

la «demande chimique en oxygène» (DCO), on ajoute de l'acide sulfurique concentré et du chrome à l'eau analysée, afin d'établir la consommation maximale possible d'oxygène par l'échantillon. En 1992, à la frontière germano-hollandaise, la DBO₅ était de trois milligrammes par litre, et la DCO de dix milligrammes par litre.

Les substances organiques sont habituellement groupées en quatre grandes catégories : les halogènes organiques adsorbables (qui comprennent principalement des composés chlorés), les détergents, les hydrocarbures et les acides humiques. Même quand ils sont présents dans de grandes molécules, le chlore et les autres halogènes (le brome, l'iode ou le fluor) sont particulièrement gênants, parce qu'ils sont toxiques et persistants. Les composés chlorés proviennent de plusieurs sources, notamment de l'industrie papetière, qui blanchit au chlore la cellulose brute. Toutefois la plupart des papiers sont converties à de nouveaux procédés de blanchiment, où l'utilisation de chlore est réduite. Le chlore pénètre aussi dans la rivière sous forme d'insecticides tels que le DDT (le dichlorodiphényltrichloroéthane), l'hexachlorocyclohexane, l'hexachlorobenzène et le pentachlorophénol. Plusieurs pays européens ont interdit l'utilisation de ces produits et d'autres composés chlorés persistants. Les mesures prises depuis 1970 ont contribué à réduire les concentrations en certains composés organochlorés, mesurées à la frontière germano-hollandaise, de facteurs compris entre 5 et 15.

La recherche de détergents plus biodégradables contribue également à réduire la pollution par les composés organiques. Depuis 1964, les pays européens ont des réglementations de plus en plus strictes, imposant des biodégradabilités des détergents de plus en plus importantes, ce qui a permis de ramener la proportion de tensioactifs anioniques (les molécules qui assurent la fonction de détergence), à Düsseldorf, de 650 grammes par seconde en 1964 à 80 grammes par seconde en 1987 ; en 1992, la concentration en tensioactifs anioniques, à la frontière germano-hollandaise, était supérieure à 0,05 milligramme par litre.

Les hydrocarbures sont plus biodégradables que les composés halo-

génés. Les produits pétroliers comme l'essence et le kérosène représentent environ 20 pour cent de tout le trafic marchand à travers la frontière hollandaise. En outre, les milliers de bateaux qui parcourent le Rhin chaque année utilisent, pour remplir leur fond de cale, quelque 20 000 mètres cubes d'un mélange d'huile et d'eau qui, pour la plus grande part, est fourni et récupéré par des bateaux approvisionneurs. Les mesures prises pour limiter les rejets d'hydrocarbures permettent de maintenir la concentration de ces composés à 0,01 milligramme par litre, à la frontière germano-hollandaise.

La quatrième famille de substances organiques – les acides humiques – sont les produits à court terme de la biodégradation. Qu'elle soit mise en œuvre dans les stations d'épuration ou qu'elle ait naturellement lieu dans le fleuve, la biodégradation est un processus inachevé ; seule une partie des substances organiques consommées par les bactéries est totalement métabolisée et rejetée sous forme de gaz carbonique ; le reste est seulement partiellement oxydé et transformé en acides humiques. Ces derniers sont produits par les stations d'épuration, mais ils ont toujours été présents dans le fleuve. En 1973, 25 pour cent de la pollution organique résiduelle du Rhin était due aux acides humiques. Plus récemment, cette proportion a augmenté, encore qu'elle soit difficile à déterminer avec exactitude, faute de méthodes d'analyse précises. Les acides humiques sont toutefois jugés inoffensifs, car ils sont produits naturellement à un stade précoce de l'oxydation des matières organiques.

Un accident fondateur

Quel que soit le soin apporté au contrôle de certains polluants, le Rhin, comme toute voie d'eau utilisée pour le transport de marchandises, peut être accidentellement pollué. Jadis le fleuve était si pollué que les accidents se remarquaient à peine, mais aujourd'hui des systèmes de surveillance les détectent facilement ; cette détection permet des réactions rapides, qui limitent les dégâts.

Quelques incidents désolants ont eu pour conséquence utile de déclencher la création de ce système de contrôle. L'un des pires eut lieu le



5. UNE ÉCUME MALSAINE et des poissons morts apparaissent encore souvent sur le Rhin, en 1980 (à gauche). Aujourd'hui la même



région du fleuve, ici au pied de l'usine de production d'électricité de Voerde, dans le bassin industriel de la Ruhr, est bien plus propre.

2 novembre 1986, lorsqu'un entrepôt de pesticides de la Société *Sandoz* prit feu à Schweizerhalle, près de Bâle. L'eau pulvérisée sur le feu entraîna les produits chimiques dans la rivière, où l'un d'eux, le Disulfoton, empoisonna même les anguilles, qui sont des animaux résistants.

Ce désastre suscita des efforts sans précédents pour suivre le rétablissement du Rhin et déterminer son état biologique. Durant le projet, des biologistes utilisèrent des cloches de plongée pour étudier systématiquement les poissons, les macro-invertébrés et les autres occupants du fleuve : on découvrit ainsi que la faune du fleuve s'était complètement rétablie dès le mois d'octobre 1988, soit moins de deux ans après l'incendie.

Les études ont montré la présence de 155 espèces de macro-invertébrés, qui se regroupaient près des rives, entre Bâle et Düsseldorf. Les espèces les plus courantes étaient les éponges d'eau douce, les sangsues, les moules d'eau douce, les amphipodes benthiques (de petits crustacés), les éphémères, les phryganes et leurs larves, et des larves de chironomes (ou vers de vase). Certaines espèces comme l'éphémère *Ephron virgo* et l'escargot *Theodosius fluviatilis*, qui semblaient avoir disparu du Rhin, ont été trouvées en grand nombre. D'autres espèces qui étaient autrefois communes, comme la moule *Spaerium solidum* ou la mouche *Euleuctea geniculata*, étaient représentées par quelques individus et commencent seulement aujourd'hui à réapparaître en plus grand nombre. En revanche, l'amphipode *Corophium curvispinum*, qui vient de la mer Caspienne et de la mer Noire, s'est récemment établi dans

le Rhin et y prolifère au point qu'il chasse certaines espèces d'éponges et de mollusques.

Certains poissons, également, réintègrent le fleuve : une étude récente a répertorié 40 des 47 espèces endémiques connues pour peupler le Rhin. Environ 75 pour cent des poissons identifiés individuellement étaient des espèces communes, tels le gardon, l'ablette et la brème. Les zoologistes ont également noté la présence de carpes, de perches, d'anguilles, de brochets, de chevesnes et de vandoises (ou dards), et ils ont recensé 15 espèces qui avaient été introduites dans la rivière, notamment la perche-brochet, la truite arc-en-ciel et la môle. En 1992, pour la première fois depuis des décennies, des saumons *Salmo salar* ayant atteint leur maturité sexuelle ont été pris dans le Rhin. Ils avaient été lâchés, encore immatures (au stade de tacons), dans les affluents du fleuve un ou deux ans auparavant, et avaient survécu à leur migration dans la mer du Nord. Même l'esturgeon, qu'on pensait disparu du Rhin depuis 40 ans, y a été vu occasionnellement.

L'étude du fleuve n'est pas le seul héritage de l'incendie de Bâle. Les États riverains ont lancé un Programme commun d'assainissement à quatre objectifs : la préservation de l'eau potable, la décontamination des sédiments, la réintroduction des poissons supérieurs (tels les saumons ou les truites de mer), la protection de la mer du Nord. Pour commencer, les États ont recensé les décharges de 30 substances dangereuses. De 1986 à 1995, les rejets de 15 d'entre elles furent réduits de plus de 50 pour cent. En outre, des mesures ont été prises pour

que les rejets en rivière soient évités ou limités en cas d'accident industriel. Dans les prochaines années, la construction d'échelles à poissons devrait aider les saumons à remonter le fleuve jusqu'à leur site de frai, et l'amélioration de ces frayères permettra de rétablir les montaisons.

En 1991, lors d'une conférence sur les travaux effectués dans le bassin versant des eaux du Rhin, le ministre hollandais de l'environnement proposa d'utiliser l'expérience acquise avec le Rhin pour assainir la Meuse et l'Escot. À la fin de la guerre froide, des commissions internationales ont été créées pour purifier l'Elbe, qui coule de la République tchèque et la Pologne à travers l'Allemagne, jusqu'à la mer du Nord, et l'Oder, qui forme une partie de la frontière germano-polonaise. Même la Volga a bénéficié des leçons tirées du Rhin. Pour le Danube, l'assainissement commencera dès que possible, également. Ainsi, au cœur de l'Europe, le Rhin est devenu un symbole de coopération internationale. Le succès des efforts communs d'assainissement est de bon augure.

Karl-Geert MALLE est membre de la Commission allemande de protection du Rhin.

William M. STIGLIANI, Peter R. JAFFÉ et Stefan ANDERBERG, *Heavy Metal Pollution in the Rhine Basin*, in *Environmental Science and Technology*, vol. 27, n° 5, pp. 786-793, mai 1993.

Rehabilitation of the River Rhine, sous la direction de J.A. van de Kraats, numéro spécial de *Water Science and Technology*, vol. 29, n° 3, 1994.
