

IMPACT DE LA POLLUTION SUR LES BIOCENOSES BENTHIQUES D'UNE RIVIERE CANALISEE DE BELGIQUE

R. KAISER (*)

Laboratoire de Morphologie, Systématique et Ecologie
Animales (Pr. JEUNIAUX)
Université de LIEGE

RESUME

Dans le cadre d'une étude multidisciplinaire visant à l'élaboration d'un Modèle Mathématique de Pollution de Rivière, la faune des macroinvertébrés benthiques a été étudiée au niveau d'une série de stations situées sur la Sambre belge entre la frontière française et le confluent avec la Meuse à Namur.

Une analyse qualitative de la faune et notamment l'application de la méthode des Indices Biotiques (VERNEAUX et TUFFERY, 1967) a permis d'établir que la Sambre est déjà polluée dans sa partie supérieure ; que, dès son entrée dans le bassin de Charleroi, elle subit des pollutions très intenses qui réduisent localement toute faune à néant et éliminent un grand nombre d'espèces de tout le cours aval ; et qu'à Namur, la rivière est loin d'avoir récupéré l'état dans lequel elle se trouvait à son entrée en Belgique.

L'étude quantitative des espèces les mieux représentées appuie les conclusions tirées de l'analyse qualitative et met en évidence l'intérêt de rechercher des paramètres rendant compte du fonctionnement de l'écosystème, notamment l'établissement du taux de renouvellement des espèces, afin de mesurer l'impact des pollutions sur les biocénoses.

1. INTRODUCTION

L'étude des invertébrés benthiques de la Sambre belge fait partie du Programme National Belge de Recherche et Développement sur l'environnement Physique et Biologique : Modèle Mathématique de la pollution de la

* Recherches effectuées pour le compte du gouvernement belge dans le cadre du Programme National R.D. sur l'Environnement-Eau.

Sambre, réalisé pour le compte du Gouvernement belge. Ce vaste programme auquel ont participé de nombreux organismes de recherches a pour but d'établir un Modèle Mathématique intégrant les aspects physiques, chimiques et biologiques d'une rivière (la Sambre) subissant les influences d'activités humaines variées et complexes. Il s'agit en premier lieu d'enregistrer quantitativement les influences des pollutions sur la rivière et la réaction de la rivière, ensuite de construire un modèle théorique prévisionnel applicable à toute rivière et à toute influence humaine, afin de prendre des décisions politiques et économiques en fonction des résultats obtenus.

L'aspect Modèle Mathématique fait l'objet d'une autre publication (C.I.P.S. 1975), le présent article n'étant consacré qu'aux informations directement déductibles des résultats bruts.

En ce qui concerne les macroinvertébrés benthiques, il s'agissait d'analyser qualitativement l'impact des diverses pollutions sur les biocénoses et d'estimer quantitativement les biomasses et productions des invertébrés présents.

2. DESCRIPTION DU MILIEU

Longue de 87 km, la Sambre belge, bien qu'entièrement canalisée, présente des biotopes variés et peut être divisée en deux grands tronçons de caractéristiques différentes :

- La Sambre supérieure constituée des 34 km séparant la frontière française (Erquelinnes) du bassin industriel de Charleroi (Monceau).
- La basse Sambre formée des 53 km séparant Charleroi du confluent avec la Meuse à Namur. Cette dernière peut, à son tour, être divisée en deux tronçons suite aux résultats de l'analyse faunistique : la Sambre moyenne et la Sambre inférieure (fig. 1).

2.1. La Sambre supérieure, composée de 10 biefs séparés par des complexes barrage-écluse, a une largeur moyenne de 25 m et une profondeur moyenne d'environ 3 m. Elle possède encore des biotopes très divers. Les biefs sont caractérisés par une rive droite argileuse, une rive gauche empierrée mais non bétonnée et un fond constitué de graviers, pierres et blocs.

Les dix complexes barrage-écluse dont seul les bras barrages sont pris en considération possèdent :

- en amont des déversoirs une rive droite colonisée par les macrophytes (principalement *Iris pseudacorus* et *Phragmites communis*), une rive gauche généralement artificielle et un fond vaseux ;
- en aval des déversoirs deux rives artificielles et un fond pierreux, le radier du barrage, en grande partie constitué de gros blocs.

2.2. La Sambre inférieure, mise au gabarit de 1350 tonnes, de largeur comprise entre 30 et 40 m et de profondeur variant de 3,5 à 4,5 m, est beaucoup plus homogène, les deux rives étant bétonnées et le fond uniformément vaseux.

3. MATERIEL ET METHODES

La faune des invertébrés composant le benthos d'une rivière pouvant être fort différente en fonction du type de substrat, tant en ce qui concerne les espèces

présentes qu'en ce qui concerne la densité de population de ces espèces, il était nécessaire de recourir à une série de techniques de prélèvement adaptées à la fois aux différents substrats et aux différentes espèces à échantillonner.

Diverses techniques ont donc été essayées et adaptées au milieu parmi lesquelles les suivantes furent retenues (KAISER, 1975a) :

3.1. Faune des vases :

Les macroinvertébrés de petite taille (Aselles, Sangsues, Oligochètes...) furent échantillonnés au moyen d'un grappin Ekman-Birge prélevant une surface de 210 cm². Un échantillonnage à une station étant constitué de 30 échantillons répartis au hasard sur un transect déterminé. Les invertébrés de grande taille (moules : *Unio* et *Anodonta*, écrevisse : *Orconectes limosus* Raf.) furent prélevés au moyen d'une drague construite au laboratoire prélevant une bande de sédiment de 50 cm de large sur une longueur choisie.

3.2. Faune des berges naturelles :

Après divers essais au moyen de quadrats pénétrants et de carottiers de différentes dimensions, une « pelle-racloir » a été construite au laboratoire. Elle est basée sur le principe du « shovel sampler » de MACAN (MACAN, 1958) mais le manche est inversé de manière à permettre à l'opérateur de travailler à partir de la rive en tirant l'appareil vers lui. Le filet, trop fragile, est remplacé par une caisse en acier inoxydable perforée de trous de 1 mm.

L'échantillon prélevé est constitué de la totalité des macrophytes, racines et substrat sous-jacent jusqu'à une assise ferme (argile ou pierres). L'échantillonnage est constitué de 5 échantillons de 1 650 cm² prélevés au hasard sur la berge.

Cet appareil permet aussi, par raclage, d'échantillonner la faune fixée sur les berges artificielles bétonnées ou à moellons cimentés.

3.3. Faune des substrats pierreux ou graveleux :

Vu l'impossibilité d'effectuer des prélèvements quantitatifs dans ce type de milieu en eau profonde, les estimations ont été obtenues à partir de substrats posés pour colonisation et relevés après 6 semaines. Tous les substrats ont été déposés en plongée autonome sur des transects constitués par des cordes pitonnées au fond de la rivière, transversalement par rapport au courant. Avant la remontée, les substrats étaient placés dans un sac en filet de maille de 500 microns de manière à éviter toute perte.

Quatre types de substrats ont été testés :

- des bassins de plastic lestés et remplis d'un lit de gravier ;
- des bidons à large goulot, couchés sur le fond et lestés d'une couche de gravier affleurant le goulot ;
- des bourriches de pêcheurs contenant des pierres de même nature que celles de la rivière ;
- des substrats multiplaques en PVC.

Seules les « bourriches » ont permis la constitution d'un peuplement comparable à celui des pierres du fond de la rivière et ont été retenues pour les estimations. Cinq transects de 6 substrats échelonnés sur tout le bief étudié constituent un échantillonnage toutes les 6 semaines.

4. INVENTAIRES QUALITATIFS

Quarante-huit taxa appartenant principalement aux Turbellariés, Achètes, Oligochètes, Mollusques, deux Crustacés et quelques larves d'Insectes, ont été trouvés dans la Sambre. Après abandon des taxa accidentels et le regroupement, pour des raisons de difficultés de détermination, des quatre espèces de NAIDIDAE et des cinq espèces de TUBIFICIDAE en un seul ensemble taxonomique : les Oligochètes, il reste trente-huit taxa qui ont servi à l'analyse qualitative de la faune. Parmi ceux-ci, trente-quatre se trouvent en Sambre supérieure, sept seulement en Sambre inférieure (Tableau I).

Stations Taxa	Sambre Supérieure				Sambre Moyenne				Sambre Inférieure			
	La Buis- sière	Aulne	Landé- lies	Mon- ceau	Marcie- nelle	Far- ciennes	Ter- gnée	Mil Sed	Tami- nee	Moni- mont	Fleurif- foux	Namur
Turbellariés												
<i>Planaria lugubris</i> (O.S. Schmidt)	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polycelis nigra</i> (O.F. Müller)	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polycelis tenuis</i> Iijima	0	0	0	0	0	0	0	+	(1)	0	0	0
<i>Dendrocoelum lacteum</i> (O.F. Müller)	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Oligochètes div. spp.	+	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+
Achètes												
<i>Erpobdella octoculata</i> L.	+	+	+	+	0	0	0	+	(1)	0	+	+
<i>Glossiphonia complanata</i> (L.)	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemiclepsis marginata</i> (O.F. Müller)	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hirudo medicinalis</i> L.	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haemopsis sanguisuga</i> (L.)	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crustacés												
<i>Asellus aquaticus</i> (L.)	0	+	+	+	0	0	0	0	0	+	0	+
<i>Orconectes limosus</i> (Rafinesque)	0	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusques bivalves												
<i>Sphaerium corneum</i> (L.)	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerium rivicola</i> (Leach)	0	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Unio pictorum</i> (L.)	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anodonta anatina</i> (L.)	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas)	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastéropodes												
<i>Ancylus fluviatilis</i> (Müller)	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lymnaea ovata</i> Drap.	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Viviparus viviparus</i> (L.)	0	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bithynia tentaculata</i> (L.)	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Valvata piscinalis</i> (Müller)	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physa acuta</i> Drap.	0	0	0	0	0	0	0	+	(1)	0	0	0
Planorbidae div. spp.	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Insectes Trichoptères												
<i>Phryganea grandis</i> L.	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyrtus trimaculatus</i> Curtis	0	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ecnomus tenellus</i> Ramb.	0	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Zygoptères												
<i>Agriön sp.</i>	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coenagrion sp.</i>	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Platycnemis pennipes</i> Pall.	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Hémiptères												
<i>Corixa sp.</i>	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Lépidoptères												
<i>Nymphula nymphaeata</i> L.	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptères												
<i>Psychodidae</i> Gn. sp.	0	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomidae</i> div. spp.	+	+	+	+	0	0	0	0	0	+	0	+
<i>Ceratopogonidae</i> Bezzia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
Coléoptères												
<i>Ohrysomelidae</i> Donacia sp.	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+
<i>Dytiscidae</i> Gn. sp.	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Nombre total taxa	20	28	28	27	0	1	1	4	1	4	2	6

(1) Espèces rencontrées sur substrat graveleux, situation exceptionnelle en Sambre moyenne.

Tableau 1 : Nombre de Taxa présents au long de la Sambre belge.

A La Buisnière, station la plus proche de la frontière française, on note la présence de vingt taxa. La qualité de la rivière semble évoluer favorablement jusqu'à Monceau, vu l'apparition progressive de neuf taxa non présents à La Buisnière. Dès l'entrée dans le bassin industriel de Charleroi, on assiste à la disparition totale de toute macrofaune benthique, disparition confirmée par un échantillonnage très serré de toute cette zone et par des bioessais effectués sur deux espèces réputées résistantes à la pollution : *Asellus aquaticus* et *Erpobdella octoculata*. (Dans tous les cas, la totalité des individus sont morts endéans les 6 h.) Après quelques kilomètres le fond de la rivière est progressivement recolonisé par les seuls TUBIFICIDAE qui finissent par y former une biomasse considérable et la réapparition d'autres espèces, en l'occurrence *Erpobdella octoculata* et *Asellus aquaticus*, n'a lieu qu'après 35 km.

Sur la base de l'analyse faunistique, la Sambre peut donc être divisée en trois tronçons : la Sambre supérieure à faune diversifiée, la Sambre moyenne d'abord abiotique, ensuite colonisée par les seules TUBIFICIDAE et la Sambre inférieure où réapparaissent quelques espèces moins tolérantes (Fig. 1).

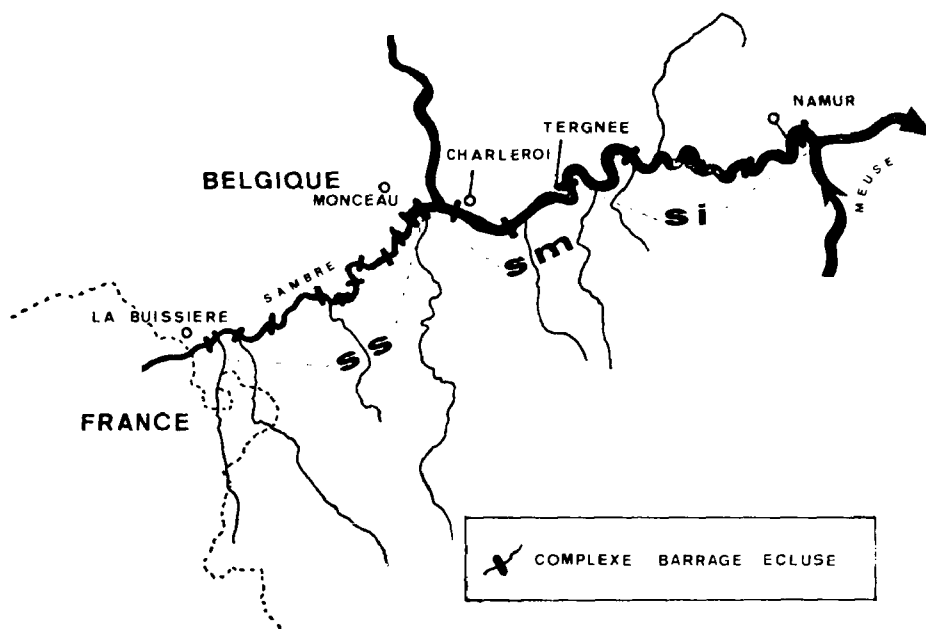


Figure 1 : Schéma de la Sambre belge divisée en trois tronçons : Sambre supérieure, moyenne et inférieure (ss, sm, si). La Basse Sambre comprend les deux derniers tronçons.

Afin d'obtenir une idée de la qualité biologique des eaux de la Sambre, nous avons appliqué la méthode des Indices Biotiques (VERNEAUX et TUFFERY, 1967) tout en étant conscient du fait que nous nous trouvons dans un cas limite d'applicabilité de la méthode dans cette rivière profonde. Afin de suivre le plus fidèlement possible le protocole expérimental précisé par ces auteurs (TUFFERY et VERNEAUX, 1968), l'analyse fut limitée aux trois premiers échantillons prélevés dans chaque facies et basée, pour la limite de détermination simple des Unités Systématiques, sur le tableau publié dans ARRIGNON (1970).

Considérant que les berges naturelles à macrophytes représentent un cas limite de facies lotique et que les fonds vaseux représentent le facies lentique, nous obtenons, pour les stations extrêmes de la Sambre supérieure, un Indice Biotique variant de 3 à 4 en facies lentique et de 5 à 7 en facies lotique en fonction de l'époque du prélèvement.

La différence entre l'indice du facies lotique et celui du facies lentique étant supérieure à 2 avec un des indices inférieur à 5 nous permet de considérer la rivière comme polluée.

En basse Sambre, nous obtenons, dans la zone abiotique, un Indice Biotique égal à zéro. Cet indice passe ensuite à 1, puis 2 pour être égal à 3 à Namur. (Dans toute la basse Sambre, le facies lotique est inexistant).

On constate donc une amorce d'autoépuration dans la Sambre inférieure, mais la méthode ne permet pas, dans le contexte de la Sambre, de mettre en évidence une évolution en Sambre supérieure.

Il nous semble que l'étude quantitative des Oligochètes aux stations limites de la Sambre supérieure, mise en parallèle avec l'augmentation du nombre total d'espèces accompagnatrices des Oligochètes au niveau des vases (nombre relevé sur l'ensemble des échantillonnages), traduit une évolution favorable. En effet, nous trouvons à La Buisserie un nombre moyen d'Oligochètes de l'ordre de 60 000 ind. . m⁻² avec sept espèces accompagnatrices et à Monceau, un nombre moyen de 14 000 ind. . m⁻² avec seize espèces accompagnatrices.

5. ANALYSES QUANTITATIVES

Pour la faune des berges naturelles à macrophytes (Sambre supérieure), les estimations quantitatives sont basées sur sept échantillonnages (5 x 1 650 cm²) échelonnés sur dix mois. Pour la faune des vases, ces estimations sont basées sur les résultats de quatre échantillonnages (30 x 210 cm²) sur onze mois. Enfin, trois échantillonnages (10 x 400 cm²) échelonnés sur six mois ont permis les estimations de la faune des fonds pierreux dans un bief situé au milieu de la Sambre supérieure.

Les biomasses des espèces les mieux représentées ont été établies, pour chaque période, en nombres d'individus, poids frais, poids secs et contenu énergétique par mètre carré du substrat échantillonné.

Après avoir établi la phénologie de ces espèces pour la Sambre, les productions annuelles ont été calculées par la formule préconisée par WINBERG (1971) dans le Manuel de l'IBP sur la production secondaire en eau douce. Les données concernant les périodes non échantillonnées ont été obtenues par détermination des sex-ratio, dissection et estimation de la fécondité des femelles et compilation de la littérature.

Pour la faune des fonds pierreux, les productions ont été établies à partir des biomasses en utilisant les rapports P/B déterminés pour les mêmes espèces sur d'autres substrats ou trouvés dans la littérature.

Enfin, en octobre 1974, suite à un étiage prolongé, nous avons pu estimer la biomasse du bryzoaire *Plumatella fungosa* au niveau du radier du barrage du bief étudié. Elle était de 343 g . m⁻² en poids sec. Les colonies de cet organisme dégénérant et l'ectocyste étant dégradé en hiver, la biomasse en octobre donne une idée minimum de la production annuelle.

C'est cette valeur que nous avons retenue comme valeur de production. Or, comme l'a montré JOB (1973, 1975), la teneur en azote de ces organismes est très élevée (88 mg/g de matière sèche), leur ectocyste étant essentiellement composé de chitine et de protéines. On peut donc estimer que la quantité d'azote fixée par ces organismes en une saison équivaut à 30,14 g . m⁻² à cet endroit, ce qui donne une idée du rôle important qu'ils jouent dans les phénomènes d'autoépuration.

Les principaux résultats des analyses quantitatives exprimés en poids sec par mètre carré sont les suivants (KAISER, 1975b) :

a) **Faune des vases** : essentiellement constituée par les TUBIFICIDAE en Sambre supérieure et inférieure, exclusivement en Sambre moyenne.

La Buisnière :	$\overline{B} = 15,77$ g	P annuelle = 15,97 g
Monceau :	$\overline{B} = 3,26$ g	P annuelle = 3,64 g
Tergnée :	$\overline{B} = 45,55$ g	P annuelle = 45,44 g
Namur :	$\overline{B} = 22,34$ g	P annuelle = 21,25 g

soit des rapports P/\overline{B} très voisins de 1 dans chaque station. Ce rapport qui semble faible comparé à certaines valeurs trouvées dans la littérature pour les TUBIFICIDAE est probablement le reflet de conditions non optimales au niveau des vases de la Sambre.

b) **Faune des berges naturelles** : uniquement représentée en Sambre supérieure. Nous obtenons pour l'ensemble des trois espèces les mieux représentées : *Asellus aquaticus*, *Erpobdella octoculata* et *Sphaerium corneum* une biomasse moyenne de 60,08 g . m⁻² et une production annuelle de 174,61 g . m⁻², soit un rapport P/\overline{B} voisin de trois qui traduit une production très élevée.

c) **Faune des fonds pierreux** : pour l'ensemble des CHIRONOMIDAE, de différentes espèces d'Oligochètes et d'*Asellus aquaticus*, on obtient une biomasse moyenne de 5,24 g . m⁻² et une production annuelle de 15,12 g . m⁻², soit également un taux de renouvellement voisin de trois.

Il est évident que ces valeurs constituent une première tentative d'estimation globale. Elles offrent cependant l'avantage de mettre en évidence qu'il existe encore, en Sambre supérieure, des milieux privilégiés où la faune a un taux de renouvellement important alors qu'en milieu vaseux, même où la biomasse est élevée, le taux de renouvellement est faible.

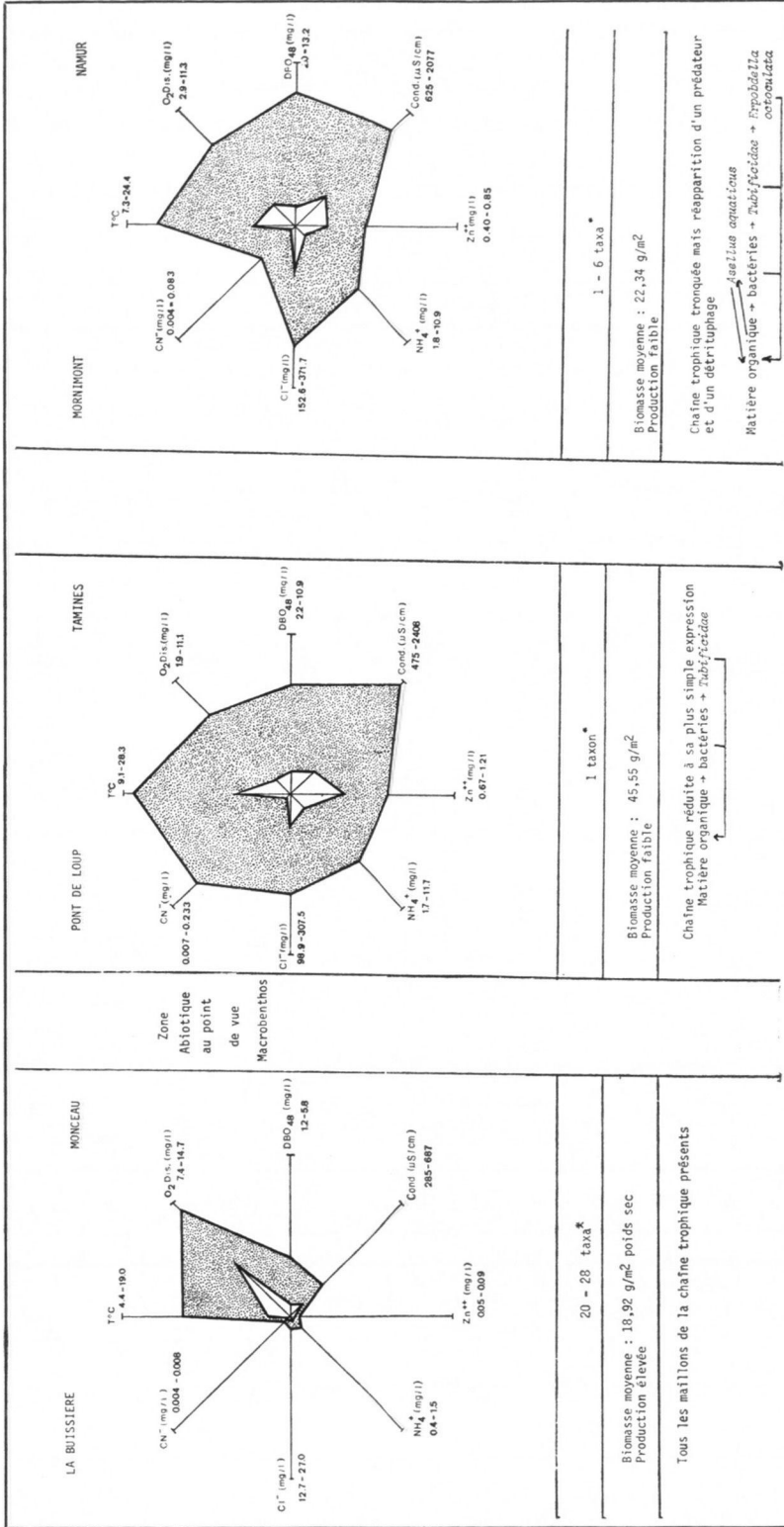
Enfin, en se basant sur les résultats obtenus, il est possible, après transformation suivant les proportions relatives des différents biotopes étudiés, d'obtenir une estimation de la biomasse benthique moyenne par mètre carré de Sambre supérieure.

Les valeurs obtenues sont une biomasse moyenne de 18,92 g . m⁻² et une production annuelle de 41,86 g . m⁻² qui nous montrent que la production annuelle en Sambre supérieure est voisine de la production annuelle la plus élevée de la Sambre polluée mais à partir d'une biomasse moyenne nettement inférieure. Ces résultats permettent d'obtenir une vue synthétique de la situation dans la Sambre.

En effet, suivant une méthode proposée par WAUTIER (1949b) pour la représentation dynamique des biotopes et des biocénoses et utilisée par VERNEAUX (1973) pour représenter les spectres écologiques partiels de certaines espèces du bassin du DOUBS, on peut représenter graphiquement par un procédé polygonal où un rayon est affecté à chaque paramètre (HUTCHINSON, 1940) les limites de variations de certains paramètres physico-chimiques de la Sambre, calculées d'après les résultats de PIRON (1975).

Cela permet d'obtenir la figure 2 qui met en évidence les relations entre les caractéristiques établies pour les populations benthiques de la rivière et les limites de variations de quelques facteurs physico-chimiques dont les écarts, d'un tronçon à l'autre de la rivière, nous paraissent fondamentaux pour l'explication de la disparition ou de l'absence d'un grand nombre d'espèces dans tout le secteur situé en aval de CHARLEROI.

Figure 2 : Relation entre paramètres physico-chimiques et biologiques pour les trois tronçons de la Sambre.



* en considérant les différentes espèces d'oligochètes comme formant un seul Taxon.

6. CONCLUSIONS

La Sambre supérieure peut être considérée comme une rivière en voie d'autoépuration des charges polluantes qu'elle a reçues précédemment. La faune y est relativement diversifiée bien que dominée par des espèces à régime détritivore et bactériophage et la chaîne trophique y est complète. Les diverses pollutions du bassin de Charleroi ont un impact considérable sur les biocénoses benthiques de la rivière en éliminant totalement un grand nombre d'espèces de tout son cours inférieur et en réduisant localement toute faune à néant.

Certaines espèces très résistantes s'accommodent cependant des conditions drastiques du milieu et parviennent, en l'absence de compétiteurs, à développer des populations considérables jouant sans aucun doute un rôle important dans les phénomènes d'épuration de la rivière.

Ce n'est qu'après 35 km qu'une amorce d'autoépuration peut se remarquer au niveau de la macrofaune benthique par la réapparition de quelques espèces moins tolérantes. Cependant les densités de population de ces espèces sont toujours très faibles à Namur. La Sambre à Namur correspond donc encore à une zone fortement polluée, situation nettement moins favorable que celle rencontrée à l'entrée de la rivière en Belgique.

L'analyse quantitative de la faune semble pouvoir donner des résultats intéressants dans l'étude des pollutions et particulièrement l'obtention du rapport P/B de chaque espèce qui reflète certainement les conditions du milieu.

Toutefois il est indispensable d'associer les résultats quantitatifs obtenus à la diversité spécifique du milieu étudié. En effet, une production annuelle de $45 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ due exclusivement aux TUBIFICIDAE et traduisant donc une profonde altération du milieu est supérieure à une production de $42 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ même si cette dernière est obtenue par une biocénose diversifiée qui caractérise un écosystème parfaitement sain.

BIBLIOGRAPHIE

- ARRIGNON J., 1970. — Aménagement Piscicole des Eaux Intérieures. S.E.D.E.T.E.C. S.A. Editeurs, PARIS.
- C.I.P.S. 1975. — Modèle Mathématique de la Pollution de la Sambre. Rapport de Synthèse. Sous presse.
- HUTCHINSON H.H., 1940. — Polygonal graphing of ecological data. *Ecology*, 21 : 475-487.
- JOB P., 1973. — Etude synécologique d'un étang de pisciculture et des phénomènes de pollution et d'autoépuration qui s'y déroulent. Etang de Boiron à Sart-Custinne. Mém. Lic. Zool. Univ. Liège, Ann. Acad. 1972-1973.
- JOB P., 1976. — Intervention des populations de *Plumatella fungosa* (Pallas) (Bryozoaire-Phylactolème) dans l'autoépuration des eaux d'un étang et d'un ruisseau. *Hydrobiologia*, sous presse.
- KAISER R., 1975 a. — Modèle Mathématique de la Pollution de la Sambre. Cahier des Méthodes : partim Macrofaune (invertébrés benthiques). Publication C.I.P.S. Bruxelles 42-59.

- KAISER R., 1975 b. — La macrofaune d'invertébrés Benthiques. Rapport de Synthèse C.I.P.S., sous presse.
- MACAN T.T., 1958. — Methods of sampling the bottom fauna in stony streams. Mitt. Int. Ver. Limnol. 8 : 1-21.
- PIRON J., 1975. — Mesures physico-chimiques dans la Sambre. Rapport de synthèse C.I.P.S., sous presse.
- TUFFERY G. et VERNEAUX J., 1968. — Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Ministère de l'Agriculture. Publ. C.E.R.A.F.E.R. VII + 21 pp.
- VERNEAUX J., 1973. — Cours d'eau de Franche-Comté (massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie, Ann. Sci. Univ. Besançon, Zool., 9, 1-257.
- VERNEAUX J. et TUFFERY G., 1967. — Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biotiques Ann. Sci. Univ. Besançon, Zool., 3, 79-90.
- WAUTIER J., 1949 — Procédé graphique d'expression de l'évolution des biotopes et de la dynamique des biocénoses. Bull. Biol. Fr. Belg., 83 (2) : 1-17.
- WINBERG G. G., 1971. — in EDMONSON, W.T. and WINBERG, G.G. (Ed). A manual for the assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters. I.B.P. Handbook n° 17, Blackwell Sc. Publ. OXFORD 1971.