

LE RIOU-MORT, AFFLUENT DU LOT POLLUE PAR METAUX LOURDS.

I. ETUDE PRELIMINAIRE DE LA CHIMIE ET DES ALGUES BENTHIQUES

par P. J. SAY¹

Le Riou-Mort draine le bassin houiller de Decazeville, région fortement industrialisée dont il reçoit les eaux usées. La chimie et les algues benthiques ont été étudiées dans 14 stations sur le Riou-Mort et ses affluents ainsi que dans 7 stations sur la rivière Lot. Le Riou-Mort et ses affluents sont sévèrement pollués en aval des principaux centres industriels par les effluents de diverses usines dont une fonderie de zinc. Les principaux polluants sont des solides en suspension, du zinc, du cadmium, du cuivre, de l'acide sulfurique et du manganèse. La rivière Lot transporte des teneurs élevées de zinc et de cadmium en aval du confluent du Riou-Mort ; les teneurs en zinc persistent au moins 40 km vers l'aval. La flore d'algues benthiques change de façon marquée au niveau des sources de pollution. Pour une pollution « modérée » par les métaux lourds, les communautés de l'amont, dominées par *Cladophora glomerata*, *Ulothrix zonata*, *Vaucheria* sp., *Melosira varians* et *Synedra ulna* sont remplacées, en aval, par des communautés dominées par *Stigeoclonium tenue*, *Gongrosira incrustans*, *Gomphonema parvulum* et *Surirella ovata*. Pour une pollution extrême par métaux lourds, aucune espèce d'algue ne subsiste en certaines stations tandis qu'en d'autres, la flore est réduite à deux espèces : *Gomphonema parvulum* et *Achnanthes minutissima*. Les effets les plus sévères sur les algues benthiques sont produits par de fortes concentrations en solides en suspension combinées à de fortes teneurs en zinc et en cadmium.

The Riou-Mort a tributary to the river Lot polluted by heavy metals.

I. Preliminary observations on the chemistry and benthic algae.

The Riou-Mort, a tributary to the river Lot, drains the heavily industrialised coal-bearing basin of Decazeville and is therefore the principal receiver of a diverse range of waste waters. Studies were made of the chemistry and benthic algae at 14 sites on the Riou-Mort and its tributaries and 7 sites on the river Lot. The former river and its tributaries are all severely polluted below the main centres of industry after receiving effluents discharged from a number of factories including a zinc smelter. The principal pollutants are suspended solids, zinc, cadmium, copper, sulphuric acid and manganese. The river Lot carries elevated levels of zinc and cadmium below the entry of the Riou-Mort and the levels of zinc persist at least 40 km downstream. Marked changes in the benthic algal flora occur below the sources of pollution on all the rivers. Under conditions of "moderate" heavy metal pollution communities dominated by *Cladophora glomerata*, *Ulothrix zonata*, *Vaucheria* sp., *Melosira varians* and *Synedra ulna* are replaced by those dominated by *Stigeoclonium tenue*, *Gongrosira incrustans*,

1. Laboratoire d'Hydrobiologie (ERA 702), Université Paul-Sabatier, 118, route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex.

Gomphonema parvulum and *Surirella ovata*. Under extreme heavy metal pollution at certain sites no algal species were found whilst at others the flora is reduced to two species *Gomphonema parvulum* and *Achnanthes minutissima*. A combination of high levels of suspended solids and high concentrations of zinc and cadmium produce the most severe effects on the benthic algae.

INTRODUCTION

Le charbon fut découvert en 1825 dans le bassin de Decazeville. Après cette date, plusieurs houillères, aciéries et usines métallurgiques s'installèrent dans la région. Les fonderies de Viviez, bénéficiant de la proximité du charbon, ont extrait le zinc dès 1871 et le traitent encore. Le développement ultérieur d'autres usines chimiques a ensuite complété l'industrialisation du bassin.

Cette intense activité marque les coteaux environnants, arides, aux arbres rabougris, et les ruisseaux dont le plus grand, le Riou-Mort, draine l'ensemble du bassin et reçoit les effluents de diverses usines avant de se jeter dans le Lot.

Certaines études du programme « Lot, rivière claire » ont montré que le Riou-Mort transportait une forte charge de solides en suspension et divers métaux lourds (BCEOM, 1972). Ces métaux lourds se mêlent, loin vers l'aval, aux sédiments du Lot (Galharague et Giot, 1974) et contaminent les populations piscicoles (Labat et al., 1975).

Le présent article traite des effets de la chimie des eaux sur les populations d'algues benthiques dans les ruisseaux du bassin de Decazeville et dans le Lot au voisinage de son affluent le Riou-Mort.

LA ZONE ETUDIEE

La rivière Lot

On trouvera ailleurs une description des caractères physiques et de la géologie du Lot (Tourenq, Capblancq et Casanova, 1978). Les stations étudiées sont localisées dans la figure 1.

Le bassin de Decazeville : caractéristiques physiques

Les deux cours d'eau les plus importants du bassin sont le Riou-Mort et le Riou-Viou, respectivement situés au Nord et au Sud (fig. 2). Mis à part le Riou-Viou, le Riou-Mort ne reçoit pas d'affluents susceptibles d'influencer la chimie des eaux et les populations d'algues benthiques. Cependant, le Riou-Viou reçoit un affluent important, le ruisseau de l'Enne qui lui-même reçoit le ruisseau du Banal.

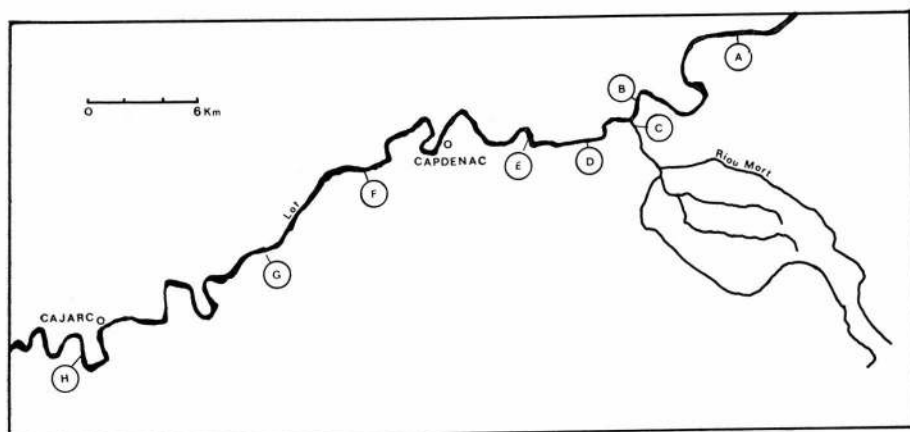


FIG. 1. — Stations étudiées sur le Lot dans la région du confluent du Riou-Mort.

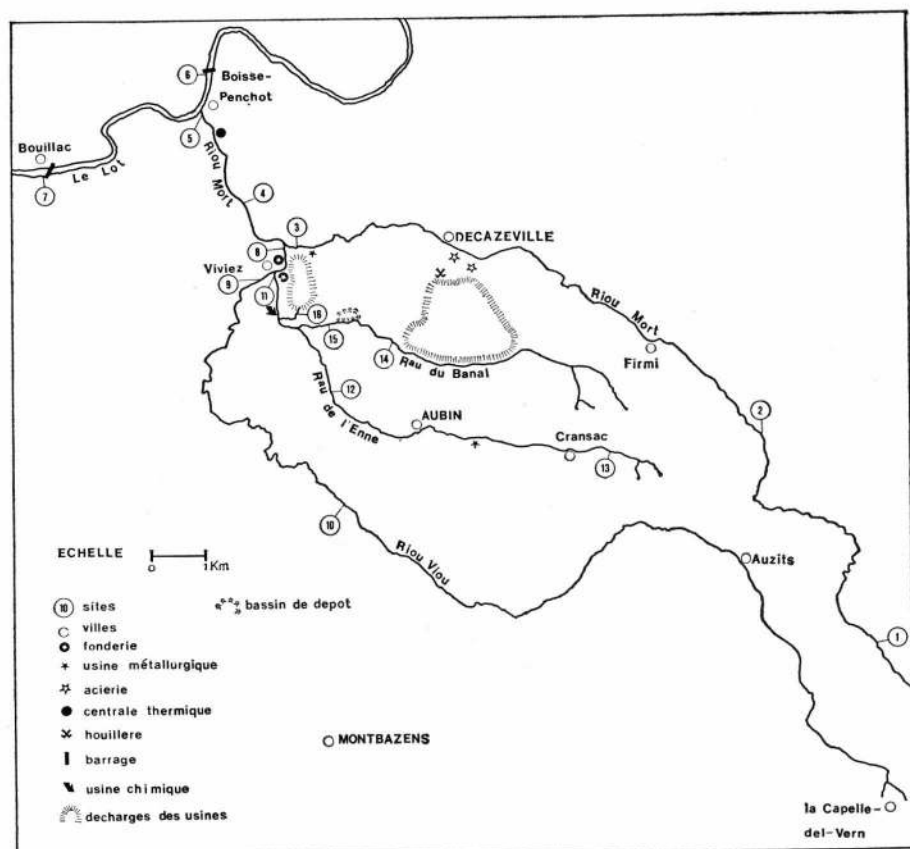


FIG. 2. — Carte du bassin de Decazeville avec la position des stations et des usines.

Le Riou-Mort.

Le Riou-Mort naît en zone agricole, à 520 m d'altitude, 14 km au Sud-Est de Decazeville. Il pénètre dans le bassin houiller juste avant la ville de Firmi. Pendant la plus grande partie de son cours supérieur, le Riou-Mort traverse des terres agricoles. C'est alors un ruisseau au substrat pierreux, recouvert en partie par un grès sableux ; il est bordé de champs et de petits taillis. A son passage dans le bassin houiller, il s'accroît de plusieurs petits affluents et des déversements des égouts de Firmi. A Decazeville il reçoit les déversements de deux grandes aciéries et d'une houillère. Le Riou-Mort augmente alors de volume et prend une teinte habituellement rougeâtre par suite de la présence de matières en suspension. Son substrat, rocheux, se recouvre d'une vase épaisse. Le ruisseau, bordé d'usines et d'habitations, reçoit divers déversements d'eaux usées et d'égouts domestiques. Le Riou-Viou lui apporte en outre les eaux usées d'une fonderie et d'une usine chimique. A partir de Viviez, le Riou-Mort passe dans une vallée plus profonde, entourée de collines arides et fortement érodées. L'eau est toujours fortement colorée et le fond recouvert d'une vase épaisse. A Penchot d'autres matières en suspension sont déversées avec les eaux usées d'une centrale qui fournit de l'électricité à partir de sous-produits miniers. Ces eaux usées proviennent en partie d'eau pompée depuis le Lot.

Le Riou-Mort ne contribue que pour 1 % du débit annuel du Lot (Tourenq et al. 1978). En période d'étiage, les débits naturels du Riou-Mort et de ses affluents sont très faibles, mais constitués à 90 % par des rejets d'eaux usées industrielles et domestiques en aval de Viviez et Decazeville (SODETEG 1976). A cette époque, le débit du Riou-Mort atteint environ 1/20^e de celui du Lot.

Le Riou-Viou.

Le Riou-Viou naît dans la même zone agricole que le Riou-Mort, à 580 m d'altitude. Il longe le bassin dans une zone boisée, sans habitations jusqu'à Viviez. Son substrat est surtout pierreux. A Viviez, il reçoit ensuite des déversements de fonderie. Après le confluent de l'Enne, le Riou-Viou se charge de matières en suspension très colorées et d'un épais précipité crème. Le substrat est ici plus rocheux et le fond du cours d'eau se recouvre d'une vase épaisse.

Le Ruisseau de l'Enne.

Il naît à 350 m d'altitude et s'écoule d'abord au travers de champs, bordé par *Corylus* sp. et *Alnus* sp. Son substrat est composé de petites pierres et de graviers jusqu'à Cransac. Entre Cransac et Aubin, sur une zone habitée de 4 km, il reçoit les déversements de nombreux égouts. A Aubin, se déversent les effluents d'une usine métallurgique

ainsi que, par intermittence, les eaux souterraines provenant d'anciennes mines de charbon. Le ruisseau augmente ensuite de volume ; des déversements organiques le décolorent et un précipité d'hydroxyde ferrique recouvre le fond. Après le confluent du ruisseau du Banal, le ruisseau de l'Enne reçoit les effluents d'une usine avant de pénétrer dans le Riou-Viou. A cet endroit, il est fortement coloré par un précipité crème provenant de ces usines.

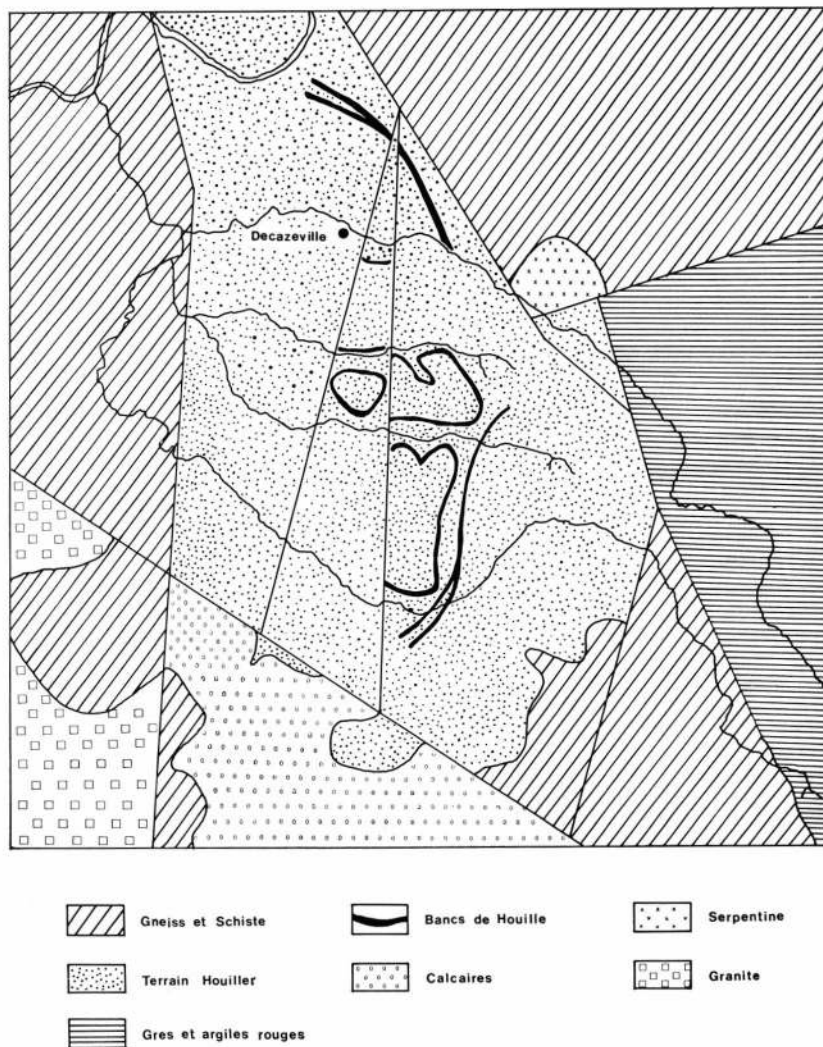


FIG. 3. — Géologie sommaire de la zone étudiée.

Le Ruisseau du Banal.

Ce ruisseau naît à 350 m d'altitude et, après 3 km dans une zone boisée, atteint le village minier de Combes. Il s'écoule ensuite pendant 2 km le long de l'excavation formée par l'exploitation à ciel ouvert de « La Découverte ». Là, il reçoit les eaux d'infiltration intermittentes des chantiers et les déversements des puits de mines ; le fond pierreux du ruisseau se recouvre d'une vase d'hydroxyde ferrique. Juste avant le village du Crouzet il reçoit de l'eau d'infiltration d'une fonderie de zinc. A ce niveau le fond du ruisseau se recouvre d'un fin précipité blanc avant le confluent avec le ruisseau de l'Enne.

Le bassin de Decazeville : géologie

Une description détaillée de la géologie de cette région est donnée par Vetter (1968). Le bassin est essentiellement formé de roches sédimentaires comprenant du charbon et occupant une dépression dans des roches cristallines d'origine volcanique : granites, schistes, mica-schistes, gneiss, serpentine (*fig. 3*).

Le Riou-Mort naît dans une zone de grès rouge argileux et de marnes sableuses micacées du Permien ; ces terrains recouvrent une partie des formations sédimentaires plus anciennes du bassin houiller. En pénétrant dans ce bassin, le Riou-Mort traverse des grès et schistes houillers, puis coupe une partie des schistes et gneiss cristallins avant de se jeter dans le Lot.

Le Riou-Viou naît dans la même zone de grès rouges argileux et s'écoule le long du bord du bassin avant de pénétrer en terrain cristallin de schistes, micaschistes et gneiss pour rejoindre le Riou-Mort à Viviez.

Les ruisseaux de l'Enne et du Banal ont tous deux pour origine des formations sédimentaires du houiller.

METHODES

Localisation des stations et programmes d'échantillonnage

Les stations ont été choisies sur les différents ruisseaux en amont et en aval des principales sources de métaux lourds. Des stations de contrôle ont également été choisies très en amont de toute source de pollution. En tout, 14 stations ont été localisées sur le Riou-Mort et ses affluents et 7 stations sur la rivière Lot. Chaque station consiste en une zone de 10 m (une description détaillée de chaque zone est conservée à Toulouse). Des prélèvements mensuels ont été pris d'avril à novembre à chaque station du Riou-Mort et ses affluents ainsi qu'à

2 stations du Lot situées en amont et en aval du confluent du Riou-Mort. Des observations ont été faites en août 1977 pour 7 stations sur la rivière Lot et une sur le Riou-Mort.

Echantillonnage et analyse de l'eau

L'échantillonnage a été fait normalement dans des conditions de débit moyen à faible. L'eau pour analyse des métaux a été prélevée et conservée dans des bouteilles de Pyrex nettoyées à l'acide. Pour obtenir une estimation des concentrations de métaux « solubles », les échantillons d'eau ont été filtrés immédiatement après prélèvement au travers de membranes Nuclepore de $0,2 \mu\text{m}$ préalablement lavées à HCl dilué et conservées dans de l'eau bidistillée. Cette procédure a été suivie pour 4 des 8 prélèvements mensuels. Les concentrations métalliques « totales » ont été mesurées sur des eaux non filtrées. Plusieurs gouttes de HCl concentré ont été ajoutées pour fixer les échantillons. L'eau pour les autres analyses a été conservée dans des bouteilles de polyéthylène et passée au filtre de $0,5 \mu\text{m}$ en laboratoire avant l'analyse des sulfates, de la silice et des chlorures. Les solides en suspension totaux (SST) ont été déterminés par pesée du résidu sec provenant d'un volume donné d'échantillon. La conductivité a été mesurée à l'aide d'un résistivimètre Tacussel, le pH avec un pH mètre Ponselle, l'alcalinité par neutralisation à l'acide sulfurique en présence d'indicateur BDH. La silice (en $\text{mg l}^{-1} \text{SiO}_2$), les chlorures (en $\text{mg l}^{-1} \text{Cl}$) et les sulfates (en $\text{mg l}^{-1} \text{SO}_4 - \text{S}$) ont été obtenus par les méthodes spectrophotométriques standard. Les autres cations ont tous été mesurés par spectrophotométrie en absorption atomique.

Echantillonnage des algues benthiques

Un minimum de six relevés d'environ 100 mm^2 ont été pris dans chaque station. Autant que possible, chaque microhabitat de chaque station a été échantillonné en raclant le matériel à la pince et en le plaçant dans des tubes de 20 ml en verre ou en plastique. Des relevés complémentaires ont été pris pour préservation dans du formol à 3 %. Les échantillons vivants ont été transportés en récipient réfrigéré et conservés à 5°C jusqu'à leur étude au microscope. Pour l'identification des Diatomées, des sous-échantillons ont été lavés et des montages permanents réalisés.

RESULTATS

Les valeurs moyennes de certains paramètres physico-chimiques de chaque station sont données dans le tableau I. Le tableau II indique

TABLEAU I. — Paramètres physico-chimiques dans les 16 stations étudiées : valeurs moyennes portant sur 8 ou 4 prélèvements (concentrations des éléments en mg l⁻¹).

Cours d'eau	TSS	Cond.	Tot. Alc.	Na	K	Mg	Ca	SO ₄ -S	Si	Cl
Riou-Mort (1)	7,0	354	283	12,6	8,4	19,0	60,0	14,0	10,5	5,0
Riou-Mort (2)	8,0	375	265	11,8	8,4	15,5	46,0	15,4	10,1	14,7
Riou-Mort (3)	202	1 213	147	35,8	14,3	93,0	64,6	598	11,9	17,3
Riou-Mort (4)	87,0	898	95	32,0	16,4	60,0	59,0	495	11,8	28,0
Riou-Mort (5)	39,0	459	59	14,9	8,0	31,3	29,5	148	9,5	14,2
Rivière Lot (6)	6,0	97,5	44	3,0	2,0	8,6	11,6	4,8	8,0	4,3
Rivière Lot (7)	24,5	144	50	3,5	1,3	12,9	12,3	20,5	7,9	6,0
Riou-Viou (8)	94,0	575	62,4	28,5	9,5	44,7	48,4	358	10,7	54,6
Riou-Viou (9)	9,0	144	60,8	7,4	5,8	8,6	13,8	14,6	8,4	7,7
Riou-Viou (10)	5,0	111	38,6	6,9	7,5	15,0	27,0	21,0	6,25	13,0
Ruisseau de l'Enne (11)	153	1 934	119	104	25,8	146	111	933	20,5	133
Ruisseau de l'Enne (12)	29,0	1 821	212	42,0	28,6	183	133	857	16,6	11,8
Ruisseau de l'Enne (13)	4,0	124	45,0	13,0	7,0	11,5	17,0	70,0	8,0	18,0
Ruisseau du Banal (14)	11,0	1 793	122	39,0	18,5	186	90,0	898	13,8	18,3
Ruisseau du Banal (15)	33,0	2 231	130	36,0	25,4	224	144	1 253	16,6	23,0
Ruisseau du Creuzet (16)	9,3	2 164	10,8	15,0	12,4	86,0	81,0	987	17,0	12,0

TABLEAU II. — pH et métaux lourds dans les 16 stations étudiées : valeurs moyennes portant sur 8 prélèvements avec, entre parenthèses, la gamme de variation observée (concentrations de métaux lourds en mg l⁻¹).

Cours d'eau	Site	pH	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd
Riou-Mort	1	7,8 (7,5-8,2)	0,098 (0,05-0,18)	0,12 (0,06-0,20)	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Riou-Mort	2	8,0 (7,6-8,4)	0,08 (0,04-0,20)	0,67 (0,04-3,40)	< 0,02	0,02	< 0,02
Riou-Mort	3	7,5 (7,0-7,8)	2,2 (1,70-3,40)	4,1 (0,88-7,80)	0,05 (0,02-0,08)	0,56 (0,20-1,20)	< 0,02
Riou-Mort	4	6,9 (6,5-7,3)	2,45 (1,02-3,50)	3,25 (0,60-9,20)	0,16 (0,05-0,30)	3,40 (13,70-57,0)	0,85 (0,57-1,24)
Riou-Mort	5	7,1 (6,6-7,5)	1,10 (0,35-2,65)	2,10 (0,60-8,60)	0,08 (0,04-0,20)	22,8 (5,10-60,0)	0,44 (0,11-1,18)
Rivière Lot	6	7,0 (6,0-7,6)	< 0,04	0,22 (0,08-0,42)	< 0,02	0,024 (0,02-0,08)	< 0,02
Rivière Lot	7	7,0 (6,5-7,4)	0,11 (0,07-0,15)	0,35 (0,15-0,70)	0,02	0,68 (0,25-1,73)	< 0,02
Riou-Viou	8	6,4 (6,0-6,8)	3,23 (1,05-5,10)	1,78 (0,42-4,80)	0,20 (0,03-0,50)	68,2 (8,80-240,0)	1,28 (0,78-2,14)
Riou-Viou	9	7,9 (7,0-8,4)	0,04	0,12 (0,04-0,56)	0,02	0,11 (0,04-0,14)	< 0,02
Riou-Viou	10	7,2 (7,1-7,4)	0,06 (0,04-0,08)	0,40 (0,28-0,52)	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Ruisseau de l'Enne	11	6,8 (6,0-7,9)	6,4 (3,40-11,1)	1,4 (0,88-1,90)	0,14 (0,08-0,32)	119,5 (65,0-170,0)	1,97 (0,96-2,73)
Ruisseau de l'Enne	12	7,5 (7,4-7,6)	2,56 (1,70-3,20)	1,56 (0,30-2,60)	0,02	0,02 (0,02-0,06)	< 0,02
Ruisseau de l'Enne	13	6,7 (6,4-6,9)	< 0,04	0,06 (0,04-0,09)	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Ruisseau du Banal	14	7,7 (7,4-8,0)	5,2 (3,00-7,6)	1,47 (0,23-2,4)	0,02	0,08 (0,02-0,13)	< 0,02
Ruisseau du Banal	15	7,1 (6,5-7,7)	4,2 (2,1-7,3)	0,47 (0,08-0,86)	0,02	4,3 (1,98-8,0)	0,06 (0,02-0,15)
Ruisseau du Creuzet	16	6,1 (5,8-6,4)	25,7 (4,0-57,0)	0,24 (0,02-0,80)	1,49 (0,96-2,38)	498,0 (323,0-875,0)	12,4 (4,2-32,8)

TABLEAU III. — Teneurs en métaux lourds « totaux » (eau non filtrée) [A] et « solubles » (eau filtrée) [B] de quelques stations : valeurs moyennes portant sur 4 prélèvements (concentrations en mg l⁻¹).

Cours d'eau	Site	Mn		Fe		Cu		Zn		Cd	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Riou-Mort	4	2,2	1,38	6,6	1,75	0,23	<0,02	29,5	19,0	0,69	0,52
Riou-Mort	5	1,5	0,92	4,7	0,38	0,14	<0,02	22,0	13,0	0,56	0,39
Rivière Lot	7	0,07	<0,04	0,70	0,17	<0,02	<0,02	0,30	0,20	0,06	0,03
Riou-Viou	8	1,26	0,97	1,45	0,28	0,08	<0,02	36,0	28,0	0,82	0,56
Ruisseau de l'Enne	11	3,6	3,2	0,98	0,21	0,07	<0,02	76,5	32,4	1,82	0,73
Ruisseau du Banal	14	2,1	2,0	0,75	0,09	<0,02	<0,02	7,5	5,3	0,105	<0,02
Ruisseau du Creuzet	16	31,0	17,0	0,25	0,15	1,35	0,04	389,0	120,0	8,0	1,51

TABLEAU IV. — Paramètres chimiques relevés sur le Lot (concentrations en mg l⁻¹).

Cours d'eau	Site	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd
Rivière Lot	A	3,3	4,0	8,0	4,5	0,04	0,23	<0,02	0,019	<0,02
Rivière Lot	B	3,3	3,8	8,2	4,6	0,04	0,27	<0,02	0,022	<0,02
Riou-Mort	C	18,0	13,7	75,0	56,0	4,9	0,66	0,097	54,0	1,75
Rivière Lot	D	4,0	4,3	12,0	7,5	0,1	0,30	0,02	1,08	0,06
Rivière Lot	E	3,8	4,0	12,0	7,2	0,3	0,34	0,02	1,40	0,06
Rivière Lot	F	3,8	4,5	13,0	7,0	0,1	0,13	<0,02	0,68	0,04
Rivière Lot	G	3,7	2,4	12,3	6,6	0,08	0,16	<0,02	0,32	0,02
Rivière Lot	H	3,8	2,2	15,0	6,7	0,08	0,16	<0,02	0,34	0,02

les concentrations moyennes, minimales et maximales de métaux lourds, ainsi que le pH de chaque station. Dans le tableau III, les moyennes des teneurs en métaux « totaux » sont comparées aux moyennes des teneurs en métaux « solubles » pour 4 des campagnes d'échantillonnage. Les résultats d'une campagne faite sur 6 stations du Lot sont présentés dans le tableau IV.

Les observations faites sur les algues benthiques sont résumées dans le tableau V.

Le Riou-Mort

Vers sa source, aux stations 1 et 2, le Riou-Mort est caractérisé par de l'eau claire à faible concentration de SST, forts pH et alcalinité, avec des teneurs élevées en magnésium et en calcium. Les teneurs en silice sont élevées, celles en chlorure et en sulfates faibles. Les teneurs en manganèse et en fer sont faibles et celles en cuivre, zinc et cadmium au-dessous des limites de détection. Le ruisseau abrite ici une population d'algues benthiques riche et diversifiée. Les espèces les plus abondantes pour la période d'échantillonnage sont *Cladophora glomerata* avec diverses espèces de Diatomées telles que *Melosira varians*, *Cocconeis placentula*, *Synedra ulna* et *Navicula cryptocephala*. Les autres espèces communes comprennent *Batrachospermum* sp., *Vaucheria* sp., *Gongrosira incrustans* et divers *Chamaesiphon* spp. On observe une transformation de l'eau à la station 3. En effet, divers effluents d'aciéries, houillères, usines métallurgiques sont déversés à Decazeville. La concentration en SST s'élève brusquement tandis que l'eau devient brune. L'alcalinité et le pH sont neutralisés par les déversements acides bien que les concentrations en magnésium et en calcium demeurent élevées. La conductivité et la teneur en sulfates augmentent de façon marquée. Le manganèse, le fer et le zinc sont à des niveaux élevés, le cuivre augmente très faiblement tandis que le cadmium reste indétectable. Un changement marqué de la flore d'algues benthiques se produit à cette station. Les roches et les pierres sont par endroits recouverts de *Sphaerotilus natans* et de dépôts de vase. Seules quatre espèces de Diatomées ont été récoltées à cette station (tableau V), et en quantités beaucoup plus faibles qu'aux stations précédentes.

La station 4, située après le confluent du Riou-Mort et du Riou-Viou, est le siège de nouveaux changements. Le Riou-Viou amène en effet les déversements d'une usine chimique et d'une fonderie de zinc. Ses eaux plus acides diminuent le pH et l'alcalinité du Riou-Mort. Les concentrations en manganèse et en fer restent élevées et les niveaux de cuivre, zinc et cadmium augmentent de façon marquée. Aucune espèce d'algue ne se développe à cette station ; seules subsistent quelques traces de *Sphaerotilus natans*, étouffées par une vase épaisse.

Vers l'aval, le ruisseau ne reçoit plus d'apports (à l'exception de petits ruisseaux drainant les pentes environnantes) jusqu'à ce qu'il atteigne la centrale thermique de Penchot. Sur ce parcours, le matériel en suspension se dépose sous la forme d'une boue épaisse sur le lit du ruisseau. A la sortie de cette usine, le ruisseau augmente considérablement de volume à la station 5. Il contient encore une grande quantité de matériel en suspension, mais les teneurs de la plupart des éléments diminuent, à l'exception du zinc et du cadmium. Ce changement de volume est dû au déversement régularisé d'eau par la centrale. A cette station, la flore est limitée à deux espèces de Diatomées *Gomphonema parvulum* et *Achnanthes minutissima*.

Le Lot

En amont du confluent du Riou-Mort, le Lot a été étudié à la station 1 (fig. 2, tableaux I et II), aux points de prélèvement A et B (fig. 1 et tableau IV). Les teneurs en SST, et en sulfates y sont faibles, les concentrations en métaux lourds extrêmement faibles. La rivière abrite ici une flore d'algues benthiques très diversifiée dont seules quelques espèces parmi les plus abondantes sont signalées dans le tableau V. Les herbiers à *Ulothrix zonata*, *Heribaudiella fluviatilis* et *Chamaesiphon polonicus* sont particulièrement visibles.

En aval du confluent du Riou-Mort, à la station 7, l'eau du Lot devient plus turbide, avec une concentration plus élevée de SST, une conductivité et des teneurs en sulfates accrues. Les niveaux de tous les métaux lourds augmentent, en particulier le zinc et le cadmium. Le tableau IV montre que cette influence du Riou-Mort sur le Lot est encore nette 40 km vers l'aval à Cajarc, où subsistent des teneurs élevées en zinc et en cadmium. *Ulothrix zonata* et *Cladophora glomerata* sont remplacées par *Gongrosira incrustans* et *Stigeoclonium tenue* pour les algues vertes filamenteuses les plus abondantes. *Hildenbrandia rivularis* et *Heribaudiella fluviatilis* disparaissent vers l'aval du Riou-Mort, mais *Lemanea fluviatilis* demeure abondante.

Les affluents du Riou-Mort

Le Riou-Viou bien en amont de Viviez est caractérisé par une eau claire avec très peu de matériel en suspension ; la réaction est neutre, les niveaux de calcium et magnésium bas. Les teneurs en métaux lourds sont toutes très faibles. Le lit du ruisseau est densément recouvert de *Cladophora glomerata* avec *Vaucheria* sp., *Cocconeis placentula* et *Synedra ulna*. A la station 9, dans Viviez, en amont de la fonderie de zinc, la chimie du ruisseau est peu altérée, sauf une augmentation de la teneur en zinc. Cependant la flore a changé : *Cladophora glomerata* et *Vaucheria* sp. disparaissent et sont remplacés par *Sti-*

geoclonium tenue et *Gongrosira incrustans*. Par ailleurs *Cocconeis placentula*, *Melosira varians*, *Gomphonema lanceolatum* et *G. olivaceum* n'ont pas été observés, mais *Gomphonema parvulum*, *Achnanthes minutissima* et *Surirella ovata* sont fréquentes.

A la station 8, après la fonderie de zinc et le confluent du ruisseau de l'Enne, lui-même modifié par les rejets d'une usine chimique, l'eau se charge en solides en suspension et prend une couleur crème. L'acide sulfurique des eaux usées de la fonderie tend à diminuer le pH et à augmenter la concentration en sulfates. Cependant, ces effets sont en partie neutralisés grâce au traitement de certaines de ces eaux usées par des réactifs alcalins. Ces derniers produisent en fait un accroissement général des teneurs en calcium, magnésium et de l'alcalinité à la station 8. Toutes les teneurs en métaux lourds augmentent, particulièrement celles en zinc et en cadmium. Aucune espèce d'algue n'a été trouvée à cette station.

Le ruisseau de l'Enne à la station 13 en amont de Cransac est clair, légèrement acide avec des teneurs moyennes en magnésium et en calcium. Les métaux lourds présentent des teneurs très faibles. *Vaucheria* sp., *Phormidium retzii*, *Synedra ulna*, *Cymbella lanceolata* dominent une riche flore d'algues benthiques. A Cransac et Aubin, des égouts et les rejets d'une usine métallurgique pénètrent dans le ruisseau. A ce niveau, les teneurs en SST, pH, conductivité, alcalinité, sulfates, calcium et magnésium augmentent largement. Parmi les métaux lourds, le manganèse et le fer atteignent des teneurs élevées, le cuivre, le zinc et le cadmium sont à peine détectables. Ces déversements modifient encore la composition spécifique des algues : *Stigeoclonium tenue*, *Phormidium* sp. et *Navicula cryptocephala* ainsi que *Sphaerotilus natans* deviennent les espèces dominantes, tandis que *Vaucheria* sp. et *Synedra ulna* disparaissent.

A la station 11, en aval de l'usine chimique, le cours d'eau se colore fortement. Les teneurs en SST, sulfates, chlorures et silice s'élèvent et parmi les métaux lourds, les teneurs en zinc et en cadmium augmentent subitement. Les algues sont par suite ramenées à deux espèces de Diatomées : *Achnanthes minutissima* et *Gomphonema parvulum*.

Sur le ruisseau du Banal, la station 14 est située en amont du bassin de dépôt vaseux d'une fonderie. Elle est polluée par des égouts et par les infiltrations périodiques des eaux provenant des décharges de l'ancienne mine de Combes. La conductivité et l'alcalinité sont élevées de même que les concentrations en sulfates, magnésium, calcium et manganèse ; mais les teneurs en cuivre, zinc et cadmium demeurent faibles. Le cours d'eau abrite une communauté dominée par *Vaucheria* sp., *Synedra ulna*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia linearis* et *N. palea*.

Les teneurs en zinc et en cadmium augmentent fortement à la station 15, après le bassin de dépôt vaseux de la fonderie : des infiltra-

tions continues parviennent au ruisseau. Il en résulte une réduction de la diversité spécifique des algues benthiques. *Tribonema* sp., *Achnanthes minutissima*, *Surirella ovata* et *Navicula cryptocephala* sont les espèces les plus communes dans la station 15.

Le ruisseau du Crouzet naît à la base des décharges de la fonderie. C'est un petit ruisseau qui, à la station 16, est clair, légèrement acide, avec une faible alcalinité malgré des teneurs en magnésium et en calcium relativement élevées. La conductivité et les concentrations en sulfates, manganèse, cuivre, zinc et cadmium sont toutes extrêmement élevées, même dans la fraction filtrée ou « soluble » (tableau III). La pluie paraît être la principale source d'eau et les teneurs élevées en métaux lourds sont dues au lessivage des décharges. Trois espèces d'algues se développent dans ce ruisseau : *Navicula permitis*, *Pinnularia subcapita* et *Hormidium rivulare*, les deux dernières étant les plus communes (tableau V).

DISCUSSION

Par leurs déversements successifs, les industries basées à Decazeville et à Viviez perturbent la chimie des eaux dans le Riou-Mort. Ce dernier, fortement pollué, influence à son tour les eaux du Lot, malgré la différence de taille entre les deux cours d'eau.

Ces conditions transforment les communautés d'algues benthiques. Les effets les plus sévères proviennent de la combinaison de fortes concentrations en solides en suspension et en métaux lourds. On observe alors une nette réduction du nombre des espèces. Dans la présente étude, les Diatomées paraissent mieux tolérer les conditions extrêmes que les autres taxa. En amont de toute pollution (stations 1, 2, 10, 13), les communautés sont généralement dominées par *Cladophora glomerata* avec *Vaucheria* sp. et les Diatomées *Melosira varians*, *Diatoma vulgare*, *Navicula gracilis*, *N. cryptocephala* et *Synedra ulna*. En présence d'une légère pollution par métaux lourds (stations 9, 12, 14), les communautés sont dominées par *Stigeoclonium tenue*, *Gongrosira incrustans*, *Gomphonema parvulum* et *Surirella ovata*. En présence d'une pollution extrême (stations 4, 5, 11), les algues benthiques disparaissent complètement ou sont réduites à deux espèces, *Gomphonema parvulum* et *Achnanthes minutissima*. La station 16, la plus fortement polluée par les métaux lourds, abrite encore *Hormidium rivulare*. Cette espèce s'est également révélée comme l'une des plus résistantes aux fortes teneurs en zinc et en cadmium dans les cours d'eau pollués du Nord de l'Angleterre (Say et al., 1977).

Dans le Lot, la structure des communautés d'algues benthiques varie entre l'amont et l'aval du confluent du Riou-Mort. En particulier, *Cladophora glomerata* et *Ulothrix zonata* en amont sont remplacées par

Stigeoclonium tenue et *Gongrosira incrustans* en aval. Il a été montré (Harding et Whitton, 1976) que *Stigeoclonium tenue* résistait à la présence de métaux lourds tel que le zinc. Par ailleurs l'algue *Lemanea fluviatilis* abonde également en amont et en aval de la pollution apportée par le Riou-Mort. Cette espèce tolère en effet des teneurs en zinc et en cadmium semblables à celles relevées dans la présente étude du Lot (Harding et Whitton, 1978).

Le Riou-Mort peut transporter, en plus d'une grande quantité de métaux lourds sous la forme de matière particulée, de grandes quantités de zinc et de cadmium sous la forme « soluble » (tableau III). Les matières en suspension assurent un transport important de métaux lourds dans le Lot car de grandes quantités de matière particulée proviennent continuellement du Riou-Mort. Selon le débit, des matières solides se déposent et sont remises en suspension, de sorte que les métaux lourds peuvent être transportés sur une certaine distance dans le Lot. Ceci peut expliquer pourquoi des teneurs élevées en zinc ont été trouvées loin vers l'aval, notamment dans les sédiments.

Le tableau II montre que pour quelques métaux les concentrations ont largement varié en certaines stations pendant la période d'investigation. Ceci tient principalement aux déversements intermittents des usines. A la station 11, sur le ruisseau de l'Enne, la variation dans la composition de l'eau est particulièrement évidente : à certaines dates d'échantillonnage des matières en suspension colorent l'eau en crème, alors qu'à d'autres dates l'eau est relativement claire, avec seulement une épaisse couche de vase sur le fond. En octobre l'échantillonnage a coïncidé avec le lâcher d'un effluent d'usine chimique. Les prélèvements ont été faits au même endroit avant et après le passage de cet effluent. L'eau était relativement claire dans la première période, fortement turbide dans la seconde. Les résultats suivants ont été obtenus sur échantillons filtrés :

	Ca	Mn	Cu	Zn	Cd	pH
avant le passage de l'effluent	120,0	6,8	0,3	102,0	1,82	6,5
après le passage de l'effluent	180,0	2,8	0,040	60,0	0,050	9,4

Il apparaît que les matières en suspension provenant de l'effluent ont immédiatement produit une réaction alcaline, marquée par une subite augmentation du pH de l'eau. En même temps, par suite d'une précipitation en milieu basique, les concentrations en métaux lourds se trouvent considérablement réduites dans la composante filtrée. On note toutefois que la réduction de la teneur en zinc paraît moins prononcée que pour les autres métaux.

Les résultats de la présente étude sont semblables à ceux obtenus par Pasternak (1974) dans une situation comparable en Pologne, la rivière Mata Panew et ses affluents, pollués par les déversements de plusieurs usines chimiques et d'une fonderie de zinc. Ces résultats sont aussi semblables à ceux obtenus par Tyler et Buckney (1973) qui ont étudié les effets des déversements de mines en Tasmanie. Dans ces deux situations et dans la présente étude, les principaux métaux lourds polluants sont le zinc, le cadmium et le cuivre accompagnés parfois par de fortes concentrations de solides en suspension et de sulfates. On observe dans le Lot, comme dans la rivière Mata Panew (Pasternak, 1973, 1974) que seul le zinc persiste à des concentrations élevées lorsque la distance à la source de pollution augmente. Labat et al. (1977) ont montré l'existence de fortes accumulations de zinc en certains poissons bien en aval du confluent du Riou-Mort.

Le Riou-Mort déverse aussi dans le Lot des solides en suspension riches en métaux lourds. On en retrouve l'influence dans les sédiments du Lot jusqu'en aval de Fumel (Décamps et Casanova-Batut, 1978) et dans la contamination des poissons fousseurs de vase, plus marquée que celle des poissons ayant d'autres habitudes alimentaires (Labat et al., 1977).

REMERCIEMENTS

Je remercie M^{lle} C. Mur pour son aide dans les analyses chimiques et M. H. Décamps pour sa critique et sa traduction du manuscrit. Le travail a été effectué pendant la période d'une bourse d'échange Royal Society - C.N.R.S.

TRAVAUX CITES

- B.C.E.O.M. 1972. — Avant-projet d'assainissement de la région de Decazeville.
- DÉCAMPS (H.) et CASANOVA-BATUT (Th.). 1978. — Les matières en suspension et la turbidité de l'eau dans la rivière Lot. *Annals Limnol.*, 14 : 59-84.
- GALHARAGUE (J.) et GIOT (D.). 1974. — Etude des matières en suspension dans les eaux du Lot et de leurs relations avec les écoulements. 1^{re} partie : Résultats des études qualitatives. *Rapport BRGM : 74 SGN 392 MPY*, 33 p., 2 annexes, 8 planches.
- HARDING (J. P. C.) et WHITTON (B. A.). 1976. — Resistance to zinc of *Stigeoclonium tenue* in the field and laboratory. *Br. phycol. J.*, 11 : 417-426.
- HARDING (J. P. C.) et WHITTON (B. A.). 1978. — Accumulation of heavy metals by *Lemanea* in European rivers affected by mining. *Br. phycol. J. (Sous presse.)*
- LABAT (R.). 1975. — Etude sur la présence de sels de métaux lourds, chez les populations piscicoles du Lot, en aval du Riou-Mort. Rapport Agence de Bassin Adour - Garonne : 107 p.
- LABAT (R.), ROQUEPLO (C.), RICARD (J.-M.), LIM (P.) et BURGAT (M.). 1977. — Actions écotoxicologiques de certains métaux (Cu, Zn, Pb, Cd) chez les poissons dulçaquicoles de la rivière Lot. *Annls Limnol.*, 13 (2) : 191-207.

- PASTERNAK (K.). 1973. — The spreading of heavy metals in flowing water in the region of occurrence of natural deposits and of the zinc and lead industry. *Acta Hydrobiol.*, 15 : 145-166.
- PASTERNAK (K.). 1974. — The influence of the pollution of a zinc plant at Miaszeczeko Slaskie on the content of microelements in the environment of surface waters. *Acta Hydrobiol.*, 16 : 273-297.
- SAY (P. J.), DIAZ (B. M.) et WHITTON (B. A.). 1977. — Influence of zinc on lotic plants. I. Tolerance of *Hormidium* species to zinc. *Freshwater Biology*, 7 : 357-376.
- S.O.D.E.T.E.G. 1976. — Présentation et synthèse des études menées sur la vallée du Lot dans le cadre de l'opération « Lot, rivière claire ». *Toulouse*, 247 p.
- TOURENQ (J.-N.), CAPBLANCO (J.) et CASANOVA (H.). 1978. — Bassin versant et hydrologie de la rivière Lot. *Annls Limnol.*, 14 : 9-23.
- TYLER (P. A.) et BUCKNEY (R. T.). 1973. — Pollution of a Tasmanian river by mine effluents. I. Chemical evidence. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 58 : 873-883.
- VETTER (P.). 1968. — Géologie et paléontologie des bassins houillers de Decazeville, de Figeac et du détroit de Rodez. 1^{re} partie : Description et géologie. *Thèse d'Etat, Toulouse* : 407 p.