

Evaluation de la qualité des eaux d'une rivière avec les protozoaires ciliés comme bioindicateurs de pollution. Comparaison avec la physico-chimie

Olivier Sparagano, Claude-Alain Grolière

Laboratoire de Zoologie-Protistologie, UA 138 du CNRS, Aubière Cedex, France.

Résumé. — Le but de notre étude était de connaître l'impact de la restructuration d'une station d'épuration sur la qualité des eaux de la Dore, grâce à l'utilisation des Protozoaires Ciliés comme indicateurs et à l'analyse physico-chimique des eaux.

Pour la récolte du matériel biologique, un substrat artificiel (blocs de polyuréthane) a été utilisé permettant ainsi un échantillonnage standardisé.

Après détermination des Ciliés et comptage des individus, l'application du système des saprobies, l'étude de la structure du peuplement (indices de diversité, diagrammes rang-fréquence) et analyse factorielle des correspondances permettent la mise en évidence de la qualité des eaux. Parallèlement une étude physico-chimique a été faite. 9 points du cours d'eau ont été suivis.

L'étude montre une nette amélioration de la qualité des eaux au niveau de tous les points situés en aval du rejet de la station d'épuration par rapport à des études faites en 1985 et 1986 avant la restructuration de la station.

Seules des pollutions organiques vraisemblablement d'origine domestique ont été enregistrées entre certaines stations.

Les résultats des deux méthodes traités par l'A.F.C. (Analyse Factorielle des Correspondances) concordent sur l'ensemble de l'étude.

Summary. — The aim of this study was to observe the treatment plant upgrading impact on river water qualities (e.g. la Dore), using physico-chemical analysis and Protozoa as indicators.

An artificial substrate (polyurethane cubes) was used to sample biological material, to obtain standard operation.

After counting and determining the Ciliate types, water quality is given by application of saprobies method, population structure studies (diversity mark, range-frequency diagrams) and factorial analysis of connections. At the same time, a physico-chemical analysis were performed. Samples were taken from 9 points on the river.

This work shows an important water quality improvement for all the points downstream of the discharge of the treatment plant between 1985 to 1986 and 1988, after this upgrading.

Only organic pollutants (probably household) are noticed between the 3rd-4th and the 6th-7th stations. The pollution between the 6th-7th stations were also observed in 1986. The same results on the entire work were obtained using these two methods.

INTRODUCTION

Le milieu aquatique nécessaire à toute vie a fait l'objet d'études approfondies, au moyen de mesures physico-chimiques, de tests biochimiques ou physiologiques ou encore grâce à l'analyse biologique. Cette dernière méthode consiste à connaître la réponse d'organismes face à des stimuli extérieurs telles que les pollutions.

Parmi les organismes utilisés comme «bio-indicateurs» de la qualité des eaux, on trouve de nombreux macroinvertébrés benthiques, des Diatomées benthiques et des Protozoaires et tout particulièrement les Ciliés.

Les Ciliés (ou Infusoires) entre autres Protistes sont capables de manifester une réponse face à une contamination plus rapidement que les Métazoaires du même milieu et ceci de par leur grande sensibilité (Cairns 1979). Les Ciliés ont de nombreux avantages dans ce genre de diagnostic : ils sont ubiquistes, présents en quantité suffisante pour être statistiquement acceptable, avec un temps de génération court ce qui permet d'avoir des réponses rapides aux variations du milieu.

Cependant dans les eaux courantes, il est souvent difficile d'effectuer des prélèvements représentatifs de l'ensemble de la faune infusorienne de façon répétitive au cours du temps. Ceci est en relation avec les variations souvent très rapides des substrats naturels à cause en particulier de l'influence de facteurs climatiques, topographiques ou édaphiques.

Pour pallier ces difficultés, différents supports artificiels ont été proposés par de nombreux auteurs, parmi lesquels la mousse de polyuréthane utilisée essentiellement en eau stagnante par Cairns et Coll. aux Etats-Unis (1982) et par Chakli en France pour les eaux courantes (1987). Ces substrats artificiels immergés pendant 7 jours (temps nécessaire pour obtenir un état d'équilibre dans les blocs en l'absence de pollution) avant leur récupération permettent de mettre en évidence des pollutions survenues pendant ce laps de temps. Cette méthode biologique permet une standardisation de la méthode et une reproductibilité des échantillons.

Le but de notre étude était de mesurer l'impact réel de la réorganisation d'une station d'épuration (qui reçoit les eaux d'une usine de produits pharmaceutiques) sur le degré de pollution d'une rivière : la Dore. Une autre étude semblable avait été faite avant cette réorganisation.

Parallèlement à cette étude biologique de la Dore, une étude physico-chimique a été effectuée en vue de montrer l'analogie des résultats par la méthode biologique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Paramètres physiques

4 paramètres ont été suivis hebdomadairement pendant 2 mois. Il s'agit de la température, du pH, de la conductivité et des matières en suspension (MES).

Tableau 1 – Méthodes utilisées pour la physico-chimie de l'eau.

PARAMETRES	UNITES	METHODES	APPAREILS
Oxygène dissous	en mg / l	Winkler	Titration
% de saturation	en %	Mortimer	Abaque
DBO ₅	en mg / l	NF T 90-103	Titration
Oxydabilité	"	NF T 90-018	Titration
DCO	"	NF T 90-101	Titration
M.E.S.	en mg/l	NF T 90-105	Filtration
Ammonium	"	417 G	Auto-Analyser SMA
Nitrites	"	419	Auto-Analyser SMA
Phosphates	"	flux continu	Auto-Analyser SMA
Nitrates	"	418 B	Auto-Analyser SMA
Chlorures	"	flux continu	Auto-Analyser SMA
Sulfates	"	flux continu	Auto-Analyser SMA
Sodium	"	NF T 90-019	Spect. flamme émis.
Potassium	"	NF T 90-019	"
Calcium	"	NF T 90-005	S.A.A. avec flamme
Magnésium	"	NF T 90-005	"
T.A.C.	en degré fr.	Rodier	Auto-Analyser SMA
CO ₂	en mg / l	NF T 90-101	Titration
SiO ₂	"	flux continu	Auto-Analyser SMA

2. Paramètres chimiques

18 paramètres ont été étudiés avec la même fréquence que pour les paramètres physiques. (Voir le tableau 1 pour les méthodes et les matériels).

3. Paramètres biologiques

3.1. Prélèvements

Pour obtenir un échantillon de la faune infusorienne le plus représen-

tatif possible de l'écosystème aquatique, tout en ayant recours à un substrat artificiel, nous avons utilisé des blocs de polyuréthane (méthode préconisée par Cairns aux Etats-Unis pour les lacs et adaptée par Chakli pour les eaux courantes).

Pour chacune des 9 stations (figure 1 et tableau 2), 3 blocs de 250 cm³ sont immergés dans l'eau

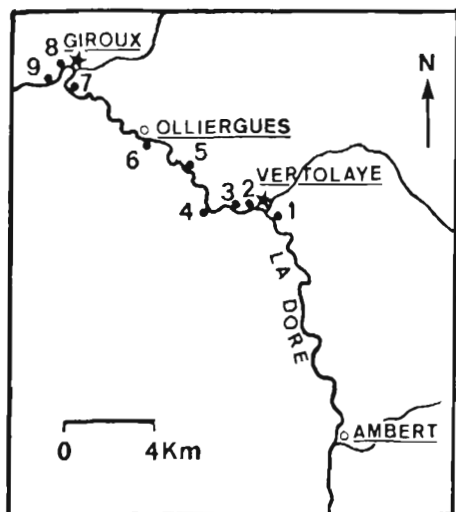


Fig. 1 – Situation relative des différentes stations étudiées au niveau de la Dore.

pendant 7 jours. En considérant les travaux de Chakli (1987), ce laps de temps permet d'atteindre un stade d'équilibre entre les populations colonisatrices. Toute pollution a alors une répercussion sur cet équilibre.

3.2. Stockage

Une fois relevés, les blocs sont stockés à une température inférieure à celle du milieu de prélèvement, de façon à éviter les divisions cellulaires (4°C dans notre cas), ceci jusqu'au dénombrement qui doit être effectué au plus tard quelques heures après le prélèvement.

3.3. Comptage

Pour chaque station, le contenu des 3 blocs est mélangé. Après homogénéisation 1 ml d'échantillon est déposé dans une cuve de Dolfuss. Le comptage de Ciliés se fait sous une

loupe binoculaire, il est répété 2 fois pour chaque station.

3.4. Indices de saprobité – Structure des populations

Les résultats permettent ensuite de calculer l'indice de Pantle et Buck (1955) ou de Zelinka et Marvan (1961) qui donnent une estimation de la saprobité de l'échantillon prélevé. La structure des populations a été recherchée par l'indice de diversité spécifique H de Shannon et Weaver (1948), ainsi que par la méthode graphique des diagrammes rang-fréquence de Frontier (1978) préconisée par cet auteur pour la mise en évidence de pollutions (1985). Pour comparer les différentes stations nous avons eu recours au coefficient de similitude de Jaccard (1912) ou à celui de Steinhaus (in Legendre et Legendre, 1979).

4. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)

Pour comparer les résultats de la physico-chimie et de l'étude biologique, nous avons procédé à une AFC dont les principes sont décrits par Cordier (1965), Lebart et Fenelon (1971) et Benzecri (1973).

RÉSULTATS-DISCUSSION

La comparaison entre l'analyse biologique et physico-chimique se fonde sur des résultats obtenus en période de hautes eaux. Ces résultats ont été confrontés à ceux obtenus en 1985 et 1986 (Grolière et coll., 1990).

Tableau 2. — Positionnement des stations.

Station 1	Située à 1 Km en amont de Vertolaye, cette station reçoit les eaux de la ville d'Ambert
Station 2	50 mètres à la sortie des effluents de la station d'épuration recevant les déchets d'une usine de produits pharmaceutiques
Station 3	50 mètres à l'aval de la station 2
Station 4	1 Km à l'aval de la station 2
Station 5	2,2 Km à l'aval de la station 2 (Pont de David)
Station 6	5,8 Km à l'aval de la station 2 (Genilhat)
Station 7	14 Km à l'aval de la station 2
Station 8	20 Km à l'aval de la station 2 après le débouché des rejets de la papeterie de Giroux
Station 9	200 m à l'aval de la station 8

1. Paramètres physiques

Les 4 paramètres restent quasiment constants d'amont en aval (voir les tableaux 3 et 3').

Le pH augmente légèrement de 6,5 au point 1 à 7,1 au point 9.

Les variations de température ne dépassent pas un degré sur les 20 kilomètres d'échantillonnage.

La conductivité passe de 62 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station 1 à 84 à la station 5 puis diminue jusqu'à 76 à la station 9.

Les MES sont minimum aux points 1, 2 et 3 (respectivement 1,7; 1,8 et 1,7 mg/l) et maximum en 4, 8 et 9 (respectivement 3,3; 3,3 et 3,6 mg/l).

2. Paramètres chimiques

2.1. Paramètres non minéraux indicateurs de pollution organique

La DBO₅ est globalement homogène (fig. 2), elle présente cependant un maximum aux points 5 et 9, la

Tableau 3. – Valeurs moyennes des analyses physico-chimiques sur la Dore au cours de notre étude. Stations 1, 2, 3, 4 et 5 (Mai 1988).

		Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
pH	en U.S.I.	6,5	6,7	6,7	6,8	6,9
Température	en ° C.	12,5	12	12	11,5	11,5
Conductivité	en uS / cm	62	71	72	82	84
M.E.S.	en mg / l	1,8	1,7	1,8	3,3	2,1
DBO5	en mg / l	1,7	1,9	1,8	2,7	3,1
Oxydabilité	"	2,5	2,8	2,7	3,1	3,3
DCO	"	56	36	32	8	8
Ammonium	"	0,13	0,38	0,25	0,48	0,23
Nitrites	"	0,03	0,13	0,2	0,18	0,34
Phosphates	"	0,13	0,13	0,16	0,24	0,21
Nitrates	"	6,1	2,2	1,6	1,6	2,3
Chlorures	"	4,6	7,9	8,1	9,7	9,7
Sulfates	"	6,3	6,4	6,6	7,3	7,3
Sodium	"	5,73	6,73	6,8	7,88	7,67
Potassium	"	1,96	1,82	1,86	2,07	2,06
Calcium	"	4,55	5,24	5,23	6,57	8,61
Magnésium	"	1,46	1,31	1,27	1,45	1,59
T.A.C.	en degré fr.	1,7	1,4	1,4	1,5	1,4
CO2	en mg / l	5,1	5,1	5,1	6,7	6,3

penée la plus forte se produisant entre les points 3 et 4.

L'oxydabilité à des variations faibles, les augmentations se situant néanmoins entre les points 3 et 4 d'une part et 6 et 7 d'autre part (fig. 2).

La DCO présente un maximum absolu au point 1 et un maximum relatif au point 7 (fig. 3).

2.2. Paramètres minéraux indicateurs de pollution organique

L'ammonium (NH_4^+) présente une courbe globalement croissante mais progressant particulièrement entre les

points 3 et 4 et les points 6 et 7 (fig. 4).

Les nitrites (NO_2^-) croissent jusqu'au point 5 et diminuent par la suite (fig. 4).

Les phosphates (PO_4^{3-}) sont constants et faibles sur les 6 premières stations puis décuplent au point 7 et diminuent par la suite (fig. 4).

Les nitrates (NO_3^-) diminuent des 2/3 entre les points 1 et 2 puis les concentrations restent constantes avec un minimum entre 3 et 4 (fig. 5).

Tableau 3' – Valeurs moyennes des analyses physico-chimiques sur la Dore au cours de notre étude. Stations 6, 7, 8 et 9 (Mai 1988).

		Station 6	Station 7	Station 8	Station 9
pH	en U.S.I.	7	7	7	7,1
Température	en ° C.	11,5	11,5	12	12
Conductivité	en uS / cm	79	77	77	76
M.E.S.	en mg / l	2,1	3,1	3,3	3,6
DBO5	en mg / l	2,6	2,7	2,8	3,1
Oxydabilité	"	2,9	3,4	2,7	2,7
DCO	"	6	24	14	16
Ammonium	"	0,35	0,92	0,66	0,45
Nitrites	"	0,18	0,18	0,16	0,13
Phosphates	"	0,18	1,68	1,32	0,21
Nitrates	"	2,2	2,2	2,3	2,2
Chlorures	"	8,9	8,3	8,1	8,1
Sulfates	"	7	7,2	7,7	7,2
Sodium	"	7,4	7,83	7,84	7,42
Potassium	"	1,99	2,07	2,24	1,94
Calcium	"	5,97	8,71	11,11	5,78
Magnésium	"	1,37	1,53	1,77	1,35
T.A.C.	en degré fr.	1,3	1,7	2	1,1
CO2	en mg / l	2,8	3,9	5,8	5,1

2.3. Paramètres minéraux indicateurs de minéralisation

Les chlorures et les sulfates (fig. 6) ont des teneurs constantes et relativement faibles (inférieures à 10 mg/l).

Le sodium (fig. 7) oscille entre 5 et 10 mg/l, le potassium (fig. 8) autour de 2 mg/l.

Le calcium (fig. 7) et le magnésium (fig. 8) ont des variations et des valeurs rappelant respectivement celles des 2 cations précédents.

3. Profil physico-chimique de la Dore

Sur 14 histogrammes hebdomadaires de paramètres indicateurs de pollution organique, on observe dans 10 cas (71,4 %) un apport organique important entre les points 3 et 4 et dans 11 cas (78,6 %) un apport, légèrement plus faible, entre 6 et 7.

Pour les paramètres indicateurs de minéralisation, on trouve une augmentation entre les points 3 et 4, un peu entre 6 et 7 et surtout entre 7 et 8.

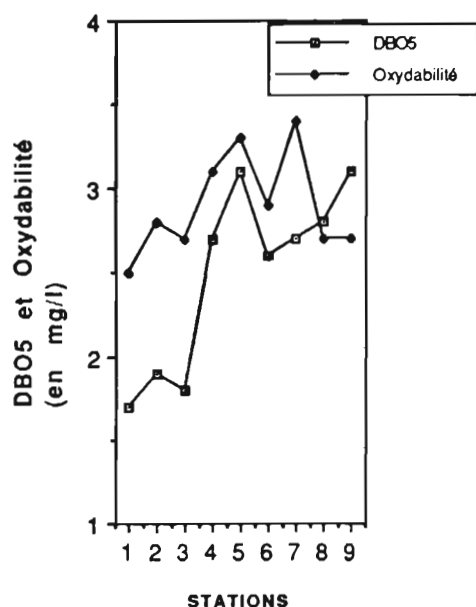


Fig. 2 – DBO5 et Oxydabilité le long de la Dore.

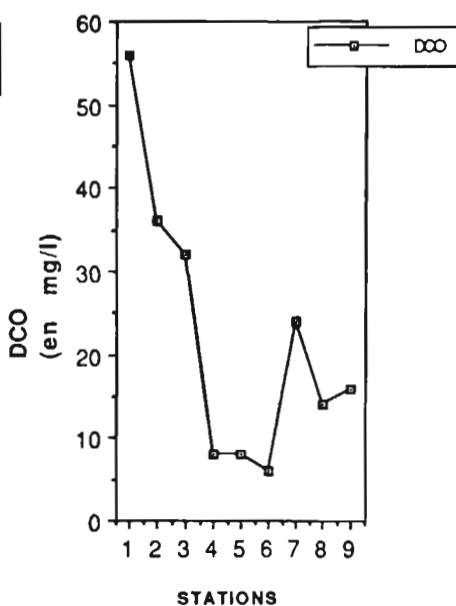


Fig. 3 – DCO le long de la Dore.

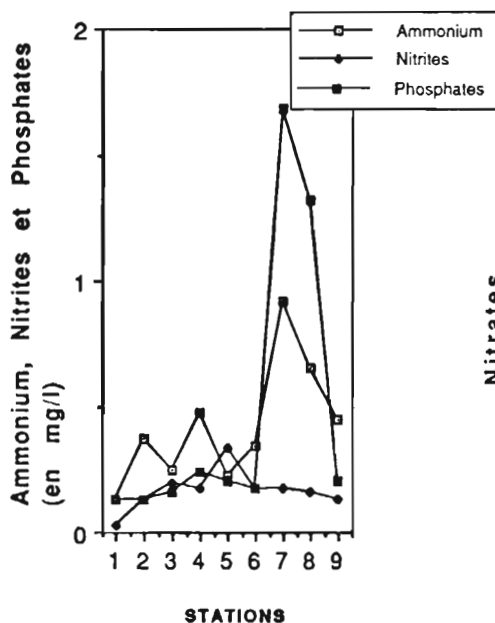


Fig. 4 – Ammonium, Nitrites et Phosphates le long de la Dore.

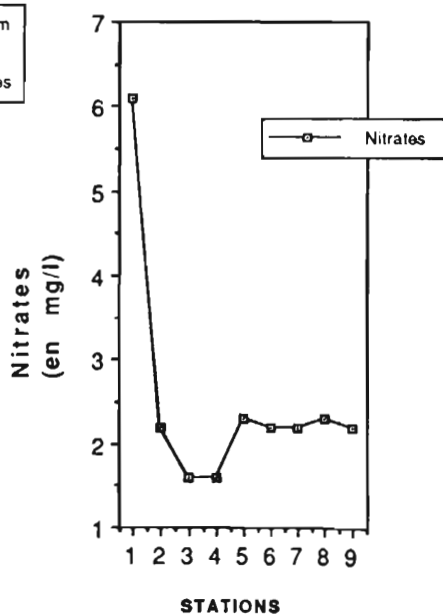


Fig. 5 – Nitrates le long de la Dore.

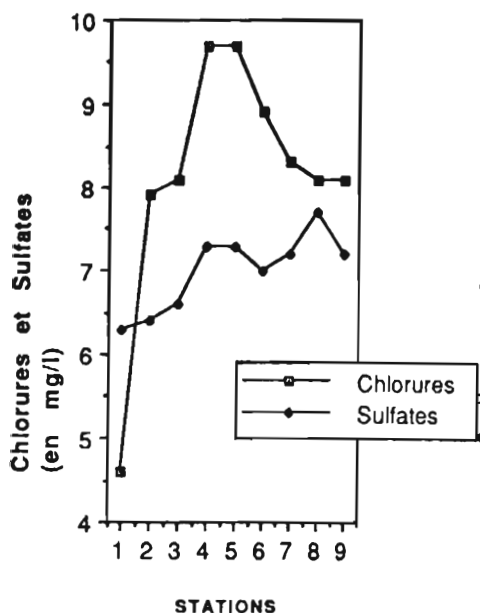


Fig. 6 - Chlorures et Sulfates le long de la Dore.

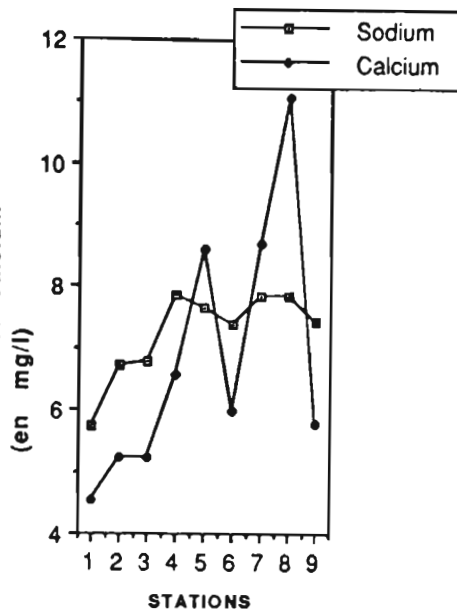


Fig. 7 - Sodium et Calcium le long de la Dore.

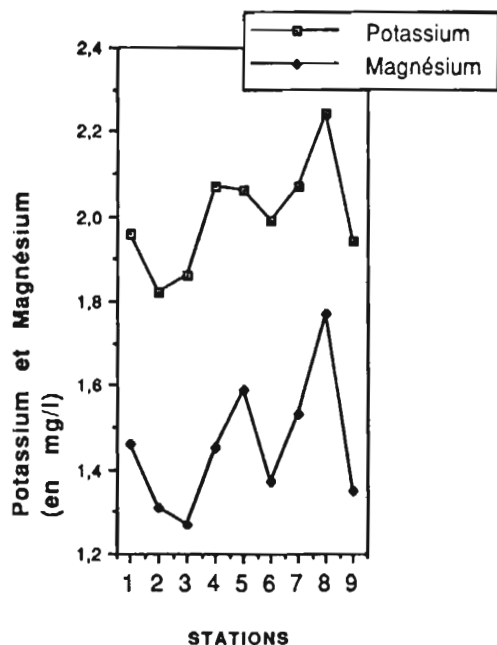


Fig. 8 - Potassium et Magnésium le long de la Dore.

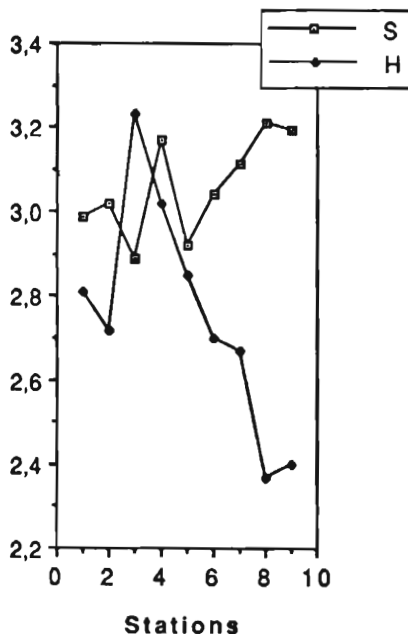


Fig. 9 - Indices S et H le long de la Dore.

4. Inventaire infusorien

Au cours de l'étude de la faune infusorienne de la Dore, 32 espèces de Ciliés ont été rencontrées, (voir les tableaux 5 et 5') seules les 20 espèces les plus importantes en nombre ont servi dans les calculs suivants :

4.1. Nombre, rang, fréquence

Pour les 9 stations, 3318 Ciliés ont été comptés. Aux 5 premiers rangs on trouve :

- 1) *Uronema nigricans* avec 26,79 % des Ciliés
- 2) *Cyclidium glaucoma* avec 26,61 %
- 3) *Holosticha diademata* avec 16,67 %
- 4) *Strobilidium gyrans* avec 5,94 %
- 5) *Cinetochilum margaritaceum* avec 5,12 %

5 espèces se situent entre 1 et 5 % :

Litonotus fasciola (4,67 %); *Colpidium colpoda* (4,00 %); *Keronopsis monilata* (2,68 %); *Lembadion lucens* (2,17 %); *Trithigmostoma cucullulus* (1,15 %).

7 espèces se situent entre 0,1 et 1 %

15 espèces représentent moins de 0,1 %.

Une moyenne de 369 cellules/ml a été observée pour l'ensemble des comptages. Le détail par station indiquant le nombre de cellules et d'espèces, l'indice S de saprobité de Pantle et Buck et le coefficient de diversité spécifique H de Shannon et Weaver est indiqué dans le tableau 4. L'évolution spatiale des coefficients S et H est donnée figure 9.

4.2. Diagrammes rang-fréquence

Les 9 stations donnent des courbes dont les concavités sont orientées vers le bas, ce qui correspond d'après Frontier à une situation d'équilibre (fig. 10).

4.3. Coefficient de similitude entre les différentes stations

Les coefficients reliant les 9 stations se situent entre 0,72 et 0,86 ce qui correspond à des valeurs élevées et très proches les unes des autres.

Tableau 4 – Données sur la faune des Ciliés présente dans les substrats après 7 jours d'immersion. Abondance. Nombre spécifique. Indices de saprobité et diversité.

STATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Individus / ml	333	297	209	500	446	408	298	497	330
Nbre d'espèces	15	14	19	17	14	16	15	16	14
Indice S	2,99	3,02	2,89	3,17	2,92	3,04	3,11	3,21	3,19
Indice H	2,81	2,72	3,23	3,02	2,85	2,7	2,67	2,37	2,4

Tableau 5 – Inventaires des espèces de Ciliés présentes dans les blocs aux stations 1 à 5.

Espèces	Station 1			Station 2			Station 3			Station 4			Station 5		
	Nbre	Rg	%	Nbre	Rg	%	Nbre	Rg	%	Nbre	Rg	%	Nbre	Rg	%
Cyclidium glaucoma	126	1	38	125	1	42	63	1	30	92	3	18	92	2	21
Uronema nigricans	63	2	19	57	2	19	37	2	18	137	1	27	138	1	31
Cinctochilum margaritaceum	23	6	7	20	3	7	24	3	12	20	6	4	11	9	3
Litonotus fasciola	9	7	3	14	5	5	13	5	6	38	4	8	26	5	6
Strobilidium gyrans	30	3	9	12	6	4	19	4	9	20	6	4	40	4	9
Keronopsis monilata	9	7	3	9	8	3	10	7	5	28	5	6	19	7	4
Holosticha diademata	26	4	8	20	3	7	11	6	5	107	2	21	58	3	13
Colpidium colpoda	26	4	8	9	8	3	6	9	3	19	8	4	17	8	4
Stylonychia mytilus	0	0	0	3	11	1	4	10	2	4	11	1	4	10	1
Trithigmostoma cucullulus	0	0	0	2	13	1	7	8	3	10	10	2	3	11	1
Frontonia leucas	7	9	2	3	11	1	2	12	1	4	11	1	0	0	0
Lembadion lucens	5	10	2	12	6	4	3	11	1	16	9	3	24	6	5

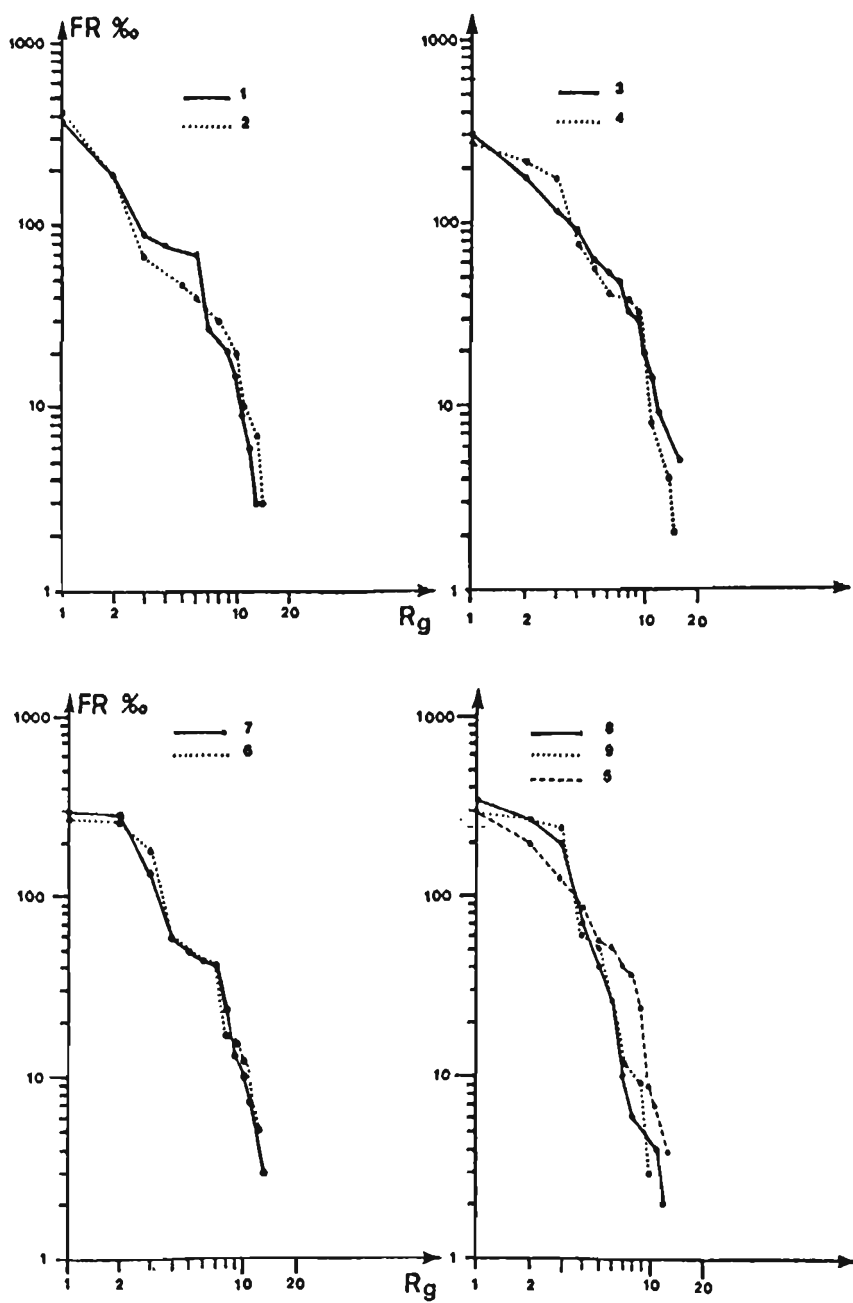


Fig. 10 - Diagrammes rang-fréquence le long de la Dore.

Il est à noter qu'entre les stations 1 et 2 on a le coefficient le plus élevé; 0,86, mais que celles-ci ne se rattachent aux autres stations qu'avec un coefficient de 0,78, ce qui fait certainement de ces deux stations une sous-unité; comme le forment aussi les stations 4, 5, 6, 7 et 9.

La station 8 est rattachée au groupe des 5 stations précédentes pour un coefficient plus faible (0,79).

Enfin la station 3 semble être à part, elle est reliée à l'ensemble des stations pour un coefficient de 0,72.

4.4. Diversité spécifique – saprobité

Le coefficient de diversité spécifique H présente sa valeur maximale à la station 3 (fig. 9). C'est à cette station que le plus grand nombre d'espèces a été récolté (19) et que le pourcentage cumulé des 5 Ciliés dominants est le plus faible (76,4 %). La diversité spécifique est minimale aux stations 8 et 9 alors que pour elles les pourcentages cumulés des 5 espèces dominantes atteignent respectivement 91,9 et 91,6 %.

Le coefficient de saprobité est le plus élevé pour les stations 4, 8 et 9. Il est à noter qu'en 3 et 5 on a les valeurs les plus faibles pour ce coefficient.

Pour visualiser l'évolution des effectifs des 15 espèces dominantes nous avons eu recours à un profil en long (fig. 11). Sur celui-ci on remarque que les 8 espèces les plus importantes sont présentes à chacun des points d'étude (les 7 autres espèces couvrant au moins 4 stations).

On observe aussi que les effectifs augmentent entre la station 3 et la station 4 et entre les stations 7 et 8 mais qu'ils diminuent entre 2 et 3 et entre 6 et 7. Ceci semble montrer des perturbations sensibles de la faune infusorienne entre 2 et 4 et entre 6 et 8.

Cependant les 9 stations sont relativement homogènes (coefficients de similitudes élevés, indices de saprobité relativement stables; état d'équilibre dans toutes les stations après 7 jours de colonisation des blocs...).

Ces observations font apparaître la Dore comme une rivière où la faune infusorienne est stable. Les pollutions ne sont pas ponctuellement très importantes. Cette rivière est cependant moyennement polluée car les indices de saprobité varient entre 2,8 et 3,3.

Par rapport aux études antérieures de 1985 et 1986, la qualité de l'eau de la Dore s'est améliorée. Les indices de saprobité, les espèces et leur nombre montrèrent une pollution très importante à l'aval du rejet de la station d'épuration du groupe pharmaceutique (point 2) (Grolière et coll, 1990). La restructuration de la station d'épuration a donc permis de réduire considérablement les pollutions enregistrées au niveau du point 2.

5. Les A.F.C.

Les analyses factorielles des correspondances que ce soit pour la physico-chimie ou pour l'analyse biologique donnent des renseignements concordants (Figures 12 et 13). Le traitement par l'AFC fait apparaître les 9 stations étudiées comme homo-

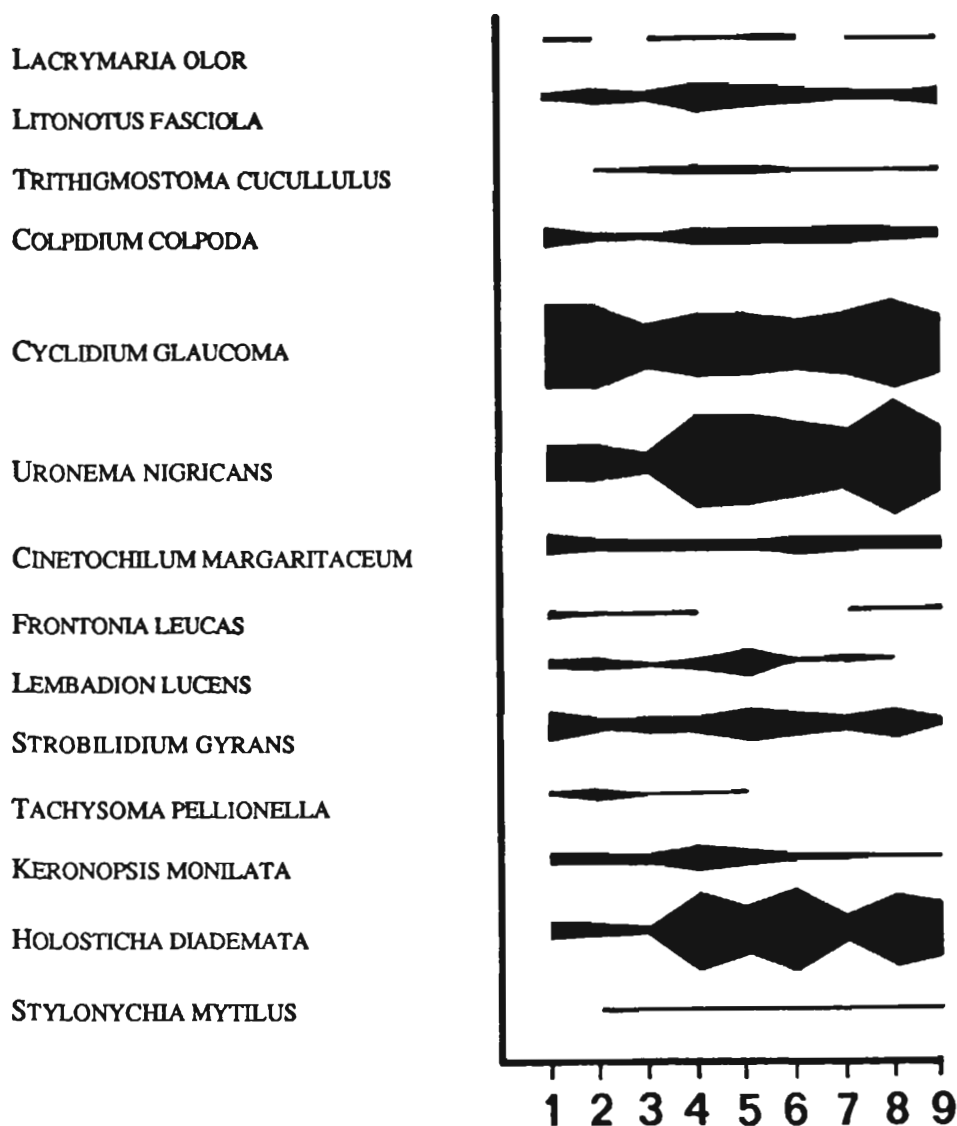


Fig. 11 – Profil en long des espèces majoritaires.

gènes, non seulement les points sont bien plus proches que pour les études en 1985 et 1986 mais en plus le traitement statistique n'a pu séparer cer-

taines stations considérées comme identiques.

Les stations bien que de qualité moyenne sont moins polluées que

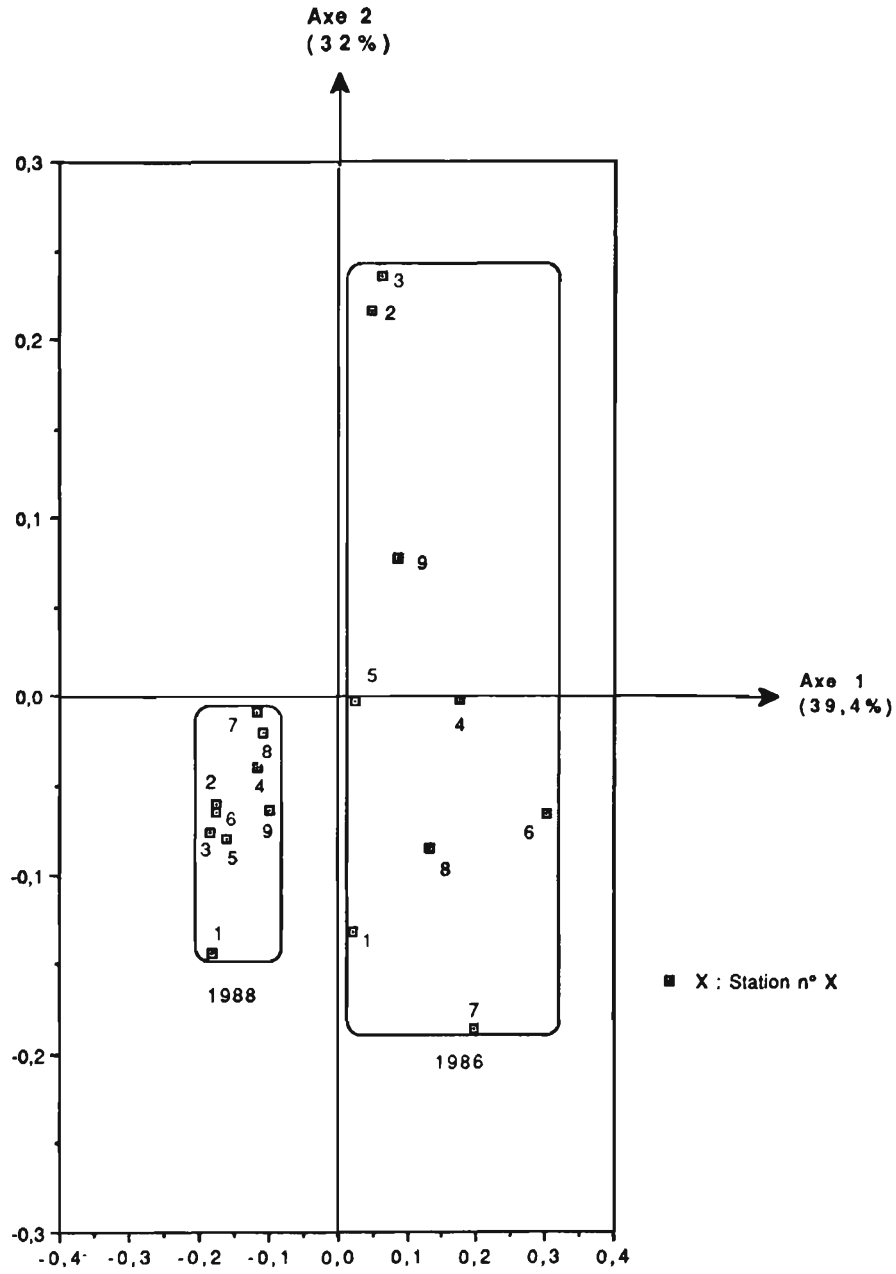


Fig. 12 - A.C.F. pour les 9 stations en 1986 et 1988 (physico-chimie).

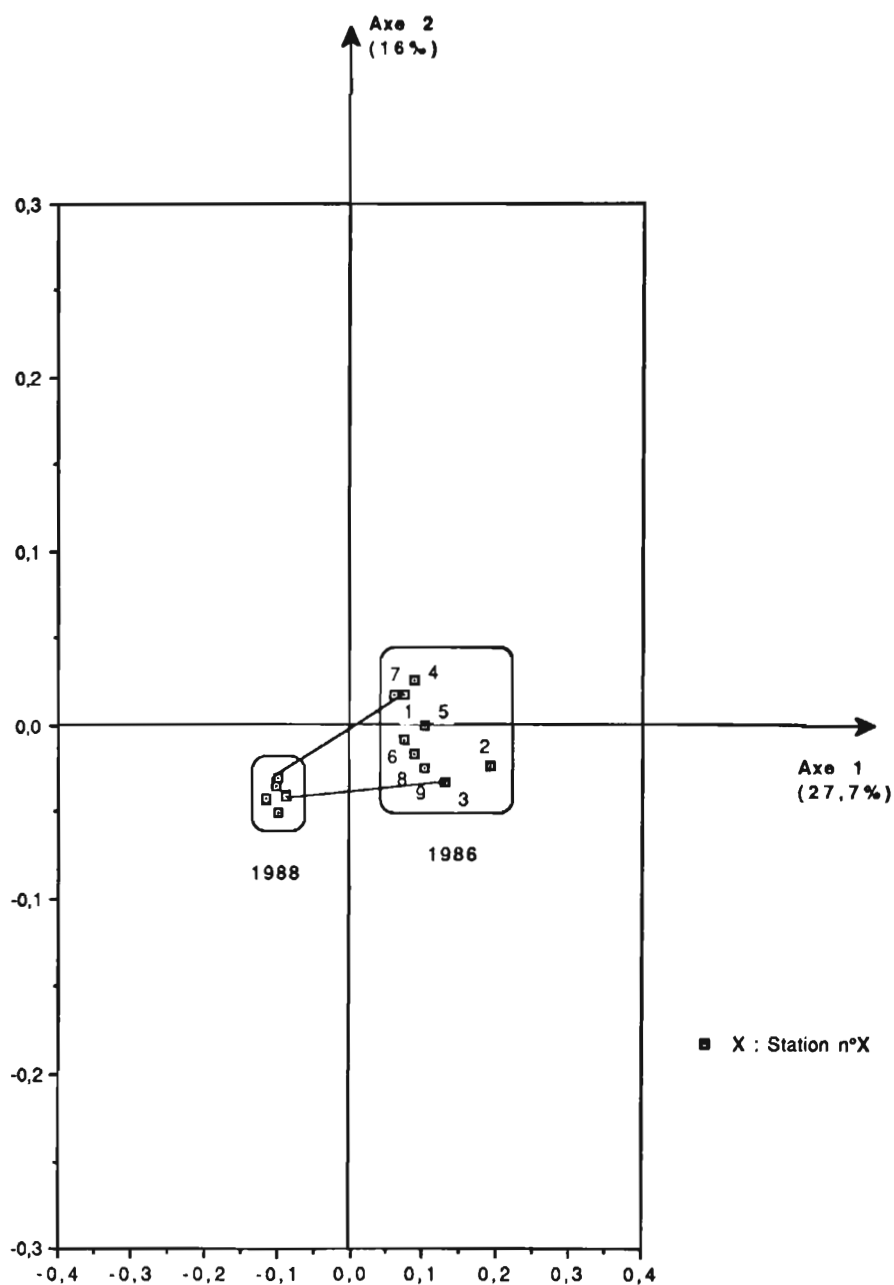


Fig. 13 – A.F.C. pour les 9 stations en 1986 et 1988 (biologie).

dans les études précédentes, elles se situent dans une zone mésosaprobe et non plus polysaprobe.

CONCLUSION

Ce travail met en évidence que l'analyse physico-chimique et l'étude biologique avec des substrats artificiels tels que des blocs de polyuréthane sont complémentaires pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes.

Les analyses physico-chimiques telles que nous les avons effectuées (paramètres indicateurs de pollution organique ou de minéralisation) ne donnent qu'une évaluation instantanée du milieu cependant elles permettent de caractériser de façon plus précise la nature de la pollution.

Par contre l'étude des populations de microorganismes, comme celle des Ciliés, met en évidence des pollutions, sans en préciser la nature, survenues entre le jour de l'installation des blocs en rivière et le jour où ceux-ci sont récupérés. La population de par sa densité, le nombre d'espèces et la diversité qui la compose garde comme en «mémoire» les variations survenues depuis la formation du nouvel éco-système auquel elle appartient. Chaque bloc de polyuréthane a donc été laissé 7 jours dans la Dore pour que la nouvelle population qui s'y développe atteigne son équilibre en l'absence de pollutions importantes.

Dans notre étude biologique en 1988 il a été mis en évidence la disparition d'une espèce caractéristique de milieux polysaprobies : *Paramecium putrinum*; majoritaire en 1986, ceci montre une amélioration de la qualité de l'eau pour ce tronçon de la Dore.

On peut regretter cependant que des espèces échantillonnées n'aient pas toutes encore de valences saprobiales très précises comme c'est le cas pour *Holosticha diademata* qui occupe dans nos résultats le 2^e rang.

L'AFC semble montrer que cette espèce se situerait comme caractéristique de milieux β -mésosaprobies.

De l'apparente homogénéité des stations il est nécessaire de dégager pourtant que des secteurs géographiques de la rivière présentent des degrés de pollution plus élevés que d'autres.

L'étude physico-chimique ou celle effectuée avec les Ciliés montrent toutes les deux qu'il y a des pollutions diffuses entre les stations 3 et 4 et entre 6 et 7. Compte tenu des résultats et de la géographie de ces tronçons, il semble s'établir que la Dore est soumise à des apports organiques d'origine domestique qui sont les pollutions les plus fortes qu'elle connaissait au moment de nos prélèvements.

Ceci n'est pas pour nous étonner quand on sait qu'entre les stations 3 et 4 d'une part et 6 et 7 d'autre part arrivent les effluents de 2 agglomérations.

BIBLIOGRAPHIE

- Association française de normalisation, 1979. Recueil des normes françaises sur l'eau, méthodes d'essai, 1^{ère} édition, 342 pp.
- Brillouin L., 1951. Maxwell's demon cannot operate : information and entropy. I. II. J. Appl. Phys., 22, p. 338-343.
- Cairns J. Jr., Kuhn D.L. et Plafkin J.L., 1979. Protozoan colonization of artificial substrates in Methods and Measurements of attached microcommunities : A review. STP 690, R.L. Weitzel Ed. (Philadelphia, Am. Soc. for Test and Mat.), p. 34-54.
- Cairns J. Jr., 1982. Artificial substrates; Cairns J. Jr. Edit., Ann Arbor Science Publishers, 279 pp.
- Chakli R., 1987. Mise au point d'une technique d'échantillonnage des Protozoaires Ciliés dans les eaux courantes avec un substrat artificiel, la mousse de polyuréthane, et son application à l'étude de la qualité de ces eaux. Thèse n° 890 Protistologie, Clermont-Ferrand, 260 pp.
- Corliss J.O., 1979. The Ciliated Protozoan. Pergamon Press, 2^e Edit. 455 pp.
- Curds C.R., 1984. British and other freshwater ciliated Protozoa. Cambridge University Press, 1, p. 1-335.
- Dragesco J. et Dragesco-Kerneis A., 1986. Ciliés libres de l'Afrique intertropicale. Ed. Orstom, 560 pp.
- Frontier S., 1976. Utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. J. Rech. Oceanogr., 1 (3), p. 35-48.
- Frontier S., 1985. Diversity and structure in aquatic ecosystems. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 23, p. 253-312.
- Gleason H.A., 1922. On the relation between species and area. Ecology, 3, p. 156-162.
- Grolière C.A., Chakli R., Sparagano O., Pépin D., 1990. Application de la colonisation d'un substrat artificiel par les Ciliés à l'étude de la qualité des eaux d'une rivière. Europ. J. Protistol., 25, p. 381-390.
- Hurlbert S.H., 1971. The nonconcept of species diversity : a critique and alternative parameters. Ecology, 52, p. 577-586.
- Kahl F., 1930. Die tierwelt Deutschlands und der angrenzenden meeressteile. In Dahl Ed. Verlag Von Gustav Fischer, 885 pp.
- Lloyd M. et Ghelardi R.J., 1964. A table for calculating the «equitability» component of species diversity. J. Anim. Ecol., 33, p. 217-225.
- Margalef R., 1961. Communication of structure in planctonic populations. Limnol. Oceanogr., 6 (2), p. 124-128.
- Menhinick E.F., 1964. A comparison of some species-individual diversity indices applied to sample of fields insects. Ecology, 45, p. 859-861.
- Merck, Index, 1968. An Encyclopedia of chemicals and drugs. Ed. Merck and Co, 8^e Ed., 1713 pp.
- Ministère de l'environnement, 1986. Etude hydrobiologique et physico-chimiques de la Dore de l'amont de Vertolaye jusqu'à sa confluence avec l'Allier. Laboratoire Régional de Clermont-Ferrand, dossier n° 63/83/0530; 63/84/0232-1, 189 pp.
- Pantle R. et Buck H., 1955. Die biologische Überwachung der gewässer und die darstellung der ergebnisse. Gas und Wasserfach., 96, 604-624.
- Patten B.C., 1966. The biocoenotic process in an estuarine phytoplankton community Oak Ridge Nat Lab. U.S. at En. Comm. ORNL, 3946, 97 pp.
- Puytorac P. de, Grain J. et Mignot J.P., 1987. Précis de protistologie, Ed. Boubee, 580 pp.
- Rodier J., 1984. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Ed. Dunod, 1353 pp.

- Roux M., 1987. Analyse biologique de l'eau. Ed. Association Française pour l'Etude de l'Eau, 229 pp.
- Shannon C.E. et Weaver W., 1948. The mathematical theory of communication. Urbana, Univ. Ill. Press 1963 Ed. IV, 125 pp.
- Simpson E.H., 1973. System of water quality from the biological point of view. Ed. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 217 pp.
- Small et Lynn, 1985. An illustrated guide to the Protozoa. Ed. Lee J.J., Hutner et Bovee, 615 pp.
- Yule G.U., 1944. The statistical study of literary vocabulary. Cambridge Univ. Press, London.
- Zelinka M. et Marvan P., 1961. Zur Präzisierung der biologischen klassifikation der reinheit fliessender gewässer. Arch. Hydrobiol., 57, p. 389-407.