

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN RHIN MEUSE

Rapport final Février 1979

DOCUMENT

n° 6228

**ETUDE VIROLOGIQUE DES EAUX DE SURFACE  
DANS LE BASSIN DE LA HAUTE MOSELLE**

**par**

**BLOCK. J-C.  
JORET J-C.  
CHAUVIN A.  
STOERKEL O.**

Secrétariat C. Quilès et Y.T. Villame

**LABORATOIRE D'HYGIENE ET DE RECHERCHE EN SANTE WBUQUE**

(Directeur : Prof. J-M. FÂLIGUET)

Faculté de Médecine - 54500 VANWYNVRE LES NANCY

# SOMMAIRE

|   |    |
|---|----|
| <u>Introduction</u> .....   | 1  |
| <u>Matériel et méthodes</u> .....   | 3  |
| 1. Points de prélèvements.....  | 3  |
| 2. Méthodes de prélèvements.....  | 4  |
| 3. Fréquence des prélèvements.....  | 5  |
| 4. Analyses physico-chimiques.....  | 5  |
| 5. Analyses bactériologiques.....   | 5  |
| 6. Analyse virologique.....   | 7  |
| 7. Analyse mathématique.....  | 8  |
| <u>Résultats</u> .....  | 8  |
| 1. Turbidité.....   | 8  |
| 2. Résistivité.....   | 9  |
| 3. Coliformes.....  | 10 |
| 4. Escherichia Coli.....  | 11 |
| 5. Streptocoques fécaux.....  | 11 |
| 6. Virus.....   | 22 |
| <u>Discussion</u> .....   | 13 |
| 1. Valeur des paramètres physico-chimiques et microbiologiques étudiés..... | 13 |
| 2. Qualité des eaux superficielles.....                                     | 14 |
| 3. Pouvoir auto-épurateur.....  | 16 |
| a) Moselle  |    |
| b) Canal  |    |
| 4. Eaux superficielles et eaux de loisirs.....                              | 19 |
| <u>Conclusion</u> .....   | 20 |
| <u>Bibliographie</u> .....  | 22 |
| <u>Annexe 1</u> : Tableaux.....   | 24 |
| <u>Annexe 2</u> : Figures.....  | 34 |

La présence de virus dans les eaux superficielles s'explique aisément du fait des nombreux rejets d'eaux usées dans le milieu environnant. Ces virus d'habitat fécal pour la plupart sont représentés par des virus poliomyélotiques (très souvent de caractère vaccinal), des virus Coxsackie, des virus E.C.H.O., des Réovirus, des Rotavirus, des Adénovirus, le virus de l'hépatite.

Les risques liés à la présence de ces virus dans les eaux superficielles sont assez mal déterminés. En effet une grande partie des infections virales (90 %) sont asymptomatiques et le système de surveillance des maladies transmissibles ne permet pas de déceler tous les cas infectieux.

Pourtant un certain nombre d'évidences épidémiologiques, surtout en ce qui concerne le virus de l'hépatite A, se révèlent au niveau de trois points de contact eau - homme :

- les aliments contaminés par des virus : fruits de mer (moules, huîtres en zone littorale), cultures maraîchères irriguées avec des eaux usées. A cet égard, 30 % des hépatites virales d'origine alimentaire peuvent être rapportées à ce type de contamination (9)
- les eaux de loisirs (eaux superficielles, utilisées pour la baignade et la canotage). Récemment, deux épidémies, l'une à Coxsackie B (13), l'autre à virus de l'hépatite A (6) ont eu pour origine des eaux de loisirs.
- les eaux de distribution publique, dans le cas d'un accident dû à une interruption ou à une insuffisance du traitement. Ces accidents déterminent alors des épidémies brutales et amples touchant une large part de la population.

Au manque d'informations épidémiologiques est venu se greffer pendant plusieurs années le manque de techniques d'analyses virologiques des eaux, fiables et faciles à appliquer.

La mise au point récente de techniques de concentration des virus par adsorption-élution sur microfibre de verre ayant résolu en partie ce problème, cette étude a eu pour but d'appliquer ces nouvelles méthodes aux eaux superficielles de la rivière Moselle et tenter de répondre à plusieurs questions :

- 1) Quel est le niveau de contamination des eaux superficielles par les virus entériques ? (étude quantitative)
- 2) Quel est l'apport de virus le long d'un réseau hydrographique ? (étude géographique)
- 3) Quelles sont les variations de ces concentrations en fonction des dates de prélèvement ? (étude temporelle)
- 4) Y a-t-il des indicateurs biologiques ou physico-chimiques de la présence de ces virus dans les eaux **superficielles**?(recherche de corrélation)
- 5) Quelle est l'évolution de ces virus dans les eaux superficielles ? (i.e. peut-on gérer la pollution entre son point de rejet et le point d'utilisation de l'eau).

Pour cela, deux zones de travail ont été retenues :

- d'une part le bassin de la Haute Moselle avec ses affluents, la Cleurie, la Moselotte et la Vologne ;
- d'autre part la Moselle entre Bainville aux Miroirs et Flavigny et en parallèle le canal de l'Est.

## MATERIEL ET METHODES

### 1. Points de prélèvements

Les points de prélèvements ont été déterminés en fonction de trois critères :

- situation par rapport à une agglomération urbaine ou un confluent de deux rivières ;
- points ayant été retenus lors des inventaires de pollution réalisés par l'Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse ;
- accessibilité.

Les six points de prélèvements retenus pour les interventions dans le bassin de la Haute Moselle sont localisés sur la carte n° 1 (Figure 1). Ce sont :

- Point 1 (P1) : Saulx sur la Moselle. Pont sur la D 35 B (Numéro d'ordre national 049 000)
- Point 2 (P2) : Julienrupt sur la Cleurie. Premier pont en aval de Julienrupt (Numéro d'ordre national 049 900)
- Point 3 (P3) : Autrive sur la Moselotte. Pont Bayley. 4 km à l'amont de Remiremont (Numéro d'ordre national 050 000)
- Point 4 (P4) : Eloyes sur la Moselle. Passerelle piétons en ville (Numéro d'ordre national 051 000)
- Point 5 (P5) : Jarménil sur la Vologne. Pont sur la D 42 (Numéro d'ordre national 052 000)
- Point 6 (P6) : Entrée d'Epinal sur la Moselle. Cité industrielle Schtupp.

Les six points de prélèvements retenus pour les interventions sur la Moselle et le Canal sont localisés sur la carte n° 2 (Figure 2). Ce sont :

- Point 7 (P7) : Bainville aux Miroirs. Dérivation de la Moselle au droit de turbina-ge de l'usine textile.
- Point 8 (P8) : Bayon sur le canal, à la hauteur de l'usine d'engrais.
- Point 9 (P9) : Bayon sur la Moselle. Pont sur la D 9.
- Point 10(P10): Velle sur Moselle, sur la canal de l'Est, en amont de l'écluse sur la D 11 E

Point 11 (P11) : Velle sur Moselle, sur la Moselle. Pont sur la D 11 de Velle sur Moselle à Crévechamps (numéro d'ordre national 058 000).

Point 12 (P12) : Flavigny sur Moselle, sur le canal de l'Est. Au niveau du bief d'alimentation du canal par la Moselle.

## 2. Méthodes de prélèvements

Trois types d'échantillons ont été prélevés consécutivement pour l'analyse bactériologique, physico-chimique et virologique.

- Les prélèvements destinés à l'analyse bactériologique ont été effectués dans des bouteilles en verre Pyrex, de 500 ml, stériles. A cet effet, les flacons tenus à la main étaient plongés dans l'eau (en général à 20 cm du bord et à 10 cm sous la surface de l'eau) goulots tournés vers l'amont. Après remplissage, ils furent fermés par une capsule à vis stérile et placés durant leur transport au laboratoire dans une enceinte refroidie à la température de la glace fondante.

- Les prélèvements destinés à l'analyse physico-chimique ont été effectués dans des bouteilles de P.V.C. propres mais non stériles de 500 ml. Le prélèvement a été réalisé dans les mêmes conditions que précédemment. Les échantillons ont été transportés au laboratoire non réfrigérés.

- Les prélèvements destinés à l'analyse virologique ont été effectués à l'aide d'une pompe manuelle Rotarmon (type H.P.R.). Avant chaque prélèvement, la pompe a été lavée avec une solution diluée d'eau de Javel (10 g de **chlore/litre**) rincée par passage d'une solution de sulfite de sodium (20 **g/litre**) puis d'eau prise au point de prélèvement. Les échantillons d'un volume de 60 litres (eau de Moselle ou affluents) ou de 40 et même de 20 litres (eau du canal de l'Est), prélevés à 20 cm du bord et à 10 cm de la surface, ont été placés dans des bidons de P.V.C. d'un volume de 20 litres préalablement désinfectés par hyperchloration puis lavés avec une solution de sulfite de sodium et de l'eau déminéralisée. En raison du volume des échantillons prélevés, ceux-ci n'ont pas pu être réfrigérés durant leur transport au laboratoire.

L'ensemble des échantillons a toujours été transporté au laboratoire en moins de 8 heures et placé en chambre froide à + 4°C.

### 3. Fréquence des prélèvements

Cinq campagnes de prélèvements ont été réalisées entre Juin et Septembre 1978. Les dates en sont rapportées dans le Tableau 1. Pour chaque campagne, les prélèvements ont été réalisés en deux jours, le premier portant sur les points P1 à P6 (Haute Moselle), le second portant sur les points P7 à P12 (Moselle + Canal). Les prélèvements ont toujours été réalisés en allant de l'amont du bassin de la Moselle vers l'aval.

|                    | Haute Moselle<br>(P1 à P6) | Moselle-Canal<br>(P7 à P12) |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Première campagne  | 13.06.1978                 | 14.06.1978                  |
| Deuxième campagne  | 04.07.1978                 | 05.07.1978                  |
| Troisième campagne | 18.07.1978                 | 19.07.1978                  |
| Quatrième campagne | 29.08.1978                 | 30.08.1978                  |
| Cinquième campagne | 18.09.1978                 | 19.09.1978                  |

Tableau 1 : Dates des campagnes de prélèvements

### 4. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques portant sur la turbidité et la résistivité ont été effectuées au plus tard 24 heures après le prélèvement.

« La turbidité : elle a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre Hach (modèle 2100) étalonné par rapport à un étalon en verre dépoli de 70 unités Jackson (Jackson Turbid Units : J.T.U.). Les résultats ont été convertis en gouttes mastic en les multipliant par un facteur de 16.

« La résistivité : elle a été mesurée à l'aide d'un résistivimètre Philipps (tiM 4249 ) et exprimée en ohms par centimètre ( $\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

### 5. Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont porté sur l'évaluation de la concentration des Coliformes, des Escherichia Coli, et de Streptocoques fécaux. Elles ont été réalisées au plus tard 24 heures après le prélèvement sauf en ce qui concerne la première campagne où les échantillons ont été analysés 6 heures après prélèvement.

### Numération des Coliformes et de Escherichia coli

La numération des Coliformes et de E. coli a été réalisée selon les directives du Journal Officiel (16). Elle peut être décrite succinctement comme suit :

Cinq tubes (avec cloche) de milieu au bouillon lactosé à double concentration reçoivent chacun 10 ml d'eau à analyser. Cinq tubes (avec cloche) de milieu simple reçoivent 1 ml d'eau. Cinq tubes (avec cloche) de ce même milieu sont inoculés respectivement avec 1 ml des dilutions au 1/10, 1/100, 1/1000 et 1/10000. Les milieux ainsiensemencés sont placés à l'étuve à 30° ± 1°C durant 48 heures. Après incubation, tous les tubes où le bouillon lactosé est fermenté –avec virage au jaune de l'indicateur de pH et production de gaz– sont considérés comme contenant des Coliformes. Les résultats sont calculés à l'aide des tables du nombre le plus probable et exprimés en nombre de Coliformes dans 100 ml.

La recherche de E. coli est réalisée à partir des tubes fermentés. Une goutte du contenu de chaque tube positif estensemencée sur eau peptonée sans indole et une autre goutte de chaque tube positif est portée dans un tube de bouillon lactosé bilié au vert brillant (test d'Eijkman modifié Mackenzie). Les tubes ainsi inoculés sont placés dans un bain marie à 44°C pendant 24 à 48 heures. La présence de gaz dans la cloche du tube contenant le bouillon lactosé au vert brillant et la mise en évidence positive de l'indole sur eau peptonée caractérisent Escherichia coli. Les résultats sont calculés à l'aide des tables du nombre le plus probable et exprimés en nombre de Escherichia coli dans 100 ml.

### Numération des Streptocoques-fécaux

La numération des Streptocoques fécaux a été réalisée selon les directives du Journal Officiel (16). Elle peut être décrite succinctement en deux étapes :

Premièrement 5 tubes de milieu de Rothe double concentration reçoivent chacun 10 ml d'eau à analyser. Cinq tubes de milieu de Rothe simple en reçoivent 1 ml. Enfin cinq tubes de ce même milieu sont inoculés respectivement avec 1 ml des dilutions au 1/10, 1/100 et 1/1000. Les tubes sont alors incubés à 37°C et examinés après 48 heures. Ceux présentant un louche microbien sont considérés comme pouvant contenir un Streptocoque fécal. **Ils** sont obligatoirement soumis à un test confirmatif.

Deuxièmement une goutte de chacun des tubes considérés comme positifs est reportée dans un tube de milieu de Lytsky à l'éthyl violet qui le rend sélectif



pour les seuls streptocoques. Après incubation de 24 à 48 heures à 37°C, l'apparition d'un louche microbien ou d'une pastille bleue au fond des tubes suffit à affirmer la présence de Streptocoques fécaux. Le nombre des Streptocoques fécaux est évalué à l'aide des tables du nombre le plus probable et rapporté à 100 ml d'échantillon.

#### 6. Analyse virologique

Les analyses ont été réalisées en trois étapes : concentration des virus, décontamination bactérienne et numération des virus sur système cellulaire.

K La concentration des virus a été réalisée selon la méthode proposée dans les Standard Methods(18) et déjà utilisée pour les eaux superficielles (4). Les échantillons agités constamment sont amenés à pH 3,5 à l'aide d'acide chlorhydrique technique et additionnés de chlorure d'aluminium à une concentration finale de  $5.10^{-4}$ M. L'eau à analyser est alors filtrée à un débit variant de 100 à 500 l/heure au travers d'un préfiltre en polyéthylène fritté (type V 100 - 12) et d'une cartouche en microfibre de verre liée par une résine époxy (Balston C 100 - 12).

Pour certains échantillons, le colmatage rapide des filtres a limité le volume des eaux analysées à une dizaine de litres au lieu de 60 l initialement prévus. Après filtration de l'eau à analyser, les filtres sont découpés et broyés dans 40 ml d'une solution de protéine (extrait de boeuf Difco à 3 %) à pH 9 à l'aide d'un homogénéiseur (Virtis macro 23 distribué par Bioblock). Le mélange obtenu est exprimé au travers d'une gaze stérile et le liquide récolté est centrifugé à 15 000 tours par minute (20000 g) pendant 15 minutes. Le surnageant est alors décontaminé du point de vue bactériologique.

X La décontamination bactérienne a été réalisée selon la méthode de Buras (7) modifiée. Les échantillons sont agités pendant 1 heure avec 30 % de chloroforme. La phase aqueuse est alors reprise et débarrassée des traces de  $CHCl_3$  par barbotage d'azote gazeux durant 1 minute puis additionnée d'une solution d'antibiotiques et d'antifongique précédemment décrite (2) à raison de 0,5 ml pour 10 ml d'échantillon concentré.

X Les échantillons concentrés et décontaminés sont alors inoculés sur des cultures cellulaires en lignée continue de type BGM (1). Lorsque l'inoculation aux cellules n'a pu être réalisée immédiatement, les échantillons ont été congelés à - 26°C. Les échantillons concentrés ont été inoculés sur des cellules formant un tapis cellulaire continu dans 3 flacons de 75 cm<sup>2</sup> de surface

(10 ml/flacon), 3 flacons de 25 cm<sup>2</sup> de surface (1 ml/flacon), 3 tubes de 1 cm<sup>2</sup> de surface (Qi ml/tube). Après incubation à 37°C en présence de milieu nutritif (MEM 2 X) pendant 5 Jours, tous les flacons et tubes ont été congelés à - 26°C et décongelés. Un millilitre de chaque flacon et tube a été alors inoculé à nouveau dans des tubes contenant une culture cellulaire en tapis continu. Les tubes ont été incubés à 37°C et observés pendant 7 jours. La destruction du tapis cellulaire traduit la multiplication virale. Les populations en virus de l'échantillon ont été calculées à l'aide des tables du nombre le plus probable (18) et rapportées au volume de l'échantillon initialement filtré sur les cartouches en polyéthylène et en microfibre de verre. En l'absence de destruction du tapis cellulaire, la méthode du nombre le plus probable donne une estimation égale à moins de 3 virus dans l'échantillon. Pour simplifier la présentation des tableaux et la discussion, nous avons parlé de 0 particules virales.

### 7. Analxse mathématique

Les résultats obtenus au cours de cette investigation ont été présentés sous forme de tableaux et graphiquement. Ils ont été discutés directement ou après calcul de fréquence de positivité ou après calcul de moyenne arithmétique. Par ailleurs, dans certains cas, nous avons cherché à évaluer une corrélation entre ces paramètres par calcul d'une droite de régression linéaire. Celui-ci a été réalisé à l'aide d'un ordinateur Olivetti P 102 qui permet d'obtenir trois indications : la pente de la droite de régression (a), l'origine à l'ordonnée de la droite (b) et le coefficient de corrélation linéaire (r). La signification de ce coefficient a été obtenue directement à partir de tables statistiques (11).

## RESULTATS

L'ensemble des résultats des analyses physico-chimiques, bactériologiques et virologiques est présenté dans les tableaux 2 et 3 (cf Annexe 1). Ils sont analysés dans ce chapitre paramètre par paramètre.

### 1. Turbidité

La turbidité des échantillons a varié de 8 à 125 gouttes mastic. Des turbidités minimales ont été relevées le 18.09.1978 aux points P1 à P3 et P6 à P9, le 13.06.1978 aux points P4 et P5, le 05.07.19/8 aux points P8 et P10 (canal).

Des turbidités maximales ont été relevées le 04.07.1978 aux points P1 à P6, le 19.07.1978 aux points P9 à P12 et le 30.08.1978 aux points P7 et P8. Ces maxima peuvent être rapportées à une période de pluie en tout cas le 03.07.1978, et aux débits accrus des rivières comme le montre la figure 3 (Annexe 2). Par contre sur le canal, ils pourraient être dus à une remise en suspension des sédiments lors du passage des péniches. C'est pourquoi les moyennes de turbidité en fonction de la date de prélèvement ont été calculées et présentées graphiquement (Figure 4, Annexe 2) pour la Moselle et ses affluents d'une part et pour le canal d'autre part. La turbidité moyenne maximale a été notée pour la campagne de prélèvements réalisée le 18 et 19 Juillet. Sauf le 4 et 5 Juillet, la turbidité des eaux du canal était toujours supérieure à celle de la Moselle.

Par ailleurs, les turbidités moyennes ont été calculées en fonction du point de prélèvement (P1 à P12) et présentées dans le tableau 4 (Annexe 1). Les affluents Cleurie (P2), Moselotte (P3) et Votogne (P5) ont présenté une turbidité moyenne respectivement de 23, 18 et **28** gouttes mastic. Sur la Moselle, la turbidité moyenne des échantillons augmente progressivement d'amont en aval (de P1 à P11) de 19 à 34 gouttes mastic. Les moyennes des turbidités des eaux prélevées dans le canal sont de 28 gouttes mastic (P8), 34 gouttes mastic (P10) et 49 gouttes mastic (P12), soit toujours supérieures aux turbidités moyennes des eaux prélevées aux points correspondants sur la Moselle (P9 et P11).

## 2. Résistivité

La résistivité des échantillons a varié de 4 3Y6 ohms.cm<sup>-1</sup> à 27 160 ohms.cm<sup>-1</sup>. Des résistivités maximales ont été notées le 04.07.1978 et le 05.07.1978 pour les points P1 à P5, P7, P9, P11 et P12 (c'est à dire tous les points de prélèvements sur la Moselle sauf Epinal). Les points P8 et P10 situés sur le canal ont présenté des résistivités maximales le 19.01.1978. Des résistivités minimales ont été relevées les 29 et 30.08.1978 pour les points P1, P2, P3 et P9, les 18 et 19.09.1978 pour les points P6, P7, P8, P10, les 13 et 14.06.1978 pour les points P4, P5, P11 et P12.

Les moyennes des résultats de mesure de la résistivité en fonction de la date de prélèvement ont été calculées et présentées graphiquement (Figure 5, Annexe 2) pour la Moselle et ses affluents d'une part et pour le canal d'autre part. La résistivité moyenne maximale a été notée pour la campagne de prélèvements réalisés les 4 et 5.07.1978 (Moselle) d'une part et le 19 Juillet (canal) d'autre part. La résistivité **des** eaux du canal était toujours inférieure à celle des eaux de la Moselle.

Par ailleurs, les résistivités moyennes ont été calculées en fonction du point de prélèvement (P1 à P12) et présentées dans le tableau 4 (Annexe 1). Les affluents Cleurie (P2), Moselotte (P3) et Vologne (P5) ont présenté une résistivité moyenne de 18 787, 17 850 et 11 978  $\text{ohms.cm}^{-1}$ . Sur la Moselle, la résistivité moyenne des échantillons diminue progressivement d'amont en aval (de P1 à P11). Les moyennes des résistivités des eaux prélevées dans le canal sont de 7 266  $\text{ohms.cm}^{-1}$  (P8), 6 490  $\text{ohms.cm}^{-1}$  (P10) et 5 860  $\text{ohms.cm}^{-1}$  (P12), soit inférieures aux résistivités moyennes des eaux prélevées aux points correspondants sur la Moselle (respectivement P7, P9).

### 3. Coliformes

La densité en bactéries coliformes des échantillons a varié de 430 à 240 000/100 millilitres (en ne tenant pas compte des prélèvements du 13 et 14, Juin 1978). Des concentrations minimales ont été notées pour les échantillons prélevés dans le canal le 19.09.1978, mais pour les autres points de prélèvements, les minima peuvent être notés à tous les points mais à des dates très différentes. Des concentrations maximales ont été relevées le 04.07.1978 aux points P2, et P9, les 18 et 19.07.1978 aux points P3, P4, P5, P6, P11 et P12.

Les moyennes des résultats des numérations des coliformes en fonction de la date de prélèvement ont été calculées et présentées graphiquement (Figure 6, Annexe 2) pour la Moselle et ses affluents d'une part et le canal d'autre part. Les concentrations moyennes maximales ont été mesurées lors de la campagne des 18 et 19 Juillet 1978 avec ensuite une décroissance régulière lors des campagnes de prélèvements suivantes, ce qui correspond par ailleurs aux variations de débit. Les concentrations bactériennes évaluées dans les eaux du canal étaient toujours inférieures à celles de la Moselle. Par ailleurs, les concentrations moyennes en coliformes ont été calculées en fonction du point de prélèvement (P1 à P12) et présentées dans le tableau 4 (Annexe 1). Les prélèvements réalisés respectivement sur la Cleurie (P2), la Moselotte (P3) et la Vologne (P5) montrent une concentration croissante en coliformes (de 13 550 à 25 857). La même concentration peut être faite en ce qui concerne les points P1, P4 et P6 (jusqu'à Epinal) (augmentation de 17 000 à 74 750 coliformes) tandis qu'au delà (P7, P9, P11), les résultats sont dispersés (14 250 à 212 25 coliformes). En ce qui concerne le canal, les concentrations moyennes (P8, P10 et P12) sont plus faibles que celles mesurées sur la Moselle et varient de 2 447 à 12 982 bactéries par 100 ml.

#### 4. ~~Escherichia coli~~

La densité en E. Coli des échantillons a varié de 230 à **46 000** par **100** millilitres (en ne tenant pas compte des prélèvements du 13 et **14.06.19/8**). Les concentrations maximales et minimales notées ne sont pas rattachables à une date précise mais dispersées en fonction des différents points de prélèvements.

Les moyennes des résultats des numérations de E. coli en fonction de la date de prélèvement ont été calculées et présentées graphiquement (Figure 7, Annexe 2) pour la Moselle et ses affluents d'une part et le canal d'autre part. Les concentrations moyennes maximales ont été notées les **18** et **19 Juillet 1978** pour la Moselle (i.e. comme pour les Coliformes) et le **30 Août 1978** pour le canal. Les concentrations bactériennes évaluées dans les eaux du canal étaient toujours inférieures à celles de la Moselle. Par ailleurs, **les** concentrations moyennes en E. coli ont été calculées en fonction du point de prélèvement (P1 à P12) et présentées dans le Tableau 4 (Annexe 1). En ce qui concerne les affluents et comme pour les coliformes, la concentration en E. coli augmente respectivement (**P2 → P3 → P5**) de 5 025 à **12 557 bactéries/100 ml**. Par contre sur le cours de la Moselle (**Pi à Pli**) les concentrations en E. coli sont moyennement dispersées et comprises entre 6 000 et **15 000** bactéries par 100 ml. Enfin en ce qui concerne le canal et comme pour les coliformes, les concentrations en E. coli sont plus faibles que celles mesurées sur la Moselle et varient de **1 865** à **2 222** bactéries par **100** ml.

#### 5. ~~Streptocoques fécaux~~

La densité en Streptocoques fécaux a varié de 9 à 4 600 par 100 millilitres (en ne tenant pas compte des prélèvements du 13 et **14.06.19/8**). Les concentrations maximales et minimales notées ne sont pas rattachables à une date précise mais dispersées en fonction des points de prélèvements.

Les moyennes des résultats des numérations des Streptocoques fécaux en fonction de la date de prélèvement ont été calculées et présentées graphiquement (Figure 8, Annexe 2) pour la Moselle et ses affluents d'une part et le canal d'autre part. Les concentrations maximales ont été notées les **4** et **5 Juillet 1978** pour la Moselle et le canal. Les concentrations bactériennes évaluées dans les eaux du canal étaient toujours inférieures à celles de l'eau de Moselle.

Par ailleurs, les concentrations moyennes en Streptocoques fécaux ont été calculées en fonction du point de prélèvement (**Pi à P12**) et présentées dans le Tableau 4 (Annexe 1). En ce qui concerne les affluents et comme pour les coliformes

et E. coli, la concentration moyenne en Streptocoques augmente de P2 à P5 respectivement de 245 à 1 490 bactéries par 100 ml. Sur le cours de la Moselle, les concentrations moyennes en Streptocoques sont dispersées sans relation avec le site de prélèvement et varient de 288 à 1 705 bactéries par 100 millilitres. Au niveau du canal comme pour les autres bactéries, les concentrations moyennes en Streptocoques sont plus faibles que celles des échantillons prélevés en Moselle et varient de 78 à 307 bactéries par 100 millilitres.

#### 6. ~~Virus~~

La densité de virus retrouvés dans les eaux superficielles a varié de 0 à 32 particules **virales/10** litres. Les concentrations maximales et minimales notées sont très dispersées géographiquement et dans le temps. C'est pourquoi nous avons cherché à situer les fréquences d'isolement (Tableau 5, Annexe 1). Pour l'ensemble de l'étude plus de 50 % des prélèvements se sont révélés contenir du virus, ce qui correspondait à une concentration moyenne de 2 **virus/10** litres. Il faut noter que la fréquence des échantillons positifs trouvés sur la Fbselle en amont d'Epinal est double de celle enregistrée sur ses affluents (Cleurie, Moselotte, Vologne), ce qui correspond aux concentrations moyennes de virus retrouvés dans 10 litres d'eau (respectivement 1,7 **virus/10** litres et 0,9 **virus/10** litres). De plus, si la fréquence des échantillons positifs ~~retrouvés~~ dans les eaux de Moselle en amont et en aval d'Epinal est identique (66 %), les concentrations virales moyennes retrouvées dans 10 litres d'eau en aval d'Epinal sont approximativement 2 fois plus fortes que celles trouvées en amont d'Epinal. En tentant de faire une distinction entre différentes zones de prélèvements : les affluents, la Moselle, le canal, il apparaît (Tableau 5, Annexe 1) que la fréquence d'isolement varie de 33 à 66 %, proportionnellement à la concentration moyenne en virus, ce qui est traduit graphiquement sur la Figure 9 (Annexe 2).

Les moyennes des titrages virologiques en fonction de la date de prélèvement ont été calculées et présentées **graphiquement**, comme pour les autres paramètres (Figure 10, Annexe 2) pour la Moselle et ses affluents d'une part, pour le canal d'autre part. Les concentrations moyennes virales ont fluctué de 0,9 à 3,9 **virus/10** litres dans les eaux de Moselle avec une fréquence d'isollements positifs variant de 50 à 85 % (Figure 11, Annexe 2). Seulement deux fois sur cinq ces concentrations ont été trouvées supérieures aux concentrations virales des échantillons prélevés dans le canal (Figure 10, Annexe 2)

Par ailleurs, les concentrations virales moyennes ont été calculées en fonction du point de prélèvement (P1 à P12) et présentées dans le Tableau 4 (Annexe 1). Il faut constater que pour tous les sites de prélèvement, au minimum l'un des cinq échantillons s'est révélé positif. Les concentrations moyennes ont varié en fonction du site de 0,1 à 17 virus/10 litres et une fréquence d'isolements positifs sur la Moselle variant de 40 à 100 % (Figure 12, Annexe 2). Comme pour les bactéries, la concentration moyenne virale des affluents augmente de P2 à P5 respectivement de 0,1 à 2 virus/10 litres. En ce qui concerne les échantillons du canal, deux des points de prélèvements présentent une concentration moyenne inférieure à celle des échantillons prélevés en Moselle.

## DISCUSSION

L'étude des eaux superficielles de la Haute Moselle, de quelques uns de ses affluents et d'une portion du canal avait pour objectif principal l'analyse virologique des eaux. Cette démarche répondait à deux éléments nouveaux : d'une part, la mise au point récente de techniques virologiques applicables aux eaux superficielles (5), d'autre part, l'exigence des directives des communautés européennes quant à la qualité des eaux destinées à la baignade (J.O. des Communautés Européennes du 05.02.1976) qui requièrent l'absence d'entérovirus dans 10 litres d'eau. Il convenait donc de préciser la valeur des paramètres utilisés, de situer la qualité des eaux superficielles de cette région et l'impact des rejets d'eaux usées sur le niveau de contamination des eaux, enfin de tenter d'évaluer le pouvoir auto-épurateur du milieu hydrique.

### ~~1. la teneur des paramètres physico-chimiques et microbiologiques étudiés~~

Six paramètres ont été retenus pour étudier la qualité des eaux superficielles : la turbidité parce qu'elle traduit en partie la teneur en matières en suspension des eaux qui peuvent être le support de particules virales ; la résistivité parce qu'il a été décrit récemment (20) une corrélation positive entre le rendement des méthodes de concentration des virus et la résistivité ; les bactéries indicatrices de pollution fécale (Coliformes, E. coli, Streptocoques fécaux), car elles sont classiquement utilisées dans l'évaluation de la contamination du milieu superficiel ; enfin les entérovirus parce qu'ils peuvent être indicateurs d'autres contaminations virales impossibles à mettre en évidence actuellement, le virus de l'hépatite par exemple.

On pouvait donc se demander s'il y a ou non corrélation entre ces paramètres et si, à l'avenir, il serait possible d'en limiter le nombre. Le calcul des droites de régression et surtout des coefficients de corrélation (Tableau 6, Annexe 1) nous a montré qu'il n'y avait aucune corrélation significative même au seuil de 95 % entre tous les résultats de l'analyse virologique d'une part et des mesures des autres paramètres d'autre part. Ce fait s'est répété en calculant les corrélations pouvant exister entre les seuls résultats positifs de l'analyse virologique et les autres paramètres (résultats non rapportés). En d'autres termes, nous n'avons pas trouvé de corrélation linéaire entre les concentrations virales mises en évidence dans les eaux et les autres paramètres utilisés. L'hétérogénéité du milieu hydrique et la méthode de titrage des virus (nombre le plus probable) peuvent expliquer cette absence de corrélation. C'est pourquoi nous avons cherché à "lisser" les résultats en calculant la moyenne des résultats regroupés en fonction de **trois** zones (I) : les affluents, (II) : la Moselle avant Epinal, (III) : la Moselle après Epinal. Ces résultats calculés et reportés sur un graphique (Figure 13, Annexe 2) montrent une fois de plus que si les E. Coli varient comme les Streptocoques et à l'inverse de la turbidité, ces variations ne sont pas linéaires (courbes en accent circonflexe et en V) et du même coup ne peuvent pas être reliées aux concentrations virales qui entre ces trois zones varient dans le même sens.

L'analyse bibliographique confirme ces résultats et aucune corrélation entre virus et bactéries de l'eau (1, 12) n'a jusqu'ici jamais été démontrée (la relation existant par contre au niveau des sédiments).

Pourtant, exceptionnellement et dans de très petits secteurs, il est possible de trouver des similitudes entre les variations de concentrations (et non pas les concentrations elles-mêmes) des virus et celles d'autres microorganismes comme le montre la figure 14 (Annexe 2) établie à partir des données du Tableau 4. Ce qui nous détermine à conclure qu'il existe peut-être des corrélations entre virus et bactéries des eaux superficielles mais qu'elles n'ont pu être mises en évidence sur l'ensemble de l'étude.

## 2. Qualité des eaux superficielles

Les eaux superficielles reçoivent tout au long de leur parcours les rejets d'eaux usées de différentes agglomérations. Ces eaux usées véhiculent des quantités très différentes de microorganismes. Ainsi les virus y sont faiblement



représentés comparativement aux entérobactéries et cette différence se retrouve dans les eaux superficielles. C'est ce que nous avons pu constater en calculant les moyennes des concentrations des différents groupes de microorganismes et en établissant les rapports entre les virus d'une part et les coliformes, les E. coli et les Streptocoques fécaux d'autre part (les concentrations étant rapportées au même volume d'échantillon) :

$$\frac{\text{Virus}}{\text{Coliformes}} \approx \frac{1}{2\,000\,000} \quad , \quad \frac{\text{virus}}{\text{E. coli}} \approx \frac{1}{500\,000} \quad , \quad \frac{\text{virus}}{\text{Streptocoques}} \approx \frac{1}{50\,000}$$

Ces résultats nous montrent l'énorme disproportion entre entérovirus et entérobactéries et par ailleurs, l'inégalité entre les groupes bactériens (10 fois moins de Streptocoques que de Escherichia coli ; 4 fois moins de E. coli que de coliformes). Ces différences peuvent s'expliquer en ce qui concerne les entérovirus parce qu'ils ne sont excrétés que par une faible fraction de la population (malades, porteurs sains, individus vaccinés) et ne se multiplient pas dans l'eau. Les différences entre les groupes bactériens peuvent s'expliquer du fait que les coliformes et E. coli pourraient se multiplier dans les eaux en particulier 10 à 15 heures en aval du point de rejet ( 8, 14) tandis que les Streptocoques fécaux ne s'y multiplieraient que rarement. Par ailleurs, le rapport E. coli/S. fécaux étant supérieur à 4, il caractérise avant tout une contamination d'origine humaine.

Une observation plus particulière des sites de prélèvements peut nous conduire à classer ponctuellement les différentes zones en fonction de leur degré de pollution. Ainsi nous avons pu voir que les affluents Cleurie et Moselotte étaient moins chargés en microorganismes indicateurs de pollution fécale que la Moselle. Par contre, la Vologne avant son confluent avec la Moselle semble aussi chargée que celle-ci. De telles comparaisons doivent cependant être menées avec prudence dans la mesure où des émissaires d'eaux usées non répertoriés et trop proches du point de prélèvement peuvent fausser les résultats. Nous avons donc plutôt cherché à dégager des tendances : variation saisonnière et variation géographique.

Nous avons déjà souligné dans l'analyse des résultats que les moyennes des différents paramètres sur la Moselle semblaient varier et présenter des maxima et minima (Figures 4, 5, 6, 7, 8 et 10, Annexe 2). Dans une étude précédente (3), nous avons montré qu'une augmentation du débit déterminait une augmentation de la résistivité, des bactéries indicatrices de pollution fécale et quelquefois, une diminution de la turbidité. Ces faits n'ont été retrouvés ici que partiellement. En

effet (Figure 15, Annexe 2), l'évolution des paramètres présentée comme une fonction du débit montre que la résistivité augmente lorsque le débit augmente ( $10 - 80 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Par contre, les autres paramètres (turbidité, coliformes, E. Coli, virus) augmentent lorsque le débit passe de  $10$  à  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  puis diminuent lorsque celui-ci atteint  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  ; comme si, pour un niveau de débit supérieur à  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ , le flot des eaux agissait alors comme facteur de dilution et non plus comme véhicule de différentes substances. En conséquence, les paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours de l'investigation ne semblent pas avoir subi de variation saisonnière sensu stricto (au sens par exemple où on l'entend pour les entérovirus pour lesquels on parle de prédominance estivo-automnale) mais subissent des variations liées aux variations du régime des eaux du bassin hydrographique considéré.

Par ailleurs, en progressant d'amont en aval de la rivière Moselle (Pi, **P4**, **P6**, P7, **P9**, Pli), la turbidité de l'eau augmente tandis que la résistivité diminue traduisant (Figure 16, Annexe 2) une augmentation de la pollution des eaux de l'amont vers l'aval du bassin. Par contre, les paramètres bactériologiques et virologiques n'évoluent pour ainsi dire pas (Figure 16, Annexe 2), en tout cas les variations ne semblent pas être reliables à une position donnée dans le bassin hydrographique. Comme nous l'avons dit précédemment une localisation particulière vis à vis de tel rejet d'eau usée permettrait peut-être de mieux expliquer l'origine de la pollution. En effet, sur de plus grandes distances, les apports liés aux rejets multiples d'eaux usées sont diminués d'autant pas le phénomène d'auto-épuration, ce qui apparemment stabilise les concentrations en microorganismes mesurés.

### 3. ~~Pouvoir auto-épurateur des eaux~~

Le pouvoir auto-épurateur des eaux vis des microorganismes résulte d'une combinaison de divers facteurs : dilution, sédimentation, inactivation par des facteurs physiques (U.V., température) et biologique des eaux douces (9). L'importance de chacun de ces éléments est très mal définie et sans aucun doute, chaque réseau hydrographique doit présenter des particularités. Il est admis généralement que l'influence globale de ces facteurs peut être définie comme une loi de Chick (cinétique du premier ordre) tel que

$$\frac{dC}{dt} = -kC \quad \text{où} \quad \begin{array}{l} k = \text{cinétique d'élimination} \\ C = \text{concentration en microorganismes} \\ t = \text{temps} \end{array}$$

Les résultats sont exprimés le plus souvent en T 90, c'est à dire en temps nécessaire à la disparition de 90 % des germes  $( T 90 = \frac{\ln 10}{k} )$

T 90 et k varient en fonction des groupes de microorganismes considérés, puisque par exemple, le facteur nutriment n'entre pas en jeu pour les virus. Des valeurs ont été déjà proposées pour ces facteurs. Ainsi pour les coliformes, T 90 serait compris, en été, entre 10 et 50 heures et k entre 0,05 et 0,08 heures<sup>-1</sup>.

Nous n'avons pas dans cette étude la possibilité de pouvoir étudier le devenir d'un seul rejet d'eaux usées dans les eaux superficielles. Nous avons donc cherché à évaluer le pouvoir auto-épurateur du milieu, soit au niveau de la Moselle en tentant une corrélation avec les populations humaines amont, soit au niveau de la portion de canal choisie.

#### a) Moselle :

Les débits n'ayant été mesurés qu'au niveau de trois points (Tableau 7, Annexe 1) sur la Moselle et sur la Moseiotte, nous avons tenté un essai de corrélation entre virus véhiculés par les eaux et les populations humaines localisées en amont des points de prélèvement sur 5 km, 10 km ou sur l'ensemble du bassin en amont (Tableau 8, Annexe 1).

L'hypothèse de travail était la suivante : la quantité moyenne instantanée de microorganismes à un point donné (concentration moyenne x débits instantanés) provient de rejets d'eaux usées, i.e. des populations excrétrices. Si le pouvoir auto-épurateur ne jouait pas vis à vis de tel ou tel microorganisme les quantités trouvées seraient corrélables avec l'ensemble des populations humaines localisées en amont du point de prélèvement ; si le pouvoir auto-épurateur jouait peu, les quantités trouvées pourraient être corrélées avec la population humaine située en amont sur 10 km et si le pouvoir auto-épurateur jouait beaucoup, les quantités trouvées ne seraient corrélables au mieux qu'avec les populations humaines situées sur les 5 km amont.

Les quantités moyennes instantanées de virus, E. Coli et S. fécaux ont été calculées pour différents points de prélèvements (P1, P3, P4 et P6) (Tableau 9, Annexe 1). Aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre ces quantités de microorganismes et les populations humaines telles que nous les avons présentées au tableau 8. On peut donc penser que la Moselle est mal choisie pour réaliser une telle étude car trop complexe, recevant entre autre continuellement divers rejets d'ef-

fluents d'eaux usées. A cet égard, il est important de rappeler qu'un travail très récent (17) a montré qu'il n'y avait pas sensu stricto d'équivalent-habitant en termes de virus, car il n'y avait pas de relation linéaire entre la densité d'une population humaine et la concentration virale des eaux usées rejetées.

Dans ces conditions, les études du pouvoir épurateur du milieu recevant constamment des eaux usées ne pourront être réalisées que si l'on connaît parfaitement les flux de virus apportés dans les eaux superficielles.

#### b) Canal :

Dans le chapitre résultats, nous avons noté que les résultats des mesures réalisées sur les eaux du canal différaient notablement de ceux de la Moselle. La turbidité des eaux du canal était supérieure, la résistivité et les concentrations en microorganismes étaient plus faibles.

Les résultats du tableau 10 (Annexe 1) nous montrent très clairement que le phénomène d'auto-épuration joue au niveau du canal et qu'il n'est pas à relier comme le pensait Streeter (19) à une sédimentation puisque la turbidité augmente ( $\times 1,5$ ). Ce phénomène d'auto-épuration intervient pour les Coliformes (95 % d'élimination), pour E. Coli (80 % d'élimination), pour les Streptocoques fécaux (77 % d'élimination), mais pas pour les virus.

Ces résultats confirment l'ensemble des données bibliographiques pour lesquelles la survie des virus dans le milieu extérieur est plus importante que celle des bactéries indicatrices de pollution fécale.

La section de canal considérée (Bainville à Flavigny) est alimentée à Bainville par des eaux de la Moselle, puis n'est soumise a priori à aucune contamination fécale (hormis celle provenant des péniches) jusqu'à Flavigny où il y a de nouveau confluence avec la Moselle. L'évolution des différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques est présentée sur la Figure 17 (Annexe 2). En progressant des points de prélèvements P7 à P12, on peut noter que la turbidité augmente et que la résistivité diminue ; par ailleurs, à Bayon (P8), soit 4 km environ en aval du point de réalimentation du canal, les concentrations des bactéries chutent brutalement (la concentration en Coliformes est divisée par 20 et celle des Streptocoques fécaux par 5 alors que sur la Moselle, au même niveau, ces paramètres n'ont diminué respectivement que d'un facteur 3 et 1,1). Par contre, les concentrations virales moyennes mesurées entre Bainville et Flavigny sur la Moselle et sur le canal varient d'une manière similaire. Puis à Flavigny, les concentrations bactériennes mesurées dans le canal sont de nouveau plus élevées, traduisant bien ainsi les apports de bactéries par les eaux de la Moselle.

#### 4. ~~Eaux superficielles et eaux de loisirs~~

Les normes européennes de qualité des eaux superficielles destinées à la baignade indiquent que celles-ci ne devraient pas contenir d'entérovirus dans 10 litres d'eau et que la concentration en E. Coli ne devrait pas dépasser 2 000 bactéries/100 ml.

Il faut donc reconnaître que les résultats des analyses réalisées de Juin à Octobre 1978 dépassent largement ces valeurs guides (plus de 2 000 E. Coli/100 ml et en moyenne toujours présence de virus). Deux remarques peuvent alors être faites :

a) d'une part en ce qui concerne la fréquence des analyses virologiques qui n'a pas été fixée par les normes. Nous avons signalé précédemment que les méthodes de concentration des virus aussi sophistiquées soient-elles aujourd'hui ne permettaient pas de récupérer tous les virus. Les recherches de SARRETTE et coll. (20) nous amènent à penser que la concentration virale mesurée par notre méthode doit être multipliée par 3 pour se rapprocher de la réalité. C'est dire qu'avec des méthodes plus perfectionnées, nous devrions mettre très facilement en évidence des virus dans ces eaux superficielles. Cependant un seul prélèvement ne peut pas suffire pour réaliser ce contrôle. Nous avons déjà montré dans un travail antérieur (10) que des prélèvements consécutifs à un même point d'une rivière pouvaient donner des résultats variant quelquefois de 0 à 300 U.F.P.<sup>x</sup>/10 l à quelques minutes d'intervalle.

On peut démontrer que si  $r$  est le rendement de la méthode de concentration des virus, lorsque l'échantillon contient en moyenne  $m$  particules virales, on a  $e^{-mr}$  risques de ne pas les détecter. Nous avons démontré au laboratoire que le rendement moyen de la méthode de concentration des virus dans les eaux superficielles était de 70 %. Si l'on admet que, dans ce travail, la concentration moyenne en virus est voisine de 2 virus/10 litres (Figure 9, Annexe 2), il y a 1 chance sur 4 (24 %) de ne pas détecter les particules virales. Si la concentration est de 1 particule virale/10 l, il y a 60 % de chances de ne pas détecter les particules virales et dans ces conditions, le contrôle des eaux de baignade devrait se réaliser au minimum par analyse de 2 échantillons de 10 litres.

x U.F.P. : unités formant plages

b) Le milieu superficiel , récepteur de nombreux rejets d'eau usée est contaminé par des microorganismes d'origine fécale. Pour respecter les normes baignades, il va falloir limiter les rejets de ces microorganismes de façon que compte tenu de la dilution et de l'auto-épuration, la zone de baignade soit conforme. Il ne faut cependant pas oublier et cette étude le montre, que le phénomène d'auto-épuration n'intervient pas de la même manière sur les différents groupes de microorganismes. De ce fait, selon la section de rivière considérée, il est fort pensable que l'élimination des entérovirus restera faible.

On le voit bien sur les eaux du canal pour lesquelles les concentrations en E. coli sont descendues à 2 000 bactéries/100 ml , mais les concentrations virales toujours assez élevées (1 à 2 virus/ 10 litres). Ce phénomène d'auto-épuration est encore plus sélectif dans les eaux de mer où , sur certaines plages, il n'est pas rare de répondre aux normes de qualité bactériologiques mais en ayant toujours des concentrations élevées de virus.

La norme, par ailleurs , n'exige pas l'analyse des sédiments ou des sables ou des boues, ce qui, à coup sûr, ne ferait que rehausser la barrière de sécurité, ceux-ci étant toujours 10 à 100 fois plus chargés en microorganismes que les eaux libres (12).

### CONCLUSIONS

Au terme d'une étude somme toute très limitée (60 échantillons prélevés en 12 points de prélèvements de Juin à Septembre 1978), il nous est permis de dégager quelques conclusions.

1) L'analyse virologique des eaux mettant en oeuvre une méthode d'adsorption-élution sur microfibre de verre est adaptée au contrôle de qualité des eaux superficielles.

2) Les résultats des analyses virologiques de l'ensemble de l'étude nous ont montré que plus de 50 % des échantillons contenaient des entérovirus avec une concentration moyenne de 2 particules virales pour 10 litres d'eau. Pour ces concentrations et compte tenu du rendement de la méthode, on peut estimer que 25 % des échantillons ont donné de faux négatifs.

3) Les bactéries indicatrices de pollution fécale ont été trouvées présentes en très grandes quantités comparativement aux entérovirus des eaux, telles que les rapports virus sur coliformes, E. coli et S. fécaux étaient respectivement égaux à  $1/2\ 000\ 000$ ,  $1/500\ 000$  et  $1/50\ 000$ .

4) Aucune corrélation entre les concentrations en entérovirus et d'autres paramètres physico-chimiques (turbidité, résistivité) ou bactériologiques (bactéries indicatrices de pollution fécale) n'a pu être mise en évidence. Dans ces conditions, la qualité des eaux superficielles ne peut être appréciée à l'heure actuelle qu'en regroupant un certain nombre d'informations apparemment indépendantes (physico-chimie, bactériologie, virologie).

5) Il n'a pas été mis en évidence de variations saisonnières sensu stricto de la qualité des eaux superficielles sur le cours de la Moselle étudié. Les variations observées sont en fait liées aux variations du régime des eaux du réseau hydrographique.

6) Seuls les paramètres physico-chimiques ont permis de visualiser une relative augmentation de la pollution d'amont en aval de la rivière. Les paramètres microbiologiques restent dans l'ensemble constants ce qui traduirait un équilibre entre les apports des divers effluents d'eaux usées et le pouvoir auto-épurateur du milieu.

7) Un phénomène d'auto-épuration significatif a pu être observé en comparant la qualité des eaux superficielles de la rivière Moselle et du canal qui la longe. Il a pu ainsi être mis en évidence que les entérovirus survivaient le plus longtemps dans les eaux superficielles, puis respectivement les Streptocoques fécaux, E. Coli et enfin les Coliformes,

8) Les entérovirus apparaissent comme un des paramètres le plus contraignant dans la gestion d'une pollution d'ordre microbiologique du fait même qu'on les trouve dans les eaux superficielles en quantités non négligeables, facilement mises en évidence par l'analyse après concentration et qu'ils y survivent le plus longtemps.

1. BARRON A.L., OLSHEVSKY C. and COHEN M.M.  
Characteristics of the BGM line of cells from african green monkey kidney  
Arch. ges. Virusforsch, 1970, 32, 389-392
2. BERG G. and METCALF T.G.  
Indicators of viruses in water 267-298  
in G. BERG edit. "Indicators of viruses in water and food", Ann Arbor Science  
publishers, 1978
3. BLOCK J.C. , FOLIGUET J.M., MORLOT M. et COCHER P.  
Qualité de l'eau de Moselle : analyse en composantes principales  
Eau et Industrie, 1977, 17, 83-84
4. BLOCK J.C., JORET J.C., HARTEMANN P., SCHWARTZBROD L. und DIXNEUF P.  
Alginat - Filter zur Kontentrierung von Enterovirus aus wasserigem Milieu.  
Grenzen der Methode  
Zbl. Bakt. Hyg. 1. Abt. Orig., 1977, B 530, 471-477
5. BLOCK J.C. , JORET J.C., MORLOT M. et FOLIGUET J.M.  
Recherche des entérovirus dans les eaux superficielles par adsorption-élution  
sur microfibre de verre  
Rechn. Sc. Mun. Eau, 1978, 73, 181-184
6. BRYAN J.A., LEHMAN J.D., SETIADY I.F. and HATCH M.M.  
An outbreak of hepatitis A associated with recreational lake water  
Am. J. Epidem., 1974, 99, 147-157
7. BURAS N.  
Recovery of viruses from wastewater and effluent by the direct inoculation method  
Water Res., 1974, 8, 19-22
8. BUTTERFIELD C.T.  
Observations on changes in numbers of bacteria in polluted water  
Sewage Works Jour., 1933, 5, 600-604
9. CLIVEK D.O.  
Communication personnelle, 1978



10. FOLIGUET J.M. , BLOCK J.C., HARTEMANN P. and JORET J.C.  
Recent developments of virological water research in France  
Communication au Workshop 6 "Viral Pollution of Environment"  
IVth International Congress for Virology, La Haye, Septembre 1978
11. GELLEK S.  
Abrégé de statistiques  
**2ème** edit. Masson, Paris, 1975
12. GÜYAL S.M., GERBA C.P. and MELNICK J.L.  
Prevalence of human enteric viruses in coastal communities  
J. Wat. Poll. Control. Fed. , 1978, 50, 10, 2247-2256
13. HAWLEY H.B., MORIN D.P., GERATHY M.E., TOMKOW J. and PHILLIPS C.A.  
Coxsackievirus B epidemic at a boy's summer camp. Isolation of virus from swimming water  
Jour. Amer. Med. Assn. , 1973, 226, 33-36
14. HOSKINS J.K. and BUTTERFIELD C.T.  
Some observed effects of dilution on the bacterial changes in polluted water  
Sewage Works Jour., 1933, 5, 5, 763-771
15. JAKUBOWSKY W., HILL W.F. and CLARKE N.A.  
Comparative study of four microporous filters for concentrating viruses from drinking water  
Appl. Microbiol., 1975, 30, 1, 58-65
16. Journal Officiel de la République Française  
Le Régime de l'Eau, 1974, N° 1327
17. SCHWARTZBROD L., LUCENA F. et FINANCE C.  
Etude comparative de l'efficacité de deux stations d'épuration vis à vis de virus présents dans les eaux résiduaires  
Communication aux Journées sur les techniques de traitement et d'épuration des eaux, Pau, Janvier 1978
18. Standard Methods for the examination of water and wastewater  
Edit. Publ. Am. Health **Ass.** Inc., 14ème édition, 1975
19. STREETER H.W.  
A formulation of bacterial changes occurring in polluted water  
Sewage Works Jour., 1934, 6, 208-217
20. SARRETTE B., DANGLLOT C. et VILAGINES R.  
Récupération quantitative des Entérovirus des eaux par adsorption sur poudre de verre en lit fluidisé  
Communication au Colloque "Eaux d'Alimentation et Santé Publique", Lille, Mai 1978