

Le traitement des eaux et la restauration de leur qualité

Marc Le Saout* et Georges Bertru**

Une première étape

L'installation des stations de traitement des eaux usées avait surtout pour objectif de réduire la pollution organique qui se traduisait dans les années 1960/70 par des mortalités importantes de poissons en raison de l'appauvrissement du milieu en oxygène. Si l'on peut aujourd'hui considérer que cet objectif a été atteint, exception faite de quelques secteurs où cette pollution organique persiste, il faut bien comprendre qu'il ne s'agissait que d'une première étape dans la mesure où les traitements n'impliquaient pas la réduction des charges azotées (nitrates) et celles du phosphore qui accompagnent inévitablement les pollutions organiques. L'effort consenti pour les traitements des eaux usées est indéniabie, encore faut-il être conscient que moins de 50 % des habitations sont actuellement raccordées à une station de traitement. A ces rejets diffus (pollution organique, pollution bactérienne,

azote et phosphore) s'ajoutent ceux de l'agriculture qui participent à l'enrichissement des rivières et réservoirs en azote et phosphore.

Eutrophisation

Ainsi, non seulement l'effort d'équipement en stations de traitement doit être poursuivi, à la fois pour réduire les charges organiques résiduelles, mais aussi les rejets en azote et phosphore induisant de fortes productions de matériel organique qui affectent la qualité de l'eau (aspect visuel, goûts, odeurs et de nouveau désoxygénation). L'ensemble de ces phénomènes est souvent décrit par le terme d'*eutrophisation*.

En réponse à cette fertilisation excessive, les lacs, réservoirs, les rivières à écoulement lent et certaines eaux littorales sont l'objet de développements intempestifs de microphytes et macrophytes qui lors de leur décomposition sont fortement consommateurs d'oxygène. Les divers usages de l'eau s'en trouvent affectés, notamment la pêche, les loisirs, et bien évidemment l'alimentation en eau. Ce problème

* Cabinet Saunier (Eau et Environnement), 2, rue des Glénan, 35760 St Grégoire.

** Université de Rennes, Avenue du Général Leclerc, 35000 Rennes.

s'aggrave dans les retenues, conçues pour l'alimentation en eau, dans la mesure où la désoxygénation oblige à mettre en place des traitements supplémentaires à la fois dans la retenue proprement dite et dans la filière de traitement pour l'eau potable.

Parallèlement à la poursuite de l'effort entrepris depuis une quinzaine d'années pour réduire la pollution organique et ammoniacale des rivières, les stations d'épuration doivent se doter de filières de nitrification-dénitrification et de déphosphatation afin d'abaisser autant que faire se peut les concentrations de ces éléments nutritifs.

Le principe de l'élimination de l'azote par voie biologique, au moins pour le procédé le plus répandu, repose sur deux étapes :

- oxydation biologique de l'azote ammoniacal en azote nitrique,
- réduction des nitrates en azote (N_2) en milieu anoxique.

Pour la déphosphatation, on fait surtout appel aujourd'hui à une précipitation du phosphore à l'aide des sels d'aluminium et de fer.

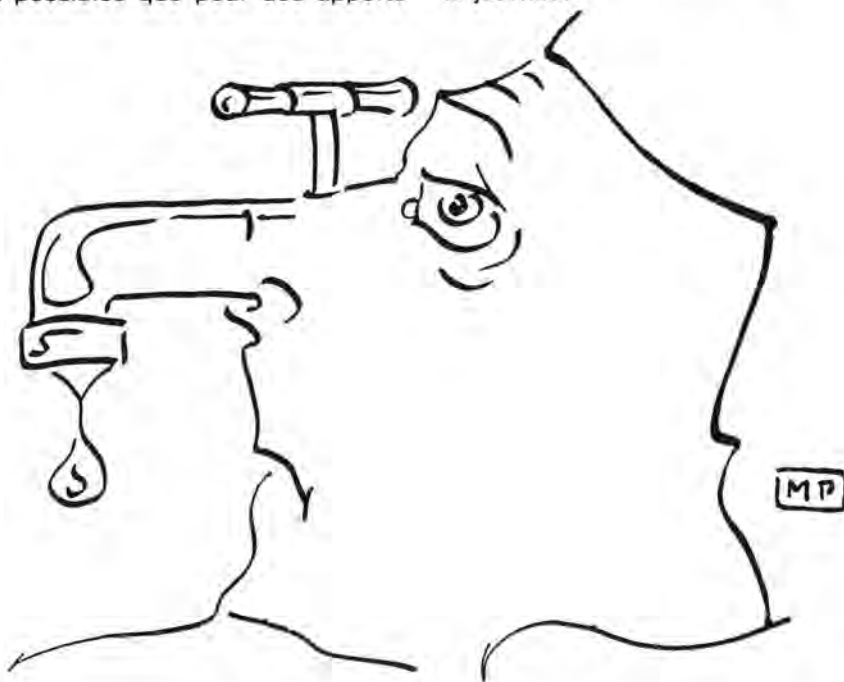
Bien évidemment, ces traitements ne sont possibles que pour des apports

ponctuels (station d'épuration) ; les rejets diffus et microponctuels, que l'on peut qualifier généreusement d'involontaires (règlement sanitaire rarement respecté) par opposition à l'épandage qui constitue une pratique conseillée et recommandée au titre de la valorisation des déchets, échappent à tous les traitements, de sorte que le niveau des fertilisants précités ne cesse d'augmenter dans les rivières et retenues avec tous les effets induits que cela suppose sur les filières d'eau potable. En dépit des investissements consentis par les collectivités, la qualité de l'eau ne s'en trouve pas obligatoirement améliorée.

Préserver la ressource en eau potable

C'est surtout la préservation de la ressource en eau potable qui a fait l'objet des actions entreprises et ce, plus spécifiquement contre l'eutrophisation des barrages réservoirs.

Parmi les facteurs susceptibles de gêner la potabilisation de l'eau, on peut citer l'azote ammoniacal, le fer et le manganèse, les matières organiques dissoutes, les algues planctoniques, et les fortes variations du pH au cours de la journée.



Aux inconvénients purement mécaniques, comme le colmatage et le feutrage des filtres qui sont provoqués par les algues, il faut également ajouter les variations rapides du pH (de 6,5 à 10 en quelques heures), les sursaturations en oxygène qui affectent respectivement la floculation (ajustement permanent des doses de réactifs et du pH) et la décantation par la remontée des boues.

Les matières organiques dissoutes allochtones ou provenant directement du métabolisme des algues sont difficilement éliminées dans la filière de traitement. Des concentrations élevées en Carbone Organique Total (COT) dans l'eau brute sont à l'origine des inconvénients suivants :

- perturbation de la chloration par augmentation de la consommation de chlore mobilisé pour l'oxydation des matières organiques,

- perturbation de la floculation par les acides humiques qui fixent en partie les sels métalliques et diminuent d'autant l'efficacité du traitement par les sels d'aluminium,

- création d'haloformes par l'existence de précurseurs comme les acides fulviques et humiques, susceptibles de donner à la suite de la chloration des haloformes dont la toxicité pour l'homme est fortement suspectée,

- augmentation de la reviviscence des germes dans les réseaux de distribution grâce au COT et aux concentrations de l'azote organique; il en découle généralement une augmentation du nombre de germes totaux et parfois des goûts et odeurs dans l'eau distribuée.

Mesures préventives et techniques curatives

L'azote ammoniacal mobilise une partie du chlore injecté en formant des chloramines au pouvoir désinfectant réduit et du trichlorure d'azote (NCl_3) à l'odeur âcre très prononcée. Le fer et le manganèse, relargués lors de l'anoxie des sédiments superficiels dans les retenues, ne présentent pas de forte toxicité pour le consommateur. Les

conditions de leur précipitation s'avèrent délicates en raison de la formation de complexes avec les acides humiques qui modifient les réactions d'oxydo-réduction auxquelles recourent les opérateurs pour assurer leur élimination.

Afin d'accompagner les mesures préventives qui sont nécessairement très longues à mettre en œuvre, et dont les effets ne pourront être visibles qu'à long terme, il a fallu utiliser des techniques curatives pour tenter de contrôler les inflorescences algales, soit par l'utilisation d'algicide, soit par l'aération de la masse d'eau afin de maintenir les sédiments à un niveau d'oxydo-réduction incompatible avec la solubilisation du manganèse et du fer.

Le sulfate de cuivre est largement utilisé comme inhibiteur de la croissance algale et surtout de cyanophycées filamenteuses (algues bleues) responsables du colmatage et du feutrage des filtres. La dose prescrite ne doit pas dépasser 50 mg/m^3 ; elle suppose évidemment un suivi très précis afin de ne pas nuire à la faune piscicole et un contrôle de l'accumulation éventuelle de cuivre dans les sédiments. A ce sujet, il faut rappeler que la directive européenne du 18 juillet 1978 fixe une concentration en cuivre inférieure à $0,040 \text{ mg/l}$ (niveau guide) pour les eaux piscicoles. La directive du 16 juin 1975 recommande que pour les eaux brutes destinées à l'alimentation humaine la concentration en cuivre soit inférieure à $0,050 \text{ mg/l}$ (niveau guide) en qualité A2 et 1 mg/l en A3. Enfin, le projet de directive européenne sur l'eau traitée fait état d'une concentration de $0,1 \text{ mg/l}$ à la sortie des installations de traitement et de 3 mg/l après une stagnation de 12 heures dans les canalisations de mise à la disposition du consommateur. Si le cuivre est utilisé pour minimiser le développement algal, il faut aussi constater qu'il fait l'objet d'une utilisation importante en pisciculture et dans les aliments pour le bétail.

Les résultats sont particulièrement spectaculaires pour les cyanophycées (*Aphanizomenon flos - aquae*) qui sont responsables des principales explosions phytoplanctoniques dans les systèmes eutrophes. L'inhibition de ce type d'algue revêt une importance



Photo Atlas Copco

Mise à l'eau d'un aérateur d'hypolimnion à la retenue de Moulin Ribou (Maine-et-Loire).

considérable à la fois pour le traiteur d'eau et le consommateur dans la mesure où il a été démontré que ces algues engendrent des goûts, des odeurs et des toxines. Cette technique curative n'a de sens que si des mesures préventives sont prises afin de réduire considérablement les charges actuelles en phosphore et azote, et ce dans les meilleurs délais, afin que n'apparaissent pas des souches nécessitant des traitements plus drastiques par le cuivre.

L'appauvrissement, voire l'absence d'oxygène dans les couches profondes et notamment à l'interface eau-sédiments, constitue l'une des manifestations les plus aiguës de l'eutrophisation ; la désoxygénation se traduit par le relargage du fer, manganèse, ammoniac et surtout celui du phosphore qui en quelque sorte réalimente et aggrave le développement algal des couches superficielles. Pour lutter contre ce phénomène, il a été développé une technologie afin de maintenir les couches profondes (hypolimnion) en aérobie (concentration en oxygène au moins égale à 2.5-3 mg/l) en injectant soit de l'air, soit de l'oxygène pur. Ces procédés sont très répandus aux U.S.A., en Allemagne, Suède, Japon ; on peut également noter quelques réalisations dans l'Ouest de la France (La Méaugon, Flers, Le Cebron, Moulin Ribou). Cette technique apporte une amélioration très sensible de la qualité des eaux tant au niveau de la physico-

chimie que du phytoplancton, ce qui se traduit par une meilleure maîtrise de la filière de traitement et du coût de celle-ci.

Protéger les retenues

Parmi les nombreux problèmes que posent les retenues, il faut citer les phénomènes de sédimentation, notamment :

- la nécessité de connaître la dynamique des phénomènes sédimentaires, les apports spécifiques de matériel particulaire qui sont très dépendants de la nature, de la configuration et des activités sur les bassins versants. Les points essentiels à déterminer concernent la répartition des apports sédimentaires sur un cycle annuel, la nature des sédiments apportés et leur répartition spatiale dans le plan d'eau,
- l'importance des phénomènes de stockage du phosphore et donc de la quantification de la charge interne (charge sédimentaire), ainsi que sa biodisponibilité.

La connaissance de ces différents éléments doit conduire à la mise en place d'une stratégie efficace de prévention et d'actions curatives sur le bassin versant et la retenue elle-même. Ainsi, vis-à-vis de ces phénomènes, deux points

particuliers apparaissent clairement : d'une part, la limitation de la charge externe, compte tenu de l'importance du stockage du phosphore, est indispensable à la restauration de la qualité des eaux ; et d'autre part, les processus de recyclage sédiment-colonne d'eau doivent être contrôlés efficacement.

La réduction de la charge externe doit être réalisée en limitant d'une part le phosphore émis par les rejets ponctuels, urbains et industriels, et d'autre part les apports diffus d'origine agricole. A défaut de pouvoir réaliser ces actions préventives, le contrôle de ces charges peut être encore réalisé en amont des retenues par la constitution de pré-bassins. Il s'agit de petits réservoirs permettant des temps de séjour de quelques jours afin d'améliorer la qualité de l'eau grâce à des processus physico-chimiques et biologiques. Les formes solubles de l'azote et du phosphore sont transformées par l'intermédiaire des algues en fractions particulières susceptibles de sédimenter dans le pré-bassin. L'optimisation du dimensionnement d'un tel bassin permet d'obtenir une réduction du phosphore qui peut atteindre respectivement 70 à 90 % du flux du phosphore total et des orthophosphates. Les expérimentations en cours devraient permettre de quantifier l'incidence de ces pré-bassins à la fois sur la production algale et la sédimentation dans les retenues.

Du retard dans la prise de conscience

Pour de multiples raisons qui tiennent pour l'essentiel au poids de l'agriculture dans notre région et probablement à la dispersion des administrations en charge de la qualité des eaux, on a beaucoup trop tardé à mettre en place les mesures nécessaires à la réduction des charges azotées. Cette trop tardive prise de conscience s'ajoutant à l'inertie des solutions réglementaires et techniques, celles-ci n'auront d'effets, sous réserve qu'elles reposent réellement sur une analyse pertinente du problème, qu'à très long terme sur les concentrations en nitrates. Aussi, face à la montée prévisible et inexorable de

celles-ci, les traiteurs d'eau envisagent-ils de doter les filières de traitement d'unité de dénitrification afin que les teneurs de l'eau distribuée soient inférieures au moins à 50 mg de nitrates par litre pendant la période de reprise des débits. Ainsi, en plus des difficultés inhérentes à l'eutrophisation pendant l'été, les distributeurs sont confrontés pendant la période hivernale de reprise des débits à une augmentation des teneurs en nitrates. En 1989, 46 % des communes des Côtes d'Armor ont été concernées par une distribution à plus de 50 mg/l.

La solution technique proposée fait appel à la fixation des nitrates sur des résines synthétiques qu'il faut évidemment régénérer, soit par du chlorure de sodium, soit par du gaz carbonique. Outre le coût de ces installations, il faut considérer le traitement des éluats des résines entre 3 et 10 % des volumes traités en fonction des procédés envisagés, la durée de vie des résines (sans doute plus proche de 5 ans que les 10 ans annoncés par certains fabricants), le relargage éventuel par ces résines de composés phénoliques dans les eaux distribuées. Parmi tous ces problèmes, il faut surtout considérer le traitement des éluats qui devront nécessairement faire l'objet d'une dénitrification si l'on souhaite ne pas déverser cette charge azotée dans les rivières en aval. La dénitrification biologique est sans conteste la moins onéreuse, mais, devant être réalisée en période hivernale, son rendement serait probablement fortement diminué.

Il apparaît évident que la réduction des apports d'azote et de phosphore, tant dans les rivières que dans les retenues, est la seule stratégie susceptible de résoudre l'ensemble des problèmes évoqués précédemment. Un tel résultat ne peut être obtenu qu'à long terme dans la mesure où l'adéquation entre les besoins réels des cultures et les quantités de fertilisants (engrais minéraux et déjections animales) serait parfaitement maîtrisée à l'échelle du bassin versant. Dans l'attente de ces résultats, il faudra pendant une longue période avoir encore recours aux procédés curatifs, tant au niveau des retenues que dans les filières de traitement.