



HAL
open science

Désinfection de l'eau par les rayons ultra-violet

Jean-Louis Maret

► **To cite this version:**

Jean-Louis Maret. Désinfection de l'eau par les rayons ultra-violet. Sciences pharmaceutiques. 1992. dumas-03380317

HAL Id: dumas-03380317

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03380317>

Submitted on 15 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance.

La propriété intellectuelle du document reste entièrement celle du ou des auteurs. Les utilisateurs doivent respecter le droit d'auteur selon la législation en vigueur, et sont soumis aux règles habituelles du bon usage, comme pour les publications sur papier : respect des travaux originaux, citation, interdiction du pillage intellectuel, etc.

Il est mis à disposition de toute personne intéressée par l'intermédiaire de [l'archive ouverte DUMAS](#) (Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance).

Si vous désirez contacter son ou ses auteurs, nous vous invitons à consulter la page de DUMAS présentant le document. Si l'auteur l'a autorisé, son adresse mail apparaîtra lorsque vous cliquerez sur le bouton « Détails » (à droite du nom).

Dans le cas contraire, vous pouvez consulter en ligne les annuaires de l'ordre des médecins, des pharmaciens et des sages-femmes.

Contact à la Bibliothèque universitaire de Médecine Pharmacie de Grenoble :

bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr



115 015481 9

2^e exemplaire

UNIVERSITE JOSEPH FOURNIER _ GRENOBLE I

UFR DE PHARMACIE

Domaine de la Merci, La Tronche

ANNEE 1992

N ORDRE 7002

DESINFECTION DE L'EAU PAR LES RAYONS ULTRA-VIOLETS

Thèse présentée et soutenue publiquement le 20 janvier 1992 pour obtenir:

Le grade de DOCTEUR en PHARMACIE

par

Jean Louis MARET

[Données à caractère personnel]



JURY:

Président : Monsieur ROCHAT J. Professeur

Membres : Monsieur CHAMEY M. Pharmacien

Monsieur FONT J. Directeur d'école

UNIVERSITE JOSEPH FOURNIER _ GRENOBLE I

UFR DE PHARMACIE

Domaine de la Merci, La Tronche

ANNEE 1992

N ORDRE

DESINFECTION DE L'EAU PAR LES RAYONS ULTRA-VIOLETS

Thèse présentée et soutenue publiquement le 20 janvier 1992 pour obtenir:

Le grade de DOCTEUR en PHARMACIE

par

Jean Louis MARET

[Données à caractère personnel]



JURY:

Président : Monsieur ROCHAT J. Professeur

Membres : Monsieur CHAMEY M. Pharmacien

Monsieur FONT J. Directeur d'école

A Valérie,

à mes parents,

à ma famille,

et mes amis.

A Monsieur le Professeur J. ROCHAT, Président de thèse
Par votre compétence, la qualité de votre accueil vous avez
su nous transmettre vos connaissances tout au long de nos
études, puis nous guider dans ce travail. Je suis très
sensible à l'honneur que vous me faites de présider ce jury.

A Monsieur M. CHAMEY, Pharmacien
Trouvez ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour
l'intérêt que vous m'avez toujours porté lors de mes séjours
successifs au sein de votre officine.
Merci d'avoir accepté de juger ce travail.

A Monsieur J. FONT, Directeur d'Ecole
Vous m'avez fourni le thème du présent travail.
J'ai été votre élève et le suis toujours resté un peu .
Merci de bien vouloir participer au jury de thèse.

A Yves et Chantal
pour leur précieuse collaboration,
sans eux mon travail n'aurait pu prendre forme.

SOMMAIRE

S O M M A I R E

INTRODUCTION

I - HISTORIQUE DE LA DESINFECTION PAR LE RAYONNEMENT U.V.	6
II - GENERALITES SUR LES ULTRA-VIOLETS	9
II - 1 - Nature des radiations U.V.	10
II - 2 - Mode d'action des U.V. sur les microorganismes	11
II - 3 - Rapport entre la longueur d'onde et l'effet germicide maximal	12
II - 4 - Sensibilité des différentes souches de microorganismes aux U.V.	15
III - DESCRIPTIF D'UNE UNITE DE TRAITEMENT U.V.	21
III - 1 - Schéma général	22
III - 2 - La lampe U.V,	23
III - 2.1 - Principe de fonctionnement	
III - 2.1.1 - La paroi des lampes U.V.	
III - 2.1.2 - La nature des électrodes	
III - 2.1.3 - La nature du gaz	
III - 2.2 - Durée de vie et facteurs influençant	
III - 2.3 - Caractéristiques de quelques lampes que l'on peut trouver sur le marché	
III - 2.4 - Conclusion sur les lampes U.V.	
III - 3 - La chambre d'irradiation	34
III - 3.1 - Les deux types de montage	
III - 3.2 - La nature des matériaux utilisés pour la chambre d'irradiation	
III - 3.3 - Montage de la chambre d'irradiation	
III - 3.4 - Quelques données sur les chambres d'irradiation commercialisées	
III - 4 - Les dispositifs connexes	39
III -4.1 - La cellule photoélectrique de contrôle	
III -4.2 - Le compteur horaire	
III -4.3 - Les dispositifs de nettoyage des gaines	
III -4.3.1- Nettoyage des gaines par raclage	
III -4.3.2- Nettoyage chimique	
III -4.4 - Les robinets amont et aval de l'appareil	
III -4.5 - Le débitmètre	
III -4.6 - Les filtres	
III -4.7 - L'alarme	

IV - PARAMETRES A PRENDRE EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT	42'
IV - 1 - Eléments de physique	43
IV - 2 - Paramètres liés à l'appareil	44
IV - 2.1 - Le temps de contact	
IV - 2.2 - La disposition des chambres d'irradiation	
IV - 2.3 - Création d'un régime turbulent	
IV - 3 - Paramètres dépendant de l'eau à traiter	47
IV - 3.1 - La turbidité	
IV - 3.1.1 - Méthode de gomme mastic	
IV - 3.1.2 - Méthode à la silice	
IV - 3.1.3 - Méthode à la formazine	
IV - 3.1.4 - Méthode de l'indice de diffusion	
IV - 3.1.5 - Influence de la turbidité	
IV - 3.2 - La couleur	
IV - 3.3 - La présence d'ions	
IV - 3.4 - La matière organique	
IV - 4 - Le débit à traiter	55
IV - 5 - Dimensionnement, conclusion	56
V - EXPLOITATION ET ENTRETIEN DES SYSTEMES U.V.	57
V - 1 - Entretien et changement de la lampe	58
V - 2 - Entretien des dispositifs connexes	58
V - 3 - Entretien général du réseau	59
V - 4 - Qualification du personnel	59
VI - UN EXEMPLE D'INSTALLATION	60
VI - 1 - Contexte	61
VI - 2 - Solution mise en oeuvre	61
VI - 3 - Coût de la réalisation	62
VI - 4 - Estimation du coût de fonctionnement	62
VI - 5 - Conclusion	63
CONCLUSION	64
ANNEXES - BIBLIOGRAPHIE	66

INTRODUCTION

INTRODUCTION

"Quiconque offre au public de l'eau en vue de l'alimentation humaine à titre onéreux ou gratuit, est tenu de s'assurer que cette eau est propre à la consommation."

L'article L 19 du code de la santé publique ci-dessus fait obligation au service public de s'assurer de la bonne qualité de l'eau distribuée aux abonnés.

Cette qualité se définit selon des normes issues du Livre 1er du Code de la Santé Public, première partie relative aux eaux destinées à la consommation humaine.

Ainsi en matière de potabilité on distingue trois types d'exigences qui sont bactériologique , physico-chimique et organoleptique .

S'agissant de la qualité bactériologique, celle-ci dans certaines situations pouvant exposer la population à un risque en terme de santé publique, va nécessiter la mise en oeuvre d'une désinfection préalable de la ressource avant qu'elle ne soit distribuée.

Face aux procédés chimiques de désinfection ayant recours à des produits oxydants tels que le chlore ou l'ozone, on voit de plus en plus de distributeurs faire le choix d'un système de traitement de l'eau par le rayonnement ultra-violet.

Le but du présent travail est, dans un premier temps, d'étudier, de décrire la technique de désinfection, de s'attacher, par la suite, aux règles qui vont conduire aux choix, au dimensionnement du système, pour enfin concrètement faire part d'une expérience personnelle relative à l'installation d'une unité de désinfection.

**HISTORIQUE DE LA DESINFECTION PAR LE
RAYONNEMENT ULTRA-VIOLET**

HISTORIQUE DE LA DESINFECTION DE L'EAU
PAR LE RAYONNEMENT U.V.

Depuis fort longtemps, les effets du rayonnement solaire sont observés, ainsi l'érythème, le brunissement de la peau sont contemporains de l'apparition de l'homme sur la planète.

Ce n'est que bien plus tard, que l'existence de rayonnements invisibles de courtes longueurs d'ondes a pu être démontrée.

En 1801, les travaux de J.WRITTER présentent les bases de cette théorie.

En 1878, DOWNS et BLUNT découvrent les effets bactéricides des radiations venant du soleil.

Au début du 20ème siècle, on observe un regain d'intérêt pour le rayonnement U.V. et notamment pour ses applications éventuelles. Ainsi, c'est en 1901 qu'HEWITT invente la lampe à vapeur de mercure.

La première tentative réussie de désinfection de l'eau par les U.V. est le fait de CERNOVEDEAU à Marseille en 1910. Par la suite et jusque dans les années 40, la concurrence de la désinfection par le chlore ralentit l'utilisation des U.V., ceci est dû à la diminution du coût de la production du chlore dont l'utilisation s'intensifie du fait, notamment, que l'on n'en connaît alors pas les inconvénients.

De manière anecdotique, les U.V. sont utilisés sur les bateaux pour la désinfection de l'eau de boisson.

Dans les années 40, le développement des tubes fluorescents amène sur le marché des lampes germicides tubulaires, ce sont celles qui sont encore utilisées de nos jours pour le traitement de l'eau.

En 1944, LUCKLIESH et HOLLIDAY étudient l'influence du type d'eau (turbidité) sur la pénétration des U.V. et évaluent, par ailleurs, le degré de désinfection.

En 1953, HOATHER étudie les paramètres influençant la transmission des U.V. dans l'eau.

Dans les années 50, se multiplient les tests des différents micro-organismes bactéries, virus, champignons, quant à leur degré de résistance au rayonnement U.V..

L'inquiétude naissante du fait de la pollution chimique va donner un coup de pouce au système utilisant les U.V. qui devient peu à peu une alternative intéressante au traitement chimique de l'eau.

En 1984, quelques 2000 communes en Europe sont équipées d'une station U.V. sur leur réseau d'adduction d'eau public.

Il est, pour conclure cet historique, intéressant de mettre en parallèle, avec l'évolution dans le domaine scientifique et de la recherche pure, la progression d'une société qui basée en Suisse est un des leaders européens dans le traitement U.V.

- HISTORIQUE DE LA Société KATADYN Produits S.A.
- en 1928 Création
- en 1950 1ère installation U.V. en eau potable à Kussnacht (Suisse) toujours en service.
- En 1988 les plus gros débits en Europe
 - 1700 m³/h à NARVIK (Norvège)
 - 1260 m³/h à BUCHS (Suisse)
 - 420 m³/h à SAUVESSENGES-63-(France)
 - . Station de Semoulis
 - (mise en service Janv.90)

- Fin 1988 25000 installations dans le monde
- 3000 communes en Europe

GENERALITES SUR LES ULTRA-VIOLETS



II - GENERALITES SUR LES U.V.

II - 1- Nature des radiations U.V. - Réf 1 -

Les radiations U.V. sont des ondes électromagnétiques de longueurs d'ondes comprises entre 1000 et 4000 Å (100 à 400 nm). Entre ces deux valeurs on subdivise classiquement

les U.V. en 3 bandes

- les U.V. A de 315 à 400 nm
- les U.V. B de 280 à 315 nm
- les U.V. C de 200 à 280 nm

En dessous de 200 nm, on parle de vacuum U.V. (U.V. régnant dans le vide) auxquels on attribue des rôles dans la production d'ozone.

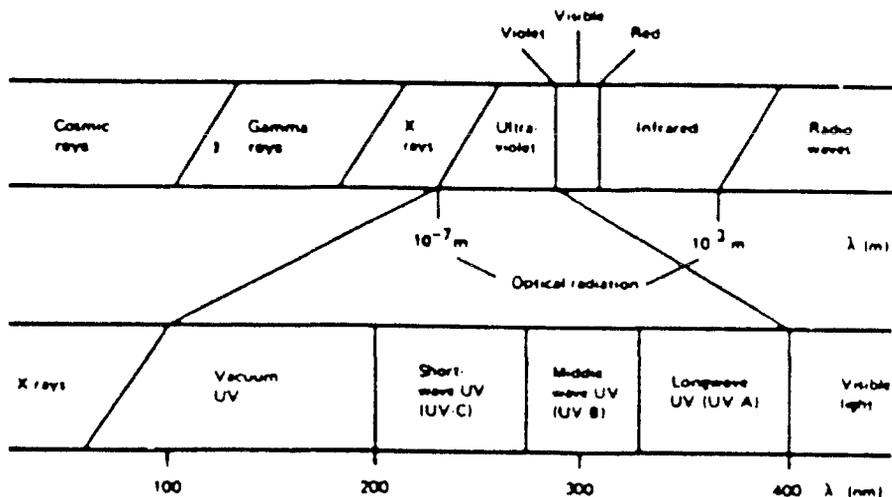


Figure 1 Spectre électromagnétique avec les différentes graduations du spectre U.V. (Réf 1)

Les U.V. A, B et C induisent chacun des effets connus et différents

- les U.V. A : ils interviennent dans les processus de pigmentation de la peau.
- les U.V. B : ils permettent la production de vitamines D antirachitique.
- les U.V. C : ils présentent des propriétés germicides.

II - 2. Mode d'action des U.V. sur les microorganismes--Réf-1

La survie des microorganismes est liée à la pérérité des acides nucléiques qu'ils contiennent :

- l'ADN acide désoxyribonucléique, principal constituant du noyau cellulaire.
- l'ARN acide ribonucléique impliqué, notamment dans la synthèse protéique.

Suite à une exposition des microorganismes, il va y avoir atteinte des acides nucléiques et des structures protéiques.

Nous allons voir à quels niveaux s'exercent les dommages occasionnés par les rayons U.V.:

Ce sont les acides nucléiques qui sont dénaturés.

*Il peut se former des dimères au sein des acides nucléiques. Ceci s'opère entre deux bases identiques disposées côte à côte sur le brin d'ADN ou d'ARN.

Statistiquement, la thymine est la base qui occasionne le plus souvent la formation de ces dimères.

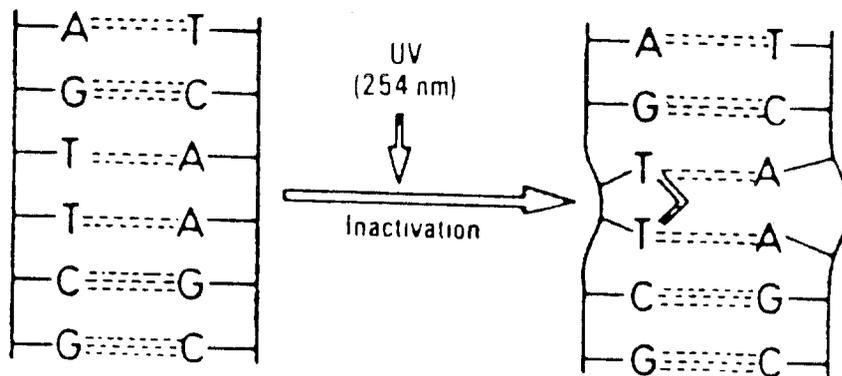


Figure 2 - Formation de dimères "thymine" au sein d'un acide nucléique (Réf 1)

*On peut observer des réactions d'hydratation. Celles-ci sont possibles du fait de la présence de liaisons hydrogènes au sein des acides nucléiques. Les hydrates qui se forment modifient le code génétique et, par voie de conséquence, la réplication et la transcription. Les brins d'ARN monocathénaires seraient les plus touchés par cette réaction.

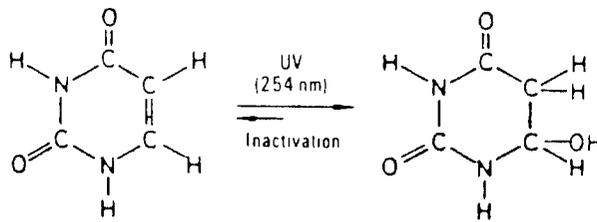


Figure 3 Réaction d'hydratation sous l'influence des rayons U.V. (Réf.1)

*Il peut y avoir des ruptures des brins d'ADN et d'ARN :
Les structures monocathénaires sont là aussi plus sensibles à ces cassures.

*Des réactions de polymérisation sont également induites par les U.V. Il s'agit de liaisons croisées entre ADN-ARN, ADN-protéines;ARN-protéines. Ces réactions sont fréquentes mais n'auraient que peu d'incidences.

Le taux de multiplication, les synthèses d'ADN, ARN et de protéines sont globalement ralenties voire stoppées.

Il est donc établi que les acides nucléiques sont la cible des radiations U.V. dans les microorganismes.

II - 3- Rapport entre la longueur d'onde et l'effet germicide maximal. (Réf. 3- 6- 22-)

Seuls les U.V C présentent un pouvoir germicide. Les différentes études montrent que l'absorption la plus importante est obtenue pour des longueurs d'ondes comprises entre 250 et 260 nm. Cette absorption chute pour des longueurs d'ondes plus longues ou plus courtes.

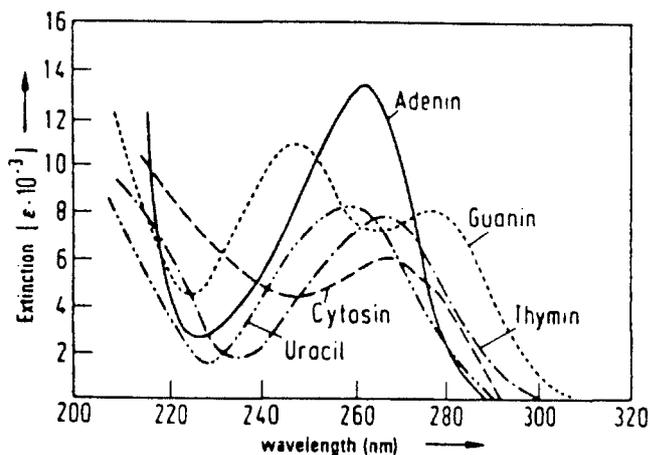


Figure 4 - Spectre d'Absorption des différentes bases à pH7 (Réf 3)

Le schéma ci-dessus relatif aux spectres d'absorption des bases constitutives des acides nucléiques nous éclaire sur la zone d'action des U.V., En effet, nous avons pu voir que c'est par intervention sur les acides nucléiques que se produisait la dégradation des microorganismes, il en découle que pour une absorption maximale on retrouvera un effet maximal.

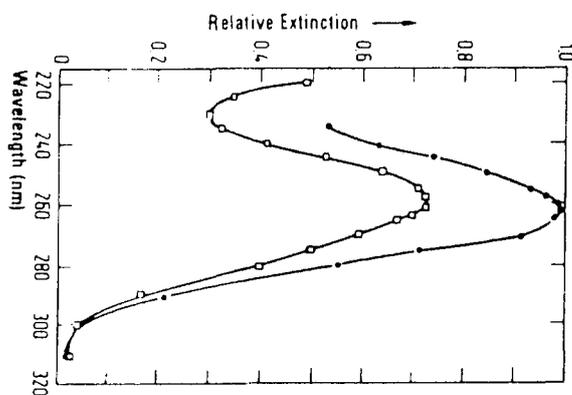


Figure 5 - Spectre d'absorption de l'ADN à l'état naturel et hydrolysé. (Réf-22)

Ce spectre d'absorption de l'ADN dans l'ultraviolet proposé par TSUBOI (3) va dans le même sens que le précédent, il confirme l'existence d'une zone maximale d'absorption des acides nucléiques entre 250 et 260 nm.

Nous allons voir dans le prochain paragraphe quel est le pouvoir bactéricide des U.V. sur différents microorganismes. On peut déjà affirmer que c'est pour les longueurs d'ondes d'absorption maximales des acides nucléiques que l'on aura l'effet maximal.

Ainsi on observe sur le schéma suivant (4) la corrélation qui existe entre la courbe d'efficacité de destruction cellulaire et la courbe d'absorption des acides nucléiques dans l'U.V. Cette corrélation est tout à fait légitime eu égard au mode d'action germicide des U.V.

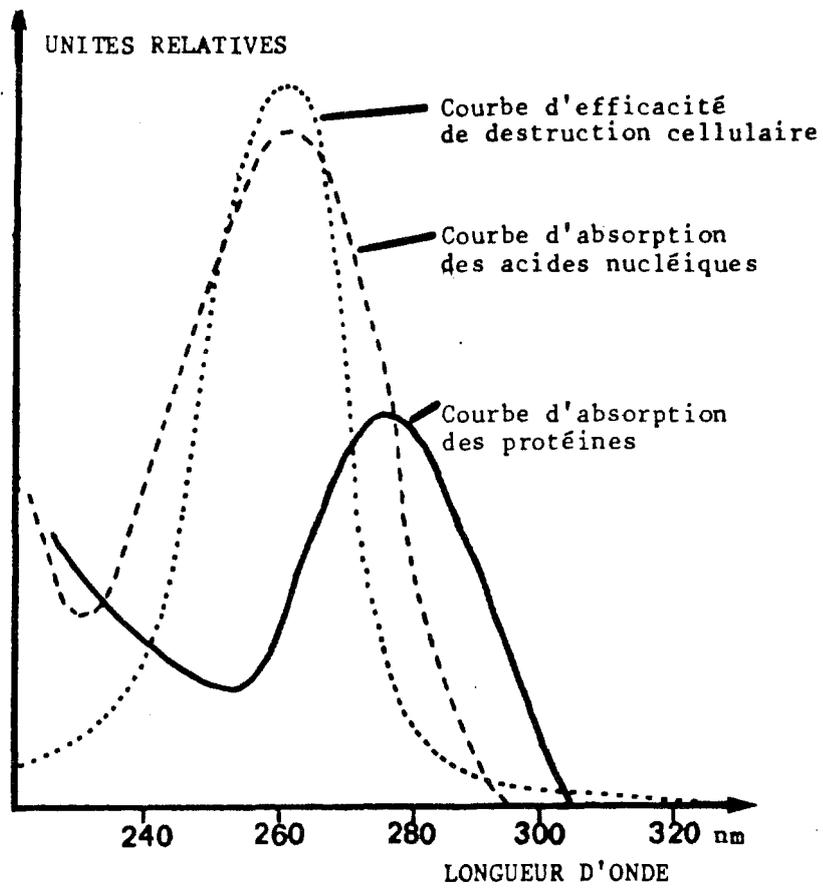


Figure 6 - Action des longueurs d'onde U.V. sur les constituants cellulaires (SCHEGEL Réf-6)

En conclusion, on observe que l'énergie du rayonnement U.V. endommage les structures cellulaires en transformant le matériel génétique (acides nucléiques). C'est donc aux longueurs d'ondes correspondant à une absorption maximale des acides nucléiques que l'on aura un effet bactéricide maximal.

II - 4 - Sensibilité des différentes souches de microorganismes aux U.V. - Réf. 1,6,7,12,13,14,15,16-

La multiplicité des microorganismes a rendu difficile l'élaboration d'une classification qui donnerait la sensibilité des différentes souches considérées.

De plus, parmi tous les travaux effectués peu l'on été dans des conditions opératoires identiques.

Pour évaluer la sensibilité d'une souche donnée, il convient de définir ,
- le mode d'exposition retenu :
type de lampe, épaisseur de l'échantillon,
puissance par surface exposée, matériel utilisé,

- la nature de l'échantillon :
turbidité de l'eau, température de l'expérience,
nombre de germes par ml., débit à traiter,
- la qualité de la désinfection :
c'est le pourcentage de microorganismes éliminés
après l'exposition.

Ces paramètres et d'autres rendent impossible une classification précise. Toutefois, on a pu établir des comparaisons de sensibilités sans s'attacher à la valeur de la dose irradiatrice nécessaire.

Le tableau suivant rassemble les travaux de différents auteurs.

	ABATTEMENT		REF.
	90%	99,9%	
BACTERIES			
SPIRILLUM RUBRUM	4400	6160	3
VIBRIO COMPA	3400		5
LEGIONELLA PNEUMOPHILA	920	2760	4
ESCHERICHIA COLI	3000	6600	1
BACTERIUM COLI	5400		5
SALMONELLA ENTERIDIS	4000	7600	1
SALMONELLA TYPHIMURUM	8000	15200	1
SALMONELLA PARATYPHI	3200		2
SALMONELLA TYPHI	2140		2
BACILLUS ANTHRACIS	4520	8700	1
BACILLUS SUBTILIS (spores)	11600	22000	1
BACILLUS SUBTILIS (cell.)	5800	11000	1
BACILLUS MEGATHERIUM (sp.)	2730	5200	1
BACILLUS PARATYPHOSUS	3700	6100	1
STREPTOCOCCUS HEMOLYTICUS	2160	5500	1
STREPTOCOCCUS LACTIS	6150	8800	1
STREPTOCOCCUS VIRIDANS	2000	3800	1
STREPTOCOCCUS PYOGENES	2160		2
STREPTOCOCCUS SALIVARIUS	2000		6
STREPTOCOCCUS ALBUS	1840		6
PSEUDOMONAS AERUGINOSA	5500	10500	1
PSEUDOMONAS FLUORESCENS	3500	6500	1
PSEUDOMONAS FAECALIS	5200	7600	7
SERNATIA MARCESCENS	2420	6160	1
MICROCOCCUS CANIDUS	6050	12300	1
MICROCOCCUS SPHAEROIDES	10000	15400	1
MICROCOCCUS LYSODELTAICUS	23000		2
MICROCOCCUS RADIODURANS	20500		2
CLOSTRIDIUM TETANI	4900		7
	12000	22000	3
STAPHYLOCOCCUS ALBUS	1840	5720	1
STAPHYLOCOCCUS AUREUS	7600	6600	1
	4950	6600	3
MYCOBACTERIUM TUBERCULOSUS	5400	10000	3
SARCINA LUTEA	19700	26400	1
PHYTOMONAS TUMEFACIENS		8500	1
CORYNEBACTERIUM DIPHTERIAE	3370	6500	1
NEISSERA CATARRALIS	4400	8500	1
EBERTHIA TYPHOSA	2140	4100	1
SHIGELLA PARADYSENTERIAE	1680	3400	1
SHIGELLA DYSENTERIAE	2200		1
SHIGELLA FLEXNERI	1700		5
PROTEUS VULGARIS	3000	6600	1
	3800		5
CHAMPIGNONS			
ASPERGILLUS GLAUCUS	48000	82000	3
ASPERGILLUS NIGER	15000	33000	3
ASPERGILLUS FLAVUS	54000	99000	3
PENICILLIUM EXPANSUM	17000	22000	3
PENICILLIUM ROQUEFORTI	14500	25400	3
PENICILLIUM DIGITATUM	48000	88000	3
MONILIA RACEMOSA	15400	35200	3
PHYSOPUS NIGRICANS	170000	270000	3
OSPORA LACTIS	6000	11000	3
LEVURES			
SACCHAROMYCES SP.	6000	17600	1
SACCHAROMYCES ELLIPSOIDES	6000	13200	1
SACCHAROMYCES CEREVISIAE	6000	13200	1
	7300		3
LEVURE de Boulanger	3700	8800	1
	4800		3
LEVURE de Brasseur	3700	6600	1
TORULA SPHAERICA	2300		5
VIRUS			
BACTERIOPHAGE (Coliphage)	3600	6600	3
MOSAÏQUE du TABAC	240000	440000	3
INFLUENZA	3600	6600	3
POLIOVIRUS	7000	23000	7
ROEVIRUS	15000	45000	7

Figure 7 résistance de différents microorganismes à 253,7nm en $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ (Réf 1,6,7)

	Elimination			Elimination	
	à 90%	à 99.99%		à 90%	à 99.99%
BACTERIES					
Escherichia coli	2,9	11,6	Streptococ.hemolyticus	2,2	8,8
Bacterium coli	5,4	21,6	Streptococcus lactis	6,2	24,8
Salmonella enteritidis	4,0	16,0	Streptococcus viridans	2,0	8,0
Salmonella lyphimurium	8,0	32,0	Streptococcus pyogenes	2,2	8,8
Salmonella typhosa	2,2	8,8	Streptococ.salivarius	2,0	8,0
Salmonella paratyphi	3,2	12,8	Micrococcus candidus	6,1	24,4
Bacillus anthracis	4,5	18,0	Micrococcus sphaeroides	10,0	40,0
Bacillus paratyphosus	3,2	12,8	Micrococcus piltonensis	8,1	32,4
Bacillus subtilis veg	6,1	24,4	Pseudomonas aeruginosa	5,5	22,0
Bacillus subtilis spr	11,8	47,2	Pseudomonas fluorescens	3,5	14,0
Bacil.megatherium veg	1,2	4,8	Sarcina lutea	19,7	78,8
Bacil.megatherium spr	2,7	10,8	Serratia macescens	2,4	9,6
Mycobacter.tuberculosis	6,2	24,8	Spirillum rubrum	4,4	17,6
Neisseria catarrhalis	4,4	17,6	Staphilococcus albus	1,8	7,2
Proteus vulgaris	3,8	15,2	Staphilococcus aureus	2,6	10,4
Shigella cysenteriae	2,2	8,8	Vibrio comman Choléra	3,4	13,6
Shigella flexneri	1,7	6,8	Leptosira	3,2	12,8
Shigella paradysenteria	1,7	6,8	Pseudomonas tumefatiens	4,4	17,6
Eberthella typhosa	2,1	8,4	Pseudomonas cepacias	4,5	18,0
VIRUS					
Bacteriophage (E.Coli)	2,6	10,4	MOISSISSURES		
Influenza	3,4	13,6	Penicillium chrysogenum	50,0	200,0
Hépatite	5,8	23,2	Penicillium roquefortyi	13,0	52,0
Poliovirus poliomyelitus	3,2	12,8	Penicillium expansum	13,0	52,0
Mosaïque du tabac	240,0	960,0	Penicillium digitatum	44,0	176,0
LEVURES					
Levure commune gâteaux	6,0	24,0	Rizopus nigricans	110,0	440,0
Levure de bière	10,0	40,0	Oospora lactis	5,0	20,0
Levure de boulanger	4,0	16,0	Cladosporium herbarum	60,0	240,0
Sacharomyces cerevisiae	6,0	24,0	Aspergillus glaucus	44,0	176,0
Sacharomyces spr	8,0	32,0	Aspergillus flavus	60,0	240,0
Sacharomyces ellips	6,0	24,0	Aspergillus niger	130,0	520,0
Torula sphaerica	2,3	9,2	Aspergillus amstellodami	68,0	272,0
			Mucor racemosus A.B	17,0	68,0
			Mucor mucedo	65,0	260,0
			Scopulariopsis brevican.	80,0	320,0

Les doses sont indiquées en millijoules par centimètre carré.

Figure 8 Destruction des microorganismes par Ultraviolet, dose nécessaire à la longueur d'onde 254 nanomètre (source KATADYN)

D'autres études, plus récentes sont effectuées dans des conditions beaucoup plus intéressantes car elles utilisent des conditions opératoires dynamiques. Elles reconstituent des conditions réelles de fonctionnement du réseau d'eau ou bien elles sont faites sur le terrain.

Parmi tous ces travaux, ceux de **MARTINY** sont riches en renseignements:

* Une première étude vise à comparer la sensibilité de 3 germes (streptococcus Faecium, Escherichia coli et Pseudomonas Aeruginosa. Les conditions d'expérimentation sont les suivantes :

- eau de boisson,
- à t = 0 jour, puis à t = 5 jours,
- à l'obscurité et à t° ambiante,
- la dose d'irradiation est de 25m Ws/cm².

Avec une exigence de 99,999% d'élimination les 3 germes sont détruits après irradiation et sans distinction pour les 3 espèces.

*Dans une deuxième publication, MARTINY s'intéresse à la sensibilité de légionella pneumophila. Toujours dans l'eau de boisson, il utilise 2 types de germes :

- le séro groupe, 1 type Philadelphia
- le séro groupe 5 type Dallas

Il utilise un bouillon de culture purifié inoculé directement.

Il réalise une distinction culture jeune qu'il irradie directement et culture ancienne qu'il irradie après 2 puis 3 semaines.

Après traitement qui s'effectue à deux températures différentes pour chaque échantillon 13-16° ou 45-47°, on obtient pour toutes les doses d'irradiations testées (13 mWs/cm², 15 mWs/cm², 16 mWs/cm² et 19 mWs/cm²) une diminution de 99,999% du nombre de germes.

Pour les deux types de germes, la sensibilité est la même.

*Une troisième publication de MARTINY permet de mesurer l'efficacité du traitement U.V. à différents débits et pour deux échantillons différents de part la concentration en germes.

Deux germes sont ainsi étudiés; il s'agit

- d'Escherichia Coli
- de Streptococcus Faecium.

Les débits sont successivement de 2 m³/h , 4 m³/h et de 7,2 m³/h .

Quel que soit le débit ou le germe, la dose nécessaire pour obtenir 99,99% d'élimination, est de 71 m Ws/cm² pour une population de 10⁴/ml et de 74 m WS/cm² pour une population de 10⁶/ml.

*Enfin une quatrième étude de MARTINY permet d'évaluer la sensibilité de 7 germes dans des conditions opératoires identiques.

L'eau est de l'eau de boisson contaminée par des bactéries provenant de cultures en phase exponentielle de croissance.

L'eau traitée est infectée à 10^6 germes/ml. Trois débits sont utilisés : $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$, $4 \text{ m}^3/\text{h}$, $2 \text{ m}^3/\text{h}$. L'exigence retenue est une diminution de 99,999% de germes.

L'unité de traitement est composée d'une chambre cylindrique, utilisant dans son axe longitudinal une lampe à décharge au mercure basse pression.

Dans ces conditions, les doses d'irradiation nécessaires pour les différents germes sont

S.Enteritidis	13mWs/cm ²
E.Coli	13mWs/cm ²
K.Pneumoniae	13mWs/cm ²
S.Faecium	13mWs/cm ²
E.Cloacae	13mWs/cm ²
C.Freundii	13mWs/cm ²
S.Marcescens	13mWs/cm ²

*A côté des travaux de MARTINY, une publication de FARR.B relate l'intérêt des U.V., lors d'infections à Legionella Micdadei pneumonia dans l'unité des transplantations rénales de l'hôpital Universitaire de Virginie aux U.S.A. Le système d'alimentation en eau ayant été mis en cause, il a été retenu un traitement U.V. pour l'eau d'alimentation de ce service.

Avant l'installation de ce système, sur 95 échantillons 26 se sont révélés contaminés. Après l'installation, sur 71 échantillons aucun n'est contaminé.

En conclusion, ce que l'on peut dire, c'est qu'expérimentalement l'ensemble de la population microbienne est altéré à des degrés plus ou moins important par le rayonnement U.V.

Par ailleurs, il importe de dire que l'on ne doit pas s'attarder aux valeurs absolues ou irradiantes. En effet, il y a loin d'une expérience menée par du personnel qualifié à une unité d'adduction d'eau en milieu rural géré par des employés manquant de formations ou de moyens.

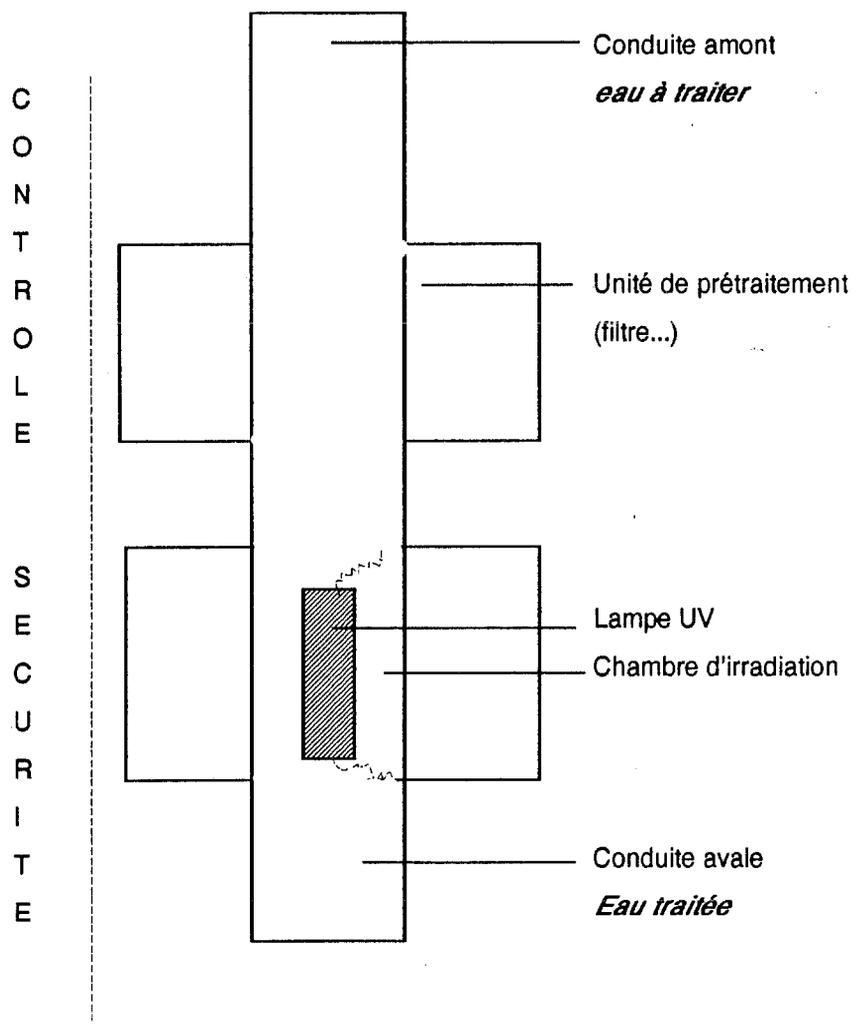
Il ressort, néanmoins, des différentes études, que l'efficacité des U.V. est exemplaire dès lors que l'on maîtrise l'encadrement des unités de traitement.

DESCRIPTIF D'UNE UNITE DE TRAITEMENT U.V.

III - DESCRIPTIF D'UNE UNITE DE TRAITEMENT U.V. -

III - 1 - Schéma général -

Schématiquement, on a dans une unité de traitement U.V. la chambre d'irradiation proprement dite avec la lampe U.V. et en amont un système de pré-traitement, celui-ci étant le plus souvent composé d'un réseau de filtration, le tout devant être organisé et contrôlé de façon à permettre la mise en alerte en cas d'incident.



III - 2 - La lampe U.V. -

III -2-1 - Principe de fonctionnement -

La source U.V. utilisée dans les unités de traitement est une lampe en verre ou en quartz (paroi devant laisser passer les U.V.) avec deux électrodes et un gaz inerte (le plus souvent l'Argon) contenant des traces de mercure.

La qualité et la quantité du rayonnement U.V. va donc dépendre

- de la nature de l'enveloppe de la lampe.
- de la nature des électrodes
- de la nature du gaz

III - 2.1.1 La paroi des lampes U.V.-

Les matériaux utilisés doivent répondre à plusieurs exigences :

- être transparents aux U.V. C à 253,7nm
- pouvoir supporter des variations de températures liées d'une part à la chaleur propre de la lampe et d'autre part aux variations saisonnières de la température de l'eau à traiter.
- Etre stable aux U.V., la transformation de la nature de la paroi étant à long terme une cause de vieillissement de la lampe et donc une perte d'efficacité pour le système traitant.

En terme de performance, ce sont les verres à quartz qui sont les plus utilisés. Toutefois, certains constructeurs proposent des verres en Pyrex (pyrex n° 9741) ou encore en Vycor.

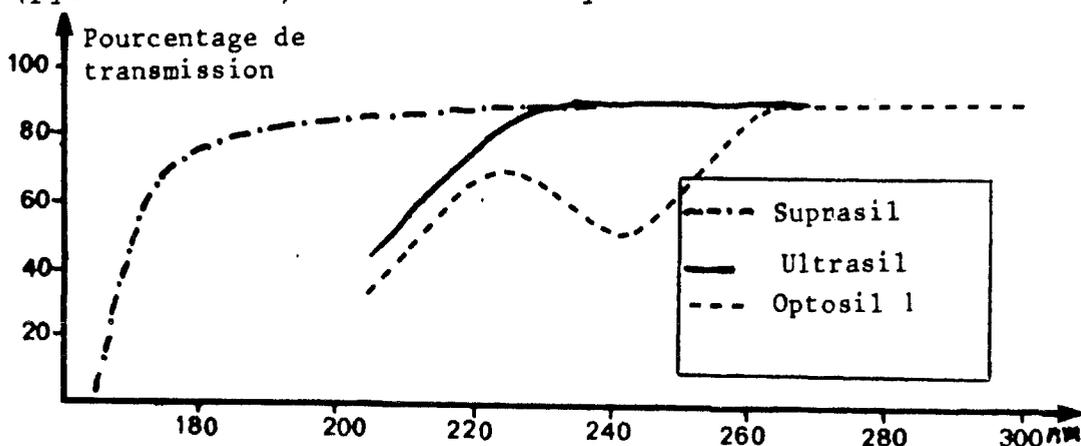


Figure 9 - Courbe de transmission de différents quartz (épaisseur 10mm) Réf.6

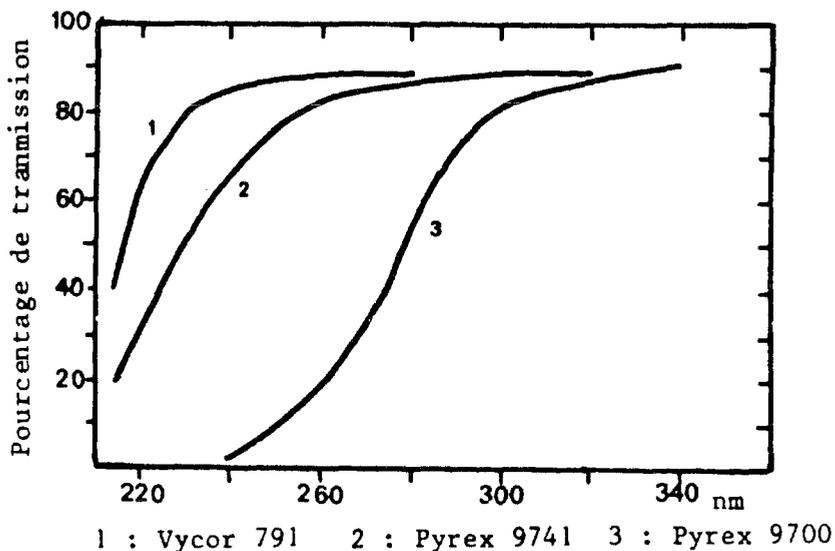


Figure 10 - Courbe de transmission du Pyrex et Vycor (1mm d'épaisseur) Réf.6 -

La paroi des lampes U.V, a une épaisseur comprise entre 0,7 et 1mm.
Le pouvoir de transmission de la plupart des lampes utilisées à la longueur d'onde de 253,7nm est compris entre 70 et 80%.

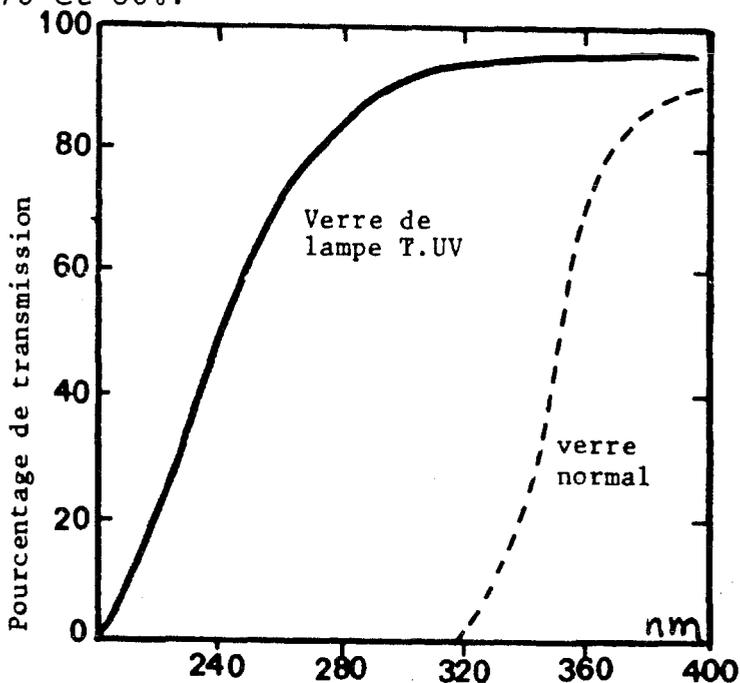


Figure 11 courbe de transmission des verres de lampes PHILIPS TUV (0,7mm) (Documentation PHILIPS)

Un autre élément intervient sur l'efficacité du rayonnement U.V transmis, c'est la température de la lampe et la température ambiante.
Sur la figure suivante (Documentation PHILIPS) on observe une efficacité en terme de transmission U.V. pour une température ambiante de 20°C et une température du tube de 40°C, ceci dans le cas d'une lampe basse pression.

Les lampes haute pression fonctionnent à des températures $>$ à 600°C , il convient alors de les isoler avec une gaine de quartz qui permet d'éviter les chocs thermiques.

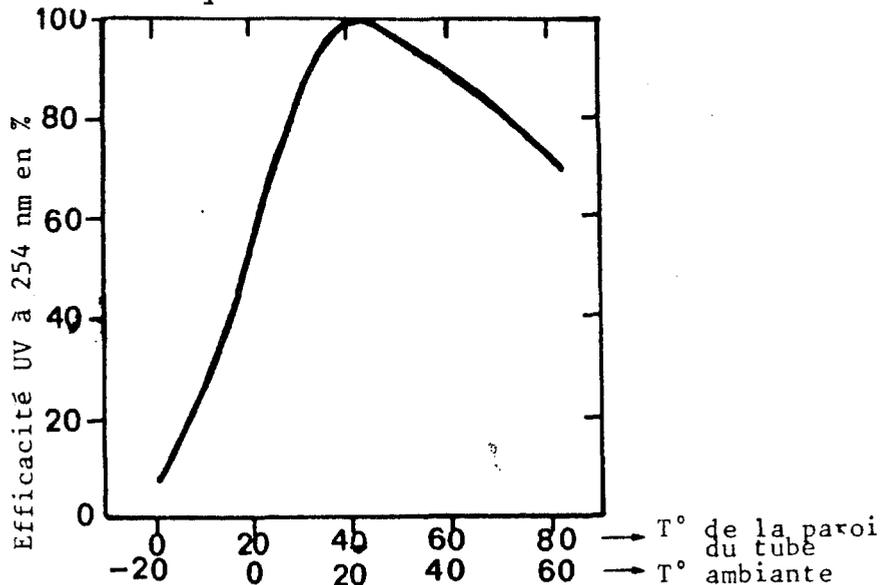


Figure 12 Efficacité des UV à 254nm en fonction de la température de la paroi du tube et de la température ambiante. (Documentation PHILIPS)

III-2.1.2 La nature des électrodes.

Le matériau le plus souvent utilisé est le tungstène. C'est en effet un élément qui cède facilement ses électrons améliorant donc le chauffage de l'électrode maintenant l'arc avec un voltage moins important tout en aidant les démarrages.

Il existe des cathodes froides ou chaudes. Ce sont ces deuxièmes qui présentent un intérêt; une cathode chaude a un fonctionnement beaucoup plus stable dans le temps.

**L'utilisation de cathodes chaudes nécessite un "préchauffage" du gaz de décharge, Le système de "préchauffage" le plus intéressant semble être le type "Slimline".*

L'amorçage est réalisé à l'aide d'un fil conducteur externe à la lampe. Ceci nécessite une tension d'amorçage un peu plus élevée que pour le système type "néon" que nous verrons par la suite. L'intérêt est que l'amorçage est immédiat. La présence du fil autour de la lampe implique que l'on place celle-ci dans une gaine de quartz. Ceci peut présenter un avantage supplémentaire en amenant une protection contre les chocs thermiques.

L'autre système de préchauffage des lampes basse pression est constitué d'un circuit de démarrage avec starter et ballast comme celui que l'on retrouve dans les tubes fluorescents d'éclairage.

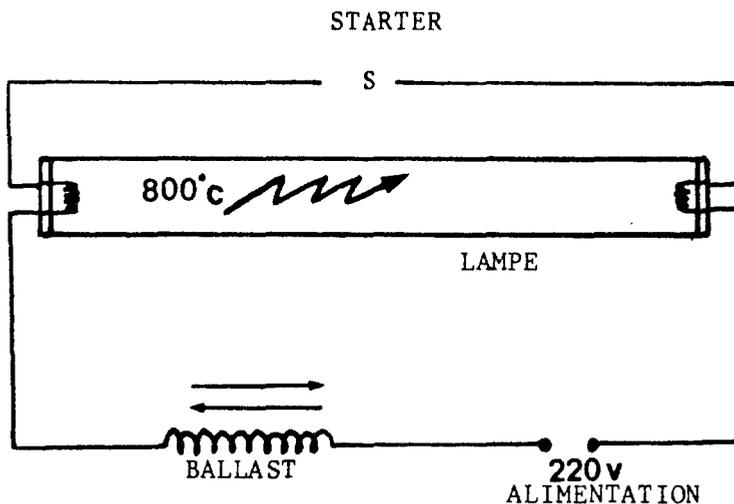


Figure 13 circuit de démarrage avec starter et ballast (Réf.6)

Lors de la mise en route, les électrodes sont court-circuitées et le courant passe au niveau du starter qui est constitué d'un bilame fermé à froid.

Le ballast qui est une petite bobine d'inductance va permettre de chauffer progressivement les cathodes. Lorsque les électrodes sont suffisamment chaudes, le bilame s'ouvre et provoque une surtension dans la lampe, portant le mélange gaz + mercure liquide à 800°C ce qui permet l'ionisation du gaz et le passage du mercure à l'état vapeur. Par la suite le courant d'arc passant au niveau des électrodes permet de maintenir la température de fonctionnement,

L'inconvénient de ce système est qu'une utilisation trop fréquente "fatigue" le starter et si lors des premières mises en marche une seule effluve est suffisante, en vieillissant, plusieurs sont nécessaires pour obtenir la mise en route. Avec ce système, il convient de changer fréquemment le starter.

**L'utilisation de cathodes froides ne nécessite pas de préchauffage, par contre elle nécessite une haute tension de fonctionnement.*

En terme de rendement, les lampes à cathodes chaudes réémettent 15 à 40% de l'énergie consommée sous forme de radiation U.V à $253,7\text{nm}$. Les lampes à cathode froide, en plus de leur tension

de fonctionnement élevée (800v) qui entraîne une isolation plus conséquente, ont un rendement très faible.

En conclusion, en France pour la désinfection de l'eau on utilise exclusivement des lampes à cathodes chaudes. De plus, le système "Slim-Line" type KATADYN semble être préféré au traditionnel starter plus ballast.

III-2.1.3 La nature du gaz.

Le mélange Argon avec des traces de Mercure est le plus utilisé dans les lampes germicides du fait de l'émission d'énergie très importante à 253,7nm. On trouve sur le marché deux types de lampes:

-Les lampes haute-pression :

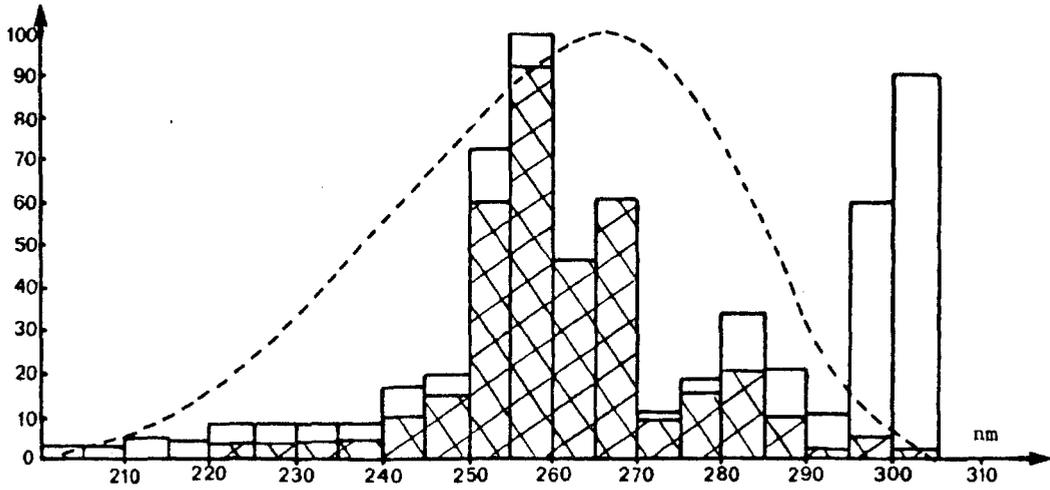
Le mélange gaz mercure a une pression de 4 à 5 bars. Ces lampes haute pression ne nécessitent pas de système d'allumage, par contre elles utilisent une tension élevée (1500V) d'où la présence d'un transformateur conséquent. Ces lampes présentent un autre inconvénient, elles ont un spectre d'émission étalé (voir figure page suivante).

-Les lampes basse-pression :

Le mélange gaz-mercure se trouve en dépression (quelques millibars). Ces lampes basse pression nécessitent un système d'allumage particulier. Par contre, elles ont une tension d'utilisation relativement faible (environ 200V). Les lampes basse-pression émettent leurs radiations pour 95% à 253,7nm, (voir schéma page suivante).

REMARQUE

Concernant l'alimentation des lampes U.V C , on utilise le secteur avec un courant de 220V50Hz. Parfois pour des problèmes d'accessibilité, on peut avoir recours à un groupe électrogène. On pourrait envisager d'utiliser un système photo-voltaïque



---- Spectre Energy For Germicidal
[] Spectre Energy Berson-2000 Lamp
[x] Effective spectral Energy Berson-2000 Lamp

Figure 14 Spectre d'émission pour lampe haute pression (Lampe BERSON 2000) (Documentation BERSON)

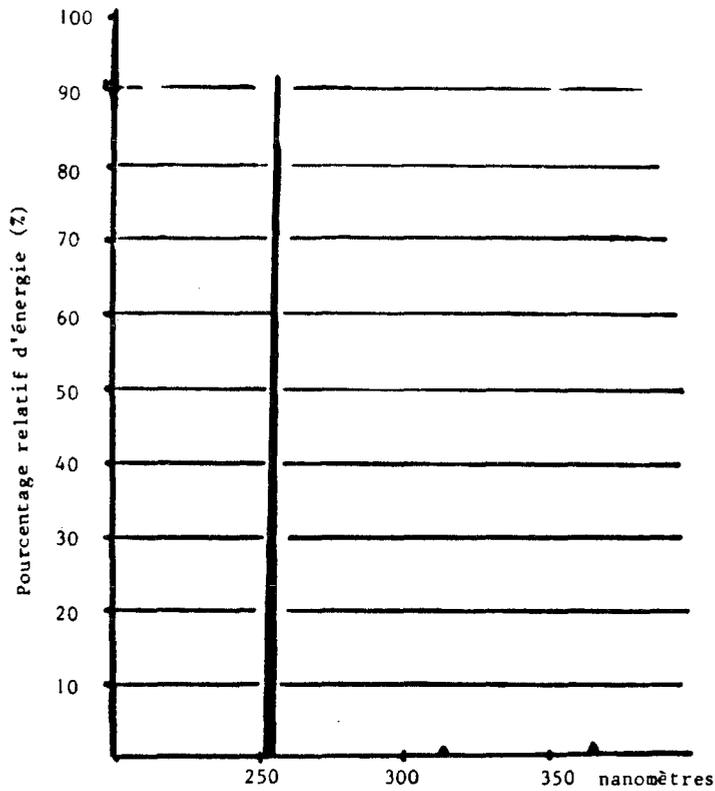


Figure 15 Spectre d'émission d'une lampe basse pression (distribution de l'énergie- d'après doc. SANKIO DENKI CO., LTD)

III - 2.2 - Durée de vie des lampes et facteurs influençants

Les lampes subissent un vieillissement propre à côté des problèmes liés à la nature de l'eau qui peut entraîner des dépôts par exemple.

Pour étudier le vieillissement, on utilise comme paramètre, le pourcentage de transmission ou l'intensité U.V. émise.

L'intensité U.V. émise va décroître au cours du fonctionnement de la lampe.

La norme "sécurité" retenue consiste à dire qu'une lampe U.V. n'est plus efficace lorsqu'elle délivre moins de 75% de son rayonnement U.V. de départ.

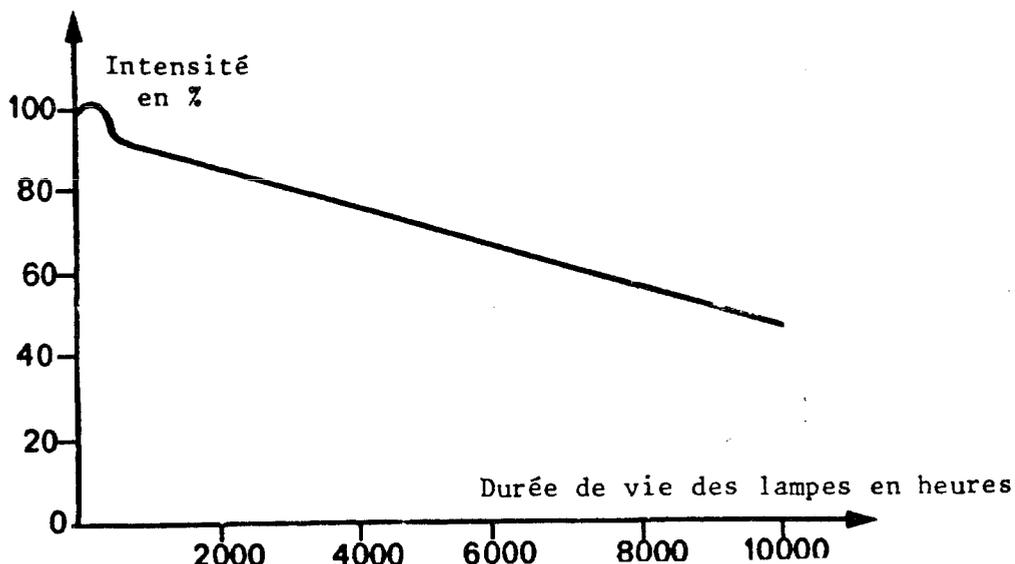


Figure 16 Intensité U.V. émise à 254 nm en fonction de la durée de fonctionnement d'un générateur UV basse-pression (référence 18)

Le vieillissement des lampes est le fait de trois mécanismes

*Lors de chaque démarrage de la lampe, il s'effectue aux électrodes un arrachage de matière en l'occurrence le tungstène qui, vaporisé, va adhérer à la paroi entraînant un noircissement et diminuant de ce fait la transmittance.

En conséquence, un système fonctionnant en continu est de ce point de vue plus intéressant qu'un système que l'on utilise par intermittence.

D'autre part, on retrouve ici l'intérêt des lampes types "Slim-Line" qui ne nécessitent qu'une impulsion pour le démarrage alors que

l'utilisation du starter rend nécessaire au bout d'un temps d'utilisation 4 ou 5 impulsions pour démarrer la lampe.

Les constructeurs de lampes basse pression à cathode chaude recommandent de compter 2h de fonctionnement supplémentaire pour chaque mise en route et arrêt de la lampe.

C'est un paramètre important dont il conviendra d'informer le personnel assurant l'entretien de l'installation.

*La solarisation est une autre cause de vieillissement de la lampe. C'est une modification chimique de la structure du verre liée à l'oxydation par les U.V.- Il en découle une perte de transmission des U.V. qui est variable selon la nature de la paroi de la lampe. Seul le Pyrex est altéré de manière significative par la solarisation. Le quartz et le Vycor sont peu touchés par ce phénomène. C'est pourquoi la solarisation n'est que peu responsable du vieillissement des lampes utilisées pour la désinfection.

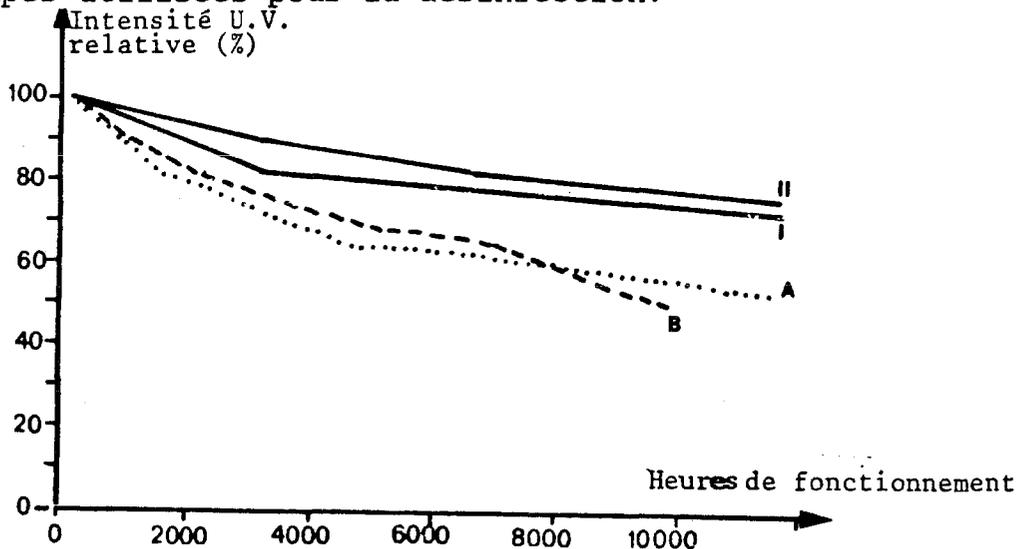


Figure 17 perte d'intensité UV en fonction du temps de fonctionnement pour un système haute-pression (2 lampes I et II) et pour un système basse-pression :

a: données KATADYN

b: données expérimentales

Référence 6

*Des réactions avec le mercure peuvent entraîner la formation d'un dépôt sur la paroi des lampes. Mais cela reste, là aussi, minime par rapport aux autres dépôts.

Ces trois causes de vieillissement de la lampe, doivent être prises en compte dans le suivi d'une installation de désinfection aux UV.

Lors d'une étude, il faudra s'intéresser à ce problème qui conditionne la durée de vie de la lampe et a donc une traduction en terme d'efficacité et de coût pour l'utilisateur.

Les constructeurs donnent des durées d'utilisation pour les lampes : 3500 h pour une lampe basse pression avec starter, près de 10000h, pour une lampe basse-pression de type "Slim-Line", et environ 10000 h, pour une lampe haute-pression.

Sachant que le remplacement des lampes est la part la plus grande dans le budget entretien d'une installation, il convient de faire le choix de la lampe la mieux adaptée.

Par ailleurs, ces problèmes de perte d'efficacité doivent rendre l'utilisateur du système UV vigilant sur le dimensionnement de son installation .

III - 2.3 - Caractéristiques de quelques lampes que l'on peut trouver sur le marché.

Tableau 18 caractéristiques de quelques lampes (voir page suivante)

MARQUE	TYPE	PUISSANCE ALIMENTATION	RENDEMENT GERMICIDE	TYPE DE DEMARRAGE	DIMINUTION INTENSITE UV	DUREE DE VIE LAMPE	PRESSION DU GAZ	TYPE DE CATHODE	NATURE PAROI	% UV EMIS A 253.7 n
KATADYN MULTUS	EK 36	40 W	42 %	slim lime 40-50°C	7 000 h : 19.8% 10 000 h : 26.6%	10 000 h	BASSE	CHAUDE	QUARTZ	94
PHILIPS	G36T6	39 W + 40 W pour Ballast	35 %	40° C stater Ballast	7 000 h : 25 %	7 000 h	BASSE	CHAUDE	VYCOR	95
PHILIPS	HTK BERSON 2000	1 850 W	8 %	700°C pas de système de démarrage	2 500 h : 20 % 3 000-4 000 h : 30 %	2 500 h	HAUTE	FROIDE	UVIOLE	60
GTE SYLVANIA	G30T8 G8T5 G15T8	30 W 08 W 15 W	30 12.5 23	40°C Stater + Ballast	3 500 : 25 % 2 500 : 25 % 3 500 : 25 %	3 500 h 2 500 h 3 500 h	BASSE	CHAUDE	SILICE FONDUE	85
Compagnie des lampes (MAZDA)	TUV Philips : 06 W 15 W 30 W 40 W	Lampe+Ballast 06 W 22.5 W 38 W 49 W	15 23 30 30	40°C Stater + Ballast	2 500 h : 25 % 2 500 h : 20 % 2 500 h : 15 % 2 500 h : 15 %	2 500 h	BASSE	CHAUDE	VERRE SPECIAL TYPE 160	90-95 %
DUKE (SANYO)	G15T8 G30T8 G36T8	Lampe+Ballast 15 W 30 W 29 W	24 % 28 % 35 %	40°C Stater + Ballast	3 000 h : 25 % 3 000 h : 25 % 7 000 h : 25 %	3 000 h 3 000 h 7 000 h	BASSE	CHAUDE	VERRE UV-11 VYCOT	92 % 95 %

Ce tableau appelle quelques explications

- *La puissance d'alimentation :*

elle comprend l'alimentation de la lampe et, éventuellement du système de démarrage si nécessaire. On observe que les lampes "Slim-Line" sont relativement plus économiques que les autres car elles ne nécessitent pas d'alimentation de ballast, par contre elles nécessitent un transformateur un peu plus important que les lampes à starter car la tension pour le démarrage est un peu plus élevée, On observe, également, que les lampes haute pression sont de grosses consommatrices d'énergie.

- *Le rendement germicide :*

C'est le rapport de la puissance germicide dans l'eau, c'est-à-dire la puissance disponible pour exercer la destruction des germes sur la puissance d'alimentation. C'est un rendement énergétique. Le mauvais rendement obtenu par les lampes haute-pression s'explique du fait de la puissance d'alimentation élevée.

- *La température de fonctionnement :*

Les lampes basse pression fonctionnent à 40°C, elles nécessitent une température élevée au démarrage pour "lancer" l'ionisation du gaz et la vaporisation du mercure.

Les lampes haute-pression fonctionnent à de hautes température (700°C), c'est un inconvénient.

- *Système de démarrage*

On retrouve pour les lampes basse-pression les deux systèmes "Slim-Line" et ballast + starter. Les lampes haute-pression n'ont pas de système de démarrage mais fonctionnent en permanence à haute température.

- *Diminution de l'intensité UV et durée de vie de la lampe :*

elle conditionne le rythme de changement de la lampe et pose un double problème : de sécurité avec une valeur qu'il convient de ne pas dépasser, économique, le remplacement de la lampe occasionne des frais.

Dans son budget de fonctionnement, le gérant devra tenir compte du coût de la lampe, du coût de la main d'oeuvre pour effectuer le travail, de la durée de vie de la lampe.

- *Pression des gaz:*

Les lampes basse-pression sont en traitement des eaux d'alimentation publique les seules utilisées ou du moins les plus utilisées.

- *Type de cathode :*

Aux lampes basse-pression correspondent des cathodes chaudes et aux lampes haute pression des cathodes froides. Les cathodes chaudes à starter participent au vieillissement de la lampe par le phénomène de noircissement lié au démarrage de la lampe.

- *La nature de la paroi :*

La nature de la paroi est souvent tenue secrète par les fabricants.

- *Pourcentage d'UV transmis à 253,7nm:*

On retrouve l'intérêt de la lampe basse-pression avec un spectre resserré autour de 253,7 nm.

III - 2.4 - Conclusion sur les lampes U.V.

Les caractéristiques techniques de la lampe sont fondamentales dès lors que l'on envisage l'installation d'une station UV. Le choix de la lampe déterminera le coût de l'entretien (prix de la lampe et main d'oeuvre), la qualité de la désinfection. Lors d'un choix d'un système UV on s'attachera, notamment, au type de démarrage de la lampe, et à la diminution du pouvoir germicide dans le temps. En effet, la durée de vie germicide a beaucoup plus d'intérêt que la durée de vie électrique de la lampe.

III - 3 - La chambre d'irradiation

C'est l'enceinte au coeur de laquelle l'eau va être traitée.

L'eau à traiter va traverser la chambre d'irradiation à l'intérieur de laquelle elle sera en contact avec le générateur de rayons UV, c'est-à-dire la ou les lampes UV.

La forme de la chambre d'irradiation est le plus souvent cylindrique. Dans celle-ci, l'eau s'écoule parallèlement à ou aux lampes UV.

III - 3.1 - On distingue deux types de montages

*La lampe UV peut être directement en contact avec l'eau à traiter

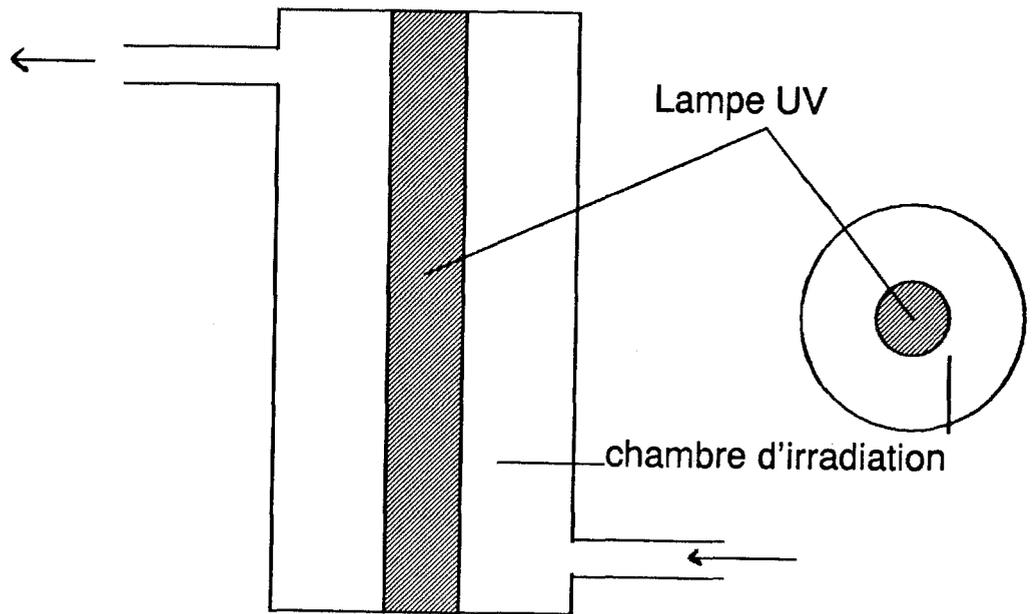


Figure 19 Montage de la lampe UV en contact avec l'eau à traiter.
Coupe longitudinale et transversale.

Ce type d'exposition est inutilisable avec les lampes haute pression. En effet, eu égard à la très haute température d'utilisation de celles-ci le choc thermique détruirait les lampes.

Il est également inutilisable avec les lampes à démarrage type "Slim-Line".

D'une manière générale, ce système direct n'est plus proposé par les constructeurs.

*La lampe UV est séparée de l'eau à traiter par une gaine de quartz.

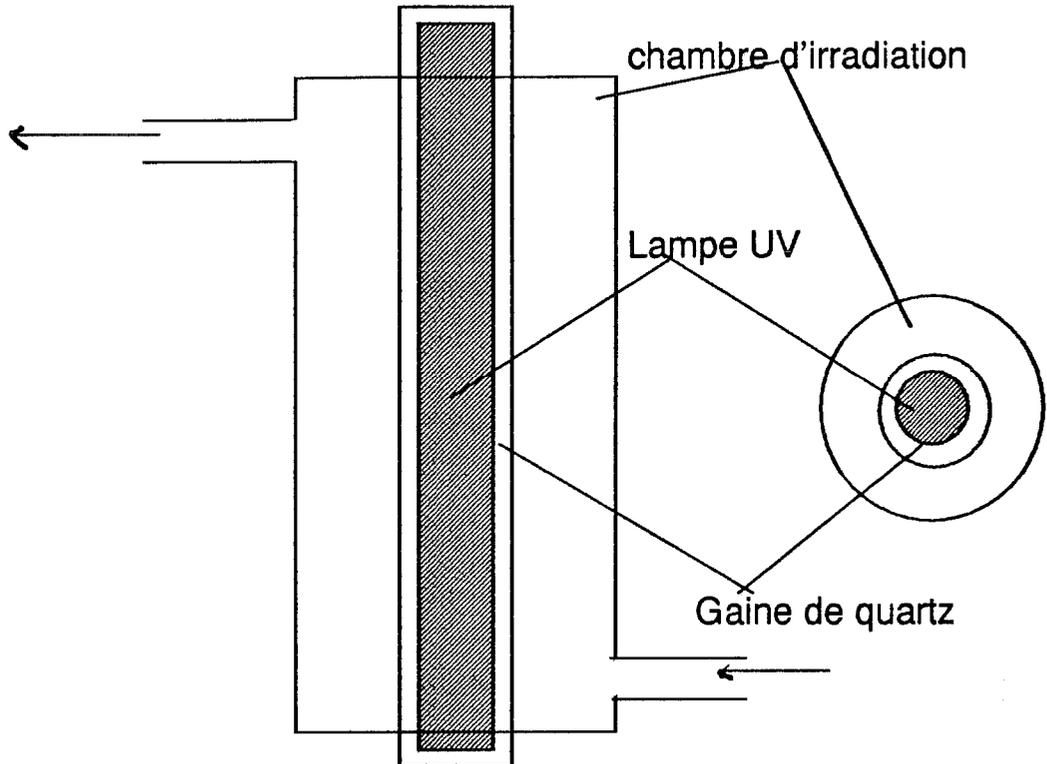


Figure 20 Exposition indirecte de l'eau aux U.V.
- Coupe longitudinale et transversale.

Ce type d'exposition est celui retenu par la majorité des installateurs. Il présente de nombreux avantages parmi lesquels une protection accrue du générateur UV, protection thermique essentiellement. Un autre avantage est lié à la sélection possible grâce à l'adjonction de la gaine de quartz, des longueurs d'ondes émises. Il faut également observer que les lampes haute-pression ne peuvent fonctionner que selon ce système.

III - 3.2 - La nature des matériaux utilisés pour la chambre d'irradiation.

Le matériau le plus souvent utilisé pour la chambre d'irradiation est l'acier inox de type 304 L ou 316 L, d'un coût plus élevé que l'acier galvanisé du fait, notamment, de la nécessité d'employer la soudure à l'Argon. L'acier inox permet de se prémunir contre une eau qui, par son agressivité ou sa composition chimique, serait de nature corrosive.

Les constructeurs proposent également des chambres d'irradiation en matériaux synthétiques. Sont utilisés le polyéthylène haute densité et le polyfluorure de vinyl.

Leur intérêt est d'être inerte par rapport à l'eau, de ne pas être sensible à la corrosion. Par contre, ces deux produits seront dégradés par les UV et même, si l'on observe une meilleure résistance du

polyfluorure par rapport au polyéthylène de haute-densité, le problème du vieillissement induit par le rayonnement U.V limite leur utilisation pour le traitement des eaux d'alimentation destinées à la consommation humaine. Par ailleurs ces matériaux synthétiques sont d'un coût élevé. Des travaux ont été également réalisés pour définir, selon la nature de la face interne de la chambre d'irradiation quel était le pourcentage de rayonnement U.V. réfléchi et donc susceptible de potentialiser l'action germicide.

MATIERES	% d'UV réfléchi à 260 nm
ARGENT	30,00%
NICKEL	42,00%
CHROME	60,00%
ACIER INOX	25,00%
ALUMINIUM	90,00%

Figure 22 Pouvoir de réflexion de différentes matières à 260 nm (Réf 8)

De ces travaux, il ressort que l'aluminium a un remarquable pouvoir réflecteur pour les UV autour de 260 nm, On sait, par ailleurs, que l'aluminium est facile à façonner, qu'il résiste à la corrosion. On peut donc imaginer un avenir prometteur à l'aluminium utilisé en tant que revêtement de la chambre d'irradiation, soit concevoir une chambre en aluminium.

Toutefois, le pouvoir réflecteur s'il existe, n'a pas encore prouvé son intérêt pour l'effet germicide. En effet, à ce jour aucune étude sérieuse ne permet de corréler positivement un pouvoir réflecteur augmenté à une efficacité germicide accrue.

III - 3.3 -Montage de la chambre d'irradiation

La position verticale pour la chambre d'irradiation semble être la plus intéressante elle permet notamment une meilleure élimination des bulles d'air. Pour cela, il convient par ailleurs, d'alimenter le système par le bas ce qui facilite la remontée des bulles.

Ce qui peut amener à retenir une disposition horizontale est le manque de place.

III - 3.4 -Quelques données sur les chambres d irradiation que l'on trouve sur le marché.

MARQUE	TYPE	PRESENCE D'UNE GAINÉ QUARTZ	MATERIAU DE LA CHAMBRE D'IRRADIATION	PRESSION DE SERVICE
KATADYN	TOUT TYPE	+	- acier inox 316 l ou - polyéthylène haute densité	16 Bars 3-4 Bars
ACTINI	G1 - G4 G9	- +	- acier inox ou PVC 316 l - acier inox 316 l	7 Bars > 7 bars
PROTECO	TOUT TYPE	+	inox	5 à 6 Bars
SATIM	TOUT TYPE	+	inox	5 à 6 Bars
HYCO ET AULAS	TOUT TYPE	+	acier inox ou option	10 Bars
MASURE (SOLMEC)	TOUT TYPE	+	acier inox ou PVC	10 Bars
MERKUR SA	MERKUR	+	acier inox	10 Bars
BERSON	TOUT TYPE	+	acier inox	10-18 Bars

Figure 23 : Les chambres d'irradiation = caractéristiques (données constructeurs)

III - 4. Les dispositifs connexes Réf -17- Réf -6-

A côté du générateur U.V. et de la chambre d'irradiation, on trouve des éléments qui ont, pour certains, un caractère optionnel ou pour d'autres sont impératifs pour le bon fonctionnement du système.

III - 4.1- La cellule photo-électrique de contrôle.

La circulaire du 19 Janvier 1987 relative à l'utilisation des rayons UV pour la désinfection des eaux destinées à la consommation humaine fixe la dose minimale d'exposition à 25000 ~~MW~~ s/cm². Cette dose d'exposition, produit de l'intensité du rayonnement par le temps d'exposition, peut être contrôlée " in situ " au moyen d'une cellule photo-électrique.

Cette cellule, généralement placée au niveau de la paroi de la chambre, va mesurer l'émission UV.

Lorsque celle-ci chute en dessous de 25 Ws/cm² un relais électronique permet de déclencher une alarme.

Lorsque la cellule enregistre une baisse de l'émission germicide, celle-ci peut avoir trois causes:

- Les lampes UV peuvent, par vieillissement ou par incident (défaut d'alimentation électrique par exemple), n'émettre qu'insuffisamment à la longueur d'onde souhaitée.

- La gaine de quartz (dans le cas d'un montage direct) ou la paroi de la lampe peuvent être encrassées (dépôt provenant de l'eau, mauvais entretien)

- L'eau peut ne plus être suffisamment perméable aux rayons UV, ceci du fait, par exemple, d'une trop grande turbidité, ou d'une coloration de l'eau.

Pouvant révéler trois sources de non efficacité du système, la cellule photoélectrique n'a pas un caractère obligatoire et est bien souvent optionnelle sur les petites unités du fait du coût important (parfois supérieur au budget d'un petit système).

C'est pourtant le seul mécanisme pouvant dispenser d'un suivi humain très régulier avec, toutefois, des restrictions pour certains fabricants dont le système de contrôle n'est pas des plus fiables.

En conclusion, la cellule photoélectrique et le système d'alarme s'y rattachant n'ont d'intérêt que pour les grosses unités de traitement, ceci

pour des motivations à la fois techniques et financières. C'est toutefois une solution d'avenir car on peut imaginer un contrôle à distance par transmission de l'alarme au niveau d'un centre de contrôle intercommunal ou même départemental (utilisation du réseau PTT) qui gérerait l'ensemble des stations UV quant aux risques liés à une perte d'efficacité du système.

III - 4.2- le compteur horaire :

La circulaire de Janvier 1987 rend obligatoire le comptage horaire de durée de fonctionnement des lampes.

Celui-ci est indispensable, d'une part pour le nettoyage régulier des gaines de quartz, mais aussi pour le changement de la lampe pour lequel il convient de suivre les recommandations du fabricant.

III - 4.3- les dispositifs de nettoyage des gaines

Ils ne sont présents que sur les systèmes destinés à traiter de gros débits. Seules quelques marques proposent cet accessoire.

La circulaire du 19 janvier 1987 rappelle qu'il est indispensable d'opérer un entretien, d'une part selon un calendrier systématique, d'autre part lors de la mise en alerte du système.

III-4.3.1 - Nettoyage des gaines par raclage :

Autour de la gaine coulisse un racleur que l'on peut soit déplacer manuellement, soit selon un cycle automatique d'entretien. Le problème lié à ce type de nettoyage vient de ce que les dépôts grattés ne sont pas éliminés du milieu et peuvent interférer en augmentant la turbidité du milieu.

III-4.3.2. - Nettoyage chimique

Il nécessite l'arrêt du système avec un circuit de nettoyage pour lequel on introduit un acide faible. L'opération comporte un lavage, plusieurs rinçages et une vidange du système, soit près d'une heure d'opérations.

III - 4.4 - Les robinets amont et aval de l'appareil.

A l'entrée et à la sortie du système on doit trouver des robinets flammables qui permettent les contrôles bactériologiques avant et après traitement.

III - 4.5.- Le débitmètre

Il revêt un caractère indispensable dès lors que l'on observe des variations importantes du débit. Ceci s'observe si le système UV est placé en aval du réservoir directement sur le réseau de distribution, ou encore, si le système UV équipe une ressource qui connaît de grosses variations de débit, (fort étiage, source de montagne gonflant à la fonte des neiges).

III - 4.6.-Les filtres

Nous verrons, plus tard, les qualités requises pour l'eau à traiter; mais, dès à présent, il nous faut évoquer le problème lié à la turbidité de l'eau. En effet, toute altération de nature physico-chimique ou optique de l'eau est susceptible de rendre inopérant le traitement UV. Pour éviter que des éléments en suspension ne viennent piéger les rayons Ultra Violets, il est parfois nécessaire de mettre en oeuvre une filtration.

Celle-ci devra être étudiée en tenant compte du débit à traiter, de la nature de l'eau, des exigences requises par le système de traitement.

En conséquence, une unité de filtration ne saurait être mise en place sans avoir au préalable un suivi de la ressource à traiter, suivi en terme de débit sur, au moins, un an en se méfiant des saisons sèches, et en terme de turbidité de l'eau sur une longue période.

Les fabricants proposent toute une panoplie de filtres dont la porosité peut aller jusqu'au micromètre.

Les matériaux retenus pour la confection des filtres sont variables acier, inox, polypropylène, nylon, céramique.

Pour les petites unités qui représentent une majorité d'installations, on a souvent recours à un filtre poche en nylon.

La filtration est bien souvent obligatoire si l'on veut avoir un système efficace. Elle pose un problème d'entretien du fait des risques de colmatage qui multiplient les visites d'entretien pour le nettoyage des filtres.

Il faut noter qu'il existe une possibilité de mise en alarme du système en cas de colmatage du système de filtration.

Ceci est possible, notamment, en effectuant une mesure différentielle de pression avant et après filtration. L'alarme est déclenchée pour une différentielle supérieure à une valeur seuil.

Il faut savoir qu'en matière d'investissement et de fonctionnement, l'unité de filtration risque de représenter une grosse part du budget global de l'installation. En conséquence, il convient de ne pas négliger ce poste.

III - 4.7. - L'alarme

L'alarme peut avoir différents facteurs déclenchants.

L'efficacité de l'alarme est réelle si le plus grand nombre de défauts de fonctionnement est intégré pour son déclenchement et si, par ailleurs, cette alarme est suivie d'une intervention rapide.

Les facteurs déclenchant peuvent être :

- Diminution de la dose d'exposition au delà du seuil critique. (contrôle par cellule photoélectrique).
- Augmentation du débit dans le système de sorte que l'efficacité du traitement ne puisse plus être garantie par le dimensionnement du système.
- Problème d'alimentation électrique.
- Incident mécanique = lampe hors service.
- Turbidité.

L'alarme la plus simple consiste en un voyant lumineux apposé sur l'enceinte du bâtiment renfermant la station UV. Il peut alors s'écouler un temps très long entre le déclenchement et le moment où un agent passera vérifier l'installation.

L'alarme peut être sonore, mais là aussi se pose le problème de la surveillance permanente du système pour intervenir dès lors qu'il y a un incident.

Enfin, la téléalarme, bien que coûteuse et difficile à mettre en oeuvre pour les petites unités, semble être la plus efficace.

**PARAMETRES A PRENDRE EN COMPTE POUR LE
DIMENSIONNEMENT**

IV - PARAMETRES A PRENDRE EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT

(Références 21 - 6 - 18 -)

IV - 1. Eléments de physique,

La loi générale de BEER LAMBERT relative aux corps en solution et à la traversée de ce milieu par un rayonnement est à la base du dimensionnement des appareils,

$$I/I_0 = e^{-kx}$$

avec

I_0 = intensité de la radiation entrant dans le milieu (en mv/cm^2)

I = intensité de la radiation après avoir traversé l'épaisseur X du milieu considéré,

X = épaisseur du milieu traversé (en cm ou en mm).

K = coefficient d'absorption (en cm^{-1} ou en mm^{-1})

Le rapport I/I_0 est appelé transmission interne. Le coefficient d'absorption représente la fraction de la radiation qui est absorbée par chaque unité de longueur traversée, La transmission interne dépend en plus de l'épaisseur du matériau traversé.

Dans le cadre d'un système de lampe UV, ce qui est intéressant c'est la quantité I' de radiation qui émerge de la substance par rapport à la quantité incidente I'_0 sur la face réceptive de cette substance. On appelle cela la transmission externe du matériau.

Surface d'incidence milieu traversé

Surface d'émergence

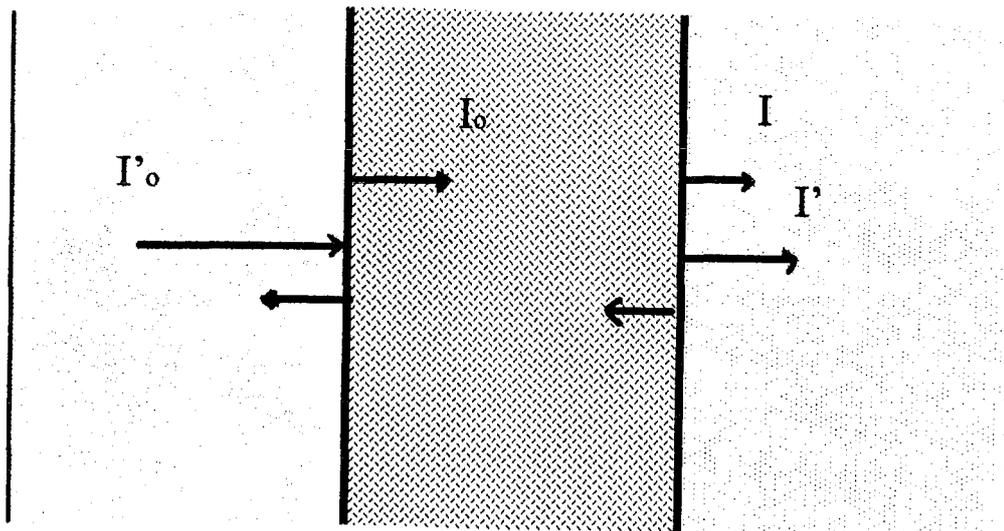


Figure 24 - Schéma de transmission d'un rayonnement

Une partie de la radiation incidente I_0 est réfléchiée par la face réceptrice, une partie est absorbée en passant au travers du milieu traversé, une autre partie est réfléchiée sur la face interne d'émergence. Les trois parties seront donc retranchées du rayonnement incident I_0 pour donner le rayonnement I' .

La loi de BEER LAMBERT ne tient pas compte de cette perte par réflexion, elle intègre uniquement la perte par absorption du milieu traversé.

Si on prend pour I_0 la valeur de l'intensité de la radiation incidente sur la première face et pour I la valeur de l'intensité de la radiation émergente de la deuxième face et que l'on tienne compte des pertes par réflexion, l'équation de BEER LAMBERT doit s'écrire

$$I/I_0 = (1-R)^2 e^{-kx}$$

avec

I/I_0 = transmission interne
 R = coefficient de réflexion
 x = épaisseur du milieu
 k = coefficient d'absorption

En pratique le terme transmission est indifféremment utilisé pour l'un ou l'autre des rapports : interne et externe.

Lors de l'étude au vue de l'installation d'un système UV, l'eau à traiter sera, à différentes périodes, analysées afin d'en déterminer les caractéristiques physico-chimiques et la capacité d'absorption du rayonnement UV.

A chaque type d'eau correspond un coefficient d'absorption et par la même une transmission propre au milieu.

IV - 2 - Paramètres liés à l'appareil

IV - 2.1- Le temps de contact

La circulaire du 19 janvier 1987 relative à la désinfection des eaux destinées à la consommation humaine par les U.V. précise que la dose d'exposition, produit de l'intensité du rayonnement par le temps d'exposition, est en tout point de la chambre d'irradiation supérieur à 25000 mW.S/cm²

La durée d'exposition dépend :

- du temps d'exposition de l'eau : T en secondes.

- de l'épaisseur de la lame d'eau à traiter : k (k en cm-I ou en mm-I).
- de la surface émettrice : S (en m²)
- de la puissance germicide de la source UV : P (en watt)

$D = P/Se^{-kxT} = I.T$ (avec I intensité du rayonnement reçu par l'eau).

La présence de la gaine de quartz autour de la lampe UV occasionne également une petite perte de rayonnement UV.

En pratique le temps de contact T est fonction :

- d'une part, du débit à traiter par le système UV d'où l'importance pour un bon dimensionnement d'avoir un suivi des débits sur plusieurs années. (il faut inciter, notamment les petits distributeurs, à suivre avec attention le débit de leurs ressources en eau).

- d'autre part du volume utile de la chambre d'irradiation qui correspond au volume total auquel on retranche le volume de la gaine contenant la lampe U.V.

IV - 2.2- La disposition des chambres d'irradiation

Nous avons vu, par ailleurs, que la position verticale avec alimentation par le bas semblait être la plus intéressante.

IV - 2.3- Création d'un régime turbulent

La circulaire du 19 janvier 1987 précise que l'écoulement de l'eau devra être assuré en régime turbulent.

Le régime turbulent est nécessaire pour éviter que des particules en suspension ne masquent les micro-organismes durant la traversée du système.

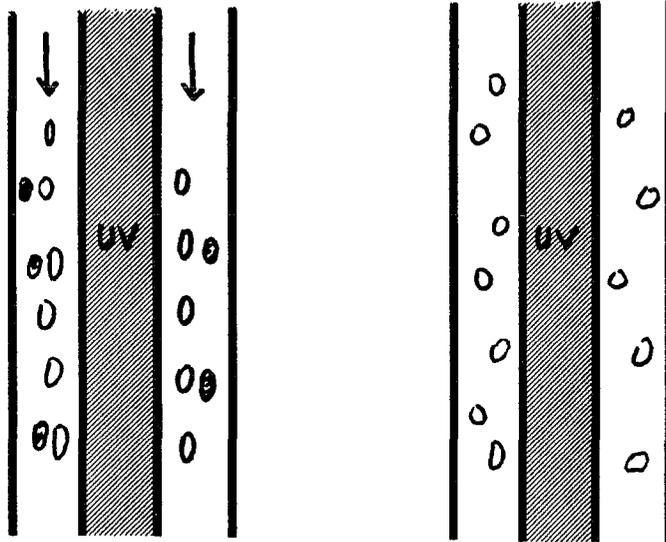


Figure 25 : régimes d'écoulement dans les systèmes U.V.

Écoulement laminaire : risque de non exposition
Écoulement turbulent : pas de phénomènes d'ombre
Toutes les faces des microorganismes sont exposées.

Pour obtenir un écoulement de type turbulent il suffit, et c'est ce que font la plupart des constructeurs, de prévoir l'entrée et la sortie de l'eau perpendiculairement au générateur UV. Avec la pression, l'eau va avoir un écoulement turbulent.

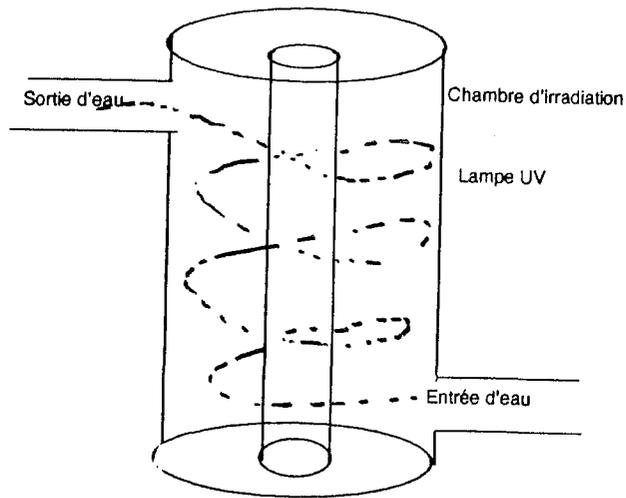


Figure 26 Schéma d'une chambre d'irradiation permettant un régime turbulent.

- l'entrée et la sortie d'eau perpendiculaire au grand axe de la chambre d'irradiation permettent d'assurer un régime turbulent à l'eau à traiter.

Il faut noter que, pour améliorer encore le régime turbulent, on trouve, dans certain système des déflecteurs qui modifient l'écoulement de l'eau.

IV - 3 - Paramètres dépendant de l'eau à traiter

Nous avons vu, en début de chapitre que selon la loi de BEER LAMBERT, le coefficient d'absorption dépend de la nature du milieu traversé. Cela implique une connaissance au long cours de la nature de l'eau à traiter lorsque l'on envisage un traitement aux UV.

Les caractéristiques de l'eau à maîtriser pour le dimensionnement et qui vont influencer au niveau du coefficient d'absorption sont

- la turbidité,
- la coloration,
- les ions,
- les matières organiques,

Nous allons reprendre successivement ces 4 facteurs.

IV - 3.1- La turbidité

Elle est liée à la présence de matières finement divisées, maintenues en suspension (ex.l'argile).

Il existe plusieurs méthodes de mesures de la turbidité et, par voie de conséquence, plusieurs unités qui rendent difficile l'effort de standardisation.

IV-3.1.1- Méthode à la "Gomme Mastic"

Cette méthode consiste à comparer la diffraction de la lumière lors de son passage à travers une épaisseur d'eau à examiner avec la diffraction de la même lumière lors du passage à travers une même épaisseur d'eau limpide à laquelle on ajoute, goutte à goutte, une solution alcoolique de gomme mastic.

La mesure s'effectue sur un échantillon de 50 cm³ d'eau à l'aide d'un comparateur photométrique. On note le nombre de gouttes de solution de gomme mastic nécessaire pour obtenir l'égalité de diffraction.

Le résultat est exprimé en nombre de gouttes de réactif.

IV-3.1.2- Méthode à la silice :

On compare à l'aide d'un photomètre le louche de l'eau à examiner avec le louche obtenu à l'aide d'une gamme étalon préparée à partir d'une dilution d'une suspension de Kieselghur (silice amorphe SiO₂).

IV-3.1.3.- Méthode à la formazine

L'eau à examiner est comparée à l'aide d'un photomètre à une série de dilutions obtenues à partir d'une suspension de formazine (la formazine est préparée par mélange de sulfate d'hydrazine avec l'hexaméthylène tétramine.). Cette suspension a un titre fixé conventionnellement à 40 Unités de formazine.

L'expression des résultats se fait en unités de "formazine".

IV-3.1.4.- Mesure de l'indice de diffusion.

Si on éclaire une eau optiquement limpide renfermée dans un volume connu et si on mesure le flux lumineux diffusé sous un angle déterminé d'incidence, la valeur que l'on note est l'indice de diffusion moléculaire de l'eau.

Si la valeur notée à partir d'une eau à examiner est supérieure à l'indice de diffusion moléculaire, la différence entre ces deux valeurs est imputable à la lumière diffusée par particules solides liquides ou gazeuses.

IV-3.1.5- Influence de la turbidité

On trouve plusieurs unités pour exprimer la turbidité d'une eau

- gouttes de mastic,
- mg de silice par litre d'eau,
- unités "formazine" FTU (Formazine, Turbidité, Unités).
- unités "Jackson" = JTU (Jackson, Turbidité, Unités).
- unités NTU (Nephelométric, Turbidity Units).

A propos de ces quatre dernières unités, on peut écrire

1 NTU = 1 FTU = 1 JTU = 2,5 mg/l. silice

Les matières en suspension absorbent l'énergie UV et peuvent donc altérer la transmission du rayonnement germicide.

Les matières en suspension peuvent également masquer au rayonnement UV les microorganismes faisant ainsi écran et limitant l'efficacité du traitement (c'est ce qui impose d'établir un régime turbulent pour l'eau dans la chambre d'irradiation).

Il est conseillé de ne pas dépasser le seuil d'1 ou 2 JTU pour conserver au traitement UV son efficacité.

La figure suivante, que l'on doit aux travaux de MYHRSTAD, montre pour différentes profondeurs d'eau, la diminution de la transmission UV en fonction de la turbidité.

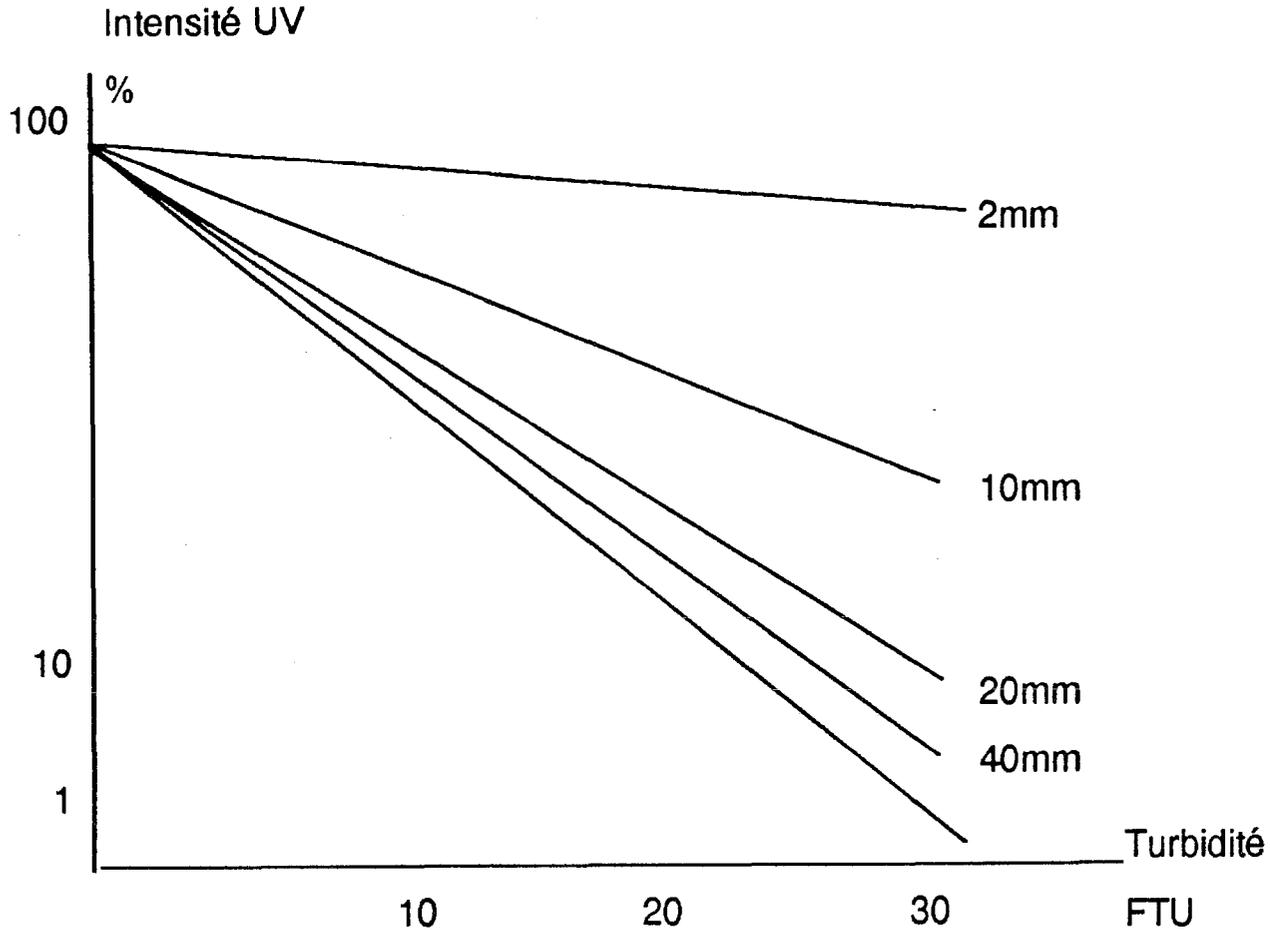


Figure 27 diminution de la transmission UV en fonction de la turbidité, (Réf.18),

La turbidité est donc un facteur important. Trop élevée, elle peut rendre inefficace le traitement UV.

IV - 3.2 - La couleur

La coloration de l'eau peut être soit liée à la présence de matières dissoutes (ions métalliques par exemple), soit induite par la présence de matières en suspension colorées.

En conséquence, la détermination de la coloration vraie devra être faite après centrifugation de l'échantillon.

Ensuite, on compare la couleur de l'eau à étudier avec une eau incolore à laquelle on additionne des quantités croissantes connues de sels colorés.

Le réactif utilisé est le réactif platino cobalt dont la formule est la suivante

- K₂ Pt Cl₆ 1,245 g
- Ca Cl₂ 6H₂O 1 g
- H Cl 100 cm³
- H₂ O qsp 1000 cm³

On exprime la coloration en unités platino-cobalt qui équivalent à des mg/l de Pt encore appelés unités Hazen.

La coloration de l'eau peut influencer sur l'efficacité du traitement UV en diminuant la transmission du rayonnement. C'est ce que traduit le tableau suivant.

TURBIDITE FTU	COULEUR mgPt/l	TRANSMISSION %
0,25	5	87
0,40	5	87
0,35	5	54
0,35	15	39
0,35	20	24
0,45	10	41
0,45	20	62

Figure 28 : Transmission de l'énergie UV à 253,7nm pour différentes turbidités et couleurs (épaisseurs d'eau 50mm)

IV - 3.3 - La présence d'ions.

Les ions ferreux et ferriques absorbent le rayonnement UV à la longueur d'onde où celui-ci a son action germicide. Il en va de même pour le manganèse.

Une teneur seuil de

- 400 µg/l est conseillée pour les Fe²⁺
- 100 µg/l est conseillée pour les Fe³⁺
- 300 µg/l est conseillée pour les Mn²⁺

Au-delà de ces taux, on risque d'observer une diminution de la transmission.

En pratique, la réglementation fixe pour limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine: 200µg/l pour le Fer et 50µg/l pour le manganèse. Les taux étant inférieurs à ceux risquant d'altérer l'efficacité du système UV, il n'y a normalement pas de risque de diminution d'efficacité.

Les ions impliqués dans la dureté de l'eau : calcium et magnésium n'ont pas une action directe sur l'absorption UV. Par contre, ils interviennent indirectement en favorisant l'entartrage par la formation de carbonates alcalino-terreux qui se déposent sur la paroi de quartz de la gaine.

L'entartrage joue un rôle d'écran et peut diminuer jusqu'à 75 % l'efficacité du système de traitement. La dureté de l'eau est donc un facteur à prendre en compte.

Dans les études préalables en vue de l'installation, il sera donc important de doser le fer et manganèse, mais également d'avoir tous les éléments concernant la dureté de l'eau à traiter.

Pour doser le fer et le manganèse, les laboratoires font appel à des techniques instrumentales : spectrophotométrie de flamme, spectrophotométrie d'absorption atomique, polarographie, ionométrie.

Il subsiste encore des techniques colorimétriques :

- pour le Fer :

On utilise la formation d'un complexe coloré avec l'αdipyridyl du fer ferreux,

- pour le manganèse :

Son dosage colorimétrique s'effectue en milieu acide en présence de periodate de potassium, il y a alors oxydation du manganèse, l'ion manganate est coloré en rose en solution aqueuse.

La dureté de l'eau, est nous l'avons vu, liée à la présence de calcium et de magnésium et, plus précisément, à la présence de sels de ces deux éléments.

On distingue classiquement

* la dureté totale de l'eau :

Elle est liée à la présence de
carbonates acides de Ca $(\text{HC03})_2$
carbonates acides de Mg $(\text{HC03})_2$
et de
sulfate de Ca = Ca S04
sulfate de Mg = Mg S04

* la dureté permanente :

Elle est liée aux seuls sulfates alcalinoterreux (Ca S04 et Mg S04).

* la dureté temporaire :

Elle est liée à la présence des carbonates acides de calcium et magnésium.

Les unités retenues pour évaluer la dureté d'une eau sont :

- le degré hydrotimétrique c'est une unité arbitraire qui, en France, correspond à 10 mg/l de carbonate de calcium.
- mg/l de carbonate de calcium
- m Eq de calcium qui correspond à 5° hydrotimétrique.

Pour évaluer la dureté on utilise :

-1°) des méthodes instrumentales

Ce sont des méthodes très spécifiques et d'une grande sensibilité. On utilise l'ionométrie (avec des électrodes spécifiques) ou encore l'absorption atomique avec des lampes à cathodes creuses = lampes à calcium ou à magnésium.

-2°) des méthodes chimiques

- méthode au palmitate de potassium
l'eau à analyser est portée à ébullition pour éliminer le CO_2 . Elle est également neutralisée.

On ajoute goutte à goutte une solution titrée alcoolique de palmitate de potassium. Il se forme des palmitates de calcium et magnésium non ionisés.

A l'excès, le palmitate de potassium va entraîner la formation dans l'eau de KOH que l'on peut visualiser par ajout de phénol phtaléine.

- dosage manganométrique de calcium

On réalise la précipitation à chaud en milieu alcalin du calcium sous la forme d'oxalate de calcium. Le précipité obtenu est redissous après lavage en milieu acide, l'acide oxalique libéré est réducteur et sera dosé par manganimétrie.

- dosage complexométrique du calcium

On utilise l'EDTA en milieu tamponné. Le calcium et le magnésium sont alors complexés. L'indicateur de la réaction est le noir Eriochrome qui à Ph10 développe une couleur bleue. En présence de calcium et magnésium le noir Eriochrome donne un complexe coloré en rouge.

Les complexes noir Eriochrome calcium et noir Eriochrome magnésium sont moins stables que les complexes EDTA magnésium et EDTA calcium.

En pratique, on additionne à l'eau à analyser du noir Eriochrome il se forme alors les complexes noir Eriochrome calcium et magnésium rouges.

On ajoute goutte à goutte la solution titrée d'EDTA sodique qui, formant un complexe plus stable avec le calcium et le magnésium, va amener un virage du rouge au bleu.

Le complexe noir ériochrome calcium étant très peu stable (moins stable que le complexe noir ériochrome magnésium) il est difficile d'observer la zone de virage pour une eau ne contenant que du calcium et pas de magnésium. C'est pourquoi dans ce cas là il sera nécessaire d'ajouter une faible part d'EDTA magnésium à la solution titrée qui permettra d'apprécier le virage.

La dureté mesurée va permettre de classer les eaux en :

-eau très douce	de 0 à 7 degrés hydrotimétriques
-eau douce	de 7 à 14 degrés hydrotimétriques
-eau moyennement douce	de 14 à 20 degrés hydrotimétriques
-eau assez dure	de 20 à 30 degrés hydrotimétriques
-eau dure	de 30 à 50 degrés hydrotimétriques
-eau très dure	plus de 50 degrés hydrotimétriques

En résumé, il est donc important pour le dimensionnement de l'installation d'être renseigné sur la teneur en fer et en manganèse et d'autre part sur la dureté de l'eau à traiter.

IV - 3.4 - Les matières organiques

Les matières organiques absorbent une grande partie du rayonnement UV.

Des études estiment à 4 mg/l de matières organiques exprimées en O₂ consommé, les teneurs à ne pas dépasser pour conserver une efficacité au système.

Cette évaluation se fait sur une eau à analyser limpide ou filtrée (en utilisant des filtres sans matières organiques solubles).

En présence de permanganate de potassium, la réaction se déroule en milieu acide et à l'ébullition pendant 10 minutes.

L'excès de permanganate est mis en présence d'une solution réductrice de sulfate ferreux en excès que l'on titre à nouveau par K Mn O₄

Sachant que selon la réglementation (JO .Janvier 1989) l'oxydabilité au permanganate de potassium (K Mn O₄) mesuré après 10 minutes en milieu acide, doit être inférieure ou égale à 5 mg/l d'oxygène consommé, il faudra être attentif à la teneur en matière organique de l'eau que l'on souhaite traiter par le système UV puisqu'à partir de 4 mg/l on peut avoir des problèmes de diminution de l'efficacité du système.

IV - 4 - Le débit à traiter

Le débit de la ressource à traiter est un élément qu'il faut connaître avec un certain recul. Une mesure ponctuelle du débit ne peut, en aucun cas, présager des variations saisonnières. L'idéal est d'avoir un suivi régulier des débits sur plusieurs années.

On observe sur les petites unités installées en milieu rural ou montagnard de grosses variations qu'il faut intégrer pour ne pas, en période de gros débits notamment, avoir une désinfection insuffisante.

D'autre part, le débit qui arrive au niveau de la station UV n'est pas corrélié avec le débit consommé. En effet, étant le plus souvent installé avant le réservoir, il faut tenir compte du volume de ce dernier et du renouvellement de l'eau en fonction de la consommation.

IV - 5 - Dimensionnement , conclusion

Lors de l'étude préalable qui va conduire à la mise en oeuvre d'une désinfection par le système UV il faut donc maîtriser les paramètres suivants :

* Nature du réseau

Les UV n'ont pas un pouvoir rémanent , il y a donc un risque de dégradation de la qualité microbiologique en aval du traitement.

Il faut donc connaître l'état du réseau et avoir un schéma d'entretien performant.

* débit de la ressource à traiter

Il faut tenir compte du débit maximal.

* la qualité de l'eau à traiter

* perméabilité aux UV,

* turbidité,

* fer, manganèse,

* matières organiques,

* dureté,

* couleur,

* bactériologie.

Ceci avec un suivi sur une longue période, à différentes saisons (sèches et humides).

EXPLOITATION ET ENTRETIEN

V - EXPLOITATION ET ENTRETIEN DES SYSTEMES UV

La circulaire du 19 Janvier 1987 donne des indications quant à l'entretien et à la surveillance des installations (16).

Ces indications concernent le remplacement des générateurs (lampes UV) le nettoyage, la mise en alarme du système, la nécessaire formation du personnel et enfin le réseau de distribution.

V - 1 - Entretien et changement de la lampe proprement dite

La fréquence du nettoyage de la lampe sera fonction de la nature de l'eau.

En effet, en présence d'une eau dure, il se formera rapidement des dépôts de carbonates de calcium sur les parois, En fait, le plus souvent ce n'est pas de la lampe dont il faut assurer le nettoyage, mais de la gaine en quartz qui l'entoure, A côté du nettoyage mécanique très peu utilisé dans les installations, on conseille le plus souvent un nettoyage des gaines à l'aide d'un chiffon imbibé d'alcool,

A ce propos, il faudra porter une attention particulière à la facilité de montage, démontage de la lampe et de la gaine pour ne pas, en entretien de routine, mobiliser un agent trop longtemps,

Le changement de la lampe UV doit s'opérer légalement lorsque l'on n'a plus en tout point de la chambre d'irradiation une dose d'exposition supérieure à 25 W.S/cm^2 (soit 250 J/M^2 dans le SI). En pratique on suivra les conseils du fabricant qui donne une durée maximale d'utilisation des lampes, sans oublier toutefois de décompter pour chaque épisode d'arrêt, remise en route, une durée d'utilisation fixée là aussi par le fabricant du système.

En conclusion, peu de systèmes étant équipés d'une alarme indiquant que la dose d'exposition est trop faible, on s'en remet à un "planning" d'entretien systématique.

V - 2 - Entretien des dispositifs connexes

Toute l'installation électrique ne nécessite aucun entretien particulier. Par contre, dans l'éventualité d'une pré-filtration, il est important là aussi, d'intégrer son entretien au cahier de suivi de l'installation.

V - 3 - Entretien général du réseau

La mise en oeuvre d'un système de désinfection par les UV ne saurait se concevoir sans l'assurance que l'eau distribuée après traitement le soit dans un réseau "irréprochable" quant aux risques de contaminations ultérieures.

V - 4 - Qualification du personnel

Il importe d'impliquer le personnel au bon fonctionnement du système. En effet d'un bon entretien découlera l'efficacité et la sécurité du traitement (20). La formation du personnel sur le plan pratique est aisée par contre, il faut insister :

- sur le respect strict du contrôle systématique établi en calendrier sur carnet d'entretien.
- sur l'attention à apporter au réseau en aval du traitement du fait de l'absence de rémanence de la désinfection UV.
- sur les exigences de propreté et de minutie à mettre en oeuvre dans l'entretien et le nettoyage des lampes.

UN EXEMPLE D'INSTALLATION

VI - EXEMPLE DE LA MISE EN OEUVRE D'UNE UNIT.
DE TRAITEMENT U.V.

VI - 1 - Contexte

La commune de "S" dans le massif de Belledonne dispose, à côté de son réseau principal de distribution en eaux, un réseau annexe qui, avec trois réservoirs disposés en cascade, approvisionne plusieurs petits hameaux,

Le captage qui alimente ce réseau subit un fort étiage en saison sèche et présente un débit maximum de 4 à 5 m³/h. Les analyses effectuées sur ce réseau ont mise en évidence une contamination bactériologique épisodique. La commune a chargé le syndicat départemental d'eau et d'assainissement d'étudier et de proposer un traitement adapté au contexte, à savoir faible débit à traiter, éloignement donc fiabilité exigée et enfin grande variabilité du débit.

VI - 2 - Solution mise en oeuvre

Le SDEA (Syndicat Départemental d'Eau et d'Assainissement) a proposé à la commune de "S" un ensemble de stérilisation par rayons Ultraviolets,

Cet ensemble est composé d'une Pré-filtration physique .Pré-filtration physique sur poches 5 microns, permettant d'assurer la rétention des particules en suspension dans l'eau et donc de diminuer la turbidité.

Faisant suite à cette pré-filtration on trouve une unité de stérilisation Ultraviolets Multus KATADYN, avec deux générateurs UV basse pression d'une puissance unitaire de 40 Watts et d'une durée de 10000h de fonctionnement en continu.

Enfin, l'homogénéité du traitement est assurée par la présence de dispositifs internes assurant une turbulence de l'eau dans la chambre de traitement évitant ainsi toute circulation laminaire et toute zone d'irradiation préférentielle.

VI - 3 - Coût de la réalisation

Etude de l'ensemble de désinfection
Ingénieur ... 16 h X 220,00 = 3 520,00
Dessinateur... 4 h X 146,00 = 584,00

soit un total de 4 104,00

Fourniture des stérilisateurs et du pré-filtre
Total 65 437,55
Alimentation basse tension au réservoir
Total 17 766,70
Installation de l'appareillage et essais
Total 18 700,00

L'investissement total s'élève donc à 106 008,25 F.

Il faut noter que l'investissement est subventionné par les partenaires des collectivités locales. (Agence de bassin ...)

VI - 4 - Estimation du coût de fonctionnement

- la consommation électrique est estimée à 168 Watts/h.
(générateur + transformateur).

$0,168 \times 24 \times 365 \times 0,50 = 735,84 \text{ F/an}$

0,168 : consommation horaire
24 x 365 nombre d'heures/an
0,50 coût approximatif du Kw
(sans tenir compte de l'abonnement)

- le changement des lampes s'opère une fois/an
Coût 800,00 F.

- Frais de personnel
le fontainier se déplace environ 4 fois par mois sur le lieu de traitement.
On peut évaluer à 1 heure à 80,00 F l'intervention.
Soit un Coût annuel de 3 840,00 F

Le fonctionnement peut donc être évalué à 5 375,00 F par an.

VI - 5 - Conclusion

La commune de "S" a donc réalisé un équipement qui, pour le moment, donne satisfaction quant à la potabilité de l'eau (voir analyses jointes en annexe).

Sur le plan de fonctionnement, l'éloignement de l'installation rend difficile les visites du fontainier qui doit, pourtant, aller régulièrement nettoyer les filtres à poches qui se colmatent rapidement.

CONCLUSION

Arrivé au terme de ce travail, il ressort tout d'abord que la multiplication des installations de systèmes U.V. depuis quelques années semble être liée à quelques points forts de ce type de désinfection.

En effet l'utilisation des U.V. est une technique bien placée pour ce qui est du traitement des faibles débits, c'est ce qui ressort du bilan des installations récentes.

Par ailleurs, le traitement U.V. n'altère pas les caractères organoleptiques de l'eau (saveur, odeur) à la différence par exemple de la chloration.

Autre intérêt par rapport aux autres modes de traitement, l'effet stérilisant est immédiat et l'on peut envisager l'installation du système U.V. à n'importe quel niveau du réseau, en amont du premier abonné desservi.

D'un entretien simple si le dimensionnement est correct, l'unité de traitement des eaux U.V. n'a pas un coût d'exploitation très élevé.

A coté de ses avantages certains, le système U.V. présente non pas des inconvénients mais des précautions à connaître dès lors que l'on veut y recourir.

En effet la désinfection U.V. de part l'absence de rémanence ne peut se concevoir que sur un réseau en aval qui soit irréprochable afin d'éviter toute contamination ultérieure au traitement.

Par ailleurs la qualité de l'eau traitée va dépendre de l'étude préalable de dimensionnement. A cet effet la DDASS Isère propose un formulaire de renseignements à l'intention du Maître d'Oeuvre à faire remplir par l'éventuel installateur (voir annexe).

Si l'entretien est simple, le risque de panne du système doit être limité par une alarme performante.

Enfin, et ceci reste vrai pour l'ensemble des traitements, mieux vaut ne pas traiter l'eau que de le faire de manière inefficace.

En clair, une installation de traitement des eaux nécessite une vigilance qui doit avoir des répercussions sur le personnel d'entretien (qualification, rigueur et propreté).

A l'heure où les collectivités locales, par delà l'obligation légale qui leur est faite de distribuer une eau potable, souhaite parfaire leur image de marque en matière d'environnement, la désinfection par les U.V. semble être un recours de choix.

ANNEXES ET BIBLIOGRAPHIE

Les principaux fournisseurs d'équipements de désinfection U.V.

Attention la liste qui suit n'est en aucun cas limitative, elle ne représente que la somme des installateurs qui ont pu être cités dans le présent travail.

ACTINI : Avenue de Sénénlaz
BP 80
74202 THONON CEDEX
Tél : 50.71.18.00
Télex : 385615F

BERSON : 54 Bd St Michel
75006 PARIS
Télex : (1) 46.33.33.85

HYCO et
AULAS : BP 29
69131 ECULLY CEDEX FRANCE
Tél : 78.83.60.91
Télex : HAG 900952 F

KATADYN : 24 Bd du Château
94500 CHAMPIGNY
Tél (1) 48.80.37.70
Télex : 213183
Fax : 48.80.78.11

PROTECO : 79800 PAMPROUX
Tél 49.76.30.35

TEL : 76.63.15.15

TRAITEMENT DE DESINFECTION
DE L'EAU AUX RAYONS ULTRA-VIOLET

FICHE DE RENSEIGNEMENTS

BASE DE LA DEMANDE (à compléter par le demandeur)

Maître d'ouvrage :

Adresse - Tél. :

Usage de l'eau à traiter : Eau potable

Pression de service nécessaire après traitement (bar) :

Perte de charge acceptable pour l'ensemble du traitement (mètres) :

Débit maxi à traiter (m³/h) :

Débit mini à traiter (m³/h) :

Exigences particulières :

- Respect de la circulaire du 19 janvier 1987 (ci-jointe)

-

-

-

-

RENSEIGNEMENTS DEMANDES (à compléter par le constructeur)

Nom du constructeur :

Adresse - Tél. :

1°) - Etude de la qualité de l'eau

La circulaire du 19.01.87 prévoit une étude préalable avec des recherches à réaliser aux moments les plus défavorables. Il est souhaitable que des conclusions soient tirées à partir d'au moins 3 analyses.

Nombre de prélèvements effectués pour l'analyse de :

- Turbidité (unité N.T.U. ou Jackson)
- Résistivité
- Matière organique
- Fer - Manganèse
- Perméabilité de l'eau aux Ultra-Violet
à la longueur d'onde de 253,7 nanomètres
- Epaisseur de la lame d'eau analysée :
- Base de l'étalonnage à 100 % : air ou eau distillée
- Bactériologie
- Autre
-

Joindre une copie de tous les résultats d'analyse à la proposition. Ils devront mentionner :

- Date et lieu du prélèvement
- Nom du préleveur
- Laboratoire d'analyse
- Importance des pluies lors des 10 derniers jours.

2°) - Appareil UV proposé

- Type de matériel :

- Nombre et type de lampes : (Nom, caractéristiques, puissance) :
(fournir la courbe caractéristique)

- Durée de vie des lampes garantie :

- Pression maximale admissible :

- Perte de charge minimum :

- Consommation électrique totale (armoire + UV) :

- Présence de cellule(s) photoélectrique(s) : (1) OUI NON

- Voyant d'alarme : 1) générale (1) OUI NON
2) par lampe (1) OUI NON
3) lié à la cellule (1) OUI NON

- Si OUI en 3), seuil de déclenchement de l'alarme :

- Possibilité de relier l'alarme à une
télésurveillance : (1) OUI NON

- Par quels moyens ?

- Dispositifs de nettoyage des gaines : (1) OUI NON
Type :

- Compteur horaire : (1) OUI NON

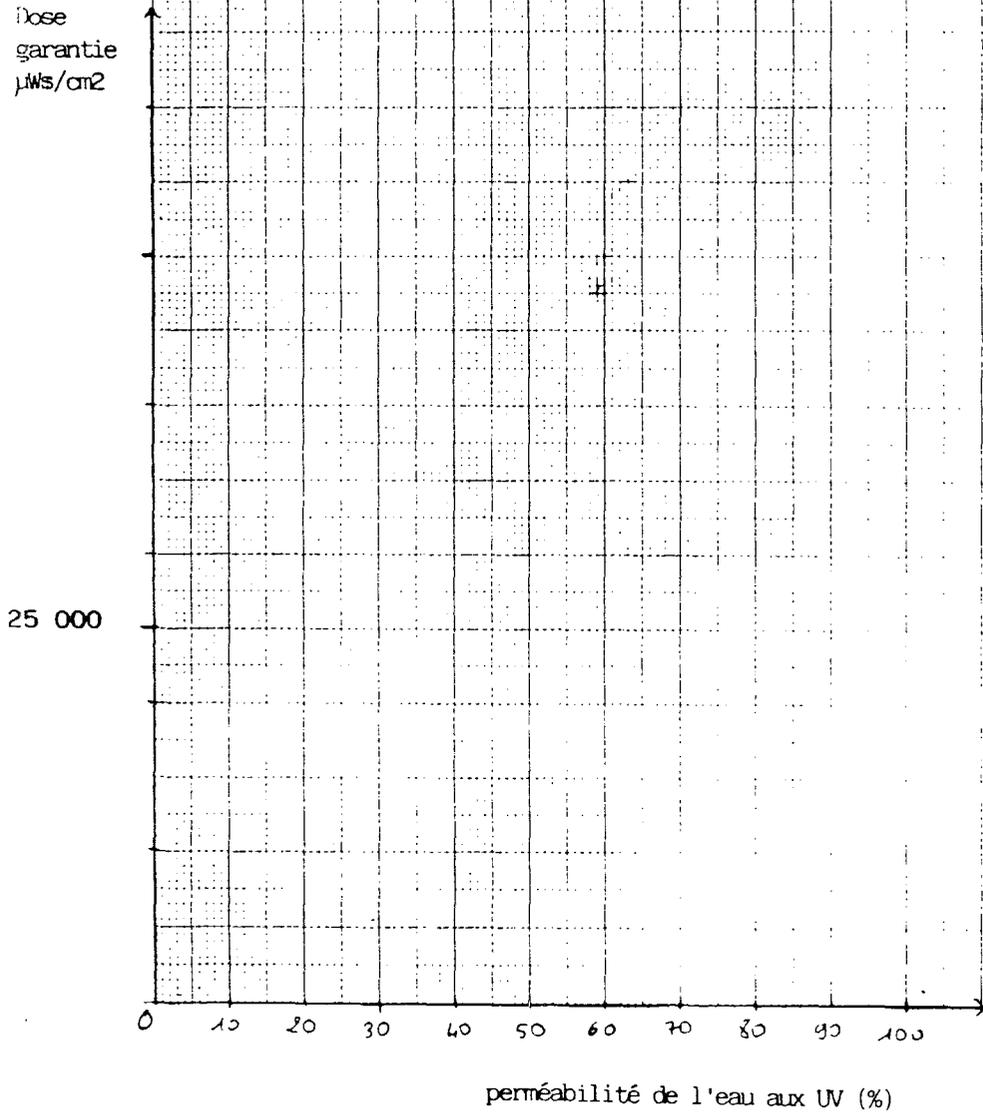
- Compteur volumétrique : (1) OUI NON

- Débitmètre : (1) OUI NON

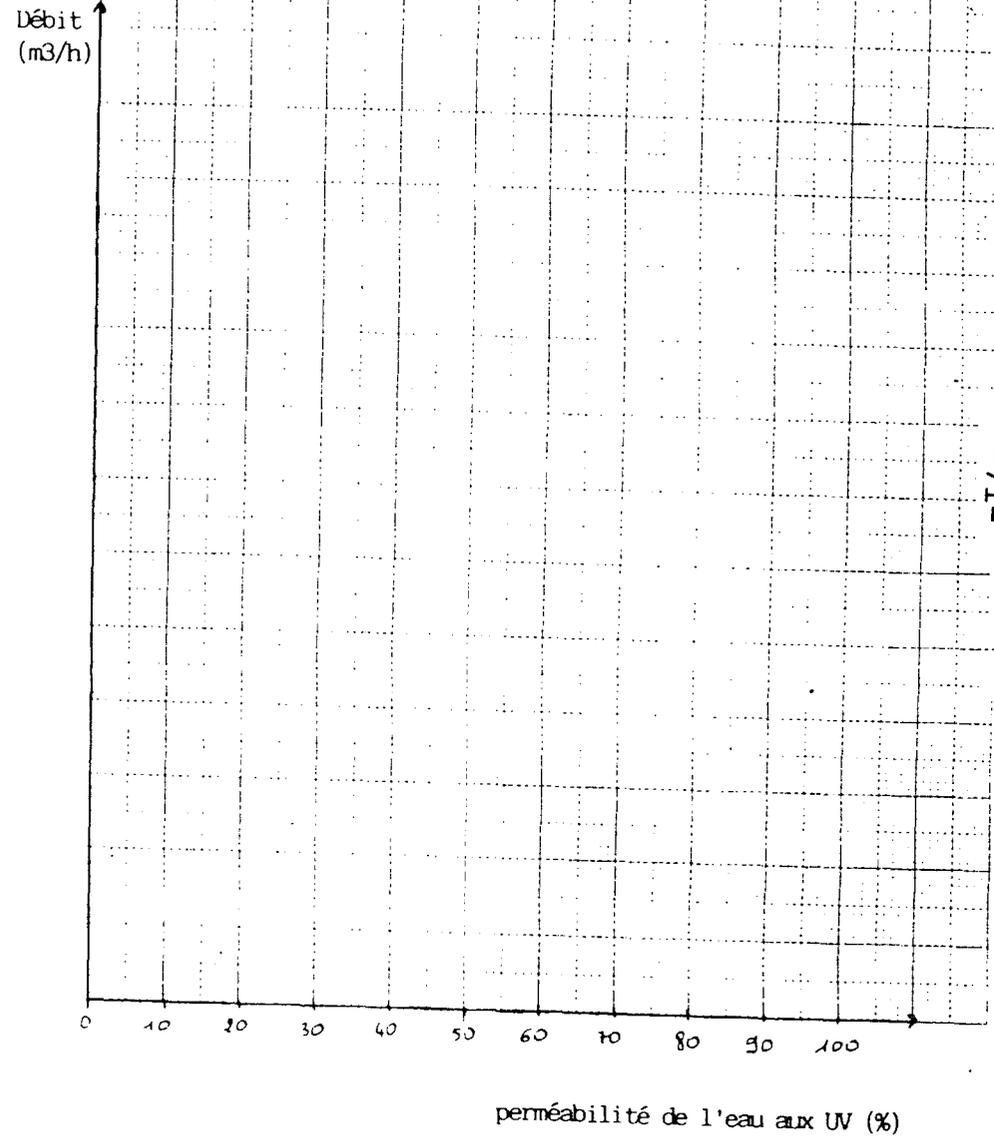
- Mesure de sécurité prévue en cas de panne E.D.F. :

(1) barrer la mention inutile.

Courbe de la dose germicide garantie en fonction de la perméabilité de l'eau, pour le débit prévu en page 1, en fin de vie des lampes, au point le plus éloigné de la chambre d'irradiation



Courbe du débit en fonction de la perméabilité de l'eau pour une dose germicide garantie de 25 000 $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ en fin de vie des lampes au point le plus éloigné de la chambre d'irradiation



3°) Filtration proposée : OUI NON (1)

Si OUI, justification d'une filtration :

Type de matériel : NOM DU CONSTRUCTEUR :

- Débit potentiel :

- Finesse de filtration :

- Manomètre : OUI NON

- Mode de lavage :

- Fréquence maximale prévisible entre deux colmatages :

4°) Service après-vente :

- Pose de l'appareil effectuée par :

- Mise en service effectuée par :

- Durée de la garantie

- Délai d'intervention en cas de panne :

- Prestations proposées : Formation OUI NON (1)

Contrat d'entretien OUI NON (1)

Fourniture de lampes,
produits de nettoyage OUI NON (1)

5°) Coût du matériel de rechange (HT) :

- Lampe :

- Média filtrant (précisez) :

- Produits chimiques (précisez) :

- Autres (détaillez) :

6°) Références du constructeur pour des installations de même type :

1000 EPOUISSEAU
87.73

JLG/CG
DESINFEC.CIR
MINISTRE DES AFFAIRES SOCIALES
ET DE L'EMPLOI

REPUBLIQUE FRANCAISE

004

DIRECTION GENERALE DE LA SANTE

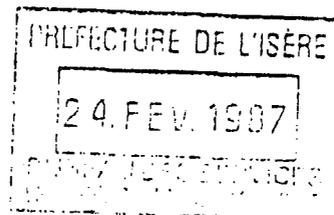
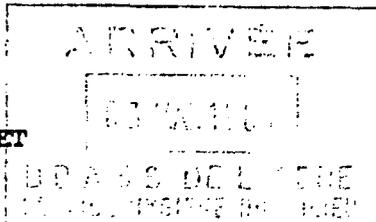
PARIS, le 19 JAN. 1987

Sous-Direction de la Prévention
Générale et de l'Environnement

1, Place de Fontenoy - 75700 PARIS
Tél. : 47.65.25.00.

DGS/PGE/1.D.-n°52

Affaire suivie par M. GODET



871385

LE MINISTRE DES AFFAIRES SOCIALES
ET DE L'EMPLOI

Registre du milieu

à

MM. LES PREFETS
COMMISSAIRES DE LA REPUBLIQUE
DES REGIONS

Mme et MM. LES PREFETS
COMMISSAIRES DE LA REPUBLIQUE
DES DEPARTEMENTS

Directions Régionales des
Affaires Sanitaires et Sociales
(pour information)

Directions Départementales des
Affaires Sanitaires et Sociales
(pour exécution)

Objet : Désinfection des eaux destinées à
la consommation humaine par les
rayons ultra-violetts

Connu depuis fort longtemps, l'effet germicide des rayons
ultra-violetts trouve des applications dans ces secteurs aussi divers
que le milieu hospitalier, l'industrie pharmaceutique et les
entreprises agro-alimentaires.

Les technologies mettant en oeuvre la désinfection des eaux
destinées à la consommation humaine par les radiations ultra-violettes
ont rapidement évolué au cours de ces dernières années. Du fait de la
diversité des matériels rencontrés et de leurs limites d'utilisation au
regard de la qualité de l'eau à désinfecter et de l'importance du
réseau de distribution concerné, l'élaboration de règles techniques
portant sur la conception, l'installation et l'entretien des
dispositifs est apparue indispensable.

.../...

En application de l'article L.21 du Code de la Santé Publique, après avis motivé du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, j'ai l'honneur de vous faire savoir que l'utilisation des rayons ultra-violetts pour la désinfection des eaux destinées à la consommation humaine est autorisée dans le strict respect des conditions définies ci-après.

1) - CONCEPTION DES DISPOSITIFS

La conception des dispositifs de désinfection doit permettre de répondre aux exigences suivantes :

- Les longueurs d'onde des radiations émises par les lampes (ou générateurs) à vapeur de mercure doivent être égales à 253,7 nanomètres ou se situer au plus près de cette valeur ;
- La dose d'exposition, produit de l'intensité du rayonnement par le temps d'exposition, est en tout point de la chambre d'irradiation supérieure à 25 000 micro W.s/cm² ;
- le fonctionnement du dispositif doit pouvoir être contrôlé à tout moment ; toute insuffisance de fonctionnement doit être détectée à l'aide d'un dispositif d'alarme et de sécurité approprié. Ce dispositif permet de signaler tout franchissement du seuil minimum d'exposition définie ci-dessus ;
- Le dispositif est muni d'un compteur de durée de fonctionnement des lampes, la durée maximale d'utilisation devant être indiquée par le constructeur ;
- L'écoulement de l'eau à travers la chambre d'irradiation est assuré en régime turbulent ;
- Le dispositif doit être conçu de manière à évacuer les dépôts éventuellement formés ;
- Les performances des dispositifs établies en fonction des débits à traiter et de la perméabilité de l'eau aux rayons ultra-violetts doivent être présentées et garanties par le constructeur.

.../...

2) IMPLANTATION ET DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS

2.1. - La qualité de l'eau peut avoir une influence sur le pouvoir désinfectant des rayons ultraviolets. Il est montré et admis que ce pouvoir se trouve réduit en présence d'eau présentant une forte couleur, une forte turbidité et surtout des quantités importantes de matières organiques.

Pour les ions dissous, aux environs des concentrations maximales fixées par la réglementation, l'influence sur le pouvoir désinfectant est négligeable. Seuls, les sels de fer présents à des concentrations supérieures à 0,4 mg/l sont susceptibles d'altérer l'efficacité du rayonnement UV.

D'une manière générale, l'utilisation des radiations ultraviolettes est tout à fait adaptée lorsque la ressource est bien protégée et que la qualité n'est pas soumise à de fortes variations saisonnières.

Devant la difficulté de relier de manière précise pouvoir absorbant et qualité d'eau, il paraît plus adapté d'effectuer au cas par cas des mesures spécifiques de perméabilité aux ultra-violets (ou d'absorption) et de dimensionner les installations en conséquence.

Aussi, pour tout projet d'implantation, une étude préalable est nécessaire ; elle comprend :

- Des mesures de perméabilité de l'eau aux ultra-violets ;
- Des analyses bactériologiques et physico-chimiques (résistivité, turbidité, matières organiques, ions dissous).

Ces recherches sont à réaliser aux moments les plus défavorables.

Dans certaines circonstances, le dispositif de désinfection sera complété par une filtration placée en amont.

2.2. - En l'absence de toute rémanence d'effet désinfectant après action des radiations ultraviolettes, il est nécessaire de connaître l'évolution de la qualité tout au long du système de distribution et de procéder à un examen détaillé du fonctionnement du réseau afin d'éliminer les éventuelles causes d'altération.

A ce propos, il apparaît prudent, dans l'état actuel des connaissances, de réserver ce type de traitement aux petites unités de distribution constituées par un réseau pour lequel la fiabilité a été vérifiée.

2.3. - L'installation est bien entendu dimensionnée aussi en fonction des débits à traiter ; elle peut comporter plusieurs dispositifs d'irradiation disposés en série ou en parallèle. Dans le cas d'installation faisant appel à des fonctionnements simultanés de plusieurs appareils placés en parallèle, des précautions doivent être prises pour assurer et maintenir la répartition des flux hydrauliques dans chacune des chambres.

Les dispositifs sont le plus souvent implantés avant un réservoir de stockage. La mise en place de poste de désinfection sur le réseau, au plus près des points de puisage, demeure possible à condition que soient correctement maîtrisées les questions de débit et de qualité en distribution.

3) ENTRETIEN ET SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS

Les lampes ou générateurs d'ultra-violetts doivent être remplacés suivant les indications du constructeur qui doivent prendre en compte le mode d'utilisation du dispositif. Le fonctionnement en alternance marche-arrêt a une incidence négative sur la durée de vie des lampes. En tout état de cause, les remplacements seront réalisés lorsque la dose minimale d'exposition de 25 000 micro W.s/cm² ne peut plus être atteinte, même après nettoyage de la lampe ou de la gaine de quartz.

Si, malgré le respect de ce minimum, les résultats des analyses bactériologiques n'étaient pas jugés satisfaisants, la dose de rayonnement devrait être augmentée ou un traitement complémentaire, filtration par exemple, mis en oeuvre.

En présence d'eau susceptible de former des dépôts de carbonate de calcium, un nettoyage régulier des lampes ou des parties de quartz au contact de l'eau doit être assuré.

La surveillance et l'entretien des installations par un personnel qualifié est indispensable, l'intervention de ce personnel étant provoquée soit par le déclenchement d'un système d'alerte, soit en application d'un calendrier d'entretien systématique ; toutes les opérations seront consignées dans un carnet d'entretien.

Pour des raisons déjà évoquées, l'entretien des ouvrages en distribution, réservoirs de stockage en particulier, mérite une attention renforcée.

*

* *

Vous voudrez bien porter une attention toute particulière aux premières installations qui seront réalisées dans votre département et me faire connaître les éventuelles difficultés rencontrées.

Pour le Ministre et par délégation
Le Directeur Général de la Santé,

J. Linard

Professeur Jean-François GIRARD

1. ANGEHRN, M
" Ultra Violet Disinfection" of water
Aqua - 1984 - n°2 - 109 0 115
2. Association des Maires et Adjointes de l'Isère
" Recueil des communications", journée d'information : les eaux distribuées dans le département de l'Isère en 1989.
4 octobre 1989.
3. DAVIDSON, J
The Biochemistry of the nucleases Acids
Methuen London - 1950 -
4. FARR - B
Evaluation of UV light disinfection of hospital water contaminated with legionella
Lancet 1988 sept - Vol 2 (8612), P : 669-72. ISSW : 0023-7508
5. FERRERE (Ste Actini)
" L'utilisation des rayons ultra violets comme méthode alternative pour le traitement des eaux".
L'eau, l'industrie, les nuisances - n°100 - mai 1986
6. FNDAE
Définition des filières mettant en oeuvre des appareils de désinfection par U.V.
CENAGREF LYON 1988 p14
7. GROOCOCK (N-H)
"Disinfection of drinking water by ultra violet light"
JINES Vol 38, n°2, p 170-171, 1984
8. LENIS - R -
"Ultra violet radiation" 2nd édition by John Willey and sons
Ine 1965
9. MARTINY - H -
Use of radiation for the disinfection of water IV.
Microbiological studies of the U.V. sensitivity of different aged cultures of E. faecium, E. Coli and P. Aemginsa.
ZENTRALBL - HYG - UNMELTMED - 1990 Vol : 190(1-2), p 39-50
10. MARTINY - H -
Use of U.V. Rays for the disinfection of water III, U.V. sensitivity of legionella pneumophila of different ages in cold and warm drinking water.
ZENTRALBL - HYG - UNWELTMED - 1989 may - Vol 188 (1-2) p 35-46
11. MARTINY - H -
Use of U.V. Rays for the disinfection of water II microbiological studies of surface water
ZENTRALBL - BAKTERIOL - MIKROBIOL - HYB (B) 1988 jun, Vol 185 (4)
p 344-59

12. MARTINY - H -

The use of U.V. Rays of the disinfection of water - I
microbiologic studio of drinking water
ZENTRALBL - BAKTERIOL - MIKROBIOL - HYB (B) 1988 jun, Vol 185
(4-5) p 350-67

13. MASSCHLEIN - W

Scope and limitations of disinfection of water by U.V. radiations
water supply, Vol 1, p 205-209, Berlin 1981

14. Ministère chargé de la santé et de la protection sociale
Code de la santé publique

Première partie

Livre 1er : Protection générale de la santé publique

Titre 1 er : Mesures sanitaires générales

15. Ministère de la solidarité de la santé et de la protection
sociale.

Décret n°89-3 du 3 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la
consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales
naturelles.

16. Ministère des affaires sociales et de l'emploi, direction
générale de la santé. Sous direction de la prévention générale de
l'environnement.

Circulaire du 19 janvier 1987 relative à la désinfection des eaux
destinées à la consommation humaine par les rayons ultra violet.

17. Ministère chargé de la santé.

Hygiène du milieu, fiches techniques : les eaux d'alimentation -
mai 1990 - distribuées par la DDASS.

18. MYHRSTAD (J-A)

The use of ultra violet irradiation as an alternative method for
disinfection of drinking water.

19. NAOYUKI - K -

RNA, coliphage as a bioindicator of the ultra violet disinfection
efficiency department of urban engineering
TOKYO - IAWPRC Congress, 1988 Brighton UK

20. Préfecture de région Rhone-Alpes - DRASS Rhône-Alpes
Désinfection par U.V. - Parc national et suivi in situ de
quelques installations en Rhône-Alpes - 1989 p 42.

21. QUALLS - R -

The role of suspended particules in ultra violet disinfection
journal WPCE, vol 55, number 10, 1986

22. TSUBOI - K -

Biochimica, Biophysica

Acta 1950 - n°6 - 202



A U T O R I S A T I O N D ' I M P R E S S I O N

De la Thèse dont l'intitulé est :

" Désinfection de l'eau par les ^{Rays} Ultra-violetts "

CANDIDAT : M M A R E T Jean-Louis

VU
GRENOBLE, le

6 / 12 / 1992

Le Président du Jury



VU

GRENOBLE, le

8. 01. 1992

Le Président de l'Université
Joseph FOURIER GRENOBLE I
Sciences. Technologie. Médecine

Le Président de l'Université
Joseph-Fourier - Grenoble 1



A. NEMOZ

RESUME

Les rayons ultra-violetts ont des propriétés bactéricides qui peuvent être mises à profit pour la désinfection de l'eau destinée à la consommation humaine.

Une étude bibliographique précise la sensibilité des micro-organismes aux U.V.

Les systèmes de traitements existants sont décrits avec les solutions mises en oeuvre pour les différentes constructions. Les paramètres à prendre en compte propre à l'appareil mais aussi à l'eau à traiter sont multiples mais leur maîtrise conditionne un bon fonctionnement ultérieur.

Un exemple concret d'installation est étudiée.