

# Industrie

## Problèmes actuels de l'eau (2<sup>e</sup> partie)

### La fabrication d'eau potable

par Philippe Pichat

#### I. L'eau potable : caractéristiques\*

*Il faut qu'une eau soit limpide, légère, aérée, sans odeur ou saveur sensibles* (Hippocrate).

Actuellement, la définition légale indique seulement que l'eau potable ne doit pas « porter atteinte à la santé du consommateur ».

Les instructions du 1<sup>er</sup> août 1961 du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France ont précisé les caractéristiques minimales d'une eau potable :

a) Faible coloration et faible turbidité

20 unités échelle au platine-cobalt.

30 gouttes de mastic.

b) Teneurs minimales en éléments chimiques (en ppm).

Pb < 0,1

Se < 0,05

F < 1

As < 0,15

Cr } limite analytique

CN- }

Cu < 1

Fe + Mn < 0,3 dont 0,2 Fe et 0,1 Mn

Zn < 5

Phénol < 0,001

Nota : On s'oriente à l'échelle nationale et européenne vers l'élaboration d'*objectifs de qualité*. La pollution est un fait, les cours d'eau, les nappes fournissant selon les cas de l'eau potable ou de l'eau plus ou moins polluée. D'autre part, il n'est pas nécessaire de disposer, pour certains usages, d'eau potable. C'est pourquoi les riverains des cours d'eau : industriels, citadins, pêcheurs, agriculteurs, élus locaux se réunissent pour définir en commun les vocations qu'ils entendent donner à leurs cours d'eau (agriculture, pisciculture, loisirs...). A ces vocations correspondront des « normes » physico-chimiques et biologiques. On connaît les implications financières (équipements collectifs à effectuer) et économiques (développement industriel) d'une telle méthodologie. Déjà mise en œuvre sur la Vire (Normandie), d'ici 1978, dix autres rivières devraient aussi faire l'objet de ce type d'action basée sur un consensus régional.

c) Minéralisation : 1g/litre.

d) Aspect bactériologique, parasitaire et pathogène.

L'eau ne doit pas contenir d'organismes parasites ou pathogènes.

#### II. L'eau de surface : ses polluants\*

*L'art d'ennuyer est celui de tout dire* (Boileau).

Les caractéristiques des polluants de l'eau sont très variables :

- état physique : solides, colloïdes, liquides, dissous ou en suspension, gaz, ions...
- dimensions : branches d'arbre de quelques mètres aux bactéries

\* Références 20, 21, 24, 25, 28, 29.

de quelques millièmes de mm et aux virus de quelques millièmes de mm,

- toxicité vis-à-vis de l'homme,
- propriétés physico-chimiques : densité, stabilité vis-à-vis de l'oxygène, des micro-organismes, solubilité, degré d'ionisation,
- types.

1. Minérales\* : particules d'argile, de sable, chlorures, sulfates.

Les « toxiques » : Pb, Ag, As, F, B, Cr (6), Se, Cd Hg, Ni, les cyanures, fluorures, nitrates, nitrites, l'ammoniaque.

Les éléments affectant essentiellement les propriétés organoleptiques de l'eau : Fe, Mn, Zn, Cu.

Il est à noter la toxicité souvent particulièrement élevée de certains composés organométalliques tels que les organophosphorés.

2. Organiques :

hydrocarbures (fuel lourd n° 2), lubrifiants dopés, détergents, phénols simples ou complexes (créosote par exemple), insecticides, fongicides, rodenticides, produits extrêmement variés produits par synthèse ou sous-produits provenant de leur décomposition, tel que le 3-4 benzopyrène cancérigène.

3. Biologique :

origine animale : lisier, purin, cadavres d'animaux...,

origine végétale à caractère cellulosique et ligneux,

origine humaine : eaux vannes,

La présence de ces matières en général biodégradables provoque le développement :

- a) d'algues, de champignons, qui donnent une odeur de pourri, de terre à l'eau,
- b) de germes pathogènes qui peuvent être transmis par l'eau bacilles typhiques et paratyphiques, dysenteries virus poliomyélite, hépatites,
- c) d'amibes (dysenteries),
- d) de vers (Ascariodose, trichocéphalose).

4. Radioactif (pour mémoire).

5. Thermique, qui a déjà été évoquée précédemment.

Considérons le cas de la rivière Oise.

Du point de vue chimique, la situation semble en amélioration depuis 1973. Les teneurs en  $\text{NH}_4^+$ , fer, manganèse et la D.C.O., ont baissé. Les teneurs en nitrites, phénols, détergents, semblent stabilisées.

\* Il y a là des paradoxes : certaines eaux en bouteille, par suite de leur teneur trop forte en éléments, ne répondent pas aux normes des eaux municipales, comme le rappelle l'O.M.S. : « certaines eaux minérales contiennent des substances à des degrés de concentration tels qu'elles pourraient être nocives si elles continuaient à être la seule source d'eau ».

### III. Traitement de l'eau de surface \*

De nombreux ouvrages décrivent en détail le traitement de l'eau, variable selon la qualité et la quantité nécessaires. Nous développons succinctement un « cas », celui de la banlieue de Paris.

Il nous semble assez représentatif car l'augmentation considérable des débits demandés aux distributeurs d'eau dans les villes les obligent à avoir recours à des proportions croissantes d'eau de rivière.

C'est ainsi que le réseau du « Syndicat des communes de la banlieue de Paris pour les eaux » qui groupe 144 communes de la région parisienne (4 millions d'habitants) et absorbe 1 million de  $\text{m}^3$  par jour en moyenne (1,5 million de  $\text{m}^3$  en pointe) est alimenté maintenant à 95 % en eaux puisées dans la Seine, dans la Marne et dans l'Oise, épurées et potabilisées dans ses 3 usines de Choisy-le-Roi (800 000  $\text{m}^3$ /jour), Neuilly-sur-Marne, Noisy-le-Grand (600 000  $\text{m}^3$ /jour) et Méry-sur-Oise (270 000  $\text{m}^3$ /jour).

Les procédés de « potabilisation » d'une eau de surface polluée doivent présenter de bonnes garanties hygiéniques, avec une grande fiabilité. De plus, elles doivent être abordables, tant sur le plan du premier investissement que sur celui de l'exploitation (consommation de matières premières, maintenance, main-d'œuvre).

Les grosses unités de production d'eau potable comprennent en général quatre phases.

#### III.1. Les quatre phases de la production d'eau potable.

a) Tamisage.

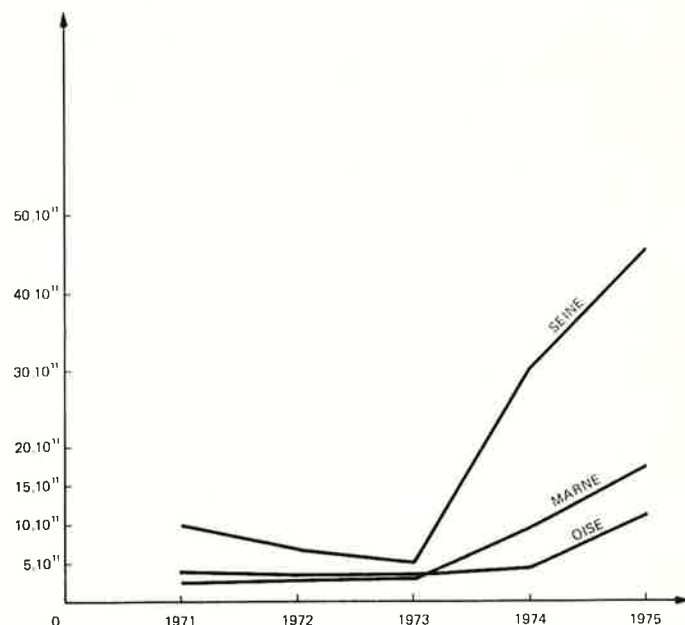
Il élimine les déchets de grandes dimensions \*\*.

\* Référence 20.

\*\* Il peut être précédé (Grande-Bretagne...) d'un stockage à l'air libre, dans de vastes réservoirs où l'autoépuration et la décantation naturelle diminuent la teneur en matière organique et en matière en suspension de l'eau.

Les charges polluantes sont toutes en diminution assez notable, sauf les détergents. La situation est moins nette pour les micropolluants d'ailleurs insaisissables sur le plan analytique.

Du point de vue bactériologique, la situation est par contre inquiétante, la teneur et la charge des eaux brutes en germes banaux, d'origine animale ou végétale, s'accroissant considérablement (de même que pour la Marne et la Seine).



Charge en germes banaux dans la Seine, la Marne et l'Oise ces dernières années (27).

La prolifération des germes dans les rivières paraît liée au développement des stations d'épuration. Un traitement tertiaire, par exemple physico-chimique, s'imposerait donc.

Des stations d'épuration peuvent avoir un mauvais rendement d'une part parce que leur conception ne répond pas aux besoins actuels, d'autre part parce qu'elles sont mal exploitées faute de moyens.

b) Flocculation. Décantation. Filtration rapide

Les particules colloïdales indécantables sont à l'origine de la turbidité et de la coloration des eaux. Leur agglomération en flocons rend possible ultérieurement leur décantation et leur rétention si besoin est, par un filtre à sable.

Ces particules sont en général négatives. Leur neutralisation facilite leur agglomération. Pour cela, on utilise des sels qui, par ionisation, donnent des cations chargés positivement (chlorure ferrique, sulfate d'alumine, polychlorure d'aluminium).

Les flocons ainsi formés avec les hydroxydes précipités tombent par « gravité » au fond d'un décanteur. Les dernières impuretés de l'eau très éclaircie obtenue, sont retenues par passage au travers d'un filtre généralement à sable.

c) Adsorption

On utilise de plus en plus un produit caractérisé par une surface spécifique considérable : le charbon actif (en poudre ou en grains).

Le charbon actif retient dans ses pores microscopiques certaines matières colloïdales, également génératrices de coloration, goûts et odeurs, ainsi que certains micropolluants, produits cycliques, détergents et hydrocarbures. Le charbon actif peut être éventuellement recyclé.

d) Stérilisation

L'ozone, le chlore, le brome, réagissent par des mécanismes complexes d'oxydation sur les produits organiques. L'ozone, ne laisse pas d'arrière-goût à l'eau. Par chloration, il peut y avoir formation de chlorophénol de chloroforme, etc...

L'ozone peut agir de trois manières différentes :

- comme oxydant en fixant un de ses atomes d'oxygène,
- comme oxydant en fixant ses trois atomes d'oxygène sur une double ou triple liaison : il se forme des ozonides caractérisés par l'existence d'un « pont oxygène » ; ces composés instables peuvent être « craqués »

sous l'action d'un excès d'ozone et moyennant un temps de contact suffisant (réaction d'ozonolyse) ;

● comme catalyseur de l'oxygène, en accélérant la vitesse des réactions d'oxydation, à basse température. Là aussi, cependant, un certain temps de contact est nécessaire.

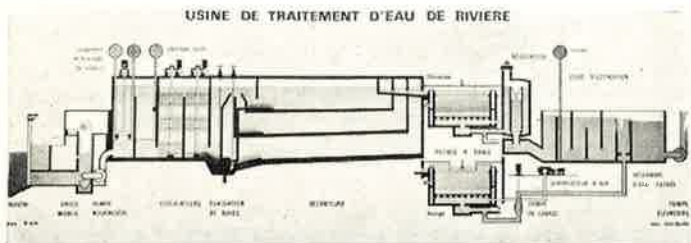
Attardons-nous à Méry (270 000 m<sup>3</sup>/jour), que nous connaissons plus particulièrement et qui traite les eaux de l'Oise.

Les étapes du traitement sont :

● le tamisage. Il s'agit en fait d'un dégrillage destiné à éliminer feuilles, brindilles, poissons morts,...

● l'eau brute, refoulée par les pompes nourricières, pénètre dans les ouvrages de traitement par des puits où elle reçoit les produits de traitement : hypochlorite de sodium, charbon actif, chlorure d'aluminium basique, mélangés dans l'eau par des agitateurs à grande vitesse. L'hypochlorite de sodium provoque une oxydation des matières organiques et une première réduction de la teneur bactérienne.

Le chlorure d'aluminium basique, donne un précipité d'hydroxyde d'aluminium.



● Ainsi traitée l'eau passe dans des cuves dites « flocculateurs », où des agitateurs à palettes la brassent lentement. Le « floc » s'agglomère alors en éléments plus gros qui sont maintenus en mouvement avec le charbon actif, dans toute la masse d'eau pendant la durée du brassage, soit une demi-heure environ.

A la sortie des flocculateurs, l'eau est dirigée dans des bassins de décantation, où le floc englobant le charbon actif, se dépose.

Les compartiments de décantation se présentent comme une superposition de couloirs à circulation horizontale. Cette disposition en étages permet de multiplier les surfaces de décantation.

Décantée, l'eau traverse des filtres à sable, qui retiennent les dernières particules de floc et de charbon actif en suspension. Une couche de sable de 1,40 m d'épaisseur et de granulométrie de 1 mm, reposant sur une dalle drainante en béton poreux, elle-même supportée par des dalles en béton armé perforées, constitue le lit filtrant.

L'eau pénètre au-dessus du sable par des vannes placées dans le mur du canal de répartition d'eau décantée. L'eau filtrée est collectée en dessous du fond drainant par un caniveau.

La régulation ajuste automatiquement le débit des filtres au débit d'eau brute. Quand le colmatage a atteint une valeur limite, la couche de sable est régénérée par lavage, grâce à un procédé de retour d'eau avec soufflage d'air simultané. Ces opérations de lavage sont réalisées automatiquement.

Dernier stade du traitement, l'eau est enfin soumise à l'action de l'ozone. Le traitement d'ozonation est réalisé par barbotage d'air ozoné dans l'eau. La chaîne de traitement par l'ozone comprend :

- une station de surpression d'air,
- une installation de dessiccation d'air par le froid et le gel d'alumine permettant d'obtenir un air rigoureusement sec. Le « point de rosée » atteint est compris entre - 50 °C et - 70 °C,
- des ozoneurs à effluve électrique.

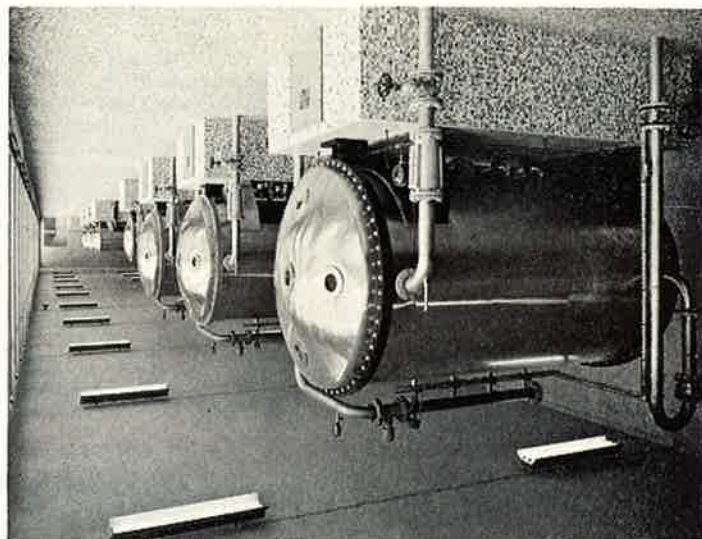
L'ozoneur est un appareil tubulaire en acier inoxydable. L'air desséché y circule dans des espaces annulaires dans lesquels on produit un effluve électrique en appliquant une tension alternative élevée (12 000 à 20 000 V.),

● des cuves à circulation d'eau en chicane équipée de diffuseurs en céramique qui répandent l'air ozoné en très fines bulles dans le courant d'eau.

Les taux de réactifs sont constamment adaptés en laboratoire aux variations des caractéristiques de l'eau brute (Jar-Test).

Le laboratoire dispose des appareils permettant de faire toutes les mesures physico-chimiques classiques et d'effectuer des mesures plus fines : substances extractibles au chloroforme, teneur en détergents, en phénols, etc... En particulier, un analyseur continu, muni d'un programmeur permettant des interrogations successives, enregistre en permanence les teneurs en phénol et en détergents de l'eau avec une très grande précision.

Le laboratoire contrôle l'efficacité du traitement en effectuant des mesures physico-chimiques sur l'eau aux divers stades de son épuration.



Les ozoneurs (Usine de Méry-sur-Oise).

Voici les taux de traitement :

Hypochlorite de sodium 0 < < 40 ppm.

Charbon actif 5 < < 60 ppm.

Chlorure d'aluminium 0 < < 50 ppm.

Ozone 2 < < 4 ppm.

Le temps de traitement global dure environ 3 h 30, se répartissant ainsi : floculation 1/2 h, décantation 2 h, filtration 3/4 h, ozonation 1/4 h.

Les chiffres ci-dessous font ressortir l'efficacité du traitement :

Oise	pH 20 °C	résis- tivité 20 °C	turbi- dité	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Fe	Mn	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Mat. Org.
Eau brute	7,50	1 767	246	0,39	25	0,28	0,05	57,3	5,99
Eau traitée	7,7	1 490	1	0,02	48	0,04	0	57,3	1,45

En étiage normal, en dépit de la présence de déchets dans le Bassin, l'eau de l'Oise, après avoir été traitée et affinée par l'emploi combiné du charbon actif et de l'ozone, n'a plus aucun goût, ni odeur d'origine chimique ou organique. Par suite de l'absence de dilution, en période de sécheresse exceptionnelle, on assiste à une augmentation de la pollution de l'eau brute dont se ressentent quelque peu les propriétés organoleptiques de l'eau distribuée.

### III.2. Autres filières.

Toutes conditions étant égales par ailleurs, on pourrait utiliser au lieu d'hypochlorite de sodium, du chlore qui nécessite des précautions de stockage ou du bioxyde de chlore. Le coagulant pourrait être du chlorure ferrique, du sulfate d'aluminium, du sulfochlorure ferrique ou du sulfate de fer.

Il est intéressant de noter que les distributeurs d'eau procèdent actuellement à des essais, financés par l'Agence de Bassin Seine-Normandie, d'utilisation d'un déchet, le sulfate ferreux (FeSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O). Ce sous-produit de la fabrication du dioxyde de titane s'oxydant dans l'eau de mer, donne ce que l'on convient d'appeler les « boues rouges ».

En ce qui concerne l'équipement, des décanteurs non plus horizontaux mais verticaux « à voile de boue », peuvent être utilisés. Plus récemment on introduit du microsable pour servir de support au floc (procédés Fluorapid et Cyclofloc). La vitesse de déversement atteint 8-10 m/h (au lieu de 1-2 m/h avec l'équipement classique).

Un ouvrage de même débit pourra être de dimension deux fois moindre, ce qui est intéressant sur le plan des investissements (Génie civil...).

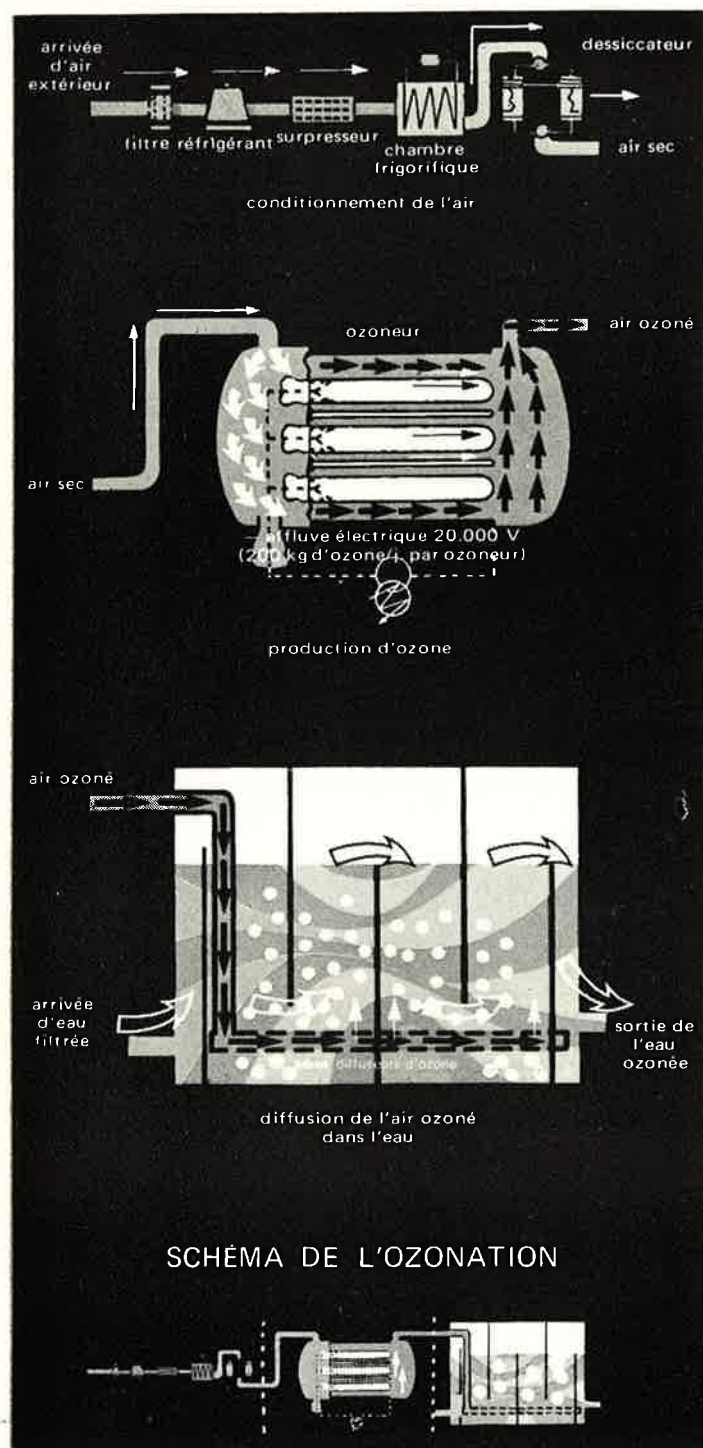
### III.3. Controverses sur le traitement de l'eau de surface (31, 32, 33).

Le métier de traiteur d'eau est rendu plus difficile par l'extension des pollutions et en particulier des micropolluants. Les eaux brutes contiennent souvent à l'état dilué, des substances (parfois très récentes et mal connues) produites par synthèse, et dont les effets organoleptiques et sanitaires sont à étudier. Il s'agit d'éviter toute possibilité d'effet cumulatif toxique pour le consommateur.

Aux États-Unis, en particulier, on a traité pendant plusieurs décennies, l'eau au moyen de chlore gazeux utilisé à des doses très élevées. Le résultat est un goût prononcé de chlore, d'où peut-être cette habitude nord-américaine de boire glacé, le goût de chlore étant alors partiellement dissimulé. L'ozone n'était par contre pratiquement pas utilisée. Les résultats de nombreuses études menées par l'E.P.A. (Environmental Protection Agency) à la suite des problèmes aigus de New-Orléans (où l'on a trouvé dans l'eau distribuée des teneurs importantes en organohalogénés) inciteront à prendre en considération la filière française, non sans retard.

#### IV. Le système d'alerte à la pollution

L'usine de Méry puisant sa matière première au « fil de l'eau », les exploitants ne disposent que d'un temps très court pour effectuer les analyses et les ajustements de traitement quand la pollution aborde la prise d'eau (voire, en cas de pollution très grave jamais encore rencontrée, d'arrêter le pompage pendant le temps nécessaire à ce que la vague de pollution descende en aval).



Depuis 70 ans, Nice distribue de l'eau traitée à l'ozone, méthode adoptée à Moscou, Singapour, Montréal...

En effet, il semble bien qu'à doses importantes, le chlore agit chimiquement sur les divers résidus contenus dans l'eau et forme des composés chlorés. D'autre part, une récente étude de l'O.M.S. montre que le chlore ne peut pas détruire certaines substances toxiques, cancérigènes, voire mutagènes. Ainsi des acides nucléiques provenant de virus pourraient survivre à plusieurs chlorations.

Plusieurs municipalités des U.S.A. envisagent maintenant d'adopter l'ozonisation, en particulier Houston où une usine est en construction.

La détection des pollutions implique une surveillance de la rivière en amont du point de captage et à un endroit clef.

En 1972, a été créée, en amont de Méry, une station d'alerte, à Boran-sur-Oise. Ce poste assure l'analyse automatique de la qualité de l'eau et la transmission des mesures à Méry-sur-Oise (1°, pH, potentiel Redox, O<sub>2</sub> dissous, opalescence, conductivité).

On y a essayé le « test poisson » qui constitue une sorte de « test global » de pollution. Les appareils de mesure relatifs à tous les produits indésirables qui risquent de se trouver accidentellement dans l'eau n'existent pas. Par contre les poissons sont sensibles au milieu liquide dans lequel ils se trouvent. Chaque truite est placée dans un aquarium longitudinal dont l'eau brute, prise dans la rivière, est renouvelée en permanence (22). Elle est soumise à un courant assez rapide. L'alarme est déclenchée lorsque le poisson affaibli par un empoisonnement, se laisse entraîner vers l'aval de l'aquarium.

Un seul laboratoire automatique en amont d'une usine de traitement d'eau potable n'est pas suffisant. En effet, il ne renseigne pas le traiteur d'eau sur l'évolution de la nappe polluée au fur et à mesure qu'elle descend vers l'aval.

La station de Boran a eu le mérite d'une part d'être la première du genre en France, d'autre part de souligner la nécessité de constituer des réseaux de surveillance plus rapprochés des usines d'eau, enfin celle de « développer » des instrumentations d'analyses spécifiques, alors inexistantes.

Grâce à une collaboration entre traiteurs d'eau et les entreprises d'instrumentation, on sait maintenant mesurer de façon fiable :

- les toxiques Hg, Pb, Cd, Zn, Cu, Se, Mn, Chrome VI, As, Ni, par polarographie,
- les nitrates, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, CN<sup>-</sup>, SCN<sup>-</sup>, S<sup>2-</sup>, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> par des électrodes spécifiques,
- les phénols par chromatographie,
- le truitomètre a été modifié de façon à pouvoir être thermostaté (un vortex y a été créé),
- la vitesse « moyennée » de la rivière est mesurée.

Un miniprocesseur prend en charge les problèmes provenant de la dérive et de l'étalonnage des appareils de mesure.

En conclusion, il semble souhaitable que chaque usine de traitement d'eau puisse disposer d'une chaîne de laboratoire et de contrôle, afin de suivre de beaucoup plus près le phénomène. Une telle « chaîne » de laboratoires automatiques de contrôle doit être prochainement réalisée le long de la Marne, sous la maîtrise d'ouvrage du Syndicat des Communes de la Banlieue de Paris pour les eaux, avec l'aide de l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie.

#### V. Recherche et développement\*

*Innovier c'est aller de l'avant sans abandonner le passé* (S. Cubrick).

Le domaine de la recherche et du développement dans le domaine de l'eau est particulièrement vaste parce que interdisciplinaire.

Nous voudrions seulement souligner certains aspects particulièrement à prendre en considération du point de vue de l'exploitant et du consommateur.

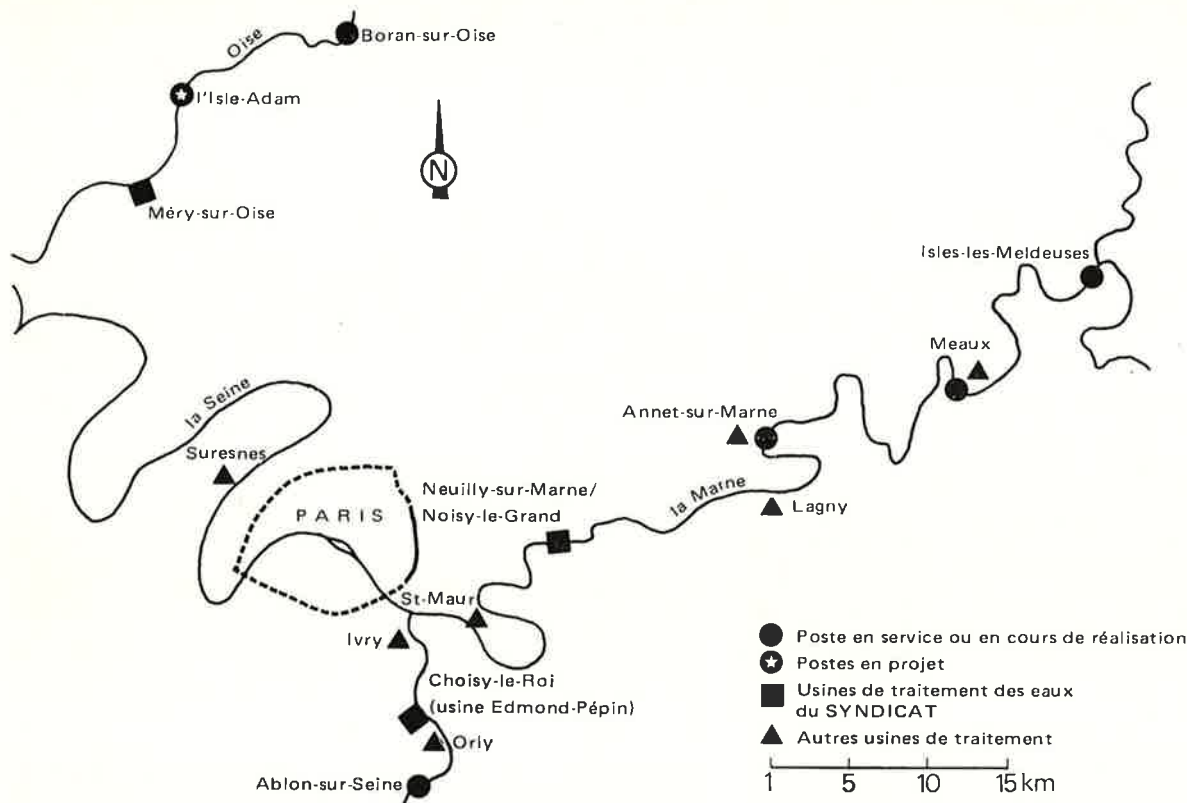
##### Réserves

- Construction de barrages, réservoirs supplémentaires (barrage sur l'Aube, barrage de Villers sur la Loire).
- Recours aux nappes souterraines en cas de pollution grave Des expériences de réalimentation de l'Albien ont été réalisées à Noisy-le-Grand. L'usine d'Iteville (Essonne) qui peut faire appel concurrentiellement soit à l'eau de la nappe, soit à l'eau de la rivière, présente, du même point de vue, une souplesse intéressante.

##### Traitement

- Storage avant le traitement proprement dit.
- Traitement biologique avant le storage avec ensemencement éventuel au moyen de bactéries (storage activé),

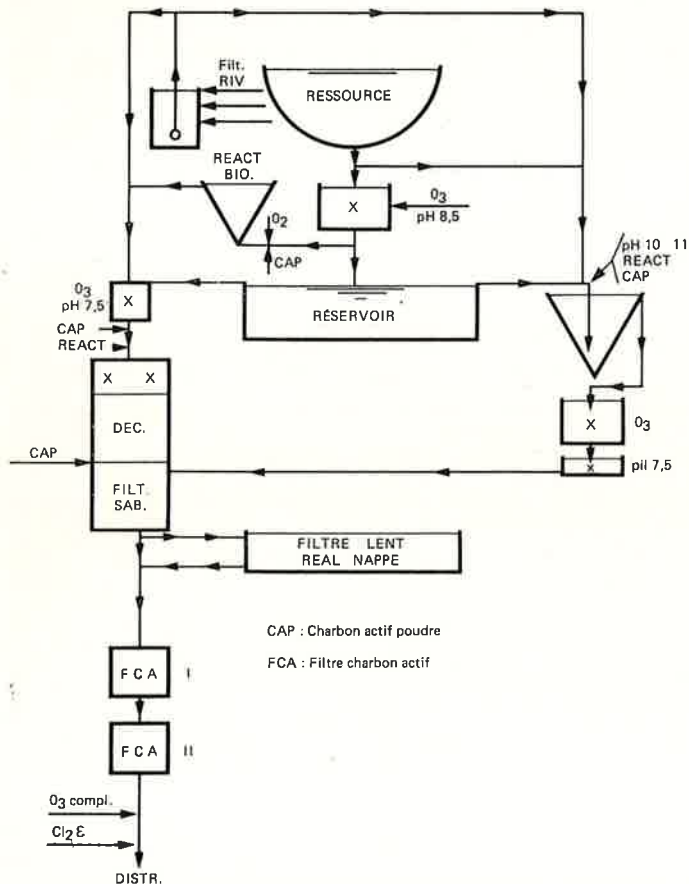
\* Références 20, 23, 30.



Syndicat des communes de la banlieue de Paris pour les eaux :  
les postes d'analyse automatique à l'entrée de la région parisienne en service ou en projet.

- Préozonisation de l'eau avant ajout d'hypochlorite de sodium.
- Utilisation conjointe du charbon actif en poudre et en granulés.
- Filtres mixtes sable-charbon actif, double filtration.

- Utilisation massive de charbon pulvérulent.
- Les micropolluants, étude de leur toxicité à long terme \*.
- Liens entre les paramètres globaux de l'usager (goût, odeur, couleur, limpidité) et des paramètres scientifiques.
- Meilleure connaissance des corps dissous.



Filières de dépollution spécifique (30). AGTHM Tours 1976.

Ces techniques ont amené à proposer, dans le cadre d'une étude O.C.D.E., la filière complexe comprenant (30), une préozonation, différents stades biologiques (dont notamment une filtration biologique sur charbon actif), un traitement traditionnel physico-chimique, plusieurs filtrations successives sur charbons actifs spécifiques de nature différente.

## VI. Transport et pertes dans les réseaux

Les conduites principales sont en béton armé avec âme en acier. Leur pose dans des zones souvent très urbanisées soulève des problèmes importants. Ceux-ci sont résolus grâce à des techniques spéciales (galeries à grande profondeur, forages horizontaux par poussage direct des tuyaux sur plusieurs centaines de mètres...) utilisées également pour les traversées de routes à grande circulation, de lignes de chemin de fer ou même de rivières.

On ne saurait trop insister sur l'incidence financière du transport de l'eau soit dans la partie adduction, soit dans la partie distribution : le coût posé d'un kilomètre de canalisation en béton armé dans la Banlieue de Paris avoisine celui d'un kilomètre d'autoroute en rase campagne. La lourdeur de l'investissement, canalisations, sa maintenance peut être imputée à près de 70 % du coût de l'eau (0,50-2 F/m<sup>3</sup> environ).

Tout circuit de transport de fluides a des fuites. Pour l'exploitant, il s'agit de les contenir dans une limite raisonnable de telle sorte que le rendement du réseau atteigne 80-90 %. Or, certains réseaux d'eaux ont un rendement ne dépassant pas 50 % \*\*, explicable d'une part, par une conception inadaptée aux besoins actuels du réseau, et (ou) une insuffisante maintenance due à un manque de crédits.

\* L'avenir à terme des divers procédés sera peut-être conditionné par leur efficacité vis-à-vis des micropolluants (35).

\*\* Fêlure circulaire sur une conduite en fonte de 80 mm : 300 m<sup>3</sup>/jour. Une fuite de type chasse d'eau à peine perceptible entraîne l'écoulement de 250 litres/jour, soit 90 m<sup>3</sup>/an alors que la consommation moyenne d'un pavillon est inférieure à 200 m<sup>3</sup>/an.

Par une bonne gestion (réparation puis détection régulière et systématique des fuites), les rendements par exemple d'Alberville, Sens... ont été augmentés de façon appréciable.

A l'époque gallo-romaine les villes, par exemples Lugdunum (Lyon), étaient alimentées par des eaux de source : trois canalisations indépendantes provenant de trois massifs montagneux distincts les amenaient à des fontaines publiques et aux particuliers. Le système de distribution était sophistiqué : il comprenait des siphons de plusieurs dizaines de kilomètres, des aqueducs... L'eau de rivière était principalement utilisée pour les activités industrielles (textiles, céramiques, tanneries) installées sur les bord du Rhône.

Les invasions barbares ruinèrent cette organisation remarquable à bien des égards.

## Conclusion

Il se manifeste un oubli progressif des conditions naturelles de la création des ressources en eau. La gestion de l'environnement dans les zones non urbanisées suscite bien souvent l'inquiétude. D'autre part, les processus de concentration urbaine et industrielle provoquent des sollicitations considérables du milieu naturel, que cela soit au niveau des prélèvements d'eau ou à celui des rejets puisque des activités économiques très diverses produisent des déchets. Les pénuries d'eau potable qui se sont manifestées ponctuellement en France se développeront-elles ?

Tout dépendra de la manière dont l'eau sera gérée : soit utilisée pour satisfaire des besoins véritables, soit gaspillée comme vecteur d'évacuation de déchets. Ainsi, souvent, par défaut d'information et par manque de réflexe écologique, des eaux de surface et de nappes ont donc été polluées.

Les traiteurs d'eau, dans les grandes agglomérations, doivent, pour des raisons quantitatives, faire souvent appel aux eaux de surface dont la qualité est le reflet des bassins ayant subi des pollutions.

Les procédés utilisés, de notoriété parfois internationale, permettent de fournir le plus souvent au consommateur une eau satisfaisante au point de vue de l'hygiène et des qualités organoleptiques.

Il est toutefois extrêmement important, en diminuant la quantité des déchets produits, par la révision des filières de fabrication, en valorisant les sous-produits, de diminuer plus que par le passé la quantité de déchets rejetés dans l'environnement.

De telles actions permettent d'augmenter les volumes disponibles et d'améliorer la qualité de l'eau brute.

Ces efforts de toutes sortes correspondent à l'aspiration croissante des plus jeunes générations à vivre en meilleure harmonie avec la nature. Les problèmes actuels posés par la pollution sont par ailleurs un exemple des conséquences de la parcellisation de connaissances (les ingénieurs pendant des générations, n'ont pas reçu de véritable formation écologique-biologique) et de l'absence de communications efficaces entre, d'une part, les diverses disciplines scientifiques et technologiques, et d'autre part le pouvoir politique. En d'autres termes, les problèmes de l'eau sont un reflet de l'aménagement du territoire.

## Remerciements

L'auteur présente ses remerciements à :

Monsieur Buson A.F.B.S.N.,

Monsieur Chedal, Ingénieur principal, Compagnie Générale des Eaux,

Monsieur Duteng, Ingénieur, Compagnie Générale des Eaux,

Monsieur Dutil, Directeur de la Station Agronomique I.N.R.A. de Châlon-sur-Marne,

Monsieur P. L. Girardot, Directeur de la Compagnie Générale des Eaux,

Monsieur B. Gontard, Directeur général de S.A.R.P.-Industries,

Monsieur Jachimiak, section Déchets Industriels, Service du Problème des déchets, Ministère de la Qualité de la Vie,

Monsieur Lefrou, Chef du service des problèmes de l'eau, Direction de la prévention des pollutions et des nuisances, Ministère de la Qualité de la Vie,

Monsieur Leroy, Ingénieur principal, Compagnie Générale des Eaux,

Monsieur Lesouef, Chef du Service des études, A.F.B.S.N.,

Madame Lhéritier, Chef du Laboratoire Central, Compagnie Générale des Eaux,

Monsieur Morange, Direction générale, Compagnie Générale des Eaux,

Dr. Pierre Pichat, bactériologiste.

Monsieur Valin, Ingénieur en chef, C.T.E.,

Monsieur Vigoure, Ingénieur, Compagnie Générale des Eaux.

## Bibliographie succincte

- (1) F. Ramade, *Éléments d'écologie appliquée*, Édiscience Paris.
- (2) Commissariat au Plan, *Rapport des Commissions du 6<sup>e</sup> Plan 1971-1975* (« Eau »); *Rapport du 7<sup>e</sup> Plan*.
- (3) P. F. Ténière-Buchot, *La prise en compte du problème de l'échauffement des eaux dans le bassin de la Seine*, Bulletin de l'Agence de Bassin Seine-Normandie n° 17, décembre 1972.
- (4) *Les Annales Agronomiques*, Numéro spécial 1975 sur la pollution.
- (5) H. Decampes, *La Vie dans les cours d'eau*, Que sais-je.
- (6) J. Anthony Young, *Congrès d'Amsterdam*, Sept. 1976, *Control of water supply demand*, « Traitement de l'eau ».
- (7) *Mémento technique de l'eau*, Dégrémont 1975.
- (8) *L'eau pure*, *Protection de la nature* : de nombreux numéros, en particulier janvier-février 1974. *Le rôle de la forêt pour la protection des eaux*.
- (9) I.N.R.A., Centre de Rennes, *Laboratoire des sciences du sol*, *Premières données sur le rôle du bocage dans la circulation de l'eau* Ph. Mérot, C. Cornet, J. L. Moutex, F. Pignault (Sept. 75).
- (10) J. Fripiat, *Les argiles*, *Annales des Mines*, Paris 1976.
- (11) *Problèmes posés par l'exploitation intensive des surfaces en herbe en Hollande E.N.S.A.I.A.*, cycle de fertilisation, 23 avril 75, M. Van der Malen.
- (12) *L'insertion du problème des déchets dans l'économie industrielle et l'environnement A.G.H.T.M.*, 12 mars 1974, Michel Kester.
- (13) *La lutte contre le gaspillage une nouvelle politique économique, une nouvelle politique de l'environnement*; *Ministère de la Qualité de la Vie G.I.E.E.*, *Documentation Française* 1974.
- (14) *Pour une bonne gestion des déchets industriels*, *Hommes et Techniques* n° 351, Février 1974, Ph. Pichat.
- (15) *Economics and the Environment*; *A material balance approach*; Allen V. Kreese, Robert U. Ayres, Ralph C. d'Arge *Dist John Hopkins Press*, Baltimore and London.
- (16) *Economies de matières premières et recyclages*, *Annales des Mines*, juin 1975, articles 1, 2, 3, 4, 5 et 6.
- (17) Seratrad : *Aspects administratifs et juridiques du problème des déchets*. *Étude effectuée pour le compte du Ministère de l'environnement* (1974).
- (18) J. Vernier, *La bataille de l'environnement*, Éditions Robert Laffont Paris 1971.
- (19) *La réutilisation des déchets dans les travaux publics et la construction*. *Journal des Matériaux*, Octobre 1975, Ph. Pichat.
- (20) *Stages d'études des problèmes de l'eau*, Centre de Perfectionnement Technique 1976, Rueil-Malmaison. MM. Garancher, Mazoit, Picart, Balette, Festy, Labonde, Vial, Alliez, Cabridenc, Garein, Dubois, Eymard, Laurent, Gauthier, Renaux, Lery, Hellot, Leyganie, Boeglin, Monzie, Grauby, Peytavin, André, Charbon, Bremond, Quevauviller, Schneider, Valiron, Gomella, Tellier, Brouzes, Faup, Bebin, Bechac, Garein, Camilleri, Rovel, Bovijn, Cornier, Rigaud, Vigneux, Pichat.
- (21) P. L. Girardot et M. Kester, *L'Esquichage de la nappe Albienne en région parisienne*, Avril 1974, T.S.M., L'eau 141.
- (22) J. Hallopeau et B. Vallée, T.S.M., L'Eau 266, n° 6.
- (23) Cl. Truchot, et P. Philip, T.S.M., L'Eau 252, n° 6.
- (24) *L'Eau, sa pollution, son traitement*, Interview du Dr. Coin. *Études et Réalisations*, Nov. 71.
- (25) *L'élimination de l'ammoniaque des eaux potables*. M. Chedal, T.S.M., Mai 75, n° 5.
- (26) *Le problème des boues dans les installations d'épuration* Jean Bazin, Agence de Bassin Seine Normandie.
- (27) *Pollution dans la Seine, La Marne et l'Oise*, *Rapport de fin d'étude* 1975 Setude Paris, février 1976.
- (28) *Manufacturing Chemists Association, U.S.A. 1972 : Effects of Chemicals on Aquatic Life*.
- (29) *Publication O.M.S.*, *Risques pour la santé du fait de l'environnement*. Genève 1972.
- (30) *Traitement des eaux de distribution*, A.G.H.T.M., *Congrès de Tours* 1976, C. Gomella.
- (31) *Disinfection of water and wastewater using ozone*. E. W. J. Diaper, C° 1976, A.C.S. Chicago, August 26-31 1973.
- (32) *Ozonisation seen coming of age* *En. Science and T. V* 8 Nb 2 Febr. 1974.
- (33) C. and E. N. June 21, 1976, *Debate grows over water purification methods*.
- (34) *Seine-Normandie*, n° 10, Février 1971, *Le prix de l'eau pour le citoyen* F. Valiron.
- (35) M. Lefrou, *Communication personnelle*, octobre 1976.