centralisé sur un fichier au Centre de traitement de l'Information (CTI) du Ministère de l'Agriculture à PARIS. L'accès à ce fichier par l'intermédiaire de TRANSPAC permet sa consultation ainsi que l'exécution de programmes de calculs depuis LYON. Le codage adopté pour les espèces et genres sera mentionné dans le paragraphe II -2- 1.1.

TABLEAU 1. Stations permanentes de l'Inventaire du degré de Pollution des eaux superficielles (1978)

N° D'ORDRE	COURS D'EAU OU CANAL	CODE BASSIN P K	N° DÉPARTEMENT	N° RÉGION	EMPLACEMENT DES PRÉLEVEMENTS	MESURE DE DÉBIT	POLICE DES EAUX	NATURE DU COURS D'EAU	ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE		ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE		MOIS HYDROLOGIE	MOIS RADIOACTIVITÉ	Diatomées Phytoplancton Mollusques Oligochètes				
									TYPE	FREQUENCE	TYPE	FREQUENCE							
011000	SAONE	U11200	21	17	Pont de France (R N 51) à AUXONNE	C	E	D	A 12 B 4	tous	4	C	12	tous	1.5.9.11	X	Δ	Trillenay	
020000	DOUBS	U21220	25	16	150 m en aval de l'usine de REFRAIN au droit du poteau P & T	J	E	ND	A 12 B 12	tous					9	2.4.8.11	X	Δ	Av. Retenue de Coumois et Phyto-Retén.
027000	DOUBS	U24020	25	16	Passerelle de LOUGRES - Commune de COLOMBIER-LEONNAINE	J	E	D	A 12 B 12	tous									Voujeaucourt Amont.
029000	DOUBS	U25220	25	16	Pont d'AVANNE - CYO 4 en aval de BESANCON	J	E	D	A 12 B 12	tous					9	1.4.8.10	X	X	
059000	SAONE	U47100	69	19	Ancien Seuil-Barrage de COUZON	J	E	D	A 12 B 12	tous	4	4	C	12	tous				
065000	ARVE	V02420	74	19	100 m amont de la frontière suisse. Commune de GAILLARD	C	E	D	A 12 B 12	tous									
067000	RHONE	V10000	01	19	Pont Carnot (R N 206) - Commune de COLLONGES	C	E	D	A 12 B 12	tous									
076800	RHONE	V14400	73	19	PK 111 - 1 km en aval de l'émissaire du lac du BOURGET	C	E	D	A 12 B 12	tous									
093000	RHONE	V30000	69	19	Pont Poincaré à LYON	J	E	D	A 12 B 12	tous									
094000	RHONE	V31300	38	19	CHASSE - Station de jaugeage PK 19,884	J	E	D	A 12 B 12	tous	4	4	C	12	tous				
104000	RHONE	V35300	26	19	Pont de ST VALLIER - PK 75,800	C	E	D	A 12 B 12	tous									
128000	GARDON D'ALES	V71550	30	20	Aval d'ALES - amont du confluent de l'ALZON à ST-HILAIRE DE BRETHMAS	C	A	ND	A 12 B 12	tous									
131000	RHONE	V72000	13	21	Usine La Cellulose - PK 271,00 Commune de TARASCON	C	E	D	A 12 B 12	tous	4	4	C	12	tous				
141000	ISERE	W13000	38	19	Pont R N 532 (Pont de LA GACHE) à PONTCHARRA	C	E	D	A 12 B 12	tous									

X station métré
Δ à proximité (500 m max.)

TABLEAU 2. : CODE DES PRELEVEMENTS DE DIATOMÉES

<u>Colonne I</u> : Type d'échantillonnage	<u>Colonne III</u> : Indications diverses concernant le biotope
0 Indéterminé ou non précisé	0 Rien à signaler
1 Epilithon	1 zone battue par les vagues
2 Epipsammon	2 paroi d'écluse exondée
3 Epipelon	3 paroi d'écluse inondée
4 Epimicrophyton	4 zone intertidale exondée
5 Epimacrophyton	5 zone intertidale inondée
6 Périphyton naturel (au sens large)	6 Suintements
7 Périphyton artificiel	7 Milieu temporaire
8 Plancton	8 Crue:zone récemment inondée (ZRI)
9 Zoophyton	9 Décrue:zone récemment exondée(ZRE)
A Carottages (Diatomées fossiles)	A bouées, flotteurs, embarcations
B Composite(plusieurs supports prospectés)	B Piles de pont
	C Crêtes de barrage,déversoirs,seuils
	D Sur animaux
	E Contenus stomacaux
	F Carottages
	G tourbières
	H Zones fortement ombragées
	I ZRE (amont barrage ou écluse)
	J ZRI (aval barrage ou écluse)
	K Aval immédiat de barrage
<u>Colonne II</u> : Nature du substrat	<u>Colonne IV</u> : Faciès
0 Indéterminé ou non précisé	0 Indéterminé ou non précisé
1 Blocs et pierres	1 Lotique
2 Galets	2 Semi-lotique
3 Sables et graviers	3 Semi lentique
4 Vase et sédiment fin	4 Lentique (=lénitique)
5 Terre marne argile,mollasse	5 Lotique + lentique
6 Béton	6 Lotique + semi-lotique
7 Brique,tuile ardoise	7 Lotique + semi-lentique
8 Polysthrène,plastiques,PVC	8 Lentique + semi-lotique
9 verre	9 Lentique + semi-lentique
A Métal	A Semi-lotique+semi-lentique
B Caoutchouc (ex:pneu)	
C Tissu cordage	
D Bois mort	
E Hydrophytes submergés	
F Hydrophytes émergés ou flottants	
G Hélophytes	
H Algues filamenteuses	
I Bryophytes	
J Macrophytes ou algues	
K Pierres + algues	
L Pierres + béton	
M Pierres + bois mort	
N Pierres + macrophytes	
O Pierres + mousses	
P Pierres + mousses + algues	
Q Composite:tous supports mélangés	
R Amas d'algues flottants	
S Pierres + sédiment	
T Végétaux + Sédiment	

II-1- 1.2. - Phytoplanctonles Canaux

5 stations ont été échantillonnées lors des campagnes de comptage du phytoplancton sur 4 canaux du Bassin RMC. Ces campagnes ont eu lieu entre le mois de Février 1979 et le mois de Janvier 1980. Parallèlement à ces comptages, avec détermination à l'espèce, des mesures de températures, des dosages de pigments chlorophylliens (chlorophylles a, b et c) et de MES (minérales, volatiles et totales) ont été effectués. Certaines données annexes ont été compilées, telles que le nombre de bateaux par mois.

Ces données ne sont pas actuellement sur un support informatique.

les Cours d'eau

24 stations de prélèvements ont été prospectées, entre le mois de Décembre 1978 et le mois de Décembre 1979. 18 d'entre elles se situent sur le Doubs. Des données physico-chimiques ont été compilées ou recueillies pour une station; comptages et dosages des pigments chlorophylliens ont été effectués pour l'ensemble des stations. De même que pour les canaux, ces données ne sont actuellement pas disponibles sur support informatique.

II-1- 1.3. - Mollusques

74 stations ont été prospectées sur le bassin de la SAONE et particulièrement sur le DOUBS et ses affluents. 18 stations supplémentaires concernent l'ARGENS, le GAPEAU et ses affluents (Fleuves côtiers). Ces prélèvements ont été effectués entre le mois d'Août 1976 et le mois de Septembre 1981. Les résultats de ces déterminations (effectifs par espèce) ne sont actuellement pas mis sur fichier informatique, mais les codifications en 4 caractères des espèces ont été établies (cf. § II -2- 1.)

II-1- 1.4.- Oligochètes

51 stations dans le bassin RMC ont été prospectées, pour un total de 142 campagnes. Les prélèvements se sont échelonnés entre le mois de Février 1973 et le mois de Septembre 1981. Un grand nombre de ces prélèvements est accompagné d'une analyse physico-chimique des sédiments. La mise sur fichier informatisé est en cours pour l'ensemble de ces données.

II-1-1.5. - Chironomes et Coléoptères

39 stations du bassin ont fait l'objet de 123 prélèvements, échelonnés entre le mois de Mars 1975 et le mois de Février 1980. 8 de ces stations se trouvent sur le RHONE, les 31 autres stations dans le bassin de la SAONE. La nature des prélèvements varie suivant la station (substrats artificiels, prélèvements au surber dans différents faciés ...). L'ensemble des résultats de ces déterminations à l'espèce n'est pas actuellement disponible sous forme informatisée.

II-2- Principes généraux de codification des relevés hydrobiologiques. Orientations actuelles et perspectives.

Sous ce chapitre sont détaillés les principes généraux de codification des données hydrobiologiques appliqués actuellement à la Division QEPP du CEMAGREF. Les principes évoqués ci-dessous sont largement illustrés dans les documents suivants :

- Protection des Ecosystèmes d'eau courante - Note technique - Ministère de l'Environnement, Direction de la Protection de la Nature, 60 p. Novembre 1981.
- Protocole de description des habitats aquatiques et de prélèvement des invertébrés benthiques dans les cours d'eau - Etude n°I - CEMAGREF - Ministère de l'Environnement. Décembre 1981.

II -2- 1. - Orientations actuelles en matière de codification :

La codification des données hydrobiologiques relatives tant aux poissons qu'aux invertébrés benthiques avait depuis longtemps été entreprise par les spécialistes eux-mêmes dans un souci de normalisation des méthodes de collecte et dépouillement des échantillons analysés. Le support matériel en était généralement des fiches de terrain ou de laboratoire, élaborées avec la préoccupation d'assurer une bonne continuité entre les opérations successives de recueil des données.

Il restait essentiellement à unifier l'ensemble existant en dégagant des principes de base communs tenant compte des exigences propres aux moyens informatiques des centres de calcul actuels.

Ainsi la codification des noms d'organismes a été établie selon les principes suivants :

- Les organismes aquatiques doivent pouvoir être codés jusqu'à l'espèce, limite de détermination d'un spécialiste.
- Le codage doit être, autant que faire se peut, illustratif et parlant pour le technicien.
- Un code de ce type se doit d'être "ouvert", pour répondre aux évolutions des connaissances en systématique. La codification d'une nouvelle espèce, d'un regroupement d'espèces doit être possible sans perturbation de la signification du Code.

Enfin,

- une codification se doit d'être, par définition, synthétique, et le nombre de caractères du code réduit. 4 caractères alphanumériques ont été retenus, au maximum, Ceci correspond à un souci de lecture des illustrations graphiques mais aussi à la structure des gros ordinateurs actuellement disponibles : 4 caractères alphanumériques prennent un mot mémoire de 32 digit binaires (IBM 3740, IRIS 80, DPS 7/80, CII, CDC etc...)

Les codifications existantes sont les suivantes :

II -2- 1.1. Diatomées

Un codage intéressant plusieurs milliers d'espèces de Diatomées est opérationnel, à l'échelle nationale. Le tableau 3 illustre le codage des 313 taxons présentes dans les 186 prélèvements effectués sur le bassin, et le regroupement des espèces par genre codé.

II -2- 1.2. Invertébrés benthiques

Pour l'ensemble des groupes (Mollusques, Oligochètes, Coléoptères,...), le codage repose sur le même principe.

Les 4 caractères ont la signification suivante :

Le premier caractère désigne le grand groupe (Ordre, Classe, Sous Classe, regroupement d'embranchements, selon les cas).

Le deuxième désigne la famille, la tribu, la super famille ou la sous-famille

Le troisième désigne le genre et le quatrième l'espèce.

ex : P N P A
 | | | |
 | | | | Auberti (esp.)
 | | | | |
 | | | | | Protonemura (genre)
 | | | | | |
 | | | | | | Nemouridae (fam.)
 | | | | | | |
 | | | | | | | Plecoptère (ordre)

TABLEAU 3. Exemple de codage des noms d'espèces pour les Diatomées.

Nom de genre		Noms des espèces concernées									
ACHN	24	AAFF	AAHE	ABIA	ABIN	ABRE	ACON	ACRO	AEXG	AEXI	AHUN
		AKRY	ALAE	ALAN	ALAP	ALAR	ALAU	ALIN	ALIP	ALPP	AMCR
		AMIC	AMIN	AMON	APLO						
AMPO	4	ABIG	AOVA	APED	AVEN						
ASTE	1	AFOR									
ANOM	1	ANEX									
AMPP	1	AORN									
AMPI	2	APEL	ARUT								
BIDU	1	BLEV									
BACI	1	BPAR									
CALO	4	CAMP	CBAC	CSBI	CSIL						
CERA	1	CARC									
COCO	7	CDMI	COHU	CPLI	CPED	CPLA	CPLK				
COSC	1	COLA									
CYCL	10	CATO	CCOM	CGLO	CIRI	CKUT	CMEN	COCE	CPST	CSTE	CSTR

Autant que possible la I^{ère} lettre du nom d'espèce, genre, famille, ordre... est utilisée. Un zéro signifie que la limite de détermination est inférieure à l'espèce, genre...

Un extrait du fichier des codes Invertébrés-Benthiques est donné dans le tableau 4 . Actuellement, plusieurs milliers de codes d'unités taxonomiques sont disponibles; seuls les codes Chironomidae sont encore en cours d'élaboration.

II -2- 1.3. Autres codes

Des codes ont été élaborés pour l'ensemble des poissons des cours d'eau et plans d'eau nationaux, pour la pathologie des poissons, pour la description de l'habitat des invertébrés, les modes de prélèvements... Pour plus de détails on se reportera aux documents mentionnés en introduction de ce paragraphe, ainsi que pour des exemples de fiches-bordereaux, de terrain et de paillasse.

II -2- 2. - Perspectives

En matière de codification des relevés hydrobiologiques, les perspectives des années 1980 et 1981 sont largement dépassées. La plus grande partie des codes nécessaires ont été élaborés et testés. De même, de nombreuses fiches de terrain ont été utilisées; certaines restent encore à tester, dans l'année à venir. Les perspectives de développement concernent alors la mise sur fichier informatique des données, ainsi que la structuration des programmes de validation et de traitement de ces données.

II -2- 2.1. - Fichier "Données Hydrobiologiques "

La structure du fichier général prévoit l'utilisation d'un logiciel de base de données (système de gestion de base de données, SGED). En effet, la diversité des paramètres étudiés et le nombre de données récoltées par le CEMAGREF impose une structuration importante du fichier de manière à réduire le temps de recherche des données et leur extraction, par le spécialiste voulant exploiter ces données. De plus, la Division QEPP du CEMAGREF pourrait se voir confier un rôle de coordination méthodologique dans ce domaine.

TABLEAU 4. Extrait du fichier :
 "Codes invertébrés benthiques".

P000	PLECOPTERES
P100	SETIPALPIA
P200	FILIPALPIA
PT00	TAENIOPTERYGIDAE
PTB0	BRACHYPTERA
PTB1	B. BRAUERI
PTB2	B. MONILICORNIS
PTB3	B. RISI
PTB4	B. SETICORNIS
PTB5	B. TRIFASCIATA
PTR0	RHABDIOPTERYX
PTR1	R. ALPINA
PTR2	R. NEGLECTA
PTT0	TAENIOPTERYX
PTT1	T. HUBAULTI
PTT2	T. KUEHTREIBERI
PTT3	T. NEBULOSA
PTT4	T. SCHOENEMUNDI
PN00	NEMOURIDAE
PNA0	AMPHINEMURA
PNA1	A. BOREALIS
PNA2	A. STANDFUSSI
PNA3	A. SULCICOLLIS
PNA4	A. TRIANGULARIS
PNN0	NEMOURA
PNNA	N. AVICULARIS

II -2- 2.2. - Validation et exploitation des données

Certains programmes de validation et d'exploitation existent, notamment pour les groupes dont la mise sur fichier est faite ou en cours (cf. § II -1- 1.)

Mais la refonte de ces programmes dans le cadre d'une chaîne de traitements (comportant des maillons graphiques, statistiques, et d'édition de tableaux) doit débuter en 1982.

II -2- 2.3.- Collaborations extérieures

En conclusion à cette présentation générale des données disponibles, des perspectives de collaborations futures entre la Division QEPP du CEMAGREF et l'Agence Financière de Bassin RMC. peuvent être évoquées. Au delà des données hydrobiologiques, le codage des données physico-chimiques propres au CEMAGREF (recueillies ou non lors de campagnes hydrobiologiques) est prévu dans l'année à venir. Dans ce domaine, une collaboration étroite avec les services de l'AFB RMC est à développer, l'Agence ayant une expérience importante en la matière.

Il faudrait pouvoir adopter rapidement des codes et des bordereaux semblables facilitant les échanges de données.

De tels échanges sont indispensables pour la mise au point d'indices biologiques qui résultent d'une large confrontation entre la nature et la structure des peuplements et les diverses composantes de leur environnement, où la qualité physico-chimique de l'eau joue un rôle essentiel.

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des données disponibles.

Code bassin	PK	Cours d'eau ou canal et localisation du prélèvement	N° d'ordre Agence RMC	Paramètres hydrobiologiques étudiés														
				Diatomées		Phyto-Plancton		Mollusques		Oligochètes		Chironomes et Coléoptères						
				Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates					
U09		CANAL MARNE-SAONE																
U10		- Maxilly OCNON		X	11	.02.79 .01.80												
		- Sources - aval "1 km - Amont Servance - Ternuay - La Neuville-lès-L.						X	1	09.77								
U10140	837,10	- Les Aynants - Villersexel - Montbozon - Cirey.-les-B. - Cromary - Buthiers - Pin Emagny	007,00					X	1	09.77								
U10640	939,30	- Banne - aval Pesmes - aval Broye les P.	009,00					X	1	09.77								
U10840	987,69		010,00					X	1	09.77								
U11200	768,20	SAONE																
U11		- Auxonne - Tillyenay	011,00	X	7	01.08.77		X	1	09.80			X	3	05.09.79			
U13		CANAL DE BOURGOGNE - Brazay en Plaine		X	11	02.79 01.80							X	3	05.09.79			
U14		SAONE																
U14		- Pagny la V. - Les Bordes Verdun sur le D.		X	1	08.77		X	4	.12.78 .05.79						X	2	.08.76

X station même * à proximité

Paramètres hydrobiologiques étudiés													
Code Bassin	pk	Cours d'eau ou canal et localisation du prélèvement	N° d'ordre Agence RMC	Diatomées		Phyto-Plancton		Mollusques		Oligochètes		Chironomes et Coléoptères	
				Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates
U21220	664,40	DOUBS											
U21		- Retenue de Refrain	020,00	X	01.77	*	2						
		- Goumois			07.79								
		- Soubier-Clarbief			07.79								
		- Ste-Ursanne											
		- Ocourt											
		- Brémencourt											
		- Retenue Soulice											
		- Aval "											
		- Aval											
U21		- Retenue Soulice											
U22		- Aval											
		DESSOUBRE											
		- Source											
		- Aval "											
		- Amont Gigot											
		- Aval Rosureux											
		- Amont											
		- confluence Doubs											
U22		DOUBS											
		- St-Hippolyte											
		- Pont de Roide											
		- Mathay											
		- Voujeaucourt											
		- Canal Rhin-Rhône											
		- à Voujeaucourt											
U22220	754,80	CUSANCIN	021,00	X	06.77	*	8						
		- Source			08.77								
		- Amont Cusance			01.77								
		- Aval Cusance											
		- Amont Guillon											
		- Amont Pt les Moulins											
		- Amont confluence Doubs											
U22		- Voujeaucourt											
		- Canal Rhin-Rhône											
		- à Voujeaucourt											
U24		CUSANCIN											
		- Source											
		- Amont Cusance											
		- Aval Cusance											
		- Amont Guillon											
		- Amont Pt les Moulins											
		- Amont confluence Doubs											

X Station même * à proximité

Paramètres hydrobiologiques étudiés																	
Code Bassin	PK	Cours d'eau ou canal et localisation du prélèvement	N° d'ordre Agence RMC	Diatomées			Phyto-Plancton			Mollusques			Oligochètes			Chironomes et Coléoptères	
				Fréq.	Dates		Fréq.	Dates		Fréq.	Dates		Fréq.	Dates		Fréq.	Dates
U25		DOUBS - Baume-les-Dames															
U25	852,55	- Canal latéral à Deluz															
U25	852,55	- Vaire-le-Grand (amont Novillars) (8 km aval Pt-Agence)	028,00	*	01.77 08.77	8											
U25	871,40	-Roche-lez-Beaupré (aval Novillars)															
U25	871,40	-Moulin St-Paul (Besançon)															
U25	871,40	-Avanne	029,00	X	01.77 08.77	7	X	01.79 07.79	3	01.79 07.79							
U25		CANAL LATERAL															
U25		- Avanne															
U25		DOULONNES															
U25		- Sources															
U25		- Aval "															
U25		- Pont Rans-Arc															
U25		- Pont D 31															
U25		DOUBS															
U25		- Orchamps															
U25		CANAL RHONE-RHIN															
U25		- Orchamps															
U25	938,80	DOUBS															
U25	938,80	- Choisey															
U25	938,80	CLAUCE															
U25	938,80	- Sources															
U25	938,80	- Colonne 7															
U25	938,80	- Colonne 5															
U25	938,80	- Vieille "Loye															
U25	938,80	- Aval "Bois banal"															
U25	938,80	- Pélisse les Doles															
U25	938,80	- Pt Gevry-Parcey															

X Station * à proximité

Paramètres hydrobiologiques étudiés													
Code Bassin	pk	Cours d'eau ou canal et localisation du prélèvement	N° d'ordre Agence RMC	Diatomées		Phyto-Plancton		Mollusques		Oligochètes		Chironomes et Coléoptères	
				Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates
V00		ARVE											
		- Chamonix Amont											
		- Chamonix Aval											
V03		DRANSE											
		- Chatel Amont											
		- " Aval											
V10000	486,40	RHONE											
V11		- Pont Carnot	067,00	X	4	04.09.77							
V14		- Seyssel											
V16		- Yenne											
V16		- St-Vulbas											
V16		- Bugey - EDF											
V29420	995,94	AIN											
		- Port Galland	092,00										
V30000	657,64	RHONE											
V31300	685,63	- Pt Poincaré	093,00	X	4	04.08.77							
		- Givors	098,00	X	4	04.77 09.78							
V33	740,55	Chavannay											
V35300		- St-Vallier	104,00	X	9	01.77 09.78							
W13000	851,67	ISERE											
W30200	918,60	- Pontcharra	141,00	X	3	04.09.77							
W34200	981,50	- Veurey	147,00	X	1	09.77							
		- Aval Romans	149,00	X	2	09.78							

X Station même * à proximité

Paramètres hydrobiologiques étudiés																					
Code bassin	PK	Cours d'eau ou canal et localisation du prélèvement	N° d'ordre Agence RMC	Diatomées			Phyto-Plancton			Mollusques			Oligochètes			Chironomes et Coléoptères					
				Fréq.	Dates		Fréq.	Dates		Fréq.	Dates		Fréq.	Dates		Fréq.	Dates				
Y16120	973,74	AUDE - Cuxas-Noussolens - Coursan- - Pt Autoroute	180,00	X	2	04.77 09.77 11.80															
Y21020	892,72	HERAULT - Laroque - Aval Laroque	182,00	X	3	04.77 09.77															
Y23		- Amont Pezenas		X	1	06.79															
Y23720	984,00	- Amont Agde	184,00	X	4	06.11.80															
Y25		ORB - Amont Sérignan		X	2	06.11.80															
Y25840	988,20	- Sérignan	188,00	X	9	04.77 09.78															
Y32		LEZ - Source - Amont Montpellier															X	1	02.78		
Y44220	972,80	ARC - St Pons	195,00	X	6	01.77 09.78											X	1	02.78		

X Station même * à proximité

Paramètres hydrobiologiques étudiés													
Code bassin	pK	Cours d'eau ou canal et localisation du prélèvement	N° d'ordre Agence RMC	Diatomées		Phyto-Plancton		Mollusques		Oligochètes		Chironomes et Coleoptères	
				Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates	Fréq.	Dates
Y46150	989,56	REAL MARTIN	201,00										
Y46240	994,40	GAPEAU *	202,00					*	1 09.79				
Y50		ARGENS						*	12 09.79				
Y51		- Source						X	1 09.80				
Y52		- Pont D 35						X	1 09.80				
Y53120	987,10	- Pont D 34						X	1 09.80				
		- Aval Montfort						X	1 09.80				
		- Vidauban						X	1 09.80				
		- 4 Chemins						X	1 09.80				
		- Roquebrune	206,00	X	2 09.78								
		VAR		X	5 04.09.77								
Y64420	997,40	- Amont Nice	213,00	X	6 04.77								
Y91020	994,65	TAVIGNANO											
		- Aval Corte											
		* GAPEAU : stations	215,50	X	2 09.80								
		-Source											
		-Aval Source											
		-Beaupré											
		-Canurilles											
		-Montrieux											
		-Belgantier											
		-Solliès-Toucas											
		-Solliès-Pont											
		-La Castille											
		-Aval Confluence											
		Real Martin											
		- Secteur redressé											
		- Amont Barrage.											

X Station même * à proximité

III /Revue critique des méthodes hydrobiologiques utilisées par le CEMAGREF/

III -1- Dosage de pigments chlorophylliens.

III -1- 1. HISTORIQUE

L'étude qualitative et quantitative du phytoplancton nécessite pour les déterminations taxonomiques, des spécialistes algologues que les services chargés de la surveillance de l'évolution des écosystèmes d'eau douce ne peuvent pas prendre en compte. Simultanément aux études des peuplements, les taxonomistes ont tenté progressivement de mettre au point des méthodes pratiques se rapprochant de mesures chimiques par les appareillages utilisés et portant sur les composants biochimiques des différents groupes d'algues. L'impossibilité de séparer totalement par filtration ou centrifugation le phytoplancton des débris minéraux et organiques et la nécessité d'utiliser un volume d'eau important (1 à 10 l. selon la concentration en matières en suspension totales) rendent difficilement utilisables les mesures par la méthode des pesées.

Les premières études de pigments ont débuté il y a une cinquantaine d'années avec les travaux de HARVEY (1934). Cependant, c'est avec RICHARDS et THOMPSON (1952) que commence vraiment l'analyse multichromatique des pigments photosynthétiques.

III -1- 2. METHODOLOGIE : selon les objectifs poursuivis et la précision recherchée trois méthodes ont été utilisées :

III -1- 2.1. La fluorimétrie

Le dosage fluorimétrique est basé sur la mesure de la lumière émise après excitation des molécules de chlorophylles. Les mesures ainsi effectuées seraient 10 fois plus précises que les autres méthodes (YENTSCH et MENZEL, 1963, HOLM-HANSEN et Col. 1965). Cette méthode ne permet toutefois de déterminer que des concentrations en chlorophylles a et b.

III -1- 2.2. La chromatographie

Les extraits de pigments contiennent généralement une multitude de composés dissous par le solvant. Certains auteurs (HALLEGRAEFF, 1976 - ROTT, 1980) craignant des interférences entre les différents produits ont jugé utile leur séparation par chromatographie. Cette méthode relativement précise est difficilement utilisable pour des analyses de routine.

III -1- 2.3. La spectrophotométrie

Cette méthode est basée sur la connaissance du spectre d'absorption des différents pigments, et des longueurs d'onde spécifiques à chaque pigment.

Le dosage se fait par mesure de l'absorbance de chaque pigment.

Cette méthode utilise un appareillage qui sert par ailleurs à la plupart des analyses physico-chimiques de l'eau. Sa précision est de l'ordre de 10 %, mais les variations nyctémérales des teneurs en pigments et selon l'état physiologiques des cellules est largement de cet ordre de grandeur.

III -1- 3. INTERETS ET LIMITES DES MESURES DE PIGMENTS

La connaissance de la distribution qualitative et quantitative des pigments du phytoplancton apporte des données précises sur les structures des peuplements.

"L'étude des pigments, couvre, à la fois, les changements dans les proportions entre la représentation des différentes espèces et les modifications subies par les individus d'une même espèce, devenant ainsi, de ce fait, un indicateur excellent de la physiologie de l'écosystème", MARGALEF (1960).

Le phytoplancton est capable de synthétiser la matière vivante à partir de substances dissoutes en utilisant l'énergie lumineuse captée par les pigments. On distingue des pigments principaux chlorophylliens verts (chlorophylles a, b, c, d) et des caroténoïdes (α , β , γ carotènes) et des pigments annexes : Xanthophylles et Phycobilines. Dans ce dernier groupe, il faut séparer la Phycoérythrine, spécifique des Rhodophycées et la Phycocyanine qui donne la couleur bleue aux Cyanophycées.

Parmi les chlorophylles, la chlorophylle a est présente dans tous les groupes systématiques, les chlorophylles b et c étant beaucoup plus spécifiques. En effet, la chlorophylle b se rencontre uniquement chez les chlorophytes, la chlorophylle c caractérise les pyrrophytes et les diatomées.

Quelque soit la précision de la méthode utilisée, la teneur en chlorophylles ne peut donner qu'une idée approchée soit de la biomasse totale par la mesure de chlorophylle a, soit des quantités relatives de différents groupes taxonomiques pour les valeurs de chlorophylles b et c.

En effet, la teneur en chlorophylle dans les cellules dépend de nombreux facteurs comme la nutrition minérale, l'âge des cellules ou la quantité de lumière (RABINOVITCH, 1945 - YENTSCH et RYTHER, 1957).

TRAVERS (1971) estime que le dosage des chlorophylles peut donner une bonne évaluation de la capacité de production du phytoplancton et selon PELLETIER (1973), fournir une bonne indication de l'abondance.

NUSH (1980) a montré la relation entre la teneur en chlorophylle a et le nombre de cellules par litre pour la rivière Ruhr. Malgré les variations possibles des teneurs en chlorophylle des cellules, selon leur état physiologique ou les facteurs du milieu, l'auteur obtient un coefficient de corrélation de 0,949.

Les pigments photosynthétiques sont représentatifs de la nature et de la quantité des peuplements en relation avec la qualité de l'eau de tous les écosystèmes d'eau stagnante.

En revanche, en eau courante, cette approche est fortement limitée par le facteur "courant" qui va à l'encontre du développement de ce type d'organismes et de leur mode de vie et de reproduction.

Cette méthodologie n'est utilisable que pour les grands cours d'eau lents naturellement ou après aménagements (seuils, retenues) où le métabolisme planctonique a tendance à supplanter le métabolisme benthique.

III -2 -Méthodes zoologiques d'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes.

Les services d'application (CSP, SRAE, CEMAGREF...) disposent actuellement de deux méthodes globales de détermination de la qualité biologique des eaux, ce sont :

- les "indices biotiques" (TUFFERY et VERNEAUX, 1968), retenus pour l'établissement de l'inventaire national du degré de pollution des eaux superficielles; cette méthode constitue une adaptation du "Biotic Index" utilisé par le Trent River Board en Angleterre (WOODIWISS, 1964) ;

- l'indice de qualité biologique globale (IQBG) (VERNEAUX, FAESSEL et MALESIEUX, 1976).

Ces deux méthodes sont fondées sur un examen global de la macrofaune aquatique (essentiellement invertébrés) récoltée suivant un protocole d'échantillonnage standard. Leurs applications ne nécessitent ni déterminations spécifiques des taxons récoltés, ni établissement par comptage de leur abondance respective. Toutefois, seules les unités systématiques représentées par plus d'un exemplaire peuvent être prises en compte. La confrontation des données ainsi obtenues à un tableau standard permet de déterminer la valeur de l'indice; "indice biotique" et IQBG sont essentiellement des méthodes qualitatives, une comparaison de leurs différentes caractéristiques figure dans le tableau 5.

1 - Echantillonnage	Ib	IQBG
Protocole d'échantillonnage	3 prélèvements en faciès lotique (courant) (soit 1 échantillon) + 3 prélèvements en faciès lénitique (calme) (soit 1 échantillon)	6 prélèvements effectués en fonction du couple vitesse de courant/granulométrie (soit 6 échantillons) réunies sur une grille (annexe) ces indications donnent une idée des caractéristiques morpho-dynamiques de la station et de l'hétérogénéité du milieu prospecté
Echantillonneurs	Surber (courant) drague à main (calme)	Surber (courant) drague à main (calme)
2 - Détermination des organismes		
Limites de déterminations des unités systématiques (U.S.) (annexes 1.2)	mal précisées pour certaines U.S., peu adaptées à la taxonomie délicate de certains groupes (Oligochètes, Hirudiniées, Mollusques, Hémiptères, Odonates)	Tiennent compte de l'évolution des connaissances taxonomiques
3 - Notation		
Calcul de l'indice (annexes 3. 4. tableau standard)	-indice biotique en faciès lotique $Ibc/10$ + -indice biotique en faciès lénitique $Ibl/10$ indice biotique moyen $Ib/10 = \frac{Ibc+Ibl}{2}$	indice global /20 pas de calcul d'indice par faciès
4 - Sensibilité		
Subdivision des groupes d'U.S. (exemple groupe I des Ib) (annexes 3. 4.)	groupe I Plécoptères Heptageniidae	groupe I 1 Plécoptères 2 Satiptalia groupe II 1 Heptageniidae 2 (except. Heptagenia) groupe III 1 Plécoptères Filialpia 2 (except. Nemouridae)
Nombre de taxons du groupe faunistique repère exigé pour obtenir la note optimale	> 1	≥ 3
Richesse taxonomique totale (six habitats) exigée pour obtenir la note maximale	≥ 16	> 30
5 - Utilisation		
Utilité de la méthode	Permettre de mettre en évidence la dégradation des biocénoses occasionnée par un apport polluant organique ou mixte ; en comparant l'indice d'un point amont théoriquement considéré comme référence à un point situé à l'aval du rejet. L'intensité de la pollution peut être appréciée en calculant l'écart entre Ibc et Ibl qui doit être le plus faible possible.	Devrait permettre de situer une station et les biocénoses qui la peuplent par rapport à une structure idéale à laquelle correspond l'indice optimal (20), soit théoriquement, de mettre en évidence des perturbations d'origines diverses.

Tableau 5 -tableau comparatif des différentes caractéristiques de la méthode des indices biotiques et des IQBG

III -2- 1 Revue critique et commentaires

III -2- 1.1. les "indices biotiques"

- Le protocole d'échantillonnage présente un caractère global conduisant parfois à des simplifications excessives du mode de prélèvement. La représentativité du peuplement des différents habitats regroupés par faciès apparait trop liée aux connaissances écologiques de l'opérateur ; celui-ci pouvant être tenté, par exemple, d'échantillonner dans un même faciès trois fois le même habitat.

- Les limites de détermination des taxons, d'ailleurs non mentionnées dans la note exposant cette méthode (cf. VERNEAUX et TUFFERY, 1967) manquent dans certains cas de précision ; leurs choix laissés au gré de l'utilisateur peut conduire à des variations du nombre d'unité systématique et à posteriori de la valeur de l'indice.

Les limites de détermination proposées pour certains groupes faunistiques comme les Oligochètes (famille), Sangsues (genre), Mollusques (genre), Hémiptères (genre), Odonates (genre), n'ont pas tenu compte des difficultés existantes dans la mise en oeuvre de leur taxonomie, conduisant fréquemment l'utilisateur à fournir dans les listes faunistiques des indications erronées par excès ou pas défaut.

- On peut également reprocher à la méthode des "indices biotiques" et cela a été souvent écrit, son manque de sensibilité ; en effet, une rivière aux eaux de qualité très moyenne peut bénéficier, tout comme un cours d'eau d'excellente qualité, d'un indice optimal (10). Le caractère global du tableau standard dans lequel les polluo-résistances particulières à l'intérieur des ordres n'ont pas été distinguées (ex : Nemouridae, chez les Plécoptères, *Heptagenia*, chez les Ephéméroptères) en est la cause essentielle.

- Malgré son caractère global, l'amplitude des variations saisonnières des indices biotiques peut parfois être importante. D'une manière générale, on constate que c'est au niveau des stations où la valeur des indices est comprise entre 8 et 5 que l'amplitude saisonnière est maximale, tableau 6.

III -2- 1.2. l'IQBG - Indice de qualité biologique globale

L'utilisation au cours de plusieurs années, de cette méthode expérimentale et transitoire nous permet de faire les constatations suivantes :

- l'échantillonnage séparé des six habitats conduit à une bien meilleure représentativité du peuplement de la station que les protocoles de prélèvements préconisés par d'autres méthodes du même type utilisées dans la C.E.E. (MOUTHON et FAESSEL, 1979). Toutefois, sa mise en oeuvre nécessite

Stations Dates	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Mai	10	9	8	8	5	6	5	5
Juin	10	8	5	6	4	5	5	4	5
Juillet	10	10	8	-	-	5	5	3	-
Août	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Septembre	10	10	-	-	-	5	5	5	5
Octobre	10	9	7	6	4	5	-	3	5
Novembre	10	8	6	-	-	-	5	-	3
Décembre	10	9	5	6	5	4	-	-	-
Janvier	10	9	8	8	6	4	4	3	4
Février	10	9	8	8	4	4	4	-	-
Mars	10	10	8	9	5	5	4	3	5
Avril-Mai	10	9	6	8	7	4	4	4	5
Δ Ib	0	2	3	3	3	2	1	2	2

Tableau 6. - valeurs mensuelles de l'Ib sur 9 stations de Torrent de Parme (Italie du Nord) (d'après Ghetti et Bonazzi 1977)

l'utilisation de six bocaux par station ce qui devient rapidement encombrant lorsque l'on étudie des écosystèmes de grandes dimensions, et occasionne au laboratoire une charge de travail plus importante (tri, déterminations...). Par ailleurs, l'analyse des peuplements de chaque habitat et les considérations écologiques que l'on peut en tirer dans le cadre de l'application de cette méthode s'avèrent, sauf dans les cas de pollution très marquée, fréquemment décevantes. Une analyse fine des pollutions ou des perturbations touchant le milieu physique nécessite la prise en compte de l'abondance de chaque taxon et dans certains cas l'utilisation de biomasse.

- En ce qui concerne les prélèvements effectués en faciès lénitique, l'utilisation d'un filet troubleau de forme rectangulaire prélevant plutôt une surface de vase ($1/4$ de m^2) s'est révélé beaucoup plus efficace que la drague manuelle actuellement utilisée prélevant plutôt un volume de sédiment. La plus grande surface de base du troubleau (25 cm contre 20 cm pour la drague), sa bonne maniabilité, les faibles effets de refoulement qu'il provoque lors de sa manipulation lui permettent de capturer de nombreux invertébrés bon nageurs (Hémiptères, Coléoptères, Ephéméroptères...) qui échappent totalement à la drague manuelle. (fig. 1 et 2).

- Différentes améliorations pourraient être apportées à la grille d'échantillonnage différentiel, notamment par la prise en considération de la végétation. (cf. WASSON, DUMONT, TROCHERIE et Col. 1981)

- Les limites de détermination des taxons tiennent compte des difficultés inhérentes à la mise en oeuvre de la taxonomie de certains groupes faunistiques (Oligochètes, Mollusques...).

- La sensibilité de la méthode accrue par rapport aux "indices biotiques" pourrait être notablement améliorée et sa fiabilité augmentée en apportant certaines modifications au tableau standard :

- Le genre Isoperla (Plécoptères, Setipalpia) renfermant quelques espèces plutôt polluo-résistantes est à exclure du groupe I.
- La composition et la position du groupe VI 1 qui ne correspond à aucune situation réelle sur le terrain est à modifier.
- Elargissement de l'éventail "diversité taxonomique" pour les écosystèmes très pauvres, cours d'eau d'altitude très peu minéralisés (Nb d'Us <10).
- L'introduction de classe de densité pour les groupes repères permettrait une appréciation de la qualité du milieu plus proche de la réalité.

En effet, au niveau de station visiblement dégradée, on constate fréquemment que l'indice élevé obtenu résulte de la présence en très faible abondance d'un seul taxon.

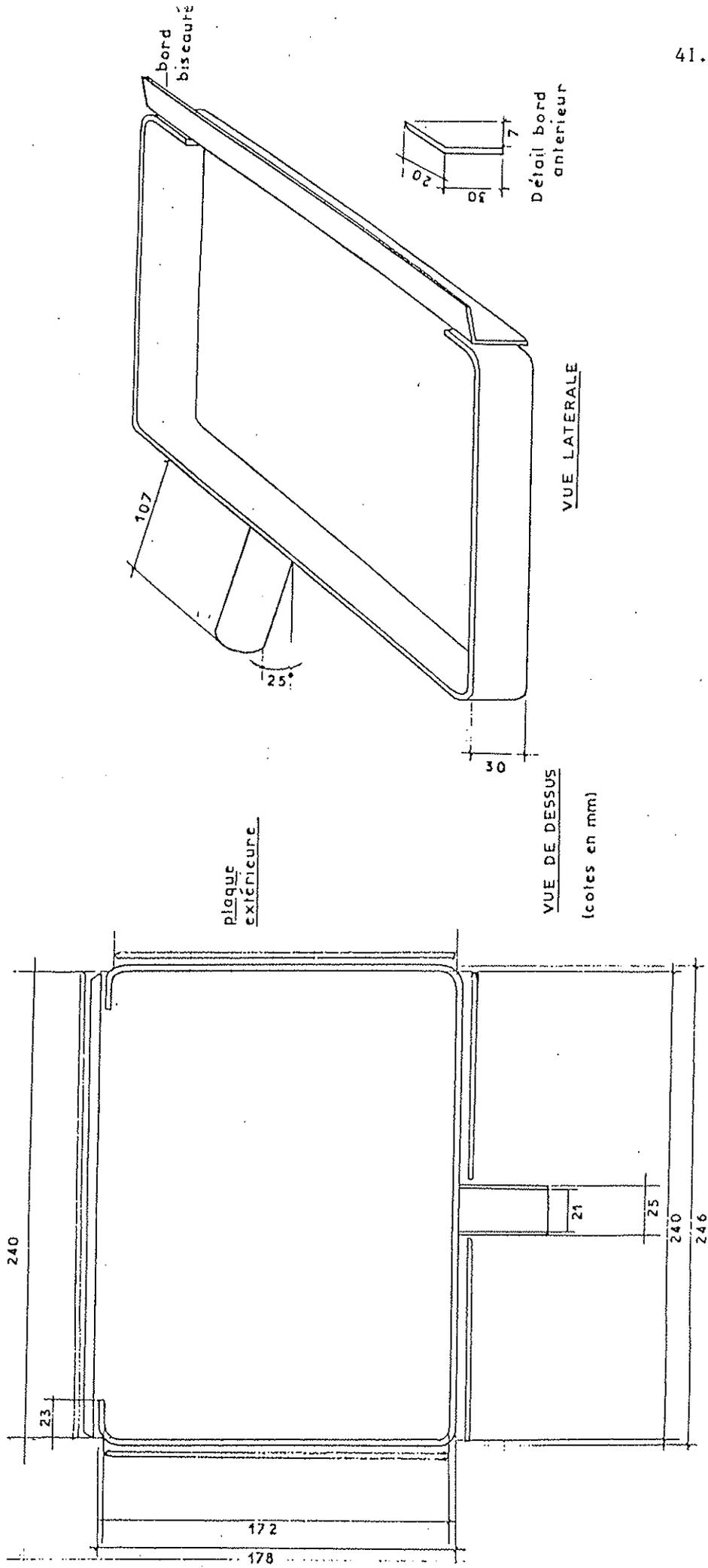


Fig. 1 et 2 - Troubleau

- Le calcul global de l'IQBG sans prise en compte de la qualité des peuplements de chaque faciès (lotique et lénitique) et le choix d'habitats parfois peu représentatifs de la station, conduisent finalement, surtout lorsque le milieu est pollué, à une surestimation de la qualité biologique des eaux.

- Assez faibles pour les cours d'eau d'altitude (rapport CTGREF 1978) l'amplitude des variations saisonnières de l'IQBG apparaît beaucoup plus importante pour des cours d'eau de plaine comme la Seine ou d'altitude modérée comme le Haut-Rhône français (rapport CTGREF, 1979) (cf. § concernant la sensibilité de la méthode) (tableau 7).

- La valeur optimale de l'IQBG est définie par rapport à une situation idéale correspondant à un cours d'eau riche en Plécoptères Setipalpia c'est à dire aux écosystèmes appartenant au Rhithron supérieur et moyen. Conformément au schéma d'ILLIES (1955) ces zones sont très peu représentées voir absentes des cours d'eau de plaine prenant leur source à faible altitude. L'indice optimal de qualité de ces rivières sera donc très inférieure à 20 et pratiquement devra être défini préalablement pour chaque zone biogéographique. Compte-tenu de ces considérations, on peut se demander s'il ne serait pas préférable, comme cela a d'ailleurs été suggéré, (VERNEAUX, 1974), de proposer deux méthodes d'appréciation de la qualité des eaux, l'une adaptée aux Rhithrons supérieurs et moyens, l'autre au Rhithron inférieur et Potamon.

III -2- 1.3. L'IQBP -Indice de qualité biologique potentiel .

L'IQBP est calculé grâce à un échantillon faunistique obtenu à l'aide de deux substrats artificiels standards (fig 3). L'utilisation de ces substrats permet de prospecter les milieux profonds (rivières, fleuves, canaux...) et d'échapper à la variabilité du milieu. Construits suivant des normes précises (VERNEAUX, FAESSEL et MALESIEUX, 1976), ils fournissent des échantillons comparables entre eux mais non représentatifs d'un habitat aquatique naturel. Colonisés essentiellement par le drift, ces substrats abritent une diversité maximale après un temps d'immersion de 15 jours dans les Rhithrons et de 20 jours dans les Potamons (VERNEAUX, Com. orale).

Des expérimentations réalisées à ce jour, principalement sur la Seine et le Rhône il ressort les constatations suivantes :

- les deux obstacles majeurs à une utilisation courante des substrats artificiels proposés ne sont pas scientifiques et résident d'une part dans leur coût (3000 F./pièce) et d'autre part dans leur vulnérabilité (vol, prédation, manipulation...).

- Le protocole de mise en oeuvre de cette technique préconise l'utilisation de 2 substrats, le premier doit être placé en faciès lotique,

	LA		FOUX		LES		GAYX		ALLOS		COLMARS		THORAME		SAINT ANDRE		BOUCHIERS		CHABOULIN		CLIGNON		ISSOLE		IVOIRE	
	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US	IQBG	Nb US
oct. 1976	18	25	18	25	18	28	17	20	18	25	17	22	17	25	16	14	13	7								
nov. 1976	17	25	16	15	17	23	16	17	17	25	18	23	17	23			16	17								
dec. 1976	16	15	17	21	17	20	16	15	17	23	18	24	16	19	16	19	15	14								
janv. 1977	16	16	17	21	16	16	16	18	17	25	17	24	16	17			15	12	17	24	17	22				
fev. 1977	18	18	18	25	17	23	17	20	19	27	17	19	17	18	17	23										
mars 1977	18	25	18	25	18	26	17	20	18	24	16	18	17	20	16	17	15	14	18	26	20	32				
avril 1977	19	26	18	25	17	25	17	23	18	25	17	15	16	19	16	19										
mai 1977	19	28	17	20	18	26	17	22	17	19	18	21	17	23			14	6	17	24	19	32				
juin 1977	19	24	19	27	18	28	17	24	17	21	17	19	16	18	16	18										
juil. 1977	19	27	19	27	19	27	17	20	17	21	18	25														
Δ IQBG	3		3		3		1		2		2		1		1		3		2		3					
Δ nb US		13		12		12		9		8		10		8		9		10		5		12				

Tableau 7 -valeurs mensuelles de l'IQBG et du Nombre d'US d'un cours d'eau alpin
La Foux d'Allos et de 4 affluents(d'après Rapport CTGREF 1978).

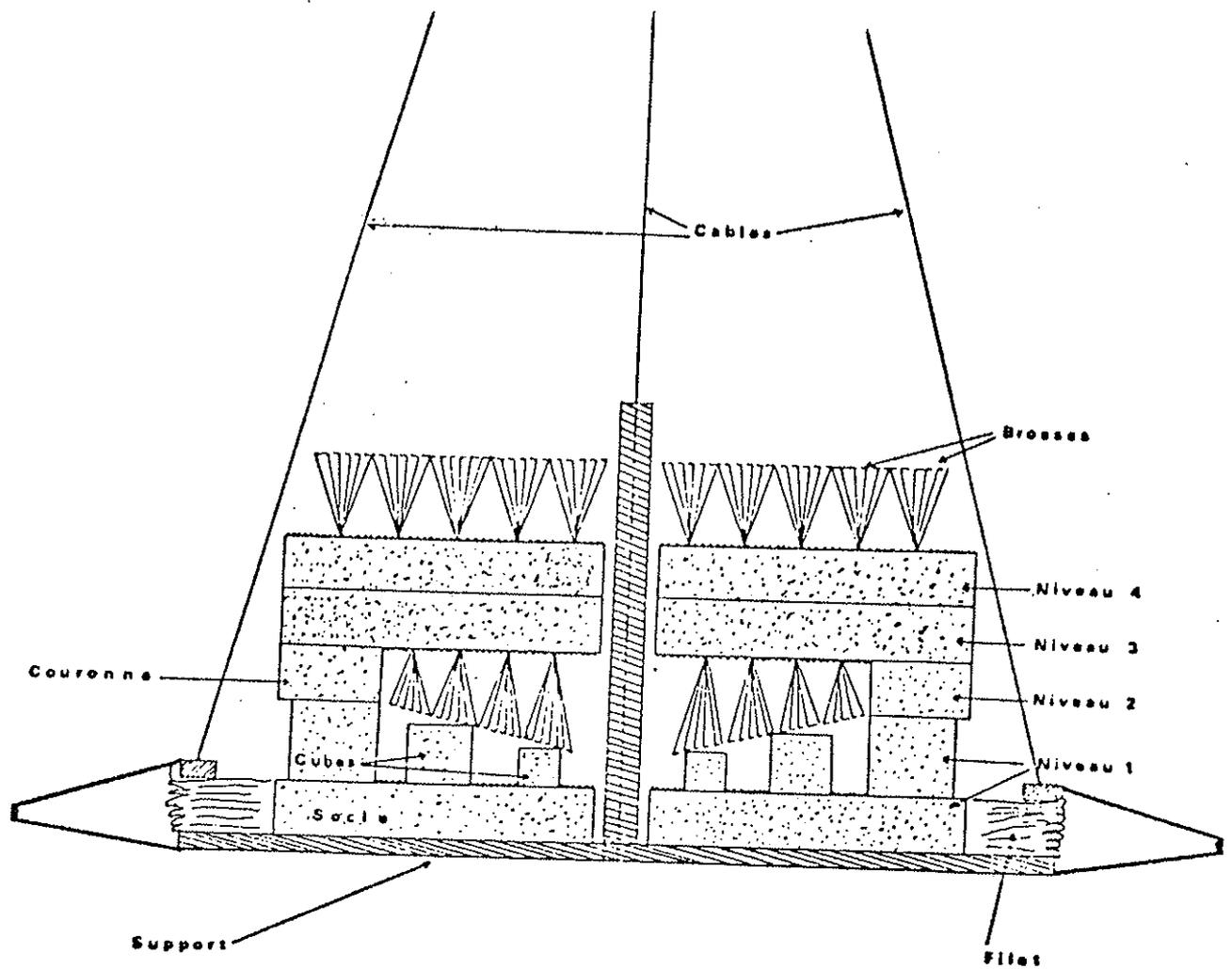


Fig. 3 **COUPE SCHEMATIQUE D'UN SUBSTRAT ARTIFICIEL ET DE SON SUPPORT. PIEGE**

d'après Illinger (1981)
adapté de Verneaux et Al (1976)

le second en faciès lénitique. Dans l'étude de certains types de grands cours d'eau, comme le Rhône, mais également pour les canaux, le protocole ne peut être respecté, obligeant l'expérimentateur à calculer un IQBP global, sans prendre en considération l'IQBP propre à chaque faciès. De ce fait, comme nous l'avons constaté pour l'IQBG, on pourra obtenir, surtout dans le cas d'écosystème d'eau courante polluée, une surestimation de l'indice si pour des raisons pratiques les deux substrats ont dû être placés plutôt en faciès lotique, soit une sous-estimation dans le cas inverse.

- Les substrats artificiels étant colonisés essentiellement par la dérive (drift) il peut arriver que l'IQBP reflète plutôt la qualité biologique du secteur amont, dont l'importance sera étroitement corrélée au débit et à la vitesse du courant, plutôt que celle de la station. C'est ainsi que sur le Rhône, au niveau de la Centrale du Bugey, on a pu recenser, au cours d'un étiage prolongé, la présence de nombreuses espèces de Mollusques, habituellement absentes, dont l'origine pourrait bien être le canal de Savières situé 80 Km en amont (rapport CTGREF, 1977).

- D'une manière générale, on a pu constater que, sauf pendant les périodes d'étiage, les deux substrats artificiels piègent, plus d'individus que n'en récolte le protocole d'échantillonnage des IQBG. En revanche, les prélèvements IQBG recensent habituellement plus de taxons que les substrats artificiels, sauf, mais ceci reste à vérifier, au niveau des stations très dégradées (cas du canal du rejet de la centrale du Bugey) (tableau 8).

Corrélativement à l'observation précédente, on observe la faible représentation, dans les substrats artificiels, de certains taxons : (Bivalves, Simuliidae, Hémiptères, Gastéropodes...).

- L'amplitude des variations saisonnières de l'IQBP global semble très voisine de celle enregistrée pour l'IQBG. En revanche, l'IQBP résultant de la moyenne des indices obtenus pour chaque faciès $\frac{(IQBP_c + IQBP_l)}{2}$ semble plus cohérent (tableaux 8 et 9).

Une comparaison des indices obtenus au moyen de l'IQBG et de l'IQBP nous paraît prématurée si l'on considère le caractère transitoire de la méthode de l'IQBG et l'insuffisance des données expérimentales concernant l'IQBP. Cependant, il serait souhaitable que, dans ce domaine, l'expérimentation se poursuive et s'étende aux milieux canalisés.

	SAINT-MULBAS				REJET BUGEY				LOYETTES			
	09.78	11.78	06.79	00.79	09.78	11.78	06.79	10.79	09.78	11.78	06.79	10.79
Nombre d'individus	IQBC 1092	2252 ⁽¹⁾	346	5362 ⁽²⁾	164	795 ⁽¹⁾	104	59	852	1473 ⁽¹⁾	1238	236
	IQBP 1171	338	2247	2881	414	411	335	462	1723	175	1576	843
Nombre d'unités systématiques significatives	IQBC 17	19	13	18	7	12	6	6	16	17	17	13
	IQBP 13	10	14	11	7	8	9	8	13	11	10	8
Valeur de l'indice	IQBG 10	10	14	10	7	13	9	9	14	10	10	9
	IQBP 14	7	10	13	9	9	9	13	10	7	11	7

Tableau 8 - Evolution saisonnière de l'IQBG et de l'IQBP sur le Rhône
(site de Bugey)

(1) Période d'étiage

(2) du essentiellement aux Oligochètes et aux Gammarès

		Nombre d'individus	Nombre d'Us significatives	Indice
Novembre 1980	IQBG	2518	26	14
Mars 1981	IQBP	970	20	12,5(1) 17(2)
Avril 1981	IQBP	1459	25	13 17
Mai 1981	IQBG	2279	29	18
	IQBP	3621	21	9,5 11
Juin 1981	IQBG	1076	13	10
	IQBP	1964	19	11,5 12
Juillet 1981	IQBG	7210	27	12
	IQBP	2576	20	9,5 13

(1) IQBG pondéré $\frac{IQBG_e + IQBG_1}{2}$

(2) IQBG global

Tableau 9 - Evolution saisonnière de l'IQBG et de l'IQBP sur la Seine à l'aval de Nogent

(d'après Irlinger 1981)

III -2- 1.4. Limites d'application (indices biotiques et IQBG)

Utilisés pour apprécier la qualité biologique des eaux de surface, les "indices biotiques" et l'IQBG permettent surtout de mettre en évidence les modifications de biocénoses occasionnées par des rejets de type organique et mixtes (organiques et chimiques) sans qu'il soit d'ailleurs possible, dans ce dernier cas, de distinguer les effets respectifs des deux composants. D'ailleurs, pour certains auteurs comme SLADCEK (1973) "Biotic Index" (WOODIWS, 1964) et "indices biotiques" ne sont en réalité que des indices basés sur le système des Saprobies (permettant une appréciation des pollutions strictement organiques) et ses développements modernes.

De ce fait, "indices biotiques" et dans une moindre mesure, IQBG, ne permettent pas de mettre en évidence l'impact sur les biocénoses des perturbations touchant en premier lieu le milieu physique provoquant des modifications plus quantitatives que qualitatives des peuplements :

- * cas de pollutions de type mécanique (extraction de matériaux alluvionnaires dans le lit des rivières)

- * cas des aménagements de cours d'eau (rectification, recalibrage, reprofilage).

- * cas des effets d'exploitations hydroélectriques (surtout barrages de petites et moyennes capacités), ces indices s'avèrent par conséquent peu utiles pour l'établissement de normes de débit réservé.

- * cas des pollutions thermiques qui, sauf dans les cas extrêmes, sont peu perçues par ces méthodes essentiellement qualitatives.

- Le matériel d'échantillonnage (Surber et drague à main) préconisé par le protocole de ces deux méthodes, les rend difficilement applicables aux cours d'eau profonds (Potamon, canaux...).

- Le manque de sensibilité des "indices biotiques" se manifeste d'une manière importante dans les cours d'eau de type "érosif" pour lesquels les baisses d'indices perçues ne deviennent significatives que lorsque la qualité de l'eau est déjà fortement dégradée. Dans ces conditions la fixation d'un niveau critique de pollution (TUFFERY et VERNEAUX, 1967 - VERNEAUX 1975 b) à l'indice 5 puis à l'indice 8 pour les cours d'eau salmonicoles (VERNEAUX et LEYNAUD, 1974) apparaît tout à fait illusoire.

- Malgré sa sensibilité accrue la méthode des IQBG ne permet pas, au moyen de prélèvements ponctuels, d'apprécier la dégradation des cours d'eau d'altitude par des rejets organiques, seule la réalisation d'une série de prélèvements sur un cycle annuel permet d'appréhender une baisse de qualité

significative du milieu (rapport CTGREF 1978). Pour ce type d'écosystème d'eau courante, il apparaît que la normalité oscille entre des valeurs de l'IQBG de 20 à 18 et qu'un indice de 17 témoigne déjà d'une situation particulière (pollution ou "Oligotrophie").

- La distribution typologique de nombreux genres appartenant aux groupes repères apicaux (Plécoptères, Heptageniidae) révèlent, pour le bassin du Doubs (VERNEAUX, 1973), un déficit important d'espèces et a fortiori d'Unités systématiques (genres) au niveau du Potamon : Biocénotypes B8 et B9. De ce fait, il paraît difficile d'accorder la même signification aux indices obtenus au niveau du Rhithron et du Potamon (tableau 10).

- Mise au point pour rendre compte de l'état global du cours d'eau intégrant la qualité du milieu aqueux, mais aussi celle des supports ainsi que l'hétérogénéité des habitats, la méthode des IQBG possède une signification multiple assez éloignée de la définition des "indices biotiques" pouvant constituer une limite réelle à son application systématique au cours d'un inventaire national du degré de pollution des eaux de surface.

III -2- 2. Conclusions

La méthode des "indices biotiques" malgré son caractère global présente une sensibilité et une précision suffisante pour permettre la mise en évidence de pollutions organiques ou mixtes bien marquées. Simple et facile à mettre en oeuvre, cette méthode applicable à l'ensemble du réseau hydrographique national, à l'exception toutefois des cours d'eau d'altitude où elle se révèle inefficace, demeure un outil de travail précieux pour l'établissement, par le personnel technique (CSP, SRAE, CEMAGREF....) d'un diagnostic rapide du milieu étudié ; à ce titre, les modalités de son utilisation méritent d'être conservées.

L'IQBG est une méthode expérimentale qui nécessite, pour être utilisée au cours d'un inventaire national du degré de pollution des eaux superficielles, de nombreuses modifications concernant :

- le matériel de prélèvement,
 - la grille d'échantillonnage,
 - le tableau standard de détermination de l'indice,
 - les modalités du calcul de l'indice ; l'établissement d'un indice par faciès comme cela est préconisé par le protocole des "indices biotiques" devrait être conservé car il permet :
- * d'apprécier et de quantifier la qualité respective des faciès lotique et lentique,

Niveau typologique	Plécoptères <i>Setipalpia</i> - groupe I -		Heptageniidae (sauf <i>Heptagenia</i>) - groupe II -		Plécoptères <i>Filipalpia</i> (sauf Nemouridae) - groupe III -	
	Nb Sp	Nb genre	Nb Sp	Nb genre	Nb Sp	Nb genre
1	7	5	4	3	16	7
2	10	5	7	3	18	7
3	9	5	8	3	23	7
4	9	5	9	3	17	7
5	7	5	7	3	15	6
6	7	5	9	3	12	6
7	6	5	8	3	11	5
8	3	2	5	2	8	4
9	0	0	2	1	1	1

Tableau 10 - Evolution typologique du nombre d'espèces et
de genres (US) des trois groupes repères apicaux
du tableau standard (IQBG)

(Bassin du Doubs, d'après Verneaux 1973)

sp : espèce

* une pondération de l'indice moyen qui, surtout pour les stations polluées, donne une image plus conforme à la réalité de la qualité biologique des eaux.

III -3- Méthodes biotypologiques

III -3- 1. Revue critique et commentaires

La structure biotypologique proposée par VERNEAUX (1973) représente, à l'échelle du travail considéré, une image globale de l'évolution des peuplements de Poissons et de trois Ordres d'Invertébrés benthiques (Plécoptères, Trichoptères, Ephéméroptères) d'un réseau hydrographique comprenant le Doubs et 10 affluents ou sous-affluents. Cependant, la généralisation de ce modèle aux cours d'eau "médio-européens" (VERNEAUX, 1976a) sans la prise en compte de cours d'eau alpins, pyrénéens et côtiers (Côte Atlantique et région péri-méditerranéenne) ainsi que de zones potamiques de référence plus étendues peu ou pas polluées nous paraît excessive.

De ce fait, la fiabilité des méthodes de détermination approchées des niveaux typologiques résultant d'une application directe de ces recherches biotypologiques sera, dans certains cas, forcément limitée.

Les méthodes de déterminations approchées de la structure typologique sont actuellement au nombre de trois :

III -3- 1.1. Repérage des appartenances typologiques à partir des groupements "socio-écologiques".

La classification des espèces constituant les "biocénotypes" de 10 niveaux typologiques en 12 groupements "socio-écologiques", comprenant selon leurs degrés croissants d'euryécie : classe, ordre, alliance, permet de définir, lorsque l'ordre et l'alliance préférentiels dans lesquels figurent le plus grand nombre d'espèces sont déterminés (VERNEAUX, 1976 a) l'appartenance typologique d'une station au moyen d'un tableau de correspondance, (fig.4)

La liste des espèces de chaque groupement "socio-écologique" n'ayant pas été publiée, il n'est actuellement pas possible d'utiliser ce procédé de repérage du niveau typologique. (1)

(1) annoncée sous presse par l'auteur en 1976, cette liste n'a toujours pas été publiée.

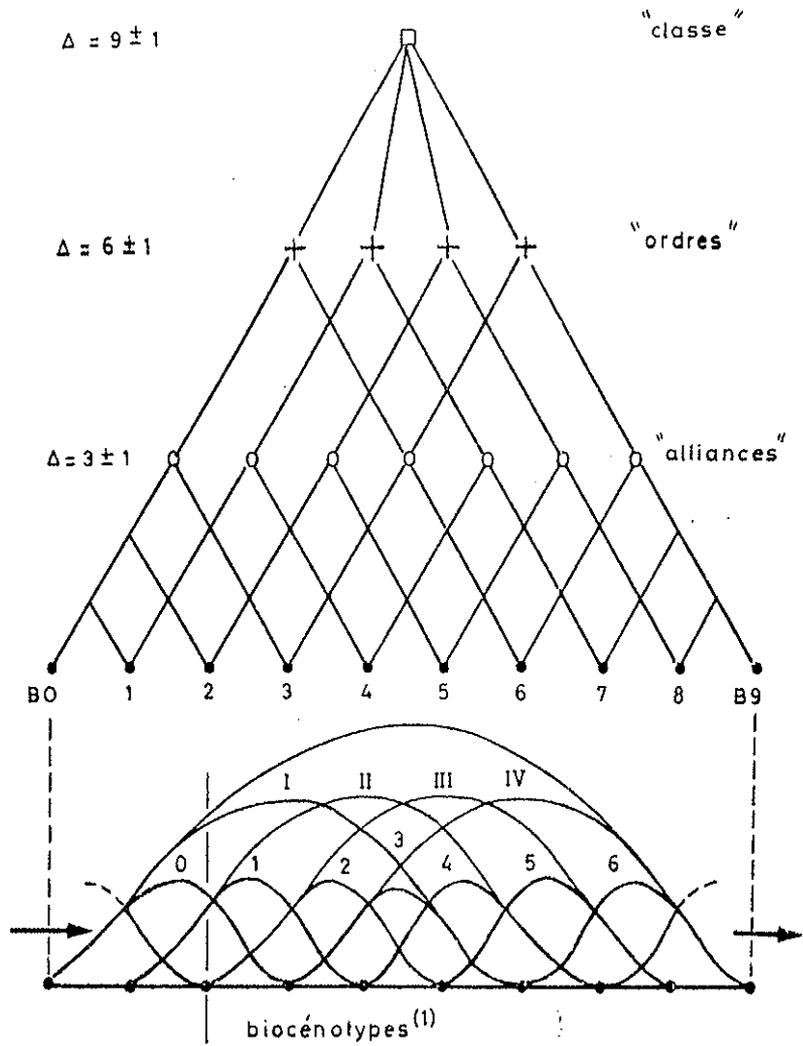


FIG. 4-ORGANISATION DES GROUPEMENTS SOCIO-ÉCOLOGIQUES

(O : Ordres - A : Alliances - B : Biocénotypes)

(d 'après VERNEAUX 1976)

(1) groupements d'espèces caractéristiques des différents niveaux typologiques

La généralisation de cette méthode aux cours d'eau "médio-européens" et l'éventualité de son application tant au niveau des Rhithrons supérieurs que des Potamons nécessitent :

* l'adjonction d'espèces ou de groupements d'espèces caractéristiques des cours d'eau d'altitude alpins et pyrénéens mal représentés dans le bassin du Doubs (cf. ILLIES, 1955).

* L'intégration comme le souligne l'auteur "d'autres éléments de l'édifice consommateurs (Coléoptères, Diptères, Hydracariens, Odonates, Hémiptères, Oligochètes...). En ce qui concerne les Mollusques, des groupements "socio-écologiques" des espèces de Gastéropodes et de Lamellibranches sont proposés (MOUTHON, 1980, Cf. chap. IV -2- 1.7.).

L'utilisation de groupements comprenant un grand nombre d'espèces représentatifs des grandes zones biogéographiques françaises, et appartenant à tous les groupes faunistiques de macro-invertébrés benthiques permettrait un repérage précis et fiable du niveau typologique d'une station.(1) Cette indication constituerait une valeur de référence sûre sans laquelle il est difficile d'apprécier réellement les données fournies par les peuplements ichtyologiques (VERNEAUX, 1977 b), ou certaines caractéristiques mésologiques (VERNEAUX, 1977 b).

III -3- 1.2. Repérage des appartenances typologiques à partir des peuplements ichtyologiques.

Le classement "socio-écologique" des espèces de poissons ainsi que la variation de la diversité spécifique le long de l'écosystème permettent, à l'aide d'un organigramme, de déterminer l'appartenance typologique du peuplement pisciaire d'une station (VERNEAUX, 1977 b), fig.5

Comme le souligne l'auteur, "la probabilité du repérage effectué est d'autant plus faible que le type écologique intéressé est plus apical", conséquence de la distribution longitudinale propre aux poissons (richesse spécifique optimale en B_g). Compte-tenu de cette réserve, l'approche typologique obtenue semble assez fiable. Toutefois, le protocole d'application de cette méthode concernant certains cas particuliers (milieux pollués sensulato) mériterait d'être précisé et fixé définitivement (cf. tableaux 11 et 12).

(1) travaux en cours.

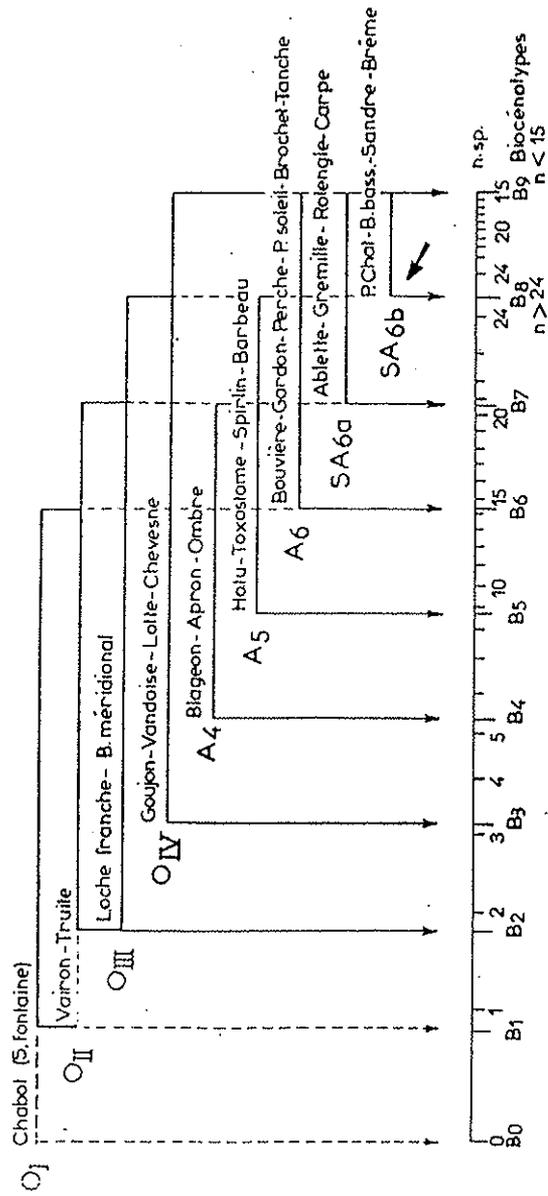


Fig.5 organisation des groupements "socio-écologiques" le long de la structure biologique de l'écosystème théorique d'eau courante.

O : ordres. A : alliances. SA : sous-alliances.

Analyse d'inventaires ichtyologiques

Espèces												
Cha.	Tr.	Vai.	L. fr.	Van.	Lot.	Gou.	Bro.	Gar.	Rot.	Abl.	Che.	Ang.
Seine (aval Troyes)												
			++	+		++	+	++++	P	++	+++	P

+ : classes d'abondance relative.

Caractéristiques				
Espèce(s) repère(s)	Groupement repère	Gamme typologique	Diversité	Type ichtyologique
(aval Troyes)				
Ablette.....	S.A. _m	B ₁ -B ₀	(9)	(B ₀)

() : diversité trop faible par rapport à la gamme typologique intéressée ($15 < n. sp. < 30$, cf. fig.), le peuplement *atypique* est assimilable à un B₀ artificiel, il s'agit d'une station polluée.

Tableau 11 - Détermination du niveau typologique de la Seine à l'aval de Troyes (VERNEAUX, 1977 b)

La Seine à l'aval de Troyes	
Loche franche	2
Vandoise	1
Goujon	2
Brochet	1
Gardon	4
Rotengle	P
Ablette	2
Chevesne	3
Anguille	P
(B ₇)	

Tableau 12 - Détermination du niveau typologique de la Seine à l'aval de Troyes (VERNEAUX, 1980).

-Limites d'application-

Dans le cas de cours d'eau biogéographiquement isolés, cours d'eau corses, petits cours d'eau côtiers, le nombre d'espèces présentes souvent très réduits malgré quelques introductions, ne permet qu'une détermination souvent très approximative de leur niveau typologique.

III -3- 1.3. Repérage des niveaux typologiques théoriques à partir de données mèsologiques.

La sélection d'un nombre restreint de paramètres typologiquement significatifs, déterminés par l'analyse factorielle des correspondances (température moyenne du mois le plus chaud, dureté totale, distance aux sources, section mouillée à l'étiage, pente) permettent la détermination aux moyens de trois équations (ci-dessous) du type écologique théorique ou potentiel typologique (VERNEAUX, 1977 a).

$$T1 = 0,55 \theta Mm - 4,34$$

$$T2 = 1,17 \text{ Loge } (do D. 10^{-2}) + 1,50$$

$$T3 = 1,75 \text{ Loge } \left(\frac{Sm}{Pl^2} \cdot 10^2 \right) + 3,92$$

$$T = 0,45 T1 + 0,30 T2 + 0,25 T3$$

- θMm : température maximale moyenne du mois le plus chaud.

- do D. : produit de la distance aux sources, en kilomètres, par la dureté totale en mg/l.

- $\frac{Sm}{Pl^2}$: rapport de la section mouillée à l'étiage en mètre carré, au produit de la pente en pour-mille, par le carré de la largeur du lit en mètre.

Les trois facteurs synthétiques retenus parmi les 18 paramètres analysés représentent 50 % de la contribution totale à l'explication des axes F1, F2 = 62,28 %, soit en fait 32,64 % du total.

En vue d'une application plus rationnelle de cette méthode, il conviendrait de définir :

* le nombre de mesures minimales de la température de l'eau d'une station nécessaire à l'obtention d'une valeur approchant d'une manière satisfaisante la moyenne du mois le plus chaud de l'année.

* le protocole de mesure : cycle journalier, minima maxima journalier, hebdomadaire... ?

De ces équations, il ressort que la température est le seul paramètre présentant une variation linéaire, par conséquent son importance dans le calcul du niveau typologique théorique est prépondérante.

Une erreur d'appréciation de la température moyenne de 2 °C induit une modification d'un niveau théorique égal à 1/2 niveau typologique.

Cette valeur moyenne peut varier sensiblement d'une année sur l'autre (année sèche, année pluvieuse) et les maximales peuvent être enregistrées, suivant les années, en Juillet ou en Août.

Dans la pratique il est fréquent d'être obligé, faute de mesures, de calculer cette moyenne en utilisant seulement 2 ou 3 valeurs ponctuelles, la référence typologique qui en résulte sera donc très approximative.

* De préciser l'importance du secteur du cours d'eau sur lequel la pente doit être calculée (pente de la station, pente du secteur...).

Selon la valeur de la pente prise en considération on peut constater grâce à un exemple théorique (tableau 13) une variation du niveau typologique pouvant atteindre 3/10 de niveau (ΔT)

	Caractéristiques morpho-dynamiques d'un secteur de cours d'eau	Caractéristiques morpho-dynamiques d'un secteur de cours d'eau
Pente	1 ‰	2 ‰
largeur moyenne	32 m	32 m
hauteur d'eau	1 m	1 m
0,25.T3	1,48	1,17

Tableau 13 - Exemple théorique de l'influence de la pente.

L'utilisation de cette méthode présente un intérêt certain pour les études prévisionnelles (effets des pollutions thermiques, effets de certains aménagements de cours d'eau ...), car il devient possible, compte-tenu des perturbations apportées à certains facteurs : $\theta^{\circ}\text{C}$, composantes morphodynamiques, de prévoir une modification de la structure typologique théorique. Inversement, il existe une possibilité théorique pour l'aménageur de modifier le niveau typologique d'un cours d'eau en agissant sur un ou plusieurs facteurs. En effet, l'analyse de l'évolution respective des 3 paramètres morphodynamiques composant le troisième facteur synthétique (qui après simplification peut s'écrire $\frac{h}{pxl}$) montre que la pente restant constante, T3 diminue si h (hauteur d'eau) diminue et lorsque l (largeur moyenne) augmente. Ainsi, il devient théoriquement possible de provoquer une évolution typologique vers un niveau plus apical d'un cours d'eau, en agissant sur deux paramètres h et l, à condition toutefois que l'importance de la largeur et une trop faible hauteur d'eau moyenne ne provoque pas de réchauffement significatif du milieu aqueux.

Ce type d'intervention pourrait être envisagé par certains aménageurs, en réalité sans bénéfices réels du point de vue piscicole, compte tenu du caractère artificiel et atypique du cours d'eau ainsi modifié.

-Limites d'application-

Pour des raisons déjà invoquées par ailleurs, la généralisation de cette méthode aux cours d'eau "médio-européens" nous paraît prématurée. En effet, pour des cours d'eau alpins, des imprécisions et des aberrations, du même type que celles relevées par BERTHELEMY (1966) et VERNEAUX(1973), à propos de la règle des pentes de HUET (1949) ou du schéma de ILLIES et BOTOSANEANU (1963) ont pu être observées.

En outre, les données fournies par cette méthode se révèlent très imprécises en ce qui concerne les zones de sources et le secteur supérieur des cours d'eau.

Cette méthode n'est pas applicable aux milieux canalisés.

-Conclusion-

Ces deux dernières méthodes apparaissent surtout fiables au niveau du Rhithron inférieur de l'épi et du mésopotamon, elles le sont moins pour le Rhithron moyen et très peu pour le Rhithron supérieur mal représentés dans le bassin du Doubs.

Dans de nombreux cas, la confrontation des appartenances typologiques théorique et ichtyologique révèle des discordances entre les données fournies par ces deux méthodes pouvant être attribuées à des perturbations du milieu aquatique. Quelquefois cependant, on peut se demander si les discordances relevées n'auraient pas pour origine un effort de pêche insuffisant ou une trop grande approximation des paramètres utilisés, notamment de la température, facteur prépondérant, et de la pente.

Malgré l'imprécision des références que fournissent les différentes méthodes biotypologiques, celles-ci constituent un outil précieux notamment lors d'études à caractère synthétique. C'est pourquoi la nécessité de disposer d'une méthode de repérage précise, fiable et applicable à l'ensemble du territoire national, devrait permettre de privilégier les travaux de recherches permettant d'aboutir à son élaboration.

BIBLIOGRAPHIE / - Auteurs Cités. § III.

- BERTHELEMY C. 1966. Recherches écologiques et biogéographiques sur les Plécoptères et Coléoptères d'eau courante (*Hydraena* & *elminthidae*) des Pyrénées. *Annls. Limnol.* 2 (2) : 227-458.
- GHETTI F.P., BONAZZI G. 1977. - A comparaison between various criteria for the interpretation of biological data in the analysis of the quality of runningwaters. *Water research.* 11 : 819-831.
- HUET M. 1949. - Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles dans les eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11 (3-4) : 332-351.
- ILINGER J.P. 1981. - *Etude critique de l'échantillonnage des mairainvertébrés benthiques dans un grand cours d'eau par la méthode des IQBG et IQBP.* DEA Ecologie Univ. Paris VI : 118 p.
- ILLIES J. 1955. - Der biologische Aspekt der limnologischen Fließwassertypisierung. *Arch. Hydrobiol. Supp.* 22 : 337-346.
- ILLIES J. & BOTOSANEANU L. 1963. - Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique *Mitt. internat. Verein. Limnol.* 12 : 1-57.
- MOUTHON J., FAESSEL B. 1979. - Etude des torrents de Parme-Stirone-Ghiara et d'un tronçon du fleuve Pô. in *Biological water assessment methods. 3 rd. Technical Semmar* 1 : 174-205. ed. PF. Ghetti, Publ. C.E.E.
- MOUTHON J. 1980. - *Contribution à l'écologie des Mollusques des eaux courantes -esquisse biotypologique et données écologiques.* Thèse 3ème cycle Univ. Paris VI : 169 p.
- SLADCEK V. 1973. - The reality of three British biotic indices *Water Research.* 7 : 995-1002.
- TUFFERY G. VERNEAUX J. 1968. - *Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes : les indices biotiques.* Trav. CERAFER : 31 p.

- VERNEAUX J. TUFFERY 1967. - Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices Biotiques. *Ann. Sce Univ. Besançon Zool.* 3 : 79-80.
- VERNEAUX J. 1973. - *Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura) -Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie.* Thèse Doct. es Sc. Nat. Fac Sc. Univ. Besançon : 257 p.
- VERNEAUX J. 1975. - Principes fondamentaux pour la détermination des critères écologiques relatifs aux biocénoses d'eau courante. *in Principles and methods for determining ecological criteria on hydrobiocenoses. Proceeding of the European Scientific Colloquium Luxembourg* : 191-207. Publ. for CEE by Perganion Press.
- VERNEAUX J. 1976 a. - Biotypologie de l'écosystème "eau courante". La structure biotypologique. *C.R. Acad. Sc. Paris* 283 : 1663-1666.
- VERNEAUX J. 1976 b. - Biotypologie de l'écosystème "eau courante". Les groupements socio-écologiques. *C.R. Acad. Sc. Paris* 283 : 1791-1793.
- VERNEAUX J. 1977 a. - Biotypologie de l'écosystème "eau courante". Déterminisme approché de la structure biotypologique *C.R. Acad. Sc. Paris* 284 : 77-79.
- VERNEAUX J. 1977 b. -Biotypologie de l'écosystème "eau courante". Détermination approchée de l'appartenance typologique d'un peuplement Ichtyologique. *C.R. Acad. Sc. Paris* 284 : 675-678.
- VERNEAUX J. 1980. - Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales -Principales méthodes biologiques. *in Pesson : Pollution des eaux continentales* 289-345. Gauthier Villars ed. 2ème ed. Paris.
- VERNEAUX J., LEYNAUD G. 1974. - *Note sommaire sur la définition d'objectif et de critères de la qualité des eaux courantes.* Trav. CTGREF : 12 p.

BIBLIOGRAPHIE / - Auteurs Cités. § III.

- BERTHELEMY C. 1966. Recherches écologiques et biogéographiques sur les Plécoptères et Coléoptères d'eau courante (*Hydraena* & *elminthidae*) des Pyrénées. *Annls. Limnol.* 2 (2) : 227-458.
- GHETTI F.P., BONAZZI G. 1977. - A comparaison between various criteria for the interpretation of biological data in the analysis of the quality of runningwaters. *Water research.* 11 : 819-831.
- HUET M. 1949. - Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles dans les eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11 (3-4) : 332-351.
- ILINGER J.P. 1981. - *Etude critique de l'échantillonnage des mairoinvertébrés benthiques dans un grand cours d'eau par la méthode des IQBG et IQBP.* DEA Ecologie Univ. Paris VI : 118 p.
- ILLIES J. 1955. - Der biologische Aspekt der limnologischen Fließwassertypisierung. *Arch. Hydrobiol. Supp.* 22 : 337-346.
- ILLIES J. & BOTOSANEANU L. 1963. - Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique *Mitt. internat. Verein. Limnol.* 12 : 1-57.
- MOUTHON J., FAESSEL B. 1979. - Etude des torrents de Parme-Stirone-Ghiara et d'un tronçon du fleuve Pô. in *Biological water assessment methods. 3 rd. Technical Semmar* 1 : 174-205. ed. PF. Ghetti, Publ. C.E.E.
- MOUTHON J. 1980. - *Contribution à l'écologie des Mollusques des eaux courantes -esquisse biotypologique et données écologiques.* Thèse 3ème cycle Univ. Paris VI : 169 p.
- SLADECEK V. 1973. - The reality of three British biotic indices *Water Research.* 7 : 995-1002.
- TUFFERY G. VERNEAUX J. 1968. - *Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes : les indices biotiques.* Trav. CERAFER : 31 p.

- VERNEAUX J. TUFFERY 1967. - Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices Biotiques. *Ann. Sce Univ. Besançon Zool.* 3 : 79-80.
- VERNEAUX J. 1973. - *Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura) -Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie.* Thèse Doct. es Sc. Nat. Fac Sc. Univ. Besançon : 257 p.
- VERNEAUX J. 1975. - Principes fondamentaux pour la détermination des critères écologiques relatifs aux biocénoses d'eau courante. *in Principles and methods for determining ecological criteria on hydrobiocenoses. Proceeding of the European Scientific Colloquium Luxembourg* : 191-207. Publ. for CEE by Pergamon Press.
- VERNEAUX J. 1976 a. - Biotypologie de l'écosystème "eau courante". La structure biotypologique. *C.R. Acad. Sc. Paris* 283 : 1663-1666.
- VERNEAUX J. 1976 b. - Biotypologie de l'écosystème "eau courante". Les groupements socio-écologiques. *C.R. Acad. Sc. Paris* 283 : 1791-1793.
- VERNEAUX J. 1977 a. - Biotypologie de l'écosystème "eau courante". Déterminisme approché de la structure biotypologique *C.R. Acad. Sc. Paris* 284 : 77-79.
- VERNEAUX J. 1977 b. -Biotypologie de l'écosystème "eau courante". Détermination approchée de l'appartenance typologique d'un peuplement Ichtyologique. *C.R. Acad. Sc. Paris* 284 : 675-678.
- VERNEAUX J. 1980. - Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales -Principales méthodes biologiques. *in Pesson : Pollution des eaux continentales* 289-345. Gauthier Villars ed. 2ème ed. Paris.
- VERNEAUX J., LEYNAUD G. 1974. - *Note sommaire sur la définition d'objectif et de critères de la qualité des eaux courantes.* Trav. CTGREF : 12 p.

- VERNEAUX J., FAESSEL B. et MALESIEUX G. 1976. - *Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes. Détermination de la qualité des eaux courantes.* Trav. CTGREF et Cent. Hydrobiol. Univ. Besançon : 14 p.
- WASSON J.G., DUMONT B., TROCHERIE F. et Col. 1981. - *Protocole de description des habitats aquatiques et de prélèvement des invertébrés benthiques dans les cours d'eau.* Trav. CEMAGREF, Etude n° 1 : 18 p.
- WOODIWISS F.S. 1964. - The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chem. and Ind.* : 443-447.
- Rapport CTGREF 1977. - *Etude Ecologique du Rhône - Sites du Bugey, Chavanay et Tricastin -état de référence.* : 107 p.
- Rapport CTGREF 1978. - *Hydrobiologie du Haut-Verdon.* Etude n° 13 : 98 p.
- Rapport CEMAGREF 1979. - *Surveillance hydrobiologique du site du Bugey* : 17 p.

ANNEXE - III -1

Limites de précision des déterminations pratiques des unités systématiques -Ib-
(d'après Tufféry et Verneaux, 1967)

ORDRES	Unités systématiques (Limites de précision de la détermination)
Plécoptères	genre
Trichoptères	famille ou genre selon les cas
Ephéméroptères	genre
Odonates	genre
Coléoptères	famille
Mollusques	genre ou espèce selon les cas
Crustacés	famille
Mégaloptères	genre
Hémiptères	genre
Diptères	famille
Planaires	genre ou espèces selon les cas
Hirudiné	genre ou espèces selon les cas
Oligochètes	famille ou présence
Nématodes	présence
Hydracariens	présence

Groupes faunistiques	limites pratiques (taxons)	IQBG
Plécoptères	genre	.
Trichoptères	genre ou famille (Leptoceridae - Limnephilidae - Sericostomatidae)	-
Ephéméroptères	genre	.
Coléoptères	famille ou genre (in Dryopidae - Elminthidae - Halipidae - Hydraenidae)	-
Odonates	genre ou famille (Coenagrionidae)	.
Mégaloptères	genre	.
Hémiptères	famille ou genre (Aphelocheirus)	.
Diptères	famille	.
Planipennes	ordre	.
Collemboles	ordre	.
Lépidoptères	ordre	.
Hydracariens	ordre	.
Crustacés (macroscopiques):	famille .	.
Mollusques	genre ou famille (Hydrobiidae - Planorbidae - Unionidae - Valvatidae)	-
Tricladés	genre	.
Oligochètes	classe	.
Hirudinés	famille ou genre (Helobdella - Hemicleipsis)	.
Nématodes	classe	.

ANNEXE -- III -3

Tableau standard de détermination des indices biotiques
(d'après Tufféry et Verneaux, 1967)

I Groupes Faunistiques	II Sous-groupes, selon nombre d'Unités systématiques (U.S.) rencontrées.		III Nombre total des unités systématiques présentes				
			0-1	2-5	6-10	11-15	16 et +
1 Plécoptères ou Ecdyonuridae	1	+ d'une U.S.	-	7	8	9	10
	2	1 seule U.S.	5	6	7	8	9
2 Trichoptères à fourreau	1	+ d'une U.S.	-	6	7	8	9
	2	1 seule U.S.	5	5	6	7	8
3 Ancyliidae ou Ephéméroptères (sauf Ecdyonuridae)	1	+ de 2 U.S.	-	5	6	7	8
	2	2 ou - de 2 U.S.	3	4	5	6	7
4 Aphelocheirus ou Odonates ou Gammaridae ou Mollusques (sauf Sphaeridae)	0	Toutes les U.S. ci-dessus absentes	3	4	5	6	7
5 Asellus ou Hirudinae ou Sphaeridae ou Hémiptères (sauf Aphelocheirus)	0	Toutes les U.S. ci-dessus absentes	2	3	4	5	-
6 Tubificidae ou Chironominae des groupes thummi et plumosus	0	Toutes les U.S. ci-dessus absentes	1	2	3	-	-
7 Eristalinae	0	Toutes les U.S. ci-dessus absentes	0	1	1	-	-

ANNEXE - III -4

: tableau standard de détermination des Indices de Qualité
Biologique (I.Q.B.G. - I.Q.B.P.)

groupes faunistiques repérés	diversité taxonomique *	Echant. gr. repérés	> 30	30 ≥ d > 25	25 ≥ d > 19	19 ≥ d > 12	d ≤ 12	
Plécoptères Sétipalpia	I	1	≥ 3	20	19	18	17	16
		2	< 3	19	18	17	16	15
Heptageniidae except <i>Heptagenia</i>	II	1	≥ 2	18	17	16	15	14
		2	1	17	16	15	14	13
Plécoptères Filipalpia except <i>Nemouridae</i>	III	1	≥ 3	16	15	14	13	12
		2	< 3	15	14	13	12	11
Trichoptères à fourreaux larvaires	IV	1	≥ 5	14	13	12	11	10
		2	< 5	13	12	11	10	9
Ephéméroptères except <i>Epeorus</i> <i>Ecdyonurus</i> <i>Nemouridae</i> <i>Elminthidae</i> <i>Heptagenia</i> <i>Rhythrogena</i> <i>Baetis-Caenis</i> <i>Ephemerella</i>	V	1	≥ 6	12	11	10	9	8
		2	< 6	11	10	9	8	7
Trichoptères sans fourreaux larvaires <i>Baetis</i> <i>Ephemerella</i> <i>Tricladés</i> except <i>Dendrocoelum</i>	VI	1	≥ 5	10	9	8	7	6
		2	< 5	9	8	7	6	5
Odonates <i>Sialis</i> Gammaridae Mollusques - <i>Caenis</i> Coléoptères except <i>Elminthidae</i>	VII	1	≥ 6	8	7	6	5	4
		2	< 6	7	6	5	4	3
Chironomidae Oligochètes <i>Hirudinae</i> <i>Asellus</i> <i>Dendrocoelum</i>	VIII	1	≥ 3	6	5	4	3	2
		2	< 3	5	4	3	2	1

* taxons : selon les indications du tableau des limites de détermination.

Fiche de prélèvements différentiels -IQBG

substrat	vases et	litières	graviers	pierres	blocs
	limons débris organiques fins	éléments organiques grossiers	sables	cailloux galets	surfaces compactes (dalles-tufs argiles...)
courant	:	:	:	:	:
nul $v < 10$ cm/s	:	:	:	:	:
faible $10 \lesssim v < 25$:	:	:	:	:
modéré $25 \lesssim v < 50$:	:	:	:	:
moyen $50 \lesssim v < 100$:	:	:	:	:
fort $100 \lesssim v < 200$:	:	:	:	:
très fort à violent $v \gtrsim 200$ cm/s	:	:	:	:	:

IV /Résultats des recherches entreprises/

IV -1- Les Diatomées :

-Etat des connaissances acquises en matière de Diatomées benthiques

La prospection des stations permanentes de l'Inventaire pour le Bassin Rhône Méditerranée - Corse a été réalisée au cours de trois campagnes de prélèvements en 1977 complétées par des récoltes plus ponctuelles en 1978-79 et 80.

189 échantillons ont ainsi été examinés et ont conduit à dresser une liste de plus de 300 taxons. Cet inventaire succinct n'est en aucun cas exhaustif, la préoccupation essentielle étant la mise en évidence des formes les mieux représentées en vue d'établir un diagnostic global de la qualité des eaux et non la recherche systématique d'espèces considérées comme rares.

IV -1- 1. Techniques d'étude :

IV -1- 1.1. Echantillonnage des communautés

L'aptitude des Diatomées à coloniser les milieux aquatiques les plus variés pourrait laisser supposer que leur répartition est relativement homogène dans les eaux courantes. Outre la succession naturelle des espèces de l'amont vers l'aval connue depuis longtemps l'expérience tend à prouver l'existence de différences parfois marquées dans la composition des communautés au sein d'un même biotope en fonction du substrat et pour un support donné par rapport à son orientation vis à vis du courant. (BACKHAUS 1967).

Ces variations sont encore plus accusées lorsque l'on considère la structure des peuplements ou la biomasse. Aussi, bien que de nombreux auteurs (PATRICK 1963, SAUNDERS & Al 1976, DESCY 1975) aient proposé une approche quantitative, il a paru souhaitable, dans un souci de simplification de réaliser l'échantillonnage des Diatomées benthiques de manière qualitative.

- Choix des supports

Chaque station étant constituée d'une mosaïque de biotopes il convient d'effectuer un choix des supports à prospector ou d'en établir éventuellement une hiérarchie afin d'alléger le protocole d'échantillonnage.

Ce choix doit obéir à de nombreux impératifs:

- le support doit être représentatif de la station (donc dominant) si l'objectif à atteindre vise à établir un diagnostic de la qualité globale du milieu.
- Si le but recherché est l'appréciation de la qualité de l'eau il

est préférable de choisir un support immergé en permanence à la même profondeur dans la zone photique et dans des conditions d'écoulement les plus rapides (afin de prévenir la sédimentation de certaines espèces à la dérive). Enfin le support retenu doit être neutre (incapable d'échanges avec les Diatomées). Un tel résultat peut être obtenu à l'aide de substrats artificiels suspendus à des flotteurs en particulier dans des milieux soumis à des variations importantes du niveau des eaux.

- Enfin chaque fois que cela est possible les prélèvements sont effectués au centre du cours d'eau afin de limiter l'influence de rejets clandestins le long des rives.

En pratique, ces conditions sont souvent irréalisables.

Il est vain par exemple de rechercher de l'amont vers l'aval d'un cours d'eau des substrats de même nature car ils disparaissent naturellement ou par suite d'"aménagements" ou d'exploitation. Les comparaisons susceptibles d'être effectuées entre biocénoses concernent donc des supports de nature différente à plus ou moins brève échéance.

- L'utilisation de substrats artificiels nécessite leur maintien dans la zone photique. Ce résultat ne peut être obtenu que par la suspension à des flotteurs. Les crues, les matériaux dérivant, l'indélicatesse des curieux nécessitent une surveillance rigoureuse souvent impossible à assurer pendant la durée de l'expérimentation.

- Enfin l'accès au centre des fleuves (sur le cours inférieur en particulier) est souvent utopique.

Pour toutes ces raisons il n'est pas proposé ici de méthode universelle mais seulement quelques conseils d'ordre pratique.

Selon la littérature scientifique, l'optimum de développement des Diatomées benthiques se situe dans les eaux courantes bien oxygénées sur des supports stables et sous de très faibles épaisseurs d'eau (moins de 20 cm) en présence d'une légère charge organique.

Dans les faciès lénitiques, les communautés benthiques et périphytiques sont souvent plus caractéristiques de leur support que de la qualité de l'eau. Ainsi les associations d'épiphytes : *Synedra parasitica* et *Rhoicosphenia curvata* avec *Cladophora glomerata* ou encore *Achnanthes hungarica* avec *Lemna minor* sont bien connues. De même la microflore épipélique (associée au sédiment) sera par exemple très riche en formes saprophytes (genres *Hantzschia* et *Nitzschia*) en raison de l'accumulation des matières organiques en suspension.

Dans les faciès lotiques en revanche, la microflore épilithique

qui colonise des supports stables et neutres (blocs, pierres, galets) grâce à des systèmes de fixation efficaces (ex. genres *Achnanthes*, *Gomphonema* etc...) et surtout l'absence de sédimentation d'espèces étrangères à la station ayant pu dériver de l'amont permettent une estimation globale de qualité en rapport étroit avec celle du support aqueux.

Sur chaque station le protocole d'échantillonnage simplifié a donc consisté à rechercher en priorité des substrats naturels dans les deux types de faciès : à courant le plus rapide (lotique) et dans les zones les plus calmes (lénitique).

Dans les milieux potamiques ou canalisés les substrats accessibles deviennent plus rares et des supports artificiels (piles de pont, murs palplanches) doivent être recherchés.

L'absence de faciès lotique peut parfois être compensée par des prélèvements effectués sur des seuils ou des déversoirs de barrage ou d'écluse.

Dans les zones soumises à des variations de niveau importantes (queue de retenue ou aval de barrage, zone sous influence des marées) il est impératif de compléter l'échantillonnage des supports naturels par celui des objets flottants et amarrés (bouées, pontons, ou barques). En effet, l'examen des biocénoses soumises aux variations de niveau donc à des assèchements temporaires suivies de turbidités parfois élevées montre la prédominance de formes résistantes ou euryhèces traduisant une dégradation du milieu. Les communautés fixées sur des flotteurs (restant en permanence immergées dans la zone photique) fourniront essentiellement des informations relatives à la qualité des eaux.

Les différences relevées entre ces deux types d'échantillonnage sont souvent très importantes d'autant plus que la qualité des eaux est bonne.

Quel que soit le type de prélèvement réalisé il doit être noté avec précision (nature du support, faciès et caractéristiques particulières de l'habitat éventuellement), ce qui risque de faciliter grandement l'interprétation des résultats.

Une codification des prélèvements est proposée en tableau n°2, elle a été utilisée sur les stations du bassin R.M.C.

- Mode opératoire et matériel utilisé

Le repérage des Diatomées peut se faire à l'oeil nu lorsque le matériel est abondant. Ces algues forment alors un revêtement brun à jaune ocre

à proximité immédiate de la surface de l'eau.

Dans de bonnes conditions la colonisation des supports nécessite au minimum une quinzaine de jours aussi tout échantillonnage devient presque impossible en période de crue et il est nécessaire de prévoir un délai analogue après chaque montée importante du niveau des eaux.

- Les algues épilithiques et périphytiques (au sens large) sont récoltées par raclage à l'aide d'une lame (canif, cutter)

- Les algues épiphytiques sur macrophytes (phanérogames, mousses) sont prélevées par expression ou, en faciès lénitique, à l'aide d'un filet à nanoplancton (28 µ de vide de maille) muni d'un manche télescopique.

Les algues épipélitiques peuvent être récoltées à l'aide d'une pipette ou d'une seringue.

Les supports artificiels et verticaux (murs, palplanches) nécessitent l'utilisation d'un racloir muni à sa base d'un filet très fin et d'un manche télescopique.

Le matériel est fixé sur le terrain au formol à 4%.

IV -1- 1.2. Préparation et comptage

Après nettoyage à l'eau oxygénée concentrée le matériel est monté dans une résine réfringente le Naphrax (I.R.=1,74) pour être ensuite observé au fort grossissement. Parallèlement, des observations sur matériel fixé et sur des grillages permettent de résoudre la plupart des problèmes systématiques.

Un comptage portant au moins sur 500 individus est réalisé par transects et au fort grossissement.

Le nombre d'individus est parfois très inférieur lorsque le matériel est pauvre ou plus élevé si l'échantillon est très riche.

Ce comptage permet d'établir les pourcentages de chaque taxon par rapport au nombre total d'individus comptés.

Les résultats sont donc exprimés en% d'abondance relative.

IV -1- 1.3. Codification des résultats

Les résultats des inventaires réalisés sur l'ensemble des stations du bassin R.M.C. ont été stockés sur ordinateur après codification.

Chaque taxon est affecté de 4 lettres (cf. annexe IV-2) et le code de chaque station comprend essentiellement le code hydrologique et le pK.

(Ces résultats pourront être fournis à la demande).

IV -1- 2. UTILISATION DES DIATOMÉES BENTHIQUES POUR L'APPRECIATION DE LA QUALITE DES EAUX

La prise en compte des Diatomées dans le diagnostic des pollutions est déjà très ancienne puisque dès le début du siècle KOLKWITZ et MARSSON (1908-1909) les utilisent dans un système dit des "Saprobies" pour l'appréciation des contaminations organiques. Ce système a depuis été remanié, modifié et critiqué par de très nombreux auteurs.

Certaines variantes du système des Saprobies ont fait l'objet de nombreuses applications et l'une d'elle a été utilisée ici.

D'autres méthodes s'appuyant sur la structure des peuplements et la diversité spécifique n'ont pas été prises en compte sur le bassin R.M.C. car elles font appel à des techniques d'échantillonnage quantitatives.

D'autres méthodes enfin associent les Diatomées à d'autres groupes taxonomiques ; elles sont exposées dans de nombreux ouvrages plus ou moins détaillés (WEBER 1973, SLADCEK 1973, PESSON 1976 etc...)

Le traitement des données recueillies sur l'ensemble des stations du bassin R.M.C. a fait appel à des techniques nécessitant des identifications au niveau de l'espèce. Bien que l'obstacle systématique limite les possibilités d'application les résultats obtenus permettent d'entrevoir une première simplification aboutissant à l'utilisation des genres ou des associations de genres.

IV -1- 2.1. Méthodologie

Méthode de ZELINKA et MARVAN (1961) modifiée DESCY (1979)

ZELINKA et MARVAN après avoir établi une liste détaillée d'organismes indicateurs de 5 degrés de saprophilie proposent une formule de calcul directement dérivée de celle de PANTLE et BUCK (1955) de la forme :

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

où: X = degré de contamination organique
h = abondance de l'espèce (densité absolue ou densité relative)

x = degré de saprophilie exprimé pour chaque espèce par des notes réparties sur chaque niveau de saprotrophie et dont la somme est égale à 10.

g = valeur indicatrice de l'espèce (note variant de 1 à 5)

DESCY (1979) propose une formulation identique tout en modifiant la signification des termes utilisés.

$$I = \frac{\sum_{j=1}^p A_j \times s_j \times v_j}{\sum_{j=1}^p A_j \times v_j}$$

où: A_j = abondance relative de l'espèce j
 s_j = sensibilité de l'espèce (note 1 à 5)
 v_j = valeur indicatrice de l'espèce
 (note variant entre 1 et 3)

Pour chaque prélèvement l'application de cet indice permet à DESCY d'obtenir une note variant entre 1 et 5 qu'il interprète comme suit:

pour $I > 4,5$: meilleure qualité biologique pas de pollution.

$4,5 < I < 4$: qualité presque normale (légères modifications des communautés de Diatomées, pollution légère).

$4 < I < 3$: Modifications plus importantes des communautés, régression des formes sensibles, pollution modérée ou eutrophisation significative.

$3 < I < 2$: Espèces résistantes dominantes, régression ou disparition des formes sensibles (diversité réduite), forte pollution.

$2 < I < 1$: Dominance marquée de quelques espèces résistantes (de nombreuses espèces ont disparu), très forte pollution.

L'attribution des valeurs de S et V a été effectuée par cet auteur à partir de données recueillies sur l'ensemble du bassin de la Meuse belge où il distingue 5 biotypes allant des eaux acides oligotrophes aux milieux alcalins eutrophes.

Cette technique a été reprise ici en apportant quelques modifications:

- Les valeurs de S et V ont été établies à partir des données recueillies sur l'ensemble du réseau hydrographique français complétées par celles de la littérature scientifique. Elles sont souvent différentes de celles retenues par DESCY. Par V nous désignons le degré de sténocécie des espèces qui est l'aptitude à proliférer dans des conditions bien précises.

- Afin de permettre des confrontations et une meilleure exploitation des résultats, des classes d'indice (appelé ici I.P.S.=indice de polluo-sensibilité) variant de 1 à 20 dans le sens des qualités croissantes sont proposées ici.

- Proposition de classes de qualité pour le calcul d'un indice basé sur les polluo-sensibilités spécifiques (IPS)

$\Sigma SVA / \Sigma VA$	1 - 1,20	1,21-1,4	1,41-1,6	1,61-1,8	1,81-2,0	2,01-2,2	2,21-2,40
I.P.S.	1	2	3	4	5	6	7
$\Sigma SVA / \Sigma VA$	2,41-2,6	2,61-2,8	2,81-3,0	3,01-3,2	3,21-3,4	3,41-3,6	3,61-3,80
I.P.S.	8	9	10	11	12	13	14
$\Sigma SVA / \Sigma VA$	3,81-4,00	4,01-4,20	4,21-4,40	4,41-4,60	4,61-4,80	4,81-5,00	
I.P.S.	15	16	17	18	19	20	

- Les valeurs de S et V attribuées aux Diatomées récoltées sur le bassin Rhône - Méditerranée-Corse figurent dans le tableau n°14 et l'annexe IV -2.

TABLEAU N° 14 VALEURS DE S ET V ATTRIBUEES AUX DIATOMEES POUR LE CALCUL D'UN INDICE DIATOMIQUE BASE SUR LES SENSIBILITES SPECIFIQUES (I.P.S.)

	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V
S= Sensibilité aux pollutions (5 classes)	AAFF	5 2	CLEP	5 3	FCRO	4 1	NANG	3 2	NIGR	3 2	NTEN	3 2
V= Degré de sténocécie (3 classes)	AAHE	5 3	CMEN	2 1	FINT	3 1	NAOB	5 2	NIHU	2 2	NTRI	5 3
	ABIA	3 3	CMIC	5 2	FLEP	3 1	NAPI	2 3	NILA	5 3	NTRL	2 2
	ABIG	2 3	CNAV	4 2	FPIN	4 1	NATO	4 1	NINC	1 1	NTRV	2 2
	ABIN	2 3	COCE	3 1	FVAU	3 1	NBAC	4 2	NINT	1 3	NTRY	2 3
	ABRE	2 3	COHU	5 2	FVIR	5 2	NBRE	1 2	NIPU	2 3	NTUS	5 3
	ACON	4 2	COLA	2 2	FVUL	4 3	NCAM	4 1	NIRO	3 3	NTWY	2 3
	ACRO	4 2	CPAR	5 3	GABB	1 2	NCAR	5 3	NITE	3 2	NUMB	1 3
	AEXG	5 2	CPED	4 2	GACO	5 2	NCIL	2 3	NLAN	3 1	NVEN	1 2
	AEXI	5 3	CPLA	4 1	GAGA	3 3	NCIN	2 2	NLIN	3 2	NVER	4 1
	AFOR	4 1	CPLE	3 1	GANG	4 1	NCIT	5 2	NMEN	3 1	NVIR	3 3
	AHUN	2 3	CPLI	5 1	GAPR	3 2	NCLA	2 3	NMIC	2 3	PBRE	3 3
	AKRY	5 3	CPLK	5 1	GATU	5 2	NCLE	5 3	NMIN	4 1	PMIC	3 3
	ALAE	3 1	CPRO	4 3	GAUG	3 3	NCOB	5 3	NMIS	3 1	PNOB	5 3
	ALAN	4 1	CPST	4 1	GCON	4 2	NCOH	2 3	NMUR	3 1	PSCA	5 2
	ALAR	4 1	CSAP	4 2	GCUR	5 1	NCOM	1 3	NMUT	2 1	RCUR	4 1
	ALAP	5 3	CSBI	5 3	GGRA	5 2	NCOS	5 2	NNEO	2 3	RGIB	5 3
	ALAU	5 3	CSIL	5 3	GHEL	5 3	NCPR	3 2	NOBL	5 3	SAAN	4 1
	ALIN	5 2	CSIN	5 1	GHTE	5 3	NCRE	2 3	NPAC	3 1	SACU	4 1
	ALIP	5 2	CSOL	4 3	GINT	5 2	NCRY	4 1	NPAE	3 1	SAMP	5 2
	ALPP	5 3	CSTE	4 1	GIPU	5 2	NCUS	4 1	NPAL	1 3	SANG	4 1
	AMCR	5 2	CSTR	2 3	GLAN	4 3	NDEB	2 3	NPER	2 3	SASM	2 1
	AMIC	5 3	CTHU	4 2	GLON	5 2	NDEC	4 2	NPHY	2 2	SAST	2 2
	AMIN	5 2	CTMD	5 2	GNOD	4 3	NDEN	4 2	NPRO	2 3	SDUB	3 1
	AMON	5 3	CTUM	3 3	GOLC	4 1	NDIC	4 2	NPSH	1 3	SHAN	1 1
	AORN	2 3	CTUR	5 2	GOLI	4 1	NDIG	2 3	NPSL	5 2	SIDE	3 3
	AOVA	3 1	CVEN	4 2	GPAR	1 1	NDIS	4 2	NPUP	2 2	SLHE	5 3
	APED	4 2	DELO	3 2	GPMI	1 1	NDUB	2 3	NPYG	2 3	SLIN	5 2
	APEL	5 3	DELT	3 2	GSCA	3 3	NEDU	4 3	NRAD	5 2	SOCR	4 1
	APLO	5 2	DHME	5 3	GSPE	4 3	NEIR	5 2	NREC	3 2	SOPI	3 1
	ARUT	2 3	DMAR	5 2	GTER	4 3	NEXC	5 3	NREI	5 3	SOSA	2 1
	AVEN	1 1	DOCU	5 3	GYAC	4 3	NEXG	4 2	NREG	5 2	SOVA	3 1
	AVIT	5 2	DOOB	4 2	GYAT	4 3	NEXI	4 1	NRHY	4 3	SOVI	2 2
	BLEV	2 3	DPUE	5 3	HAMP	1 3	NFIL	3 3	NROM	4 1	SPAR	4 1
	BPAR	2 3	DTCR	5 3	MAMB	3 1	NFLE	4 1	NROS	3 3	SPSC	4 1
	CAEX	4 2	DTEN	5 3	MARE	5 3	NFOS	4 2	NROT	5 3	SPUL	3 3
	CAFF	4 2	DVUE	4 1	MCCO	5 2	NFRU	2 1	NRTE	4 1	SRSC	4 2
	CAMP	2 3	DVUL	4 1	MCIR	5 2	NGAN	1 3	NSAL	2 3	SRUM	4 1
	CARC	5 2	DVUO	4 1	MDIS	4 1	NGOE	2 2	NSAP	2 1	SSMI	5 3
	CATO	2 1	EABI	5 2	MGAN	3 1	NGRA	4 3	NSBH	5 2	STAB	2 3
	CBAC	4 2	EARC	5 1	MGRA	3 1	NGRE	3 1	NSBL	5 3	STAN	5 3
	CCES	5 3	EEXI	5 3	MISL	5 1	NGRO	5 3	NSCA	3 1	STEN	4 2
	CCIS	4 3	ELUN	5 2	MITA	4 1	NHAL	1 2	NSEM	1 2	STNE	4 1
	CCOM	5 1	EPMI	5 1	MVAR	3 1	NHAN	5 3	NSEO	3 1	SOBT	5 3
	CDEL	5 2	ETUR	5 2	NACD	5 2	NHEL	5 2	NSHR	2 3	SUBI	4 1
	CDMI	5 1	FALP	5 3	NACI	2 3	NHEU	3 2	NSIG	2 3	SUCA	3 1
	CELL	5 2	FBIC	5 3	NACO	1 3	NHUC	4 1	NSIN	5 3	SUDA	4 1
	CGLO	5 1	FBID	5 1	NACU	5 2	NHUS	5 2	NSIO	4 1	SULN	3 1
	CHEL	5 3	FBRE	4 1	NAES	2 3	NIAA	3 2	NSIT	5 3	SUOX	2 1
	CHUS	5 2	FCAP	5 1	NAGF	1 3	NIAG	3 2	NSLE	3 3	TFLO	5 1
	CIRI	5 2	FCME	5 2	NALE	1 3	NIAR	5 2	NSMO	2 2	TWEI	2 2
	CKUT	2 1	FCOB	5 1	NAMC	2 3	NIFR	1 1	NSOC	4 3		
	CLAN	4 3	FCON	5 1	NAMP	2 2	NIFT	3 2	NTAN	4 1		

- Indice diatomique mis au point sur la Seine (C.T.G.R.E.F. 1974)

Cet indice dont les limites d'application ont été discutées par ailleurs (COSTE 1978) n'utilise que 55 espèces au total pour parvenir à une estimation de la qualité des eaux notée de 1 à 10 dans le sens des qualités croissantes.

7 groupes de cinq espèces à degré de sténoécie relativement élevé sont représentés verticalement (dans l'ordre des sensibilités décroissantes) dans un tableau à double entrée.

Horizontalement, 4 groupes de 5 espèces à degré d'euryécie plus élevé sont également représentés dans le même ordre de la gauche vers la droite.

Les groupes et sous-groupes médians définis par le % d'espèces repères qui atteint 50% du total de ces E.R. permettent l'attribution d'une note comprise entre 1 et 10 (cf. tableau 15).

IV -1- 2.2. RESULTATS D'APPLICATION DES METHODES BIOLOGIQUES D'ESTIMATION DE LA QUALITE DES EAUX : DISCUSSION

- Application de l'indice IPS (dérivé de la méthode Descy)

Cette technique présente l'avantage d'utiliser toutes les espèces présentes et à ce titre elle rend compte avec une relative précision de la sensibilité générale des communautés présentes. Elle peut ici servir de base d'appréciation à la fiabilité des autres méthodes basées sur les Diatomées dont il serait vain d'attendre une meilleure information puisqu'elles utilisent un nombre plus limité d'espèces ou de genres.

Les principaux obstacles à une application généralisée sont évidents:

- nécessité d'identifier toutes les espèces présentes
- Choix empirique des valeurs de S et V même s'il est établi à partir de résultats informatisés, il reste souvent discuté et discutable.

- Application de l'Indice Diatomique Seine (IDS)

Dans un souci de simplification le nombre d'espèces repères est limité à 55, néanmoins, la sous-représentation de ces espèces ou de certains groupes ou sous-groupes aboutit parfois à des indices très peu significatifs où le stock d'espèces non pris en compte par le tableau d'indice peut être très représentatif de la qualité du milieu. Il convient de noter que toutes les espèces retenues sur

Tableau n° 15 TABLEAU DES INDICES DIATOMIQUES ETABLI A PARTIR DES COMMUNAUTES DE DIATOMEES BENTHIQUES DE LA SEINE PAR LE C.T.G.R.E.F. (1974)

GROUPES		G 1	G 2	G 3	G 4
SOUS-GROUPES		ACHNANTHES EXILIS A. MINUTISSIMA & V. DENTICULA TENUIS & V. DIATOMA HIEMALE & V. MERIDION CIRCULARE	COCCONEIS PEDICULUS DIATOMA VULGARE & V. NITZSCHIA DISSIPATA FRAGILARIA CONSTRUENS CYMBELLA VENTRICOSA	FRAGILARIA PINNATA F. VAUCHERIAE NITZSCHIA LINEARIS N. ACICULARIS RHOICOSPHENIA CURV.	NITZSCHIA PALEA N. FRUSTULUM & V. N. PALEACEA N. AMPHIBIA NAVICULA SEMINULUM
		G 1	G 2	G 3	G 4
ACHNANTHES AFFINIS A. LINEARIS & VAR. CYMBELLA MICROCEPHALA CYMBELLA SINUATA NAVICULA TRIDENTULA	SG 1	10	9	8	7
AMPHIPLEURA PELLUCIDA CYMBELLA AFFINIS & V. FRAGILARIA CAPUCINA GOMPHONEMA INTRICATUM GOMPHONEIS CURTA	SG 2	9	8	7	6
CYMBELLA LANCEOLATA CYMBELLA PROSTRATA GYROSIGMA ATTENUATUM GYROSIGMA NODIFERUM NAVICULA GRACILIS	SG 3	8	7	6	5
CYMBELLA CISTULA GOMPHONEIS OLIVACEA NAVICULA PUPULA & V. N. CAPITATORADIATA SURIRELLA OVATA & V.	SG 4	7	6	5	4
CYMBELLA TUMIDA NAVICULA GREGARIA N. VIRIDULA & V. NITZSCHIA FILIFORMIS SYNEDRA PULCHELLA	SG 5	6	5	4	3
DIATOMA ELONGATUM & V. GOMPHONEMA ABBREVIATUM GOMPHONEMA PARVULUM NAVICULA ACCOMMODA NAVICULA TRIVIALIS	SG 6	5	4	3	2
NAVICULA MUTICA & V. N. NEOVENTRICOSA N. FRUGALIS NITZSCHIA CLAUSII SYNEDRA TABULATA	SG 7	4	3	2	1

Le bassin de la Seine figurent dans l'inventaire R.M.C.

- Confrontation des résultats obtenus :

Les estimations effectuées à l'aide des méthodes indicielles peuvent être confrontées aux données publiées par l'Agence R.M.C. pour des périodes correspondantes.

Ces comparaisons sont facilitées par la transformation de la grille de qualité en une note sur 10: (cf. tableau 16)

Tab.n°16 Classes de qualité (normes Agence) Indice (sur 10)= IRMC

1 A	Excellente	10
1 B	Bonne	8
2	Moyenne	6
3	Médiocre	4
4	Pollution excessive	2

a/ Qualité des cours d'eau des bassins côtiers

Arc à St.Pons : La qualité des eaux qualifiée de médiocre par l'Agence n'obtient une note moyenne qu'en juin 77, la note la plus basse apparaissant en Septembre 77. Il faut noter une bonne correspondance des indices Seine et IPS.

Argens à Roquebrune : Qualité bonne d'après les paramètres classiques mais médiocre d'après les dosages de micropolluants. Les notes obtenues avec IPS et IDS sont passables à moyennes. IPS varie entre 8 et 13/20, IDS entre 4 et 7/10.

Hérault à Laroque : Qualité bonne à moyenne pour l'Agence qui apparaît bonne à moyenne avec l'IDS bonne avec IPS.

Aude à Moussan : Considéré comme étant de qualité médiocre en 1977 par l'Agence ce cours d'eau semble plutôt présenter des qualités d'eau moyennes à bonnes d'après les indices.

Orb à Béziers : Moyennes pour l'Agence, les qualités apparaissent ici médiocres à mauvaises (présence de formes halophiles).

Tavignano aval Corte :

Bonne pour l'Agence en 79 le prélèvement effectué en Septembre 1980 traduit une qualité d'eau moyenne.

Tech au gué d'Ortaffa : La qualité des eaux très moyennes obtenue par l'Agence est confirmée, elle apparaît même médiocre.

Têt à Perpignan : Qualité médiocre en accord avec les méthodes indicielles.

Var à St.Laurent : Qualité passable d'après les indices, intermédiaire entre celles décelées par les analyses classiques et par les dosages de micropolluants.

Ces exemples montrent une assez bonne correspondance entre les différentes méthodes utilisées ici, les estimations indicielles étant souvent intermédiaires entre celles fournies par les analyses physico-chimiques classiques et des analyses plus complètes (micropolluants) ce qui semble confirmer la sensibilité des Diatomées à ces types de pollution. Certaines estimations en apparence plus sévères (ORB) sont dues à la présence de formes halophiles qui entraînent nécessairement des chutes d'indice.

b/ Qualité des eaux du sillon rhodanien

C'est surtout dans ce secteur que les discordances entre estimations de l'Agence et celles des indices paraissent les plus marquées. Elles peuvent être résumées comme suit :

	Estimation Agence	Indices
Rhone à Pont Carnot	passable	passable à médiocre
Rhône à Saint Vallier	passable	passable à médiocre
Isère à Pontcharra	médiocre	médiocre(IDS) à bonne (IPS)
Durance à Cadarache	médiocre à bonne	moyenne à bonne

Au niveau de Pont Carnot ces différences sont à attribuer aux variations importantes du niveau des eaux (queue de retenue de Génissiat) les méthodes indicielles reflètent plus la qualité globale du milieu que celle de l'eau (absence d'échantillonnage sur flotteur).

Au niveau de Saint Vallier les indices obtenus témoignent d'une situation plus sévère que celle mise en évidence par l'Agence en revanche la correspondance est bonne au niveau de Villeurbanne (qualité moyenne à bonne) de Givors (passable) ou d'Alès sur le Gardon (qualité mauvaise).

Sur la Durance et malgré une pollution décelable à l'aval du camping de Saint Paul les prélèvements effectués au niveau du pont de Mirabeau témoignent tous d'une qualité d'eau satisfaisante.

c/ Qualité des eaux du bassin de la Saône

Les pollutions dues aux métaux lourds et aux micropolluants semblent avoir peu d'incidence sur les valeurs indicielles qui restent bonnes tant sur la Saône à Auxonne que sur le Doubs à Goumois. Sur l'ensemble des autres stations du Doubs les estimations paraissent plutôt optimistes en comparaison de celles de l'Agence.

Il faut noter une chute d'indice importante dans la Saône à l'amont immédiat de la confluence avec le Doubs.

En conclusion et malgré quelques légères discordances qui peuvent trouver leur explication dans l'insuffisance ou le manque de représentativité de certains prélèvements les estimations obtenues à l'aide des méthodes indicielles rendent compte de manière assez fidèle du niveau de dégradation des cours d'eau du bassin. La mise en évidence des pollutions insidieuses (métaux lourds, micropolluants) paraît même décelable si l'on en juge par les écarts relevés avec les estimations des analyses physico-chimiques classiques.

IV -1- 3. Nouveaux résultats acquis : propositions et perspectives

Outre les premiers résultats obtenus à l'aide de méthodes indicielles spécifiques (IPS,IDS), il a paru souhaitable de tenter une approche basée sur les genres (dans un souci de simplification) susceptible de donner lieu éventuellement à des applications plus pratiques.

Il n'existe pas à notre connaissance de méthodologie se limitant à ce niveau d'identification pour les Diatomées et la raison en paraît simple: chaque genre (monospécifique excepté), regroupe des espèces présentant elles-mêmes une gamme très étendue de sensibilités. Le genre *Navicula* par exemple qui renferme près de 1200 espèces (d'eau douce et saumâtre) ainsi que le genre *Nitzschia* (500 espèces environ) sont de très loin les plus représentés dans nos eaux douces avec des formes aptes à coloniser tous les milieux existants.

La difficulté essentielle réside donc dans la possibilité de dégager pour chaque genre une sensibilité globale écologiquement significative.

L'examen de la classification des Diatomées (BOURRELLY 1981) suggère l'utilisation possible de certains groupes pour l'appréciation du degré de trophie et NYGGARD (1949) puis STOCKNER (1967) ont proposé divers quotients d'association visant à définir le statut trophique des milieux lacustres. En revanche aucune tentative ne paraît avoir été effectuée dans le domaine du diagnostic des pollutions.

Pourtant certains ordres et familles paraissent très représentatifs de différents niveaux de qualité globale du milieu.

Ainsi l'ordre des Monoraphidées (*Achnanthes*, *Cocconeis*), celui des Brachyraphidées (*Eunotia*, *Actinella*) ou encore des Araphidées regroupent des genres généralement électifs des qualités d'eau les meilleures. Cette remarque est également valable pour certaines familles comme celles des Epithémiacées et des Surirellacées. Celle des Nitzschiacées en revanche renferme des genres et des espèces hautement résistantes aux pollutions et parmi les plus saprophiles. La famille des Naviculacées contient des genres de sensibilité très différente capables de coloniser les milieux les plus divers des plus oligotrophes (*Amphipleura* *Stauroneis*) aux plus souillés (*Amphora* *Amphiprora*).

De nombreux essais d'application s'appuyant sur la sensibilité (S) globale et le degré de sténoécie relative (V) ont déjà été tentés sur divers cours d'eau français par le CEMAGREF à partir des valeurs proposées dans le tableau n° 17.

TABLEAU N° 17

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES ESTIMATIONS INDICIELLES REALISEES SUR L'ENSEMBLE DES PRELEVEMENTS DE DIATOMÉES RECOLTEES SUR LE BASSIN RHONE-MEDITERRANEE-CORSE

IDS = Indice diatomique Seine (55 espèces repères)
 IPS = Indice de polluo-sensibilité utilisant toutes les espèces présentes et dérivé de la méthode ZELINKA et MARVAN et DESCY
 IDG = Indice diatomique utilisant les genres (+ une section du genre *Nitzschia*) basé sur la sensibilité globale (formule de PANTLE&BUCK)
 IRMC = Estimation Agence RMC QC : d'après analyses physico-chimiques classiques et QG : d'après analyses complètes (avec micropolluants)

P = Code prélèvement
 N = Effectif compté
 D = Diversité spécifique (Shannon)

Station	N° prep.	Date	P	IDS/10	IPS/20	IDG/20	IRMC/10		N	D
							QC	QG		
ARC à Saint Pons:	1326	250177	6D01	1	4	10		4	533	2,32
"	1393	280477	1201	5	10	11			567	2,97
"	1394	"	0000	5	10	11			520	3,12
"	1636	130977	1K04	1	2	5			407	2,69
"	1835	110978	5J01	3	8	13		4	212	2,78
"	1836	"	1201	3	9	13			452	2,91
ARGENS à	1395	280477	1201	5	12	12		8-4	309	4,12
Roquebrune	1396	"	1205	7	13	10			414	4,69
"	1637	140977	1201	5	8	10			527	2,39
"	1638	"	1161	4	11	11			238	4,57
"	1639	"	1163	4	8	10			881	2,42
aux quatre Chemins	1837	120978	11B1	7	12	11			515	2,58
"	1838	"	6K01	7	13	12			433	3,60
AUDE à Cuxac	1405	280477	1104	4	12	10		4	226	4,67
"	1406	"	1204	5	10	10			234	4,50
Aude à Coursan	1648	140977	1101	6	14	12			254	4,31
"	9648	"	5J01	7	14	13			176	3,77
"	1839	120978	5H01	7	12	10		4	392	3,90
"	9839	"	5E01	7	14	14			470	1,95
"	1840	"	1103	3	7	6			587	4,54
niveau Autoroute	2795	261180	5E03	5	10	10			358	4,31
(Béziers-Narbonne)	2796	"	1102	1	6	7			649	3,01
DOUBS source	1296	170177	1K01	10	19	19			456	2,52
(amont Mouthe)	1297	"	5I04	9	18	18			405	3,87
"	1298	"	1104	8	16	16			649	3,23
"	1299	"	1101	10	19	18			210	3,44
"	1467	280677	1K01	9	19	20			363	2,27
"	1468	"	5I01	9	18	18			177	3,28
"	1551	220877	1101	10	20	20			614	1,53
"	1552	"	6D01	10	20	20			449	2,31
"	1553	"	6J01	10	19	19			392	3,32
DOUBS à Joux	1302	170177	1101	7	16	13			1186	2,69
(am. Pontarlier)	1303	"	6K04	7	16	14			930	3,71
"	1304	"	4H01	7	16	15			1453	2,67

Station	N° prep.	Date	P	IDS/10	IPS/20	IDG/20	IRMC/10		N	D
							QC	QG		
DOUBS à Joux	1470	280677	1201	8	16	17	8	4	397	2,93
	1471	"	1204	8	14	11			313	3,54
	1472	"	6K01	8	16	16			290	3,44
	1554	220877	5J01	9	17	17			230	2,68
	1555	"	1104	10	17	16			309	4,45
	1556	"	1101	10	16	16			422	4,22
DOUBS à Goumois	1300	170177	1101	6	15	8			640	2,43
	1301	"	5I01	6	15	10			653	2,89
	1473	280677	1101	7	15	10			359	3,22
	1474	"	4H01	9	16	11			336	3,69
	1557	230877	1101	9	16	14			412	3,87
	1558	"	4H01	7	15	13			362	4,17
	1559	"	6J01	7	14	14			263	4,41
DOUBS à Matay	1305	170177	7704	6	13	11			200	3,60
	9305	"	7704	6	14	12			532	3,59
	1307	"	6I01	7	15	12			216	4,24
	1308	"	1101	6	14	11			246	3,51
Aval Pont de Roide	1475	280677	1101	7	14	12			318	4,69
	1476	"	7D01	7	14	13			161	4,29
	1560	230877	1101	7	12	13			186	4,35
	9560	"	1101	7	15	14			187	4,30
Pont de Vaires	1309	180177	1102	6	14	11			369	3,75
	1310	"	1102	7	13	10			291	4,60
	1478	280677	1103	7	13	12			190	4,50
	1479	"	5E03	6	11	11			214	4,49
	1561	230877	7D04	7	12	11			291	5,14
	1562	"	7D84	7	12	11			478	4,98
	9562	"	7D84	6	13	11			167	4,41
	1563	"	7681	6	13	10			326	4,05
	1563	"	7681	6	13	10			326	4,05
DOUBS à Avanne	1311	180177	1604	6	11	10	6	4	222	4,35
	1312	"	5J01	6	13	11			246	4,51
	1313	"	1101	6	14	11			315	3,00
	1481	280677	11I1	4	9	6			750	3,08
	1482	"	11C1	7	13	12			328	4,47
	1564	230877	11C1	7	12	11			432	4,09
	1565	"	1161	4	12	11			398	3,58
	1565	"	1161	4	12	11			398	3,58
	1565	"	1161	4	12	11			398	3,58
DOUBS à Orchamps	1314	180177	1204	4	13	10			333	3,32
	1315	"	1101	6	15	12			444	2,63
	1483	280677	1181	6	12	12			268	4,12
	1484	"	5E81	6	14	9			518	3,18
	1567	230877	6D02	7	12	11			471	4,14
	1568	"	5E01	7	12	11			297	3,68
DOUBS à Molay	1306	180177	1101	6	15	11			319	3,55
	1362	170377	7901	4	12	8			265	4,30
	1363	210477	5I01	6	13	10			267	5,01
	1364	"	5E01	6	13	11			243	3,84
	1365	"	1101	6	14	11			202	3,95
	1550	"	7901	6	15	13			416	4,49
	1550	"	7901	6	15	13			416	4,49
DURANCE à Saint Paul	1390	280477	7604	3	9	12	8	4	103	3,40
	1391	"	6N04	10	19	17			532	2,91
	1392	"	1104	5	17	18			441	2,81
Pont de Mirabeau	1634	130977	1101	9	17	19			534	2,18
	1635	"	6K01	9	18	17			566	2,48
	1841	120978	1201	9	17	11			798	2,83
	1842	"	1101	9	18	16			629	2,59
	2142	130679	1201	9	16	15			477	3,31
	2142	130679	1201	9	16	15			477	3,31

Station	Prep. Date	P	IDS/10	IPS/20	IDG/20	IRMC/10		N	D		
						QC	QG				
GARDON D'ALES	1388	280477	1204	1	5	9	4	1011	2,35		
	1389	"	1201	1	6	10			550	2,38	
	1632	140977	1104	2	2	7			973	1,79	
	1633	"	1201	2	4	10			880	2,18	
	1843	120978	1201	2	6	7			4	497	2,99
	1844	"	1205	1	1	3			738	2,25	
HERAULT à Laroque	1399	280477	1104	9	17	15	8	6	395	2,95	
	1400	"	1101	9	16	12			1093	2,62	
	1401	"	1101	7	13	12			137	4,50	
	1643	140977	1101	6	14	8			339	2,57	
	1644	"	1102	8	16	11			326	3,89	
	1845	120978	1101	8	15	11			8	6	435
Amont Pèzenas	1846	"	1104	9	16	13			460	4,02	
	2208	170679	1204	8	17	14			717	3,30	
	2209	170680	11C1	6	15	9 (en 79= 6)			672	2,80	
	2210	"	1183	7	14	12			331	4,84	
aval Florensac	2797	261180	5E04	5	11	9			266	4,83	
	2798	"	11C1	4	12	7			659	2,84	
	1386	270477	1101	4	13	12			4	204	3,74
	1629	130977	1101	5	14	13					232
ISERE à Pontcharra	1630	"	6K01	8	15	15			183	4,40	
	1631	"	6N01	4	5	8			6	4	251
ISERE à Veurey	1847	110978	1L01	6	13	14			555	1,40	
	1848	"	7K01	4	13	14			661	1,93	
ORB à Sérignan	1402	280477	5E04	6	12	11	6		452	5,33	
	1403	"	1104	1	5	6			579	4,42	
	1404	"	BQB4	4	11	10			285	4,87	
	1645	140977	4H04	1	11	13			259	1,89	
	1646	"	5F04	4	10	13			289	2,93	
	1647	"	4H04	4	9	9			205	3,73	
	1849	120978	5J04	4	6	11			6	228	3,18
	9849	"	"	3	4	10			325	3,15	
	1850	"	"	5	9	10			262	4,87	
Niveau autoroute	2417	030680	1101	8	12	11			349	4,28	
	2789	261180	1101	6	13	12			563	3,70	
	1373	260477	1L03	5	9	8			6	314	3,38
1374	"	1L03	6	10	8	192	3,38				
RHONE à Pont Carnot	1619	130977	7604	4	10	11			225	4,49	
	1620	"	6K07	4	9	10			172	3,87	
	1375	200477	7601	5	15	14			8	6	320
RHONE à Lyon (Villeurbanne)	1376	"	5E01	6	14	13			454	3,98	
	1377	"	6E01	6	12	12			290	4,12	
	1574	230877	7601	8	16	14			230	3,80	
	1378	200477	1202	4	12	13			6	294	3,18
RHONE à Givors	1621	130977	7601	4	6	8			332	4,22	
	1622	"	5E01	7	11	12			303	4,63	
	1853	110978	1104	4	9	7			187	4,45	
	1323	250177	1114	3	11	12			6	227	3,79
RHONE à Saint Vallier	1324	"	1101	2	10	13			299	2,64	
	1380	270477	7604	5	13	11			421	3,68	
	1381	"	1104	4	10	10			214	4,27	
	1382	"	1105	6	11	11			268	4,44	

Station	Prep. Date	P	IDS/10	IPS/20	IDG/20	IRMC/10		N	D	
						QC	QG			
RHONE à	1623	130977	5E04	5	11	10		6	412	3,55
Saint Vallier	1624	"	1L01	3	11	11			268	4,35
	1851	110978	5E01	4	4	6			439	3,67
	1852	"	1104	1	8	8			338	4,22
	1385	270477	1101	5	12	12		4	142	2,95
	1628	130977	1105	3	10	11			314	3,75
	1625	130977	5E04	7	13	13			1004	3,48
	1627	"	1104	4	10	9			1001	4,13
SAONE à Auxonne	1316	180177	BM04	7	15	13	6	4	329	4,09
	1317	"	1104	9	17	16			330	3,34
	1369	210477	5G03	8	16	14			362	4,36
	1370	"	1203	8	17	13			287	4,30
	1371	"	7D03	8	15	11			284	4,34
	1569	230877	BQ04	7	14	13			191	4,84
	1570	"	5F04	7	13	12			232	4,62
	1571	230877	76B5	3	9	11			392	4,05
	1366	190477	5E03	6	13	11(en 76:6-4)			221	4,34
	1367	"	7603	6	12	11			262	4,42
	1368	"	7601	6	13	10			358	4,61
SAONE à Couzon	1372	"	7604	6	13	11	6	4	396	4,10
	1572	230877	1104	1	7	9			238	4,71
	1573	"	76C1	6	14	13			378	3,27
à Neuville	2460	0879	7603	5	10	8			903	3,89
TAVIGNANO	2535	0980	1101	6	8	12 (en 79: 8)			714	2,68
(Aval Corte)	2536	"	1110	7	14	12			847	2,66
TECH au gué	2800	261180	1101	3	8	9		6	552	3,61
d'Ortaffa	2801	"	1L01	4	10	10			574	4,08
	2802	"	5J04	5	10	10			706	3,49
TET à Perpignan	1407	280477	1105	5	13	12		6	312	4,20
	1408	"	5G01	4	10	10			193	4,22
	1649	140977	4R02	4	8	10			579	2,94
	1650	"	1101	4	8	7			723	3,44
	1651	"	1101	4	8	9			1128	3,49
	1652	"	1101	4	9	10			350	2,77
	1854	120978	1101	4	9	9	6	4	385	3,46
	1855	"	5E01	4	9	10			352	3,43
	2803	261180	1101	4	8	8			576	4,43
	2804	"	6K04	4	6	6			695	3,45
VAR à	1397	280477	11C5	4	14	14	8	4	327	4,34
Saint Laurent	1398	"	6NC4	2	13	9			351	4,02
(amont Nice)	1640	140977	BSC4	6	10	9			330	4,15
	1641	"	6KC1	7	15	14			360	3,44
	1642	"	11C1	10	17	17			339	3,44
	1856	120978	76C1	5	11	12	8	4	572	3,61

TABLEAU N° 18 REPARTITION TAXONOMIQUE DES GENRES DE DIATOMÉES DES EAUX
DOUCES ET SAUMATRES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE RETENUS POUR LE
CALCUL D'UN INDICE DIATOMIQUE

(Tableau établi à partir de la classification proposée par P. BOURRELLY 1981)

S.C. CENTROPHYCIDÉES	s v	O. Naviculales ou Biraphidées s v	
O. Coscinodiscales		S.O. Naviculines	
F. Coscinodiscacées		F. Naviculacées	
<i>Actinocyclus</i>	? ?	<i>Amphipleura</i>	5 3
<i>Coscinodiscus</i>	2 3	<i>Amphiprora</i>	1 2
<i>Cyclotella</i>	3 1	<i>Amphora</i>	3 1
<i>Melosira</i>	3 1	<i>Anomoeoneis</i>	5 2
<i>Stephanodiscus</i>	2 1	<i>Brebissonia</i>	? ?
<i>Thalassiosira</i>	2 3	<i>Caloneis</i>	4 2
O. Rhizosoléniales		<i>Cymbella</i>	5 1
<i>Rhizosolenia</i>	2 3	<i>Diatomella</i>	5 3
O. Biddulphiales		<i>Didymosphenia</i>	5 3
F. Chaetocéracées		<i>Diploneis</i>	5 1
<i>Attheya</i>	2 3	<i>Frustulia</i>	5 2
<i>Chaetoceros</i>	1 2	<i>Gomphocymbella</i>	5 2
F. Biddulphiacées		<i>Gomphoneis</i>	4 1
<i>Biddulphia</i>	2 3	<i>Gomphonema</i>	3 1
<i>Hydrosera</i>	2 3	<i>Gyrosigma</i>	4 3
F. Anaulacées		<i>Mastogloia</i>	5 1
<i>Terpsinoe</i>	? ?	<i>Navicula</i>	3 1
S.C. PENNATOPHYCIDÉES		<i>Neidium</i>	5 1
O. Diatomales ou Araphidées		<i>Oestrupia</i>	? ?
F. Diatomacées ou Fragilariacées		<i>Pinnularia</i>	4 3
<i>Amphicampa</i>	5 3	<i>Pleurosigma</i>	? ?
<i>Asterionella</i>	4 1	<i>Scolioptera</i>	? ?
<i>Centronella</i>	2 2	<i>Stauroneis</i>	5 2
<i>Ceratoneis</i>	5 2	<i>Vanheurckia</i>	? ?
<i>Diatoma</i>	4 1	S.O. Surirellines	
<i>Fragilaria</i>	4 1	F. Epithémicées	
<i>Meridion</i>	5 2	<i>Denticula</i>	5 3
<i>Opephora</i>	3 1	<i>Epithemia</i>	5 2
<i>Synedra</i>	3 1	<i>Rhopalodia</i>	5 3
<i>Tabellaria</i>	5 1	F. Nitzschiacées	
<i>Tetracyclus</i>	5 3	<i>Bacillaria</i>	2 3
O. Eunotiales ou Brachyraphidées		<i>Cylindrotheca</i>	1 1
F. Eunotiées		<i>Cymbellonitzschia</i>	? ?
<i>Actinella</i>	5 3	<i>Gomphonitzschia</i>	? ?
<i>Eunotia</i>	5 1	<i>Hantzschia</i>	1 3
O. Achnanthes ou Monoraphidées		<i>Nitzschia</i>	1 1
F. Achnanthacées		<i>Simonsenia</i>	2 2
<i>Achnanthes</i>	5 1	F. Surirellacées	
<i>Cocconeis</i>	4 1	<i>Campylodiscus</i>	5 2
<i>Peroniopsis (= Peronia)</i>	5 3	<i>Cymatopleura</i>	4 2
<i>Pseudoperonia</i>	? ?	<i>Stenopterobia</i>	5 3
<i>Rhoicosphenia</i>	4 1	<i>Surirella</i>	3 1

s = Classe de sensibilité globale (1 à 5) v = degré de sténocécie.
Les noms des formes essentiellement halophiles sont en italiques.

Pour des raisons pratiques l'expérimentation s'est limitée sur l'ensemble des résultats recueillis sur le bassin R.M.C. à l'utilisation de la sensibilité générale des genres (S).

Proposition d'un indice basé sur l'utilisation des genres (IDG)

- Méthodologie :

A partir des données présentées dans le tableau n°18 une hiérarchisation des genres présents sur le bassin R.M.C. a été établie selon 5 groupes de sensibilités (cf. tableau n°19).

L'application de la formule classique de PANTLE et BUCK(1955) $\sum SA / \sum A$ ou $A =$ abondance de chaque espèce aboutit à l'obtention d'une note comprise entre 1 et 5. L'utilisation des intervalles de classes proposés pour l'I.P.S. (cf.III.2.2.1.) permet d'obtenir un indice variant entre 1 et 20.

Tableau n° 19 Répartition des genres de diatomées récoltés sur le Bassin R.M.C. en classes de sensibilité

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	
Neidium	Gyrosigma	Melosira	Coscinodiscus	
Rhopalodia	Nitzschia s. ¹ <i>dissipatae</i>	Navicula	Simonsenia	
Stauroneis	Pinnularia	Surirella	Stephanodiscus	Hantzschia
Tabellaria	Rhoicosphenia	Synedra	Thalassiosira	Nitzschia

¹ La section des Nitzschia *dissipatae* a été placée en IV. Elle ne renferme que deux espèces : *N.dissipata* (abondamment représentée) et *N.acuta* beaucoup plus rare. Ces deux espèces sont aisément discernables par la présence d'une carène centrale (cf.photo)

V = formes sensibles à très sensibles
 IV = moyennement sensibles à sensibles
 III = peu sensibles à moyennement sensibles
 II = indifférentes à peu sensibles
 I = très résistantes et saprophiles

Remarque : Lors du calcul de l'IDG(indice diatomique générique) l'abondance des Nitzschia *dissipatae* est bien sûr soustraite à celle du genre.

- Résultats :

Ils figurent dans le tableau(n°17)récapitulatif où ils peuvent être

comparés à ceux des autres méthodes indicielles.

Compte tenu de la simplification ,les résultats obtenus paraissent intéressants car ils sont assez proches de ceux de l'IPS qui utilise toutes les espèces .

IV -1- 4. Discussion des résultats obtenus et conclusion

L'examen du tableau récapitulatif des résultats fait apparaitre un certain nombre de discordances soit entre estimations indicielles soit entre prélèvements qui méritent quelques explications.

-Variations dues aux méthodes indicielles

Les appréciations optimistes de l'IDG (par rapport à celles de l'IPS qui peut servir de référence) sont dues à une sous représentation des genres électifs des milieux dégradés par rapport au groupe médian (III) largement représenté (Navicula,Melosira,Synedra), ou à la prédominance de formes épiphytes (Cocconeis,Rhoicosphenia) plus significatives d'un état du milieu que de la qualité de l'eau (ex.Arc à Saint Pons en 1978).

Les estimations les plus sévères de cet indice (comparativement à l'IPS) sont à attribuer le plus souvent au fait que certains Nitzschia (plus difficiles à discerner que les *N.dissipatae*) caractérisant des qualités d'eau moyennes à bonnes prédominent. C'est le cas essentiellement de *N.paleacea*, et *N.romana* espèces électives des milieux oxygénés mais supportant (en particulier la première) une souillure organique non négligeable.Ces deux espèces qui constituent parfois jusqu'à 40% du peuplement de Diatomées sont responsables de la chute d'indice observée sur le Doubs à Goumois, (prep.1300 à 1474), à Joux(1471)au pont de Vaires (1463) ainsi que sur l'Hérault (prep.1400,1643,1644,1845) et de façon moins nette sur la Durance.

-Variations dues à l'échantillonnage

L'échantillonnage réalisé au niveau de seuils ou retenues aboutit souvent à des variations accusées des indices entre faciès ou selon que le prélèvement est réalisé à l'amont,l'aval ou sur le seuil lui-même.

C'est le cas sur le Rhône à Pont Carnot (queue de retenue de Génissiat) où les indices sont faibles (par rapport aux estimations de l'Agence RMC), en raison des variations de niveau, sur le Doubs à Avanne et Orchamps (peut-être aussi à Goumois situé à l'aval de la retenue du Refrain), sur l'Hérault à Florensac, et la Saône à Couzon. Les situations relevées sur le Var ou le lit est une succession de seuils (constitués d'enrochements) montrent des estimations très sévères dans les faciès lénitiques en regard de celles obtenues sur les seuils.

Des différences accusées entre faciès sont également observées sur l'Aude à Coursan en 1978.

S'il est souhaitable d'effectuer une distinction entre qualité globale du milieu (décelable surtout dans la prospection des supports permanents en faciès lénitique) et qualité de l'eau (obtenue par l'examen des communautés lotiques en l'absence de variation de niveau) cette distinction n'est pas toujours mise en évidence de manière bien nette par les associations de Diatomées qui apparaissent très souvent comme une résultante intégrant ces deux notions.

En résumé, il est possible de schématiser à l'extrême les avantages et les inconvénients des trois méthodes indicielles utilisées ici de la manière suivante:

a) Indice Diatomique Seine (IDS)

avantages : Il n'utilise "que" 55 espèces repères (présentes sur le bassin RMC).

Inconvénients ou limites d'application :

- Nécessité d'identification au niveau de l'espèce.
- Il néglige à tort de nombreuses espèces susceptibles d'apporter des informations significatives en fonction de leur abondance
- Ses limites ont été définies par ailleurs et il semble difficilement applicable aux milieux très faiblement minéralisés (dominance d'indicateurs acidophiles non pris en compte) et très minéralisés (prédominance de formes halophiles) aboutissant à une sous-représentation des espèces repères.

b) Indice de Polluo-sensibilité (I.P.S.) dérivé de la méthode DESCY

avantages : Prise en compte de toutes les espèces présentes donc à priori technique la plus précise et la plus fiable.

Inconvénients

- Nécessité d'identification de toutes les espèces exigeant un degré de spécialisation.
- Le choix et l'attribution des valeurs de sensibilité (s) et de celles de (v) nécessitent la connaissance de l'écologie de toutes les espèces inventoriées ce qui est rarement le cas

c) Indice diatomique générique (IDG)

avantages : - Niveau d'identification limité au genre (41 sur RMC) cette simplification entraîne un diagnostic bien plus rapide .

inconvénients

- Perte d'information importante et manque de sensibilité dus à la forte représentation du groupe médian (III) avec Navicula dominant le plus souvent, qui entraîne une inertie importante lors du calcul de l'indice.

- Sous représentation du groupe I caractérisant les milieux les plus dégradés.
En outre le genre Nitzschia renferme à la fois les espèces les plus résistantes et des formes très sensibles (ex: *N. hantzschiana*, *N. acidoclinata*, *N. lacuum*, *N. sinuata*, *N. sublinearis*, *N. romana* etc...)
Toute prolifération des formes sensibles entraîne une chute anormale d'indice.

En conclusion, il semble possible de développer des techniques basées sur un niveau d'identification plus abordable pour les non-spécialistes mais cette démarche devra probablement être complétée par l'utilisation de la diversité et impliquera la mise au point d'un échantillonnage quantitatif. La plupart des auteurs qui préconisent la normalisation des prélèvements quantitatifs (DESCY 1979, SAUNDERS et EATON 1976, HOLMES & WHITTON 1981, KIEHM et al 1981) ne manquent pas de souligner la lourdeur du protocole (échantillonnage-comptage).

Néanmoins un tel échantillonnage, couplé à l'utilisation de la sensibilité globale de certains ordres ou familles de Diatomées pourrait aboutir dans un avenir proche à la mise au point d'une méthode similaire à celle des indices biotiques de TUFFERY et VERNEAUX.

L'obstacle systématique qui semble effrayer bon nombre d'utilisateurs des services techniques d'application, paraît justifié lorsqu'il s'agit des espèces, il n'est pas pour autant résolu avec l'utilisation des genres de Diatomées car la distinction entre certaines formes est parfois délicate (entre Gomphonema et Gomphoneis et entre Fragilaria et Synedra par exemple). Des révisions récentes viennent d'ailleurs de regrouper ces genres (LANGE-BERTALOT 1980), et en créer de nouveaux (ex. Simonsenia). De telles modifications qui partent d'intentions louables et justifiées du point de vue scientifique ne sont pas sans répercussion sur le choix des sensibilités globales qui dans le cas de la fusion Gomphoneis - Gomphonema par exemple nécessiterait un réajustement.

L'acquisition de données en provenance de l'ensemble du réseau hydrographique français, en cours de dépouillement, devrait permettre d'affiner de telles méthodes et aboutir peut-être à une technique applicable à la totalité de nos cours d'eau.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (AUTEURS CITES) (Chapitres IV-1-)

- BACKHAUS, D. 1967 Okologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der Obersten Donau und ihrer quellflüsse. *Arch. Hydrobiol. suppl.* 30:364-399
- BOURRELLY P. 1981 *Les Algues d'eau douce, Algues jaunes et brunes.* 519 p. Boubée Ed. Paris
- COSTE M. 1978 *Sur l'utilisation des Diatomées benthiques pour l'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes.* Thèse Univ. Besançon 156 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.* Mem. Doc. Sci. Bot. Univ. Liège, 173 p.
- DESCY J.P. 1979 A new approach to water quality estimation using Diatoms. *Nova Hedwigia, proc. 5th. Symp. on recent and fossil Diatoms.* Antwerp 3-8 Sept. 78 64:305-323.
- C.T.G.R.E.F. 1974 *Etudes sur la mise au point d'une méthode biologique de détermination de la qualité des eaux en milieu fluvial.* Trav. Div. Qual. Eaux Pêche et Piscic. C.T.G.R.E.F Paris:78 p.
- HOLMES N.T.H., WHITTON B.A. 1981 Phytobenthos of the river Tees and its tributaries. *Freshwat. Biol.* 11:139-163
- KIEHM F., DUBOIS, D.M., DESCY J.P. 1981 Application de l'indice de fluctuations à l'évaluation de la stabilité de la structure de communautés aquatiques d'eaux douces. *Progress in Ecological Engineering and Management by mathematical modelling. Proc. 2nd. Int. Conf. on the state -of-the-art in Ecological Modelling.* :23-37
- KOLKWITZ M., MARSSON M. 1908. Okologie der Pflanzlichen Saprobien. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 26:505-519
- LANGE-BERTALOT H. 1979. Pollution tolerance of Diatoms as a criterion for Water quality estimation. *Nova Hedwigia Beih.* 64:285-304
- LANGE-BERTALOT H. 1980. Zur systematischen bewertung der bandförmigen Kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. *Nova Hedwigia* 33:723-787
- LANGE-BERTALOT H. 1980. Ein Beitrag zur revision der Gattungen *Rhoicosphenia* Grun, *Gomphonema* C. Ag., *Gomphoneis* Cl. *Bot. Notiser* 133:585-594
- NYGAARD G. 1949. Hydrobiological studies on 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., BUCK H. 1955. Die Biologische Überwachung der Gewässer und die darstellung der Ergebnisse. *Gas u. Wasserfach* 96:1-604
- PATRICK R. 1949. A proposed biological measure of stream conditions based on a survey of the Conestoga Basin, Lancaster Country, Pennsylv. *Proc. Acad. Nat. Sci. Phil.* 101:277-341
- PESSON P. 1976 *La pollution des eaux continentales* : 285 p. Gauthier-Villars Ed. Paris
- SAUNDERS M.J., EATON J.W. 1976. A method for estimating the standing crop and nutrient content of the phytobenthos of stony rivers. *Archiv. f. Hydrobiol.* 78:86-101

- SLADECEK V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Ergebn. der Limnol. Beih. Archiv. f. Hydrobiol.* 7:218 p.
- STOCKNER J.G. 1971. Preliminary characterization of lakes in the experimental lakes area Northwestern Ontario, using diatom occurrences in sediments. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 28: 265-275
- TUFFERY G. VERNEAUX J. 1968 *Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes: les indices biotiques*. Trav. CERAFER 31p.
- VERNEAUX J. 1976 Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales. Principales méthodes biologiques. in *PESSON: Pollution des eaux continentales*. 229-285 Gauthier Villars ed. Paris.
- WEBER C.I 1973 Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface waters and effluents. *EPA. Envir. Monit. Ser.* 670(4):170 p.
- ZELINKA M. MARVAN P. 1961. Zur praxisierung der biologischen Klassifikation des Reinheit fliessender gewasser *Archiv. f. Hydrobiol.* 57:389-407.

IV -2- Les Mollusques des eaux courantesIV -2- 1. Recherches biotypologiques

IV -2- 1.1. Introduction.

Dès 1933, Shadin définit des "groupements d'espèces" associés à différents types d'écosystèmes et de milieux aquatiques : sources, ruisseaux de montagne, rivières de plaines, lacs, étangs... et en 1936, Boycott publie la première synthèse écologique concernant les Mollusques d'eau douce. Depuis, il faut bien convenir que peu de progrès ont été effectués dans ce domaine, les travaux actuels étant surtout de nature descriptive, réalisés plus souvent dans les milieux lacustres que dans les eaux courantes et concernant plus fréquemment la biologie des espèces que leur écologie.

Les études de cours d'eau visant à établir une classification biologique des écosystèmes d'eau courante, permettent d'avoir une idée assez précise de la distribution longitudinale et de l'importance du phénomène de vicariance chez certains groupes faunistiques comme les Poissons (Huet, 1949), les Plécoptères, les Ephéméroptères, les Trichoptères, les Hydracariens... (Thienemann, 1911-1912, 1926 - Geijskes, 1936 - Nietzke, 1937 - Kuhn, 1940 - Fittkau, 1949 - Illies, 1952 - Dittmar, 1955...). Toutefois, en ce qui concerne les Mollusques, trop souvent négligés dans les recherches hydrobiologiques ou étudiés seulement au niveau de cours d'eau de faibles dimensions ou de secteurs de rivières d'importance modeste (Geyer, 1911 - Bornhauser, 1912 - Schermer, 1922 - Thienemann, 1926 - Beyer, 1932 - Kuhn, 1940 - Nadig, 1942 - Miegel, 1961-1964 - Geldmann, 1972-1975 - Kinzelbach, 1972 - Botosaneanu et Negrea, 1976 - Bloesch, 1977), les documents proposés ne permettent pas d'établir la répartition écologique des Mollusques dans l'écosystème "eau courante" ni de proposer des groupements écologiques d'espèces.

La nécessité de disposer d'un système de référence offrant la possibilité d'interpréter les relevés malacologiques stationnels puis d'aborder les relations entre espèces et milieu, nous a conduit à rechercher, au moyen d'une méthode mathématique, l'existence d'une organisation longitudinale théorique des espèces de Mollusques dans un réseau hydrographique constitué par 9 cours d'eau et considéré comme une unité fonctionnelle.

- La sélection d'un nombre restreint de paramètres typologiquement significatifs, déterminés par l'analyse factorielle des correspondances (température moyenne du mois le plus chaud, dureté totale, distance aux sources, section mouillée à l'étiage, pente) permettent la détermination aux moyens de trois équations du type écologique théorique ou potentiel typologique (VERNEAUX, 1977 a).

Les niveaux typologiques théoriques de 78 stations sur les 91 prospectées ont ainsi pu être déterminés.

Noues, retenues, secteurs de cours d'eau sur lesquels les conditions d'écoulement sont nulles ou très réduites (pompages des eaux, barrages) n'ont pu être classés par cette méthode.

- Le classement socioécologique des espèces de Poissons ainsi que la variation de la diversité spécifique le long de l'écosystème permettent à l'aide d'un organigramme de déterminer l'appartenance typologique du peuplement pisciaire d'une station (VERNEAUX, 1977 b).

68 stations ont été classées.

- La classification des espèces constituant les "biocénotypes" de 10 niveaux typologiques en 12 groupements socio-écologiques, comprenant selon leurs degrés croissants d'euryécie : classe, ordre, alliance, permet de définir, lorsque l'ordre et l'alliance préférentiels dans lesquels figurent le plus grand nombre d'espèces sont déterminés (VERNEAUX, 1976 a), l'appartenance typologique d'une station au moyen d'un tableau de correspondance.

Cette méthode nécessite l'établissement d'un inventaire faunistique complet de la station (espèces) et n'a pu être appliquée que sur les cours d'eau du Bassin du Doubs (56 stations) ; cette démarche présente l'intérêt de situer les espèces de Mollusques par rapport à d'autres groupes d'invertébrés benthiques (Insectes) et aux Poissons.

Données utilisées : on note, lorsque la confrontation des résultats obtenus est possible, une assez bonne corrélation entre les niveaux typologiques donnés par les différentes méthodes, à l'exception toutefois des zones de sources (Doubs, Dessoubre) et des stations polluées (Doubs, de Montbéliard à l'aval de Besançon, stations 15-16-17-18) pour lesquelles on enregistre très logiquement un écart constant d'un point au moins entre les niveaux théoriques et biologiques (Poissons, Invertébrés). Nous avons donc, dans ce dernier

cas, uniquement pris en compte les données typologiques obtenues au moyen des méthodes 2 et 3, le niveau théorique où potentiel reflétant plutôt le peuplement originel (avant pollution) du secteur (tableau 21).

b) Résultats obtenus : typologie des Mollusques

Nous avons, dans le plan des axes F_1 - F_3 , substitué aux repères des stations leur appartenance typologique et projeté sur le même graphique (fig. 8), à leur emplacement respectif, les groupements d'espèces précédemment délimités (fig. 7) permettant d'associer d'une manière satisfaisante ces derniers aux niveaux typologiques proposés.

La liste des espèces composant les différents noyaux est donnée dans l'ordre de la succession typologique. Les espèces qui possèdent à l'intérieur de chaque groupement les plus fortes contributions aux axes, sont considérées comme les repères de l'organisation malacologique, dans l'espace abstrait d'un écosystème synthétique intégrant les peuplements des différents cours d'eau étudiés. Elles sont soulignées (fig. 7) et répertoriées dans le tableau 22.

Groupement 1 : (6 espèces : 5 Prosobranches, 1 Bivalves) : *H. minuta*, *B. diaphanum*, *Bythinella veridis*, *B. carinulata*, *Bythinella dunkeri*, *P. personatum*.

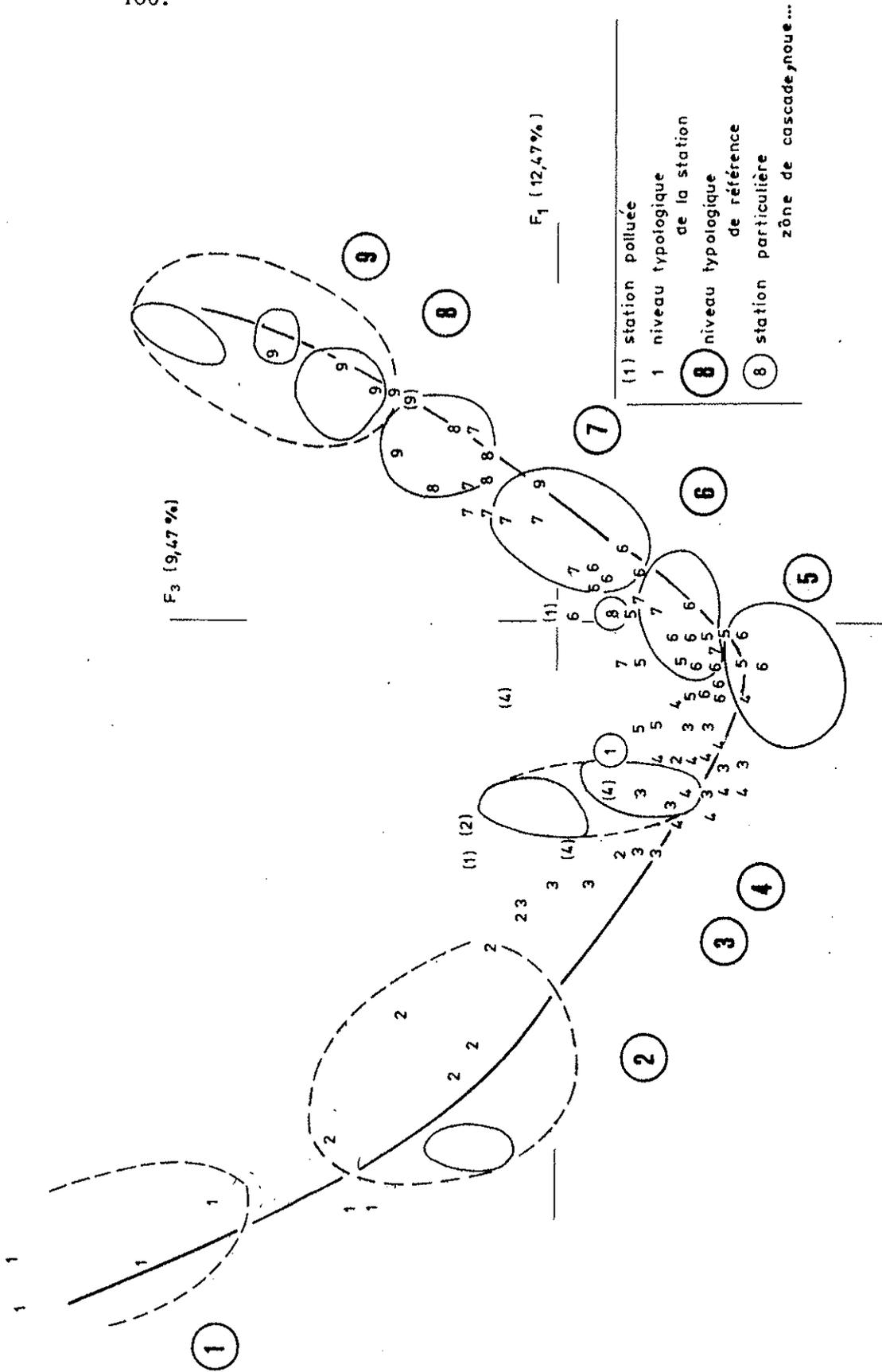
La fréquence des 5 premières espèces étant très faible (tableau 22), elles occupent sur le graphique des positions périphériques. En revanche, *P. personatum*, dont la présence au niveau des sources en association avec différentes espèces de *Bythinella* est remarquablement constante, occupe une position plus structurale. *A. spirorbis* est une espèce de milieux aquatiques susceptibles de s'assécher périodiquement (ruisseaux, mares). Ces milieux n'ayant pas été systématiquement prospectés ici, elle se trouve en compagnie de *P. personatum* dans le seul cours d'eau de cette nature inventorié (Drageon supérieur : Bief Belin).

On trouve parfois quelques échantillons de *P. personatum* dans certains prélèvements effectués très loin des sources. Dans ce cas, une étude plus détaillée des habitats de la station montre que l'espèce est toujours localisée et provient pour la majorité des situations d'afférences latérales, cependant pour de rares cas la présence de cette Pisidie pourrait résulter de l'existence de sources dans le lit même de la rivière.

Groupement 2 : il n'existe pas dans le réseau hydrographique étudié d'espèces directement associées à ce niveau, sauf peut être *G. truncatula* dont la tendance drénophile et le caractère amphibie ont déjà été soulignés précédemment (cf. Aube).

Seule l'autécologie de ce Gastéropode permettra de préciser son appartenance à un niveau donné.

FIG.8 -DISTRIBUTION DES STATIONS D'ETUDE (REPRESENTEES PAR LEUR NIVEAU
 TYPOLOGIQUE) ET DES GROUPEMENTS D'ESPECES (21,54% d'inertie expliquée)



Niveaux typologiques (VERNEAUX, 1973-1977a-b)	correspondances - zonation		espèces repères	contribution aux axes F1F3 %
	HUET	ILLIES		
B ₀	secteurs		?	
B ₁	non piscicoles		<i>B. diaphanum</i>	149
(B ₂)			<i>H. minuta</i>	130
		CRENON	<i>B. veridis</i>	217
			<i>B. carinulata</i>	111
			<i>B. dunkeri</i>	100
			<i>P. personatum</i>	168
B ₂	sup.		<i>G. truncatula</i> ?	25
B ₃			<i>A. fluviatilis</i>	36
B ₄			<i>R. peregra</i>	82
	ZONE	RHITHRON		
	SALMONICOLE			
B ₅			<i>P. amricum</i>	30
			<i>P. milium</i>	51
	moy.			
B ₆			<i>P. nitidum</i>	62
			<i>P. subtruncatum</i>	49
			<i>P. carinatus</i>	48
	inf. ou à Ombre			
B ₇			<i>G. albus</i>	7
			<i>B. tentaculata</i>	10
			<i>L. stagnalis</i>	8
			<i>U. crassus</i>	6
	sup. ou à Barbeau			
B ₈			<i>A. lacustris</i>	25
			<i>P. moitessierianum</i>	25
			<i>P. saxinum</i>	22
			<i>R. auricularia</i>	51
	ZONE	POTAMON	<i>A. anatina</i>	33
	CYPRINICOLE			
B ₉	inf. ou à Brème		<i>U. pictorum</i>	34
			<i>V. viviparus</i>	44
			<i>P. acuta</i>	38
			<i>S. rivicola</i>	45
			<i>U. tumidus</i>	30
			<i>F. wautieri</i>	38
			<i>D. polymorpha</i>	29

Tableau 22 : Peuplement malacologique (espèces repères) des différents niveaux typologiques.

Deux Pisidies lui sont associées : *P. obtusale* n'a été recensée qu'au voisinage des sources et du cours supérieur de la Clauge (forêt de Chau) dans les sédiments de flaques en voie d'assèchement où l'eau déjà peu minéralisée est rendue plus ou moins acide par la décomposition de substances humiques issues de litières de feuilles.

D'après KUIPER (1966), cette espèce évite les cours d'eau et préfère les eaux stagnantes, peu profondes, plutôt acides.

P. casertanum, en revanche, est très largement répandue et colonise tous les milieux aquatiques même temporaires (KUIPER, 1966).

Ces trois espèces associées à *A. spirorbis* et *A. hypnorum*, non recensée sur le réseau étudié, constituent un groupement caractéristique des milieux temporaires (mares, ruisseaux de drainage, fossés...).

G. truncatula et *P. casertanum* susceptibles, comme l'indique la matrice des résultats bruts, d'être présentes des niveaux 1 à 9 peuvent être qualifiées d'espèces euryèces. Toutefois, la présence fréquente et souvent isolées de ces deux Mollusques, au niveau de certains types de sources représentées par des ruisselets n'ayant pas un caractère de résurgence, à substrat souvent riche en matières organiques (Ognon, Drugeon), ajouté à une présence sporadique au niveau de l'ensemble du cours d'eau (Rhithron, Potamon) donne à ce noyau, pourtant typiquement euryèce, une position assez éloignée de l'origine des axes.

Groupement (2), 3 et 4 : (deux espèces : 2 Pulmonés basommatophores),

A. fluviatilis et *R. peregra* peuvent être associées aux niveaux représentés (2 à 4) sur lesquels se sont souvent les deux seules espèces présentes. Il apparaît, comme dans le groupement précédent, que la position sur le graphique de ces dernières ne constitue pas directement une conséquence de leur présence (l'amplitude typologique d'*A. fluviatilis* allant de 1 à 9 et celle de *R. peregra* de 1 à 7) mais plutôt de l'absence d'autres espèces à ces niveaux.

Groupement 5 : (cinq espèces : 1 Pulmoné basommatophore et 4 Bivalves),

P. amnicum, *Pisidium milium*, *Pisidium hibernicum*, *B. contortus*, *Pisidium pulchellum*. *P. amnicum*, Le plus gros des *Pisidium* (11 x 9 mm) est fréquemment associé à la présence d'épaisses zones sédimentaires riches en matières organiques sur lesquelles coulent des eaux bien oxygénées. *P. hibernicum* que l'on trouve en abondance dans les lacs (St Point et Remoray, les Rousses...) n'est pas "une espèce essentiellement lacustre" (GERMAIN, 1931)

elle vit également dans d'autres milieux, notamment les canaux et les rivières mais toujours en très faible abondance (KUIPER, 1966).

P. pulchellum, espèce "rare des plaines de moyenne latitude" (KUIPER, 1966) n'a été recensée qu'au niveau du Dugeon moyen et inférieur à 820 m d'altitude. Sa position plutôt périphérique résulte sans doute de sa faible fréquence (3 stations)

Au cours d'un échantillonnage récent des émissaires du lac des Rousses nous avons à nouveau découvert cette espèce dans le cours inférieur du Bief Noir ainsi que dans le lac lui-même au niveau du confluent dont l'altitude voisine 1060 m.

Groupement 6 : (7 espèces : 3 Pulmonés basommatophores et 4 Bivalves), *P. nitidum*, *P. subtruncatum*, *Pisidium tenuilineatum*, *S. corneum*, *G. palustris*, *P. carinatus*, *P. fontinalis*. Dans leur aire de répartition commune *P. fontinalis* et *P. acuta* sont vicariantes. L'amplitude typologique de la dernière espèce est faible (B₈-B₉). Dans le Sud de la France, seule *P. acuta* est représentée, elle atteint alors son degré d'euryécie maximale (amplitude typologique B₆-B₉, observations effectuées sur le bassin de la Dordogne, le Gapeau et le torrent de Parma en Italie) (cf. ODUM, 1975).

Groupement 7 : (8 espèces : 3 Pulmonés basommatophores, 3 Prosobranches, 2 Bivalves), *Anisus vortex*, *V. piscinalis*, *Valvata cristata*, *P. henslowianum*, *G. albus*, *B. tentaculata*, *L. stagnalis*, *U. crassus*. La position subcentrale et la faible contribution aux axes des espèces de ce noyau traduisent le caractère euryèce de ce groupement qui, compte tenu de la distribution particulière des Mollusques le long de la structure (les 3/4 des espèces sont réparties entre les niveaux B₅ et B₉) fait figure de noyau de transition entre Rhithron et Potamon (Ecotone).

Groupement 8 : (14 espèces : 7 Pulmonés basommatophores, 2 Prosobranches, 5 Bivalves); *M. glutinosa*, *T. fluviatilis*, *A. lacustris*, *H. complanata*, *Bithynia leachi*, *P. moitessierianum*, *P. supinum*, *Pseudanodonta complanata*, *S. lacustre*, *A. crista*, *P. corneus*, *Fotomida littoralis*, *R. auricularia* et *A. anatina*.

M. glutinosa est une espèce de plaine qui évite les zones montagneuses et mêmes prémontagneuses (GERMAIN, 1931) ; elle n'a été recensée qu'au niveau du cours inférieur de l'Aube et c'est dans les noues que son abondance est maximale.

T. fluviatilis et *A. fluviatilis* sont les deux seules espèces de Gastéropodes d'eau douce qui peuvent être qualifiées de rhéophiles ou plus justement selon DORIER et VAILLANT (1948) de "faux rhéophiles" puisque les animaux fixés au substratum vivent dans les vitesses de courant pratiquement nulles des "couches limites" (AMBHÜL, 1959). La notion de rhéophilie traduisant plutôt "l'ambiance de courant" des biotopes dans lesquels ces Mollusques prospèrent.

P. complanata est cocénotique d'*A. anatina*, *P. littoralis*, *U. pictorum* et à certains niveaux (Rhithron inférieur et Potamon) d'*U. crassus* mais n'est jamais découverte en grande abondance et semble se cantonner dans les eaux profondes.

S. lacustre vit dans les milieux d'eau calme, peu profonds, à végétation souvent dense et à vase riche en matières organiques (FAVRE, 1927 - KUIPER et WOLFF, 1970 - MEIER-BROOK, 1970 - WALTER et KUIPER, 1978) ; sa présence est constante dans les noues du Doubs inférieur.

Groupement 9 : (12 espèces : 3 Pulmonés basommatophores, 2 Prosobranches, 7 Bivalves), *U. pictorum*, *P. jenkinsi*, *V. viviparus*, *P. casertanum* f. *ponderosa*, *P. nitidum* f. *crassa*, *P. acuta*, *S. rivicola*, *U. tumidus*, *F. wautieri*, *D. polymorpha*, *S. solidum*, *S. nitida*, *P. subtruncatum* f. *incrassata*. On trouve *P. jenkinsi* dans les cours inférieurs du Doubs, de l'Aube et dans la Saône au niveau de la confluence Doubs-Saône, mais dans des abondances notablement faibles qui n'ont rien de comparables à celles mentionnées dans la littérature : 10.000 ind/m², (MACAN, 1950) 30.000 ind.m² (ADAM, 1942 - HEYWOOD et EDWARD, 1962) ou que j'ai pu observer moi-même dans le cours supérieur de l'Amance (affluent de l'Aube), de la Seille (niveau typologique 4-5) ou du Gapeau. De ce fait, son preferendum typologique pourrait être plus apical (niveau 6-7 ?). Toutefois, si la présence de cette espèce parthéno-génétique est fréquente dans le cours inférieur des grandes rivières prospectées (sauf l'Ognon) il n'en est pas de même sur les secteurs supérieurs où elle est très sporadique et au niveau desquels son abondance peut passer de quelques individus à une centaine de mille d'une année à l'autre puis disparaître totalement.

Les Pisidiés à fortes charnières (formes pondéreuses) munies d'un appendicule comme *P. supinum*, *P. moitessierianum* ou seulement à charnière épaissie comme les variétés de *P. casertanum* f. *ponderosa*, *P. nitidum* f. *crassa*, *P. subtruncatum* f. *incrassata* apparaissent comme caractéristiques du Potamon.

Seule la très petite espèce *P. tenuilineatum* (2 x 1,5 mm) semble

faire exception à cette règle puisqu'elle appartient au niveau 6 (Rhithron inférieur), il semble cependant que les individus des niveaux inférieurs aient une charnière plus épaisse que le "type" qui prolifère à partir du Rhithron moyen (niveau 4-5).

F. wautieri souvent confondue avec *A. lacustris* est abondante dans toute la Saône moyenne et inférieure où CALAS (1954) l'avait déjà échantillonnée mais aussi au niveau des stations ultimes de l'Ognon et du Doubs inférieur où elle est plus rare. Il est intéressant de constater que toutes les *Ferrissia* rencontrées en rivière et dans les noues appartiennent exclusivement au type ancyloïde, aucune forme septifère n'ayant été découverte.

IV -2- 1.6.3. Discussion

Bien que faisant partie du même groupement défini dans un espace abstrait, les espèces de *Bythinella* recensées ne sont pas cocénotiques ; en effet, conformément au principe de MONARD, une seule espèce de ces petits Hydrobiidae est représentée dans chaque source. En outre, ce noyau ne semble pas exclusivement caractéristique du niveau B₁ ; une prospection récente du réseau hydrographique du Gapeau (Var) nous a permis de constater la présence de *Bythinella* parfois associée à *Belgrandia* dans des sources de niveau typologique 2.

Des espèces comme *A. fluviatilis*, *P. casertanum*, *G. truncatula* reconnues comme euryèces et eurytopes par les échantillonnages effectués sur les Bassins du Doubs, de l'Ognon, de l'Aube, etc, et par de nombreuses données bibliographiques, peuvent avoir une position graphique assez éloignée de l'origine des axes, et des contributions à ceux-ci plutôt élevées, lorsqu'elles sont les seules espèces représentées au niveau du réseau supérieur de nombreuses rivières (Niveau (1)-2-3-4). Dans ce cas, leur position n'est pas tant définie par leur présence sur un secteur donné que par

l'absence d'autres espèces représentatives des niveaux typologiques apicaux. Elles peuvent donc, dans une certaine mesure, servir à caractériser le Rhithron supérieur et moyen.

La hiérarchisation des espèces proposées par l'analyse factorielle des correspondances permet d'apprécier l'intensité de la vicariance au sein de l'embranchement des Mollusques et on peut constater que celle-ci est d'autant plus importante que le genre considéré comprend plus d'espèces (cf. Pisidies)

D'une manière générale, les pourcentages d'inertie représentant la participation des axes à l'explication de la distribution des données sont, si on les compare à ceux obtenus avec d'autres groupes faunistiques (VERNEAUX, 1973), relativement faibles. On peut attribuer ceci à l'absence d'espèces électives des niveaux typologiques supérieurs (2-3-4) et au fait que les Mollusques occupant en majorité le faciès lénitique, n'intègrent qu'une partie de la structure d'un écosystème d'eau courante.

IV -2- 1.7. APPLICATION

IV -2- 1.7.1. Classement "socioécologique" des espèces - eurytopie - sténopathie euryécie - sténoécie - preferendum typologique.

L'appartenance de chaque station à un niveau typologique déterminé, obtenue pour la majorité d'entre elles (Bassin du Doubs) au moyen de trois méthodes différentes (conf. IV -2-1.6.2.) a permis de situer les groupements définis dans un cadre typologique comprenant 9 niveaux. Chaque espèce se trouve ainsi associée à un noyau donné exprimant son preferendum écologique général. Par ailleurs, un tableau de répartition des espèces mentionnant l'occurrence de chacune d'elles au niveau des différentes stations classées selon leur niveau précise leur amplitude typologique, expression de leur degré d'euryécie (tableau 23).

On peut ainsi, en considérant ces deux critères, distinguer 3 groupes d'espèces : les plus sténoèces ou "espèces repères" ont une amplitude typologique faible ; $\Delta = 3 \bar{+} 1$; des espèces intermédiaires $\Delta = 6 \bar{+} 1$; les plus euryèces à position proche de l'origine des axes $\Delta = 9 \bar{+} 1$.

La confrontation des données obtenues à la structure chevauchante composée de 12 groupements socioécologiques d'espèces proposée par VERNEAUX (1976) dont "l'organisation se compose à 2 degrés différents d'euryécie de courbes de Gauss successives exprimant des preferendum typologiques" (fig. 9), et définissant conformément à la nomenclature des Phytosociologues

TABLEAU 23 Classification socioécologique des Mollusques dulcicoles.

Espèces	Amplitude typologique	Préférendum typologique	Groupements socioécologiques		Alliance Sous-alliance
			Classe	Ordre	
<i>G. truncatula</i>	1-9	2?			
<i>A. fluviatilis</i>	1-9	4	+		
<i>P. casertanum</i>	1-9	6?	+		
<i>P. subtruncatum</i> — <i>P. nitidum</i> — <i>P. milium</i>	2-9	6	+		
<i>R. peregra</i>	1-7	4		II	
<i>P. hibernicum</i>	3-8	5		IV	
<i>P. tenuilineatum</i>	3-8	6		IV	
<i>G. palustris</i>	4-9	6		IV	
<i>P. carinatus</i> — <i>S. corneum</i> — <i>P. fontinalis</i>	5-9	6		IV	
<i>G. albus</i>	3-9	7		IV	
<i>B. tentaculata</i>	4-9	7		IV	
<i>S. stagnalis</i> — <i>V. piscinalis</i> — <i>U. crassus</i>	5-9	7		IV	
<i>F. lenislowanum</i>					
<i>A. lacustris</i>	4-9	8		IV	
<i>S. complanata</i> — <i>S. lacustris</i> — <i>P. supinum</i>	5-9	8		IV	
<i>P. moltesserianum</i>					
<i>B. dunkeri</i> — <i>B. viridis</i> — <i>B. carinulata</i>	1-3?	1			I
<i>B. diaphanum?</i> — <i>P. personatum</i>					
<i>P. amnicum</i>	3-6	5			4
<i>B. contortus</i>	4-7	5			5
<i>A. vortex</i> — <i>V. cristata</i>	6-9	7			6
<i>T. fluviatilis</i> — <i>R. auricularia</i> — <i>M. glutinosa</i>	6-9	8			6
<i>P. corneus</i> — <i>B. leachi</i> — <i>A. crista</i>					
<i>A. anatina</i>	7-9	8			6
<i>P. littoralis</i> — <i>P. complanata</i>					
<i>P. acuta</i> — <i>V. viviparus</i> — <i>U. pictorum</i>	7-9	9			6
<i>P. casertanum</i> f. <i>ponderosa</i> — <i>D. polymorpha</i>					
<i>F. wautteri</i> — <i>U. tumidus</i> — <i>S. rivicola</i>					
<i>P. nitidum</i> f. <i>crassa</i>	8-9	9			6 a
+ <i>P. subtruncatum</i> f. <i>incrassata</i>					

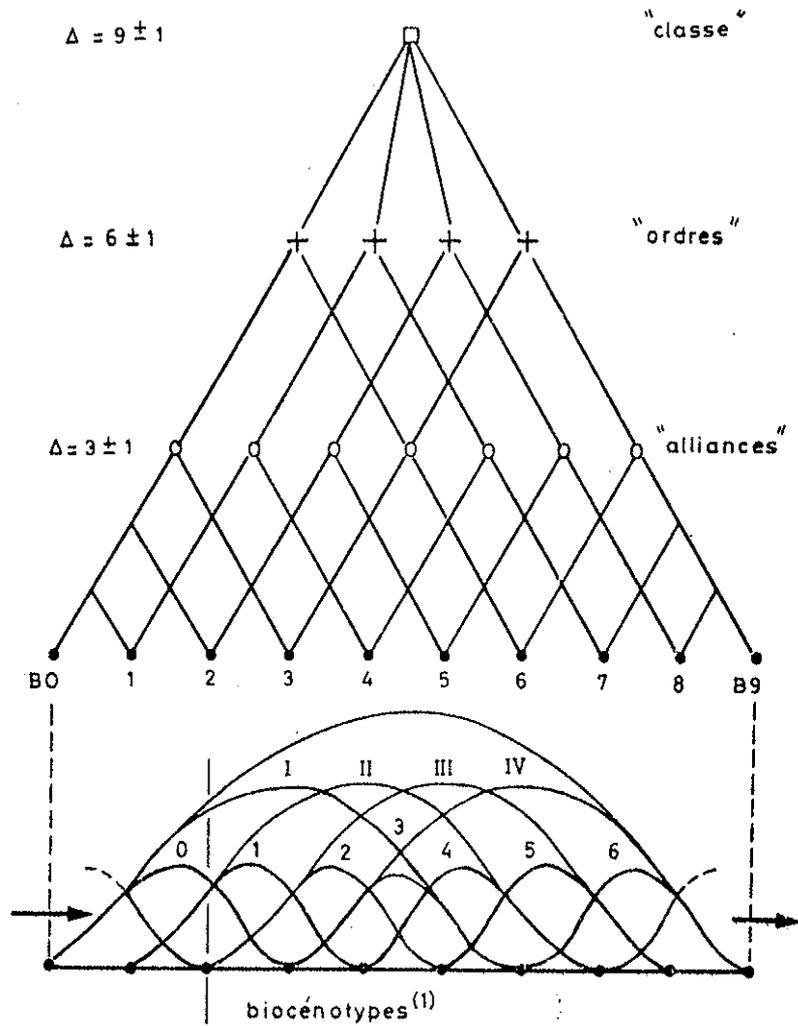


FIG. 9.-ORGANISATION DES GROUPEMENTS SOCIO-ÉCOLOGIQUES

(O : Ordres - A : Alliances - B : Biocénotypes)

(d 'après VERNEAUX 1976)

(1) groupements d'espèces caractéristiques des différents niveaux typologiques

(GUINOCHET, 1973) une classe ($\Delta = 9 \mp 1$ niveaux typologiques), 4 ordres ($\Delta = 6 \mp 1$) et 7 alliances ($\Delta = 3 \mp 1$) permet, dans ce cadre théorique, d'établir l'appartenance des Mollusques à 7 groupements socioécologiques :
1 classe, 2 ordres, (II et IV), 4 alliances, (1,4,5 et 6) et 1 sous-alliance (6 a).

Définis par DUVIGNAUD (1946) comme étant "un ensemble d'espèces marquées par une tendance à se rassembler dans un biotope donné" ils sont ici déterminés dans un espace abstrait, les espèces de chaque groupement socio-écologique n'étant pas obligatoirement cocénotiques. En effet, l'échantillonnage des espèces tel qu'il est réalisé par les Phytosociologues, nécessite pour l'ensemble des Ordres d'Invertébrés benthiques un temps beaucoup trop long pour qu'il soit entrepris sur un réseau hydrographique aussi vaste que celui du Doubs.

L'analyse du tableau 23 permet de constater que parmi les groupements d'Ordre, un seul est d'Ordre II alors que tous les autres sont d'Ordre IV (amplitude typologique de 3 à 9), en ce qui concerne les alliances et hormis les espèces de sources ; alliance 1 (niveau 0 à 3) on obtient une alliance 4 ($\Delta = 3$ à 6), une alliance 5 ($\Delta = 4$ à 7) et 5 alliances ($\Delta = 6$ à 9) dont une sous-alliance, ce qui traduit bien le caractère potamophile des Mollusques dulçaquicoles.

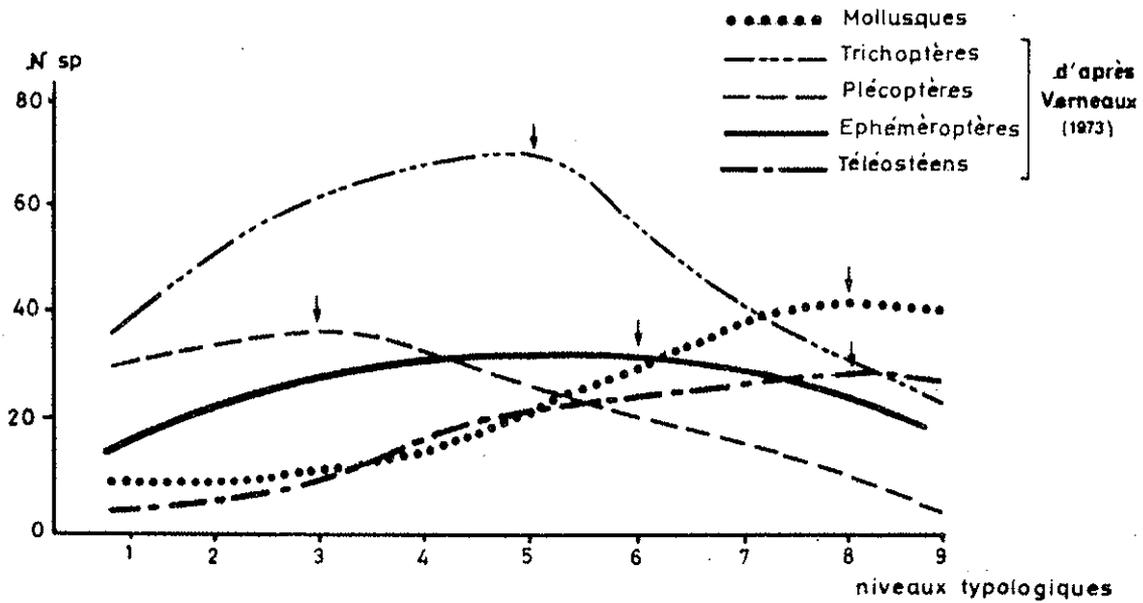
Certaines espèces très peu représentées dans les prélèvements effectués n'ont pas été classées dans ce tableau. Il s'agit de *H. minuta*, *A. spirorbis*, *S. nitida*, *P. obtusale*, *P. pulchellum*, *P. jenkinsi*, en ce qui concerne cette dernière, il semble, d'après des données recueillies sur le Gapeau, que son amplitude typologique s'étende des niveaux 4 à 9.

IV -2- 1.7.2. Evolution longitudinale et signification typologique des Mollusques comparées à 4 groupes faunistiques.

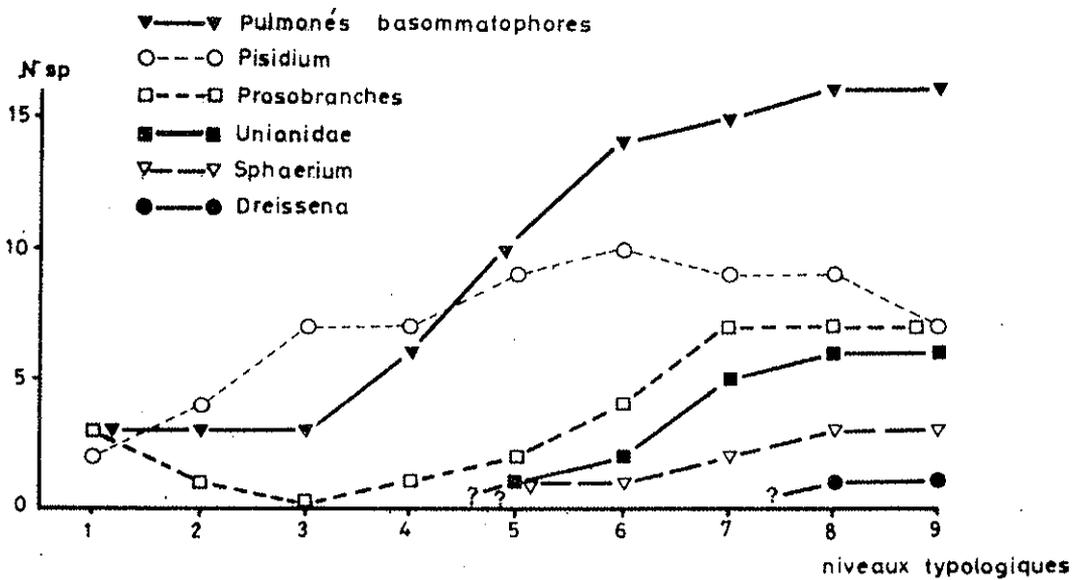
Les courbes d'évolution longitudinale de la richesse spécifique des 5 groupes faunistiques considérés (fig. 10) présentent une série de maximum se succédant dans un ordre typologique croissant pouvant "donner une image globale, simplifiée, de la composition faunistique d'un écosystème théorique" (VERNEAUX, 1973). Comme celui des Téléostéens, le preferendum écologique global des Mollusques dulcicoles se situe au niveau du Potamon (niveau 8.).

Ce type de distribution que l'on peut s'attendre à retrouver également chez les Odonates est quasi général à l'intérieur de l'embranchement des Mollusques si l'on excepte les Pisidiés qui atteignent leur diversité optimum au niveau 6 (fig. 11). On note par ailleurs que l'ordre des Basommatophores (Pulmonés) comprend le plus grand nombre d'espèces et que chez les Prosobranches un second maximum, d'amplitude plus réduite, se manifeste dans le premier

**FIG. 10 : EVOLUTION LONGITUDINALE DE
LA RICHESSE SPECIFIQUE DES MOLLUSQUES DULCICOLES
COMPAREE A DIFFERENTS ORDRES FAUNISTIQUES**



**FIG. 11 : DISTRIBUTION LONGITUDINALE DE
LA RICHESSE SPECIFIQUE DES PRINCIPAUX GROUPES
DE MOLLUSQUES DULCICOLES**



niveau typologique.

Toutefois la présence de Gastéropodes et de Bivalves, dans les sources, n'est pas constante ; celles de type rhéocrène par exemple, en sont fréquemment dépourvues.

Les Mollusques, en comblant l'important déficit d'espèces laissé au niveau du Potamon par les Plécoptères, Trichoptères, Ephéméroptères, (tableau 24), dont les preferendum globaux appartiennent au Rhithron, vont contribuer à l'élargissement de la gamme des groupements socioécologiques proposés par VERNEAUX (1976), permettant la détermination de l'appartenance typologique d'une station à partir de son peuplement, et la définition à des dimensions plus restreintes (mosaïques d'habitats et de biocénoses) d'associations et de sous-associations d'espèces.

Nombre d'espèces recensées par niveau typologique (Tableau 24)

niveaux typologiques	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nombre d'espèces :									
Plécoptères-Trichoptères	83	115	131	151	151	130	115	95	68
Ephéméroptères-Poissons									
" " + Mollusques	91	123	140	165	174	160	153	137	109

A l'exception des sources qui possèdent parfois un peuplement malacologique comprenant des espèces à répartition géographique limitée (cas des régions karstiques), la plus grande partie des Gastéropodes et Lamellibranches dulcicoles sont, lorsque l'on considère le nombre d'espèces communes aux cours d'eau étudiés comparés deux à deux (tableau 25), largement distribués dans tout le secteur prospecté et dans toute la France, et données personnelles sur le Bassin de la Dordogne, de la Somme, de la Seine, du Rhône, du Gapeau, (Var).

Capables d'intégrer des situations écologiques fort diverses, ce qui constitue une expression de leur degré d'euryécie générale déjà souligné par HUBENDICK (1958) pour les Gastéropodes et WOLFF (1968) pour les Unionidae, les Mollusques se situent, en ce qui concerne cette faculté d'adaptation, entre les Ephéméroptères et les Poissons.

En outre, le faible nombre d'espèces recensées en France, comparé à d'autres groupes d'Invertébrés (Trichoptères, Coléoptères...) et la vaste répartition de la plupart d'entre elles permettra, sans doute, après un inventaire d'autres bassins et de cours d'eau côtiers, d'aboutir à une généralisation rapide du modèle proposé.

L'application de l'analyse factorielle des correspondances aux données recueillies dans 9 cours d'eau morphologiquement très différents, a permis d'obtenir une hiérarchisation écologique des espèces s'organisant en un "continuum a nota." Après confrontation aux données typologiques stationnelles, il a été possible de rapporter les 11 groupements aux 10 niveaux proposés par Verneaux (1973).

Nombre d'espèces communes des cours d'eau étudiés comparées deux à deux (tableau 25.)

	Doubs	Aube	Ognon	Drugeon	Clauge	Cusançin	Dessoubre	Doulonnes	Bief Rouge	
	49	39	41	19	22	9	10	8	4	Doubs
		42	33	19	22	9	10	8	4	Aube
			41	17	20	9	10	8	4	Ognon
				23	13	8	8	6	4	Drugeon
					23	8	9	8	3	Clauge
						12	9	7	4	Cusançin
							10	8	4	Dessoubre
								8	3	Doulonnes
									4	Bief Rouge

La structure typologique définie permet d'avoir une vision globale et synthétique de la distribution théorique des espèces de Mollusques le long d'un écosystème d'eau courante ; elle constitue le cadre général dans lequel s'inscrit l'écologie de ce groupe, indispensable à l'interprétation écologique de peuplements de Mollusques d'une station ou d'un écosystème d'eau courante dans lequel ils peuvent être replacés.

Le caractère lénitophile et potamobionte de la plupart des espèces constitue, comme en témoigne l'évolution longitudinale de la richesse spécifique des Mollusques, l'une des originalités de ce groupe faunistique. Dans le cadre, plus général, des recherches synécologiques visant notamment à l'établissement d'une biotypologie intégrant l'ensemble des organismes aquatiques, les Mollusques vont contribuer à l'élargissement de la gamme des groupements "socioécologiques" proposés par Verneaux (1976b). C'est à partir de celle-ci que pourra être élaboré un système de référence permettant aux services d'application de disposer d'un outil de travail répondant aux besoins actuels : critères et objectifs de qualité, études d'impact et d'aménagement...

/ BIBLIOGRAPHIE / Auteurs Cités

Chapitres IV -2- 1.

- ADAM (W.) 1942. Sur la répartition et la biologie de *Hydrobia jenkinsi* Smith en Belgique. *Bull. Mus. r. Hist. nat. Belg.*, 18 : 1-18.
- BOYCOTT (A.E.) 1936. The habitats of the freshwater Mollusca in Britain. *J. Anim. Ecol.*, 5 : 116-186.
- CALAS (P.) 1954. Précisions sur l'extension en France du genre *Gundlachia Pfeiffer*. *Bull. mens. Soc. Linn. Lyon.*, 23 : 193-194.
- CORDIER (B.) 1965. *L'analyse factorielle des correspondances*. Thèse 3ème cycle Univ. Rennes, 66 p.
- DUVIGNEAUD (P.) 1946. La variabilité des associations végétales. *Bull. Soc. Rev. Bot. Belg.*, 58 : 107-134.
- FAVRE (J.) 1927. Les Mollusques post-glaciaires et actuels du bassin de Genève. *Mém. soc. phys. et Hist. natur. Genève*, 40 (3) : 171-434.
- GERMAIN (L.) 1931. *Mollusques terrestres et fluviatiles*. In Faune de France. 21-22 Lechevalier éd., Paris, 897 p.
- GEYER (D.) 1911. Die Molluskenfauna des Neckars. *Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württemberg*, 354-371.
- GUINOCHET (M.) 1973. *Phytosociologie*. Collection d'Ecologie. I. Masson éd., Paris, 227 p.
- HEYWOOD (J.) et EDWARDS (R.Q.) 1962. Some aspects of the ecology of *Potamopyrgus jenkinsi* Smith. *J. Anim. Ecol.*, 31 (2) : 239-250.
- HUBENDICK (B.) 1958. Factors conditioning the habitat of freshwater snails. *Bull. Org. Mond. Santé*, 18 : 1072-1080.
- HUET (M.) 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles dans les eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11 (3-4) : 332-351.

- ILLIES (J.) & BOTOSANEANU (L.) 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. internat. Verein. Limnol.*, 12 : 1-57.
- KUIPER (J.G.J.) 1966. La distribution des espèces vivantes du genre *Pisidium* C.P.F. en France. *J. Conchyol.*, 105 (4) : 181-215.
- KUIPER (J.G.J.) et WOLFF (W.J.) 1970. The Mollusca of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relation to the hydrography of the area. III. The genus *Pisidium*. *Basteria*, 34 : 1-42.
- MASONIE (J.P.), MATHIEU (D.) et WIEBER (J.C.) 1971. Application de l'analyse factorielle à l'étude des paysages. *Cah. Géogr. Besançon*, 4 (9) : 1-51.
- MEIER-BROOK (Von C.) 1970. Untersuchungen zur Biologie einiger *Pisidium* Arten (Mollusca, Eulamellibranchiata, Sphaeriidae). *Arch. Hydrobiol.*, Suppl., 38 (1-2) : 73-150.
- MOUTHON (J.) 1979. Structure malacologique de la rivière Aube. *Annls Limnol.*, 15 (3) : 299-315.
- MOUTHON (J.) 1980. *Contribution à l'écologie des Mollusques des eaux courantes - Esquisse biotypologique et données écologiques*. Thèse 3ème cycle, Univ. Paris VI, 169 p.
- ODUM (E.) 1976. *Ecologie*. Traduction deuxième édition. R. Bergeron. HRW Ltée (éd.), Montréal, 254 p.
- SACCHI (C.F.) et TESTARD (P.) 1971. *Ecologie animale - Organismes et milieu*. Doin éd., Paris : 480 p.
- VERNEAUX (J.) 1973. *Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura) - Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs - Essai de biotypologie*. Thèse Doct. ès Sci. Nat. Sci. Univ. Besançon, 257 p.
- VERNEAUX (J.) 1976 a. Biotypologie de l'écosystème "eau courante". La structure biotypologique. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 283 : 1663-1666.

IV -2- 2. Données écologiques

- Ebauche d'une gamme de polluo-sensibilité des Mollusques dulcicoles.

IV -2- 2.1. Introduction

Depuis les premiers travaux concernant la répartition et l'écologie des Mollusques des eaux courantes (Mentzen, 1926 - Germain, 1931 - Shadin, 1931-1935 - Boycott, 1936) il a été établi que la richesse spécifique et l'abondance de ces animaux sont maximales dans les systèmes lacustres et potamiques de faible altitude bien minéralisés et riches en hydrophytes.

L'influence, sur la distribution générale des Mollusques, de paramètres physico-chimiques tels que le pH, l'alcalinité, la dureté totale, a été étudiée par de nombreux auteurs : Alsterberg, 1930 - Boycott, 1936 - Hubendick, 1947-1958 - Macan, 1950 - Meier-Brook, 1963 - Aho, 1966 - Økland, 1969 - Williams, 1970 - Harman et Berg, 1971 - Dussart, 1976 - Økland et Kuiper, 1980. D'une manière générale il est montré que les valeurs extrêmes de ces paramètres limitent fortement le développement des espèces pouvant même quelquefois devenir létales, ce qui est le cas pour les pH acides (Økland, 1969 - Økland et Kuiper, 1980).

Green (1971), utilisant une méthode d'analyse statistique multivariée, a montré que parmi 9 paramètres de l'environnement, 4 d'entre eux : l'alcalinité, le calcium, la granulométrie des sédiments, leur teneur en matières organiques, expliquent l'essentielle (80 % de la variance) de la distribution des Bivalves dans les milieux lacustres Canadiens. Plus récemment, Dussart (1979 a-b) a recherché la signification de 16 paramètres sur la distribution en lac et à l'intérieur de systèmes canalisés de 4 espèces de Gastéropodes, de S. corneum et d'espèces de Pisidies (Pisidium spp.)

Dans ce travail, nous avons tenté de préciser les relations existantes entre la distribution générale des Mollusques d'eau courante et 18 paramètres du milieu. Par ailleurs, la confrontation du nombre d'espèces recensées sur chaque station à l'estimation de la qualité biologique des eaux appréciée au moyen de l'"Indice biotique" (Verneaux-Tuffery, 1967) permet de proposer l'ébauche d'une gamme de polluosensibilité des espèces de Mollusques dulcicoles.

IV -2- 2.2. Résultats

IV -2- 2.2.1. Evolution du nombre d'espèces et de l'abondance relative en fonction de 18 paramètres du milieu.

La distribution des variables s'organise en fonction des axes F_1F_3 représentant 16, 0 % de l'inertie expliquée suivant une courbe en U typique qu'il est possible de matérialiser approximativement en joignant dans l'ordre de leur succession les différentes classes de la diversité. La richesse spécifique apparaît d'ailleurs plus structurale et "discriminatoire" que l'abondance dont les classes sont regroupées à proximité de l'origine des axes.

L'abondance relative des Mollusques évolue en sens inverse du nombre d'espèces et de l'abondance brute dont 51 % est répartie sur les 3 derniers niveaux typologiques (fig.12) et à chaque classe d'abondance correspond une classe de la richesse spécifique. Cependant, la classe 1 de l'abondance relative, qui représente à la fois des stations où sont recensé un très grand nombre d'espèces en faible abondance mais également les points de prélèvements pollués (sensu lato) où peu d'espèces sont présentes en faible quantité, à une représentation graphique proche de l'origine des axes et des faibles nombre d'espèces DI1 et DI2. C'est aussi le cas, mais avec une intensité plus faible, pour les classes 2 et 3 de l'abondance relative (fig.13).

Pour la majorité des paramètres, à l'échelle du réseau hydrographique considéré, on constate qu'il existe une corrélation s'effectuant fréquemment classe par classe entre leur évolution et celle du couple richesse spécifique-abondance relative. Le nombre et l'abondance brute des espèces le long d'un écosystème d'eau courante théorique augmente donc lorsque l'altitude et la pente diminue mais également quand la distance aux sources, la section mouillée à l'étiage, la température moyenne du mois le plus chaud, le pH, la dureté totale, les concentrations en sulfates et en chlorures augmentent.

Les classes 1-2-3 de la DBO_5 ($0 < DBO_5 < 5$ mg/l), 2-3 de la dureté totale ($40 < CM < 110$ mg/l) et 3-4 de l'alcalinité ($100 < HC < 400$ mg/l) occupent sur le graphique une position centrale ; elles ont par conséquent une faible contributions aux axes et les variations de concentrations de ces paramètres dans les limites mentionnées ci-dessus n'exercent apparemment pas d'influence notable sur la distribution générale des espèces de Mollusques suivant les axes F_1F_3 (fig.13).

Parmi les éléments chimiques considérés, seule l'influence sur les Mollusques dulcicoles de l'acidité, de la dureté et de l'alcalinité des eaux ont été bien étudiées.

Aho (1966) et Økland (1971) ont constaté un accroissement de la richesse spécifique des Pisidies avec l'augmentation du pH, le nombre d'espèces de Sphaeriidae étant, dans les milieux lacustres norvégiens,

maximal pour des pH voisins de la neutralité (Økland et Kuiper, 1980).

De nombreux auteurs ont montré qu'il existe une corrélation positive entre la teneur des eaux en calcium et la distribution des Mollusques dulcicoles : Alsterberg (1930) - Boycott (1936) - Hubendick (1947-1958) - Macan (1950) - Meier-Brook (1963) - Aho (1966)...

D'après Williams (1970) et Dussart (1976) c'est dans les eaux à dureté moyenne ($10 \text{ mg/l} < d < 40 \text{ mg/l}$) que la richesse spécifique est la plus forte. C'est également le cas pour les Sphaeriidae dont le nombre d'espèces est maximale pour des teneurs de 16 mg/l (Økland et Kuiper, 1980), mais il semble que la densité soit optimale dans des eaux plus dures ($40 \text{ mg} < D < 100 \text{ mg/l}$) (Dussart, 1976).

Nous avons souvent constaté l'absence d'A. fluviatilis au niveau du Rhithron supérieur et moyen, des rivières aux eaux dures et agitées permettant un dépôt important de carbonates de calcium et provoquant l'encroûtement du substratum (cas du Dessoubre, du Cusançin, de la Brême). En Angleterre, Jones (1973) a enregistré la disparition de cet Ancyliidae dès que la dureté dépasse 250 mg/l .

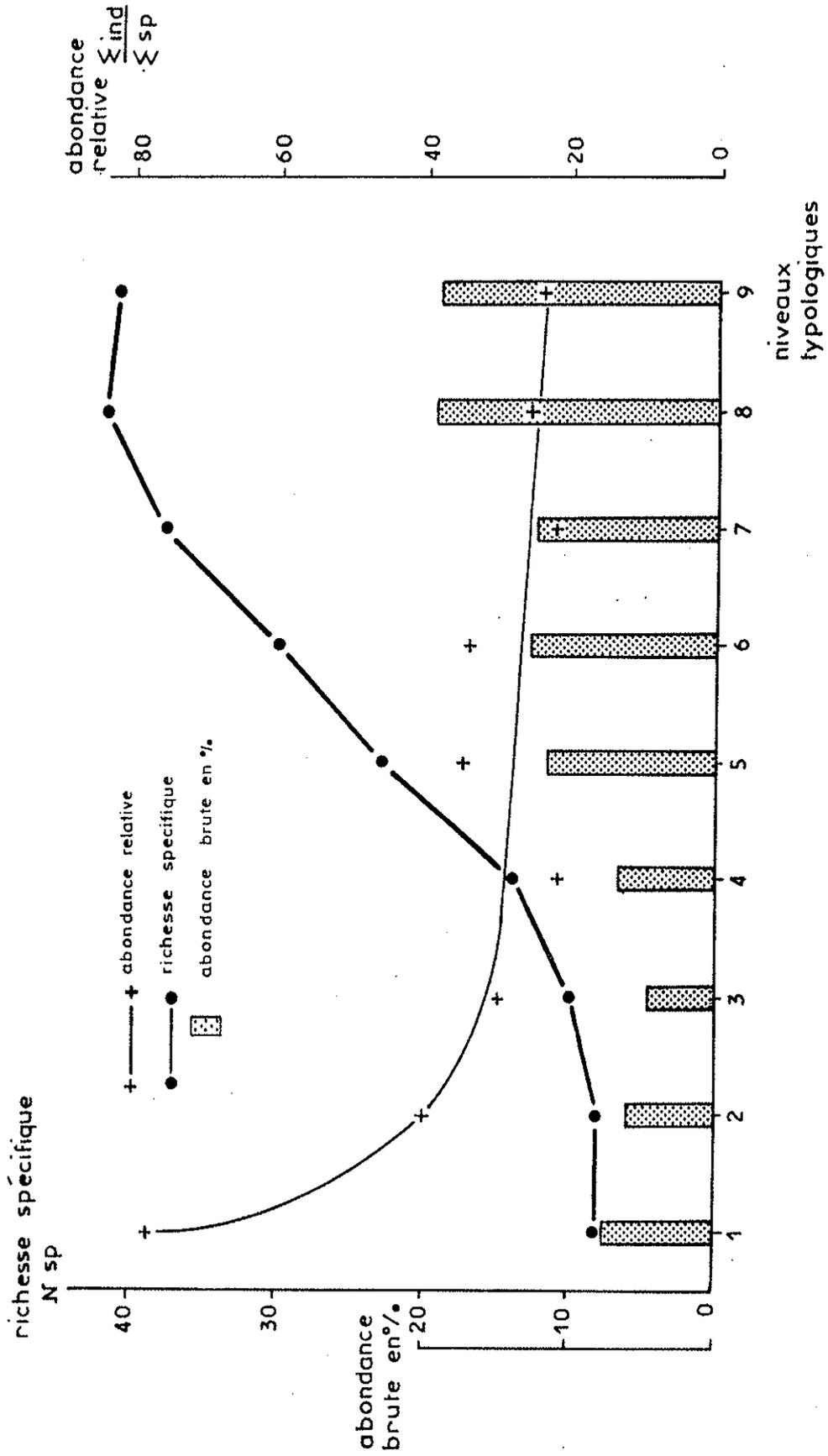
Ces paramètres physico-chimiques sont donc susceptibles d'influencer directement la répartition de certaines espèces comme M. margaritifera (Linné, 1758), étroitement inféodée aux eaux peu minéralisées. Mais d'une manière générale, les valeurs extrêmes étant peu fréquentes dans les milieux naturels, Harman et Berg (1971) ont montré que la plus grande partie des espèces de l'état de New York vivent dans des eaux dont le pH est compris entre 7,1 et 8,1 et l'alcalinité entre 20 et 180 ppm, on peut considérer que la distribution des Mollusques est corrélée avec le pH et la dureté des eaux (Boycott, 1936 - Hubendick, 1947, Dussart, 1976).

L'étude de l'évolution des paramètres trophiques, dont la plupart sont associés au facteur pollution, montre que la corrélation définie précédemment cesse lorsque la courbe, obtenue en joignant, dans l'ordre de leur succession, les 5 classes regroupant les valeurs de chacun d'eux, ne suit plus la distribution typique.

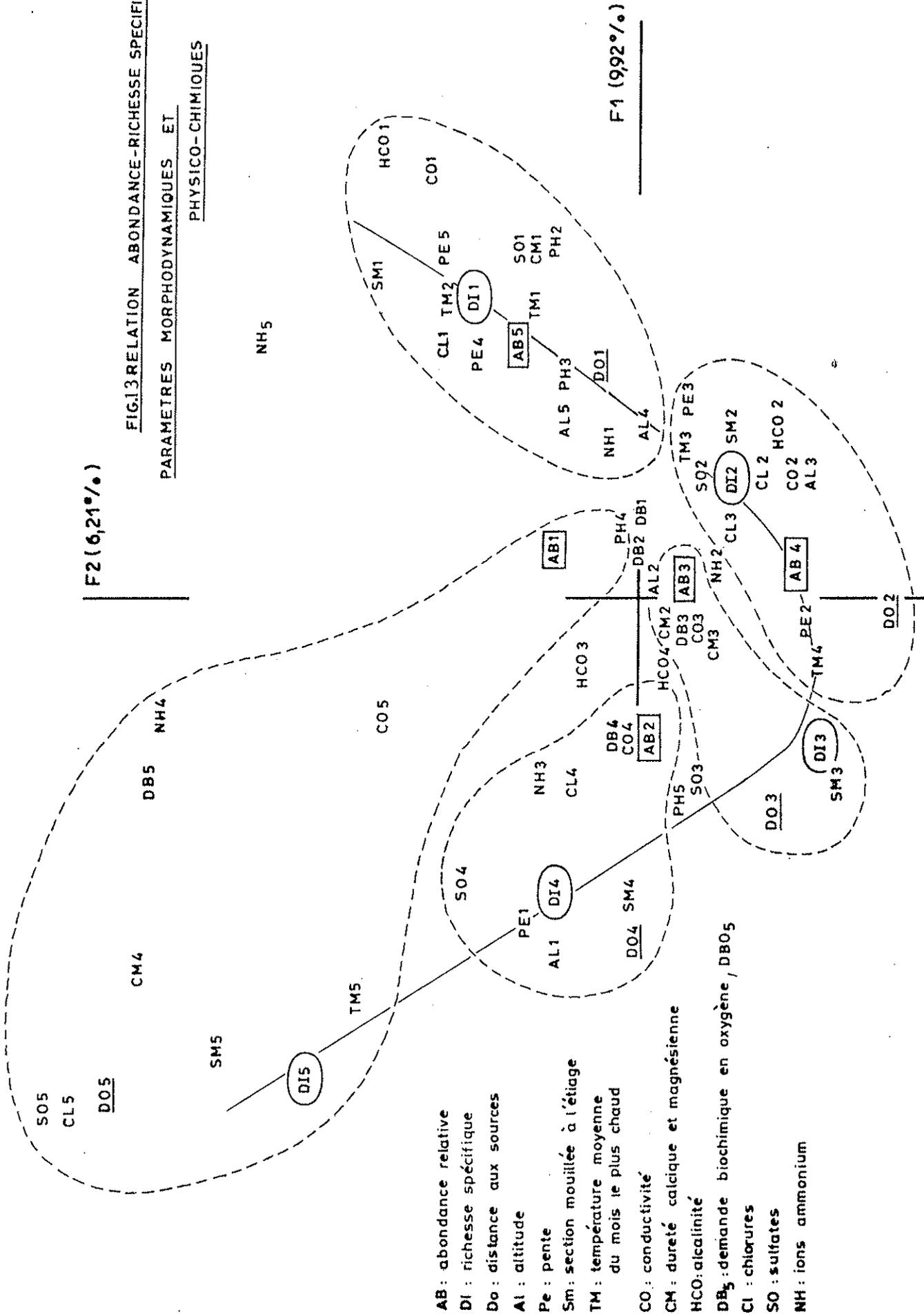
Cette modification de la corrélation permet de déterminer graphiquement à partir de quelle concentration un paramètre devient facteur limitant.

Ainsi les fortes teneurs en azote ammoniacal, en phosphates, de l'oxydabilité (classe 4 et 5), de la conductivité, des nitrites (classe 5) et les faibles concentrations des eaux en oxygène dissous

FIG.12 - EVOLUTION LONGITUDINALE DE LA RICHESSE SPECIFIQUE ET DE L'ABONDANCE BRUTE ET RELATIVE DES MOLLUSQUES DULCICOLES

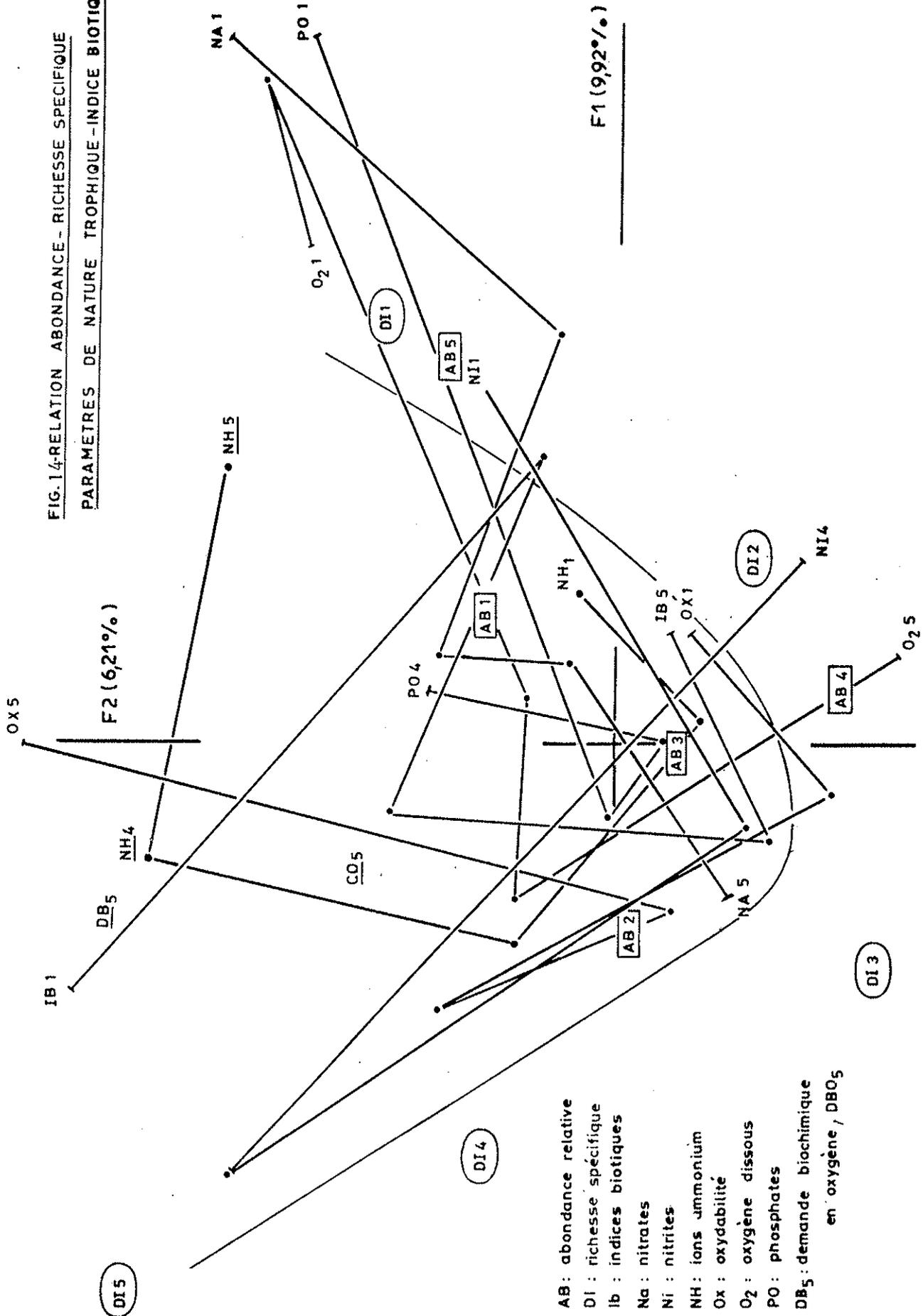


**FIG.13 RELATION ABONDANCE-RICHESSE SPECIFIQUE
PARAMETRES MORPHODYNAMIQUES ET
PHYSICO-CHEMIIQUES**



- AB : abondance relative
- DI : richesse spécifique
- Do : distance aux sources
- Al : altitude
- Pe : pente
- Sm : section mouillée à l'étiage
- TM : température moyenne du mois le plus chaud
- CO : conductivité
- CM : dureté calcique et magnésienne
- HCO : alcalinité
- DB₅ : demande biochimique en oxygène, DBO₅
- Cl : chlorures
- SO : sulfates
- NH : ions ammonium

FIG. 14-RELATION ABONDANCE - RICHESSE SPECIFIQUE
PARAMETRES DE NATURE TROPHIQUE-INDICE BIOTIQUE



AB : abondance relative
 DI : richesse spécifique
 IB : indices biotiques
 Na : nitrates
 Ni : nitrites
 NH : ions ammonium
 Ox : oxydabilité
 O2 : oxygène dissous
 PO : phosphates
 DB5 : demande biochimique
 en oxygène / DBO5

Tableau 26: Concentrations des paramètres physico-chimiques à partir desquelles la diversité des Mollusques est affectée.

Paramètres physico-chimiques	Classes (à partir desquelles la corrélation est modifiée)	Valeurs correspondantes (mg/l)
Conductivité	5	> 450 μ S
Oxydabilité	4-5	> 3
NH ₄ ⁺	4-5	> 0,3
NO ₂ ⁻	4-5	> 0,3
PO ₄ ⁻⁻⁻⁻	(3) 4-5	> (0,1)-0,5
O ₂ dissous	5	≤ 5
DBO ₅	5	> 8

Tableau 27 : Contribution aux axes F1, F2, F3 des 18 paramètres du milieu étudiés

Paramètres	Contributions aux axes en %																						
	Sm	Do	HCO ₃ ⁻	Tm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	DI	Cond	pH	Cl ⁻	Pe	Al.	SO ₄ ⁼⁼	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	Ox.	NO ₃ ⁻	O ₂	Ib	PO ₄ ⁼⁼	ABr	DBO ₅	
F1	94	121	35	87	45	92	38	58	52	78	58	76	18	47	11	24	21	21	10	19	18	5	5
F2	41	12	148	31	110	16	110	92	30	26	68	14	73	22	20	56	36	36	47	21	7	16	16
F3	120	93	25	87	49	77	36	9	75	47	21	57	44	45	76	24	43	43	36	16	19	16	16
F1F2F3	255	236	208	205	204	185	184	154	157	151	151	147	135	114	107	104	100	100	93	56	44	37	37

(classe 5) peuvent être considérées comme limitantes et inhibitrices pour l'ensemble des espèces de Mollusques dulcicoles (fig.14, tableau 26).

Les fortes valeurs de la température moyenne du mois le plus chaud, de la dureté totale, des chlorures et des sulfates sont fortement corrélées aux diversités optimales. En outre, les classes ultimes d'autres paramètres, associées au facteur pollution, conductivité, DBO₅, oxydabilité, ions ammonium (classe 4), situées graphiquement à proximité des plus faibles indices biotiques relevés ($I_b \leq 5$) donc des stations les plus polluées, demeurent toutefois associées aux fortes diversités exprimant ainsi le caractère d'eurythermie, d'euryécie et de saprobiontie générale des Mollusques.

L'importance des 18 paramètres considérés sur la distribution générale des espèces peut être appréhendée en examinant, pour chacun d'eux, leur contribution aux axes F₁, F₂ et F₃ représentant 22,15 % de l'inertie expliquée (tableau 27). Toutefois, il est peu probable que ces facteurs agissent isolément, certains d'entre eux étant fortement corrélés ou même redondants. De ce fait, leur contribution à l'évolution de la structure n'est envisagée que d'une façon très globale.

On note la prépondérance de la section mouillée à l'étiage fortement corrélée à la distance aux sources, de la minéralisation des eaux représentée par quatre paramètres : l'alcalinité, la dureté totale, la conductivité et le pH qui totalisent près de la moitié de la contribution à l'axe F₂ masquant ainsi l'influence des autres paramètres sur cet axe⁽¹⁾, et de la température moyenne du mois le plus chaud. La pente et l'altitude exercent à l'échelle du réseau considéré, une influence secondaire sur la distribution des espèces (altitude maximale relevée : 946 m - 52 stations ont une pente moyenne inférieure à 3 %). Parmi les autres éléments chimiques, ce sont les chlorures et les sulfates qui modifient le plus l'évolution des Mollusques. Parmi les paramètres

(1) C'est pourquoi nous avons travaillé essentiellement avec la combinaison d'axe F₁F₃ dont l'inertie expliquée est très voisine de celle des axes F₁, F₂.

directement associés au facteur pollution, l'ammoniac et les nitrites sont les plus inhibiteurs, en revanche, l'oxydabilité, les nitrates, la teneur des eaux en oxygène dissous, les phosphates, la DBO5 ainsi que les valeurs de l'indice biotique ont une faible contribution aux axes exprimant ainsi la faible polluosensibilité et la saprobiontie générale des espèces de Mollusques dulcicoles.

IV -2- 2.2.2. Les Mollusques et la pollution : introduction à l'établissement d'une gamme de polluosensibilité.

L'utilisation des indices biotiques (Ib) méthode globale d'appréciation de la qualité des eaux (Tufféry-Verneaux, 1967) fig.15 , a permis de classer les stations, et par conséquent leur peuplement, en fonction de l'Indice de pollution Ip. ($Ip = 10 - Ib$). A chaque valeur correspond une diversité maximale d'espèces inversement proportionnelle à l'intensité de la pollution, étant bien entendu qu'une espèce présente à un certain degré de pollution est a fortiori susceptible de l'être au niveau inférieur. On peut ainsi, à l'aide d'une courbe, visualiser la polluosensibilité générale des Mollusques et la confronter à celle des Plécoptères, Trichoptères, Ephéméroptères, Poissons, précédemment définie (Verneaux, 1973).

Plus polluo-résistant au niveau des premiers indices ($Ip = 1-2-3$) les Mollusques sont plus polluosensibles que les Ephéméroptères lorsque l'intensité de la pollution augmente (fig 16). Toutefois l'échantillonnage ayant été préférentiellement axé sur les stations les moins perturbées et compte-tenu du faible nombre de stations polluées (cf. fig.16) prises en considération ; la partie inférieure de la courbe est susceptible de modifications et n'est donnée ici qu'à titre indicatif.

A l'intérieur de l'Embranchement on constate (fig. 17) que ce sont les Sphaeriidae et les Prosobranches qui apparaissent les moins polluo-résistants, cependant la polluosensibilité de ces derniers est toute relative puisque essentiellement due aux Hydrobiidae crénophiles tels que Bythinella sp., Hauffenia sp., Bythiospeum sp.

D. polymorpha, bivalve euryhalin, apparaît comme une des espèces de Mollusques la plus résistante à la pollution, puis viennent les Pulmonés basommatophores. Il est également intéressant de noter l'évolution parallèle de la polluosensibilité des deux grandes familles

FIG. 16 POLLUOSENSIBILITE. DES FAUNES

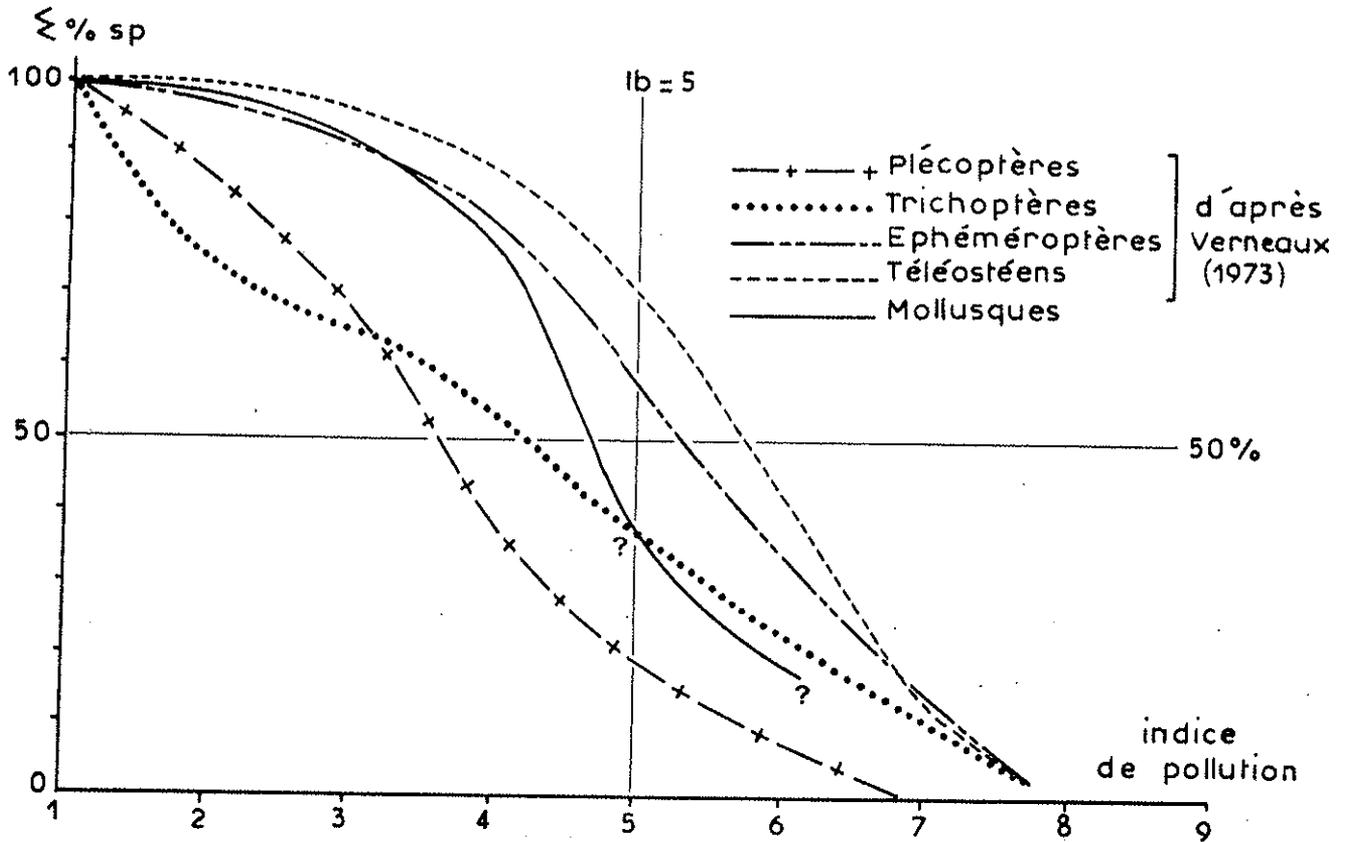
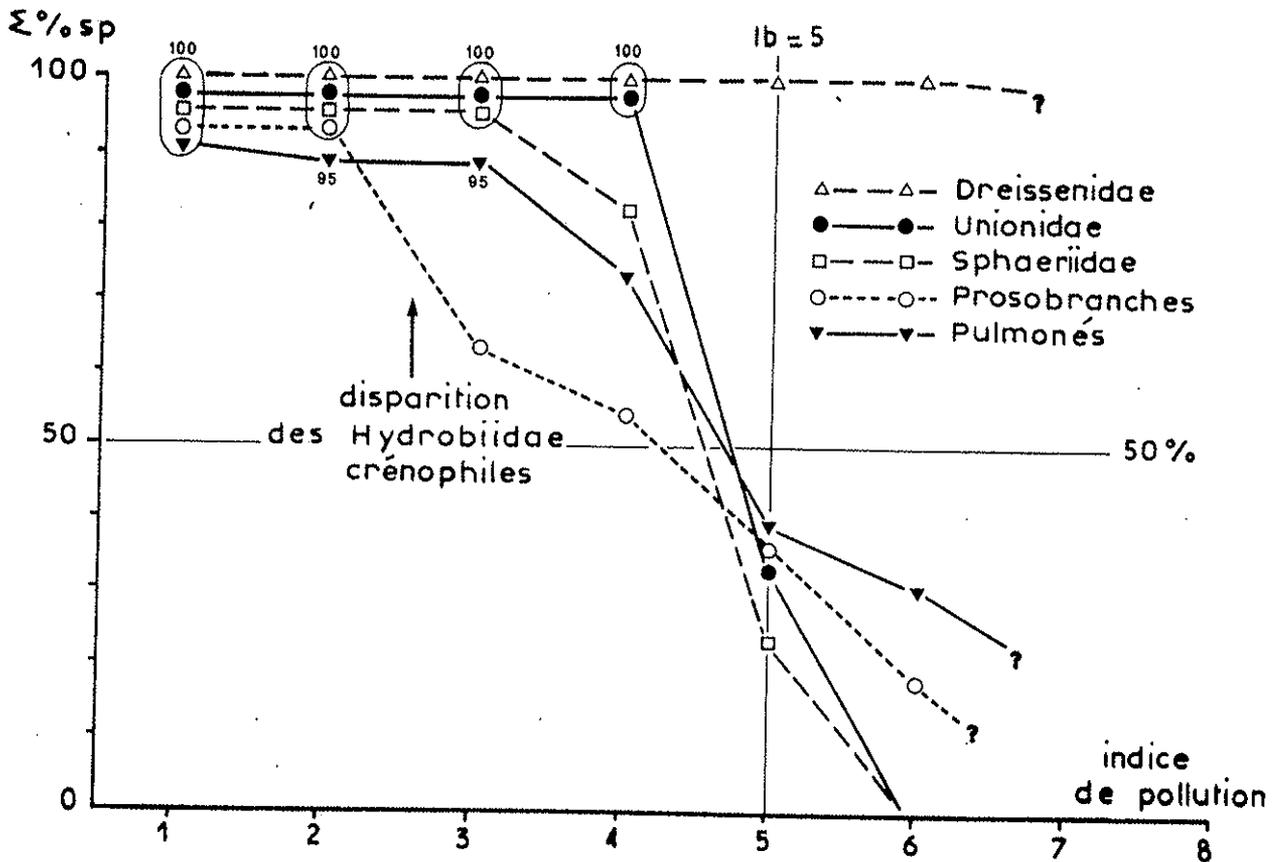


FIG. 17. POLLUOSENSIBILITE A L'INTERIEUR DE L'EMBRANCHEMENT DES MOLLUSQUES



de Bivalves plus ou moins endobenthiques ; Unionidae et Sphaeriidae qui tolèrent bien les effets de la pollution jusqu'au niveau 4 (Ip) mais dont la diversité décroît brusquement pour les indices 5 et 6. Ce type de comportement est à rapprocher de l'évolution des conditions d'oxygénation au niveau du sédiment et de la valeur du rH dans les strates supérieures, le potentiel d'oxydo-réduction semble en effet jouer un rôle fondamental dans la distribution des bivalves, et particulièrement des Pisidies.

Néanmoins, et compte-tenu des réserves formulées précédemment, il est possible, en première approximation, d'établir une gamme indicatrice de la polluosensibilité globale des espèces (tableau 28).

IV -2- 3. Conclusion

Comme pour les Invertébrés benthiques et les Poissons, ces résultats mettent en évidence : "la diminution générale de la polluosensibilité suivant l'ordre de la succession typologique des espèces et l'existence de polluosensibilités différentes à l'intérieur d'un même groupement socio-écologique dont les espèces peuvent résister à 3 ou 4 degrés différents de pollution", (Verneaux, 1973).

Bien que très globale, cette gamme de polluosensibilité confirme les données bibliographiques particulièrement en ce qui concerne les espèces les plus polluo-résistantes : Hynes (1963) - Macan (1963) - Carr et Hiltunen (1965), Harman (1968 a-b-1974), Kuiper et Wolff (1970).

L'Embranchement des Mollusques apparaît donc composé d'une majorité d'espèces à tendance saprobionte, euryèce et eurytherme susceptibles d'être d'autant plus polluo-résistantes qu'elles sont électives de niveaux typologiques inférieurs.

Des études plus fines, prenant en compte un grand nombre de stations affectées par des pollutions de différentes natures (métaux lourds, herbicides, pesticides, radionucléides...) et de différentes intensités s'avèrent nécessaires afin de compléter et affiner cette gamme.

Il convient toutefois de préciser que les Mollusques, liés aux microhabitats de bordure et au faciès sédimentaire, sont surtout particulièrement affectés par la tendance de la politique actuelle d'aménagement des cours d'eau, visant à canaliser la plupart des systèmes potamiques déjà fort endommagés par un flux de pollution sans cesse croissant.

TABLEAU 28 Ébauche d'une gamme de polluosensibilité des Mollusques dulcicoles.

Indices de pollution	Niveau typologique associé	Polluosensibilités particulières
Ip = 3	1-2-3	<i>Bythiospeum diaphanum</i> (Michaud, 1831) <i>Hauffenia minuta</i> Draparnaud, 1805 <i>Bythinella viridis</i> (Poiret, 1801) <i>Bythinella carinulata</i> (Drouet, 1867) <i>Bythinella dunkeri</i> (Von Frauenfeld, 1856)
Ip = 4	5-6-7	<i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1758) <i>Bathyomphalus contortus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Anisus vortex</i> (Linnaeus, 1758) <i>Planorbis carinatus</i> (Müller, 1774) <i>Valvata cristata</i> Müller, 1774 <i>Pisidium pulchellum</i> Jenyns, 1832 <i>Pisidium amnicum</i> (Müller, 1774) <i>Pisidium tenuilineatum</i> Stelfox, 1918
Ip = 5	(1) • (4) • 5-6-7-8-9	<i>Radix peregrina</i> * (Müller, 1774) <i>Armiger crista</i> (Linnaeus, 1758) <i>Planorbis corneus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Segmentina nitida</i> (Müller, 1774) <i>Hippentis complanata</i> (Linnaeus, 1758) <i>Valvata piscinalis</i> (Müller, 1774) <i>Unio crassus</i> Philipsson, 1788 <i>Unio tumidus</i> Philipsson, 1788 <i>Potomida littoralis</i> (Cuvier, 1797) <i>Pseudanodonta complanata</i> Rossmässler, 1835 <i>Sphaerium corneum</i> (Linnaeus, 1758) <i>Sphaerium solidum</i> (Normand, 1844) <i>Sphaerium lacustre</i> (Müller, 1774) <i>Pisidium personatum</i> * Malm, 1855 <i>Pisidium benslowanum</i> (Sheppard, 1823) <i>Pisidium nitidum</i> Jenyns, 1932 <i>Pisidium hibernicum</i> Westerlund, 1894 <i>Pisidium moitessierianum</i> Paladilhe, 1866 <i>Pisidium milium</i> Held, 1836 <i>Pisidium supinum</i> Schmidt, 1851
Ip = 6	6-7-8-9	<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758) <i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758) <i>Bithynia leachi</i> (Sheppard, 1823) <i>Anodonta anatina</i> (Linnaeus, 1758) <i>Sphaerium rivicola</i> (Lamarck, 1818) <i>Pisidium subtruncatum</i> Malm, 1855 <i>Pisidium casertanum</i> (Poli, 1791) <i>Pisidium obtusale</i> Lamarck, 1818
Ip > 6	(2)? • (3-4) • 7-8-9	<i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758) <i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771) <i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758) <i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Ferrissia wautieri</i> (Mirolli, 1960) <i>Acyloxus lacustris</i> (Linnaeus, 1758) <i>Ancylus fluviatilis</i> * (Müller, 1774) <i>Physa acuta</i> (Draparnaud, 1805) <i>Gyraulus albus</i> (Müller, 1774) <i>Galba truncatula</i> * (Müller, 1774) <i>Galba palustris</i> (Müller, 1774) <i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)

• Preferendum typologique auquel appartiennent les espèces avec une *.

BIBLIOGRAPHIE / - Auteurs Cités
Chapitres IV -2-

- AHO J., 1966. Ecological basis of the distribution of the littoral freshwater molluscs in the vicinity of Tampere, South Finland. *Annls. Zool. Fenn.*, 3 (4) : 287-322.
- ALSTERBERG G. 1930. Wichtige Züge in der Biologie der Süßwassergastropoden : 1-130 (A.-B. *Gleerupska Univ.-Bokhandeln, Lund*).
- BOYCOTT A.E. 1936. The habitats of the fresh-water Mollusca in Britain. *J. anim. Ecol.*, 5 : 116-186.
- CARR J.F. & J.K. HILTUNEN 1965. Changes in the bottom fauna of western Lake Erie from 1930-1961. *Limnol. Oceanogr.*, 10 551-569.
- DUSSART G.B.J. 1976. The ecology of freshwater molluscs in N.W. England in relation to water chemistry. *J. moll. Stud.*, 45 : 19-34.
- DUSSART G.B.J. 1979 a. Life cycles and distribution of the aquatic gastropod molluscs *Bithynia tentaculata* (L.), *Gyraulus albus* (Müller), *Planorbis planorbis* (L.) and *Lymnaea peregra* (Müller), in relation to water chemistry. *Hydrobiologia*, 67 (3) : 223-239.
- DUSSART G.B.J. 1979 b. *Sphaerium corneum* (L) and *Pisidium* spp. Pfeiffer. The ecology of freshwater bivalve molluscs in relation to water chemistry. *J. moll. Stud.*, 45 : 19-34.
- GERMAIN L. 1931. *Mollusques terrestres et fluviatiles*, *Faune Fr.*, 21 -22 : 1-897, i-xiv, pls. I-XXVI.
- GREEN R.H. 1971. A multivariate statistical approach to the Hutchinsonian niche : bivalve molluscs of Central Canada, *Ecology*, 52 (4) : 543-556.
- HARMAN W.N. 1968 a. Replacement of pleurocerids by *Bithynia* in polluted waters of central Nex York. *Nautilus*, 81 : 77-83.

- HARMAN W.N. 1968 b. Interspecific competition between *Bithynia* and Pleuroceridae. *Nautilus*, 82 : 72-73.
- HARMAN W.N. 1974. Snails (Mollusca : Gastropoda). In : C.W. Hart Jr. & S. L. H. FULLER (eds.), *Pollution ecology of freshwater invertebrates* : 275-312 (Academic Press, London).
- HARMAN W.N. & C.O. BERG 1971. The freshwater Gastropoda of central New York with illustrated keys to the genera and species. Search ; *Cornell Univ. agr. Sta. Entomol.*, *Ithaca*, 1 (4) : 1-68.
- HUBENDICK B. 1947. Die Verbreitungsverhältnisse der limnischen Gastropoden in Schweden. *Zool. Bidr. Upps.*, 24 : 419-559.
- HUBENDICK B. 1958. Factors conditioning the habitat of freshwater snails. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 18 : 1072-1080.
- HYNES H.B.N. 1963. *The biology of polluted waters* : 1-202 (University Press, Liverpool).
- JONES F.H. 1973. *Quantitative changes in the benthic macroinvertebrate communities of the river Taf and the relationship between plant detritus and invertebrate numbers* (M. Sc. Thesis, University of Aston, Birmingham).
- KUIPER J.G.J. & W.J. WOLFF 1970. The Mollusca of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relation to the hydrography of the area. III, the genus *Pisidium*. *Basteria*, 34 : 1-42.
- MACAN T.T. 1950. Ecology of freshwater Mollusca in the English Lake District. *J. anim. Ecol.*, 19 : 124-146.
- MACAN T.T. 1963. *Freshwater ecology* : 1-338 (Longmans, Green & Co., London).
- MEIER-BROOK, C., 1963. Über die Mollusken der Hochschwarzwald- und Hochvogesengewässer. *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 28 (5) : 1-46.

- MENTZEN R. 1926. Bemerkungen zur Biologie und Ökologie der Mitteleuropäischen Unionidae. *Arch. Hydrobiol.*, 17 : 380-394.
- MOUTHON J. 1979. Structure malacologique de la rivière Aube. *Annls. Limnologie*, 15 (3) : 299-315.
- MOUTHON J. 1980. *Contribution à l'écologie des Mollusques des eaux courantes - esquisse biotypologique et données écologiques* : 1- 169 (thèse 3ème cycle, Univ. Paris VI).
- NISBET M. & J. VERNEAUX 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annls. Limnologie*, 6 (2) : 161-190.
- ÖKLAND J. 1969. Distribution and ecology of the freshwater snails (Gastropoda) of Norway. *Malacologia*, 9 (1) : 143-151.
- ÖKLAND J. 1971. On the ecology of Sphaeriidae in a High Mountain Area in South Norway. *Norw. J. Zool.*, 19 : 133-143.
- ÖKLAND K.A. & J.G.J. KUIPER 1980. Smamuslinger (Sphaeriidae) i ferskvann i Norge -utbredelse, økologi og relasjon til forsurening : 1-85 (SNSF project IR 61/80, Oslo-As. Norway).
- SHADIN, V.J., 1931-1935. Über die ökologische und geographische Verbreitung der Süßwassermollusken in der U.d.S.S.R. *Zoogeographica*, 2 : 295-554.
- TUFFERY G. & J. VERNEAUX 1967. *Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond* : 1-23 (Trav. div. Qual. Eaux P. Pisc. C.T.G.R.E.F. Paris).
- VERNEAUX J. 1973. *Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura) -recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. -essai de biotypologie* : 1-257. (thèse Doct. ès. Sci. Nat. Fac. Sci. Univ. Besançon).

VERNEAUX J. & G. TUFFERY 1967. Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biotiques. *Annls. Scient. Univ. Besançon*, (Zool.) 3 : 79-90.

WILLIAMS N.V. 1970. Studies on aquatic pulmonate snails in Central Africa. I. Fields distribution in relation to water chemistry. *Malacologia*, 10 (1) : 153-164.

IV -3- Les Oligochètes et les chironomides.

IV -3- 1. Techniques d'échantillonnage

IV -3- 1.1. But

Bien qu'ils soient morphologiquement différents et très éloignés d'un point de vue systématique, les Oligochètes et les larves de Chironomidae forment à cause de leur petite taille, de leur écologie et des difficultés taxonomiques qu'ils présentent, un ensemble à part au sein des Macroinvertébrés benthiques. C'est pourquoi ils n'interviennent pratiquement pas, (sauf en tant que groupe au niveau des fortes pollutions) dans les méthodes Biologiques Globales d'appréciation de la qualité de l'eau du type Indices Biotiques ou IQBG.

La définition de méthodes pratiques basées sur les Oligochètes et les Chironomidae nécessite donc au préalable la mise au point d'un protocole d'échantillonnage standardisé qui permette d'obtenir, pour un effort compatible avec les contraintes des études demandées, le maximum d'information sur les peuplements de ces deux groupes.

IV -3- 1.2. Problèmes posés et principes généraux

Les Oligochètes et les larves de Chironomidae sont des animaux vermiformes de petite taille : 2 à 20 mm de longueur pour les Chironomidae, voire moins pour beaucoup d'Oligochètes, et un diamètre de l'ordre de 0,1 à 1 mm. Ils constituent une fraction très importante de l'endobenthos, constitué des invertébrés vivant dans les sédiments, mais on les trouve aussi dans les substrats pierreux, dans la couverture biologique (épibenthos) et dans la végétation, c'est à dire pratiquement dans tous les habitats aquatiques.

Cependant chaque type d'habitat aquatique abrite des peuplements caractéristiques, qui présentent parfois des réponses différenciées à une même dégradation du milieu. En effet, si le schéma général de réponse aux perturbations reste constant, il est fréquent que les communautés réagissent avec un certain décalage, ou même présentent des réponses particulières, en fonction des caractéristiques de l'habitat.

Les peuplements d'Oligochètes et de Chironomidae peuvent atteindre des abondances énormes : plusieurs centaines de milliers d'individus / m² pour les Oligochètes, plusieurs dizaines de milliers pour les Chironomidae ;

la distribution spatiale des individus est fréquemment en agrégats.

La petite taille des individus impose l'utilisation de mailles de filets et de tamis beaucoup plus petites que pour les autres invertébrés. De plus, étant donné la fragilité des animaux et la facilité avec laquelle ils peuvent traverser un tamis, le tamisage ne peut se faire que sur du matériel formolé : il faut donc prélever des échantillons de sédiment. Enfin le tri des individus est très fastidieux surtout dans les substrats sédimentaires.

Le protocole utilisé tient compte de toutes ces difficultés et cherche à les minimiser en partant de 3 principes :

- 1) En réalisant un échantillonnage différencié par habitat pour chaque station.
- 2) En diminuant la dimension des prélèvements, ce qui permet d'en augmenter le nombre et d'obtenir ainsi une meilleure estimation statistique de la densité et une meilleure "couverture" de l'habitat échantillonné sans accroître le volume du matériel à manipuler.
- 3) En recourant systématiquement à la technique du sous-échantillonnage et en limitant le nombre des individus comptés et déterminés au minimum nécessaire à une bonne évaluation quantitative des différents paramètres des peuplements.

IV -3- 1.3. Nombre et localisation des prélèvements.

Les différents habitats aquatiques présents sur la station sont répertoriés à l'aide des codes de l'étude CEMAGREF n°1 (Wasson, Dumont, Troche-rie et Coll., 1981). Ensuite 2 à 4 habitats bien représentatifs, c'est à dire occupant plus de 5 % de la surface de la station, sont prospectés. Toutefois, il est souhaitable d'échantillonner sur une même station un habitat en faciés lotique (granulométrie grossière, courant > 30 cm/s) et un autre en faciés lénitique (sédiment fin, courant < 10 cm/s) chaque fois que cela est possible.

Dans chaque habitat à prospecter sont effectués 3 à 5 prélèvements, localisés au hasard, pour aboutir à un total de 10 à 12 prélèvements par station.

IV -3- 1.4. Matériel et techniques de prélèvements.

IV-3-1.4.1. Maille des filets et tamis

Les filets utilisés pour les prélèvements ont une maille de 160 à 250 μ m ; ces deux valeurs constituent une limite inférieure et supérieure à ne pas dépasser. De même pour le tri du matériel formolé, la maille du tamis fin utilisé devra être comprise entre ces limites.

IV-3-1.4.2. Appareils de prélèvement

- Filets emmanchés de 100 et 400 cm²

Deux appareils ont été conçus et réalisés spécialement pour le prélèvement des Oligochètes et des larves de Chironomidae. Ce sont deux filets emmanchés fonctionnant sur le principe du filet de Surber, c'est-à-dire délimitant une surface de prélèvement connue. Les plans de réalisation de ces appareils, ainsi qu'un dessin d'ensemble sont fournis en annexe (fig. 18 à 22).

Les surfaces de prélèvement des deux appareils sont respectivement de 400 et 100 cm² ; ils sont réalisés en acier inoxydable (1).

Les côtés sont en tôle pleine et tout autour du socle des plaques amovibles maintenues par des écrous, servent à fixer des joints en mousse de faible densité qui dépassent de 1 à 2 cm le socle de l'appareil. Ces joints assurent une bonne étanchéité sur des substrats irréguliers, et réduisent ainsi fortement la perte d'individus qui sont entraînés par le courant à travers les interstices entre l'appareil et le substrat. L'erreur d'échantillonnage occasionnée par cet "effet de bordure" est inversement proportionnelle à la surface du relevé ; il importe donc d'assurer la meilleure étanchéité possible de l'appareil pour pouvoir diminuer la taille des prélèvements.

La manipulation est facilitée par l'emploi de manches en duralumin plastifiés emboîtables, légers et très rigides (2) permettant d'atteindre des longueurs de 3 à 4 mètres au besoin.

Ces appareils s'emploient comme le filet de Surber ; l'ouverture est maintenue face au courant (> 10 cm/s) et le substrat est remué sur une profondeur de 5 à 10 cm à la main ou à l'aide d'une petite bêche à 4 dents de 10 cm de largeur (3)

(1) Coût des appareils : 860 F et 720 F H.T. en 1978, sans manche ni filet

(2) Fournis par Sté RUDIPECH - 25150 PONT DE ROIDE

(3) Disponible chez les fournisseurs d'outils de jardinage.

On peut également utiliser l'appareil de 100 cm² sur les substrats meubles (sable ou vase) même en courant très faible (< 10 cm/s), en faisant pénétrer le sédiment dans l'ouverture du filet à l'aide d'une petite pelle emmanchée conçue à cet effet (fig. 23). Cette opération permet de prélever le sédiment sur une profondeur de quelques centimètres pratiquement sans perte de matériel. Enfin, ce filet sert aussi à effectuer des prélèvements sur les blocs et les dalles moyennant l'utilisation d'une petite brosse en nylon à poils durs.

- Filet troubleau quadrangulaire

Cet appareil (décrit au chapitre III-2-, Méthodes zoologiques) peut être employé en raclant le fond pour prospecter une surface déterminée (par exemple, en tirant le filet sur une longueur de 40 cm, on prélève sur une surface de 0,1 m²). Le filet troubleau peut aussi être utilisé pour des prélèvements dans la végétation, ou pour prospecter des fonds durs sous des hauteurs d'eau importantes (de 1,50 à 3 m) en utilisant des manches télescopiques ; mais dans ces conditions, il est souvent impossible de ramener la quantité de matériel prélevé à une surface connue. On ne peut donc calculer des densités, mais une estimation de l'abondance est toujours possible en utilisant un protocole de prélèvement identique sur les différentes stations (cf. étude CEMAGREF n° 1).

- Benne type LENZ

La benne LENZ (4) est une benne type EKMAN modifiée, permettant de stratifier verticalement le prélèvement. Cela est très utile pour ne conserver que la partie supérieure du sédiment (5 à 10 cm) et donc diminuer le volume de matériel à manipuler tout en conservant la quasi totalité des Oligochètes et Chironomidae.

Cette benne prélève une surface de 225 cm² et peut s'utiliser soit avec un câble et un messenger, soit avec un manche télescopique (jusqu'à 3 m de profondeur); son efficacité est très satisfaisante pour les invertébrés endobenthiques.

- Benne type FRIEDINGER

Cette benne (5), plus lourde que la précédente, est manoeuvrée à l'aide d'une corde et prélève sur une surface de 350 cm². Il n'est pas possible

(4) Fabriqué par la Sté HYDROBIOS, R.F.A. et distribué en France par NEREIDES

(5) ^{91400 - ORSAY} Fabriqué par la Sté BÜCHI (SUISSE), distribuée en France par la Sté WILD+LEIZ
92 - RUEIL-MALMAISON

de stratifier le sédiment. Cet appareil est moins pratique que la benne LENZ pour les sédiments fins, mais il peut s'avérer utile dans les cours d'eau profonds lorsque le substrat est formé d'un sable compact mélangé à des graviers ; il est alors possible de prélever des petites quantités de substrat, mais le manque d'étanchéité de la benne avec ce type de sédiment entraîne des pertes importantes de matériel. Dans ces conditions, le prélèvement ne peut être considéré comme quantitatif.

- Carroliers type ROFES-SAVARY

Ces carroliers brevetés sont décrits dans le rapport CTGREF "Etude des Sédiments" (ROFES, 1980). Des modèles à main de 25 cm² et de 100 cm² de section sont utilisés pour les prélèvements d'Oligochètes dans les sédiments fins des cours d'eau ; leur efficacité est excellente, d'autant que ces appareils permettent une description fine de la stratification du sédiment. Le seul inconvénient de ces carroliers réside dans leur poids et leur encombrement.

IV -3-1.4.3. Conditions d'utilisation des différents appareils

Les appareils de prélèvements mentionnés ci-dessus permettent de prospecter la plupart des habitats présents dans les milieux aquatiques.

Le choix de l'appareil adéquat se fait en fonction des caractéristiques de l'habitat et de la densité des peuplements. Pratiquement, on utilisera les appareils les plus petits (filet de 100 cm², carrolier) lorsque la densité est forte. Le tableau ci-dessous indique quels sont les appareils utilisables en fonction des caractéristiques de l'habitat, (tableau 29).

IV-3- 1.4.4. Fixation des prélèvements

Le matériel prélevé est transporté dans des récipients présentant un volume suffisant (1 à 3 l) tels que des bocaux en verre ou des boîtes en plastiques. Ces dernières sont très pratiques à manipuler mais présentent l'inconvénient d'une étanchéité parfois insuffisante.

La fixation s'effectue sur le terrain avec du formol à 30 % pour obtenir une dilution finale de l'ordre de 5 %.

HABITAT		APPAREIL DE PRELEVEMENT						
		XX : recommandé			X : utilisable			
Type de substrat	Vitesse cm/s	Prof. cm	benne avec manche cable	benne LENZ avec cable	benne FREIDINGER	Carottiers 25 cm ² avec avec manchescable	Filets emmanchés 400 cm ² 100 cm ²	Filet troubleau
Sédiment fin, vase "	< 10 nulle	< 250 > 250	XX	XX		XX XX	(1) X	
Sable "	< 10 < 10	< 120 > 120	X X				(1) XX	X (2)
Sables avec gra- viers cailloux	< 30 < 30	< 250 > 250			(3) X		(1) X	XX (2)
Cailloux, galets, graviers	> 10 > 10	< 120 > 120					XX (4) X (4)	X (3)
Blocs, dalles	> 10	< 100					XX (5) (5) XX	
Pierres	< 10	< 100					X (6)	
Mousses sur blocs	> 10	< 100					XX	XX
Phanérogames	< 10	< 250						XX (3)

Tableau 29--Choix des appareils de prélèvements en fonction des caractères de l'Habitat pour les Oligochètes et les larves de Chironomidae

(1) avec pelle (2) prospector 0,1 m² (3) non quantitatif (4) avec bêche (5) avec brosse (6) laver la pierre dans le filet.

IV -3- 1.5. Le sous-échantillonnage.

L'une des difficultés inhérentes à l'étude des peuplements d'Oligochètes et de Chironomidae provient du fait qu'il est nécessaire d'effectuer des montages des individus pour pouvoir les déterminer. (Le détail de ces opérations sera précisé au § IV-3- 1.6.). Aussi est-il souhaitable de limiter au minimum indispensable le nombre des individus à examiner.

IV-3-1.5.1. Nombre d'individus à examiner

Considérons un échantillon supposé représentatif des peuplements d'Oligochètes et de Chironomidae, extrait d'un habitat donné. Soit a (en %) la fréquence réelle d'une espèce A dans l'échantillon, n le nombre d'individus constituant un sous-échantillon tiré au hasard dans cet échantillon, et x le nombre d'individus de l'espèce A trouvés après examen dans le sous-échantillon. Le tableau suivant, calculé à partir de la loi de POISSON donne en fonction des valeurs de n et a la probabilité de $P(x \neq 0)$ c'est à dire la probabilité que le sous-échantillon contienne au moins un individu de l'espèce A.

$n \backslash a$	5 %	3 %	2 %	1 %	0,5 %	0,1 %
50	0,92	0,78	0,63	0,39	0,1	< 0,1
70	0,97	0,86	0,75	0,5	0,3	< 0,1
90	0,99	0,92	0,8	0,6	0,35	< 0,1
100	0,99	0,95	0,86	0,63	0,39	0,1
150	> 0,99	0,99	0,95	0,78	0,45	0,15
200		> 0,99	0,98	0,86	0,63	0,18
300			> 0,99	0,95	0,78	0,26
400			> 0,99	0,98	0,86	0,33
500				> 0,99	0,92	0,4
600				> 0,99	0,95	0,45

Tableau 30 Probabilité ($P_{x \neq 0}$) de trouver dans un sous-échantillon de n individus au-moins un individu d'une espèce A représentant a % du peuplement d'un échantillon (d'après la Loi de POISSON)

BOURNAUD (1980 p.72) suggère d'employer pour les espèces des classes d'abondance-dominance en adoptant la nomenclature suivante :

$a \geq 5 \%$	espèce dominante
$2\% \leq a < 5\%$	" subdominante
$1\% \leq a < 2\%$	" résidante
$a < 1\%$	" subrésidante

D'après le tableau 30, on constate que pour un sous-échantillon de 150 à 200 individus, on a une probabilité ($P_{x \neq 0}$) $> 0,95$ de trouver les espèces dominantes et subdominantes et une probabilité comprise entre 0,78 et 0,86 pour les espèces résidantes ; c'est-à-dire qu'avec un tel sous-échantillon on trouvera au moins les 3/4 des espèces représentant 1% du peuplement dans l'échantillon extrait d'un habitat. Si l'on considère maintenant l'ensemble de la station, pour 2 à 4 habitats prospectés, la probabilité de rencontrer au moins une fois les espèces représentant 1 % du peuplement sur l'ensemble des échantillons est de 0,95 pour 300 individus examinés et dépasse 0,99 pour 600 individus ; avec ce dernier effectif, on peut espérer rencontrer environ la moitié des espèces dont la fréquence globale est de l'ordre de 1 %.

Tout cela permet de conclure que 150 à 200 individus constituent un effectif suffisant pour obtenir un sous-échantillon représentatif du peuplement d'un habitat, compte-tenu des contraintes découlant de l'examen du matériel récolté.

IV -3- 1.5.2. Méthode de sous-échantillonnage

- coloration

Une coloration peut-être effectuée sur le prélèvement brut afin de faciliter ultérieurement le tri des Oligochètes de petite taille.

La coloration est réalisée en ajoutant au prélèvement une solution d'éosine aqueuse à 2% à raison de 100 cm³ par litre de matériel. La durée de la coloration doit être limitée à 15 mn ; ce délai est suffisant pour colorer les Oligochètes, sans que les chironomidae ne prennent une teinte rosée qui rendrait plus difficile par la suite la séparation des groupes larvaires en vue de l'identification. L'éosine en excès est ensuite éliminée lors du tamisage.

- Tamisage

Un sous-échantillonnage correct nécessite la répartition sans agrégats d'individus de taille pas trop dissemblable dans un milieu relativement homogène. Une certaine préparation du matériel brut est donc nécessaire avant de prélever le sous-échantillon.

+ Pour les substrats à granulométrie grossière, tels que cailloux, graviers, sables, les plus gros éléments sont enlevés et lavés en eau courante au dessus d'un tamis fin. Le reste du prélèvement subit également un lavage de la manière suivante :

Dans une cuvette à bec, le substrat est agité modérément sous le jet d'une douchette pas trop puissante. Lorsque la cuvette est pleine, l'eau surnageante est versée sur le tamis. Cette opération est répétée 15 fois. L'efficacité de cette méthode est supérieure à 99 % pour le nombre des individus recueillis.

- Pour les sédiments fins (vases, sables fins, limons) : on effectue un tamisage en eau courante à faible débit en procédant ainsi : le récipient contenant le sédiment est déposé au dessus de 2 tamis, le premier ayant une maille de 2 à 5 mm pour éliminer les plus grosses particules ; on fait arriver au fond du récipient un courant d'eau à débit modéré, pendant le temps nécessaire au tamisage complet du sédiment (10 à 20 mn); il est nécessaire de vérifier de temps à autre que le tamis fin n'est pas colmaté. Au besoin, pour les sédiments très compacts (argiles et vases) il faut, avant cette opération, ajouter au sédiment un détergent puissant qui facilitera la dispersion des agrégats limoneux et argileux.

Le prélèvement est donc concentré dans un ou deux tamis : un tamis fin comprenant la plupart des individus mélangés à une quantité plus ou moins grande de débris et de sédiment, et éventuellement un gros tamis contenant les plus gros débris et les individus de grande taille.

- Techniques de sous-échantillonnage

a) Tri sur le gros tamis

Éventuellement, le matériel resté sur le gros tamis peut être trié directement sous la loupe binoculaire et les individus récoltés sont comptés et conservés à part.

b) Sous-échantillonnage sur le petit tamis

Le procédé retenu consiste à laisser sédimenter le matériel à trier sur une surface connue et uniforme, puis à prélever au hasard sur cette surface des fractions de quelques centimètres carrés qui sont examinées à la loupe binoculaire. Selon la quantité de matériel restant dans le tamis et la densité apparente des peuplements, plusieurs solutions sont possibles.

- Si la quantité de matériel restant dans le tamis est conséquente (volume de l'ordre de 1 litre par exemple), on laisse le matériel se déposer sur le tamis de surface connue en une couche d'épaisseur uniforme et on laisse égoutter quelques minutes. Des fractions sont alors prélevées à l'aide de boîtes de 2 à 10 cm² selon la densité probable des peuplements.

- A l'inverse, lorsque la quantité de matériel est minime, et le peuplement très peu dense, la totalité du prélèvement doit être examinée.

- Lorsque le matériel peut aisément être dilué et homogénéisé dans un volume d'eau inférieur à 1 litre, on utilise des boîtes de sous-échantillonnage. Les boîtes conçues spécialement à cet effet sont réalisées en plexiglas transparent ; elles ont un format carré ou rectangulaire, sont peu profondes, et leur fond est compartimenté en cases carrées de surface égale ; chaque boîte est munie d'un couvercle étanche.

Une série de 4 boîtes comportant 12, 25, 49 ou 100 cases permet d'avoir toujours une dimension compatible avec le volume de matériel à examiner et la densité des peuplements.

Les dimensions de ces boîtes sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Nombre de cases	Dimensions intérieures Lxlxh (mm)	Volume approx. (litres)	Dimension des cases Lxlxh (mm)	Volume des cases approx. cm ³	Prix HT (1982) FF
12 (4x3)	180x135x50	1,2	42x42x12	21	170
25 (5x5)	200x200x40	1,6	36x36x10	13	220
49 (7x7)	245x245x50	3	33x33x10	11	230
100(10x10)	25 x25 x30	1,8	20x20x5	2	480

Tableau 31 Dimensions des boîtes de sous-échantillonnage.

Le prélèvement à sous-échantillonner est versé dans la boîte, et agité régulièrement jusqu'à homogénéisation ; on laisse alors le matériel déposer pendant quelques minutes. Le contenu des cases est prélevé par aspiration à l'aide d'une pipette de 8 mm de diamètre comportant une ampoule d'une contenance de 50 cm³.

L'emplacement des fractions à examiner doit être choisi au hasard ; le tableau suivant, qui donne une permutation au hasard des nombres de 1 à 99, peut être utilisé à cet effet.

26	71	08	37	33	63	01	24	92	16
81	28	62	84	89	13	50	22	68	65
61	29	41	77	52	60	32	82	99	39
15	69	80	42	56	78	30	38	88	59
04	12	94	09	17	21	51	83	57	23
54	98	91	19	03	05	20	55	86	02
11	93	47	06	07	48	45	31	72	18
74	79	43	34	46	27	25	97	67	73
85	96	75	87	58	10	70	40	95	44
53	14	66	64	36	76	35	49	90	

Tableau 32- Table de nombres au hasard de 1 à 99 pour le choix des fractions de sous-échantillonnage.

- Tri

Chaque prélèvement est traité selon le protocole indiqué ci-dessus puis les fractions du sous-échantillon sont examinées une à une sous la loupe binoculaire. Les individus de chaque peuplement, Oligochètes et Chironomidae, sont retirés et comptés séparément. On continue à examiner des fractions successives jusqu'à ce que l'on ait obtenu, pour chaque peuplement, un total minimum de 50, 40 ou 30 individus, selon que le nombre de prélèvements dans l'échantillon est de 3, 4 ou 5.

En opérant ainsi pour chaque prélèvement on récolte donc par échantillon un total minimum de 150 individus.

IV -3- 1.5.3. Estimation de la densité des peuplements.

Pour chaque prélèvement, on calcule à partir du total des fractions sous-échantillonnées l'estimation du nombre total N d'individus dans le prélèvement par simple règle de trois. Si un gros tamis a été utilisé on ajoute à cette estimation le nombre d'individus récoltés sur le gros tamis. Il est utile de vérifier à ce stade que le prélèvement a été correctement homogénéisé, c'est à dire que la série des nombres d'individus comptés dans les fractions examinées successivement s'adapte à une Loi de POISSON.

Une manière simple de tester la conformité du sous-échantillon avec la Loi de POISSON consiste à effectuer un test de χ^2 sur le rapport variance/moyenne, en fonction du nombre de degrés de liberté (nombre de fractions comptées-1) (cf. ELLIOTT et DECAMPS, 1973, ELLIOTT, 1977).

Si cette hypothèse est rejetée, cela signifie que les individus étaient groupés en agrégats dans le matériel trié. L'estimation du nombre total d'individus dans le prélèvement peut s'entrouver biaisée. Il faut alors examiner un plus grand nombre de fractions (une trentaine) afin de retomber dans les conditions de validité de la loi normale, ou recommencer l'homogénéisation.

Ce cas peut se produire lorsque le sédiment est mal fractionné, ou les individus liés entre eux par des filaments muqueux comme les fourreaux de larves de *Chironomus* par exemple, ou par des filaments d'algues.

Lorsque l'hypothèse de la Loi de POISSON est acceptée, ou lorsque le nombre de fractions comptées est supérieur à 30, on peut calculer un intervalle de confiance pour le nombre d'individus par prélèvement selon les méthodes statistiques simples.

On calcule ensuite pour l'échantillon le nombre moyen d'individus par prélèvement et ce nombre sert à calculer la densité pour 0,1 m² en fonction de la surface unitaire du prélèvement. Un intervalle de confiance de cette densité peut être calculé à partir des données précédentes.

IV -3- 1.6. Montage et détermination des individus

Les 150 à 200 individus récoltés par échantillons doivent être préparés en vue d'un examen microscopique pour leur détermination.

Cependant à ce stade, les méthodes diffèrent pour les Oligochètes et les larves de Chironomidae.

IV -3- 1.6.1. Montage des larves de Chironomides.

Les techniques de montage des spécimens en vue d'étude taxonomiques fines nécessitent un éclaircissement des individus par passage dans la potasse, puis la déshydratation à l'éthanol et le montage dans des milieux hydrophobes à très longue conservation (baume du Canada, Euparal). Ces techniques, excellentes, ont l'inconvénient d'être longues à mettre en oeuvre et sont donc inadaptées aux études de routine. Aussi peut-on se contenter dans l'optique d'une utilisation des Chironomidae en tant qu'indicateurs de la qualité des milieux aquatiques, de techniques plus rapides employant des milieux de montage hydrophiles ; ces milieux permettent le montage direct de l'individu conservé dans une solution de formol ou d'alcool, et un chauffage ménagé et assez bref assure un éclaircissement des tissus et un durcissement permettant une manipulation immédiate.

De ce point de vue, le milieu de montage le plus adapté pour les larves de Chironomidae est l'A.C.S. Mountant (6) ; d'autres milieux tels que Aquamount, Hydramount, Polyvinyl Lactophenol, Water Mounting Medium (6) et même le liquide de Berlèse, sont utilisables mais ils présentent tous divers inconvénients (séchage trop rapide, dégagement de vapeurs phénoliques, rétractation trop importante au chauffage, etc...). Le mélange Glycérine-Acide lactique utilisé pour les Oligochètes (cf. 6-2) est également très utile lorsque les spécimens ont besoin d'être fortement éclaircis.

Les préparations obtenues offrent des qualités optiques acceptables, suffisantes en général pour une détermination aisée, et se conservent plusieurs années moyennant quelques précautions de stockage.

Le protocole à suivre pour le montage des larves de Chironomidae est détaillé ci-dessous.

1) Les larves sont examinées à la loupe binoculaire (grossissement x 6 à x 75) et séparées en différents groupes larvaires selon des caractères morphologiques visibles à ce grossissement tels que la couleur, la taille, l'habitus, la forme des appendices et de la capsule céphalique, la présence de soies, la disposition des taches oculaires, la forme des antennes, etc...

On vérifie ensuite l'homogénéité de chaque groupe en partant du principe qu'il vaut mieux faire trop de groupes que pas assez. Chaque groupe larvaire est placé dans une coupelle repérée par une lettre ; le nombre des individus de chaque groupe est compté, et ces données sont reportées sur une fiche de détermination.

(6) Produits GURR distribués par les Laboratoires MERCK

- 2) Pour chaque groupe, 1 à 3 individus représentatifs (de préférence les plus dissemblables) sont sélectionnés pour être montés.
- 3) Pour chaque individu à monter, on dépose sur une lame de verre très propre 2 gouttes du milieu de montage choisi ; le volume de ces gouttes doit être proportionné à la taille de la tête et du corps de l'individu.
- 4) L'individu est déposé dans la plus grosse des deux gouttes ; la capsule céphalique est séparée du corps à l'aide de microciseaux de chirurgie. Puis la tête est disposée dans la petite goutte, face ventrale orientée vers le haut.
- 5) Les deux gouttes sont alors recouvertes de lamelles rondes, ou carrées, de taille proportionnée ; on s'assurera lors de cette opération que la capsule céphalique reste correctement orientée. Le corps de l'animal est disposé latéralement et légèrement comprimé.
- 6) La préparation est identifiée par les références de l'échantillon et la lettre correspondant au groupe larvaire ; une indication de la date et du milieu de montage employé est utile. La lame est alors déposée sur une platine chauffante à température moyenne (40-50°C) pendant quelques dizaines de minutes. Il convient de surveiller de temps à autre l'état d'éclaircissement et le durcissement de la préparation, ainsi que la disposition de la capsule céphalique qui peut parfois se modifier. Si le milieu employé le nécessite, les lames sont soumises à un séchage à l'étuve (30-35°C) pendant quelques jours.
- 7) Après durcissement et refroidissement, la préparation est examinée au microscope. Un grossissement de x600 est très utile, et l'immersion est parfois nécessaire. Un dispositif de contraste de phase est souvent apprécié. Après détermination, le nom du groupe larvaire est noté directement sur la lame et reporté sur la fiche de détermination correspondante.
- 8) Si après détermination, on constate qu'un groupe de larves constitué lors du tri comporte plusieurs espèces différentes, il est nécessaire d'effectuer de nouveaux montages pour préciser la proportion de chaque espèce à l'intérieur de ce groupe.
- 9) Lorsqu'un gros tamis a été utilisé, les individus récoltés peuvent soit être déterminés à part, soit être rassemblés avec des groupes larvaires déjà constitués. Il convient seulement de prendre garde à ne pas modifier les données quantitatives en mélangeant inconsidérément les individus obtenus par tri direct et ceux récoltés après sous-échantillonnage.

IV -3- 1.6.2. Montage des Oligochètes

Les Oligochètes sont montés dans un mélange à parts égales de Glycérine et d'Acide lactique pur (LAFONT et JUGET, 1976). Les préparations sont chauffées pendant au moins une demie heure à 80°C pour éclaircir les tissus mais le milieu ne durcit pas : aussi les lames doivent-elles être lutées au Glyceel (produit GURR) pour être conservées.

Des préparations définitives pour collections peuvent être montées au baume du Canada, ou dans des milieux comme l'Hydramount, le Water Mounting Medium GURR ; pour les individus petits et fragiles, on peut employer le sirop de levulose (lutage au Glyceel).

A de rares exceptions près, les 150 à 200 individus récoltés par échantillons doivent être montés pour pouvoir être déterminés ; ils sont regroupés en fonction de leur taille à raison de 8 à 25 specimens par lame, ce qui représente 10 à 12 préparations en moyenne par échantillon. Un microscope équipé en contraste de phase et permettant un grossissement x600 (voire 1500) est recommandé.

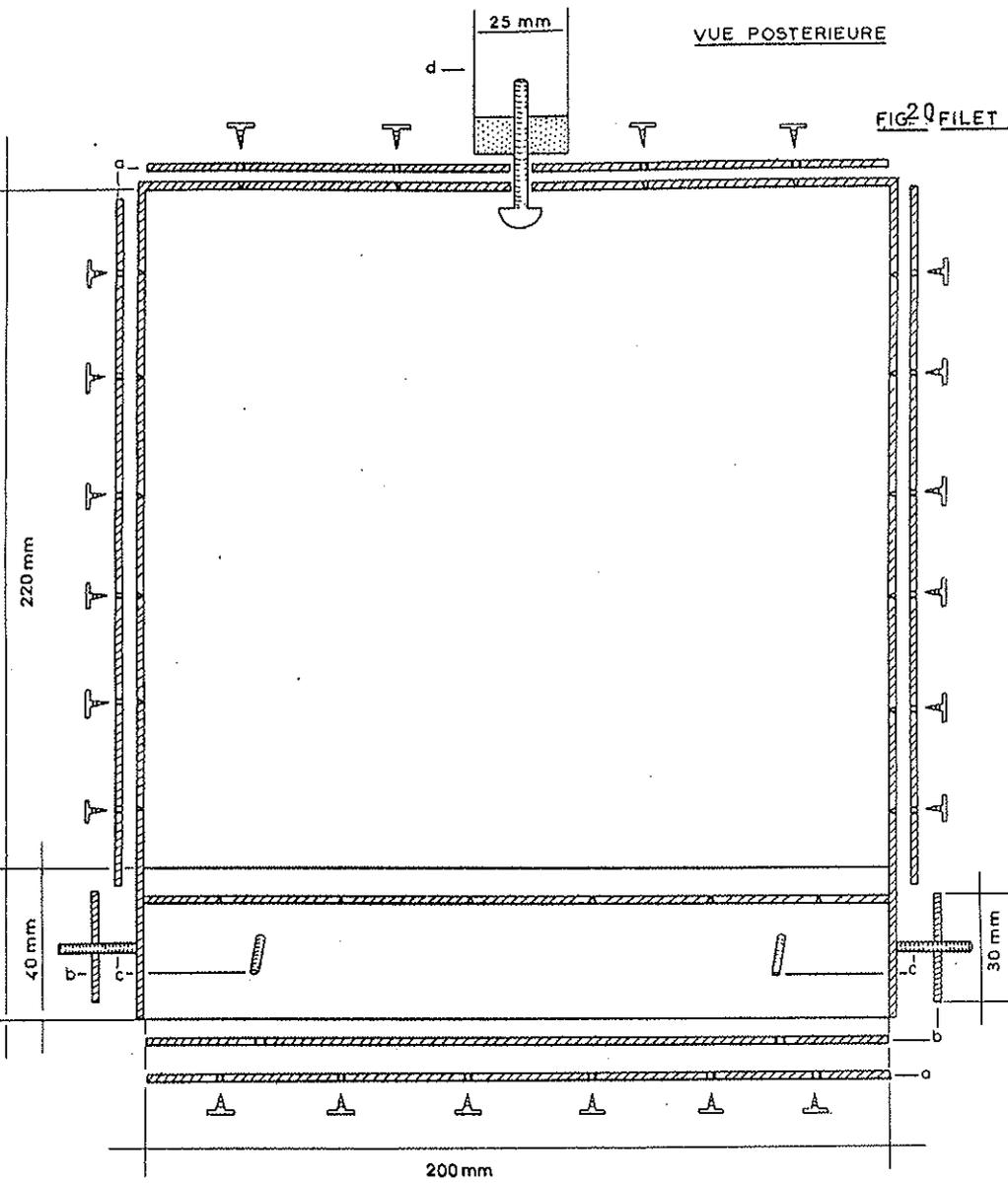
IV -3- 1.7. EXPRESSION FINALE DES RESULTATS

Pour chaque station étudiée et pour chaque peuplements, la liste faunistique finale doit comporter au minimum :

- la densité par 0,1 m² pour tous les habitats ayant fait l'objet de prélèvements quantitatifs.
- une indication de l'abondance (en données brutes par 0,1 m² ou en %) pour toutes les espèces ou groupes larvaires ayant été déterminés.

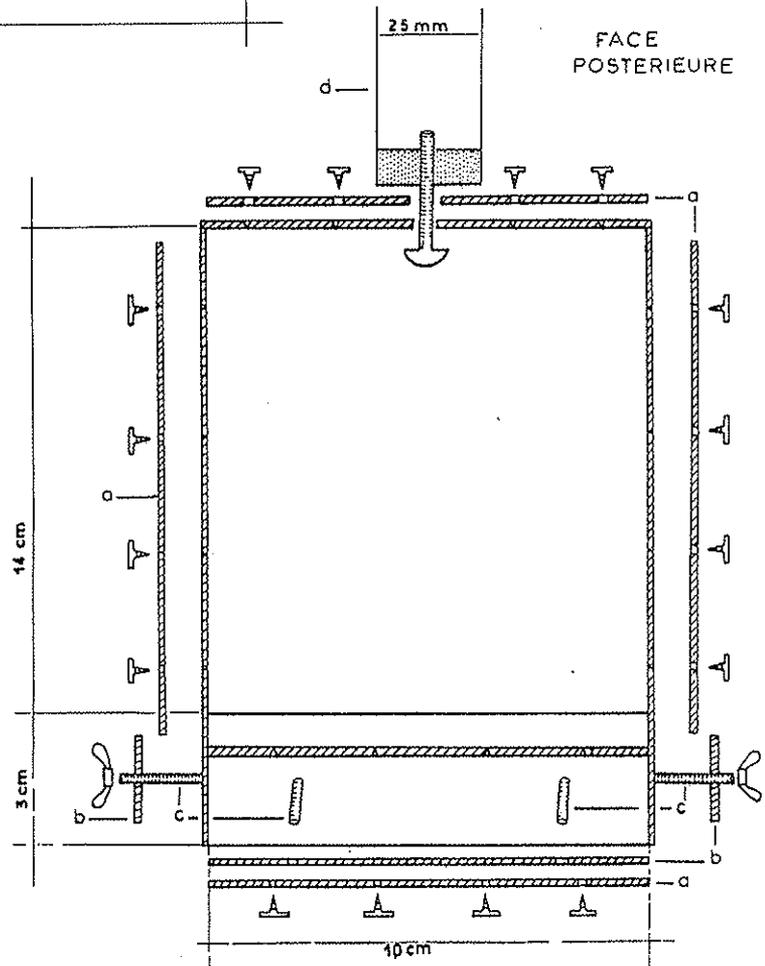
VUE POSTERIEURE

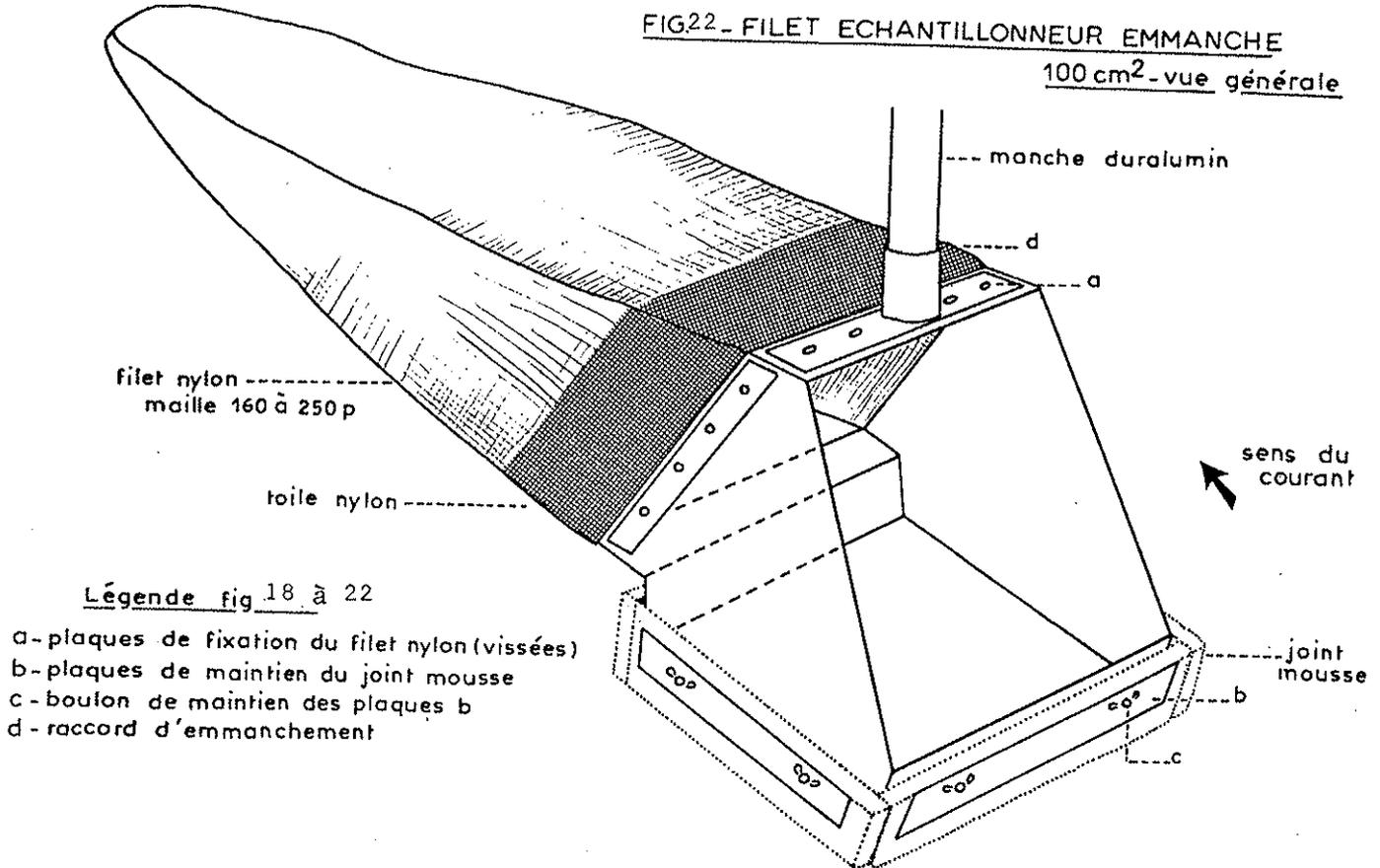
FIG. 20 FILET ECHANTILLONNEUR EMMANCHE - 400 cm²



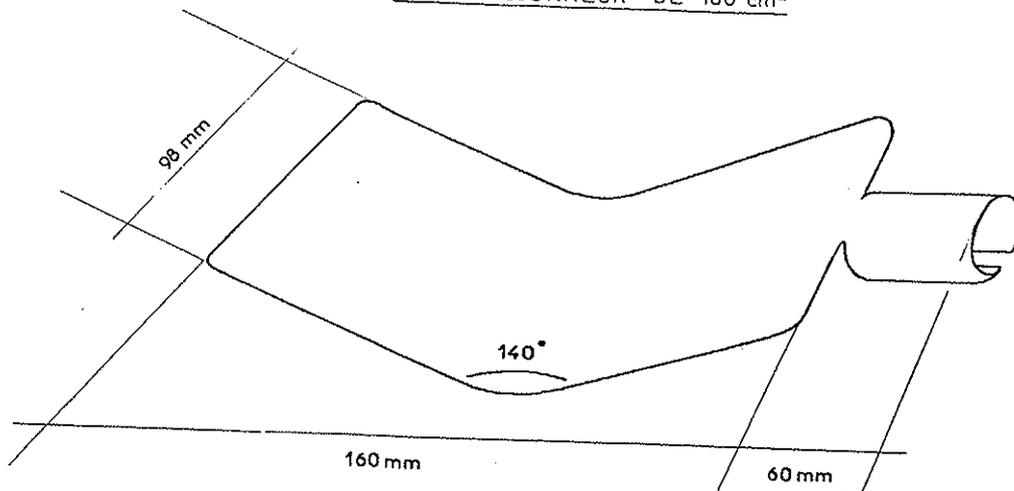
FACE POSTERIEURE

FIG. 21 FILET ECHANTILLONNEUR EMMANCHE
100 cm²





**FIG.23 PELLE EMMANCHEE POUR LE FILET
ECHANTILLONNEUR DE 100 cm²**



IV -3- 2. Etat des connaissances acquises sur les peuplements d'Oligochètes.

IV -3- 2.1. Approche théorique

L'approche théorique du problème de l'utilisation des Oligochètes pour évaluer l'impact de la pollution sensu lato sur les cours d'eau, en particulier les systèmes potamiques, présente plusieurs écueils :

- la mise en place de critères de qualité d'eau, variables suivant les pays, ce qui pose un certain nombre de problèmes lorsque l'on veut comparer ses résultats à ceux obtenus par des chercheurs travaillant dans d'autres nations ;

- la généralisation, dangereuse, à notre avis, de résultats obtenus dans l'habitat sédiment fin, à d'autres habitats (graviers, galets en courant lent par exemple) ;

- la globalisation des résultats obtenus sur plusieurs habitats en une note unique de qualité biologique : cette méthode a déjà été utilisée précédemment (LAFONT, 1980), mais il est préférable de l'abandonner à l'heure actuelle, à la lumière de résultats récents ;

- le fait d'utiliser une "note" pour décrire des phénomènes biologiques, ceux-ci n'étant que des situations biologiques des "états écologiques" résultant d'interactions multiples, dont celles qui sont liées à l'activité humaine.

Inversement, les peuplements d'Oligochètes ne présentent pas à première vue, le long d'un écosystème d'eau courante, de zonations aussi nettes que pour d'autres invertébrés, notamment les insectes aquatiques.

Il existe un "pool commun" d'espèces pour tous les systèmes aquatiques français (LAFONT et JUGET, 1976, rapport CTGREF sur la Dordogne 1981, LAFONT 1982). Ceci permet d'envisager une généralisation des résultats obtenus sur les Oligochètes.

Les Oligochètes, à l'inverse de nombreux invertébrés, se présentent comme des organismes sédentaires, souvent fouisseurs, peu mobiles et dont tous les stades de développement sont aquatiques : ils intègrent donc à court, moyen et long terme les transformations multiples que subit leur habitat aquatique.

A partir de la mise au point d'un protocole de prélèvement plus élaboré, tenant compte plus précisément de l'habitat (cf. paragraphe IV -3- 1.) appliqué à plusieurs cours d'eau depuis 1978 (Saône, Doubs canalisé, Seine) une troisième grille de qualité biologique est proposée. Celle-ci est valable pour des sédiments fins permanents, avec 30 à 80 % de particules de diamètre $\leq 50 \mu m$, ou lorsque les sables fins ($d = 50$ à $200 \mu m$ de diamètre) sont abondants ($\geq 70\%$).

IV -3- 2.2. - Résultats obtenus pour les sédiments fins.

IV -3- 2.2.1. Résultats obtenus sur le Rhône et le Doubs.

Les résultats globaux obtenus à partir d'au moins 2 séries de prélèvements sont consignés dans les tableaux 33,34,35, Rhône : 8 stations : Yenne, Saint-Vulbas, Chavanay, Cruas, Viviers, Bourg-St-Andéol, confluence Vieux-Rhône, Canal de Donzères, Aramon (Vieux-Rhône, Rhône et Rhône canalisé) ; Doubs : 1 station : Vaire (amont Besançon) ; la Loue à Mouthier ; le Bief Rouge (affluent du Doubs) en aval de Métabief (BR2) et en amont de la confluence avec le Doubs (BR4).

Dans ces mêmes tableaux figurent la valeur des Indices Biotiques (Ib TUFFERY et VERNEAUX, 1968), la valeur des IQBG (VERNEAUX, FAESSEL et MELESIEUX, non publié) et celle de l'Indice Diatomique ΔI (COSTE, 1974).

Dans les tableaux 36,37,38, sont notés les résultats des analyses chimiques de l'eau et des sédiments (rapports CTGREF, 1977-1980).

On constate à la lecture de ces tableaux, que les hypothèses émises sur la réponse des communautés d'Oligochètes à la pollution se vérifient. Par exemple, à Chavanay, (Rhône en aval de Vienne) qui s'avère être une station très dégradée ($I_{bm} = 3,5$ - $I_{bc} = 6$ - $I_{bl} = 1$, $I_{QBG} = 7$, $\Delta I = 6$, $NH_4^+_{eau} = 0,48$ mg/l, etc... cf tableaux 33,36,37, les Tubificidae représentent 90,4 % des Oligochètes, les Tubificidae sans soies capillaires 88,5 %, l'espèce *Limnodrilus hoffmeisteri* formant quant à elle 79,6 % des peuplements d'Oligochètes dans les sédiments fins. Ces peuplements comprennent 9 espèces seulement, ce qui est un indice de richesse spécifique globale très faible car évalué à partir d'au moins 2 séries de récoltes saisonnières.

Tableau 33 : Oligochètes du Rhône

Stations	YENNE	COURS SAINT-VULBAS	D'EAU CHAVANAY	LE RHONE CRUAS	BOURG St ANDEOL
% sp. dominants	<i>P. hamoniensis</i> 40,8 <i>T. tubifex</i> 12,4	<i>L. hoffmeisteri</i> 58,9 <i>T. tubifex</i> 10,1	<i>L. hoffmeisteri</i> 79,6	<i>L. hoffmeisteri</i> 37,7 <i>L. elaparedeanus</i> 33,5	<i>L. hoffmeisteri</i> 32,5 <i>L. elaparedeanus</i> 25,7
% fam. dominantes	Tubificidae 97,6	Tubificidae 90,2	Tubificidae 90,4	Tubificidae 89,4	Tubificidae 85,4
Nb sp.	16	18	9	24	22
Ab/O,1 m ²	963	1000	1125	967	785
Tub ≠ %	37,8	74	88,5	73,8	68,6
Tubificidae %	97,6	90,2	90,4	89,4	85,4
I.Q.B.G.	13	12	7	12	10
IB IBC IBL IBM	9 5 7	9 4 6,5	6 1 3,5	9 5 7	9 5 7
Indice diatomique ΔI	5 - 7	3 - 6	6	5	4 - 7

Tableau 34: Oligochètes du Rhône.

Stations	VIVIERS rives	VIVIERS fond	CONFLUENCE VIEUX-RHONE CANAL DE DONZERE	ARAMON ANCIEN RHONE	ARAMON RHONE CANALISE
% sp. dominantes	<i>L. hoffmeisteri</i> 41,6	<i>L. claparedeanus</i> 46,9 <i>L. hoffmeisteri</i> 41,2	<i>L. hoffmeisteri</i> 53 <i>L. claparedeanus</i> 20,6	<i>L. hoffmeisteri</i> 31,4 <i>L. claparedeanus</i> 20,3	<i>L. claparedeanus</i> 56,3 <i>L. hoffmeisteri</i> 24,7
% fam. dominantes	Tubificidae 91,5	Tubificidae 93,2	Tubificidae 85,8	Tubificidae 57,7	Tubificidae 94,8
Nb sp.	20	13	15	18	14
Ab/0,1 m ²	731	239	469	864	4022
Tub ≠ %	78,5	89,2	74	53,5	82,3
Tubificidae %	91,5	93,2	85,8	57,8	94,8
IQBG	4		6	8 (IQBP)	
IBC IBL IBM			8 2 5	7 5 6	
Indice diatomique ΔI	5 - 7		5	1 - 7	

	LOUE		BIEF		ROUGE		DOUBS	
	MOUTHIER	aval METABIEF	aval LONGEVILLE	VAIRE 03-77				
% sp. dominants	<i>T. tubifex</i> 40,1 <i>L. hoffmeisteri</i> 23,7	<i>T. tubifex</i> 91,8	<i>T. tubifex</i> 84,2	<i>Rhyacodrilus</i> sp. 9,3 <i>B. sowerbyi</i> 9,2				
% fam. dominantes	Tubificidae 74,9	Tubificidae 96	Tubificidae 91,6	Tubificidae 75,7				
Nb sp.	14	9	8	23				
Ab/0,1 m ²	-	-	-	455				
Tub ≠ %	27,5	4,2	5,4	30,7				
Tubificidae %	74,9	96	91,6	75,7				
I.Q.B.G.								
IB	10	8	8					
IBL	10	5	6					
IBM	10	2	7					
		6,5	3,5					
Indice diatomique ΔI								

TABLEAU 35 : Oligochètes de la Loue, du Bief Rouge et du Doubs

Stations	DBO ₅ mg/l		OXYDABILITE		NO ₂ ⁻		NO ₃ ⁻		NH ₄ ⁺		PO ₄ ⁻		CONDUCTIVITE		MST	
	Max	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max	Moy	Max	Moy
YENNE	4,5	2,9	2,4	1	0,1	0,07	3,5	2,2	0,9	0,4	1	0,42	320	279	43	29
SAINT-VULBAS	7,8	3,05	2,5	1,2	0,19	0,08	4,4	2,9	0,27	0,37	0,48	0,3	338	288	50	30,6
CHAVANAY	6,1	4,2	4,2	2,3	0,11	0,23	8,4	5,6	0,75	0,48	6,3	2,9	490	431	98	51
CRUAS	3,6	2,5	2,7	1,6	0,30	0,15	5,8	4	0,42	0,24	0,92	0,58	460	360	300	62
BOURG-SAINT-ANDEOL	2,6	1,8	2	1	0,2	0,08	7,8	3,9	0,30	0,14	1,1	0,56	455	405	137	16,7
VIVIERIS	3,3	2,6	1,5	0,9	0,15	0,09	7,8	3,9	0,7	0,29	0,85	0,4	465	425	137	18,8
CONFLUENCE VIEUX-RHONE CANAL DONZERE	3,4	1,8	2	1	0,30	0,13	8,7	4,25	0,30	0,18	1,5	0,62	435	357	186	25,2
ARAMON	2,9	1,5	1,8	1,1	0,18	0,10	5,9	3,8	0,28	0,18	1	0,54	430	335	282	58

TABLEAU 36: Tableau des valeurs maximales et moyennes de différents paramètres physico-chimiques sur 12 mois (rapports CTGREF 1979-1980), (en mg/l et μ /cm)

Stations	Azote total		Conductivité		Oxydabilité		NH ₄ ⁺		NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻⁻⁻		Détergents
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.			Max.	Min.	
YENNE	0,12	0,1	870	790	10,2	8,2	31,2	27,2	0,03	0	1	0,9	0,35
SAINT-VULBAS	0,13		1000		10,1		5,9		0,13	0	2,1		0,10
CHAVANAY	0,17		1035		7,4		20		0,15	0	6,3		-
VIVIERS	0,14	0,13	710	440	9,2	6,1	38	36	0,16	0	2,4	1,1	-
ARAMON Rhône canalisé	0,13		1415		4,9	4,8	43		0,05	0	0		0,30

Tableau 37 - Sédiments fins - phase solide et phase liquide - physico-chimie (Rapports CTGREF 1977-1980) (en %, µS/cm et mg/l)

Stations	DBO ₅		DCO		NH ₄ ⁺		NO ₂ ⁻		NO ₃ ⁻		PO ₄ ⁻		Conductivité	
	hiver	été	hiver	été	hiver	été	hiver	été	hiver	été	hiver	été	hiver	été
Bief Rouge 2	10,3	5,3	-	-	2,8	0,5	0,15	tr.	4,7	2,1	0,90	0,30	360	310
Bief Rouge 4	11,9	4,8	-	-	0,2	0,1	0,10	tr.	4,5	1,9	0,10	0,30	320	305
La Loue à Mouthier	-	2,1	-	4	-	0,025	-	0	-	3,87	-	0,19	-	345

Tableau 38 - Chimie de l'eau du Doubs et de la Loue (données ponctuelles du SRAE Franche-Comté)
(en mg/l et µS/cm)

Inversement, à la lecture de ces tableaux apparaît une relative hétérogénéité des données :

- la maille de tamis utilisée n'était pas systématiquement la même (0,315 mm ou 0,160 mm),
- l'effort de capture n'était pas identique sur tous les cours d'eau et il est plus important sur le Rhône, à Cruas, Bourg-St-Andéol, Viviers et Aramon,
- le protocole d'échantillonnage utilisé est basé simplement sur la distinction d'un faciès lotique et d'un faciès lénitique, sans détailler les habitats constituant chaque faciès.

Mais d'un autre côté il a été ainsi possible de collecter un grand nombre de résultats saisonniers et d'arriver dans un premier temps à une connaissance globale des peuplements d'Oligochètes colonisant des cours d'eau de types différents. Cette première approche avait permis de proposer une grille empirique de qualité d'eau des cours d'eau à partir des peuplements d'Oligochètes (LAFONT, 1977 a) comme il a été dit dans l'introduction (cf. tableau 39)

IV -3- 2.2.2. Résultats ponctuels obtenus sur le Rhône, le Doubs et le Lez: tableaux 40 à 46.

Ces résultats ne font que confirmer le bien fondé des hypothèses précédemment émises, toutefois, toujours avec certaines nuances dues, à notre avis, au fait de n'avoir pas utilisé de protocole de prélèvement suffisamment rigoureux. Le nombre d'espèces fluctue, et à Avanne, par exemple, les habitats sédimentaires fins à l'aval du barrage ne sont pas permanents au contraire de ceux de Vaire-le-Grand :

- en Juillet 1977, il s'agissait de sédiments fins épais et comparables à ceux de Vaire,
- en Mars 1978, nous avons affaire à des sédiments peu épais et recouverts d'une litière végétale très importante et transitoire : ils ne sont plus comparables à ceux de Vaire,
- en Juillet 1978, les sédiments fins avaient disparu. Ils étaient remplacés par un habitat formé de sables-graviers-galets en courant lent, recouverts d'une couche (< 1 cm) de limons, et donnant support à des herbiers de nénuphars, à Vaire, les sédiments fins rivulaires étaient toujours en place.

FACIES LENITIQUE :

1- "Petits cours d'eau" à régime plutôt torrentiel

a) Tubificidae ou Tubifex tubifex = 0

S. heringianus ≤ 50 %

Situation bonne.

b) Tubificidae ou T. tubifex > 0 (≤ 20 %)

S. heringianus > 50 %

Situation douteuse.

c) Tubificidae ou T. tubifex = 20 à 80 % et plus.

Situation polluée.

2- Cours d'eau présentant des sédiments fins

a) Tubificidae ≤ 80 %, avec une dizaine d'espèces et pas d'espèces supérieures à 20 %

Situation bonne à acceptable.

b) Tubificidae > 80 %

Limnodrilus hoffmeisteri = 30 à 70 %

Situation douteuse à polluée.

c) Tubificidae > 80 %

L. hoffmeisteri > 70 %

Situation très polluée.

Tableau 39: Grille de Qualité d'eau.

Stations	Avall Sources 03.78	Amont Mouthé 03.78	Rochejean 03.78	Amont Pontarlier 03.78	St Hyppolyte 03.78	Vaire 03.78
% sp. dominantes	<i>T. tubifex</i> 27 <i>L. variegatus</i> 10,1	<i>N. variabilis</i> 11,7	<i>T. tubifex</i> 31,8	<i>T. tubifex</i> 20,7	<i>P. hammoniensis</i> 31,4 <i>T. ignotus</i> 10,4	<i>A. leydigii</i> 33,7 <i>V. intermedia</i> 19,1
% fam. dominantes	Tubificidae 87,7	Tubificidae 83,3	Tubificidae 94,5	Tubificidae 95,8	Tubificidae 91,5	Naididae 57,4
Nb sp.	5	6	5	6	6	11
Ab/0,1 m ²	267	1200	273	910	1443	8920
Tub # %	0	5	36,3	42,6	10,4	38,2
Tubificidae %	87,7	83,3	94,5	95,8	91,5	42,6
I.Q.B.G.			10 - 13	14 - 15	18	10
IBC						
IBL						
IBM						
Indice diatomique Δ I						

Tableau 40 - Oligochètes du Doubs (prélèvements effectués le 3 Mars 1978)

Il reste à déterminer, à partir de la prise en compte d'une communauté d'Oligochètes, à quel système d'interactions biologiques et chimiques elle correspond. Le problème n'est pas simple, car, du fait du caractère sédentaire de ces vers, l'habitat, même s'il est exempt de rejets humains, a son importance dans la dynamique des peuplements d'Oligochètes.

En fait, la principale difficulté réside dans la connaissance, pour un habitat donné, d'une situation saine, c'est-à-dire exempte de nuisances dues à l'homme. En milieu potamique le problème est crucial. BERTHELEMY l'avait signalé dès 1966 : il est très difficile, voire impossible, de trouver une grande rivière non polluée à l'heure actuelle. Il paraissait logique par contre de considérer que les Oligochètes répondraient à la "pollution" suivant les mêmes modalités que les autres invertébrés :

- prolifération de certaines espèces dans un habitat ou un faciès donnés,
- diminution de la richesse spécifique,
- augmentation puis diminution de l'abondance.

L'approche a donc consisté dans un premier temps à étudier les peuplements de vers dans certains secteurs pollués dont on connaissait à l'avance l'état de dégradation global, tant sur le plan biologique que sur le plan physico-chimique (LAFONT, 1977 a, 1977 b). Il a été ainsi possible de confirmer l'importance de l'habitat ou du faciès dans la dynamique des peuplements d'Oligochètes et le fait que les vers réagissent suivant les mêmes modalités que les autres invertébrés aux nuisances humaines, mais dans un habitat ou un faciès donnés. En fait, si le phénomène est donc identique dans deux faciès différents (diminution de la richesse spécifique, prolifération de certaines espèces), les espèces participant aux phénomènes constatés diffèrent dans leur identité et leur abondance relative. C'est cette dualité permanente habitat ou faciès-perturbations de nature humaine, dans la mesure où des structures de référence exemptes de pollution sont difficiles à trouver, qui a posé le plus de problèmes, d'autant que le faciès lotique ne se contamine pas de la même manière que le faciès lénitique.

A la suite des résultats obtenus de 1973 à 1977, une première grille, improprement appelée "grille de qualité d'eau" a été mise au point en 1977 (LAFONT 1977 a). Celle-ci a été modifiée sur la forme et non sur le fond en 1980 et intitulée plus logiquement "grille de qualité biologique d'un faciès considéré à partir des Oligochètes". (cf. Tableau n° 47)

TABLEAU 41: Oligochètes du Doubs (prélèvements ponctuels). et du Rhône

Stations	Le Doubs				Le Rhône	
	VAIRE 07.78	AVANNE 07.77	SAUNIÈRES 05.75	SAUNIÈRES 03.78	SEYSSEL 03.78 Milieu	SEYSSEL 03.78 Amont
% sp. dominantes	<i>L. clapparedeanus</i> 8,8	<i>O. serpentina</i> 9,8	<i>L. clapparedeanus</i> 3,8	<i>M. riparia</i> 18,7	<i>L. hoffmeisteri</i> et <i>P. barbatus</i> 6,3	<i>N. elinguis</i> 8,7
% fam. dominantes	Tubificidae 99,7	Tubificidae 88,7	Tubificidae 99,3	Tubificidae 66,5	Tubificidae 92,5	Tubificidae 79,4
Nb sp.	7	5	10	14	8	8
Ab / 0,1 m ²	13640	5320	242	1335	844	5519
Tub ≠ %	87,1	81,9	93,2	50,3	80,4	66,4
Tubificidae %	99,7	88,7	99,3	66,5	92,5	79,4
IQBG	6	8	-	12	-	-
IBC						
IBL						
IBM						
Indice diatomique AI						

Stations	Tricastin 1 04.77	Tricastin 2 04.77	Tricastin, 3 04.77	Tricastin 4 04.77
% sp. dominantes	<i>L. claparedeanus</i> 6,4	<i>V. intermedia</i> 6 <i>L. hoffmeisteri</i> 6	<i>V. intermedia</i> 19,1 <i>L. hoffmeisteri</i> 12,8	<i>L. claparedeanus</i> 10
% fam. dominantes	Tubificidae 96,1	Tubificidae 94	Tubificidae 80,9	Tubificidae 96
Nb d'espèces	5	5	8	9
Ab. / 0,1 m ²	-	-	-	-
Tub ≠ %	83,3	90	69,1	72
Tubificidae %	96,1	94	80,9	96
IQBG	8	8	8	8
IBC				
IBL	-	-	-	-
IBM				
Indice diatomique Δ I	-	-	-	-

Tableau 42 - Oligochètes du Rhône

Stations	Les Sources 02.78	Lez amont Montpellier 02.78	Lez aval Montpellier 02.78
% sp. dominantes	<i>P. hammoniensis</i> 29,6	<i>T. tubifex</i> 21,6	<i>L. udekemianus</i> 24
% fam. dominantes	Tubificidae 100	Tubificidae 98,5	Tubificidae 94
Nb espèces	6	10	5
Ab/0,1 m ²	213	285	50
Tub ≠ %	24	10	73
Tubificidae %	100	98,5	94
IQBG	-	-	-
IBC			
IBL	-	-	-
IBM			
Indice diatomique ΔI	-	-	-

Tableau 43 Oligochètes du Lez

Stations	DBO ₅ valeurs ponctuelles (été 78)	DCO "	NH ₄ ⁺ "	NO ₂ ⁻ "	NO ₃ ⁻ "	PO ₄ ⁻ "
Mouthe	2 - 3	3,4 - 5,8	0,03 - 0,05	0,01 - 0,05	1,02 - 1,85	< 0,01 0,045
Rochejean	2,1	6,3	0,06	0,02	0,29	0,015
Amont Pontarlier	3,6	6,7	0,04	0,015	0,33	< 0,01
Saint-Hyppolyte	3,8	6	0,015	0,02	2,92	0,05
Vaire	Septembre 1979 5,4	" 21,6	" 0,04	" 0,04	" 1,3	" 0,27
Avanne	8	31,4	0,04	0,10	2,75	0,60
Saunières	été 1978 9,4	" 26	" 0,03	" 0,045	" 1,62	" 0,25

Tableau 44 Physico-chimie de l'eau du Doubs (données ponctuelles SRAE Franche-Comté)
(en mg/l)

Stations	N. total %	P2 O5 mg/l	Oxydabilité mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻ mg/l	Détergents anioniques en LS mg/l
Aval Sources du Doubs 03.78	0,36	1,72	5	2,6	0,07	0	0,25	0,05
Amont Mouthé (Doubs) 03.78	0,21	1,08	6,6	4,2	0,07	0	0,40	0,05
Amont Pontarlier (Doubs) 03.78	0,25	1,4	5,20	14	0,13	0,20	0,25	0,05
Vaire 03.78	0,27	3,78	6,15	6,8	0,13	0,25	0,20	0,05
Vaire 08.77	2,2	0,1	3,6	19	0,10	0	0,6	0
Avanne 03.78	0,45	4,92	18,1	49	0	0,6	0,75	0,10
Saunières 03.78	0,18	1,69	7,45	9,7	0,07	0,4	0,15	0,05

Tableau 45 - Sédiments fins, physico-chimie de la phase solide et de la phase liquide
(données de Messieurs ROFES et GARAT)

Stations	N. total %	P2 O5 mg/l	Oxydabilité mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻⁻⁻ mg/l	Détergents anioniques en L.S.
SeysseI amont 03.78	0,17	0,19	4,9	3,4	0,13	0,15	0,95	-
SeysseI milieu 03.78	0,11	0,12	8,5	3,2	0	0,65	1,3	-
Tricastin 1 04.77	0,18	0,30	15,2	31	0,03	0	0	0,3
Tricastin 2 04.77	0,24	0,33	4	8,5	0,15	4,6	0	0,05
Tricastin 3 04.77	0,23	0,33	3,60	6	0,05	0	0	0,05
Tricastin 4 04.77	0,22	0,30	5,50	7,3	0,01	0,8	0	0,05

Tableau 46 - Physico-chimie de la phase solide et de la phase liquide des sédiments
(données de Messieurs ROFES et GARAT)

Toutes ces observations ajoutées aux précédentes, amènent les remarques suivantes :

- la nécessité de mettre au point un protocole de prélèvement par habitat plus précis et plus rigoureux,
- sélectionner des habitats permanents et bien représentés sur une station donnée,
- comparer les effets d'une perturbation sur des habitats comparables tant sur le plan de leur nature globale, que sur le plan de leur représentativité et de leur permanence sur une station donnée,
- éviter, pour les études de qualité biologique, de prélever dans les litières végétales épaisses ou dans les accumulations toujours transitoires de débris végétaux grossiers,
- le faible nombre d'espèces des stations du Rhône, compte-tenu du fait que l'effort de capture y est plus grand (plusieurs saisons de récolte) comparé aux prélèvements ponctuels effectués sur le Doubs (tableaux 40, 41).

De plus, compte-tenu de l'absence de protocole précis reproductible et de l'extrême hétérogénéité des récoltes qui ont permis toutefois d'étudier un grand nombre de situations, l'abondance absolue (pour 1 ou 0,1 m²) et le nombre d'espèces ne pouvaient pas encore être utilisés pour mettre au point une grille de qualité biologique des sédiments. (cf. tableau n°47).

Par ailleurs, un protocole de prélèvement quantitatif des Oligochètes par grands types d'habitat ainsi qu'un protocole de tri des vers a été élaboré (cf. paragraphe IV-34), appliqué en milieu potamique et sur deux milieux canalisés.

IV -3- 2.2.3. Résultats obtenus à partir d'un protocole standard de prélèvements.

Exceptée la station d'Allériot, (Saône aval confluence avec le Doubs) (tableau 50) visitée en Juillet 1977 et Mars 1978, le protocole exposé dans le paragraphe IV -3- 1. a été appliqué sur les stations suivantes :

- la Saône à Tillenay (aval d'Auxonne), Pagny, Marnay, Tournus et Allériot (tableaux 48, 49, 50) ;
- le canal latéral du Doubs en amont (Deluz) et en aval (Avanne) de Besançon (tableaux 50, 51),
- la Seine de l'amont à l'aval de Nogent (tableau 51)

L _S	FACIES LENITIQUE = sables		
	1	Tubificidae ou <i>T. tubifex</i> = 0	10
	2	<i>S. heringianus</i> ≤ 50 %	10
	3	Tubificidae ≤ 20 %	5
	4	<i>S. heringianus</i> ou autre espèce > 50 %	5
5	Tubificidae > 20 %	5	
L _F	FACIES LENITIQUE = sables + limons		
	1	Tubificidae ≤ 80 % avec plus de 15 espèces	10
	2	et pas d'espèce supérieure à 20 % (dans le cas contraire, passer directement en 3)	10
	3	Tubificidae > 80 % et (ou) une ou plusieurs espèces > 20 %	5
	4	Tubificidae sans soies capillaires 30 à 70 %	5
	5	Tubificidae > 80 % Tubificidae sans soies capillaires > 70 % }	4

Tableau 47 - Grille de qualité biologique d'un faciès considéré à partir des Oligochètes

Tableau 48 : Oligochètes de la Saône
Cours d'eau : SAONE

Stations	Tillenay 05.79	Tillenay 08.79	Tillenay 09.79	Pagny 05.79	Pagny 08.79	Pagny 09.79
% sp. dominantes	<i>T. ignotus</i> 20,4 <i>P. speciosus</i> 15,1	<i>A. leydigii</i> 34	<i>A. leydigii</i> 11	<i>L. hoffmeisteri</i> 4,1	<i>L. hoffmeisteri</i> 4,7 <i>P. friici</i> 4,7	<i>C. diastrophus</i> 4,7 <i>L. elaparedeanus</i> 4,7
% fam. dominantes	Tubificidae 73,3	Tubificidae 57	Tubificidae 79	Tubificidae 97,8	Tubificidae 92,7	Tubificidae 87,8
Nb. d'espèces	21	10	11	7	9	11
Ab./O, 1 m ²	3547	19321	10500	8853	466	4640
Tub ≠ %	27,2	38	49	89,2	79,3	75,6
Tubificidae %	73,3	57	79	97,2	92,7	87,8
IQBG	11		10	12		11
Ib IBL IBM						
Indice diatomique Δ I						

Tableau 49 : Oligochètes de la Saône
Cours d'eau : La SAONE

Stations	Marnay 05.79	Marnay bordure 08.79	Marnay fond 08.79	Marnay 09.79	Tournus 08.79	Tournus 09.79
% sp. dominantes	<i>V. intermedia</i> 50,4	<i>A. piqueti</i> 5	<i>D. digitata</i> 10	<i>D. digitata</i> <i>B. sowerbyi</i> 2,4	<i>L. hoffmeisteri</i> 16,7	<i>N. christinae</i> 4,5
% fam. dominantes	Naididae 56,4	Tubificidae 86	Tubificidae 83	Tubificidae 97,6	Tubificidae 100	Tubificidae 85,4
Nb espèces	10	7	10	8	≥ 1	11
Ab/O, 1 m ²	714	22021	7515	30600	1064	4720
Tub ≠ %	38,8	50	60	72	100	70,8
Tubificidae %	43,2	86	83	97,6	100	85,4
IQBG	11			9	9	7
IBC IBL IBM						
Indice diatomique Δ I						

Cours d'eau : SAONE , Canal latéral du Doubs

Stations	Allériot	Allériot	Deluz amont Besançon 05.79	Deluz 08.79	Deluz
% sp. dominantes	07.77 <i>L. claparedeanus</i> 11,9	03.78 <i>V. intermedia</i> 13,5	<i>L. hoffmeisteri</i> 2,7	<i>A. pigueti</i> 6,6	<i>A. leydigii</i> 4,7
% fam. dominantes	Tubificidae 96,3	Tubificidae 83,7	Tubificidae 95,9	Tubificidae 95,8	Tubificidae 90,6
Nb espèces	5	8	12	11	8
Ab/O,1 m ²	1800	1065	1099	10250	3449
Tub ≠ %	82,2	75,8	67,3	56	63,3
Tubificidae %	96,3	83,7	95,9	95,8	90,6
IQBC		12		9	8
IB				7	6
IBL				6	5
IBM				6,5	5,5
Indice diatomique Δ I					

Tableau 50 - Oligochètes de la Saône et du canal latéral du Doubs

Stations	Canal Latéral du Doubs				LA SEINE	
	Avanne (aval Besançon) 05.79	Avanne 08.79	Avanne 09.79	Amont Nogent 08.80	Nogent 08.80	Aval Nogent 08.80
% sp. dominantes					<i>D. digitata</i> 9,9 <i>L. hoffmeisteri</i> 9,9	<i>A. leydigii</i> 30,4
% fam. dominantes	Tubificidae 99,5	Tubificidae 99,3	Tubificidae 92,7	Tubificidae 78,8	Tubificidae 94,3	Tubificidae 53
Nb espèces	5	5	6	8	9	10
Ab/0,1 m ²	797	6400	4464	7911	10260	3220
Tub # %	73	90	83,3	58,8	61	33,3
Tubificidae %	99,5	99,3	92,7	78,8	94,3	53
IQBG	3		2	11	12	12
IBC	4		5			
IBL	3		2			
IBM	8,5		3,5	9	8	9
Indice diatomique I				7 - 9	6-9	6-9

Tableau 51 : Oligochètes de la Seine et du Canal latéral du Doubs

Dans les tableaux 52, 53, 54, figurent les résultats des analyses chimiques de l'eau et des sédiments (WASSON, 1981 - BONNARD, 1981).

Les analyses chimiques de l'eau portent sur au moins une année de prélèvements mensuels. Les analyses du sédiment portent sur des prélèvements ponctuels effectués en Octobre 1979 pour la Saône et Mai 1979 pour la Seine par Messieurs ROFES et GARAT

IV -3- 2.2.4. Principales relations mises en évidence.

Comme précédemment, si l'on part des situations les plus dégradées sur le plan physico-chimique ou sur le plan biologique, par exemple, le canal latéral au Doubs à Avanne, la Saône à Pagny, etc... on constate 3 phénomènes :

- le nombre d'espèces est plus faible dans les stations les plus dégradées,
- les Tubificidae, en particulier les Tubificidae sans soies capillaires (genre *Limnodrilus* surtout) deviennent prépondérants,
- l'abondance fluctue mais elle est en général plus faible dans les milieux les plus dégradés.

Partant de cela, les stations ont été classées suivant 4 critères (tableaux 55, 56 et 57) :

- a) le % de Tubificidae (rang 1 : le pourcentage le plus faible)
- b) le % de Tubificidae sans soies capillaires (rang 1 : le pourcentage le plus faible)
- c) le nombre des espèces (rang 1 : le nombre le plus élevé d'espèces)
- d) l'abondance des vers pour 0,1 m² (rang 1 : la plus forte valeur).

Le classement des stations a été testé à l'aide d'un coefficient de corrélation des rangs de SPEARMAN (programme standard pour calculatrice HP 65).

Dans le tableau 55, le % des Tubificidae (a) et des Tubificidae sans soies capillaires (b) donnent pratiquement le même classement pour les stations étudiées (prélèvements effectués avec un protocole de prélèvement). Le coefficient de corrélation ($r_s = 0,88$) est très élevé et très hautement significatif ($z = 4,20$). Les deux paramètres a et b sont donc fortement redondants.

Lorsque l'on confronte le classement obtenu par nombre d'espèces

24 mois - 1978-1979

Stations	DB05		Oxydabilité		NH ₄ ⁺		NO ₂ ⁻		NO ₃ ⁻		SO ₄ ⁻		PO ₄ ⁻		Cl ⁻							
	Mn	Max	Mn	Max	Mn	Max	Mn	Max	Mn	Max	Mn	Max	Mn	Max	Mn	Max						
TILLENAY	1,2	3,6	0,75	2,5	0,07	0,12	0,23	0,04	0,06	0,1	5,2	8,6	11	23	44	79	0,14	0,38	0,85	17		
PAGNY	2	3,8	0,8	2,15	0,1	0,29	0,66	0,04	0,076	0,12	5	8,9	12	27	50	83	0,21	0,47	0,98	450		
ALLERLOT	1,9	4,8	0,65	2,35	0,03	0,17	0,72	0,04	0,05	0,07	2,5	7,2	10	25	36	56	0,04	0,36	0,88	240		
MARNAY	1,7	3,7	0,8	1,6	0,11	0,31	0,81	0,04	0,067	0,12	3	7,1	11	25	37	58	0,11	0,43	0,74	225		
SAUNIERES (Doubs)	1,6	7,6	0,8	1,9	0,03	0,07	0,24	0,01	0,03	0,05	0	5,1	9,4	19	23	32	0,11	0,30	0,68	20		
Amont NOGENT	1,2	2	2,8	0,2	1	2,4	0,01	0,07	0,29	0,04	0,07	0,11	8,7	15,2	23	20	25,5	33	0,18	0,37	0,89	26
NOGENT	1	2	3,1	0,25	0,90	2,10	0	0,06	0,26	0,03	0,06	0,12	9,1	15,7	23	21	25,7	32	0,20	0,35	0,75	26
Aval NOGENT	1,4	2,1	3,2	0,2	0,95	2	0	0,05	0,18	0,03	0,07	0,14	9,6	25,5	22	22	24,7	33	0,18	0,37	0,80	25

Tableau 52 - Valeurs minimales, moyennes et maximales de certains paramètres chimiques de la Seine et de la Saône (WASSON, 1980 et BONNARD, 1981) (en mg/l)

Stations	N. total %	P ₂ O ₅ mg/l	SO ₄ ⁻⁻⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻⁻⁻ mg/l	Détergents I.S mg/l
TILLENAY 10.79	0,20	0,20	12		4	0	0	0	0,05
PAGNY 10.79	0,12	0,23	25		10	0	0	0,1	0,10
ALLERLOT 07.77		0,70	0		7,4	0,15	0	0,95	0,05
ALLERLOT 03.78		1,44	< 5		11	0,23	0,2	0,40	0,05
MARNAY 10.79	0,16	0,25	18		3,6	0	0	0	0,05
TOURNUS 10.79	0,17	0,20	22		14	0	0	0,1	0,10
DELUZ 10.79	0,28	0,27	8		5,8	0,07	0	0,45	0,05
AVANNE 10.79		0,36	11		10	0,03	0	0,40	0,05

Tableau 53 - Sédiments : paramètres chimiques de la phase solide et de l'eau interstitielle
(données de Messieurs ROFES et GARAT)

Stations Seine	N. total %	P ₂ O ₅ mg/l	SO ₄ ⁻⁻⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻⁻⁻ mg/l	Détergents en LS mg/l
Amont Nogent 05.79	0,33	0,25		6	0,07	0,2	0,2	0,05
Nogent 05.79	0,29-0,40	0,17-0,18		5,8-28	0-0,12	0,3-0,4	0,15-1	0,05
Aval Nogent 05.79	0,26	0,28	20	2,3	0,16	0,2	1,7	0,05

Tableau 54 - Paramètres chimiques de la phase solide et liquide des sédiments de la Seine (BONNARD, 1981)

	rs	z
ab	0,88	4,20
bc	0,62	2,99
ac	0,60	2,87
cd	- 0,16	- 0,79
bd	- 0,41	- 1,98
ad	- 0,29	- 1,38

Tableau 55 - Stations prélevées avec un protocole standard

	rs	z
ab	0,38	1,20
bc	0,63	1,99
ac	0,48	1,52
cd	0,17	0,54
bd	0,08	0,24
ad	- 0,11	- 0,34

Tableau 56 - Le Rhône et le Doubs

	rs	z
ab	0,09	0,32
bc	- 0,08	- 0,28
ac	0,46	1,68
cd	0,02	0,07
bd	- 0,30	- 0,96
ad	- 0,42	- 1,32

Tableau 57 - Le Rhône, le Doubs, la Loue

Légende :

a = % de Tubificidae, b = % de Tubificidae sans soies capillaires,
 c = nombre d'espèces, d = abondance/0,1 m², rs = coefficient de corrélation
 de Spearman, z = écart-réduit.

(paramètre c) à celui correspondant aux 2 premiers paramètres: corrélation ac : $r_s = 0,50$; $z = 2,87$; corrélation bc : $r_s = 0,62$; $z = 2,99$.

On constate que les coefficients de corrélation s'abaissent tout en restant hautement significatifs.

Le facteur c introduit donc une certaine modification dans le classement obtenu avec les pourcentages de Tubificidae (a et b). L'abondance pour $0,1 \text{ m}^2$ (d) intervient d'une manière presque antagoniste (pour bd, $r_s = -0,41$, $z = -1,98$). Ce facteur donne donc une information différente de celle des trois autres facteurs (a,b,c). En fait, la densité des vers subit des variations saisonnières, et des sédiments pollués comme les sédiments non pollués peuvent avoir théoriquement des abondances faibles.

Dans le tableau 56 où sont regroupées les stations du Rhône, et le Doubs à Vaire (prélevées sans protocole précis), les corrélations observées vont dans le même sens que dans le tableau 55, mais avec une signification bien moindre ou pas de signification du tout.

Enfin, dans le tableau 57 en introduisant la Loue et surtout un petit cours d'eau pollué (le Bief Rouge) il n'y a pas de corrélation entre les classements de stations obtenus à partir de a, b, c, et d. Tout au plus la corrélation la moins faible existe entre a (% Tubificidae) et c (nombre d'espèces), mais $r_s = 0,46$ et $z = 1,68$.

Ceci ne fait que confirmer que dans les petits cours d'eau montagnards pollués (Crénon, Epirhithron) vraisemblablement en raison de la température, ce sont surtout les Tubificidae avec soies capillaires (*T. tubifex* par exemple) qui prolifèrent (LAFONT, 1977 b).

A la suite de l'ensemble de ces résultats, 2 indices de qualité biologique des sédiments fins sont proposés : ils tiennent compte du % de Tubificidae sans soies capillaires et du nombre total des espèces d'Oligochètes récoltées dans un sédiment fin donné.

a) $I_o = \frac{10 S}{T}$; S est le nombre total d'espèces d'Oligochètes récoltées dans un sédiment donné, T étant le % correspondant de Tubificidae sans soies capillaires dans le même sédiment.

b) E_o est un indice composé formé par une lettre qui est le code du % des Tubificidae sans soies capillaires exprimé en classes d'abondance, et par un chiffre qui est le code du nombre total correspondant des espèces d'Oligochètes:

- lettres code pour le % de Tubificidae sans soies capillaires :
 A \geq 91%, B = 71 à 90 %, C = 46 à 70 %, D = 36 à 46 %, E = 16 à 35 %, F \leq 15 %.
 Dans cette dernière classe de pourcentage F se trouvent des sédiments fins pollués ou non, provenant de petits cours d'eau (et peut-être certains sédiments fins de grands cours d'eau non encore étudiés).

- chiffres code pour le nombre total des espèces :
 1 = 1-2 espèces, 2 = 3-4 espèces, 3 = 5-6 espèces, 4 = 7-8 espèces etc...

Dans nos échantillons, la valeur maximale de $I_0 = 7,7$ correspond à $E_0 = E_{11}$ (21 espèces pour 27 % de Tubificidae sans soies capillaires). La valeur minimale de $I_0 = 0,1$ correspond à $E_0 = A_1$ (1-2 espèces et 100 % de Tubificidae sans soies capillaires).

Dans les tableaux⁵⁸ et⁵⁹ les sédiments fins sont classés suivant les indices I_0 et E_0 pour tous les grands cours d'eau étudiés.

Les qualités biologiques les moins dégradées se remarquent à Tillenay sur Saône ($I_0 = 7,7$, $E_0 = E_{11}$) au printemps. Toutes les autres qualités biologiques peuvent être considérées comme médiocres à très mauvaises, y compris la Saône en été à Tillenay.

Dans les tableaux 60, 61 et 62, la qualité biologique des sédiments évaluée à partir de I_0 et E_0 est confrontée pour le Rhône, la Saône et le Doubs canalisé ou non, avec certains paramètres chimiques de l'eau et des sédiments. Les observations suivantes peuvent être effectuées :

- globalement, les basses valeurs de I_0 et E_0 sont associées surtout à des gammes de teneurs maximales élevées en NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- et PO_4^{---} de l'eau ou des sédiments ;

- mais on ne peut corrélérer I_0 et E_0 avec des valeurs précises de ces paramètres chimiques ;

- il manque en fait des analyses de micropolluants dans l'eau et les sédiments (ions lourds, phénols, pesticides, hydrocarbures, etc...),

- les teneurs les plus élevées en détergents dans l'eau interstitielle du sédiment sont associées en général avec les plus basses valeurs de E_0 et I_0 ;

- il n'y a pas dans les données présentées de sédiments de référence de bonne qualité chimique : même les indices notés sur la Saône à Tillenay au printemps correspondent déjà à des eaux et des sédiments chargés en azote, en phosphates et en sulfates. En fait, des analyses chimiques du sédiment effectuées à plusieurs saisons sur une même station font défaut.

STATIONS	I _o	E _o	I _{bc}	I _{be}	I _{bm}	IQBG	Δ I
TILLENAY (Saône) 05	7,7	E ₁₁	-	-	-	11	-
VAIRE (Doubs) 03	7,5	E ₁₂	-	-	-	-	-
MOUTHIER (Loue)	5	E ₇	10	10	10	-	-
YENNE (Rhône)	4,2	D ₈	9	5	7	13	5-7
ARAMON (Vieux Rhône)	3,4	C ₉	7	5	6	8	7
CRUAS (Rhône)	3,3	B ₁₂	9	5	7	12	5
BOURG-St-Andéol (Rhône)	3,2	C ₁₁	9	5	7	10	4-7
Aval NOGENT (Seine) 08	3	D ₅	10	8	9	12	6-9
VAIRE (Doubs) 03	2,9	D ₆	-	-	-	10	-
SAUNIERES (Doubs) 03	2,8	C ₇	-	-	-	12	-
TILLENAY (Saône) 08	2,6	D ₅	-	-	-	-	-
MARNAY (Saône) 05	2,6	D ₅	-	-	-	11	-
VIVIERS (Rhône) bordures	2,5	B ₁₀	-	-	-	4	5-7
St VULBAS (Rhône)	2,4	B ₉	9	4	6,5	12	3-6
TILLENAY (Saône) 09	2,2	C ₆	-	-	-	10	-
CANAL à DELUZ (Doubs) 08	2	C ₆	7	6	6,5	9	-
CONFLUENCE Vx Rh.-Cl DONZERES (Rhône)	2	B ₈	8	2	5	6	5
CANAL à DELUZ (Doubs) 05	1,8	C ₆	-	-	-	-	-
ARAMON (Rhône-canalisé)	1,7	B ₇	-	-	-	-	1
MARNAY (Saône) 08	1,7	C ₅	-	-	-	-	-
TOURNUS (Saône) 09	1,6	B ₆	-	-	-	7-9	-
PAGNY (Saône) 09	1,5	B ₆	-	-	-	11	-
VIVIERS (Rhône-Fond)	1,5	B ₇	-	-	-	4	5-7
NOGENT (Seine) 08	1,5	C ₅	10	6	8	12	6-9
MARNAY (Saône) 08	1,4	C ₄	-	-	-	-	-

Tableau 58 -Classement des sédiments fins de grands-cours d'eau par I_o et E_o.

STATIONS	I _o	E _o	Ibc	Ibe	Ibm	IQBG	Δ I
Amont NOGENT (Seine) 08	1,4	C ₄	9	9	9	11	7-9
Amont PONTARLIER (Doubs) 03	1,4	D ₃	-	-	-	15	-
TRICASTIN 4 (Rhône) 04	1,3	B ₅	-	-	-	8	-
Canal DELUZ (Doubs) 09	1,3	C ₄	6	5	5,5	8	-
SEYSSEL Amont (Rhône) 03	1,2	B ₄	-	-	-	5	-
TRICASTIN 3 (Rhône) 04	1,2	C ₄	-	-	-	8	-
ALLERLOT (Saône) 03	1,1	B ₄	-	-	-	-	-
MARNAY (Saône) 09	1,1	B ₄	-	-	-	6-9	-
PAGNY (Saône) 08	1,1	B ₅	-	-	-	-	-
SAUNIERES (Doubs) 05	1,1	A ₅	-	-	-	-	-
CHAVANAY (Rhône)	1	B ₄	6	1	3,5	7	6
SEYSSEL Milieu (Rhône) 03	1	C ₄	-	-	-	4	-
PAGNY (Saône) 05	0,8	B ₄	-	-	-	12	-
VAIRE (Doubs) 07	0,8	B ₄	-	-	-	6	-
Canal à AVANNE (Doubs) 05	0,7	B ₃	4	3	3,5	4	-
Canal à AVANNE (Doubs) 09	0,7	B ₃	5	2	3,5	2	-
Canal à AVANNE (Doubs) 08	0,6	B ₃	-	-	-	-	-
AVANNE (Doubs) 07	0,6	B ₃	-	-	-	6	-
TRICASTIN 1 (Rhône) 04	0,6	A ₃	-	-	-	8	-
TRICASTIN 2 (Rhône) 04	0,6	A ₃	-	-	-	8	-
ALLERLOT (Saône) 07	0,6	B ₃	-	-	-	12	-
TOURNUS (Saône) 08	0,1	A ₁	-	-	-	9	-

Tableau 59 - Classement des sédiments fins de grands cours d'eau par I_o et E_o.

	I.	E.		Eau superficielle		Eau interstitielle des sédiments.
				minimal	Max.	
CRUAS, Bourg St Andéol, Aramon (Vieux Rhône)	3,2 à 3,4	B ₁₂ à C ₁₁	DBO ₅ oxydabilité NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ PO ₄ ⁻⁻⁻	1,5 1 0,14 3,8 0,54	2,5 2,7 0,42 7,8 1,1	
Yenne, St Vulbas, Viviers (rives).	2,4 à 4,2	B ₉ à D ₈	DBO ₅ oxydabilité NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ PO ₄ ⁻⁻⁻	2,6 0,9 0,29 2,2 0,30	7,8 2,5 0,70 7,8 1	Détergents: 0,10 - 0,30 8,2 - 10,2 5,9 - 31,2 0 0,9 - 2,1
Confluence, Viviers (fond), Aramon (Canal),	1,5 à 2	B ₇ à B ₈	DBO ₅ oxydabilité NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ PO ₄ ⁻⁻⁻	1,5 0,9 0,18 3,8 0,40	3,4 2 0,30 8,7 1,5	Détergents: 0,30 4,8 - 9,2 36 - 43 0 0 - 2,4
Chavanay, Tricastin, Seyssel (3et4)	1 à 1,3	B ₄ à C ₄	DBO ₅ oxydabilité NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ PO ₄ ⁻⁻⁻	4,2 2,3 0,48 5,6 2,9	6,1 4,2 0,75 8,4 6,3	Détergents : 0,05 3,6 - 7,4 6 - 20 0 - 0,8 0 - 6,3
Tricastin (1 et 2)	0,6	A ₃	DBO ₅ oxydabilité NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ PO ₄ ⁻⁻⁻			Détergents: 0,05 - 0,30 4 - 15,2 8,5 - 31 0 - 4,6 0

Tableau 60 -Classement des Stations par I. et E.
comparaison avec certains paramètres chimiques
de l'eau et des sédiments (en mg/l)

		I.	E.		Eau superficielle		Eau interstitielle
					Moyenne	Max.	des sédiments.
TILLENAY/s Saône	05	7,7	D ₁₁	DBO ₅		3,6	(Octobre 79)
	08	2,6	D ₅	oxydabilité		2,5	{ Détergents : 0,05
	09	2,2	C ₆	Cl ⁻		17	
				NH ₄ ⁺	0,12	0,23	
				NO ₃ ⁻	8,6	11	0
				PO ₄ ⁻⁻⁻⁻	0,38	0,85	0
Pagny s/Saône	05	0,8	B ₄	DBO ₅		3,8	(Octobre 79)
	08	1,1	B ₅	oxydabilité		2,15	{ Détergents : 0,10
	09	1,5	B ₆	Cl ⁻		450	
				NH ₄ ⁺	0,29	0,66	
				NO ₃ ⁻	8,9	12	0
				PO ₄ ⁻⁻⁻⁻	0,47	0,98	0,1
Allériot	07/77	0,7	B ₃	DBO ₅		4,8	07-03
	03/78	1,1	B ₄	oxydabilité		2,35	{ Détergents : 0,05 - 0,05
				Cl ⁻		240	
				NH ₄ ⁺	0,17	0,72	
				NO ₃ ⁻	7,2	10	0 - 0,2
				PO ₄ ⁻⁻⁻⁻	0,36	0,88	0,95 - 0,40
Marnay	05	2,6	D ₅	DBO ₅		3,7	(Octobre 79)
	08	1,7	C ₅	oxydabilité		1,6	Détergents : 0,05
	08	1,4	C ₄	Cl ⁻		225	
	09	1,1	B ₄	NH ₄ ⁺	0,31	0,81	
				NO ₃ ⁻	7,1	11	0
				PO ₄ ⁻⁻⁻⁻	0,43	0,74	0
Tournus	08	0,1	A ₁	DBO ₅			(Octobre 79)
	09	1,7	B ₆	oxydabilité			{ Détergents : 0,10
				Cl ⁻	cf.		
				NH ₄ ⁺	Marnay		
				NO ₃ ⁻			0
				PO ₄ ⁻⁻⁻⁻			0,10

Tableau 61 - Classement des stations par I. et E.
comparaison avec certains paramètres chimiques (en mg/l)

		I.	E.		Eau superficielle (1979)	Eau interstitielle des sédiments (mesures ponctuelles).
Canal Deluz	05 08 09	1,8 2 1,3	C6 C6 C4	DBO5 oxydabilité NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ PO ₄ ⁻⁻⁻		10 - 79 Détergents : 0,05 5,8 0 0,45
Canal Avanne	05 08 09	0,7 0,6 0,7	B3 B3 B3	DBO5 oxydabilité NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ PO ₄ ⁻⁻⁻		10 - 79 Détergents : 0,05 10 0 0,40
Vaire	03-77 03-78 07-77	7,5 2,9 0,8	E 12 D6 B4	DBO5 DCO NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ PO ₄ ⁻⁻⁻	5,3 23,8 0,30 11,1 0,40	08-77 Détergents : 0 19 0 0,60
Avanne (Doubs)	07-77	0,6	B3	DBO5 DCO NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ PO ₄ ⁻⁻⁻	5,7 20 0,23 10,4 0,44	03-78 Détergents : 0,10 49 0,60 0,75

Tableau 62 -Classement des stations par I. et E.
comparaison avec certains paramètres chimiques (en mg/l)

Dans un autre ordre d'idée, on constate à la lecture des tableaux 58,59, que les valeurs de I_0 et E_0 concordent avec la valeur des indices biotiques en faciès lénitique, et dans une moindre mesure avec la valeur de l'indice biotique moyen. La concordance est moins nette avec l'indice diatomique, contradictoire avec l'IQBG. Ces remarques sembleraient confirmer deux points importants :

- le danger de globaliser des notes de qualité biologique (ou des tats biologiques) provenant d'habitats ou de faciès différents,
- le fait que les Oligochètes sédentaires, fouisseurs, peu mobiles, intègrent les contaminations chroniques du sédiment, même si l'eau, peu contaminée, permet à des organismes mobiles et non fouisseurs, comme les larves d'insectes, de se maintenir (ne serait-ce qu'en se réfugiant dans le faciès lotique).

Nous n'insisterons pas plus sur ces problèmes, déjà discutés par ailleurs, simplement en rappelant la discordance la plus frappante : à Pagny/Saône au mois de Mai 1979, l'IQBG est de 12 pour $I_0 = 0,8$ et $E_0 = A_4$.

En fait la Saône a reçu des rejets à caractère organique et toxique, notamment des chlorures, qui affectent les peuplements d'Oligochètes (NH_4^+ de l'eau = 0,66 mg/l - NO_3^- = 12 mg/l - Cl^- de l'eau = 450 mg/l, etc...).

Les Oligochètes et la détection des substances toxiques sur le terrain.

Le problème reste entier, car les nombreuses études effectuées sur ce sujet se limitent en général à des tests de toxicité en laboratoire ou à des études de contamination des tissus des vers.

Le tableau 63 renferme les teneurs dans l'eau de divers micropolluants dans les stations suivantes dont les Oligochètes des sédiments ont été étudiés :

- Vaire et Avanne sur le Doubs (données communiquées par le SRAE Franche Comté),
- Avanne sur le Doubs, Auxonne sur la Saône et Chasse/Rhône (annuaire Agence RMC, 1978).

La station d'Auxonne correspond en gros à la station de Tillenay, Chasse/Rhône a été assimilée à Chavanay (aval de Vienne).

Les 4 stations considérées présentent des teneurs importantes pour des ions tels que Pb, Cu, Fer, Cd. Celles-ci présentent des états biologiques I_0 compris entre 0,6 et 2,6 et des E_0 correspondant à $B_3 - D_5$ à l'étiage.

Valeurs maximales	Débit m ³ /s	F	Pb	Se	Cu	Zn	As	Fe	Mn	Cd	Détergents mg/l	Phénols	Hydro-carbures
Vaire	-	-	0,005	-	0,015	0,055	-	0,11	-	0,001	-	-	-
Avanne (SRAE)	-	-	0,009	-	0,011	0,060	-	0,10	-	0,004	-	-	-
Avanne (agence RMC)	164	0,07	0,14	0,02	0,05	0,02	<0,02	0,43	<0,02	0,02	0,07	< 0,01	-
Auxonne	358	0,55	0,08	0,04	0	0,10	<0,01	2	< 0,09	0,01	0,03	0	< 0,10
Chasse/Rhône	1842	0,43	<0,01	<0,01	0,01	0,05	<0,01	1,30	0,04	<0,01	0,04	0,02	0,33

Tableau 63 - Teneurs maximales de certains toxiques dans l'eau (données du SRAE Franche-Comté annuel 1978 - agence R.M.C.), (en mg/l)

IV -3- 2.3. Conclusions et remarques autécologiques

Les principales conclusions de cette étude sont consignées dans le tableau 64 ou l'on tente d'établir une classification biologique des sédiments de grands cours d'eau selon les gradients de I_o et E_o. Cette classification n'est pas définitive : elle peut être améliorée d'une part en tenant compte de nouveaux milieux et d'autre part grâce à l'expérience acquise lors de l'application répétée sur le terrain des méthodes mises au point dans cette étude. Des indices de qualité biologique valables pour les vases de petits cours d'eau sont en cours d'élaboration.

Dans le tableau 65 sont marquées les espèces dominantes d'Oligochètes rencontrées dans les sédiments.

On peut distinguer deux groupes :

1) Les espèces dont l'abondance relative est $\geq 20,1$ %, que l'on peut considérer comme très polluo-résistantes. Dans ce groupe, les espèces 1 à 5 sont connues pour leur résistance à toutes sortes de pollutions (BRINKHURST, 1965 - ASTON, 1973 - HOWMILLER et SCOTT, 1977 - EYRES et WILLIAMS, 1978 - MARSHALL et WINTERBOURN, 1979 - WIERDERHOLM, 1980 ...). Inversement, la prolifération dans les substrats sédimentaires fins des espèces 6-7-8 n'est pas connue dans la littérature.

2) Les espèces dont l'abondance relative est ≤ 20 %. Ces espèces sont résistantes, car elles parviennent à se maintenir dans des milieux extrêmes. Si la polluo-résistance de *L. variegatus*, *B. sowerbyi* et *P. barbatus* a déjà été signalée (MARSHALL et WINTERBOURNE, 1979, BRINKHURST, 1965) celle des espèces 12 à 18 n'est pas connue dans la littérature, du moins dans les sédiments fins.

D'un point de vue autécologique, il semble donc encore prématuré de classer les espèces d'Oligochètes dans des "cases" fermées de polluo-résistance "espèce résistante", "espèce très résistante", etc... (HOWMILLER et SCOTT, 1977). En fait, comme il a déjà été souligné, la dégradation du milieu récepteur entraîne pour toutes les communautés d'invertébrés la diminution de la richesse spécifique et la prolifération d'organismes résistants. Mais l'identité des Oligochètes participant à ce phénomène peut varier comme on l'a vu.

Il est donc nécessaire de considérer que le nombre des espèces d'Oligochètes polluo-résistantes est beaucoup plus important que la littérature ne le laisse à penser.

E _o	I _o	Commentaires. Diagnose.
E11-E12	5,1-8	sédiments légèrement pollués. 21-28 espèces. Tub# : 15-45 % Pollution à caractère organique
E7-D8, C11-B12	3,1-5	Pollution moyenne (I _o =5) à forte (I _o =3,1). Les sédiments commencent à devenir toxiques 14-24 espèces. Tub # : 15-90 %
E5-D6-D5 C7-C6 B10-B9-B8	2-3	Forte pollution- sédiments toxiques. La richesse spécifique décroît fortement. 10-20 espèces. Tub# : 15-90 %
C6-C5 B7-B6	1,5-1,9	Forte pollution- sédiments toxiques. La richesse spécifique décroît fortement. 10-14 espèces Tub # : 46-90%
C4-B5- B4 A5	1-1,4	Biocénose réduite. Sédiments très toxiques. 8-10 espèces. Tub # : 46-100 %
B4-B3 A4-A3-A1	0,1-0,9	stade ultime de pollution avant des sédiments azoïques. 1-8 espèces. Tub # : 71-100 %

Tableau 64 -Classification et diagnose provisoires de la qualité biologique des sédiments fins de grands cours d'eau évaluée à partir des communautés d'Oligochètes.

1 <i>Potamothrix hammoniensis</i>	1
2 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	
3 <i>Limnodrilus claparedeanus</i>	
4 <i>Limnodrilus udekemianus</i>	$\geq 20 \%$
5 <i>Tubifex tubifex</i>	
6 <i>Tubifex ignotus</i>	
7 <i>Amphichaeta leydigii</i>	
8 <i>Vejdovskyella intermedia</i>	
9 <i>Lumbriculus variegatus</i>	2
10 <i>Psammoryctides barbatus</i>	
11 <i>Branchiura sowerbyi</i>	$< 20 \%$
12 <i>Peloscolex speciosus</i>	
13 <i>Aulodrilus pigueti</i>	
14 <i>Nais variabilis</i>	
15 <i>Ophidonais serpentina</i>	
16 <i>Dero digitata</i>	
17 <i>Specaria josinae</i>	
18 <i>Marionina riparia</i>	

Tableau 65 - Oligochètes résistants à la pollution trouvés dans les sédiments fins de grands cours d'eau.

A ce sujet, la maille de tamisage utilisée peut donner à croire que certains vers sont absents, alors qu'en fait une maille de tamisage $>250 \mu\text{m}$ se laisse traverser par beaucoup de Naididae (LAFONT, 1982).

On peut alors espérer à long terme que la prise en compte des espèces permette de relier l'état de dégradation des sédiments à la nature précise des perturbations dues à l'activité humaine.

Quoiqu'il en soit, toutes ces observations entrent dans le syndrome général de dégradation des grands cours d'eau européens (VAN URK, 1978 - BESIADKA et KASPRZAK, 1977 - Rapports CTGREF 1977-1980).

BIBLIOGRAPHIE

- Auteurs cités Chapitre IV -3-

- ASTON (R.S.) 1973 - Tubificids and water quality, a review. *Environ pollut.* 5 (1) : 1-10.
- BERTHELEMY (C.) 1966 - Recherches écologiques et biogéographiques sur les Plécoptères et Coléoptères d'eau courante (*Hydraena* et *Elminthidae*) des Pyrénées. *Annls. Limnol.* 2 : 227-458.
- BESIADKA (F.) - KASPRZAK (K.) 1977 - An investigation on the macrofauna of the river Warta within the city of Posnan. *Acta Hydrobiol.* 19 (2) : 109-122.
- BONNARD (R.) 1982 - Etude écologique de la Seine. Rapport CEMAGREF : 161 p.
- BOURNAUD (M.) 1980 - *Quelques méthodes de traitement des données en écologie.* Polycop., Dept Biol. An. Ecol., Univ. Lyon 1 : 104 p.
- BRINKHURST (R.O.) 1965 - Observations on the recovery of a British river from gross organic pollution. *Hydrobiologia*, 25 : 9-51
- ELLIOTT (J.M.) 1977 - *Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates.* Freshwater Biol. Assoc., Scient. Publ. n° 25
2 nd. ed.
- ELLIOT (J.M.) & DECAMPS (H.) 1973 - Guide pour l'analyse statistique des échantillons d'invertébrés benthiques. *Annls. Limnol.* 9 (2) : 79-120.
- EYRES (J.P.) -WILLIAMS (N.V.) - PUGH-THOMAS (M.) 1978 - Ecological studies on Oligochaeta inhabiting depositing substrates in the Irwell, a polluted English river. *Freshwater Biol.* 8 : 25-32.
- HOWMILLER (R.P.) -SCOTT (M.A.) 1977 - An environmental index based on relative abundance of Oligochaeta species. *J.W.P.C.F.* 49 (5) : 809-815.

- LAFONT (M.) 1977 a. - Les Oligochètes et la détection des pollutions dans les cours d'eau. *L'eau et l'industrie*. 17 : 84-85.
- LAFONT (M.) 1977 b. - Les Oligochètes d'un cours d'eau montagnard pollué : le Bief Rouge. *Annls. Limnol.* 13 (2) : 157-167.
- LAFONT (M.) 1982 - Les Oligochètes des lacs de Gérardmer et de Longemer (département des Vosges, France). *Sciences de l'eau* 1 (1) : 21-30.
- LAFONT (M.) 1980 - Etat des connaissances acquises sur les Oligochètes. Propositions pour une grille de qualité biologique des sédiments fins : données non publiées.
- LAFONT (M.) -JUGET (J.) 1976 - Les Oligochètes du Rhône I. Relevés faunistiques généraux. *Annls. Limnol.* 12 (3) : 253-268.
- MARSHALL (J.W.) -WINTERBOURN (M.J.) 1979 - An ecological study of a small New Zealand stream with particular reference to the Oligochaeta. *Hydrobiologia*. 65 (3) : 199-208.
- ROFES (G.) 1980 - *Etude des Sédiments - Méthodes de prélèvement et d'analyses pratiquées au laboratoire de sédimentologie*. CTGREF, Div. Qual. Eaux, Pêche et Piscic., Etude n° 47 : 50 p.
- VAN URK (A.) 1978 - The macrobenthos of the river Ijssel. *Hydrobiol. Bull.* 12 : 21-19.
- WASSON (J.G.) 1980 - Etude écologique de la Saône préalable à l'implantation d'une centrale électronucléaire sur le site de Sennecey-Boyer ; pré-rapport ; état d'avancement de l'étude. *Rapport C.T.G.R.E.F.* : 14 p. + annexes.
- WASSON (J.G.), DUMONT (B.), TROCHERIE (F.) et Coll. 1981 - *Protocole de description des habitats aquatiques et de prélèvement des invertébrés benthiques dans les cours d'eau*. CEMAGREF Division Qual. Eaux Pêche et Pisciculture. Etude n° 1 : 18 p. + Annexes.

WIEDERHOLM (T.) 1980 - Use of benthos in lake monitoring. *J.W.P.C.F.*, 52 (3) : 537-547.

Agence R.M.C. -Service de navigation Rhône-Saône.

Données de qualité des eaux superficielles du Rhône et de ses principaux effluents. Année 1977-1978.

Rapport CTGREF 1977. - Etude écologique du Rhône. Sites du Bugey, Chavanay et Tricastin. Etat de référence, 102 p.

Rapport CTGREF 1979. - Etude hydrobiologique de la retenue de Seyssel, 35 p.

Rapport CTGREF 1980. - Etude écologique du Rhône, sites de Cruas et d'Aramon, 80 p.

Rapport CEMAGREF 1981. - Etude hydrobiologique de la Dordogne : p. 265

ANNEXE IV 1: LISTE DES PRELEVEMENTS DE DIATOMÉES
EFFECTUÉS SUR L'ENSEMBLE DES STATIONS PERMANENTES DU BASSIN

RHONE - MEDITERRANEE - CORSE

(Entre 1977 et 1980)

I=N° de la préparation, II= Code hydrologique, III= pK ,IV= Date, V= température de l'eau, VI= Code prélèvement (cf Annexe D3),VII= Dénomination de la station, VIII= Code station de l'Agence R.M.C.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1325	Y41220	97280	250177	092	1104	ARC à Saint Pons	195
1326	"	"	"	090	6D01	"	"
1393	"	"	280477	130	1201	"	"
1394	"	"	"	"	0000	"	"
1636	"	"	130977	180	1K04	"	"
1835	"	"	110978	170	5J01	"	"
1836	"	"	"	180	1201	"	"
1395	Y53120	98710	280477	140	1201	Argens à Roquebrune	206
1396	"	"	"	"	1205	"	"
1637	"	"	140977	158	1201	"	"
1638	"	"	"	"	1161	"	"
1639	"	"	"	"	1163	"	"
1837	Y52020	96450	120978	190	11B1	Argens aux quatre Chemins	
1838	"	"	"	"	6K01	"	
1405	Y16120	97374	280477	125	1104	Aude à Cuxac-Moussoulens (Moussan)	180
1406	"	"	"	"	1204	"	"
1648	Y16120	98400	140977	220	1101	Aude à Coursan (10km av. Moussan)	
9648	"	"	"	"	5J01	"	
1839	"	"	120978	210	5H01	"	
9839	"	"	"	"	5E01	"	
1840	"	"	"	215	1103	"	
2795	Y16120	99200	261180	115	5E03	Aude niveau autoroute Béziers-Narbonne	
2796	"	"	"	"	1102	"	
1296	U20020	56000	170177	050	1K01	Doubs à Mouthe-source.	
1297	"	"	"	060	5I04	"	
1298	"	"	"	"	1104	"	
1299	"	"	"	050	1101	"	
1467	"	"	280677	065	1K01	"	
1468	"	"	"	"	5I01	"	
1469	"	"	"	"	6J01	"	
1551	"	"	220877	065	1101	"	
1552	"	"	"	"	6D01	"	
1553	"	"	"	"	6J01	"	
1302	U20220	59400	170177	020	1101	Doubs à Joux amont Pontarlier	
1303	"	"	"	"	6K04	"	
1304	"	"	"	"	4H01	"	
1470	"	"	280677	145	1201	"	
1471	"	"	"	"	1204	"	
1472	"	"	"	"	6K01	"	
1554	"	"	220877	140	5J01	"	
1555	"	"	"	"	1104	"	
1556	"	"	"	"	1101	"	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1300	U21220	67700	170177	030	1101	Doubs au pont de Goumois(D437)	≈20
1301	"	"	"	"	5I01	"	"
1473	"	"	280677	130	1101	"	"
1474	"	"	"	"	4H01	"	"
1557	"	"	230877	140	1101	"	"
1558	"	"	"	"	4H01	"	"
1559	"	"	"	"	6J01	"	"
1305	U22220	75450	170177		7704	Doubs à Mathay amont Montbéliard	
1307	"	"	"		6I01	"	
1308	"	"	"		1101	"	
9305	"	"	"		7704	"	
1475	U22220	75050	280677	140	1101	Doubs aval Pont de Roide(Bourguignon)	
1476	"	"	"	"	7D01	"	
1560	"	"	230877		1101	"	
9560	"	"	"		1101	"	
1309	U25020	84600	180177		1102	Doubs au pont de Vaires(am.Novillars)	
1310	"	"	"		1102	"	
1478	"	"	280677	140	1103	"	
1479	"	"	"	"	5E03	"	
1561	"	"	230877		7D04	"	
1562	"	"	"		7D84	"	
1563	"	"	"		7681	"	
9562	"	"	"		7D84	"	
1311	U25220	87140	180177	080	1604	Doubs à Avanne (aval Besançon)	29
1312	"	"	"	"	5J01	"	"
1313	"	"	"	"	1101	"	"
1481	"	"	280677	150	11I1	"	"
1482	"	"	"	"	11C1	"	"
1564	"	"	230877	170	11C1	"	"
1565	"	"	"	"	1161	"	"
1314	U25420	91700	180177		1204	Doubs à Orchamps (amont Dôle)	
1315	"	"	"		1101	"	
1483	"	"	280677		1181	"	
1484	"	"	"		5E81	"	
1567	"	"	230877		6D02	"	
1568	"	"	"		5E01	"	
1306	U27020	95200	180177		1101	Doubs à Molay (aval Dôle)	
1362	"	"	170377		7901	"	
1363	"	"	210477		5I01	"	
1364	"	"	"		5E01	"	
1365	"	"	"		1101	"	
1550	"	"	"		7901	"	
1390	X30000	90249	280477	115	7604	Durance à Saint Paul (aval camping)	162
1391	"	"	"	"	6N04	" (av.Cadarache)	"
1392	"	"	"	"	1104	"	"
1634	X30100	90900	130977	160	1101	Durance au Pont de Mirabeau	
1635	"	"	"	"	6K01	"	
1841	"	"	120978	190	1201	"	
1842	"	"	"	"	1101	"	
2142	"	"	130679		1201	"	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1388	V71550	99135	280477	135	1204	Gardon d'Alès (aval Alès)	128
1389	"	"	"	"	1201	"	"
1632	"	"	140977	210	1104	"	"
1633	"	"	"	"	1201	"	"
1843	"	"	120978	180	1201	"	"
1844	"	"	"	"	1205	"	"
1399	Y21020	89272	280477	120	1104	Hérault à Laroque	182
1400	"	"	"	"	1101	"	"
1401	"	"	"	"	"	"	"
1643	"	"	140977	170	1101	" (am.Ste Beauzille)	"
1644	"	"	"	"	1102	"	"
1845	"	"	120978	190	1101	"	"
1846	"	"	"	192	1104	"	"
2208	Y23320	96945	170679		1204	Hérault amont Pèzenas (pont RN113)	
2209	Y23720	98400	170680	208	11C1	Hérault amont Agde (Florensac)	184
2210	"	"	"	"	1183	Idem niveau pont autoroute	"
2797	"	"	261180	115	5E04	Hérault amont Agde (Florensac)	"
2798	"	"	"	110	11C1	"	"
1386	W13000	85167	270477	080	1101	Isère à Pontcharra	141
1629	"	"	130977	130	1101	"	"
1630	"	"	"	"	6K01	"	"
1387	W30200	91860	270477	085	1181	Isère à Veurey (aval Grenoble)	147
1631	"	"	130977	140	6N01	"	"
1847	W34200	98200	110978	150	1L01	Isère au pont de Chateauneuf (aval Romans)	
1848	"	"	"	"	7K01	"	
1402	Y25840	98820	280477	125	5E04	Orb à Sérignan (aval Béziers)	188
1403	"	"	"	"	1104	"	"
1404	"	"	"	"	BQB4	"	"
1645	"	"	140977	230	4H04	"	"
1646	"	"	"	"	5F04	"	"
1647	"	"	"	"	4H04	"	"
1849	"	"	120978	210	5J04	"	"
9849	"	"	"	"	"	"	"
1850	"	"	"	"	"	"	"
2417	"	98900	030680	203	1101	Orb au pont de l'autoroute	"
2789	"	"	261180	115	1101	"	"
1373	V10000	48640	260477	095	1L03	Rhône à Pont Carnot (Collonges)	67
1374	"	"	"	"	"	"	"
1619	"	"	130977	200	7604	"	"
1620	"	"	"	"	6K07	"	"
1375	V30000	65764	200477	112	7601	Rhône à Villeurbanne (entrée Lyon)	93
1376	"	"	"	"	5E01	"	"
1377	"	"	3	3	6E01	"	"
1574	"	"	230877	200	7601	"	"
1378	V31300	68563	200477	115	1202	Rhône à Givors	≈98
1621	"	"	130977	200	7601	"	"
1622	"	"	"	"	5E01	"	"
1853	"	"	110978	210	1104	"	"
1323	V35300	74055	250177	085	1114	Rhône à Saint Vallier	104
1324	"	"	"	"	1101	"	"

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1380	V35300	74055	270477	132	7604	Rhône à Saint Vallier	104
1381	"	"	"	"	1104	"	"
1382	"	"	"	"	1105	"	"
1623	"	"	130977	200	5E04	"	"
1624	"	"	"	"	1L01	"	"
1851	"	"	110978	200	5E01	"	"
1852	"	"	"	205	1104	"	"
1385	V72000	94058	270477	135	1101	Rhône à Beaucaire(Tarascon)	131
1628	"	"	130977	210	1105	"	"
1625			130977	190	5E04	Rhône à Aramon(am.EDF)amont Beaucaire	
1627			"	"	1104	"	
1316	U11200	76820	180177	040	BM04	Saône à Auxonne (R.D)	11
1317	"	"	"	"	1104	"	"
1369	"	"	210477	090	5G03	"	"
1370	"	"	"	"	1203	"	"
1371	"	"	"	"	7D03	"	"
1569	"	"	230877	200	BQ04	"	"
1570	"	"	"	"	5F04	"	"
1571	U14200	82950	230877	200	76B5	Saône amont confluence Doubs(Bragny)	
1366	U31200	86000	190477		5E03	Saône à Chalon (vieux pont)	38
1367	"	"	"		7603	"	"
1572	U47100	98330	230877	205	1104	Saône à Couzon	59
1573	"	"	"	"	76C1	"	"
1368	"	"	200477	095	7601	"	"
1372			200477		7604	Saône aval Couzon	
2460			0879		7603	Saône à Neuville	
2535	Y91020	99465	0980		1101	Tavignano (aval Corte)	215,5
2536	"	"	"		1110	"	"
2800	Y02840	98855	261180	110	1101	Tech au gué d'Ortaffa(5km am.point Agence)	
2801	"	"	"	"	1L01	"	
2802	"	"	"	"	5J04	"	
1407	Y04740	98640	280477	125	1105	Têt à Perpignan	171
1408	"	"	"	130	5G01	"	"
1649	"	"	140977	240	4R02	"	"
1650	"	"	"	"	1101	"	"
1651	"	"	"	"	"	"	"
1652	"	"	"	"	"	"	"
1854	"	"	120978	215	1101	"	"
1855	"	"	"	"	5E01	"	"
2803	"	"	261180	118	1101	"	"
2804	"	"	"	"	6K04	"	"
1397	Y64420	99740	280477	130	11C5	Var à Saint Laurent (amont Nice)	213
1398	"	"	"	"	6NC4	"	"
1640	"	"	140977	170	BSC4	"	"
1641	"	"	"	"	6KC1	"	"
1642	"	"	"	"	11C1	"	"
1856	"	"	120978	190	76C1	"	"

- ANNEXE IV 2 -

LISTE SYSTEMATIQUE DES ESPECES INVENTORIEES SUR LES STATIONS
 PERMANENTES DE L'AGENCE FINANCIERE DE BASSIN RHONE - MEDITERRANEE
 CORSE ET ABBREVIATIONS UTILISEES POUR LE TRAITEMENT DES DONNEES

ABBREV.	Taxons :	S	V
001	AAFF <i>Achnanthes affinis</i> Grunow	5	2
002	AAHE <i>Achnanthes austriaca</i> var. <i>helvetica</i> Hustedt	5	3
003	ABIA <i>Achnanthes biasoletiana</i> (Kützing)Grunow	3	3
004	ABRE <i>Achnanthes brevipes</i> Agardh	2	3
005	ABIN <i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing)Cleve	2	3
006	ACRO <i>Achnanthes clevei</i> var. <i>rostrata</i> Hustedt	4	2
007	ACON <i>Achnanthes conspicua</i> A.Mayer	4	2
008	AEXG <i>Achnanthes exigua</i> Grunow	5	2
009	AEXI <i>Achnanthes exilis</i> Kützing	5	3
010	AHUN <i>Achnanthes hungarica</i> Grunow	2	3
011	AKRY <i>Achnanthes kryophila</i> Petersen	5	3
012	ALAN <i>Achnanthes lanceolata</i> (Brebisson)Grunow	4	1
013	ALAE <i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>elliptica</i> Cleve	3	1
013	ALAR <i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>rostrata</i> Hustedt	4	1
014	ALAP <i>Achnanthes lapidosa</i> Krasske	5	3
015	ALPP <i>Achnanthes lapponica</i> Hustedt	5	3
016	ALAU <i>Achnanthes lauenburgiana</i> Hustedt	5	3
017	ALIN <i>Achnanthes linearis</i> (W.Sm.)Grunow	5	2
018	ALIP <i>Achnanthes linearis</i> var. <i>pusilla</i> Grunow	5	2
019	AMIC <i>Achnanthes microcephala</i> (Kützing)Grunow	5	3
020	AMIN <i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	5	2
021	AMCR <i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>cryptocephala</i> Grunow	5	2
022	AMON <i>Achnanthes montana</i> Krasske	5	3
023	APLO <i>Achnanthes plönensis</i> Hustedt	5	2
024	APEL <i>Amphipleura pellucida</i> Kützing	5	3
025	ARUT <i>Amphipleura rutilans</i> (Trent.)Cleve	2	3
026	AORN <i>Amphiprora ornata</i> Bailey	2	3
027	ABIG <i>Amphora biggiba</i> Grunow	2	3
028	AOVA <i>Amphora ovalis</i> Kützing	3	1
029	APED <i>Amphora pediculus</i> Kützing	4	2
030	AVEN <i>Amphora veneta</i> Kützing	1	1
031	AVIT <i>Anomoeoneis vitrea</i> (Grun.)Ross	5	2
032	AFOR <i>Asterionella formosa</i> Hassall	4	1
033	BPAR <i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin	2	3
034	BLEV <i>Biddulphia levis</i> Ehr.	2	3
035	CAMP <i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory)Cleve	2	3
036	CBAC <i>Caloneis bacillum</i> (Grunow)Cleve	4	2
037	CSBI <i>Caloneis schumanniana</i> var. <i>biconstricta</i> (Grun.)Reichelt	5	3
038	CSIL <i>Caloneis silicula</i> (Ehr.)Cleve	5	3
039	CARC <i>Ceratoneis arcus</i> Ehr.	5	2
040	CDMI <i>Cocconeis disculus</i> var. <i>minor</i> Fontelli	5	1
041	COHU <i>Cocconeis hustedtii</i> Krasske	5	2
042	CPED <i>Cocconeis pediculus</i> Ehr.	4	2
043	CPLA <i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	4	1
044	CPLE <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehr.)Grunow	3	1
045	CPLK <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>klinoraphis</i> Geitler	5	1
046	CPLI <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehr.)v.Heurck	5	1
047	COLA <i>Coscinodiscus lacustris</i> Grunow	2	2
048	CATO <i>Cyclotella atomus</i> Hustedt	2	1
049	CCOM <i>Cyclotella comta</i> (Ehr.)Kützing	5	1
050	CGLO <i>Cyclotella glomerata</i> Bachman	5	1

- ANNEXE IV 2 (SUITE) -

ABBREVIATIONS / Taxons :			S	V
051	CIRI	<i>Cyclotella iris</i> Brun & Héribaud	5	2
052	CKUT	<i>Cyclotella kützingiana</i> Thwaites	2	1
053	CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	2	1
054	COCE	<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek	3	1
055	CPST	<i>Cyclotella pseudostelligera</i> Hustedt	4	1
056	CSTE	<i>Cyclotella stelligera</i> (Cleve & Grun.)v.Heurck	4	1
057	CSTR	<i>Cyclotella striata</i> (Kützing)Grunow	2	3
058	CELL	<i>Cymatopleura elliptica</i> (Breb.)W.Smith	5	2
059	CSOL	<i>Cymatopleura solea</i> (Breb.)W.Smith	4	3
060	CSAP	<i>Cymatopleura solea var.apiculata</i> (W.Smith)Ralfs	4	2
061	CAFF	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	4	2
062	CAEX	<i>Cymbella affinis var.excisa</i> (Kütz.)Grunow	4	2
063	CCES	<i>Cymbella cesatii</i> (Rabh.)Grunow	5	3
064	CCIS	<i>Cymbella cistula</i> (Hemprich)Kirchner	4	3
065	CDEL	<i>Cymbella delicatula</i> Kützing	5	2
066	CHEL	<i>Cymbella helvetica</i> Kützing	5	3
067	CHUS	<i>Cymbella hustedtii</i> Krasske	5	2
068	CLAN	<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.)v.Heurck	4	3
069	CLEP	<i>Cymbella leptoceros</i> (Ehr.)Kützing	5	3
070	CMIC	<i>Cymbella microcephala</i> Grunow	5	2
071	CNAV	<i>Cymbella naviculiformis</i> Auerswald	4	2
072	CPAR	<i>Cymbella parva</i> (W.Smith)Wolle	5	3
073	CPRO	<i>Cymbella prostrata</i> (Berkeley)Grunow	4	3
074	CSIN	<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	5	1
075	CTHU	<i>Cymbella thumensis</i> (Mayer)Hustedt	4	2
076	CTUM	<i>Cymbella tumida</i> (Breb.)v.Heurck	3	3
077	CTMD	<i>Cymbella tumidula</i> Grunow	5	2
078	CTUR	<i>Cymbella turgida</i> Gregory	5	2
079	CVEN	<i>Cymbella ventricosa</i> Agardh	4	2
080	DTEN	<i>Denticula tenuis</i> Kützing	5	3
081	DTCR	<i>Denticula tenuis var.crassula</i> (Naegeli)Hustedt	5	3
082	DELO	<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngbye)Agardh	3	2
083	DELT	<i>Diatoma elongatum var.tenuis</i> (Ag.)v.Heurck	3	2
084	DHME	<i>Diatoma hiemale var.mesodon</i> (Ehr.)Fricke	5	3
085	DVUL	<i>Diatoma vulgare</i> Bory	4	1
086	DVUE	<i>Diatoma vulgare var.ehrenbergii</i> (Kützing)Grunow	4	1
087	DVOV	<i>Diatoma vulgare var.ovalis</i> (Fricke)Hustedt	4	1
088	DMAR	<i>Diploneis marginestriata</i> Hustedt	5	2
089	DOCU	<i>Diploneis oculata</i> (Brebisson)Cleve	5	3
090	DOOB	<i>Diploneis ovalis var.oblongella</i> (Naegeli)Cleve	4	2
091	DPUE	<i>Diploneis puella</i> (Schumann)Cleve	5	3
092	ETUR	<i>Epithemia turgida</i> (Ehr.)Kützing	5	2
093	EARC	<i>Eunotia arcus</i> Ehr.	5	1
094	EABI	<i>Eunotia arcus var.bidens</i> Grunow	5	2
095	EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.)Rabenhorst	5	3
096	ELUN	<i>Eunotia lunaris</i> (Ehr.)Brebisson	5	2
097	EPMI	<i>Eunotia pectinalis var.minor</i> (Kütz.)Rabh.	5	1
098	FALP	<i>Fragilaria alpestris</i> Krasske	5	3
099	FBIC	<i>Fragilaria bicapitata</i> Mayer	5	3
100	FBID	<i>Fragilaria bidens</i> Heiberg	5	1
101	FBRE	<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow	4	1
102	FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	5	1
103	FCME	<i>Fragilaria capucina var.mesolepta</i> Rabenhorst	5	2
104	FCON	<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.)Grunow	5	1
105	FCOB	<i>Fragilaria construens var.binodis</i> (Ehr.)Grunow	5	1

ABBREVIATIONS / TAXONS			S	V
106	FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	4	1
107	FINT	<i>Fragilaria intermedia</i> Grunow	3	1
108	FLEP	<i>Fragilaria leptostauron</i> (Ehr.)Hustedt	3	1
109	FPIN	<i>Fragilaria pinnata</i> Ehr.	4	1
110	FVAU	<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing)Petersen	3	1
111	FVIR	<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	5	2
112	FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites)De Toni	4	3
113	GCUR	<i>Gomphonema curta</i> (Hustedt)Lange-Bertalot	5	1
114	GOLI	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann)Dawson exRoss&Sims	4	1
115	GOLC	<i>Gomphonema olivaceum var. calcarea</i> (Cl.)v.Heurck	4	1
116	GABB	<i>Gomphonema abbreviatum</i> Agardh	1	2
117	GACU	<i>Gomphonema acuminatum</i> (Kützing)Rabh.	5	2
118	GACO	<i>Gomphonema acuminatum var. coronata</i> (Ehr.)W.M.Smith	5	2
119	GATU	<i>Gomphonema acuminatum var. turris</i> (Ehr.)Wolle	5	2
120	GANG	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.)Rabh.	4	1
121	GAPR	<i>Gomphonema angustatum var. producta</i> Grunow	3	2
122	GAUG	<i>Gomphonema augur</i> Ehr.	3	3
123	GAGA	<i>Gomphonema augur var. gautieri</i> v.Heurck	3	3
124	GCON	<i>Gomphonema constrictum</i> Ehr.	4	2
125	GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehr.	5	2
126	GHEL	<i>Gomphonema helveticum</i> Brun	5	3
127	GHTE	<i>Gomphonema helveticum var. tenuis</i> (Fricke)Hustedt	5	3
128	GINT	<i>Gomphonema intricatum</i> Kützing	5	2
129	GIPU	<i>Gomphonema intricatum var. pumilum</i> Grunow	5	2
130	GLAN	<i>Gomphonema lanceolatum</i> Agardh	4	3
131	GLON	<i>Gomphonema longiceps</i> Ehr.	5	2
132	GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	1	1
133	GPMI	<i>Gomphonema parvulum var. micropus</i> (Kütz.)Cleve	1	1
134	GTER	<i>Gomphonema tergestinum</i> (Grunow)Fricke	4	3
135	GYAC	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.)Rabh.	4	3
136	GYAT	<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kütz.)Cleve	4	3
137	GNOD	<i>Gyrosigma nodiferum</i> (Grunow)Cleve	4	3
138	GSCA	<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabh.)Cleve	3	3
139	GSPE	<i>Gyrosigma spenceri</i> (W.M.Smith)Griffith & Henfrey	4	3
140	HAMP	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.)Grunow	1	3
141	MAMB	<i>Melosira ambigua</i> (Grunow)O.Müller	3	1
142	MARE	<i>Melosira arenaria</i> Moore	5	3
143	MDIS	<i>Melosira distans</i> (Ehr.)Kütz.	4	1
144	MGRA	<i>Melosira granulata</i> (Ehr.)Ralfs	3	1
145	MGAN	<i>Melosira granulata var. angustissima</i> O.Müller	3	1
146	MISL	<i>Melosira islandica</i> O.Müller	5	1
147	MITA	<i>Melosira italica</i> (Ehr.)Kützing	4	1
148	MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh	3	1
149	MCIR	<i>Meridion circulare</i> (Greville)Agardh	5	2
150	MCCO	<i>Meridion circulare var. constricta</i> (Ralfs)v.Heurck	5	2
151	NACO	<i>Navicula accommoda</i> Hustedt	1	3
152	NANG	<i>Navicula anglica</i> Ralfs	3	2
153	NATO	<i>Navicula atomus</i> (Kützing)Grunow	4	1
154	NBAC	<i>Navicula bacillum</i> Ehr.	4	2
155	NCPR	<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	3	2
156	NCAR	<i>Navicula cari</i> Ehr.	5	3
157	NCRE	<i>Navicula cari var. recens</i> Lange-Bertalot	2	3
158	NCIN	<i>Navicula cineta</i> (Ehr.)Ralfs	2	2
159	NCIL	<i>Navicula cineta var. leptoccephala</i> (Breb.)Grunow	2	3
160	NCIT	<i>Navicula citrus</i> Krasske	5	2

ABBREVIATIONS / TAXONS :			S	V
161	NCLE	<i>Navicula clementis</i> Grunow	5	3
162	NCOH	<i>Navicula cohni</i> (Hilse)Grunow	2	3
163	NCOB	<i>Navicula contenta</i> var. <i>biceps</i> (Arnott)Cleve	5	3
164	NCOS	<i>Navicula costulata</i> Cleve & Grunow	4	2
165	NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	4	1
166	NCUS	<i>Navicula cuspidata</i> Kützing	4	1
167	NCAM	<i>Navicula cuspidata</i> var. <i>ambigua</i> (Ehr.)Cleve	4	1
168	NDEC	<i>Navicula decussis</i> Ostrup	4	2
169	NDIC	<i>Navicula dicephala</i> Ehr.	4	2
170	NDIG	<i>Navicula digitoradiata</i> (Gregory)Ralfs	2	3
171	NEXC	<i>Navicula excelsa</i> Krasske	5	3
172	NEXG	<i>Navicula exigua</i> (Gregory)Grunow	4	2
173	NEXI	<i>Navicula exilis</i> Kützing	4	1
174	NFOS	<i>Navicula fossalis</i> Krasske	4	2
175	NFRU	<i>Navicula frugalis</i> Hustedt	2	1
176	NGOE	<i>Navicula goeppertiana</i> (Bleisch)Grunow	2	2
177	NGRA	<i>Navicula gracilis</i> Ehr.	4	3
178	NGRO	<i>Navicula gracilotdes</i> Mayer	5	3
179	NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin	3	1
180	NHAL	<i>Navicula halophila</i> (Grunow)Cleve	1	2
181	NHEL	<i>Navicula helensis</i> Schulz.	5	2
182	NHUC	<i>Navicula hungarica</i> var. <i>capitata</i> (Ehr.)Cleve	4	1
183	NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh)Ehr.	3	1
184	NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann	3	1
185	NMIN	<i>Navicula minima</i> Grunow	4	1
186	NMIS	<i>Navicula minuscula</i> Grunow	3	1
187	NMUR	<i>Navicula muralis</i> Grunow	3	1
188	NMUT	<i>Navicula mutica</i> Kützing	2	1
189	NNEO	<i>Navicula neoventricosa</i> Hustedt	2	3
190	NOBL	<i>Navicula oblonga</i> Kützing	5	3
191	NAOB	<i>Navicula obsoleta</i> Hustedt	5	2
192	NPER	<i>Navicula permitis</i> Hustedt	2	3
193	NPHY	<i>Navicula phyllepta</i> Kützing	2	2
194	NPRO	<i>Navicula protracta</i> (Grunow)Cleve	2	3
195	NPSH	<i>Navicula pseudohalophila</i> Cholnoky	1	3
196	NPSL	<i>Navicula pseudolanceolata</i> Lange-Bertalot	5	2
197	NPUP	<i>Navicula pupula</i> Kützing	2	2
198	NPYG	<i>Navicula pygmaea</i> Kützing	2	3
199	NRAD	<i>Navicula radiosa</i> Kützing	5	2
200	NRTE	<i>Navicula radiosa</i> var. <i>tenella</i> (Breb.)Cl. & Möller	4	1
201	NREI	<i>Navicula reinhardtii</i> Grunow	5	3
202	NREG	<i>Navicula reinhardtii</i> var. <i>gracilior</i> Grunow	5	2
203	NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	4	3
204	NROS	<i>Navicula rostellata</i> Kützing	3	3
205	NROT	<i>Navicula rotaena</i> (Rabh.)Grunow	5	3
206	NSAL	<i>Navicula salinarum</i> Grunow	2	3
207	NSAP	<i>Navicula saprophila</i> Lange-Bertalot & Bonik	2	1
208	NSEO	<i>Navicula seminuloides</i> Hustedt	3	1
209	NSEM	<i>Navicula seminulum</i> Grunow	1	2
210	NSLE	<i>Navicula slesvicensis</i> Grunow	3	3
211	NSBH	<i>Navicula subhamulata</i> Grunow	5	2
212	NSMO	<i>Navicula submolesta</i> Hustedt	2	2
213	NTAN	<i>Navicula tantula</i> Hustedt	4	1
214	NTEN	<i>Navicula tenelloides</i> Hustedt	3	2
215	NTRI	<i>Navicula tridentula</i> Krasske	5	3

- ANNEXE IV -2 (SUITE) -

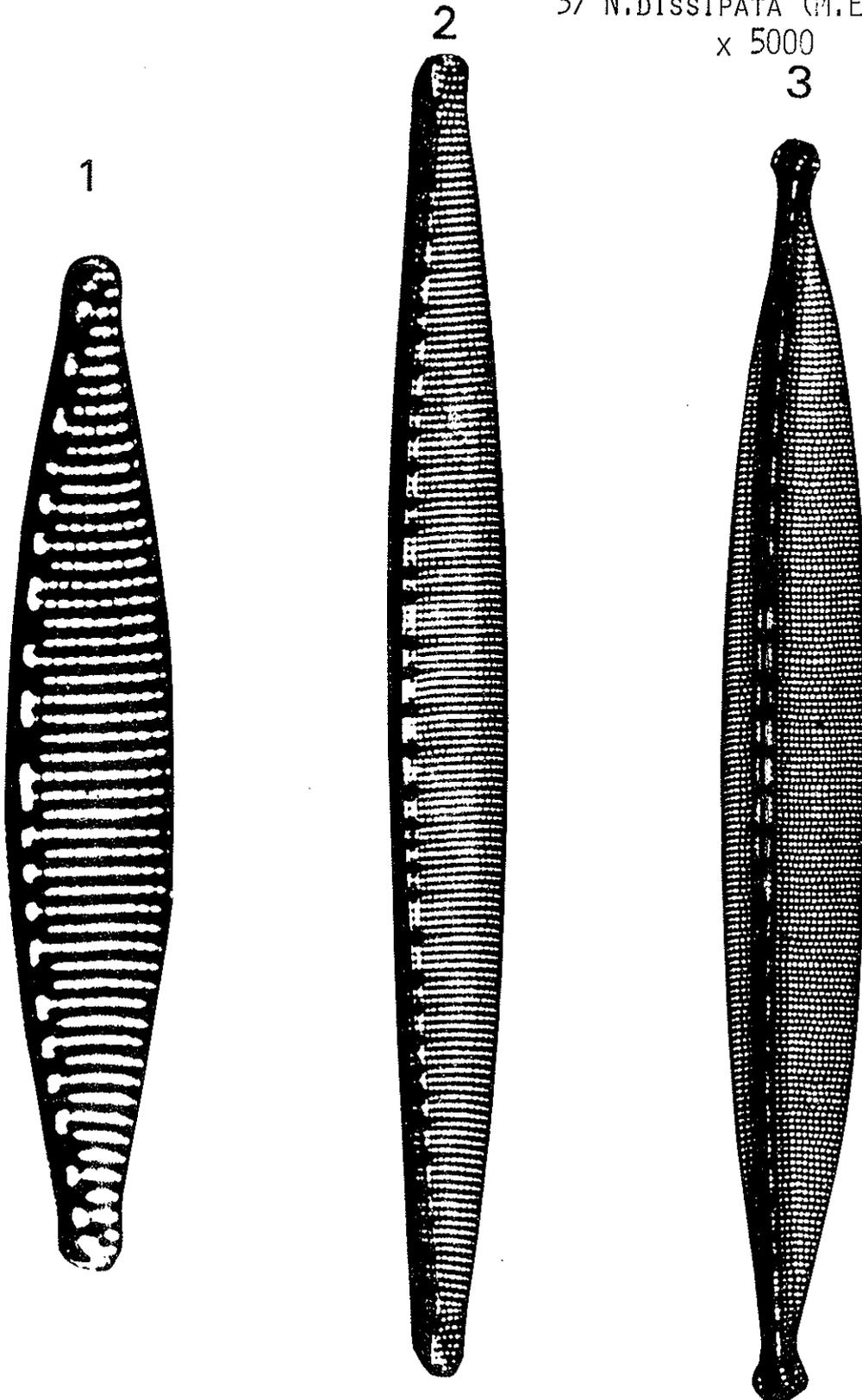
ABBREVIATIONS / TAXONS :			S	V
216	NTRV	<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot	2	2
217	NTUS	<i>Navicula tuscula</i> Ehr.	5	3
218	NTWY	<i>Navicula twymanniana</i> Archibald	2	3
219	NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	1	2
220	NVIR	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	3	3
221	NEDU	<i>Neidium dubium</i> (Ehr.) Cleve	4	3
222	NEIR	<i>Neidium iridis</i> (Ehr.) Cleve	5	2
223	NACI	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W.M. Smith	2	3
224	NACD	<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot	5	2
225	NACU	<i>Nitzschia acuta</i> Hantzsch.	5	2
226	NAES	<i>Nitzschia aestuari</i> Hustedt	2	3
227	NALE	<i>Nitzschia alexandrina</i> (Cholnoky) Lange-Bertalot	1	3
228	NAMP	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	2	2
229	NAMC	<i>Nitzschia amplexans</i> Hustedt	2	3
230	NAGF	<i>Nitzschia angustaeforminata</i> Lange-Bertalot	1	3
231	NIAG	<i>Nitzschia angustata</i> Grunow	3	2
232	NIAA	<i>Nitzschia angustata var. acuta</i> Grunow	3	2
233	NAPI	<i>Nitzschia apiculata</i> (Gregory) Grunow	2	3
234	NIAR	<i>Nitzschia archibaldii</i> Lange-Bertalot	5	2
235	NBRE	<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	1	2
236	NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	2	3
237	NCOM	<i>Nitzschia communis</i> Rabh.	1	3
238	NDEB	<i>Nitzschia debilis</i> (Arnott) Grunow	2	3
239	NDEN	<i>Nitzschia denticula</i> Grunow	4	2
240	NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow	4	2
241	NDUB	<i>Nitzschia dubia</i> W.M. Smith	2	3
242	NFIL	<i>Nitzschia filiformis</i> (W.M. Smith) v. Heurck	3	3
243	NFLE	<i>Nitzschia flexa</i> Schumann	4	1
244	NIFR	<i>Nitzschia frustulum</i> (Kütz.) Grunow	1	1
245	NIFT	<i>Nitzschia fruticosa</i> Hustedt	3	2
246	NGAN	<i>Nitzschia gandersheimiensis</i> Krasske	1	3
247	NIGR	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch.	3	2
248	NHAN	<i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenhorst	5	3
249	NHEU	<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	3	2
250	NIHU	<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	2	2
251	NINC	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	1	1
252	NINT	<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch. ex Cl. & Grun.	1	3
253	NILA	<i>Nitzschia lacuum</i> Lange-Bertalot	5	3
254	NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M. Smith	3	2
255	NMIC	<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow	2	3
256	NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.M. Smith	1	3
257	NPAE	<i>Nitzschia paleacea</i> Grunow	3	1
258	NPAC	<i>Nitzschia paleacea fo. acicularoides</i> Coste & Ricard	3	1
259	NIPU	<i>Nitzschia pusilla</i> (Kütz.) Grunow	2	3
260	NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabh.	3	2
261	NROM	<i>Nitzschia romana</i> Grunow	4	1
262	NIRO	<i>Nitzschia rostellata</i> Hustedt	3	3
263	NSCA	<i>Nitzschia scalaris</i> (Ehr.) W.M. Smith	3	1
264	NSIG	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.M. Smith	2	3
265	NSIO	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch.) W.M. Smith	4	1
266	NSIN	<i>Nitzschia sinuata</i> (Thwaites) Grunow	5	3
267	NSIT	<i>Nitzschia sinuata var. tabellaria</i> Grunow	5	3
268	NSOC	<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	4	3
269	NSBL	<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt	5	3
270	NITE	<i>Nitzschia tenuis</i> W. Smith	3	2

- ANNEXE IV-2 (SUITE ET FIN) -

ABBREVIATIONS : TAXONS :			S	V
271	NSHR	<i>Navicula schroeteri</i> Meister	2	3
272	NTRY	<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch.	2	3
273	NTRL	<i>Nitzschia tryblionella</i> var. <i>levidensis</i> (W.Smith) Grunow	2	2
274	NUMB	<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehr.) Lange-Bertalot	1	3
275	NVER	<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch.	4	1
276	PBRE	<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kütz.) Rabh.	3	3
277	PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cleve	3	3
278	PNOB	<i>Pinnularia nobilis</i> Ehr.	5	3
279	PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	5	2
280	RCUR	<i>Rhofcosphenia curvata</i> (Kützing) Grunow	4	1
281	RGIB	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr. Kütz.) O. Müller	5	3
282	SIDE	<i>Simonsenia delognei</i> Lange-Bertalot	3	3
283	STAN	<i>Stauroneis anceps</i> Ehr.	5	3
284	SOBT	<i>Stauroneis obtusa</i> Lagerstedt	5	3
285	SSMI	<i>Stauroneis smithii</i> Grunow	5	3
286	SAST	<i>Stephanodiscus astraea</i> (Ehr.) Grunow	2	2
287	SASM	<i>Stephanodiscus astraea</i> var. <i>minutula</i> (Kütz.) Grun.	2	1
288	SDUB	<i>Stephanodiscus dubius</i> (Fricke) Hustedt	3	1
289	SHAN	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	1	1
290	SANG	<i>Surirella angustata</i> Kützing	4	1
291	SUCA	<i>Surirella capronii</i> Breb. & Kitton	3	1
292	SLIN	<i>Surirella linearis</i> W.M. Smith	5	2
293	SLHE	<i>Surirella linearis</i> var. <i>helvetica</i> (Brun) Meister	5	3
294	SOVI	<i>Surirella ovalis</i> Brebisson	2	2
295	SOVA	<i>Surirella ovata</i> Kützing	3	1
296	SOCR	<i>Surirella ovata</i> var. <i>crumena</i> (Breb. ex Kütz.) Hustedt	4	1
297	SOPI	<i>Surirella ovata</i> var. <i>pinnata</i> (W. Smith) v. Heurck	3	1
298	SOSA	<i>Surirella ovata</i> var. <i>salina</i> (W. Smith) v. Heurck	2	1
299	STNE	<i>Surirella tenera</i> var. <i>nervosa</i> (Schmidt) Mayer	4	1
300	SACU	<i>Synedra acus</i> Kützing	4	1
301	SAAN	<i>Synedra acus</i> var. <i>angustissima</i> Grunow	4	1
302	SAMP	<i>Synedra amphicephala</i> Kützing	5	2
303	SPAR	<i>Synedra parasitica</i> (W. Smith) Hustedt	4	1
304	SPSC	<i>Synedra parasitica</i> var. <i>subconstricta</i> (Grunow) Hustedt	4	1
305	SPUL	<i>Synedra pulchella</i> (Ralfs) Kützing	3	3
306	SRUM	<i>Synedra rumpens</i> Kützing	4	1
307	SRSC	<i>Synedra rumpens</i> var. <i>scotica</i> Grunow	4	2
308	STAB	<i>Synedra tabulata</i> (Agardh) Kützing	2	3
309	STEN	<i>Synedra tenera</i> W. Smith	4	2
310	SULN	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	3	1
311	SUBI	<i>Synedra ulna</i> var. <i>biceps</i> (Kütz.) Schönfeldt	4	1
312	SUDA	<i>Synedra ulna</i> var. <i>danica</i> (Kützing) Grunow	4	1
313	SUOX	<i>Synedra ulna</i> var. <i>oxyrhynchus</i> (Kützing) Rabenhorst	2	1
314	TFLO	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	5	1
315	TWEI	<i>Thalassiosira weissfloggi</i> (Grunow) Fryxell & Hasle	2	2

QUELQUES NITZSCHIA SENSIBLES AUX POLLUTIONS

1/ N.ROMANA (M.E.T,x 8000) 2. N.SUBLINEARIS (M.E.T,x 4500)

3/ N.DISSIPATA (M.E.T.)
x 5000

ANNEXE IV -3-

LEGENDE DES TABLEAUX

=====

- Tub ≠ ou T. ≠ : Tubificidae sans soies capillaires
 Tub. sc. ou T. sc. : Tubificidae avec soies capillaires
- N. alpina* : *Nais alpina*
N. barbata : *Nais barbata*
N. bretscheri : *Nais bretscheri*
N. communis : *Nais communis*
N. elinguis : *Nais elinguis*
N. pardalis : *Nais pardalis*
N. variabilis : *Nais variabilis*
V. intermedia : *Vejdovskyella intermedia*
C. diastrophus : *Chaetogaster diastrophus*
S. lacustris : *Stylaria lacustris*
A. leydigii : *Amphichaeta leydigii*
S. heringianus : *Stylodrilus heringianus*
B. lemani : *Bythonomus lemani*
E. tetraedra : *Eiseniella tetraedra*
T. ignotus : *Tubifex ignotus*
T. tubifex : *Tubifex tubifex*
P. speciosus : *Peloscolex speciosus*
L. claparedeanus : *Limnodrilus claparedeanus*
L. hoffmeisteri : *Limnodrilus hoffmeisteri*
L. udekemianus : *Limnodrilus udekemianus*
P. moldaviensis : *Potamothrix moldaviensis*
P. hammoniensis : *Potamothrix hammoniensis*
P. barbatus : *Psammoryctides barbatus*
P. volki : *Propappus volki*

V / CONCLUSION /

Selon l'ancienneté plus ou moins grande des travaux entrepris sur les différents groupes d'organismes aquatiques étudiés et les difficultés taxonomiques ou d'échantillonnage rencontrées, l'élaboration de méthodes pratiques d'appréciation de la qualité des eaux n'a pas atteint le même état d'avancement selon les différentes spécialités.

Pour les peuplements de diatomées benthiques, la prospection très large de nombreuses stations et les références antérieurement acquises sur d'autres bassins (Seine) permettent de bien caractériser les diverses situations examinées à condition d'effectuer la détermination de ces algues au niveau de l'espèce. Des perspectives intéressantes peuvent toutefois être tracées dans la recherche d'une méthode appliquée limitant au genre le niveau de détermination taxonomique.

Pour les peuplements de Mollusques, une prospection, principalement axée sur le bassin du Doubs et de la Saône, a permis de bien relier les résultats obtenus aux travaux antérieurs de biotypologie conduits sur le bassin du Doubs et des éléments ont pu être fournis sur la polluosensibilité des principales espèces. Les connaissances acquises devraient pouvoir être rapidement reprises en compte dans les études appliquées tant en biotypologie qu'en qualité des eaux courantes.

Pour les peuplements d'Oligochètes, les difficultés de détermination et d'échantillonnage ont conduit à privilégier dans un premier temps l'étude des communautés plus directement inféodées aux sédiments fins permanents. Dans ce contexte, il a été possible de proposer plusieurs indices susceptibles de rendre compte de la qualité biologique des sédiments fins.

Les différentes approches développées à l'occasion de cette étude d'ensemble apparaissent en fin de compte comme très complémentaires. Certaines approches (Mollusques) sont susceptibles d'enrichir utilement les méthodes couramment utilisées jusqu'à présent ; d'autres ouvrent des perspectives intéressantes pour l'étude des grands systèmes d'eau courante plus ou moins perturbés :

- mise au point de méthodes biologiques moins dépendantes de la qualité et de la nature des habitats (diatomées) ;
- mise au point de méthodes biologiques d'appréciation de la qualité des sédiments fins à partir des communautés de Mollusques et d'Oligochètes, en vue notamment de bien cerner les phénomènes de contamination chronique de ces sédiments par les produits toxiques et les micropolluants.

atelier de reprographie du CEMAGREF

GROUPEMENT DE GRENOBLE

B.P. 76

38402 SAINT-MARTIN D'HERES

TÉL. (16-76) 54-00-72 - TÉLEX 980 679