DOCUMENTS DE CARTOGRAPHIE ECOLOGIQUE, Vol.XVIII, 105-122, 1976, Grenoble

LA POLLUTION DE L'ISÈRE DANS LA RÉGION GRENOBLOISE : ANALYSE ÉCOLOGIQUE, DIAGNOSTIC DE POLLUTION ET PROPOSITIONS DE LUTTE

par J.G. WASSON (1)

I- Caractères hydromorphologiques..... 106
II- La charge polluante de l'Isère..... 107
III- Etude physico-chimique..... 109
IV- Etude biologique..... 110
V- Pollution et autoépuration de l'Isère..... 117
VI- Lutte contre la pollution de l'Isère..... 119
Conclusion..... 120
Bibliographie..... 121

Résumé - Après avoir rappelé les caractères morphologiques et hydrologiques de l'Isère, l'auteur décrit la charge polluante reçue par la rivière et fait une étude physico-chimique des principaux polluants. L'analyse biologique avec une référence spéciale aux Diptères Chironomides, permet d'établir un diagnostic de pollution et de proposer un plan d'aménagement de l'Isère. En conclusion, les principes d'une méthode écologique d'étude de la pollution des rivières sont donnés.

Summary - After a review of the morphological and hydrological characteristics of Isere, the author describes the load of pollutants being discharged into the river and makes a physical-chemical analysis of the principle pollutants. The biological analysis made with special reference to Chironomidae (Diptera), permits us to establish a system of pollution diagnosis and to propose a management plan for Isere. In conclusion, the principles of an ecological method for the study of river pollution are given.

Zusammenfassung - Nach einem Überblick über die morphologischen und hydrologischen Eigenschaften der Isère beschreibt der Autor die Schadstoffbelastung des Flusses und schliesst eine physico-chemische Untersuchung der wesentlichen Verunreinigungen an.Eine biologische Analyse mit besonderem Hinweis auf die Dipterengruppe der Chironomiden erlaubt die Entwicklung einer Verunreinigungs-Diagnose sowie den Vorschlag eines Wirtschaftsplanes für die Isère.Als Schlussfolgerung werden die Prinzipien einer ökologischen Methode für die Untersuchung der Gewässerverschmutzung dargelegt.

Notre étude de l'Isère, réalisée entre septembre 1972 et juin 1974, visait un double objectif de recherche fondamentale et appliquée (WASSON, 1975). Nous avons voulu, à la fois contribuer à la connaissance hydrobiologique d'une rivière fortement polluée, et fournir un document de référence à ceux qui ont la charge d'en réduire la pollution; ces deux aspects ne sont nullement incompatibles, mais bien plutôt complémentaires. Nous allons, dans ce condensé de notre mémoire original, insister sur les méthodes de diagnostic de la pollution, les résultats obtenus et leurs applications.

Mais quel sens donner au vocable trop galvaudé de "pollution" ? Nous proposons pour ce terme la définition suivante que nous adopterons en l'appliquant à l'écosystème "Isère": "La pollution est l'altération d'un écosystème, naturel ou non, ou d'une fraction d'écosystème, sous l'action d'un ou plusieurs agents polluants de nature variée, produits directement ou indirectement par l'homme ou à la suite de ses activités".

D'après cette définition, l'étude de la pollution d'une rivière consistera à essayer de déterminer, en différents points échelonnés à l'aval des foyers de pollution, quel est le degré d'altération de l'écosystème aquatique par rapport à un point de référence situé à l'amont de ces foyers. L'auto-épuration sera alors appréciée en fonction du degré de restauration des caractères primitifs de l'écosystème dans la zone polluée.

L'étude de l'écosystème doit être menée selon deux voies complémentaires : l'analyse du biotope et l'analyse de la biocénose. Au départ, deux méthodes se présentent donc pour étudier la pollution de l'Isère : l'analyse physico-chimique de l'eau, et l'analyse biologique de la communauté benthique.

Mais il faut au préalable décrire la physionomie de notre écosystème, c'est-à-dire les caractères morphologiques et hydrologiques de l'Isère et rechercher les facteurs susceptibles de produire

---

(1) Laboratoire de Zoologie, Université I de Grenoble. BP 53. 38041 Grenoble Cedex.

des altérations; ces facteurs sont, d'une part, les aménagements effectués par l'homme, d'autre part, l'ensemble des masses de déchets qu'il y déverse, et que nous désignerons par l'expression "charge polluante".

I.- CARACTÈRES HYDROMORPHOLOGIQUES

A - SITUATION GÉOGRAPHIQUE

L'Isère draine un bassin versant de 11 860 km^2, répartis autour du 45 ème parallèle nord, sur le versant occidental des Alpes françaises. Ce bassin est formé de massifs granitiques et calcaires, avec dans sa partie amont des schistes, des flyschs, des roches permo-carbonifères et des bancs de gypse. 70 % de sa superficie sont situés à plus de 1 000 m d'altitude, et 30 % à plus de 2 000 m. (VACHER, 1971).

En arrivant à Grenoble, où elle reçoit la confluence du Drac, l'Isère coule dans une large vallée glaciaire comblée d'alluvions fluviatiles. Puis au sortir de la plaine de Moirans, elle entaille d'un ravin sinueux les collines molassiques du bas-Dauphiné pour aller se jeter dans le Rhône à Valence.

Le secteur qui a fait l'objet de notre étude comprend l'Isère entre Gières (Isère) et Romans-sur-Isère (Drôme), ainsi que la partie terminale du Drac,soit plus d'une centaine de kilomètres de rivières.

B - MORPHOLOGIE ET AMÉNAGEMENTS

Dans la zone inondable, que représente la plaine alluviale, l'Isère est complètement endiguée. La conséquence en est une uniformisation de la pente, qui se stabilise autour de 0,9 à l'aval de la confluence du Drac. Aussi la vitesse du courant varie-t-elle peu avec la pente. A Saint-Gervais, cette vitesse est de l'ordre de 1,3 m/s en moyenne à l'étiage, mais peut atteindre 2 à 3 m/s lors des crues.

Dans toute cette zone, les caractères morphologiques du lit sont remarquablement constants; le fond est constitué de galets entre lesquels se déposent des graviers et du sable.

Dans la traversée des collines du bas-Dauphiné, la morphologie du cours d'eau a été profondément modifiée par l'installation de trois barrages-usines pour la production électrique, successivement à Pizançon (Drôme) Saint-Hilaire de Rosier (Isère) et Beauvoir (Isère). Ces barrages "au fil de l'eau" sont installés en "cascade", la limite du remous provoquée par chaque ouvrage atteignant le pied du précédent. Ils créent ainsi trois biefs à faciès nettement lénitique; seules de courtes zones au pied de chaque installation gardent un faciès lotique.

C - RÉGIME HYDROLOGIQUE

L'Isère arrive à Grenoble avec un régime "nival de transition" (PARDE, 1937), caractérisé par un débit maximum en juin dû à la fonte des neiges, un étiage hivernal (janvier), et un palier relatif des débits en automne. Mais le Drac vient modifier cette hydrologie du fait d'un maximum plus précoce et d'une augmentation notable des débits de novembre.

L'histogramme des débits moyens mensuels enregistrés à Pizançon (fig. 1) entre 1928 et 1950 illustre bien le régime hydrologique naturel de l'Isère. On notera l'abondance des débits d'étiage, alors que les hautes eaux restent modestes. Le débit moyen annuel, 349 m^3/s, est très important.

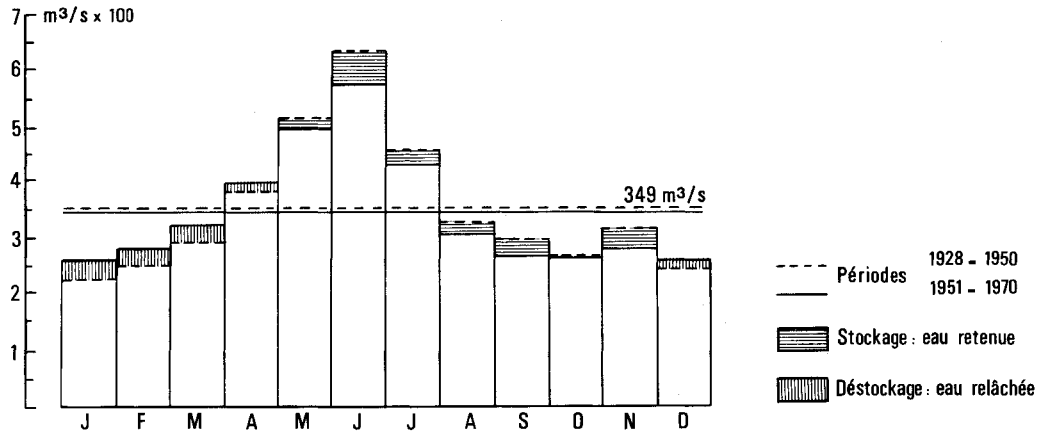


Fig.1- Régime de l'Isère : débits moyens mensuels à Pizançon

Aussi n'est-ce pas un hasard si le département de l'Isère a été le berceau de la houille blanche; et depuis 1950, 15 grands barrages répartis sur l'ensemble du bassin de l'Isère permettent la production de quelques 10¹⁰ kwh/an. L'histogramme des débits pour la période 1951-1970 montre clairement l'influence de ces barrages par rapport à la période précédente : de mai à novembre, les retenues emmagasinent l'eau qu'elles restituent de décembre à avril. Il y a donc un tassement de l'histogramme autour du module, ce qui traduit un grossissement de l'étiage d'hiver, une diminution des débits de hautes eaux, une accentuation de l'étiage en août-septembre et une nette régularisation des crues surtout en novembre.

Mais l'influence des barrages se fait également sentir par des variations de débits hebdomadaires et journalières, suivant les impératifs de production ; il s'ensuit des variations quotidiennes de niveau atteignant 50 cm à l'aval de Grenoble.

II.- LA CHARGE POLLUANTE DE L'ISÈRE

A - SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

L'agglomération grenobloise apparaît à l'heure actuelle comme un foyer de pollution d'environ 350 000 habitants, dont la moitié vit de l'industrie. Etant donnée la multiplicité des sources de pollution, il n'a pas été possible d'envisager un inventaire des polluants par analyse des rejets. Aussi avons-nous dû, pour déterminer la charge polluante reçue par l'Isère, procéder à une enquête auprès des services administratifs concernés et des industriels, en complétant les renseignements obtenus par des recherches bibliographiques (MEINCK et al, 1970).

Au niveau du département, la Cellule de l'eau de la Direction de l'Equipement a dressé une carte de localisation des rejets. Mais c'est auprès de l'Agence de bassin Rhône-Méditerranée-Corse que l'on peut recueillir des données permettant de répertorier les principales sources de polluants, et leur importance relative estimée, selon les critères de l'Agence, en M.O. et M.E.S. (2).

Pour obtenir des précisions sur la nature des polluants, nous nous sommes d'abord adressés aux établissements qui provoquent une pollution importante des cours d'eaux, puis à tous ceux susceptibles de rejeter des substances toxiques.

B - RÉPARTITION DE LA CHARGE POLLUANTE

Au vu de la localisation des rejets et des caractères morphologiques et biologiques de l'Isère, nous avons été amenés à définir cinq sections de cours d'eau (tabl. I).

TABLEAU I

SECTION	COURS D'EAU	LIMITE AMONT	LIMITE AVAL
I	Isère	Pont de la Gâche (Pontcharra)	Méandre de Gières
II	Isère	Méandre de Gières	Confluence du Drac
III	Drac	Barrage de N.D. de Commiers	Confluence avec l'Isère
IV	Isère	Confluence du Drac	Pont de St-Gervais
V	Isère	Pont de St-Gervais	Romans/Isère

D'après les résultats de l'enquête sur les rejets, la charge polluante se répartit comme suit :

- Dans la section I, la charge domestique est assez faible, la charge industrielle est surtout constituée par des effluents de papeteries. On a donc dans cette section une charge de matières organiques élevée (21,5 t/j de M.O. en 1972) constituée principalement par des rési-

(2) Pour établir une assiette de redevances, la charge polluante d'un effluent est définie selon quatre critères :
- le taux de matières en suspension (M.E.S.), mesuré par filtration;
- le taux de matières oxydables (M.O.), défini comme une moyenne pondérée de la demande chimique en oxygène (D.C.O.) et de la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (D.B.O.5), selon la formule : $M.O. = \frac{D.C.O. + 2(D.B.O.5)}{3}$

  Les mesures de D.C.O. et D.B.O.5 sont effectuées sur une eau décantée deux heures;
- la teneur en sels dissous :
- la toxicité, appréciée au moyen d'un test "Daphnie"

dus difficilement dégradables ; l'apport de M.E.S. est dû à des fibres de bois et à des "charges de couchage" en général très fines. Il y a également des toxiques, en quantité non déterminée.

- Dans la section II, c'est la pollution domestique qui domine largement. On a donc une charge organique, peut-être légèrement moins forte que dans la section I (17,5 t/j de M.O. en 1972), mais certainement beaucoup plus biodégradable. La charge de M.E.S. doit être principalement organique. On retrouve des toxiques en quantité non déterminée.

- A l'inverse, dans la section III, la charge polluante est presque exclusivement industrielle, en provenance surtout des industries chimiques. C'est ici que le problème est le plus complexe. La charge organique est très forte, constituée en partie de matières fermentescibles (propylène - glycol, etc...) mais aussi de produits peu dégradables. De même, les M.E.S. sont à la fois minérales ($CaCO_3$, TiO_2, etc...) et organiques (fibres de papier et de textiles). Mais surtout, la charge polluante chimique est très importante et très variée : sels (300 t/j de chlorures), acides, bases, métaux, cyanures et toute une gamme de produits organiques plus ou moins toxiques, dont on ignore presque totalement les quantités déversées chaque jour.

- Dans la section IV, il faut distinguer la charge polluante rejetée dans l'Isère, de celle collectée par le bassin de la Morge.

L'Isère reçoit plus ou moins directement une charge polluante domestique assez faible (2,7 t/j de M.O.). La charge industrielle reste faible également, mais il y a certainement des rejets toxiques (cyanures, métaux). Par contre la Morge reçoit, par rapport à son débit, une charge polluante très forte constituée principalement par des effluents de papeteries ; mais il ne semble pas y avoir de déversements toxiques.

- Dans la section V, la charge polluante est négligeable pour l'Isère.

On peut apprécier la répartition entre les différentes sections des charges domestiques, estimées d'après le nombre d'habitants, et des déversements provenant de l'industrie papetière, d'après le taux de M.O. ; on trouve alors (tabl. II) :

TABLEAU II

Section	Répartition en % du total de la charge polluante	
	Domestique	Papetière
I	10,2	88,3
II	62,3	0
III	4,3	4,5
IV	23,2	7,2
(dont Morge)	8,9	5,5
V	négligeable	0

La répartition des autres types de charge polluante aurait peu de signification, car les rejets ne sont pas comparables entre eux.

L'ensemble de ces résultats est visualisé par la carte n°1.

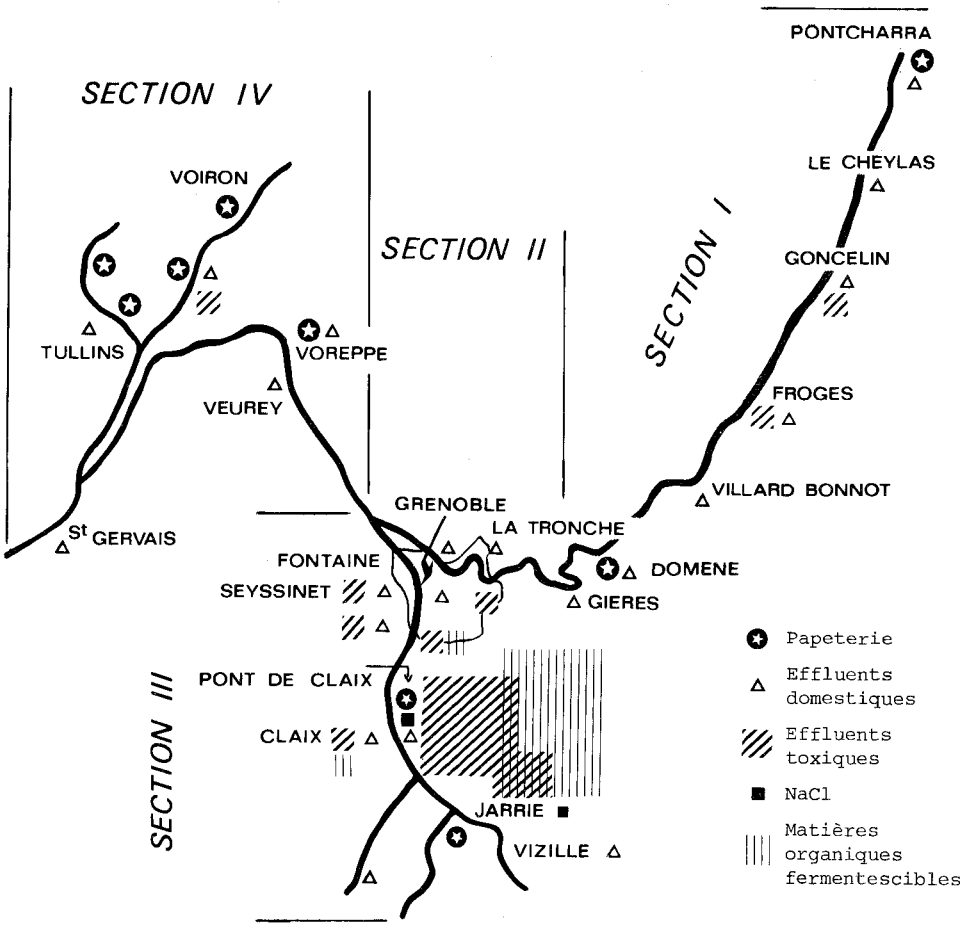
C - VÉRIFICATIONS DES ESTIMATIONS

Etant donné le caractère artificiel des tests utilisés pour mesurer les charges organiques, nous avons vérifié les résultats de l'enquête sur les rejets par une analyse physico-chimique des eaux.

L'Agence de bassin nous a communiqué les résultats des analyses hebdomadaires et trimestrielles effectuées sous son égide entre 1968 et 1973, ainsi que ceux de l'inventaire du degré de pollution des eaux superficielles réalisé à l'échelon national en 1971. Le calcul,d'après ces données, des charges polluantes (WASSON, 1975) nous a amené à formuler des remarques importantes :

- le taux de matières organiques des rejets industriels contenant des substances toxiques est très fortement sous-estimé; ainsi, le Drac, dans la section III, reçoit une charge en matières organiques fermentescibles au moins deux fois supérieure à celle reçue par l'Isère au cours de sa traversée de la ville de Grenoble (section II). Or, l'enquête sur les rejets nous avait conduit à une estimation inverse. Celà est dû principalement à une inhibition de l'activité bactérienne par les substances toxiques, avec pour conséquence un abaissement des valeurs de la D.B.O.5. Cette inhibition est encore marquée dans les cours d'eaux à l'étiage;

- l'évaluation d'après les rejets de la charge polluante en chlorures, concorde, par contre, assez bien avec le calcul, ce qui confirme la validité des méthodes employées, et donc des remarques ci-dessus. Mais ces méthodes ne sont applicables que dans le cas de déversements abondants et relativement continus. Aussi nous est-il impossible de donner un ordre de grandeur des rejets toxiques, dont seuls sont connus les principaux points d'émission.



Carte n°1- La charge polluante de l'Isère : nature et localisation des rejets

III.- ÉTUDE PHYSICO-CHIMIQUE

Nous n'étions pas en mesure d'effectuer une étude suffisamment précise et complète des eaux de l'Isère; nous avons donc utilisé les résultats fournis par l'Agence de bassin, en les comparant aux études antérieures (HERGUEZ, 1963; BOINEAU, 1965; CHOUTEAU, 1968). Ces données ont été complétées par quelques analyses dans les retenues de barrages, qui n'avaient fait jusqu'alors l'objet d'aucune investigation.

1 - Température

Les eaux de l'Isère restent froides, du fait de son régime hydrologique. Les maximums sont le plus souvent inférieurs à 18°C; les températures hivernales oscillent entre 2 et 5°C; et les moyennes annuelles autour de 9,5°C. La pollution thermique reste très faible.

2 - pH

L'Isère et le Drac ont une alcalinité "moyenne" selon NISBET et VERNEAUX (1970) qui permet d'amortir les variations de pH dues aux déversements d'acides et de bases. Néanmoins, certaines valeurs anormales (6,5 à 8,5) signalent des pollutions passagères sans doute très marquées à leur source.

3 - Matières en suspension (M.E.S.)

De par la géomorphologie de son bassin amont, l'Isère a une turbidité naturelle abondante. A Veurey, le taux de M.E.S., qui est de l'ordre de 50 à 100 mg/l à l'étiage, atteint plusieurs grammes par litre lors des crues. A l'aval, il se produit une sédimentation dans les barrages (à l'étiage, 10 mg/l à Pizançon). L'augmentation de la fraction organique entraîne une modification qualitative des M.E.S. et un relèvement de la turbidité. Dans le Drac, naturellement limpide, cette pollution est très marquée.

4 - Sels dissous

Les chlorures, (principalement NaCl) atteignent dans le Drac des taux qui sont ceux d'une eau saumâtre (plus de 100 mg/l à l'étiage). Les valeurs relevées à Veurey sont encore anormales; elles sont passées de 15,1 mg/l en 1963 à 36,7 mg en 1971. Il y a donc effectivement une pollution par le chlorure de sodium.

5 - Eléments toxiques

a) La présence de phénols dans l'Isère a été notée pour la première fois en 1967. Depuis, il semble que les teneurs aient diminué (0,1 mg/l à Veurey en 1971). Mais même à faible dose, les composés phénoliques ont un effet répulsif sur les poissons, et sont bactéricides; ils produisent également des nuisances en donnant un goût à l'eau : le Rhône est ainsi pollué par les chlorophénols déversés à Pont de Claix (Agence de bassin, 1973).

b) En 1971, à Veurey, les teneurs en détergents anioniques étaient de l'ordre de 0,1 mg/l, ce qui est habituel pour les cours d'eaux français. Mais néanmoins, même à cette dose, les détergents ont un effet inhibiteur sur l'autoépuration, et ils potentialisent les autres substances toxiques. Le rôle des détergents dans la pollution de l'Isère n'est certainement pas négligeable.

c) Les cyanures atteignent parfois à l'aval de Grenoble des taux inquiétants : 0,1, voire 0,47 mg/l. Or, expérimentalement, les effets létaux sur le poisson commencent à 0,04 - 0,07 mg/l de CN. Les cyanures constituent donc un facteur de pollution parfois important et un risque potentiel grave.

d) Les cations métalliques figurent parmi les éléments les plus toxiques, et affectent diversement toutes les formes de vie aquatique,des bactéries aux poissons. Dans l'Isère, à l'aval de Grenoble, le cuivre (0,01 à 0,26 mg/l) provoque une pollution chronique certaine, et peut donner lieu à des pollutions aiguës; le plomb est régulièrement présent à des teneurs (0,08 mg/l) occasionnant une pollution chronique faible, mais réelle; le zinc (0,01 à 0,1 mg/l) provoque également une pollution chronique assez faible, de même que le fer et le manganèse. Les teneurs trouvées pour le chrome, le sélénium et l'arsenic ne semblent pas gênantes; par contre, la présence de mercure (0,002 à 0,01 mg/l dans le Drac) est beaucoup plus préoccupante.

e) Il existe certainement d'autres produits toxiques qui atteignent dans l'Isère des concentrations non négligeables; citons les hydrocarbures (0,1 à 0,6 mg/l), les pesticides, et divers produits chimiques qui n'ont jamais été dosés.

Considérée globalement, la pollution toxique a fortement augmenté entre 1963 et 1971.

6 - Bactéries

La contamination bactérienne est forte dans la section IV, où l'on a compté jusqu'à 10^6 *Escherischia coli* / 100 ml.

7 - Matières organiques

Avec une D.B.O.5 moyenne de 4,1 mg/l à Veurey, l'Isère serait dans une situation "douteuse" selon NISBET et VERNEAUX (1970). Mais en 1964, ces valeurs étaient plus élevées, alors que la charge polluante était plus faible : celà confirme la sous-estimation des valeurs de la D.B.O.5., due à la présence de toxiques, comme nous l'avions déjà signalé.

Compte-tenu de ce fait, nous pouvons parler de pollution organique importante pour l'Isère à Veurey, suivant ainsi la classification proposée par BESCH (1973). Les valeurs trouvées pour la D.C.O., les nitrites, l'ion ammonium, et les phosphates confirment ce diagnostic.

Malgré cette pollution, l'oxygénation de l'Isère reste bonne : le taux d'oxygène dissous ne descend pas en dessous de 8 mg/l, et le taux de saturation est rarement inférieur à 70 %. Celà s'explique par les caractères hydromorphologiques de la rivière; pourtant, si une autoépuration biologique se manifestait, le pourcentage de saturation en oxygène devrait être lié aux valeurs du débit, de la température et de la D.B.O.5. Or, des essais de représentation graphique n'ont fait apparaître aucune corrélation probante entre ces quatre paramètres (WASSON, 1975).

Les quelques analyses effectuées dans la zone des barrages ne contredisent pas ces remarques. Dans l'ensemble, les valeurs trouvées sont du même ordre de grandeur que celle de l'inventaire 1971 à Veurey; on ne constate pas de stratification des caractères physico-chimiques, même dans les zones où le courant est le plus faible; il n'y a pas d'évolution importante des caractères de l'eau entre le premier et le troisième barrage.

Donc, si des processus biologiques d'autoépuration existent dans l'Isère, comme semble l'attester la présence d'ions azotés réduits, ces processus restent discrets, et doivent être profondément perturbés.

IV.- ÉTUDE BIOLOGIQUE

A - MÉTHODES

La pollution est essentiellement un phénomène à conséquences biologiques. Si les polluants sont de nature physique ou chimique, les composantes abiotiques de l'écosystème sont altérées, et peuvent devenir facteur limitant pour certaines espèces, ou pour l'ensemble de la biocénose. Si les polluants sont des matières organiques, c'est le degré de trophie de l'écosystème qui est modifié; il y a alors eutrophisation du milieu, ce qui entraîne une répartition différente des flux d'énergie par la stimulation de certains niveaux trophiques. Secondairement, une eutrophisation trop importante peut aussi altérer les paramètres physico-chimiques de l'eau.

Dans tous les cas, la biocénose est affectée qualitativement et quantitativement, et d'après ces modifications, nous pourrons établir un diagnostic de pollution du cours d'eau. "Ainsi, une connaissance des aspects biologiques de la pollution ne présente pas simplement de l'intérêt, mais elle est essentielle pour l'étude des problèmes de pollution de rivière." (HAWKES, 1960).

Pratiquement, l'analyse biologique des eaux polluées est une méthode qui a fait ses preuves depuis le début de ce siècle, et sur les cinq continents. Ses atouts sont importants : tout d'abord, la relative stabilité, dans le temps et dans l'espace, de la flore et de la faune benthique simplifie considérablement les problèmes d'échantillonnage; ensuite, les organismes aquatiques réagissent à toutes les altérations, et la biocénose garde longtemps la trace d'une pollution passagère, car les êtres vivants forment un système intégrateur très sensible.

L'hydrobiologiste a le choix entre deux grandes catégories de méthodes.

- D'une part, les méthodes des "indicateurs de pollution", proposées par les auteurs européens, et toutes plus ou moins dérivées du système des saprobies de KOLKWITZ et MARSSON; ce système est basé sur la définition de zones biologiques se succédant le long d'une rivière polluée par suite des processus d'autoépuration. Ainsi, on déterminera la zone polysaprobe, correspondant à la prédominance des processus réducteurs, puis les zones α et β mésosaprobes, lorsque les processus d'oxydation de la matière organique prédominent, enfin la zone oligosaprobe, en l'absence de pollution ou lorsque l'autoépuration est achevée.

- D'autre part, les méthodes proposées par les auteurs anglo-saxons et basées sur l'étude de la structure des biocénoses aquatiques en vue d'une définition des "indices biotiques" permettant de chiffrer le degré de pollution d'une rivière.

Mais si le système des saprobies s'applique assez bien aux problèmes de pollution organique, par contre les méthodes des indices biotiques sont plus utiles dans les cas complexes où des pollutions chimiques et toxiques entrent en jeu. Dans le cas de l'Isère, nous tenterons d'utiliser conjointement ces deux méthodes.

1 - Choix des communautés étudiées

Comme la plupart des auteurs, nous avons choisi d'étudier les macro-invertébrés qui vivent sur le fond (périphyton et épibenthos au sens de TUFFERY, 1971). Ils offrent l'avantage d'être faciles à capturer, car peu mobiles, d'avoir une durée de vie suffisamment longue pour être de bons intégrateurs de la pollution et d'être identifiables avec des méthodes assez simples; d'autre part, la diversité des groupes systématiques parmi les macro-invertébrés fait que ces organismes "présentent une large gamme de tolérance dans leurs réactions à divers degrés de pollution" (GOODHIGH, 1973). Et ces réactions commencent à être suffisament bien connues pour pouvoir être utilisées dans un but pratique.

Dans l'Isère, par suite de la pollution, la faune benthique est pratiquement réduite aux seules larves de Diptères Chironomides; aussi nous sommes-nous attachés particulièrement à l'étude de ce groupe, en utilisant une technique d'élevage qui permet la détermination spécifique, impossible sur les stades larvaires.

Nous avons également pris en compte les organismes végétaux qui constituent la couverture biologique des pierres; la nature de cette couverture biologique conditionne pour une grande part l'installation des macro-invertébrés, et donne des indications précieuses sur le degré d'eutrophisation.

2 - Choix des stations (carte n°2)

Onze sations principales (numérotées de 1 à 8 et de 10 à 12) ont été prospectées sur l'Isère. Leur emplacement a été choisi en fonction de la morphologie du cours d'eau et de la situation des foyers de pollution, dans le but de mettre en évidence le phénomène d'autoépuration.

Ces stations ont toutes des caractères lotiques; pratiquement, seul le degré de pollution de l'eau est susceptible d'induire des modifications notables de la biocénose.

En outre, 21 stations complémentaires (Is1 à Is9, Dr1 à Dr6, etc...) ont été prospectées afin de préciser l'étude dans des zones particulières de l'Isère et de ses affluents. (Drac - Romanche - Gresse - Morge et Bourne).

3 - Techniques d'étude

a) Stations principales

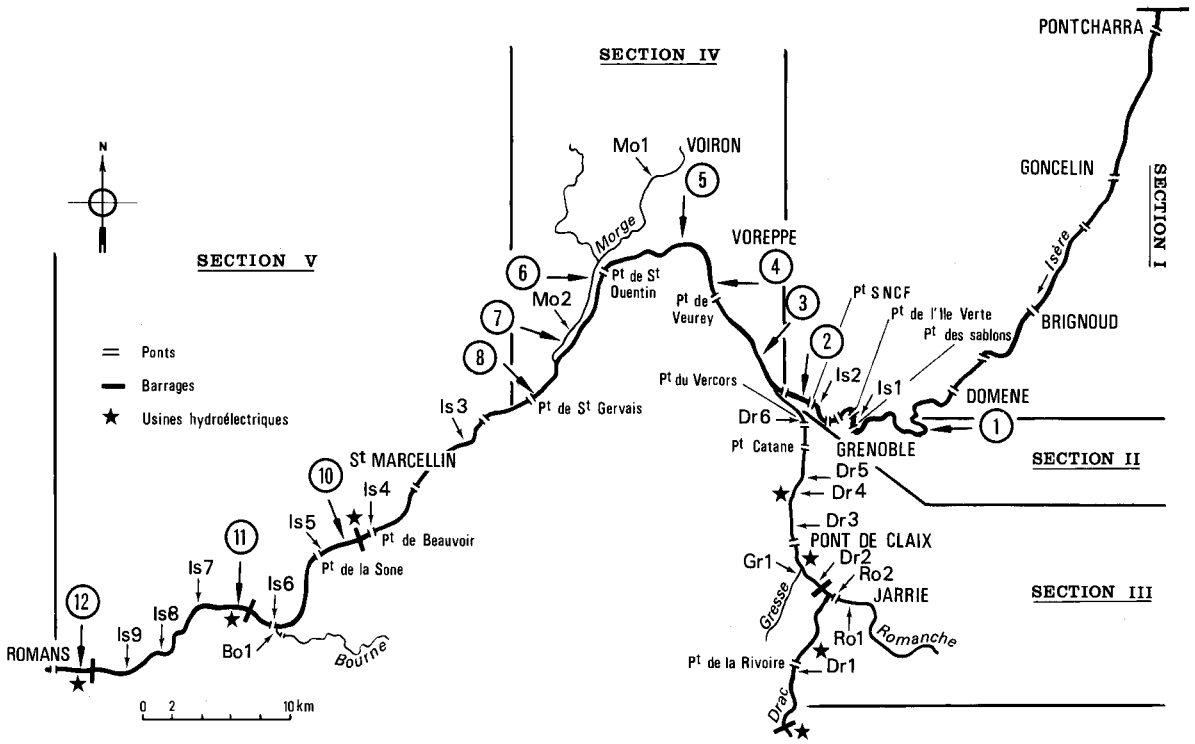
Dans les sections II et IV, la faune benthique est prélevée à l'aide d'un collecteur circulaire semblable au filet de WATERS et KNAPP (1961); à l'aval des barrages, on a utilisé des paniers échantillonneurs.

Trois séries d'échantillons ont été prélevées en période de basses eaux : série A, février 1973; série B, octobre 1973; série C, janvier 1974.

La plupart des déterminations ont été effectuées par des spécialistes des divers groupes systématiques, en particulier, les Chironomides ont été identifiés par B.SERRA-TOSIO (laboratoire de Zoologie et de Biologie animale de Grenoble) que nous tenons à remercier tout particulièrement ici.

b) Stations complémentaires

Ces stations ont été prospectées au printemps 1974, à l'aide du filet troubleau ou du filet de WATERS et KNAPP en faciès lotique; dans les zones profondes, ou lorsque le fond était vaseux, nous avons utilisé la benne de FRIEDINGER.



Carte n°2- Délimitation des sections et emplacement des stations

B - RÉSULTATS

1 - Biocénose des stations principales de l'Isère

a) Couverture biologique

La couverture biologique des pierres est formée d'organismes autotrophes et hétérotrophes; on y trouve, parmi les autotrophes, des Mousses, des Diatomées, et des Chlorophycées, principalement des algues filamenteuses du genre *Cladophora* et parfois *Ulothrix*. Les hétérotrophes sont représentés surtout par des bactéries filamenteuses, *Sphaerotilus natans* (Chlamydobactériales), et par des protozoaires du genre *Carchesium* (Ciliés pédonculés).

L'évolution le long de l'Isère de la couverture biologique permet de définir plusieurs zones : (fig. 2).

- Dans la section II, une zone à *Cladophora* qui évolue au cours de la traversée de la ville de Grenoble : *Cladophora glomerata*, espèce saproxène, est remplacée à la station 2 par *Cl. fracta*, espèce saprophile plus tolérante vis-à-vis de la pollution organique (FJERDINGSTADT, 1965); parallèlement, *Sphaerotilus natans*, et surtout *Carchesium* sp. prennent un plus grand développement. Selon BESCH (1973) la présence de plaques de *Carchesium* sp. sur les pierres est l'indice d'une pollution "critique" par les matières organiques. Les Diatomées sont bien représentées dans cette zone.

- De la confluence du Drac jusqu'à la station 11, une zone à *Sphaerotilus natans*, dans toute la section IV, très homogène, seules les Diatomées ont une certaine importance à côté de ces bactéries. *S. natans* est un organisme très caractéristique des eaux polluées par les matières organiques (cf. WURTZ, 1956 et 1957, etc...); son développement massif est l'indice d'une zone polysaprobe.

- A la station 12, une nouvelle zone à *Cladophora*, mais où *S. natans* est encore important; sa limite amont est assez floue, et elle semble précédée d'une zone de transition à *Ulothrix*. En fait, le passage de *Sphaerotilus* à *Cladophora* se fait progressivement dans toute la section V. Les Mousses sont assez bien représentées dans cette section; on les considère généralement comme indicatrices d'eau pure, mais leur développement est plus lié aux conditions écologiques locales et à la teneur en CO_2 de l'eau qu'à son degré de pollution. La valeur indicatrice des Mousses est donc faible.

L'étude en fonction des saisons fait apparaître un phénomène important : en automne (série B), les zones définies ci-dessus sont nettement moins marquées. Ce sont les hautes eaux estivales qui par une action mécanique des crues, une élévation du niveau de l'eau et de la turbidité, une dilution des matières organiques, provoquent un important appauvrissement de la couverture biologique, tant autotrophe qu'hétérotrophe.

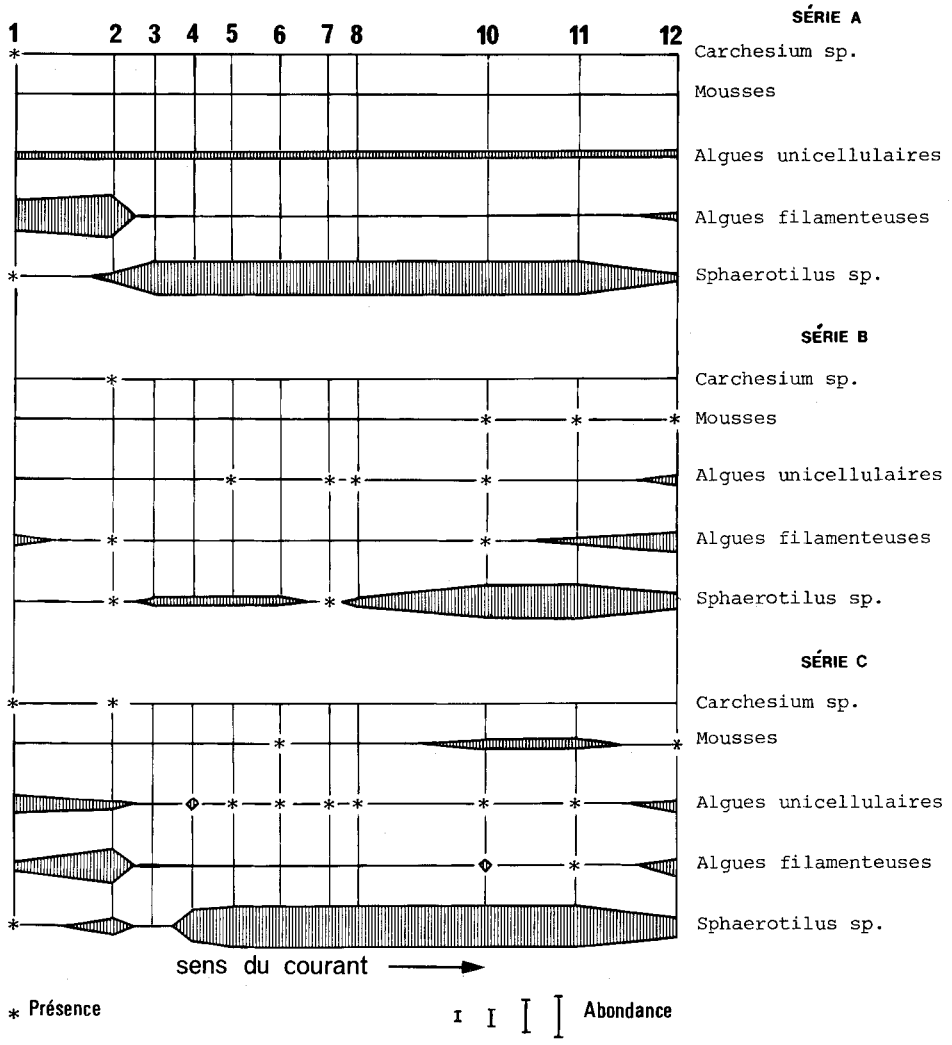


Fig.2- Evolution de la couverture biologique

b) Faune benthique (sauf Chironomides)

La première constatation qui s'impose est la pauvreté de la faune, même à l'amont de Grenoble; or il faut signaler que si la densité de la faune est faible dans l'Isère depuis son endiguement, l'appauvrissement qualitatif de cette faune est postérieur à 1950 (CHARVET, 1866; VAILLANT,1970).

Le nombre total d'espèces d'invertébrés récoltés, Oligochètes non compris, passe de 32 à la station 1 à 38 pour la station 2; ce nombre tombe à 4 après la confluence du Drac dans l'Isère pour revenir à 19-20 dans la section V.

Nous avons considéré comme représentative d'une station une espèce trouvée au moins une fois à plus de deux exemplaires, ou plus d'une fois à un exemplaire. Le nombre d'espèces représentatives (fig. 3) reflète mieux la structure des zoocénoses. On constate que les stations 1 et 2 sont très comparables. Pourtant, la communauté de la station est légèrement plus diversifiée, et le nombre d'espèces y est de 23 contre 22 à la station 1. La disparition de la faune après la confluence du Drac est brutale : on ne retrouve que deux espèces à la station 3, quatre à la station 7 qui est plus représentative, puis ce nombre se stabilise à 5-6 dans le reste de la section IV. Dans la section V, on arrive à un total de 10-11 espèces, soit la moitié des chiffres de la section II; mais la faune, avec quatre groupes représentées, y est plus diversifiée que dans la section précédente.

La variation du nombre d'espèces de Chironomides est très régulière : de 16-17 dans la section II, ce nombre tombe à 1 pour la station 3 puis se stabilise à 5 dans la partie aval de la section IV, pour augmenter enfin régulièrement de 1 espèce à chaque barrage dans la section V.

La figure 4 donne la répartition des différentes espèces et leur valeur indicatrice connue ou déduite à partir de travaux antérieurs (cf. bibliographie).

Certains groupes, jadis abondants dans l'Isère, mais très sensibles à la pollution organique et surtout toxique, ont pratiquement disparu de la zone étudiée; citons les Planaires, les Trichoptères à fourreaux, les Plécoptères, les Diptères *Simuliidae*.

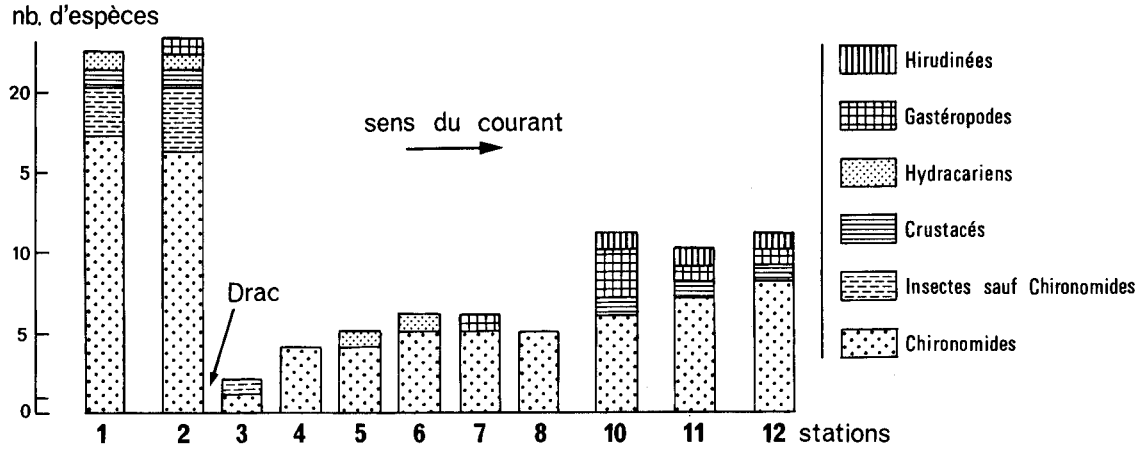
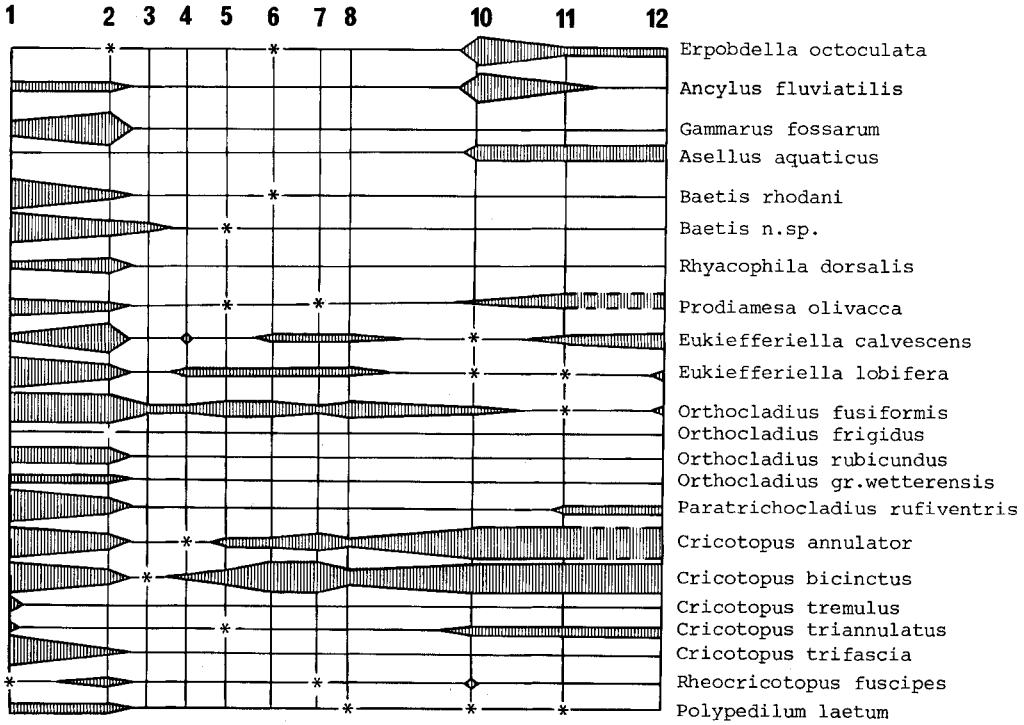


Fig.3- Nombre d'espèces représentatives

Trois espèces d'Insectes, bien représentées dans la section II, disparaissent totalement après la confluence du Drac dans l'Isère; il s'agit des Ephéméroptères *Baetis* n. sp. et *B. rhodani*, et du Trichoptère *Rhyacophila dorsalis*. Leurs larves sont éliminées par la modification de la couverture biologique, et surtout par la pollution toxique.

De même, le Crustacé *Gammarus fossarum* disparaît à l'aval du Drac, mais il est remplacé, dans la section V, par *Asellus aquaticus*. Or il est bien connu que *G. fossarum* est plutôt une espèce d'eau pure, alors que *A.aquaticus* supporte la pollution organique. Incontestablement, la répartition de ces deux espèces dans l'Isère a une signification quant au degré de pollution organique et l'absence totale de Crustacés de la section IV est un indice de forte pollution toxique.

La sangsue *Erpobdella octoculata* n'est également abondante que dans la section V; c'est aussi une espèce fréquemment rencontrée dans les eaux polluées par les matières organiques, dans les zones mésosaprobes et polysaprobes.



Espèce	Nombre d'individus pour 3 (ou 2) échantillons	
	Chironomides (imagos)	Autres Invertébrés
* Accidentelle	1 – 2	1 – 2
I Peu abondante	3 – 20	3 – 5
I Abondante	20 – 100	5 – 20
I Trés abondante	> 100	> 20

Fig.4- Abondance et répartition dans l'Isère des espèces les plus importantes

Enfin,d'autres espèces ont une répartition moins tranchée, et leur valeur indicatrice est en général moins bonne. Ainsi en est-il des Diptères *Psychodidae*, des Hydracariens, des Gastéropodes et des Oligochètes. Parmi les Gastéropodes, on remarquera que l'espèce la plus caractéristique de l'Isère, *Ancyllus fluviatilis* est totalement absente de la section IV; nous avons également pu noter, dans les prélèvements de la série B, la présence d'espèces α mésosaprobes (dont *Physa acuta*) aux stations 7 et 10, et d'espèces β mésosaprobes à la station 12.

c) Chironomides

L'étude de la communauté de Chironomides nous a permis de préciser notre analyse biologique.

43 espèces de Chironomides ont été identifiées; 25 seulement sont considérées comme représentatives d'au moins une station (fig. 4). Leur répartition va dépendre surtout de leur tolérance vis-à-vis de la pollution organique et chimique.

Les espèces connues comme vivant en eau pure ou peu polluée sont en général absentes de la section IV; c'est le cas de *Orthocladius rubicundus* et *O. frigidus* qui disparaissent totalement après la confluence du Drac dans l'Isère. Mais certaines espèces réapparaissent dans la section V, comme *Paratrichocladius rufiventris* dont la présence semble liée à celle des algues filamenteuses, ou encore *Rheocricotopus fuscipes* qui présente une tolérance plus large vis-à-vis des teneurs en matières organiques.

Au contraire, des espèces que l'on trouve habituellement dans les eaux polluées par les matières organiques sont abondantes tout au long de la rivière; ainsi en est-il d'*Orthocladius fusiformis*, et surtout de *Cricotopus bicintus* qui peuple les biodermes de *Sphaerotilus* tant que l'oxygénation de l'eau reste bonne. L'abondance du groupe *Cricotopus* est d'ailleurs un indice d'eutrophisation du cours d'eau.

Pourtant, la répartition de certaines espèces appelle des remarques; par exemple, *Prodiamesa olivacea*, qu'on trouve jusque dans des zones polysaprobes, et *Polypedilum laetum*, qui fréquente ordinairement les biodermes bactériens, sont absents de la section IV; c'est l'indice d'une pollution toxique. D'un autre côté, *Eukiefferiella calvescens*, qui est plutôt une espèce d'eau pure, a été trouvé dans la section IV, au cours des prélèvements d'octobre et de janvier (séries B et C), ce qui indiquerait une diminution de la pollution.

Une étude plus fine, portant sur l'ensemble de la communauté de Chironomides, a été réalisée en tenant compte de la notion d'abondance et de diversité. Un indice de diversité a été calculé à partir de la fréquence de chaque population, selon la formule suivante dite de SHANNON (WILHM, 1967, 1972) (fig. 5) :

$$\bar{d} = - \Sigma (ni/N) \log_2 (ni/N)$$

où

$\bar{d}$ = indice de diversité

ni = effectif de chaque population

N = Σ ni = effectif total de la communauté

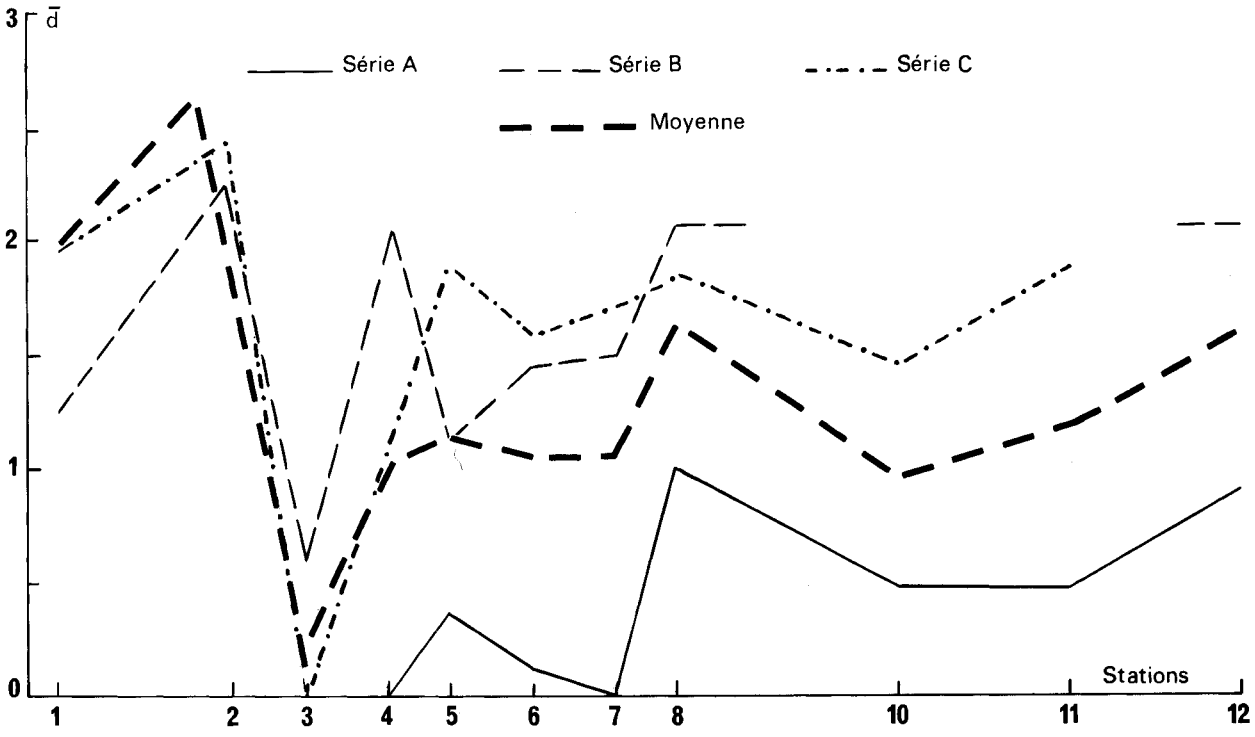


Fig.5- Indice de diversité des communautés de Chironomides

En janvier - février 1973 (série A), *Cricotopus bicinctus* forme 90 % des effectifs à l'aval du Drac; l'indice de diversité est par conséquent très faible. Par contre, la communauté de la station 1 est très abondante et bien diversifiée, avec 6 espèces dominantes.

En octobre - novembre 1973 (série B), la station 1 est au contraire très pauvre, la couverture biologique de *Cladophora* ayant disparu pendant les hautes eaux. Or, à la même époque, la station 2 est assez riche, avec une communauté dominée par 4 espèces qui se retrouvent à l'aval du Drac ; ainsi qu'à la station 12. On a donc, dans cette série de prélèvements (série B) une certaine uniformité du peuplement de l'Isère.

En janvier de l'année suivante (série C), l'opposition entre l'amont et l'aval du Drac redevient plus marquée; la diversité est plus forte dans la section II qu'à l'aval, encore que la différence soit beaucoup moins nette qu'en janvier 1973.

Dans l'ensemble, nous pouvons formuler les remarques suivantes :

- la communauté de Chironomides de la station 2 est sensiblement plus abondante et diversifiée que celle de la station 1 ce qui traduit un phénomène d'eutrophisation;

- l'arrivée du Drac provoque, une chute de l'abondance et de la diversité,ensuite la communauté change peu dans la section IV;

- dans la section V, l'indice de diversité augmente régulièrement, alors que l'abondance reste stable. Mais la communauté de la station 12 est nettement moins diversifiée que celle de la station 2;

- les hautes eaux estivales entraînent une relative uniformisation de la biocénose dans le secteur étudié;

- il s'est produit une nette amélioration dans l'état de la communauté de Chironomides à l'aval du Drac entre février 1973 et janvier 1974; peut-être à la suite de la suppression en 1972 des déversements de D.D.T. par l'usine Ugine-Kuhlmann de Jarrie qui réduit également ses rejets de mercure.

2 - Biocénose des retenues de barrages

Le ralentissement du courant à l'amont des barrages de la Basse-Isère permet la sédimentation de particules minérales et organiques de plus en plus fines.

A l'amont de Beauvoir (st. Is4) se dépose une vase assez légère, grisâtre, qui contient une forte quantité de détritus organiques non décomposés. La faune y est très rare, composée uniquement de quelques Oligochètes et larves de *Prodiamesa olivacea*.

Au pont de Saint-Hilaire (st.Is6), la vase est noire, beaucoup plus visqueuse et putride que dans la retenue précédente; les éléments organiques sont beaucoup plus fins. Trois espèces d'Oligochètes (*Tubifex tubifex, Limnodrilus hoffmeisteri* et *L. udekemianus*) forment l'essentiel de la biocénose, ce qui est l'indice d'une forte pollution organique. Les Chironomides sont encore rares, alors qu'ils abondent dans la vase de la station Bo 1 toute proche (pont de Saint-Nazaire); cette station, située dans la partie terminale de la Bourne, est soumise aux mêmes conditions écologiques que la station Is6, la pollution en moins.

Dans la retenue de Pizançon, (st. Is9), la vase est peu épaisse, gris clair, apparemment plus limoneuse et moins putride que celle de Saint-Hilaire; les Oligochètes sont toujours abondants, mais les Chironomides sont bien mieux représentés.

Dans toute cette zone de barrages, la pollution organique n'est pas seule responsable de la répartition de la faune, car elle ne s'accompagne pas de désoxygénation, habituellement facteur limitant pour de nombreuses espèces : l'action mécanique des crues et des vidanges régulières, et surtout la présence de toxiques,limitent également très fortement le peuplement de la vase.

3 - Les affluents de l'Isère

Le Drac, à la station Dr 1, a une faune normale.

La Romanche a déjà subi des dégâts importants lorsqu'elle arrive à Jarrie (st. Ro 1); sa partie terminale (st. Ro 2) est stérilisée par l'acidité et la toxicité des effluents de l'usine Ugine-Kuhlmann.

A quelques centaines de mètres de là, le barrage du Saut du Moine capte l'eau du Drac et de la Romanche, avec la majeure partie des polluants dont le mélange n'est pas encore homogène; dans l'émissaire de ce barrage, la biocénose est encore très pauvre. (st. Dr 2).

Puis le Drac reçoit la confluence de la Gresse, et à Pont de Claix (st. Dr 3) la faune est un peu plus riche, et montre des signes d'eutrophisation.

A l'aval débouchent les effluents de Progil, puis l'eau captée au Saut du Moine rejoint son lit naturel. Les stations Dr 4 et Dr 5 sont situées respectivement à l'amont et à l'aval du canal de fuite E.D.F. ; à l'amont, où le débit est faible, les pierres sont recouvertes d'une croûte épaisse formée par le mycélium de *Fusarium bisporum* (Deuteromycètes). Ce "champignon d'égoût industriel" est le seul organisme vivant qui prospère à l'aval des effluents de Progil; sous les pierres, le sédiment est complètement noirci par des bactéries sulforéductrices; quant à la faune, elle a totalement disparu. Elle est également inexistante à la station Dr 5, arrosée par l'eau du haut Drac et de la Romanche.

La station Dr 6, au pont du Vercors à Grenoble,a été prospectée trois fois; dans une eau dont la transparence dépasse parfois 5 cm, on a trouvé, en cherchant bien, des petites plaques d'algues, et même une fois des larves d'*Orthocladius fusiformis* !

La faune de la Morge près de Voiron (st. Mo 1) est très réduite; mais dans la plaine,l'état de la rivière s'améliore sensiblement; la faune de la station Mo 2 est peu variée, mais abondante, et présente des caractères nettement mésosaprobes.

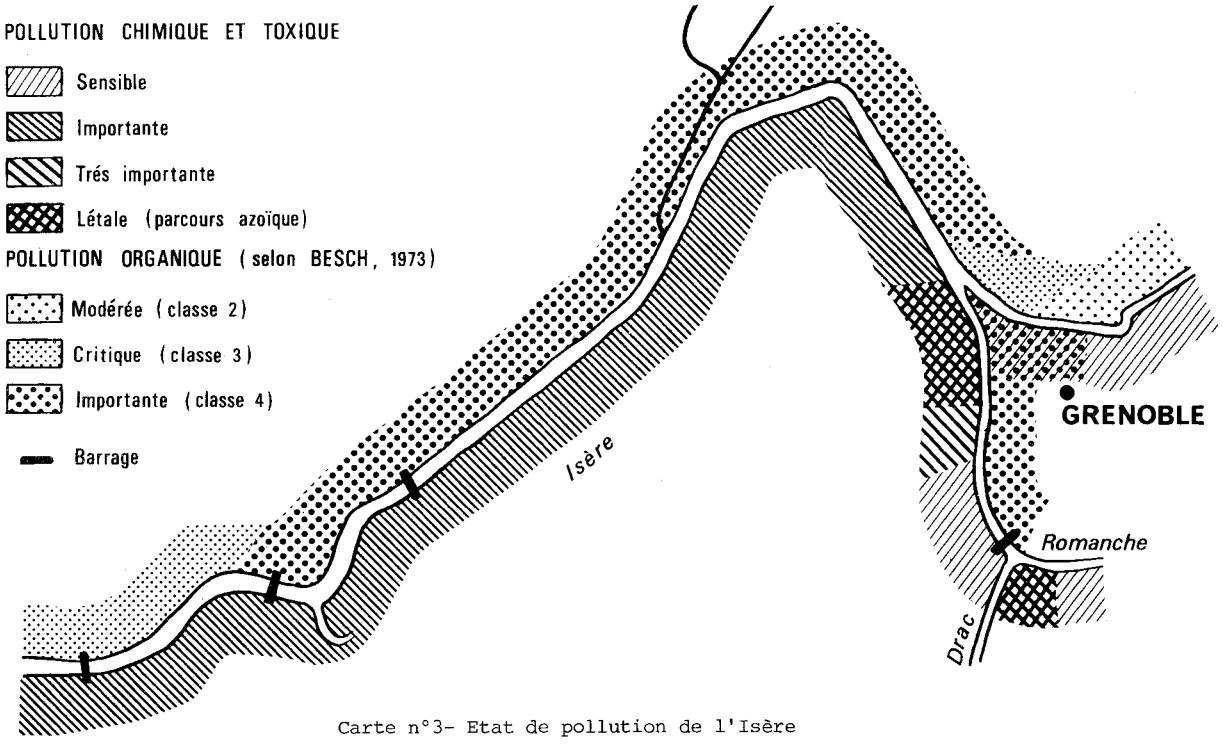
V.- POLLUTION ET AUTOÉPURATION DE L'ISÈRE

Nous allons essayer de traduire en termes de pollution les résultats de l'analyse biologique, en nous référant à la classification proposée par BESCH (1973) et au système des saprobies revu par SLADECEK (1973). Il n'existe pas encore de classification pour la pollution toxique, nos qualificatifs de sensible, importante, très importante, reposent sur la réduction observée de la faune benthique.

A - DÉLIMITATION DES ZONES DE POLLUTION (carte n°3)

L'Isère arrivant à Grenoble subit une pollution organique faible à modérée (classe 2 de BESCH). La station 1 pourrait être située au tout début de la zone β mésosaprobe. La pollution toxique est sensible.

Après la traversée de la ville de Grenoble, la pollution organique devient critique (classe 3 de BESCH). La station 2 se place à la limite entre les zones β et α mésosaprobes. Mais cette pollution organique stimule le développement de la couverture biologique, et provoque un enrichissement de la faune benthique, particulièrement net pour la communauté de Chironomides. Il y a en fait une eutrophisation de la rivière, mais dont l'effet est limité par la pollution toxique toujours sensible.



Carte n°3- Etat de pollution de l'Isère

La Romanche rejoint le Drac dans un état de pollution létale. La station Dr 3 reflète une pollution organique modérée et toxique très sensible. Après les effluents de Progil, la pollution organique est maximale, et la pollution chimique et toxique très importante, voire létale. Lorsqu'il se jette dans l'Isère, le Drac subit une pollution organique très importante, mais dont les effets biologiques sont inhibés par l'existence d'une pollution chimique et toxique létale.

Dans toute la section IV, la pollution organique de l'Isère est importante (classe 4 de BESCH); ce diagnostic concorde avec celui que nous avions posé d'après les caractères chimiques, en nous référant à la classification du même auteur. La présence de *Sphaerotilus* caractérise une zone polysaprobe.

Dans cette section, la pollution chimique, surtout toxique, est également importante. On pourra s'en étonner si l'on se rappelle que les analyses chimiques n'ont fait apparaître que rarement des concentrations en produits toxiques susceptibles de provoquer la mort de certains organismes.Mais

il faut remarquer que d'une part, tous les toxiques ne sont pas dosés, d'autre part, la concentration létale écologique d'un produit peut être très inférieure à la concentration létale expérimentale, et ce, sans parler des effets cumulatifs, voire synergiques, entre les différents polluants.

La Morge, nettement moins polluée que l'Isère, n'a pas d'influence sur celle-ci.

La zone polysaprobe de l'Isère se prolonge dans la section V au moins jusqu'au barrage de Saint-Hilaire. C'est à ce niveau que les différents processus d'autoépuration commencent à provoquer des changements dans la biocénose. La station 12 semble marquer le passage entre une zone α et β mésosaprobe, et la pollution organique y est encore légèrement supérieure à celle de la station 2.

Autrement dit, il ne faut pas moins de 70 km de rivière, et la présence de trois barrages, pour épurer une charge organique équivalente à celle apportée par le Drac. Mais à Pizançon, la pollution toxique est encore importante, bien supérieure à ce qu'elle était à la station 2; l'autoépuration n'a donc pas réduit dans les mêmes proportions la pollution organique et la pollution toxique.

En comparant la répartition de la charge polluante et l'état de pollution des rivières, nous sommes en mesure d'affirmer que les effluents industriels qui se déversent dans le Drac constituent -et de loin- le problème majeur pour la pollution de l'Isère. La charge polluante provenant des papeteries, et les effluents domestiques ont des effets beaucoup moins graves.

B - CONDITIONS ET PROCESSUS D'AUTOÉPURATION

L'autoépuration est définie par DORIER (1936) comme "l'ensemble des processus de nature physique, chimique, biologique, par lesquels une eau polluée retrouve son état primitif". Ces processus sont évidemment sous la dépendance des caractères hydromorphologiques du cours d'eau, et sont influencés par la nature des polluants.

Le débit élevé et la bonne oxygénation des eaux de l'Isère sont des facteurs favorables à l'autoépuration; mais entre le secteur lotique et les zones lénitiques, les conditions sont très différentes.

Dans la plaine alluviale, la vitesse du courant, la pente uniforme, la forte charge en M.E.S., l'absence de méandres, de bras latéraux, et de végétation phanérogamique, sont autant de facteurs défavorables à l'autoépuration. L'endiguement a fortement accentué ces mauvaises conditions que des perturbations du régime hydrologiques viennent encore aggraver. Dans le secteur lotique, la capacité d'autoépuration de la rivière est donc faible.

Les principaux processus d'épuration sont biologiques; dans la section II, les *Cladophora* participent à l'élimination des sels minéraux, et à l'aval, les Bactéries de pleine eau et les *Sphaerotilus* jouent certainement un rôle important dans l'élimination des matières organiques.

Une étude expérimentale, portant sur l'évolution au cours du temps de la demande biologique en oxygène des eaux a permis de confirmer l'hypothèse d'une inhibition de l'autoépuration par les toxiques présents dans le Drac. Cette inhibition dure au moins 8 heures. Par contre, le mélange des eaux de l'Isère et du Drac favorise l'épuration des matières organiques apportées par ce dernier.

L'ensemble de ces conditions très défavorables explique le fait que nous n'ayons pu mettre en évidence un processus d'autoépuration d'après les données physico-chimiques, et que la biocénose de la rivière ne change pas dans la section IV.

Les trois barrages successifs sur la basse Isère constituent de véritables bassins de décantation; à l'étiage, 80 à 90 % des M.E.S. sédimentent entre Saint-Gervais et Pizançon. Cette décantation joue un rôle très important dans l'autoépuration, car une fraction notable des matières organiques se trouve en suspension ou absorbée; de même, la fraction adsorbée des éléments toxiques sédimente avec les particules minérales et organiques.

Chaque retenue de barrage semble constituer une étape de l'autoépuration :

- les particules les plus grossières se déposent dans la retenue de Beauvoir; la minéralisation semble y être lente, du moins dans la couche supérieure de la vase;

- les éléments plus fins sédimentent dans la retenue de Saint-Hilaire, où l'activité bactérienne dans la vase paraît beaucoup plus intense;

- on assiste à la fin de ce processus dans la retenue de Pizançon; les dépôts sont moins abondants et il semble que la vase soit moins chargée en matière organique et également en toxiques.

Cette décantation progressive entraîne donc une réduction de la pollution organique et une détoxification partielle de l'eau, comme le montre l'évolution de la biocénose benthique au pied de chaque barrage. Mais le problème n'est qu'en partie résolu, car il s'est déplacé de l'eau dans la vase. Or, en milieu anaérobie, la minéralisation des matières organiques est lente et incomplète, et les toxiques stockés dans la vase peuvent y subir diverses transformations; il peut ainsi y avoir formation de méthyl-mercure, dont la toxicité est redoutable, à partir du mercure minéral. (CHAMBON et CHAMBON, 1974). Les quelques 200 tonnes de cadavres de poissons ramassées dans l'Isère et le Rhône à la suite des vidanges des trois barrages, les 23 et 24 août 1974, ont fourni une illustration suffisante de ces phénomènes.

Ainsi, l'autoépuration a ses limites. Tôt ou tard, les matières organiques finiront par être minéralisées; mais les toxiques, nous l'avons vu, s'éliminent beaucoup plus difficilement, au plus peuvent-ils être stockés transitoirement dans la vase, qu'ils contaminent, mais ils réapparaîtront lorsque cette vase sera remise en suspension.

Les processus que nous venons d'envisager sont surtout effectifs en période d'étiage. Certaines améliorations constatées dans les biocénoses au pied des barrages, lors de la série B, nous autorisent à penser que l'autoépuration est un peu plus active en été; les processus épurateurs sont alors un peu différents, car la couverture biologique a disparu.

VI.- LUTTE CONTRE LA POLLUTION DE L'ISÈRE

A - INTÉRÊT DE L'ISÈRE

Nul poète n'a chanté les eaux froides et grisâtres de l'Isère,et le désintérêt général pour cette rivière a permis que l'aggravation récente de sa pollution passe inaperçue, sauf de quelques riverains désabusés, ou de trop rares spécialistes.

Or, de par ses caractères hydromorphologiques très particuliers, l'Isère constitue en France un biotope rare, voire unique, et d'un grand intérêt pour le naturaliste.

C'est aussi, tout le long de son cours, une zone refuge pour toutes les espèces animales liées au biotopes aquatiques dont la raréfaction s'accélère. Les plans d'eau de la Basse-Isère constituent également une étape très intéressante pour les oiseaux migrateurs.

La protection de certaines zones de ces plans d'eau permettrait de constituer des réserves d'un intérêt ornithologique et biologique certain , et dont le chasseur serait le premier à profiter. Et le besoin de vacances "non conventionnelles" se faisant de plus en plus impérieux, on pourrait parallèlement envisager dans certaines zones la création de bases de loisirs sportifs et éducatifs, sans oublier la pêche, qui pourrait même être économiquement rentable dans les retenues des barrages.

Le préalable commun à ces aménagements est une réduction importante de la pollution organique et la suppression de la pollution chimique et toxique.

B - PLAN ACTUEL

Suivant les directives ministérielles, la Cellule de l'eau de la D.D.E. a dressé une carte de l'état actuel de pollution de l'Isère à partir des estimations de rejets fournis par l'Agence de Bassin et des résultats de l'inventaire de 1971. Mais ce document ne correspond pas toujours à la réalité telle que nous l'avons définie dans cette étude. Cela conduit à une mauvaise estimation de l'importance relative des charges polluantes. Or, c'est précisément cette estimation qui devrait servir de fil directeur dans l'élaboration d'un plan rationnel de cette lutte contre la pollution.

Actuellement, il est prévu que d'ici à 1985, l'ensemble des effluents urbains de l'agglomération grenobloise sera traité par 4 stations d'épuration, ce qui représente des investissements considérables.

Certains groupes industriels effectuent aussi des travaux importants pour réduire leurs déversements. Il s'agit des papeteries et des industries chimiques Progil à Pont de Claix et Ugine-Kuhlmann à Jarrie. Notre étude a montré que c'est surtout de ce côté qu'il faut attendre des résultats importants pour la "dépollution" de l'Isère. Des espoirs sont donc permis.

Le rôle de l'Agence de Bassin est, et sera, primordial pour la réduction de la pollution industrielle. Mais l'efficacité de cet organisme pourrait être accrue. Il faudrait par exemple réviser les méthodes d'estimation des rejets et parvenir à une incitation économique réelle. L'Agence devrait aussi coordonner la lutte contre la pollution à l'échelle du bassin.

C - PROPOSITIONS

L'ensemble des résultats obtenus nous autorise à faire quelques propositions sur les actions à mener pour réduire la pollution de l'Isère.

a) Une priorité absolue devrait être accordée à la réduction de la charge polluante déversée dans le Drac. Il faudrait aboutir, dans ce secteur, à une détoxification la plus complète possible et à une réduction importante de la charge organique. Parallèlement, il faudrait rechercher l'origine de déversements toxiques à l'amont de Grenoble, et les réduire le plus possible.

b) Dans un deuxième temps, les efforts pourraient être axés sur l'épuration des effluents urbains et des autres sources importantes de pollution organique. En même temps, on chercherait à éliminer les causes de rejets industriels accidentels et illégaux.

c) Enfin, l'Isère ayant retrouvé un état plus normal, les foyers secondaires de pollution apparaîtraient et pourraient alors faire l'objet de travaux d'épuration.

d) Il faudrait chercher à améliorer les conditions d'autoépuration de l'Isère, en particulier : ne plus procéder à des rectifications de tracé et à des dragages à l'intérieur des digues ; diminuer les perturbations hydrologiques provoquées par les barrages; éviter que de nouvelles charges

polluantes ne se surajoutent à celles existantes. Une pollution thermique, par exemple, aurait des conséquences graves sur l'écologie de cette rivière fondamentalement froide.

e) Des études hydrobiologiques régulières permettraient beaucoup mieux que des analyses chimiques de suivre la restauration de la rivière.

CONCLUSION

Nous avons pu mettre en évidence les grands traits de l'écologie de l'Isère, profondément influencée par l'homme, ceci nous a permis de définir avec une certaine précision son état réel de pollution, et d'ébaucher un plan d'action pour la restauration de cette rivière.

Ce bilan positif nous autorise à porter un jugement sur la méthode d'investigation employée.

Notre diagnostic repose principalement sur l'étude de la biocénose benthique; or, il nous semble important que toute la biocénose soit étudiée, sans se laisser enfermer dans des techniques trop rigides; en effet, si les communautés végétales permettent de définir assez bien les zones de pollution organique, les zoocénoses renseignent mieux sur l'importance des pollutions physiques et chimiques.

La pollution étant fondamentalement un phénomène biologique, la méthode hydrobiologique donne des résultats plus sûrs et plus précis. Mais l'analyse physico-chimique aide à l'interprétation des résultats de l'analyse biologique, et demeure indispensable, lorsqu'une pollution non organique est constatée, pour déterminer quels sont les produits polluants et les paramètres affectés.

Cependant, un point de méthodologie nous paraît absolument fondamental : l'étude de la pollution doit s'intégrer dans une étude écologique globale de la rivière. Puisque la pollution est l'altération d'un écosystème, la connaissance des caractéristiques de l'écosystème et des facteurs qui l'affectent est indispensable.

Pratiquement, cela signifie qu'on devra tenir compte des caractères géomorphologiques du bassin versant, de la morphologie et de l'hydrobiologie de la rivière, de la nature et de la localisation de la charge polluante, et enfin des caractères physico-chimiques de l'eau. Tous ces éléments sont nécessaires à une bonne interprétation de l'analyse biologique pour définir la pollution et la capacité d'autoépuration de la rivière, et pour proposer un plan de lutte contre la pollution en tenant compte des impératifs économiques locaux. Faute de quoi, l'analyse biologique n'est qu'une technique aussi sujette à caution qu'une autre.

Les résultats obtenus par cette méthode écologique, en quelque sorte "personnalisée", ne s'intégreront pas facilement dans des classes standard de pollution, définies à l'échelon national. Mais ce sont les classes qui doivent être révisées car il est vain de chercher à faire entrer un phénomène écologique dans un cadre administratif.

L'écologiste dispose donc d'une méthodologie qui lui permet d'évaluer l'impact de l'homme sur un milieu naturel, la cause de cet impact, et la réaction du milieu. Aussi devrait-il être partie prenante dans les décisions d'aménagement, au sein d'équipes pluridisciplinaires. Au niveau d'un réseau hydrographique, un plan de lutte contre la pollution pourrait être discuté de la manière suivante:

a) Définition des caractères morphologiques, hydrodynamiques et physico-chimiques fondamentaux des cours d'eau.

b) Inventaire hydrobiologique général, permettant de déterminer les zones où la qualité biologique des cours d'eau est dégradée.

c) Là où une pollution est constatée, une étude physico-chimique approfondie du cours d'eau et des effluents polluants est nécessaire. Une étude biologique plus poussée cherchera à préciser la nature et l'étendue de la pollution, et la capacité d'autoépuration de la rivière.

d) Dans chaque cas, définition, à partir des données précédentes, des investissements antipollution les plus appropriés pour rétablir la valeur du cours d'eau; celà implique, par ordre de priorité :

- la détoxification des effluents;
- la réduction de la pollution physique et chimique;
- la réduction de la pollution organique.

e) Discussion, à l'échelon du réseau hydrographique, d'un plan d'aménagement global qui devrait tenir compte :

- des impératifs de la santé publique, y compris la non contamination des chaînes alimentaires, et du milieu naturel en général;
- des nécessités de conserver les biotopes aquatiques pour une utilisation piscicole et cynégétique d'une part, et pour la sauvegarde de la faune sauvage d'autre part;
- de l'opportunité d'aménager des zones de loisirs éducatifs ou sportifs intégrés dans le milieu naturel, pour que l'impact sur l'écosystème soit le plus faible possible;
- des contraintes économiques existantes et futures.

L'application d'une telle procédure pourrait à court terme orienter la recherche de solutions techniques aux problèmes de pollution de l'eau. Mais l'écologiste devra aussi participer à une réflexion globale en vue d'élaborer des solutions -d'ordre socio-économiques cette fois-qui restent viables à long terme.

BIBLIOGRAPHIE

AGENCE DE BASSIN 1973 .- Etude des mauvais goûts dans l'eau et de leurs causes. *Bull. inf. du Comité et de l'Agence de Bassin Rhône-Méd.- Corse.* N°6.- 1974.- Suite, *Bull.* N°7.

BESCH (W.K.) 1973.- Cartographie écologique des eaux courantes de Bade Wurtemberg. *Ann. Hydrobiol.*, 4(1),1-9.

BESCH et HOFMANN 1968.- Le Macrobenthos sur des substrats de polyéthylène dans les eaux courantes. 2- La Steinach, une rivière de la zone à Truite. *Ann. Limnol.*, 4 (2), 235 - 263.

BOINEAU (A.M.) 1965.- *Contribution à l'étude de la pollution chimique et bactériologique des eaux de l'Isère. Influence de la traversée de l'agglomération Grenobloise.* Thèse Médecine Grenoble.

CHAMBON (R.) et CHAMBON (P.) 1974.- Etude des micropolluants d'origine industrielle : III - Le Méthylmercure. *Lyon Pharmaceutique*, 25 (2), 177 - 194.

CHARVET (A.) 1866.- *De la destruction et de la reproduction du poisson dans les eaux douces de l'arrondissement de Grenoble.* De Prudhomme ed. Grenoble, 19 p.

CHOUTEAU (A.F.) 1968.- Influence de la pollution industrielle et domestique sur les populations animales de l'Isère au cours de sa traversée de la région Grenobloise. *Trav. Lab. Hydrobiol. Pisciculture.* Grenoble, 59 - 60, 39 - 63.

DORIER (A.) 1936.- Contribution à la connaissance de la biologie des eaux contaminées par les matières organiques. *Trav. Lab. Hydrobiol. Pisciculture. Grenoble*, 31 - 82.

FJERDINGSTAD (E.) 1965.- Taxonomy and saprobic valency of benthic phyto-microorganisms. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol. Hydrogr.*,50 (4), 475 - 604.

GOODNIGHT (C.J.) 1973.- The use of aquatic macroinvertebrates as indicators of stream pollution. *Trans. Amer. Microsc. Soc.*, 92 (1), 1 - 13.

HAWKES (H.A.) 1960.- Biological aspects of river pollution. *in* KLEIN, 191 - 251.

HERGUEZ (Ch.) 1965.- *Etude analytique des eaux de rivière de la région Rhône-Alpes : composition, pollution.*Thèse, Lyon.

KLEIN (L.) 1960.- Aspects of River Pollution. Butterworths-ed., London, 621 p.

LEARNER (M.A.), WILLIAMS (R.), MARCUT (M.), HUGUES (B.D.) 1971.- A survey of the macrofauna of the River Taff. (South Wales). *Freshwater Biol.*, 1 (4), 339 - 367.

LEHMAN (J.) 1971.- Die Chironomiden der Fulda. *Arch. Hydrobiol.* Suppl. 37 (4), 466 - 555.

MEINCK (F.), STOOF (H.), KOHLSCHUITER (H.) 1970.- *Les eaux résiduaires industrielles.* Masson, Paris 866 p.

NISBET (M.) et VERNEAUX (J.) 1970.- Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques.*Ann. Limnol.* 6 (2), 161 - 190.

PAINE (G.H.) et GAUFIN (A.R.) 1956.- Aquatic Diptera as indicators of pollution in a midwestern stream. *Ohio. J. Sci.* 56 (5), 291 - 304.

PARDE (M.) 1937.- Le régime des cours d'eau des Alpes Françaises. *Trav. Assoc. Int. Limnol. Théor. et Appl.* 8 (6), 15 - 31.

SERRA-TOSIO (B.) 1972.- Ecologie et biogéographie des Diamesini d'Europe. (Diptera, Chironomidae). *Trav. Lab. Hydrobiol. Grenoble*, 63, 5 - 175.

SLADECEK (V.) 1973.- System of water quality from the Biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. (Ergebn. Limnol.)* 7, (1 - 4), 1 - 128.

SZCZESNY (B.) 1974.- The effect of sewage from the town of Krynica on the benthic Invertebrates communities on the Krynicranka Stream. *Acta Hydrobiol.* 16 (1), 1 - 29.

TUFFERY (G.) 1971.- "L'échantillonnage des peuplements d'invertébrés des eaux continentales courantes". *In* : LAMOTTE et BOURLIERE : Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques. Masson ed.

VACHER (J.P.) 1971.- *Contribution à l'étude hydrologique du bassin de l'Isère.* Thèse 3e cycle.Bordeaux I.

VAILLANT (F.) 1970.- Transformation de la faune de l'Isère à Grenoble sous l'effet de la pollution. *Trav. Lab. Hydrobiol. Grenoble.* 56, 17 - 32.

WASSON (J.G.) 1975.- *Etude écologique d'une rivière polluée : l'Isère à l'aval de l'agglomération Grenobloise.* Thèse 3è cycle, Grenoble, 116 p.

WATERS (T.F.) et KNAPP (R.J.) 1961.-An improved stream bottom fauna sampler. *Trans.Amer. Fish. Soc.* 90 (2), 225 - 226.

WILHM (J.L.) 1967.- Comparison of some diversity indices applied to populations of benthic macroinvertebrates in a stream receiving organic wastes. *J. Wat. Poll. Control. Feder.* 39 (10), part I, 1673 - 1683.

WILHM (J.L.) 1972.- Graphic and mathematical analyses of biotic communities in polluted streams. *Ann. Rev. Entomol.*17, 223 - 252.

WURTZ 1956.- Champignons, bactéries et algues des eaux polluées. *Bull. Franc. Pisc.* 182, 5 - 25.

WURTZ 1957.- Champignons, bactéries et algues des eaux polluées. *Bull. Franc. Pisc.*(suite) 184, 89 - 119.