



# L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES

## Spécial STÉRILISATION

N° 91

## sommaire

AVRIL 1985

Pierre JOHANET et ses FILS, Editeurs  
S.A. au capital de 910 000 francs  
7, avenue F.-D.-Roosevelt, 75008 PARIS  
Téléphone (1) 359.61.29 +

Rédaction :  
Roger GICQUEAU

Documentaliste :  
Elisabeth DUROUCHOUX

Directeur de la Publicité :  
Gérard de LA PORTE

Rédaction-Publicité  
Administration-Abonnements :  
7, avenue F.-D.-Roosevelt, 75008 PARIS  
Téléphone (1) 359.61.29

« L'Eau, l'Industrie, les Nuisances  
est une publication  
P. Johanet et ses Fils S.A.

Directeur  
Vincent JOHANET

Directeur de la Publication :  
Pierre WARNIA

Distribution :  
Commission paritaire n° 56870

Prix du numéro :  
52,86 + TVA 2,12 = 55 F

Abonnement 1 an (10 numéros)  
France : 320 F (TTC)  
Etranger : 370 F

Règlement  
à l'ordre de la Société  
P. Johanet et ses Fils S.A.  
C.C.P. Paris 6507-97

Correspondant for the Subscriptions  
in U.S.A.  
OVERSEAS PUBLISHERS  
REPRESENTATIVES  
Div of Trade Media Intern Corp  
424 Madison Avenue  
NEW YORK N Y 10017.

### NOTRE COUVERTURE



Moteurs « type noyé » sans dispersion  
d'huile, sans pollution d'eau.

ROTOS MOTORI ELETTRICI S.p.A.  
Viale Cinque Giornate, 1120  
21042 Caronno Pertusella (Varese), Italy  
Tél. (02) 96.59.15 1/2/3/4  
Télex : 310623 Rotomo I.

### 11

EDITORIAL :  
*LES ANNÉES ÉLECTORALES  
SE SUIVENT*

### 13

LA CHRONIQUE

### 20

*LE TUBE EN U,  
UN NOUVEAU RÉACTEUR  
DE DÉSINFECTION DES EAUX  
PAR L'OZONE*

E. BRODARD, J.P. DUGUET,  
J. MALLEVIALLE et M. ROUSTAN

### 25

*UN NOUVEAU PRODUIT  
BIOCIDE POUR LE  
TRAITEMENT DES EAUX :  
L'AQUICAR*

M.J. DELVAUX-MONDET,  
R.G. EAGAR Jr et L. MARLIN

### 29

*PLAIDOYER POUR  
UNE TECHNIQUE D'AVENIR :  
L'ULTRAVIOLET*

J. DELTEIL

### 37

*UNE SOURCE  
DE CHLORE ACTIF :  
LES CHLOROXYANURIQUES*

P. SCOTTE

### 42

*L'ABAISSEMENT DU COT  
POUR LES EAUX  
D'ALIMENTATION  
DE CHAUDIÈRES ET  
D'ÉCHANGEURS*

G. LAMOTTE

### 43

*LE TRANSPORT EN  
CHAUDIÈRE*

A. HENIN

### 49

*LE TRAITEMENT  
DES DÉPÔTS CALCAIRES  
DANS L'EAU  
PAR LE PROCÉDÉ CEPI*

E. DEREN

### 53

*L'INFLUENCE DES NITRATES  
ET DE LA NATURE  
DU SUBSTRAT CARBONÉ  
SUR LA DÉPHOSPHATATION  
BIOLOGIQUE*

Marie-Claude HASCOET  
et M. FLORENTZ

### 58

MATÉRIELS-PRODUITS

### 61

LE CALENDRIER

### 64

LA BIBLIOTHÈQUE

### 66

*HISTOIRES D'EAU :  
EN HAUTE-VOLTA : DES  
BARRAGES VILLAGEOIS*

### 68

PETITES ANNONCES

### 68

NOS ANNONCEURS

# Plaidoyer pour une technique d'avenir : l'ultraviolet

Jean DELTEIL

Actini

Dans un article précédent, nous avons décrit le principe de la désinfection de l'eau par le rayonnement ultraviolet, et traité du cas de la ville de Thônes qui possède une station U.V. de 50 m<sup>3</sup>/heure (1).

Ce nouvel article abordera une perspective plus large. Une première partie nous permettra de commenter le développement du marché de la stérilisation U.V. et les raisons de ce développement. Dans une deuxième partie, nous passerons en revue les principales applications du système, puis nous examinerons, dans une troisième partie, quelques exemples concrets d'utilisation des ultraviolets réalisés par nos soins.

Nous chercherons à montrer à travers notre propos que le rayonnement U.V. possède le potentiel nécessaire pour devenir une méthode, à part entière, de désinfection de l'eau. Enfin, notre conclusion mettra en relief les freins relatifs à cette évolution, les améliorations techniques et les mesures à mettre en œuvre afin que les ultraviolets acquièrent enfin cette place.

## Le développement du marché

Durant les années 1970 et le début des années 1980, la désinfection de l'eau par ultraviolets a connu des progrès technologiques significatifs. Les multiples expériences lancées dans des domaines variés ont prouvé l'efficacité, la sécurité et le bon rapport qualité/prix de ce système. Les ultraviolets, principale alternative à la désinfection chimique, sont maintenant utilisés dans des domaines d'application très divers.

Aux U.S.A., les ventes de ces systèmes sont ainsi passées de 4 millions de dollars en 1978 (valeur estimée) à 15 millions en 1983. Cette augmentation de 375 % en cinq ans ne serait qu'un début, et les cinq années à venir verront vraisemblablement la transformation de cette méthode de désinfection spéciale en une technique aux multiples champs d'application. Ces bases élargies offriront une opportunité plus grande à la croissance du marché (2).

Au début des années 70, plusieurs événements ont poussé les utilisateurs, les professionnels et les bureaux d'études à chercher une alternative à la désinfection par le chlore. Il s'agit, d'une part, de la prise de conscience de ses effets secondaires; en effet comme on le sait, des réactions de

substitution ont lieu entre atomes de chlore et molécules organiques donnant naissance à des composés organochlorés (chloroforme, chlorophénol, etc.) dont la plupart sont dangereux pour l'homme et l'animal, certains appartenant à une classe de produits utilisés comme insecticides et d'autres possédant des propriétés cancérogènes reconnues.

D'autre part, le chlore présente une efficacité moindre dans la destruction des virus que dans celle des bactéries. Les virus diffèrent des bactéries par leur taille, par leur bagage génétique incomplet et par la structure de leur membrane. Essentiellement protéique, dans le cas des bactéries, elle se compose, chez les virus, de mucopolysaccharides et d'acide téchoïque. La différence de structure de ces membranes explique sans doute la relative résistance des virus aux agents chimiques: certains en effet supportent des doses de 10 mg/l de Cl<sub>2</sub> libre pendant une heure.

A cet égard, il faut noter l'excellente efficacité virulicide du rayonnement U.V. puisque la sensibilité du virus, à la longueur 253,7 nanomètres, est du même ordre que celle des bactéries.

Il faut cependant, considérer deux stades d'action des ultraviolets: l'effet bactériostatique, par dissociation des doubles liaisons insaturées des nucléoprotéines du noyau (d'où l'inhibition de la fonction de reproduction) et l'effet bactéricide où le rayonnement ultraviolet fait éclater la membrane et détruit la cellule.

A chaque micro-organisme correspond un quantum d'énergie U.V. assurant sa destruction, exprimé en micro Watts par seconde au centimètre carré (mWs/cm<sup>2</sup>); ce seuil est appelé dose létale (voir tableau 1).

Enfin d'autres aspects, notamment la sécurité dans le transport, le stockage et la manutention du chlore gazeux ainsi que des hausses de prix significatives, ont conduit à la recherche d'une solution alternative et par là, au développement de l'ultraviolet.

On ne saurait conclure sans mentionner également une certaine évolution sociologique, analysée par Jacques Cathelat, dans son Etude typologique des sociostyles des Français (3): le retour à une méthode naturelle de désinfection des eaux répond bien à la croissance du bataillon des « recentrés », attachés au retour à la nature et aux valeurs traditionnelles.

TABLEAU N° 1

QUANTITE D'ENERGIE DU RAYONNEMENT ULTRAVIOLET A 253,7 NANOMETRES NECESSAIRE A L'INHIBITION DE LA FORMATION DE COLONIES DANS 90 % DES ORGANISMES ET POUR LEUR DESTRUCTION TOTALE

ORGANISM	ENERGY $mWs/cm^2$	
	90%	100%
Bacillus	4520	8700
S. Enteritidis	4000	7600
B. Megatherium sp.(veg.)	1300	2500
B. Megatherium sp.(spores)	2730	5200
B. paratyphosus	3200	6100
Bacillus subtilis	5800	11000
Bacillus subtilis spores	11600	22000
Corynebacterium diphtheriae	3370	6500
Eberthella typosa	2140	4100
Escherichia coli	3000	7040
Micrococcus candidus	6050	12300
Micrococcus sphaeroides	10000	15400
Neisseria catarrhalis	4400	8500
Phytomonas tumefaciens	4400	8500
Proteus vulgaris	3000	7480
Pseudomonas aeruginosa	5500	10500
Pseudomonas fluorescens	3500	7040
S. typhimurium	8000	15200
Sarcina lutea	19700	26400
Serratia marcescens	2420	6160
Dysentery bacilli	2200	4200
Shigella paradysenteriae	1680	3400
Spirillum rubrum	4400	6160
Staphylococcus albus	1840	5720
Staphylococcus aureus	2600	6600
Streptococcus hemolyticus (alpha type)	2160	5500
Streptococcus lactis	6150	8800
Streptococcus viridans	2000	3800
Salmonella typhosa - typhoid fever		4100
Salmonella paratyphi - enteric fever		6100
Shigella dysenteriae - dysentery		4200
Shigella flexneri - dysentery		3400
Vibrio Comma - cholera		6500
Leptospira Spp. - infectious jaundice		6000
Poliovirus - poliomyelitis		8000
Virus of Infectious hepatitis		6600
Bacteriophage - E. Coli		4400000
Tobacco mosaic	3400	6000
Influenza		200000
Protozoa - paramecium	40000	80000
Nematode eggs		22000
Algae		
<b>Yeast</b>		
Saccharomyces ellipsoides	6000	13200
Saccharomyces sp.	8000	17600
Saccharomyces cerevisiae	6000	13200
Brewers Yeast	3300	6600
Bakers' yeast	3900	8800
Common yeast cake	6000	13200
<b>Mold Spores</b>		
Penicillium roqueforti - green	13000	26400
Penicillium expansum - olive	13000	22000
Penicillium digitatum - olive	44000	88000
Aspergillus glaucus - bluish green	44000	88000
Aspergillus flavus - yellowish green	60000	99000
Aspergillus niger - black	132000	330000
Rhizopus nigricans - black	111000	220000
Mucor racemosus A - white gray	17000	35200
Mucor racemosus B - white gray	17000	35200
Oospora lactis - white	5000	11000

pas d'effet de rémanence, c'est-à-dire que l'eau traitée ne conserve pas un pouvoir stérilisant. Ce procédé sera donc utilisé dans les meilleures conditions d'emploi, de façon décentralisée, c'est-à-dire au plus près du point d'utilisation, ou encore dans de petites localités possédant un réseau de distribution compact et de préférence en bon état. Il sera également utile comme moyen de post-désinfection à titre de complément d'autres traitements, par exemple après un filtre déchlorureur au charbon actif.

Les autres avantages de la désinfection par ultraviolets sont importants :

- meilleur spectre de destruction des micro-organismes ;
- absence de stockage et de manutention de produits chimiques ;
- élimination des mauvais goûts ;
- suppression des risques inhérents au mauvais réglage du dosage des produits désinfectants.

Aux U.S.A. et au Canada, la norme a été fixée en 1966 à 16 000 mWs/cm<sup>2</sup> ; si ce dosage permet de détruire les bactéries et les virus pathogènes, il est en revanche insuffisant pour éliminer la Giardia Lamblia un kyste qui est devenu un pathogène significatif ; mais des études menées notamment à l'université du Colorado, ont montré que l'inactivation des kystes était réalisable, moyennant une dose d'ultraviolets de 80 à 100 000 mWs/cm<sup>2</sup>.

En avance sur les pays européens, les U.S.A. étudient de nouvelles normes applicables au traitement de l'eau potable, ce qui provoquera certainement un développement important de l'usage du rayonnement ultraviolet dans ce domaine.

#### Industries, hôpitaux, laboratoires

L'obtention d'une eau de grande pureté signifie passage par un échangeur d'ions pour sa déminéralisation, et sur charbon actif pour son épuration, mais ces deux procédés ont pour effet de favoriser la croissance des micro-organismes. La désinfection par ultraviolets représente alors la meilleure méthode de traitement du fait qu'elle n'implique pas l'addition de produits chimiques.

Les applications les plus courantes concernent l'électrolyse (eau de rinçage utilisée dans la fabrication des micro-processeurs), la pharmacie, la cosmétologie, les hôpitaux, les laboratoires, les eaux de fabrication et de rinçage dans les industries agroalimentaires.

#### Osmose inverse, filtres à membranes

La croissance des micro-organismes pose un problème constant à l'utilisateur de l'osmose inverse et des systèmes d'électrolyse. De larges surfaces de membrane représentent un substrat idéal pour leur fixation et leur développement. Cette croissance entraîne le colmatage, ce qui limite le débit et cause parfois des phénomènes biologiques qui entravent le rejet du sel. L'utilisation des ultraviolets supprime ces inconvénients.

#### Le traitement des eaux résiduaires

Nous avons vu également que la plupart des composés organo-chlorés sont dangereux. Le chlore réagit aussi avec l'ammoniacque (toujours présent dans les eaux résiduaires) et forme des chloramines, lesquelles possèdent une forte toxicité.

#### Les principales applications des ultraviolets

##### Eau de consommation

Le rayonnement ultraviolet désinfecte l'eau destinée à la consommation humaine ou à celle du bétail, sans produire les effets secondaires associés au chlore ; par contre, il n'entraîne

Le rayonnement ultraviolet apparaît par contre comme une excellente méthode pour réduire la pollution des effluents : on constate en effet que si leur teneur en matières en suspension (MES) est inférieure à 30 ppm, et si leur demande biologique en oxygène (DBO) est inférieure à 30 ppm, son action peut réduire les coliformes fécaux à moins de 200 au ml, et abaisser le compte en germes totaux d'un facteur de  $10^3$  à  $10^4$ .

#### Viviers, aquariums, aquaculture

La faune aquatique est sensible au chlore contenu dans l'eau, même aux doses résiduelles de l'ordre de 0,1 à 0,3 ppm conservées après traitement. Dans ce cas, le maintien de la population aquatique nécessite beaucoup d'attention. Le rayonnement ultraviolet, qui n'entraîne aucune nuisance préjudiciable aux animaux aquatiques, apparaît par contre particulièrement approprié.

#### Piscines, spas

L'utilisation du rayonnement U.V. dans le traitement de l'eau n'est réglementairement pas autorisée puisque l'eau doit garder un pouvoir stérilisant. Ce caractère contraignant a conduit à l'utilisation quasi exclusive du chlore, dont la teneur doit rester inférieure à 0,2 mg/l et en aucun cas, dépasser 1 mg/l. Malgré ces dispositions, on a pu constater que les eaux de piscines avaient pu causer des infections ophtalmologiques (conjonctivites) et dermatologiques (eczémas, épidermophyties, etc), ce qui prouve que certains staphylocoques et virus ne sont pas réduits par le chlore.

Une solution intermédiaire consisterait à assurer la stérilisation par U.V., puis à ajouter une dose de chlore réduite à son minimum : 0,2 mg/l.

On peut noter que de nombreuses piscines et spas (\*) privés, équipés uniquement d'ultraviolets, fonctionnent en France pour le plus grand confort et la sécurité des baigneurs.

#### Quelques réalisations

##### Colonies... de vacances

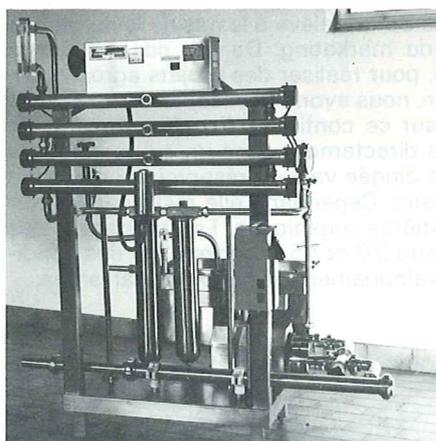
La colonie « Les Gentianes » en Haute-Savoie représente le cas malheureusement fréquent en France, d'un établissement alimenté par une eau ne répondant pas aux normes de potabilité... (les résultats d'une enquête menée en 1982 par le ministère de la Santé (4) ont montré que 23 % des services de distribution fournissent une eau non satisfaisante sur le plan bactériologique).

Après plusieurs analyses ayant révélé cette non-conformité, le directeur s'était tourné vers la mairie où sa requête ne rencontra qu'une fin de non-recevoir. La pollution identifiée, sans être catastrophique, devait être cependant considérée sérieusement, puisqu'on dénombrait une centaine de coliformes,

(\*) Les spas (bains à remous), très répandus aux U.S.A. et qui se développent en France, utilisent une eau souvent contaminée par la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* contre laquelle le chlore a peu d'effets. Le nombre croissant des dermatites qu'elle provoque a conduit à l'adoption de plus en plus fréquente du traitement U.V., qui la détruit à la dose de 1 050 mWs/cm<sup>2</sup>.

mes, d'eschérichia-coli et de streptocoques fécaux par 100 ml.

Après l'installation de notre Aqua-Stoutz G 4, contenant 4 lampes de 30 W, les analyses de l'eau traitée montrèrent, pour le plus grand bien des enfants, une absence totale de germes. Au débit de 8 m<sup>3</sup>/h, le G 4 développe plus de 25 000 mWs/cm<sup>2</sup>, soit 50 % de plus que la norme américaine, ce qui ménage une marge de sécurité pour pallier, d'une part le vieillissement des lampes (dont l'efficacité germicide baisse avec le temps), et d'autre part l'accumulation de matières organiques sur leur surface, formant écran au rayonnement.



Station U.V. Laiteries Réunies à Genève.

#### Les saumures d'Helvétie

La station des Laiteries Réunies de Genève, représente un cas particulier puisqu'elle traite une eau chargée en sel pour réaliser le saumurage des fromages qu'elle produit. La multiplication des micro-organismes provoquait des accidents de fabrication et nécessitait le renouvellement coûteux des bains de saumures. Cette situation a conduit à installer sur une bouche de recyclage une station de traitement par ultraviolets.

Le problème principal réside dans l'opacité des saumures, laquelle gêne la pénétration des rayons. Ce phénomène a pu être compensé par l'utilisation de générateurs à une lampe

TABLEAU N° 2

#### Efficacité du traitement ultraviolet d'une saumure utilisée dans une fromagerie

##### Dénombrement des coliformes

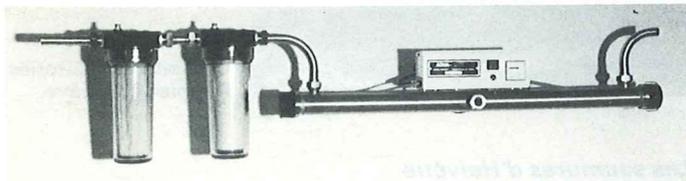
Echantillons	Nature	Dates des mesures						
		26/3	3/4	4/4	17/4	27/4	3/5	10/5
Bain sel n° 1	Avant traitement	0	2 000		7 390	450	900	460
	Après	0	0		0	0	0	0
Bain sel n° 2	Avant			2 160	6 030	400	620	700
	Après			0	0	0	0	0

traitant une lame de liquide mince, ainsi que par le surdimensionnement de l'équipement (environ 400 %).

Les résultats, mentionnés dans le tableau 2, peuvent être jugés satisfaisants. Il faut noter que cet usage des ultraviolets fait l'objet, en France, d'un veto du législateur. Il est regrettable que, malgré les nombreux travaux et expériences conduits par W.P. de Stoutz, qui ont mis en relief le rôle des ultraviolets (favorisation des précurseurs de la vitamine D dans le lait et forte présomption d'inhibition de *Clostridium Tyrobutyricum*), leur usage fasse encore l'objet dans notre pays d'une loi malthusienne.

### **Un safari pour l'Afrique**

La création du modèle Safari relève à la fois de la démarche technique et de celle du marketing. De par nos nombreux contacts avec l'Afrique, pour réaliser des projets agroalimentaires livrés clés en main, nous avons pu mesurer l'importance du problème de l'eau sur ce continent. En effet, l'eau y est habituellement pompée directement dans un cours d'eau ou un marigot d'où elle est dirigée vers un réservoir où elle subit une décantation sommaire. Cependant, elle reste encore turbide et chargée en matières organiques. Le stockage à des températures variant entre 20 et 45 °C offre alors des conditions idéales pour le développement des micro-organismes.



**Aqua Stoutz Safari.**

Le Safari devait donc être doté d'un système de filtration efficace et nous l'avons pour cela équipé d'une préfiltration et d'une filtration. La préfiltration s'opère sur une cartouche plissée à porosité de 20 microns qui offre le double avantage d'une grande surface filtrante et d'un nettoyage aisé. Soumise à une filtration à 5 microns avec passage sur charbon actif, l'eau passe au débit de 700 litres à l'heure dans un stérilisateur G1 (prévu pour 2 000 litres/heure).

La mise au point de son alimentation par batterie de piles photovoltaïques, afin d'utiliser l'énergie solaire abondante sur le continent africain, achève l'adaptation de l'appareil à son marché. Plusieurs appareils, déjà en service en Afrique, notamment au Niger, ont donné des premiers résultats satisfaisants.

### **Piscine à Singapour**

L'Extrême-Orient est particulièrement ouvert à la désinfection U.V. et nous fournissons régulièrement des appareils à Jakarta, Kuala-Lumpur, Manille et surtout Singapour où une piscine d'hôtel de 70 m<sup>3</sup> a été notamment équipée de six installations.

La situation climatologique de Singapour, la température locale ainsi que la fréquentation importante de la piscine posaient avec une acuité particulière le problème de l'efficacité du traitement ultraviolet ; celui-ci présente, en effet, l'inconvénient de n'avoir aucune action sur les algues et il devient parfois nécessaire de le compléter par l'emploi d'un algicide.

Les algues produisent le ternissement du bleu cristal d'une eau de piscine et, dans une seconde phase, rendent celle-ci inutilisable.

Alors que nous recommandons habituellement des algicides non-chlorés (qui ont fait leur preuve notamment dans le sud de la France) nous avons, dans le cas de Singapour, prescrit l'emploi d'un produit chloré mais particulier de par son emploi : le HTH. Celui-ci, qui correspond à un traitement de choc, se présente sous la forme de granulés qui, jetés à l'eau le soir après la fermeture de la piscine, détruisent les algues en 20 minutes ; en 4 heures, toute trace de chlore libre a pratiquement disparu dans l'eau. Toutefois, ce cas est particulier, et dans nos climats de nombreuses piscines privées emploient uniquement les ultraviolets.

### **Pour mettre un « Therme » !**

Dans cette revue des applications de l'ultraviolet, nous ne saurions passer sous silence des absentes de marque : les eaux thermales.

Une nouvelle fois, le veto législatif est absolu. Nous ne pouvons comprendre, quant à nous, qu'on laisse des curistes ingérer ou absorber des eaux présentant des risques certains de contamination bactériologique, ou s'y baigner alors qu'elles pourraient être stérilisées par un traitement aux U.V. qui présente une innocuité reconnue.

### **L'ultraviolet, une technique d'avenir**

Nous l'avons vu tout au long de cet exposé, le rayonnement ultraviolet possède, de par ses multiples applications, le potentiel nécessaire pour devenir une technique de désinfection de l'eau à part entière. Cependant, pour atteindre ce but, certaines hypothèses techniques et administratives doivent encore être levées.

Le besoin le plus pressant est sans doute l'étude et la définition d'un standard de performance pour l'eau de consommation et notamment l'adoption d'une puissance minima en mWs/cm<sup>2</sup>. Cette étude pourrait être conduite en collaboration avec les fabricants français de matériel U.V. ; une telle démarche conférerait enfin à cette technique sa notoriété.

On peut noter que l'O.M.S., en recommandant une turbidité inférieure à 1 JTU (Jackson Turbidity Unit) pour la stérilisation U.V., a déjà avancé dans cette voie.

D'autre part, la mise au point d'un sensor U.V. (appareil qui mesure l'intensité U.V. à 253,7 nanomètres) peu coûteux et fiable, marquerait un progrès indéniable et conforterait la grande sécurité du traitement. Cet appareil existe déjà, mais il est encore onéreux par rapport au prix d'un stérilisateur U.V.

Cette évolution technique liée à une prise de conscience de plus en plus aiguë des effets secondaires de la désinfection chimique devrait placer les procédés de traitement des eaux par rayonnement ultraviolet sur une trajectoire de croissance.

### **BIBLIOGRAPHIE**

- (1) L'Eau, l'Industrie, les Nuisances - Avril 1984.
- (2) Water Technologie - Vol. 7 - Juin 1984.
- (3) Jacques Cathelat - Styl 1984 - Stratégies n° 413.
- (4) Science et Vie - Septembre 1982.