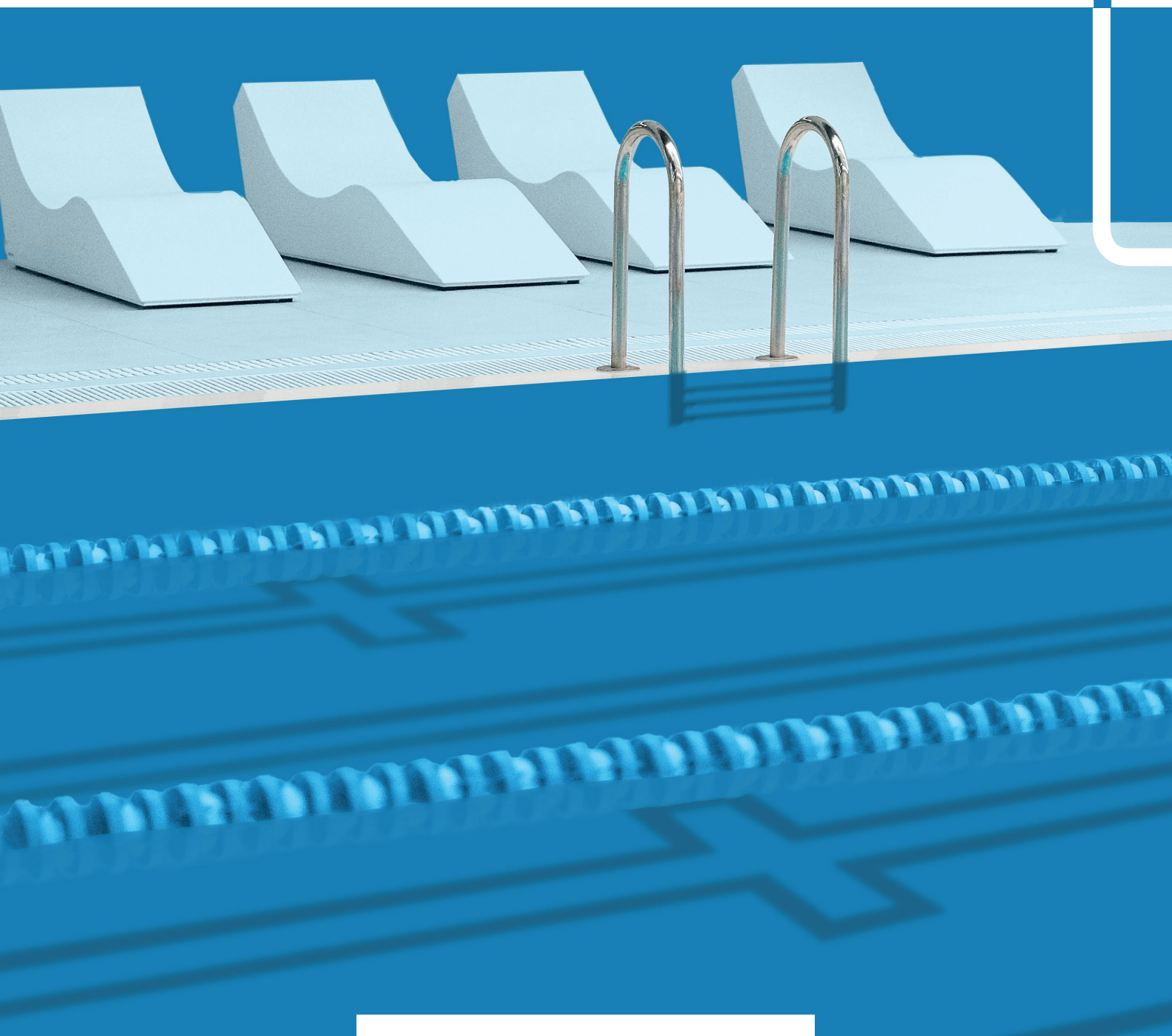




déchloramination par ultraviolets



Le traitement de l'eau par UV, un acte de développement durable

En France, toute eau de piscine municipale doit être traitée au chlore pour détruire les pollutions apportées par les baigneurs. Le chlore permet de rendre l'eau désinfectée et désinfectante et ainsi garantir une hygiène de baignade irréprochable.

Cependant, au contact des micro-organismes polluants (de type peaux mortes, bactéries, sueur, urine, etc.) le traitement obligatoire au chlore génère des sous-produits de désinfection susceptibles d'affecter la santé humaine. Ces sous-produits se caractérisent en premier lieu par l'odeur de chlore, puis une irritation des yeux, et enfin, une gêne respiratoire. À plus longue exposition, des effets néfastes plus sévères peuvent apparaître.

Ces sous-produits sont formés à partir de la pollution biologique apportée par les baigneurs et la présence du chlore dans l'eau. Ils peuvent être réunis dans deux grandes familles de composés organiques :

- Les **trihalométhanes** (THMs) : le chloroforme (CHCl_3), le dichloromonobromométhane (CHBrCl_2) et le bromoforme (CHBr_3) ;
- Les **chloramines** ou chlore combiné : monochloramines (NH_2Cl), dichloramines (NHCl_2) et trichloramines (ou trichlorure d'azote, NCl_3)

Parmi ces sous-produits, les trihalométhanes et le trichlorure d'azote sont volatils et ont en ce sens un impact direct sur la santé.

La présence de trichlorure d'azote (NCl_3) est un problème de santé majeur !

En effet, il a été mis en évidence que les enfants nageurs développent des symptômes asthmatiques corrélés avec une exposition cumulée au trichlorure d'azote. **Le NCl_3 est aussi à l'origine de maladies professionnelles reconnues, par le système de Santé, comme l'asthme et la rhinite.**

Afin de limiter la présence de sous-produits dans l'environnement de baignade, **la législation française impose un taux de chloramines inférieur ou égal à 0,6 mg/l.**

Les trihalométhanes : les teneurs dans les piscines varient de 0,5 à plus de 500 $\mu\text{g/l}$. Le chloroforme fait partie des produits classés comme cancérigènes probables pour l'homme (IRAC, 1998) et sa prolifération dans les piscines doit, autant que faire se peut, s'en trouver maîtrisée.

Si la technologie UV (basse ou moyenne pression) installée dans les systèmes de traitement de l'eau des piscines publiques permet de détruire deux des quatre THMs (CHClBr_2 et CHBr_3), **la moyenne pression constitue en revanche la seule technologie adaptée à la destruction des 3 chloramines.**

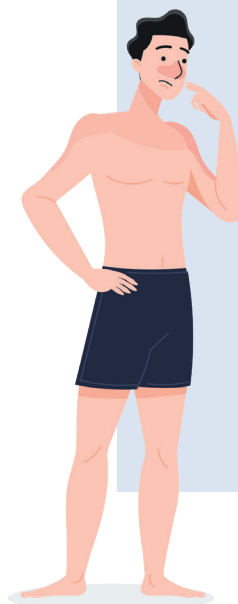
Homo contaminatus : principale source de pollution

Peaux mortes cheveux
Jusqu'à 0,5g

Bactéries
Jusqu'à 30 millions

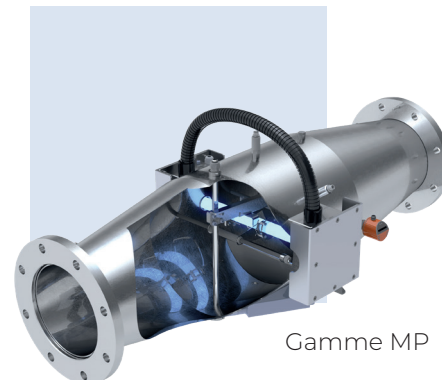
Sueur
Jusqu'à 25 à 60 ml/h

Urine
Jusqu'à 1 l/h



Les réacteurs moyenne pression (gamme MP) et basse pression (gamme LP et UV HO) de BIO-UV Group sont agréés par le Ministère des Solidarités et de la Santé pour la déchloration respectivement depuis 2004 et 2013. Par ailleurs, ces deux technologies assurent les coûts d'exploitation les plus bas du marché.

Le traitement par UV apporte de nombreux avantages pour les bassins en intérieur, une désinfection efficace et sûre, une réduction jusqu'à 75% du taux de chlore combiné pour atteindre un niveau moyen de 0,1 à 0,3 ppm, pour une meilleure qualité de baignade. Opter pour le traitement par UV, c'est également faire un choix environnemental car il permet de diminuer la consommation d'eau à renouveler, d'optimiser les coûts de chauffage et de déshumidification, ainsi que de limiter la corrosion.



Gamme MP

Le constat des piscines équipées

Les tableaux ci-dessous mettent en évidence la moyenne des valeurs relevées, dans l'eau et dans l'air, des différentes piscines équipées, en relation avec la réglementation en vigueur.

Milieu d'analyse : eau		
Paramètres physico-chimiques	Valeurs relevées	Réglementation en vigueur
Chlore combiné (NH₂Cl+NHCl₂+NCl₃*) <small>*Somme des monochloramines, dichloramines et trichloramines en phase liquide</small>	0,2 mg/l Taux moyen sur l'année quelle que soit la fréquentation (soit jusqu'à 80% de réduction en moyenne du taux de chlore combiné).	< 0,6 mg/l Arrêté du 7 avril 1991 fixant les dispositions techniques applicables aux piscines -modifié par arrêté du 18 janvier 2002.
Chloroforme (CHCl₃)	Pas d'effet Les technologies UV n'ont pas d'impact sur les teneurs en CHCl ₃ et CHCl ₂ Br (grâce à la maîtrise de la dose UV).	Pas encore de norme spécifique aux piscines. Normes OMS** : Sommes des 4 THMs < 100 µg/l (Somme des valeurs du CHCl ₃ + CHCl ₂ Br + CHBr ₂ Cl + CHBr ₃)
Dichloromonobromométhane (CHCl₂Br)	Les valeurs mesurées sont spécifiques à chaque piscine et fluctuent en fonction de la fréquentation, de la chloration, du renouvellement en eau...	
Monochlorodibromométhane (CHClBr₂)	Réduction avec des valeurs inférieures au seuil de détection (< 1 µg/l).	
Bromoforme (CHBr₃)		

Milieu d'analyse : air		
Paramètres physico-chimiques	Valeurs relevées	Réglementation en vigueur
Trichlorure d'azote (NCl₃) (ou Trichloramines)	Réduction des trichloramines en phase liquide. Répercussions positives sur le taux de trichloramines en phase gazeuse (= dans l'air). Les réductions des trichloramines dans l'air sont aussi liées aux caractéristiques de la centrale de traitement d'air, au pourcentage d'air neuf, à la déshumidification, à l'emplacement des bouches de soufflages, des bouches d'aspiration... Autant de paramètres spécifiques à chaque piscine. Les activités pratiquées favorisent par ailleurs plus ou moins le dégazage du NCl ₃ dans l'air.	Pas encore de norme spécifique aux piscines. Une recommandation INRS*** à <0,3 mg/m ³ d'air.
Chloroforme (CHCl₃)	Pas d'effet. Les technologies UV n'ont pas d'impact sur les teneurs en CHCl ₃ et CHCl ₂ Br (grâce à la maîtrise de la dose UV).	Pas encore de norme spécifique aux piscines. VLE : 10 mg/m ³ **** VME : 250 mg/m ³ ****
Dichloromonobromométhane (CHCl₂Br)	Les valeurs mesurées sont spécifiques à chaque piscine et fluctuent en fonction de la fréquentation, de la chloration, du renouvellement en eau, des activités favorisant le dégazage de ces molécules...	
Monochlorodibromométhane (CHClBr₂)	Réduction avec des valeurs inférieures au seuil de détection (< 0,03 mg/m ³ d'air).	
Bromoforme (CHBr₃)		

** Organisation Mondiale de la Santé (OMS) : OMS, (2006a). Guidelines for drinking-water quality, third edition, incorporating first and second addenda. Volume 1 - Recommandations. Genève : OMS, 516 p.

*** Institut National de Recherche et Sécurité (INRS).

**** INRS (Notes documentaires INRS ND 2098 (2004)), "Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France" et ND 2190-191-03, "Indices biologiques d'exposition".

VLE : Valeur Limite d'Exposition, valeur qui ne saurait être dépassée pendant plus de 15 mn.

VME : Valeur Moyenne d'Exposition. Valeur admise pour la moyenne dans le temps des concentrations auxquelles un travailleur est effectivement exposé au cours d'un poste de 8 h de travail.

Bilan : aspects positifs pour les piscines équipées de la technologie UV moyenne pression

Les valeurs de qualité d'eau et d'air obtenues après mise en service des appareils :

- retrouvent des concentrations conformes aux valeurs données par la réglementation (chlore combiné) ;
- respectent les valeurs de confort préconisées (NCl₃, THMs) ;
- les valeurs mesurées en THMs pour l'eau et air sont modifiées :
 1. pas d'effet sur le chloroforme, ni sur le dichloromonobromométhane (EAU et AIR) ;
 2. réduction des valeurs en dessous des seuils de détection pour le monochlorodibromométhane et le bromoforme (EAU et AIR).
- un gain réel (que l'on pourrait dénommer confort d'ambiance) a été ressenti par les usagers, comme par les professionnels (MNS) et l'exploitant.

Aujourd'hui plus de 4 000 piscines sont équipées du procédé UV moyenne pression dont 2 500 en France.

- Amélioration de la qualité de l'air pour le bien-être et la santé des baigneurs et du personnel, grâce à la réduction des trichloramines (trichlorure d'azote).
- Jusqu'à 60% d'économie d'eau achetée, chauffée et traitée ; selon les bassins, en respectant nos recommandations et en respectant l'arrêté du 7 avril 1981 fixant les dispositions techniques applicables aux piscines (renouvellement en eau moyen atteint alors entre 70 à 90 litres/jour/baigneur, selon établissement).
- Amortissement de l'installation entre 6 et 24 mois.
- Installation facile et rapide.
- Maintenance la plus économique du marché.
- Optimisation des coûts de chauffage et de déshumidification.

Comparatif des valeurs de la qualité de l'eau et de l'air, sans et avec traitement

	Niveau de chloramines (mg/l)		Niveau de satisfaction	Renouvellement en eau (m ³ /jour)		Niveau de satisfaction
	Sans traitement UV	Avec traitement UV		Sans traitement UV	Avec traitement UV	
	Piscine Louvois Cormontreuil (51)	0,4		0,2	Très satisfait	
Piscine Olympique Spas Montpellier (34)	0,5	0,1	Très satisfait	200	100	Très satisfait
Centre aquatique de la Pépinière Poitiers (86)	0,4	0,1	Très satisfait	15 à 20	9 à 15	Très satisfait
Complexe sportif de Becheville Les Mureaux (78)	0,5	0,15	Très satisfait	35	20	Très satisfait

Comment ça marche ?

Conception et fabrication

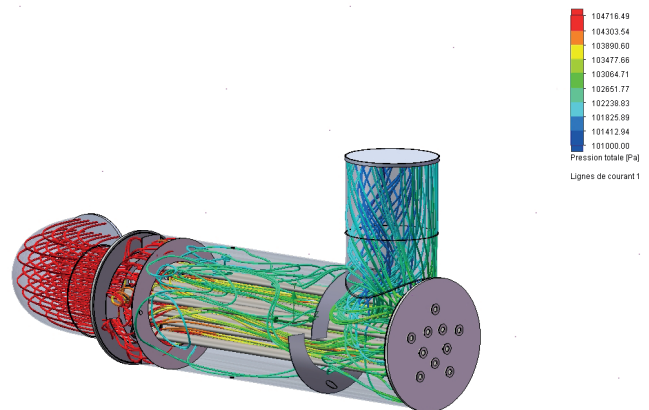
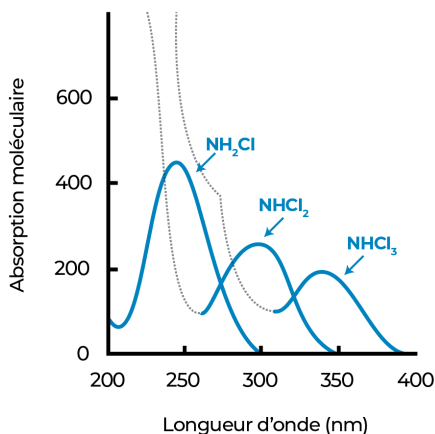
La mécanique des fluides numérique, autrement appelée CFD (Computational Fluid Dynamics), est à la base de la conception des appareils à ultraviolets. Elle permet de connaître en tous points de l'appareil l'état physique précis de l'écoulement de l'eau. Cette méthode est aujourd'hui reconnue au sein de la communauté scientifique dans ce domaine; ainsi BIO-UV Group a qualifié et validé ses outils grâce à des mesures de biosimétrie suivant des protocoles certifiés de type Önorm (Autriche), NSF (États-Unis d'Amérique) ou DVGW (Allemagne).

En résumé : la dose UV est garantie en tous points de l'appareil (et non au point le plus défavorable¹⁾).

Fonctionnement

A. Les chloramines ont des pics de destruction spécifiques (Yinn et Margerum, Inorg. Chem, 1990) :

- monochloramines : détruites à 244 nanomètre (nm) ;
- dichloramines : détruites à 294 nm ;
- trichloramines : détruites à 336 nm.



B. La technologie UV moyenne pression est la seule capable de produire les longueurs d'ondes adaptées.

C. La puissance nécessaire doit être maîtrisée pour éviter les surdosages et garantir une efficacité optimale.

D. La puissance est maîtrisée grâce à un capteur UV et une régulation de puissance, comme spécifié dans le traitement de l'eau potable. Le but est d'avoir une dose UV maîtrisée et optimale tout au long de la durée de vie de la lampe.

Régulation de puissance = réduction de la consommation électrique, allongement de la durée de vie de lampe (12 à 14 mois), meilleur rendement UV-C. N'importe quelle lampe émet plus de puissance en début de vie par rapport à sa fin de vie. La dose UV est donc très importante en début de vie de lampe et plus faible en fin de vie, ce qui engendre un rendement UV-C moins optimal. Sans régulation de la puissance de la lampe, il ne peut y avoir une optimisation de la consommation d'énergie.

E. Capteur UV : pour une dose UV maîtrisée. Une dose UV maîtrisée du début à la fin de vie de la lampe est possible grâce à ce procédé technique. Le capteur UV permet en effet de maîtriser la dose. La régulation de puissance couplée au capteur UV permet d'ajuster la dose UV à la juste dose nécessaire pour la destruction des chloramines du début à la fin de vie de la lampe, sans surdosage (risque de formation supplémentaire de sous-produits) et sans sous-dosage (moindre efficacité).

F. Pas de perte du flux lumineux. Grâce à la moyenne pression, la dose UV est maîtrisée. Certains types de lampe UV ont 15% de perte de flux lumineux à 12 000 heures, donc combien à 16 000 heures ?

¹⁾La garantie d'une dose UV-C minimum au point le plus défavorable de la chambre de traitement n'est plus reconnue et acceptée. La dose UV doit être identique en tous points du réacteur tout au long de la durée de vie de la lampe.

G. Appareil Compact = Encombrement minimum. Pour des débits de 1 à 80 m³/h, les appareils mesurent 400 mm de longueur hors tout. Pour des débits de 80 à 300 m³/h : 600 mm de longueur hors tout. Enfin, pour des débits entre 300 et 500 m³/h : seulement 800 mm de longueur hors tout.

H. Zone de dégagement de la lampe optimum. Les lampes moyenne pression mesurent 30 cm de long, il faut prévoir une zone de dégagement des lampes de 30 cm seulement. Ce qui n'est pas le cas avec des lampes basse pression qui mesurent plus d'un mètre de long.

I. Appareil mono-lampe. Une seule lampe moyenne pression est utilisée pour des débits de 1 à 500 m³/h ; la puissance des lampes allant de 400 W à 5 kW. Pour des débits supérieurs : de 500 à 675 m³/h : 3 lampes moyenne pression suffisent. Et de 675 à 900 m³/h : seulement 4 lampes moyenne pression.

J. Coûts d'exploitation les plus bas du marché :

- une lampe à changer tous les 12 à 14 mois ;
- consommation électrique annuelle optimale ;
- pas besoin de nettoyage manuel ou automatique de la gaine quartz. Une maintenance manuelle une fois par an, avec un chiffon et un peu d'acide suffit ;
- une économie de plus de 26% (sur 2 ans) par rapport à d'autres technologies multi-lampes. Les économies seront encore plus avantageuses sur 4 ans, 6 ans et plus d'exploitation.

K. Installation. L'appareil est installé :

- après les filtres ;
- sur la totalité du débit de filtration ;
- l'injection des produits de traitement de l'eau doit être réalisée en aval du réacteur.

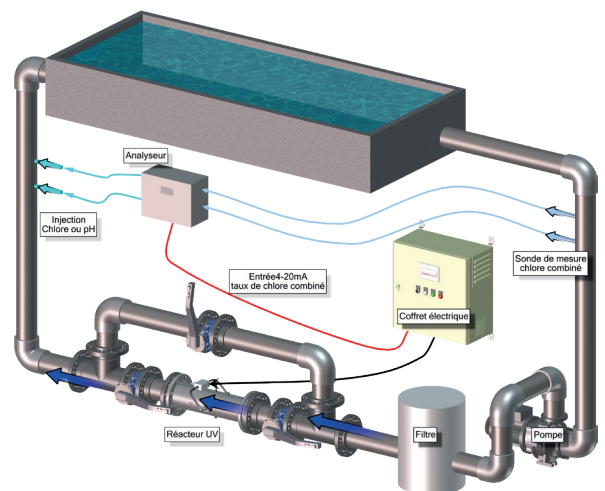
L'appareil peut être installé verticalement ou horizontalement. L'appareil est fabriqué avec les brides correspondantes au Diamètre Nominal (DN) de la canalisation.

L. Économies d'eau, de chauffage et de traitement comprises entre 30% et 60% : soit un retour sur investissement compris entre 6 mois et 3 ans.

La moyenne pression est la solution la plus pertinente pour la destruction des 3 chloramines, et plus particulièrement la trichloramine.

La technologie basse pression utilise plusieurs lampes dont le spectre lumineux est monochromatique (émission unique à 253,7 nm). Ces lampes ont été conçues à l'origine pour détruire les algues, bactéries, virus et autres micro-organismes grâce à leur longueur d'onde.

La basse pression représente une solution optimale pour le traitement de petits débits (1 à 80 m³/h) avec un coût d'investissement plus faible et une consommation d'énergie moindre.



Les études techniques et scientifiques spécifiques aux piscines publiques

Les meilleurs notes attribuées au traitement de l'eau des piscines : une reconnaissance mondiale. Les 2 tableaux ci-après sont extraits d'une étude néerlandaise (Oesterholt, 2009) qui a évalué les technologies alternatives de désinfection de l'eau de leurs piscines publiques. Étude réalisée selon une analyse multicritères (MCA).

Vue d'ensemble des techniques alternatives de désinfection pour les eaux de piscines publiques¹

Méthode	Remarques	Note finale ²
Hypochlorite de sodium + UV (lampes moyenne pression)	UV moyenne pression en débit moyen	310
Electrolyse au sel	Anode et cathode dans la même chambre (production d'hypochlorite de sodium). Solution de base : 10-15 g/l d'hypochlorite.	305
Hypochlorite de sodium + UV (lampes basse pression)	UV basse pression en débit moyen	295
Hypochlorite de sodium + ozone (en bypass)	25% by-passés : temps de contact de 15 minutes.	295
Hypochlorite de sodium + charbon actif (PAC)	Dose de PAC de 2g/m ³ avant le filtre à sable. Sable sur lit filtrant de 0,71-1,25 mm. Rétrolavage 3 fois/semaine.	295

Bénéfices majeurs parmi les 5 meilleurs classements du MCA³

Méthode	Bénéfices principaux selon MCA
Hypochlorite de sodium + UV (lampes moyenne pression)	Dissociation de toutes les chloramines. Oxydation possible de quelques composants AOX (Composés organohalogénés absorbables sur charbon actifs). Facile à réaliser. Impact environnemental faible.
Electrolyse au sel	Moins de formation de chloramines et d'AOX. Faciles à réaliser. Relativement sécurisé.
Hypochlorite de sodium + UV (lampes basse pression)	Dissociation des monochloramines. Facile à réaliser. Impact environnemental faible.
Hypochlorite de sodium + ozone (en bypass)	Prévention de la formation des di et trichloramines. Oxydation des monochloramines et AOX. Eau fraîche moyennement requise.
Hypochlorite de sodium + charbon actif (PAC)	Les chloramines et AOX sont supprimés par absorption. Air frais moyennement requis.

Décroissance importante du chlore combiné grâce à la lampe UV moyenne pression (MP)

Hamel, 2007 : Thèse de l'Université Rennes 1. Étude réalisée en laboratoire sur une eau de piscine chlorée. "L'irradiation par la lampe BP induit – à doses équivalentes – une décroissance moindre que celle observée avec la lampe MP." Le pourcentage de réduction du chlore combiné est respectivement de 35% avec la basse pression (BP) et de 45% avec la moyenne pression (5 MP) pour les mêmes doses UV appliquées.

Toutes les études précédentes s'accordent sur les points suivants :

- les chloramines sont sensibles à différentes longueurs d'ondes avec respectivement 244 nm (monochloramines), 290-330 nm (dichloramines) et 220, 260 et 337 nm (trichloramines) ;
- la technologie UV monochromatique (253,7 nm) a une action limitée sur les dichloramines et sur les trichloramines, de par son émission unique à 253,7 nm. Elle réduit ainsi une partie du chlore combiné ;
- la technologie UV moyenne pression, de par son large spectre (200 à 400 nm), a ainsi une action globale et optimale ;
- équiper son établissement avec la technologie moyenne pression garantit un investissement optimal.

Pour des coûts identiques (fourniture et pose de l'appareil) aux technologies monochromatiques, la technologie UV moyenne pression :

- détruit les 3 chloramines grâce à ces longueurs d'ondes spécifiques (244, 294 et 336 nm) ;
- détruit 2 des 4 THMs, à savoir le monochlorodibromométhane et le bromoforme ;
- grâce à son encombrement réduit, peut s'implanter, partout même dans des locaux techniques exigus ;
- a les meilleurs coûts d'exploitation du marché, grâce à sa technologie mono-lampe (1 seule lampe jusqu'à 500 m³/h de débit à traiter).

¹ La combinaison du chlore et des UV Moyenne Pression obtient la meilleure note pour le traitement de l'eau des piscines.

² Selon l'Analyse Multicritères ou MCA.

³ L'association du chlore et des UV Moyenne Pression est la méthode qui offre le plus d'avantages dans le traitement de l'eau des piscines.