

Outre la transformation d'un filtre à sable en filtre à Charbon Actif en Grains (CAG) pour améliorer la qualité de l'eau traitée, certaines adaptations peuvent permettre d'augmenter leur capacité de production :

– Augmentation de la vitesse de filtration par une augmentation du débit ; cette mesure est limitée par les pertes de charge supplémentaires qui apparaissent :

- dans les canalisations de sortie de l'eau filtrée et vis à vis des dispositifs de régulation de niveau (siphon partialisateur ou vanne régulée) ;

- dans la masse de matériau filtrant, où des phénomènes de dégazage risquent d'apparaître (embolie gazeuse due à une chute de pression localement trop importante).

Les vitesses maximales possibles varient de l'ordre de 5-6 m/h à 12 m/h selon la configuration du filtre (en particulier la hauteur d'eau au-dessus du sable, resp. 0,4 et 1,1 m).

Des modifications des planchers de filtres sont maintenant réalisables grâce à de nouveaux dispositifs de collecte et de lavage à contre courant sans busulures, plus compacts que les planchers traditionnels ; leur mise en oeuvre permettra de disposer d'une hauteur "utile" de filtre plus importante.

– Transformation en filtre bi-couche ; ce type de filtre présente l'avantage d'une plus grande capacité de rétention qu'un filtre à sable de même taille, et accepte éventuellement des vitesses supérieures plus facilement.

Cette transformation se fait :

- **En remplaçant la monocouche de sable** (granulométrie de l'ordre de 1mm) par une couche de sable de granulométrie 0,5-0,7 mm surmontée d'une couche d'anthracite ou de CAG de granulométrie 1,3-1,5 mm.

La hauteur des couches dépend de la place disponible dans le filtre ; il faut en particulier disposer d'une hauteur de 50 à 70 cm entre la surface du matériau et le déversoir des eaux de lavage pour pouvoir assurer le reclasse-

ment des couches après lavage ; une hauteur de matériau filtrant de l'ordre de 1 à 1,2 m est nécessaire (sable : entre 1/3 et 1/2).

Ces contraintes peuvent être impossibles à respecter avec certains filtres existants, même en rehaussant les déversoirs.

- **En modifiant les séquences de lavage :**

- abaissement du niveau d'eau sous le déversoir des eaux de lavage

- lavage à l'air seul

- rinçage et reclassement des couches à l'eau seule ; la vitesse utilisée dépend de la nature du matériau de la couche supérieure (densité) et de la température de l'eau pour obtenir une expansion de l'ordre de 30%.

L'influence de la température de l'eau sur les conditions de lavage (% d'expansion du lit filtrant) est importante et doit être correctement prise en compte par l'exploitant.

Le CAG est de plus en plus préféré à l'anthracite, parce qu'il nécessite des vitesses de reclassement plus faibles (25 à 35 m/h contre 40 à 50 m/h). De plus, son action d'adsorbant permet de bénéficier d'un complément de traitement, même si elle est alors mal valorisée :

- épaisseur de charbon faible,

- lavages assez fréquents,

- difficultés de séparation du sable et du charbon pour les régénérations.

- **En modifiant les équipements de lavage** pour assurer les forts débits instantanés demandés : pompes d'eau de lavage, canalisations (ce qui augmente fortement le coût de l'opération),...

Le développement des automates programmables facilite l'automatisation du lavage des filtres ; en effet, il est maintenant possible, à un coût raisonnable, non seulement de gérer les différentes séquences de lavage, mais aussi de gérer les arrêts des filtres en fonction de différents critères :

- Comparaison des pertes de charge dans l'ensemble des filtres d'une usine,

- Suivi et prévision de l'évolution des pertes de charge,
- Quantité d'eau disponible en fonction de la demande de production,
- Période tarifaire de l'énergie,...

L'installation de ces automates et des équipements connexes (vannes motorisées, capteurs) ne pose, en général, pas de problèmes particuliers.

La nécessaire maintenance de ces équipements n'est pas très contraignante : contrôles visuels, étalonnages périodiques, lubrification,... C'est toutefois une condition sine-qua non au bon fonctionnement de l'usine.

#### **Autres fiches à consulter**

- 16 Automatisation
- 12 Elimination des boues

# 10

## Contrôle et suivi du traitement

L'exploitant doit pouvoir suivre le bon déroulement du traitement ; cet auto-contrôle peut être périodique pour les paramètres peu variables ou à évolution lente, il doit être continu si des variations brutales sont à craindre.

Les contrôles périodiques sont réalisés en général par des analyses classiques, à l'aide de comparateurs colorimétriques et de matériels en kit faciles à utiliser ; ces équipements sont d'un coût raisonnable et donnent des résultats suffisamment fiables pour des contrôles de routine.

L'exploitant doit cependant être familiarisé avec leur manipulation ; il doit savoir exploiter les résultats obtenus en établissant les relations de cause à effet correspondantes.

D'autres tests, essais de floculation ou détermination du point critique, nécessitent un savoir-faire plus important.

Certaines analyses plus sophistiquées (COT, bactériologie,...) doivent être sous-traitées à des laboratoires équipés, à une fréquence qui dépend d'un optimum technico-économique, à déterminer en fonction des conditions locales (variations, sensibilité de la ressource,...).

Le suivi en continu de la qualité de l'eau nécessite l'utilisation d'analyseurs adéquats ; les plus fréquents sont :

- pH-mètre,
- conductivimètre,
- oxymètre,
- turbidimètre,
- résiduel de chlore ou d'ozone.

Les usines les mieux équipées mettent en oeuvre des mesures de COT, d'ammoniacque, d'aluminium, de métaux lourds,...

Lorsque des pollutions accidentelles de la ressource sont possibles et de nature à perturber le traitement, des stations d'alerte et de contrôle en continu de la qualité des eaux brutes sont mises en place ; elles utilisent les techniques décrites ci-dessus, complétées par des équipements tels que les ichyo (ou truito)

tests pour des mesures très globales de toxicité.

D'autres appareils (SCD-screaming current detector ou CCC-coagulant control center), convenablement placés, donnent des indications dont il semble qu'elles puissent permettre d'apprécier la qualité de la coagulation, avec une possibilité de régulation du processus.

Les possibilités sont donc nombreuses d'acquisition de données et le coût est à la mesure de la complexité des analyses. Dès lors, la question préalable à toute investigation consiste à définir quels sont les besoins et à quoi vont servir les données collectées.

Tous les analyseurs requièrent un entretien suivi pour éviter une dérive des résultats :

- nettoyage des sondes et des cellules de mesure, en particulier en cas de contact avec l'eau brute,
- approvisionnement en réactifs,
- étalonnage régulier.

L'entretien correct des capteurs est une condition primordiale de l'automatisation réussie d'une usine ; il faut donc concevoir les installations pour faciliter ces opérations :

- choix d'un matériel robuste,
- emplacement des sondes à choisir avec soin pour que la mesure faite soit représentative du paramètre sous analyse ; attention en particulier à ne pas être trop près du point d'injection d'un produit ou dans une zone morte à faible renouvellement,
- accessibilité des sondes : elles doivent être faciles d'accès pour leur étalonnage ;
- des équipements annexes peuvent être nécessaires et en particulier les dispositifs de nettoyage automatique (brossage ou ultrasons).

Le choix des caractéristiques de l'eau sous contrôle est primordial ; les données obtenues doivent renseigner sur le traitement à mettre en oeuvre ou sur l'efficacité de ce traitement, selon l'endroit de la mesure.

Si l'information obtenue régule l'injection d'un produit (chlore libre/chloration par exemple), le temps de contact éventuellement nécessaire doit être pris en compte : parfois plus d'une heure entre l'injection et la mesure d'un résiduel.

Certains paramètres peuvent apporter une indication de l'efficacité d'un traitement (turbidité/clarification), sans pour autant permettre le réglage de ce traitement (turbidité/taux de coagulant) ; ils seront réservés au déclenchement d'alarmes.

Il est important de conserver certains des résultats des analyses, contrôles et tests réalisés, concernant la qualité de l'eau brute et ses variations ou le traitement appliqué et l'efficacité obtenue.

Ces historiques doivent ensuite être analysés pour tenter d'optimiser le fonctionnement de l'usine.

De plus, des tentatives de modélisation mathématique des phénomènes mis en jeu lors du traitement se poursuivent actuellement ; si des résultats satisfaisants sont obtenus (et il semblerait qu'ils le soient à moyen terme), il faudra beaucoup de données pour les appliquer localement en réduisant les risques d'erreurs (analyse statistique).

L'exploitant doit donc avoir les moyens de réaliser cette collection d'informations ; la micro-informatique semble le meilleur outil actuellement disponible pour cela ; un logiciel tableur-grapheur tout simple permettra en outre à l'exploitant de faire une première interprétation de ses valeurs.

#### **Autres fiches à consulter**

- 1 Coagulation-floculation
- 16 Automatisation des usines
- 17 Personnel

# 11

## ***Aménagement des prises d'eau***

L'aménagement des prises d'eau doit être tel que la qualité de l'eau prélevée soit la meilleure possible.

– Rivières : l'eau sera de préférence prélevée sous la surface, afin de ne pas entraîner les corps flottants (feuilles, film d'hydrocarbures, débris divers,...).

Un ouvrage de dessablage peut être utile pour éliminer facilement une fraction des MES; en période de crues, cette disposition permet de "lisser" les variations de turbidité et de moins surcharger le traitement de clarification, tout en protégeant les ouvrages.

En cas de fortes fluctuations de la teneur en MES (approchant ou dépassant les 5 g/l), une double décantation, et éventuellement une double coagulation, peut simplifier la tâche de l'exploitant quant à l'ajustement des dosages, et réduire la consommation de produits. Cette configuration ne peut se justifier économiquement qu'après des essais sur le terrain. D'autre part, pour les stations confrontées à ce problème et qui possèdent un décanteur désaffecté, il peut être utile de repenser un reclassement de cet ouvrage (décanteur statique).

– Retenues : les retenues eutrophes connaissent une stratification et le choix du niveau de la prise d'eau y est très important.

Plusieurs niveaux possibles permettront aux exploitants de sélectionner le niveau de prise le plus satisfaisant (qualité d'eau la meilleure).

La fréquence de changement de prise dépend de la gestion de la retenue (niveau d'eau) et des variations de qualité de l'eau (bloom algal, mise en circulation) ; elle peut atteindre une révision par semaine.

Lorsque la prise d'eau est unique, l'usine doit faire face à des variations parfois brutales de la qualité de l'eau brute.

La tendance actuelle, en attendant la restauration de la retenue (phénomène assez lent, même si des conditions favorables sont réunies) et pour fiabiliser la production d'eau potable, consiste à déstratifier la retenue, en aérant l'hypolimnion.

Cette déstratification est réalisée au moyen d'aérateurs de surface, d'agitateurs submersibles ou d'injection d'air (rideau de bulles) ou d'oxygène dans les couches profondes ; cette opération permet d'homogénéiser la masse d'eau et de rendre plus constante la qualité de l'eau prélevée.

### **Autre fiche à consulter**

– 1 Coagulation-floculation

Le traitement de l'eau potable conduit nécessairement à la production de sous-produits (boues).

Ces boues sont constituées des composés éliminés et éventuellement des produits de traitement utilisés ; elles seront donc très hétérogènes d'une usine à une autre, en fonction des caractéristiques de l'eau à traiter :

- boues issues d'un traitement de clarification : en proportions variables, hydroxydes métalliques (selon le coagulant utilisé), matières minérales (sables, argiles, limons, CAP,...) et matières organiques ;
- boues issues d'un traitement biologique : biomasse en excès ;
- boues issues d'une décarbonatation : carbonate de calcium plus ou moins pur ;
- etc...(toutes les variantes sont possibles).

La quantité de boues produites dépend du traitement et de l'étape de production (décanteurs, flottateurs, filtres,...).

Ces boues ont longtemps été directement rejetées dans le milieu naturel ; or le milieu

récepteur n'est pas toujours apte à absorber ces rejets, qui peuvent représenter une pollution instantanée importante et incompatible avec les objectifs de qualité fixés pour cet exutoire.

La recherche d'une voie d'élimination de ces rejets, qui permet d'en réduire les nuisances, doit être concomitante avec la modernisation de la filière eau.

L'élimination de ces boues peut se faire par :

- Rejet dans un réseau d'égout sous conditions : volume acceptable par la station d'épuration raccordée au réseau, pente des conduites suffisante pour éviter les dépôts et accumulations de boues dans le réseau...,
- Stockage et déshydratation naturelle dans des lagunes : cette solution nécessite beaucoup de terrain et un climat favorable,
- Epaissement et séchage sur lits filtrants (éventuellement couverts) : cette technique semble intéressante pour les petites installations, à condition d'en optimiser la mise en oeuvre,

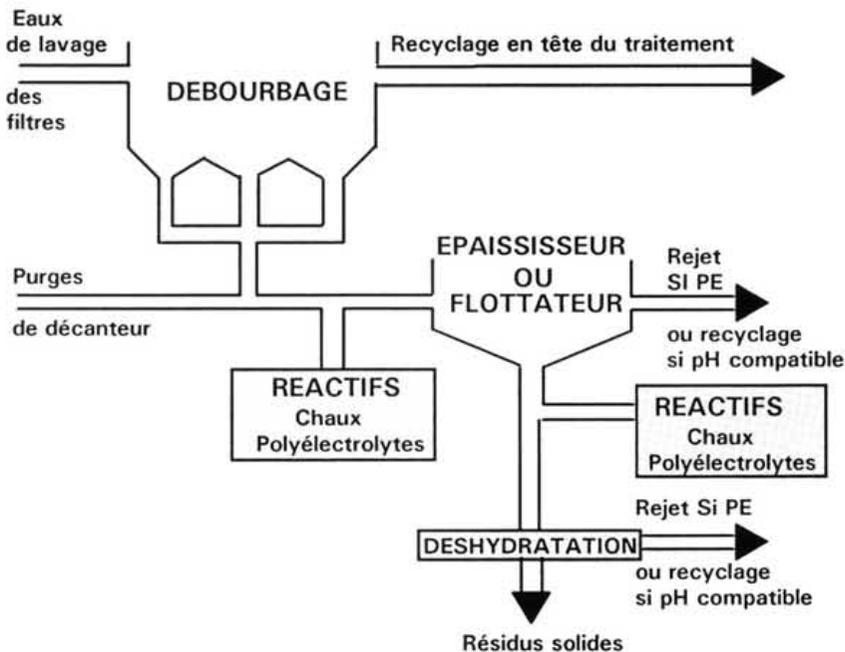


fig.10 : Filière d'élimination des boues

– Déshydratation mécanique et mise en décharge des boues séchées : c'est souvent la seule filière de traitement de boues d'eau potable qui permette d'obtenir un produit acceptable en décharge (produit pelletable). C'est souvent la seule destination possible de ces résidus, leur valorisation étant aléatoire.

Les techniques de déshydratation utilisées sont :

– le filtre-presse donne les meilleurs siccités des boues, mais au prix d'une maintenance assez importante et selon un processus discontinu,

– le filtre à bandes presseuses donne des résultats inférieurs au filtre-presse, mais fonctionne en continu,

– la centrifugation donne des résultats comparables au filtre à bandes presseuses.

En général, les boues obtenues à la sortie de la filière eau ne sont pas suffisamment

concentrées (de l'ordre de 2 à 10 g/l, sauf à utiliser une flottation) pour être admises directement sur les appareils de déshydratation.

Une étape d'épaississement préalable est donc impérative, soit par décantation, soit par flottation ; un conditionnement à la chaux et/ou au polymère est souvent nécessaire.

Les eaux de lavage des filtres peuvent être recyclées en tête de la file eau, après un éventuel débouage et lorsque l'installation peut accepter la surcharge créée, pour réduire les pertes d'eau dans l'usine.

L'élimination des boues issues du traitement de l'eau ajoute en général une usine dans l'usine, et requiert des compétences spécifiques d'exploitation et de maintenance ; le coût de ce traitement, non directement productif, engendre souvent un surcoût d'exploitation important.

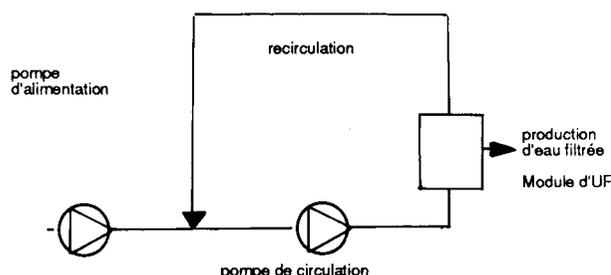
# 13

## Filtration tangentielle

En traitement d'eau potable, les techniques membranaires de filtration tangentielle commencent à connaître des applications diverses. Suivant la taille des pores des membranes, on distingue :

- **microfiltration** (taille des pores  $> 0,1 \mu\text{m}$ )
- **ultrafiltration** (taille des pores  $> 0,001 \mu\text{m}$ ).

Les membranes peuvent être minérales (microfiltration) ou organiques (micro et ultrafiltration). Selon le fournisseur, on choisira l'une ou l'autre de ces technologies.



L'utilisation de cette technique n'est autorisée par les autorités sanitaires que pour des eaux brutes de catégorie A1 ; eaux karstiques à turbidité variable, eaux souterraines ferrugineuses, eaux de surface peu contaminées.

Les résultats obtenus pour éliminer des matières en suspension sont généralement

bons, sans conduire à un encrassement trop rapide de la membrane. Par contre, l'élimination des matières organiques n'est pas aussi performante et apparaît généralement insuffisante, sans un complément de traitement (coagulation, oxydation).

Les avantages de ce procédé par rapport à un traitement conventionnel sont nombreux :

- compacité,
- rapidité de mise en oeuvre,
- facilité de mise en oeuvre : l'utilisation de réactifs est fortement diminuée voire annulée, ce qui libère l'exploitant du réglage des dosages,
- possibilité de faire appel à cette technologie dans certains cas de pollution accidentelle.

Mais il présente un certain nombre d'inconvénients :

- procédé coûteux en énergie : jusqu'à  $0,6 \text{ kWh/m}^3$ ,
- nécessité de lavages plus ou moins fréquents selon le type de membrane et la nature de l'eau pour lutter contre l'encrassement des pores, qui peut altérer grandement la productivité des modules,
- et dans certains cas, nécessité de recourir à des nettoyages chimiques, donc des produits concentrés dont il faut gérer ensuite le rejet.

# 14

## ***Elimination des micro polluants organiques***

### **1 - Solvants chlorés :**

Ces produits, du type tétrachlorure de carbone, trichloréthylène, trichloréthane, sont très volatils ; ils peuvent être de ce fait éliminés par stripping (dégazage).

Les réalisations de stripping consistent généralement en une colonne à garnissage où l'air et l'eau sont mis en contact à contre-courant.

- vitesse de passage : 10 à 15 m/h
- débit d'air/débit d'eau : 5 à 10
- hauteur de garnissage : 3 à 4 m

Les rendements d'élimination attendus sont de l'ordre de 90 % pour des teneurs initiales de l'ordre de 100 µg/l (mélange de solvants).

Le déplacement des conditions d'équilibre calco-carbonique par dégazage de CO<sub>2</sub> risque d'apparaître, entraînant une précipitation de tartre.

L'élimination peut être améliorée par adsorption sur Charbon Actif en Grains, si cela est nécessaire pour affiner la qualité de l'eau.

Certaines molécules peuvent également être dégradées par couplage ozonation-eau oxygénée ou ozonation -UV puis filtration sur Charbon Actif en Grains.

### **2 - Pesticides :**

Il s'agit actuellement principalement de composés du type atrazine, symazine qu'on peut rencontrer à des concentrations allant jusqu'à 10 µg/l ou plus dans certaines régions.

En traitement ponctuel, on utilise du charbon actif en poudre, d'autant plus efficace que le contact avec l'eau flocculée est long (appareils à lit de boue ou à recirculation). Les taux pratiqués alors sont de l'ordre de 10 à 50 g/m<sup>3</sup> à partir d'une barbotine à 100 g/l et après arrêt de la préchloration s'il y en a une.

Si les teneurs sont élevées tout au long de l'année, un traitement sur Charbon Actif en Grains permet d'éliminer correctement les composés, mais le charbon se sature assez rapidement (3 mois environ). La capacité de rétention du charbon est de l'ordre de 0,2 µg d'atrazine par g de charbon, si celui-ci est correctement choisi (elle dépend également du COT de l'eau). Une ozonation préalable améliore les conditions d'élimination, mais à des doses relativement élevées ; le traitement simultané ozone-eau oxygénée (0,3 g H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/g O<sub>3</sub>) ou ozone-UV permet d'améliorer l'élimination des triazines et d'allonger la durée de vie du charbon.

#### **Autre fiche à consulter :**

- 6 Affinage

# 15

## Déferrisation et démanganisation biologiques

### 1 - Déferrisation biologique

Certaines bactéries utilisent le fer pour se développer. Elles présentent la particularité d'oxyder et de précipiter le fer (II) dissous dans des conditions de pH et de potentiel redox intermédiaires entre celles qui caractérisent les eaux souterraines à l'état naturel et celles nécessaires aux déferrisations conventionnelles physico-chimiques.

Les conditions de croissance des bactéries dépendent de la température ( $> 5^{\circ}\text{C}$ ), du pH (6 à 8 sauf pour les bactéries acidophiles), du potentiel redox de l'eau (100 à 400 mV), de la concentration en Fer (0,1 à 30 mg  $\text{Fe}^{2+}/\text{l}$ ).

Les caractéristiques principales des installations :

- Matériau filtrant : sable de taille effective 1,3 à 2 mm
- Hauteur : 1 à 1,5 m
- Vitesse de filtration : 30 à 40 m/h
- Besoin en oxygène à adapter au potentiel redox de l'eau et fonction du pH (de l'ordre de 1,5 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ )
- Teneur en ammoniacque :  $< 0,2$  à  $0,3$  mg/l
- Teneur en sulfure :  $< 0,1$  à  $0,2$  mg/l

Le phénomène est de nature catalytique : l'oxydation du fer est très rapide et permet de combiner oxydation et filtration dans un seul appareil. On peut appliquer le procédé en amélioration des conditions de fonctionnement d'anciennes installations, ou sur des stations utilisant uniquement ce procédé.

Caractéristiques de deux stations rénovées : voir tableau ci-dessous.

### 2 - Démanganisation biologique

Certaines bactéries ont la capacité, si le fer a été préalablement éliminé, d'oxyder et précipiter le  $\text{Mn}^{2+}$ .

Les conditions de croissance sont un pH compris entre 5,5 et 8, un potentiel redox de l'eau supérieur à 200 mV, une température  $> 10^{\circ}\text{C}$  et une concentration en oxygène dissous de 3 à 5 mg/l.

Une des usines équipées avec ce procédé traite une eau brute de 0,7 à 1 mg  $\text{Mn}/\text{l}$  qui contient 0,4 à 2,0 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ , très peu de fer, et a un pH de 7,2 à 7,5.

|   | EXEMPLE 1                          |                        | EXEMPLE 2                            |                       |
|---|------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Débit   | 30 m <sup>3</sup> /h               |                        | 200 m <sup>3</sup> /h                |                       |
| Eau brute   | pH 6,2 à 6,5<br>Fe 4 à 7 mg/l      |                        | pH 7,05<br>Fe 0,6 mg/l               |                       |
| Vitesse filtration  | 6 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> |                        | 9,5 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> |                       |
| Conditions de fonctionnement Réactifs                             | Avant                              | Après                  | Avant                                | Avant                 |
|   | Chlore<br>Alginate                 | Aucun                  | Permanganate<br>Alginate             | Aucun                 |
| Cycles de filtration  | 20 h                               | 85 à 120 h             | 48 h                                 | 260 à 360 h           |
| Capacité de rétention du fer entre 2 lavages kg Fe/m <sup>2</sup> | 0,7                                | 3 à 5                  | 0,27                                 | 1,5 à 2,05            |
| Eau de lavage   | 4 %<br>filtrée                     | 0,7 à 1 %<br>eau brute | 1,1 %<br>filtrée                     | 0,15 à 0,2 %<br>brute |

Caractéristiques de cette installation :

- Débit horaire minimal : 900 m<sup>3</sup>/h  
maximal : 1 200 m<sup>3</sup>/h
- Injection d'air sous pression
- 4 réacteurs de surface unitaire : 9,62 m<sup>2</sup>
- Vitesse de filtration : 31,2 m/h
- Hauteur du matériau de remplissage :  
1,8 m
- Fonctionnement sous pression
- Cycles de filtration à 31,2 m/h : 144 heures
- Manganèse retenu : 3,6 kg/m<sup>2</sup> de surface  
filtrante.

L'ensemencement préalable des filtres raccourcit la période de mise en service de 60 à 25 jours. On constate également après des arrêts prolongés, si le filtre est conservé en eau, une reprise des performances en 5 à 6 jours. Il est nécessaire d'injecter de l'air avant le passage dans les réacteurs.

Comme pour le fer, on filtre plus vite que dans les stations de traitement physico-chimique ; les boues présentent une meilleure aptitude à l'épaississement. Les performances obtenues en démanganisation biologique sont cependant moins spectaculaires qu'en défer-  
risation.

# 16

## Automatisation des usines

Deux niveaux d'automatisation des usines de traitement d'eau potable peuvent être identifiés :

– Gestion d'équipements individualisés : ce sont en particulier le lavage des filtres ou l'asservissement des injections de produits par rapport à des valeurs de consigne (pH, teneur résiduelle).

– Gestion globale de l'usine : il s'agit alors d'opérations plus complexes d'adaptation automatique du traitement mis en oeuvre en fonction des contraintes internes et externes à l'usine (qualité de l'eau disponible, objectifs de qualité, demande en eau, économie du traitement) ; le système doit alors être capable de définir les paramètres de fonctionnement de l'usine (choix des valeurs de consigne par exemple).

De l'existence de ces deux niveaux découle l'architecture générale du dispositif :

teurs qui leur sont reliés. Ils transmettent vers le central tout ou partie des données collectées et les informations concernant les actions engagées.

Il s'agit le plus souvent d'automates programmables.

Le calculateur (microprocesseur) centralise les informations, gère les éventuelles interactions entre postes et affiche l'état et les performances des unités opérationnelles de l'usine.

Il assure en outre l'édition du "journal de bord", le stockage et l'archivage des données et leur éventuel traitement informatique.

Le calculateur peut gérer seul le fonctionnement de l'usine, en utilisant des algorithmes de calcul ou le raisonnement d'un système-expert ; il peut également laisser la main à

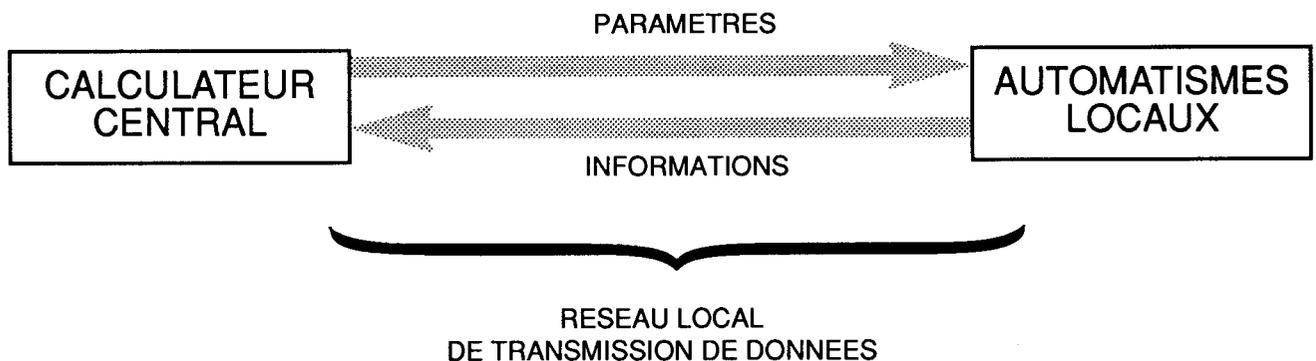


fig.11 : Automatisation des usines d'eau

La hiérarchisation et la décentralisation des niveaux de commande ainsi réalisées permettent de répondre à un impératif de sécurité primordial ; en effet la défaillance de l'un des éléments du système ne doit pas provoquer de situation de blocage.

Les automatismes locaux remplissent des rôles à rayon d'action limité, à partir de consignes qui leur sont fournies par le central, et d'informations obtenues à partir des cap-

l'exploitant de l'usine, ce qui implique une convivialité parfaite (visualisation, graphiques d'aide à la décision, commandes simplifiées,...).

L'élément complémentaire indispensable est le réseau local de transmission de données ; il doit être fiable, évolutif et ouvert vers l'extérieur (transmissions d'alarmes vers les personnels d'astreinte, consultation par minitel par exemple).

L'automatisation comporte, en plus de ces équipements de gestion, des équipements d'acquisition de données (les capteurs) et des actionneurs chargés de modifier physiquement tel ou tel état (servo-moteur de pompe doseuse, variateur de fréquence,...).

Le bon fonctionnement de ces éléments est tout aussi indispensable que celui des automates ; leur maintenance doit être suivie avec soin, d'autant qu'ils sont généralement placés dans des conditions difficiles (humidité, température,...).

Le problème de la maintenance des équipements prend une importance nouvelle dans le cas d'installations automatisées ; en effet, l'automatisation tend à réduire la surveillance humaine et ses perceptions (bruit, chaleur, fumée,...).

La maintenance préventive, gérée dans le cadre général de l'usine, permet de limiter les défaillances et les situations d'urgence.

Pour améliorer la fiabilité de l'usine, la mise en place d'une maintenance conditionnelle (ou prédictive) peut être envisagée à condition de disposer d'indicateurs efficaces.

#### **Autres fiches à consulter**

- 1 Coagulation-floculation
- 7 Corrosion-neutralisation
- 10 Contrôle et suivi du traitement
- 9 Filtration

Des moyens techniques aptes à améliorer les conditions de production d'eau potable sont disponibles, mais il serait illusoire de se satisfaire de cela sans considérer leur mise en oeuvre.

En effet, si le développement des automatismes tend à réduire le rôle de l'homme dans la conduite continue des usines de traitement d'eau, il semblerait toutefois que ce rôle reste primordial à moyen terme :

- Tout n'est pas actuellement automatisable; une matière première de qualité variable et un processus de traitement dont on ne maîtrise pas tous les paramètres, rendent le choix des doses de produits à appliquer difficile,

- Le coût de l'automatisation risque d'être prohibitif dans un grand nombre de cas et sa mise en place sera progressive,

- En cas de défaillance du système de gestion des automatismes, la reprise en manuel des installations doit toujours être possible par un personnel suffisamment qualifié.

De plus le rôle de l'exploitant ne se limite pas au choix de quelques doses de produits ; ses interventions sont multiples et variées. L'organigramme ci-après présente sous une forme synthétique les différentes tâches liées à l'exploitation d'une usine de traitement d'eau potable.

Ces tâches sont réparties en fonction des différentes spécialisations dans les services importants, mais doivent être assurées par un petit groupe (voire une personne) dans les autres cas (zones rurales en particulier).

Il est alors important que les personnels concernés possèdent toutes les compétences requises, compétences qui touchent des domaines aussi différents que la chimie, la biologie, la mécanique ou l'électricité.

Lorsque l'exploitant est "isolé" (cela peut être le cas lorsque l'exploitation est faite en régie directe dans les petites collectivités locales), il doit pouvoir non seulement exploiter son ins-

tallation, mais aussi en optimiser le fonctionnement.

Les moyens existants pour cela sont divers et complémentaires :

- formation professionnelle et perfectionnement régulier,

- lecture de périodiques spécialisés,

- participation à des réseaux d'information : association d'anciens élèves ou stagiaires, colloques et séminaires,...

Ces moyens classiques permettent le maintien à un bon niveau des compétences et de la motivation des exploitants.

D'autres moyens apparaissent actuellement pour aider les exploitants dans leur activité quotidienne :

- les systèmes-experts : la mise en service de systèmes-experts pourrait permettre aux exploitants confrontés à un problème nouveau de disposer rapidement d'éléments de réponse appropriés ; à condition toutefois qu'il existe un langage commun entre l'expert et l'exploitant, (base de connaissance commune au niveau du vocabulaire et des concepts utilisés) et que le système soit adapté à l'usine en question (facilité d'échange d'informations).

- les réseaux télématiques : l'exploitant peut avoir accès facilement à des banques de données ou à des messageries.

Par exemple, le Fichier des Produits Polluants Accidentels recense tous les produits susceptibles de provoquer une pollution accidentelle des ressources en eau, en précisant les caractéristiques de chaque produit et les traitements à mettre en oeuvre pour l'éliminer.

Des pages vidéotextes d'aide à la maintenance sont en cours de développement ; elles devraient simplifier la tâche de l'exploitant en lui apportant d'une manière simple des informations qui lui font souvent défaut et en favorisant un processus d'auto-formation en continu.

Les messageries spécialisées permettent de communiquer avec des collègues et d'échanger des expériences.

L'utilisation de ces moyens (formation, abonnements, utilisation de la télématique,...) doit être prise en compte au niveau des budgets de fonctionnement pour dégager les res-

sources financières nécessaires, comme s'il s'agissait d'une quelconque dépense d'exploitation.

### Autres fiches à consulter

- 16 Automatisation des usines.
- 10 Suivi et contrôle du traitement.

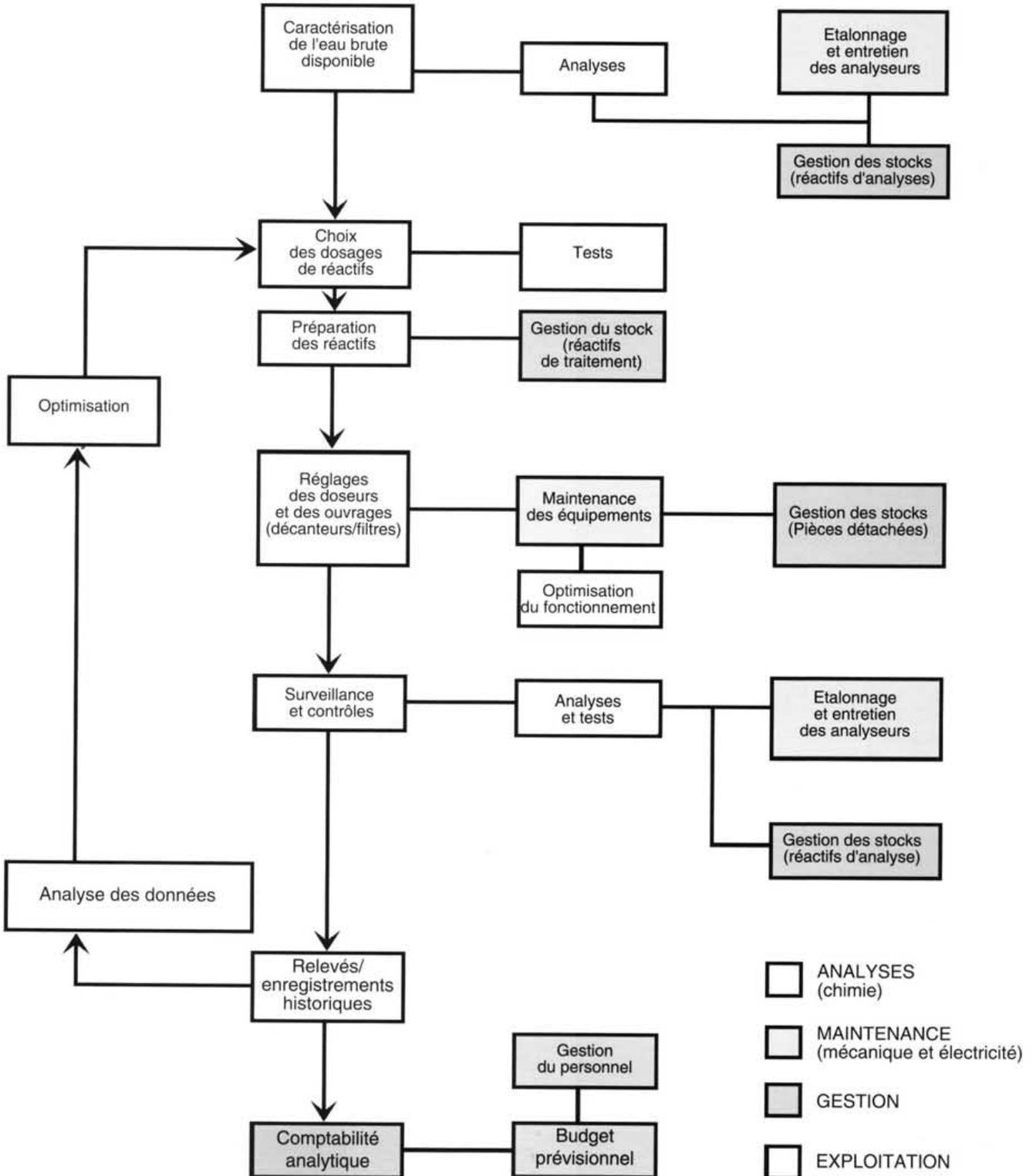
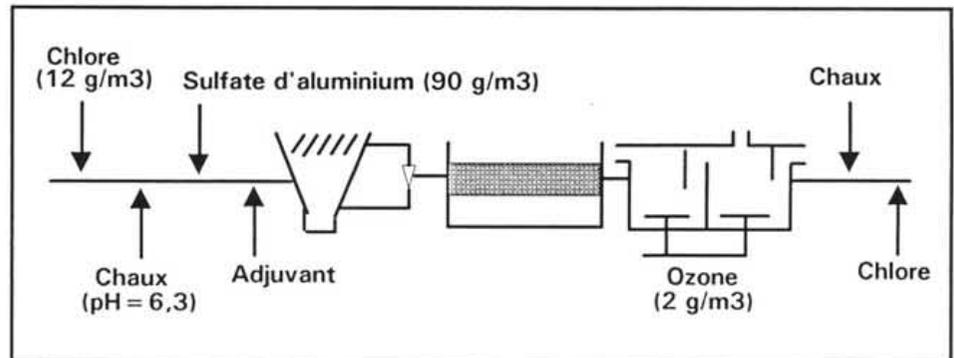


fig.12 : Rôle de l'exploitant d'usine de traitement d'eau potable



# **4 Exemples d'usines rénovées**

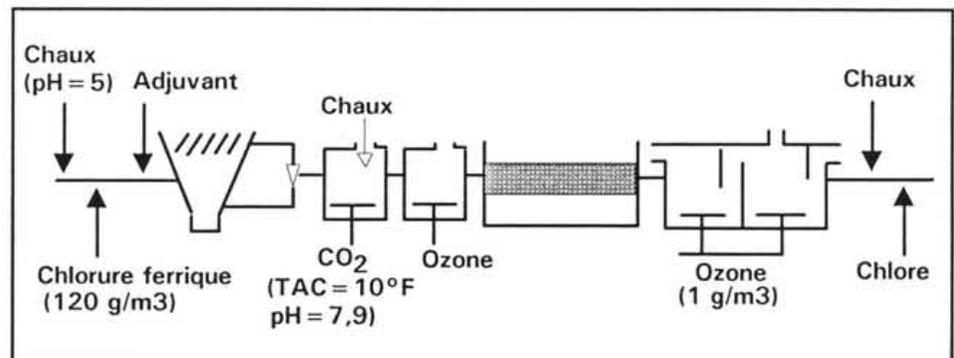
## Schéma de l'usine avant transformation



### Difficultés rencontrées

- Origine de l'eau : retenue en état d'eutrophisation (présence d'algues).
- Mauvaise élimination de l'ammoniaque par chloration au point critique, du manganèse et du carbone organique total ( $4$  à  $5 \text{ mg/l}$  dans l'eau traitée).
- Formation excessive de trihalométhanes (THM totaux : environ  $200 \text{ } \mu\text{g/l}$ ).
- Qualité biologique de l'eau dans le réseau difficile à préserver.

## Schéma de l'usine après transformation

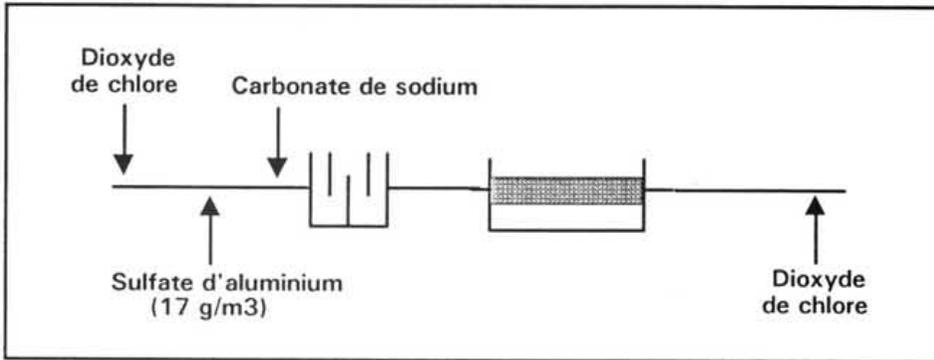


### Remarques sur la nouvelle usine

- Coagulation-floculation à pH acide pour améliorer l'élimination de matières organiques, suivie par une filtration à pH élevé pour éliminer le manganèse, favoriser la nitrification biologique et accélérer la précipitation de l'hydroxyde ferrique.
- Interozonation pour éliminer le manganèse, faciliter la nitrification et réduire l'oxydabilité.
- Teneur en matières organiques de l'eau traitée : COT environ  $2,5 \text{ mg/l}$ .
- Formation de THM réduite à environ  $20 \text{ } \mu\text{g/l}$ .
- Qualité bactériologique de l'eau dans le réseau fortement améliorée.
- Nette amélioration de la qualité organoleptique de l'eau.

## Schéma de l'usine avant transformation

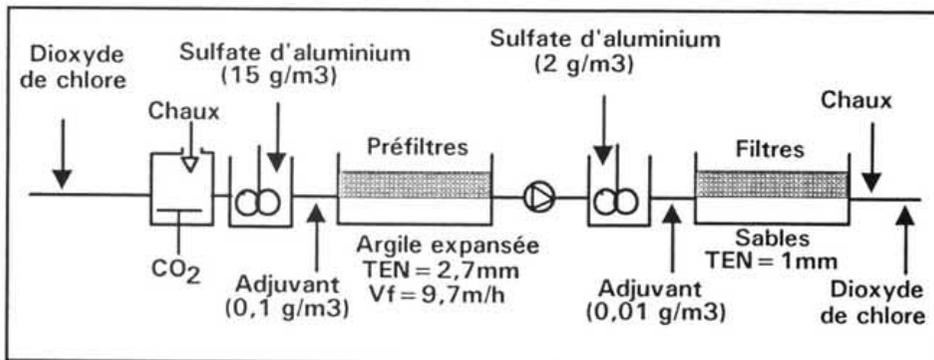
2



### Difficultés rencontrées

- Nécessité d'une augmentation de débit de l'usine (360 à 650 m<sup>3</sup>/h), mais peu de terrains disponibles.
- En période pluvieuse, mauvaise efficacité de l'usine (turbidité, matières organiques).
- Changement de ressources à prévoir : eau de rivière par eau de retenue (prise en rivière maintenue en secours).
- Eau peu minéralisée.

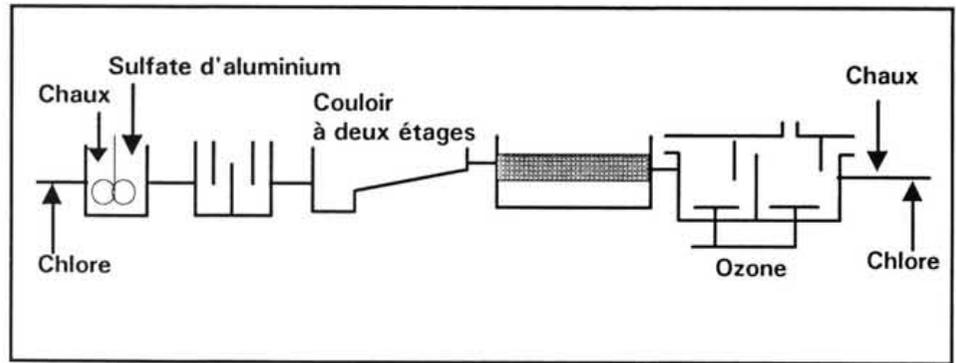
## Schéma de l'usine après transformation



### Remarques sur la nouvelle usine

- Meilleure efficacité de cette double filtration qu'une filtration bicouche en périodes pluvieuses.
- Meilleure réutilisation du Génie Civil existant qu'avec des filtres bicouches, sans arrêt de la production lors des travaux.
- Usine évoluée (alimentation à partir du lac) : augmentation de capacité (simple filtration) si la qualité de l'eau brute s'améliore.
- Réduction des problèmes de corrosion du réseau.

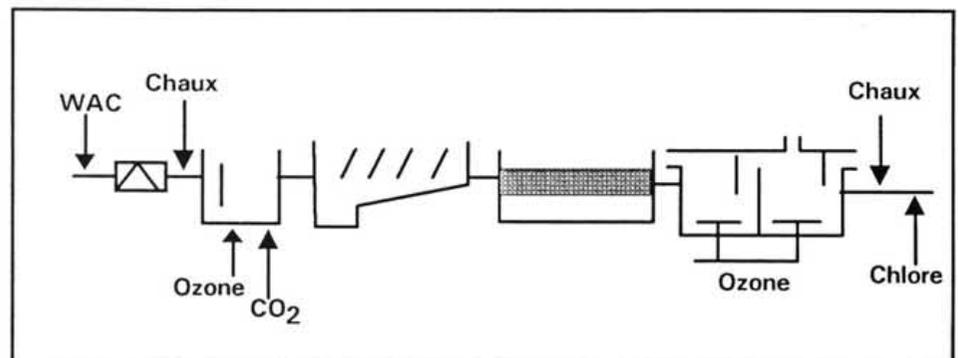
## Schéma de l'usine avant transformation



### Difficultés rencontrées

- Forte teneur en acides humiques et présence d'algues.
- Préchloration au point critique entraînant la formation de trihalométhanes.
- Eau peu minéralisée.
- Traitement globalement difficile à gérer.

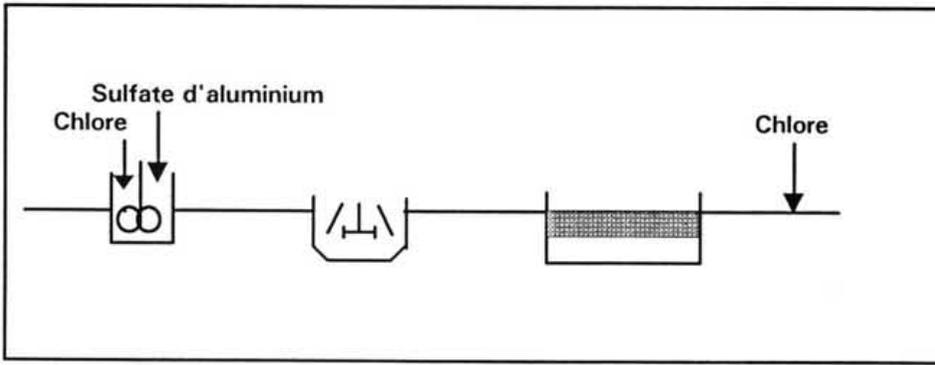
## Schéma de l'usine après transformation



### Remarques sur la nouvelle usine

- Augmentation de débits (500 à 600 m<sup>3</sup>/h) sans modification de Génie Civil.
- Meilleure élimination des algues et des matières organiques.
- Faible formation de THM.
- Meilleure maîtrise du traitement.
- Prétraitement d'ozoflottation des algues, réalisé dans l'ancien flocculateur aménagé : les fines bulles sont obtenues par balayage des poreux avec un mélange eau + CO<sub>2</sub> et on utilise l'ozone résiduel de désinfection grâce à une turbine auto-aspirante.
- La coagulation est améliorée par l'emploi d'un mélangeur statique.

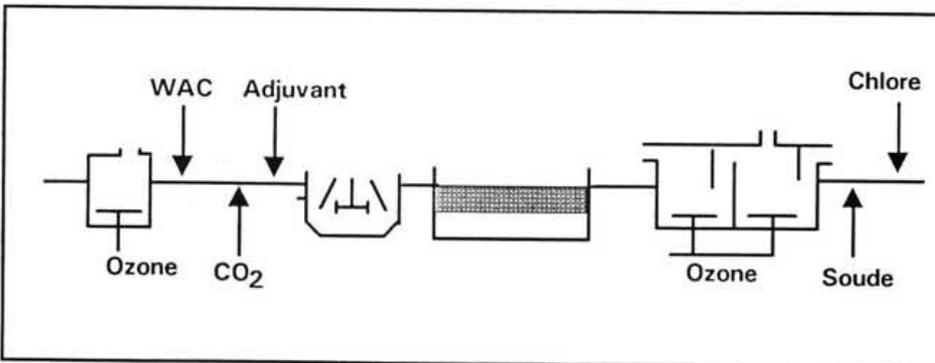
## Schéma de l'usine avant transformation



### Difficultés rencontrées

- pH de l'eau brute très variable engendrant des difficultés de traitement (présence d'aluminium résiduel).
- Mauvaise élimination de l'ammoniaque.
- Formation excessive de THM.
- Eau traitée agressive (avec TAC et TH de l'ordre de 20°F).

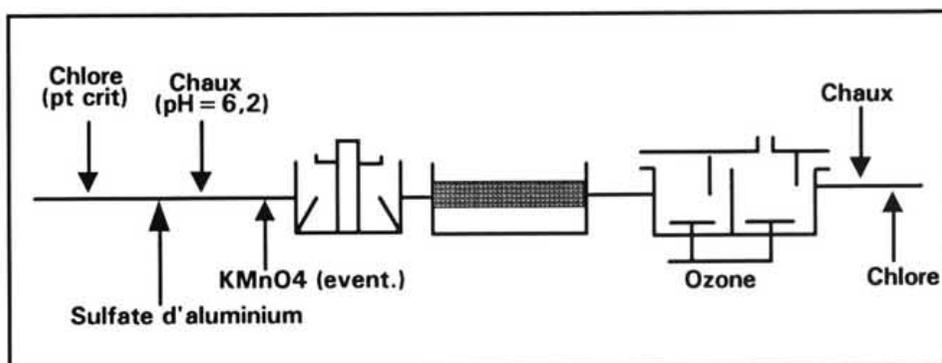
## Schéma de l'usine après transformation



### Remarques sur la nouvelle usine

- Un aménagement de la prise d'eau a été réalisé pour éviter les zones de stagnation et installer un dégrilleur.
- Le pH de floculation est ajusté au gaz carbonique en fonction du pH de l'eau brute.
- Une préchloration subsiste en secours à la préozonation.
- La soude permet la mise à l'équilibre sans apporter de dureté supplémentaire.

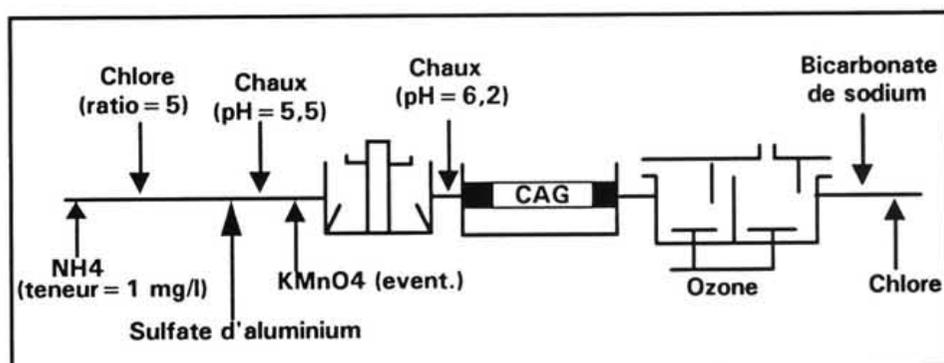
## Schéma de l'usine avant transformation



### Difficultés rencontrées

- Teneur de l'eau brute en matières organiques élevées : 8 à 12 mg/l KMnO4.
- Présence d'algues, de fer ou de manganèse.
- Formation de trihalométhanes.
- Equilibre calco-carbonique non atteint (TAC insuffisant).

## Schéma de l'usine après transformation



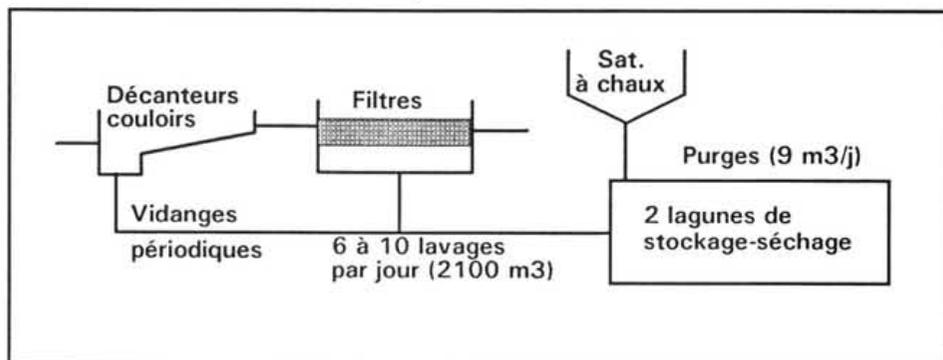
### Remarques sur la nouvelle usine

- Préoxydation à la monochloramine : maîtrise des algues et réduction des THM formés.
- Floculation à pH 5,5 qui améliore l'élimination de matières organiques.
- Les chloramines induisent une surconsommation d'ozone de l'ordre de 0,3 mg/l.

# TRAITEMENT DES BOUES

6

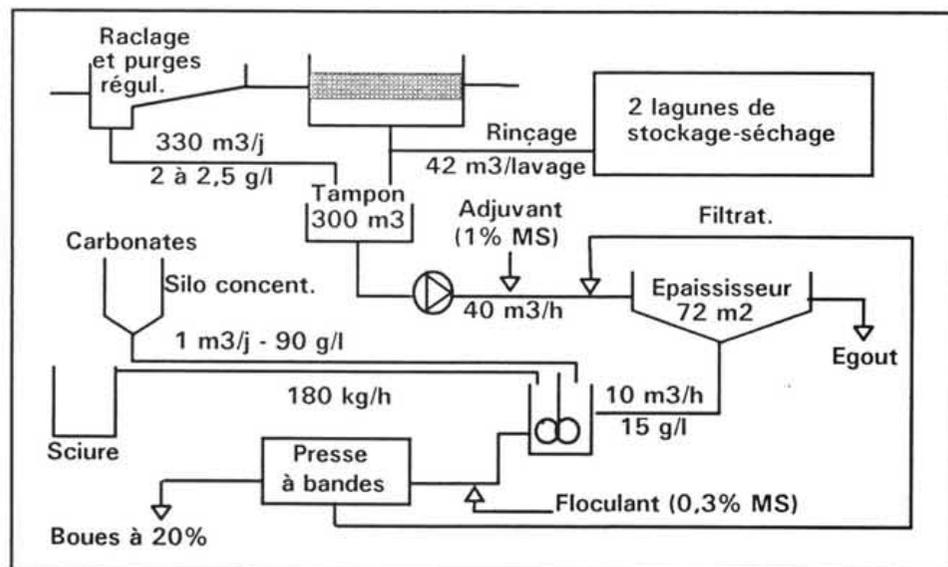
## Schéma de l'usine avant transformation



### Difficultés rencontrées

- Pertes d'eau importantes dues aux vidanges périodiques des décanteurs couloirs
- Difficultés de déshydratation des boues en lagune et curage des lagunes difficile et coûteux.

## Schéma de l'usine après transformation



### Remarques sur la nouvelle usine

- Bonne siccité des boues déshydratées (20%).
- Boues épaissies : 15 g/l.
- Eaux de rinçage des filtres peu chargées : décantation en lagune puis rejet milieu naturel ou recyclage.
- Mise en place de racleurs immergés dans les décanteurs couloirs.
- Recyclage du filtrat et des eaux de lavage de toile en tête de l'épaississeur en cas de mauvaise qualité.
- Temps de stockage possible de la boue dans l'épaississeur = 2 jours.
- Scierie à proximité de l'usine.

# 7

## Difficultés rencontrées

L'usine (100 m<sup>3</sup>/h) utilise l'eau d'une retenue très eutrophiée, qui présente :

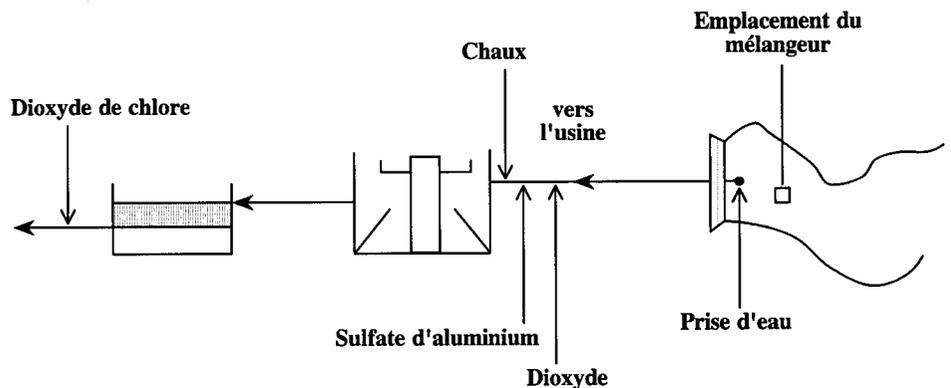
- une prolifération de phytoplancton importante,
- une stratification des eaux très marquée,
- des teneurs en matières organiques élevées,
- des variations brusques des paramètres pH, oxygène dissous, phosphate, ammoniacque.

De plus, sur l'usine, des lacunes dans le traitement sont constatées :

- le pulsator fonctionne selon des cycles très brefs (faible hauteur de marnage pour les réservoirs de sortie),
- l'eau devrait être traitée pour limiter sa corrosivité,
- le générateur de dioxyde de chlore a une capacité insuffisante

## Schéma de l'usine

(mise en place d'un mélangeur dans la retenue d'eau)



## Résultats après modification

Après l'installation du mélangeur, sur un rayon de 100 mètres, comme prévu, on constate :

- la disparition totale de stratification,
- le minimum d'oxygène dissous observé est de 3,8 mg/l,
- une constance plus grande des différents paramètres,
- la chute notable d'ammoniacque

Le mélangeur fonctionne 7 mois/an pendant la période critique.

## Remarques

Pour améliorer encore la qualité d'eau produite, il reste à rénover l'usine :

- construction conseillée d'un filtre à neutralité,
- modification de la hauteur de marnage,
- remplacement de l'installation de dioxyde de chlore.

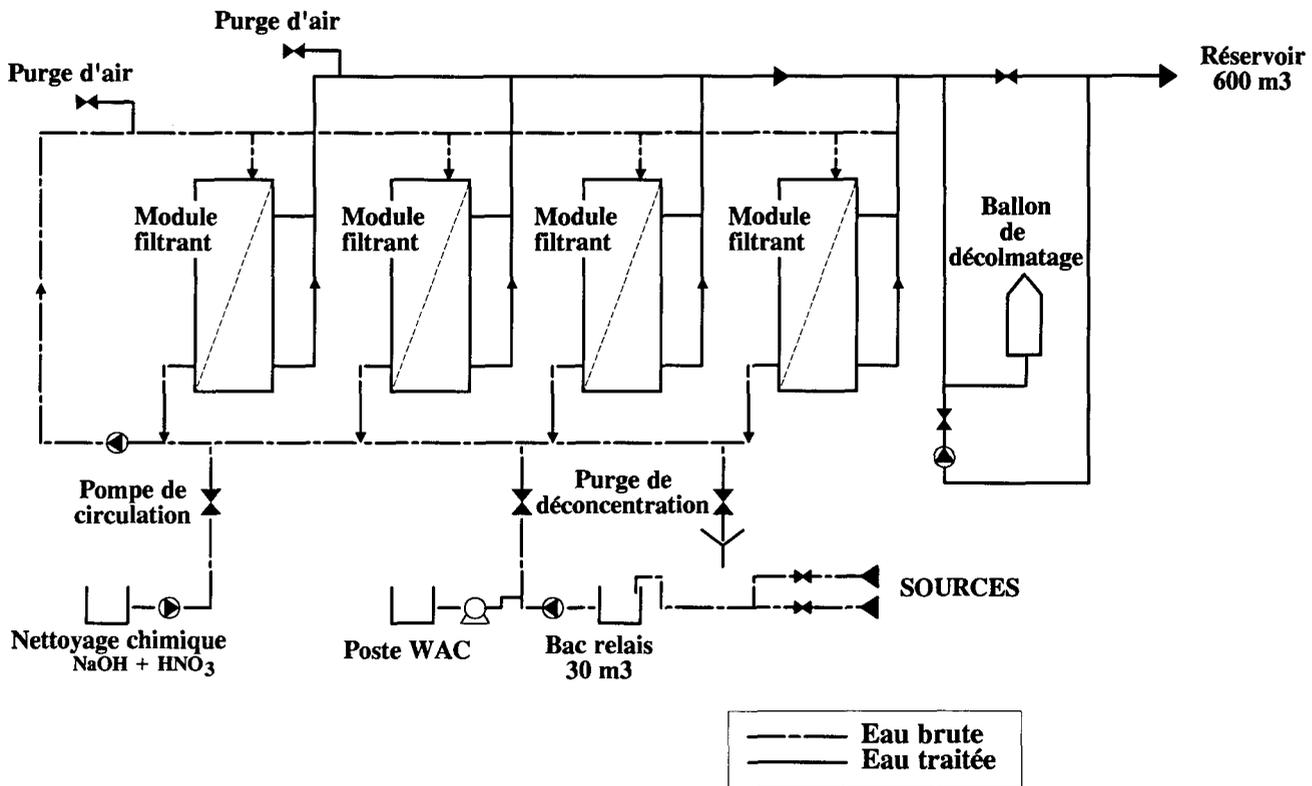
## Difficultés rencontrées

8

L'alimentation en eau (5500 abonnés, 2000 m<sup>3</sup>/j) est assurée à partir d'une ressource souterraine en milieu karstique. Toute l'année, les eaux sont de très bonne qualité, ne présentent pas d'étiage.

En épisode pluvieux par contre, la turbidité augmente rapidement (jusqu'à 115 NTU) et oblige à un pompage d'eau de surface simplement chloré.

## Schéma de l'usine après transformation



## Solution adoptée

L'usine de pompage a été équipée d'un procédé à membrane de microfiltration tangentielle, commandée par un turbidimètre.

De plus, l'analyse granulométrique a montré que la plupart des particules avait une taille inférieure à 1 mm, aussi a-t-on choisi de réaliser une injection de WAC au refoulement des pompes d'alimentation (120 ppm). La coagulation des particules colloïdales permet de déposer une précouche sur la membrane qui prévient le colmatage en profondeur.

L'eau traitée sort avec une turbidité de 0,2 NTU. L'abattement du fer et du manganèse est total, celui des matières organiques atteint entre 60 à 80 %.

## Adresses utiles

### Administrations Centrales :

- Ministère de l'Agriculture et de la Forêt  
Direction de l'Espace Rural et de la Forêt  
Sous-Direction du Développement Rural  
19, avenue du Maine  
75732 PARIS CEDEX 15  
Téléphone : (1) 49.55.54.59

- Ministère de l'Environnement  
Direction de l'Eau  
14, boulevard du Général Leclerc  
92524 NEUILLY-SUR-SEINE  
Téléphone : (1) 40.81.21.22

- Ministère de l'Intérieur  
Direction Générale des Collectivités  
Locales  
Sous-Direction des Elus Locaux  
et de la Fonction Publique Territoriale  
2, place des Saussaies  
75008 PARIS  
Téléphone : (1) 49.27.49.27

- Ministère de la Santé  
Direction Générale de la Santé  
124, rue Sadi Carnot  
92170 VANVES  
Téléphone : (1) 47.65.25.00

### Organismes Publics :

- Centre National du Machinisme Agricole,  
du Génie Rural, des Eaux et des Forêts  
(CEMAGREF)  
Parc de Tourvoie  
92160 ANTONY  
Téléphone : (1) 40.96.61.21

- Agence de l'Eau Seine-Normandie  
51, rue Salvador Allende  
92027 NANTERRE CEDEX  
Téléphone : (1) 47.76.44.24

- Agence de l'Eau Artois-Picardie  
764, boulevard Lahure  
59508 DOUAI  
Téléphone : 27.99.90.00

- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-  
Corse  
31, rue Jules Guesde  
69310 PIERRE-BENITE  
Téléphone : 72.39.48.48

- Agence de l'Eau Adour-Garonne  
90, rue du Férétra  
31078 TOULOUSE CEDEX  
Téléphone : 61.36.37.38

- Agence de l'Eau Loire-Bretagne  
Avenue de Buffon  
BP 6339  
45063 ORLEANS CEDEX 2  
Téléphone 38.51.74.74

- Agence de l'Eau Rhin-Meuse  
Route de Lessy - Rozerieulles  
BP 19  
57160 MOULINS-LES-METZ  
Téléphone : 87.34.47.00

- Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)  
27, rue Louis Picat  
75015 PARIS  
Téléphone : (1) 47.65.20.00

### Services Départementaux :

- Direction Départementale de l'Agriculture  
et de la Forêt (DDAF)

- Direction Départementale des Affaires  
Sanitaires et Sociales (DDASS)

- Direction Départementale de l'Équipement  
(DDE)

- Service Départemental d'Assistance  
Technique à l'Exploitation des Stations  
d'Épuration (SATESE)

### Centres de Documentation :

- Office International de l'Eau  
Direction de la Documentation  
et des Données  
Rue Edouard Chamberland  
87065 LIMOGES CEDEX  
Téléphone : 55.11.47.80

- Association Générale des Hygiénistes  
et Techniciens Municipaux (AGHTTI)  
9, rue de Phalsbourg  
75017 PARIS  
Téléphone : (1) 44.15.15.50.

# LISTE DES DOCUMENTS TECHNIQUES F.N.D.A.E.

|          |   |  |
|----------|---|--|
| N° 1     | L'exploitation des lagunages naturels   | 1985 disponible                                    |
| N° 2     | Définition des caractéristiques techniques de fonctionnement et domaine d'emploi des appareils de désinfection          | 1986 disponible                                    |
| N° 3     | Manuel pratique pour le renforcement de l'étanchéité des réservoirs d'eau potable                                       | 1986 disponible                                    |
| N° 4     | Plan de secours pour l'alimentation en eau potable  | 1986 disponible                                    |
| N° 5     | Les stations d'épuration adaptées aux petites collectivités   | 1986 disponible                                    |
| N° 5 bis | Les stations d'épuration - Dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation | 1992 disponible                                    |
| N° 6     | Les bassins d'orage sur les réseaux d'assainissement  | 1988 disponible                                    |
| N° 7     | Le Génie Civil des Bassins de lagunage naturel  | 1990 disponible                                    |
| N° 8     | Guide technique sur le foisonnement des boues activées  | 1990 disponible                                    |
| N° 9     | Les systèmes de traitement des boues des petites collectivités  | 1990 disponible                                    |
| N° 10    | Elimination de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités                               | 1990 disponible                                    |
| N° 11    | L'eau potable en zone rurale - Adaptation et modernisation des filières de traitement                                   | 1992 disponible                                    |
| N° 12    | Application de l'énergie photovoltaïque à l'alimentation en eau potable des zones rurales                               | 1992 disponible<br>au 2 <sup>e</sup> semestre 1992 |

## DOCUMENTS HORS SERIE

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | La gestion des Services d'eau potable - Guide à l'usage des maires des communes rurales  | 1987 disponible                                    |
|  | Situation de l'alimentation en eau potable des communes rurales en 1985                  | 1987 disponible                                    |
|  | Réseaux d'assainissement urbain : guide technique pour la réalisation d'épreuves à l'eau | 1992 disponible                                    |
|  | Elimination des nitrates de l'eau potable  | 1992 disponible<br>au 2 <sup>e</sup> semestre 1992 |
|  | Les eaux pluviales en milieu urbain  | 1992 disponible<br>au 2 <sup>e</sup> semestre 1992 |

L'ensemble de ces documents est disponible au Ministère de l'Agriculture et de la Forêt  
Bureau des Infrastructures Rurales - 19, avenue du Maine - 75032 PARIS CEDEX 15 - Tél. (1) 49.55.54.83  
Par ailleurs, les documents portant les numéros 7 - 8 - 9 - 10 peuvent être commandés au CEMAGREF - DICOVA  
B.P. 22 - 92162 ANTONY CEDEX - Tél. (1) 40.96.61.32

Achévé d'imprimer sur les presses  
de Centre Impression en septembre 1992  
Dépôt légal : 3<sup>e</sup> trimestre 1992