

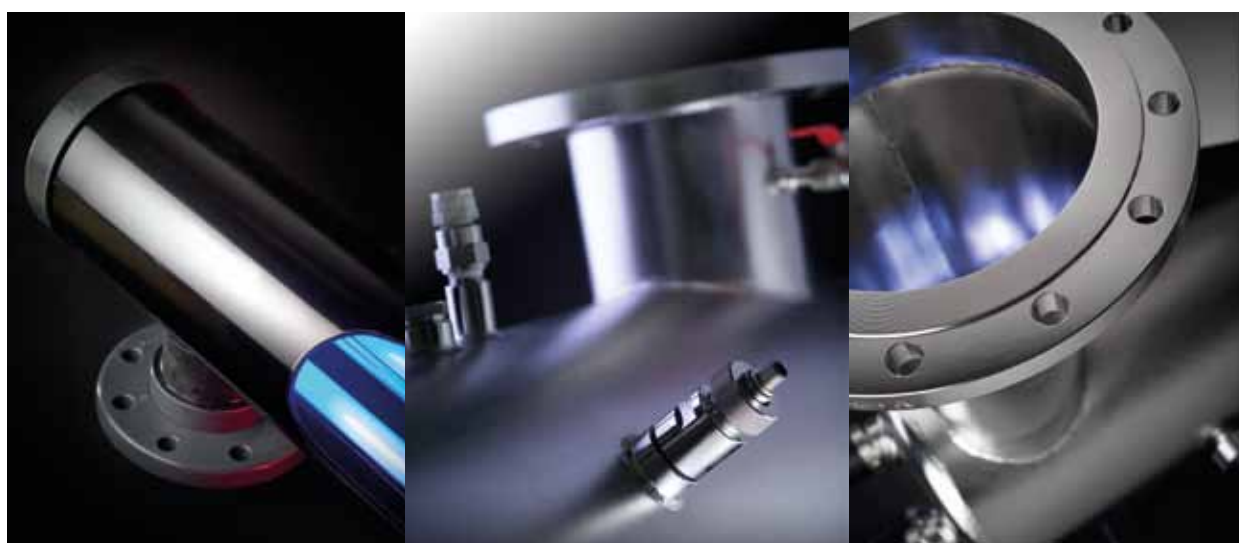


Déchloramination par UVc

Basse pression

SOMMAIRE

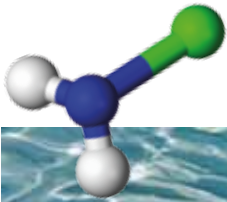
Nager en piscine : un risque pour la santé ?	4
La solution UV de COMAP	5
Une technologie UV basse pression agréée à 16mJ/cm ²	10
Synthèse	11
Étude de cas.....	12
Étude de cas supplémentaires	13



Déchloramination par UVc

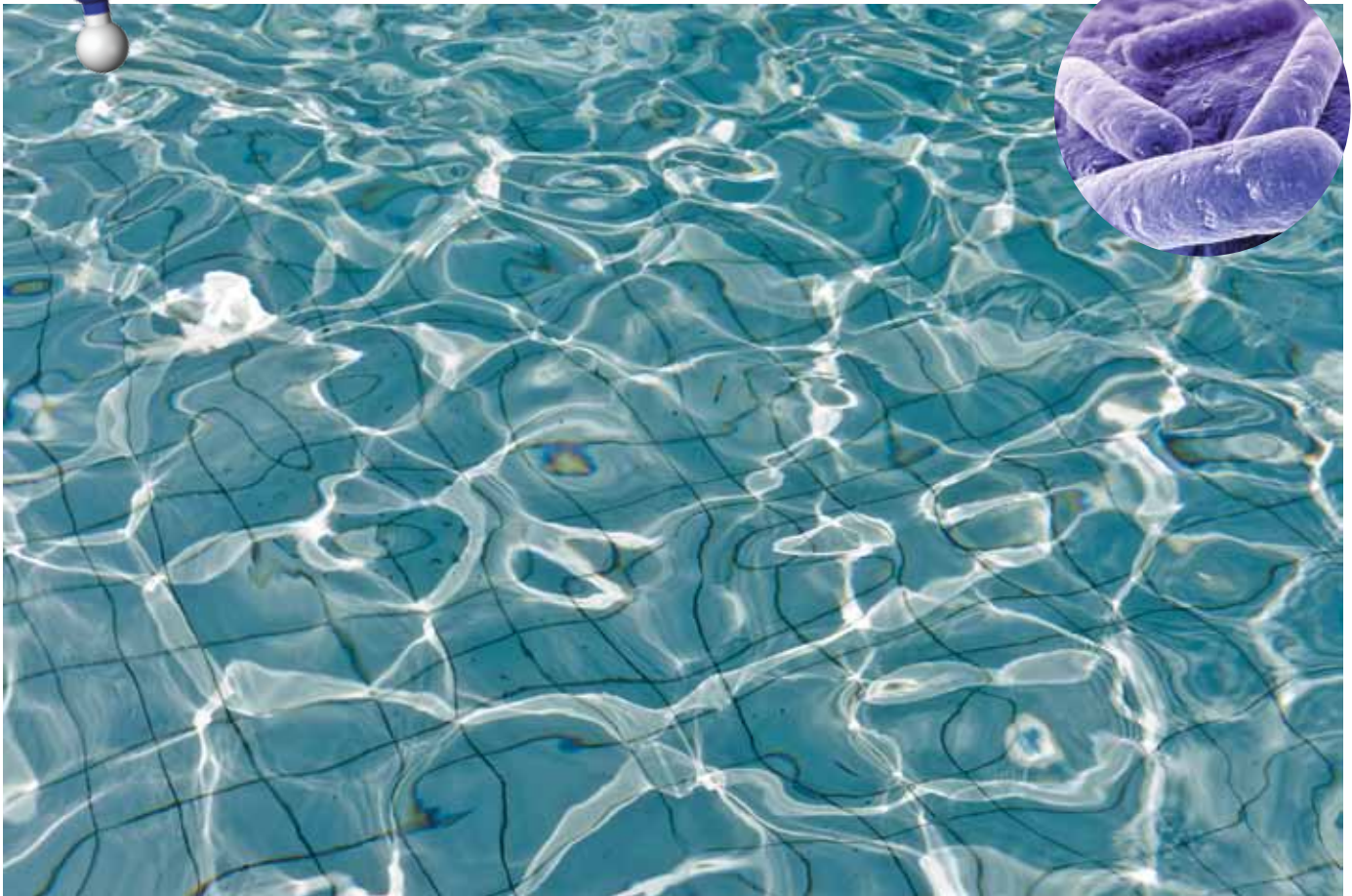
Basse pression

destinée à la purification des piscines



Chloramines

Micro-organismes



Technologie agréée depuis 2006 par le Ministère de la Santé

Nager en piscine : un risque pour la santé ?

Les piscines sont des lieux de détente et d'exercice prisés par le grand public et les sportifs. Une attention particulière doit donc être portée à la qualité de l'eau et de l'air pour assurer une pratique dans un environnement sain et respectueux de la santé de chacun. Pourtant, les risques sanitaires existent et préoccupent les agences de santé française (ANSES, IRSN).



LES CONTAMINANTS EN PISCINE

En 2010, l'ANSES¹ a publié un rapport sur les risques sanitaires liés aux piscines pointant les microorganismes résistants au chlore. Les contaminations chimiques sont les plus préoccupantes car une exposition aux mélanges de sous produits de désinfection chlorés semblerait augmenter le risque de cancers.

LES LIMITES DE LA DÉSINFECTION AU CHLORE

Le chlore est communément utilisé pour maintenir une eau de qualité en piscine. Très actif et rémanent, il permet d'éliminer les micro-organismes potentiellement dangereux pour l'homme. Cette méthode de désinfection a cependant ses limites.

Des micro-organismes résistants au chlore

Certains parasites unicellulaires ont développé **des résistances au chlore**. *Cryptosporidium parvum* entraîne une infection de l'intestin grêle grave. Les personnes les plus à risque sont les jeunes enfants, les femmes enceintes et les personnes immunodéficientes. Une fois qu'une personne est infectée, les parasites prolifèrent dans l'intestin et, dans certains cas, dans l'appareil respiratoire. Les eaux des piscines constituent un environnement favorable aux contaminations par *Cryptosporidium*. En effet, du fait de la résistance des oocystes au chlore et des risques accrus de contamination fécale dans ce contexte, l'absorption accidentelle d'eau peut entraîner une contamination par le parasite (Fayer et al. 2000).

G. lamblia est un protozoaire flagellé qui parasite également l'intestin. Sa résistance au chlore est démontrée dans de nombreuses publications scientifiques². Le risque de contamination en piscine est plus limité.

¹ Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

² LeChevallier, Mark, W., et al., WHO 2004. Water Treatment and Pathogen Control : Process Efficiency in Achieving Safe Drinking Water. ISBN : 1 84339 069 8. IWA Publishing, London, UK

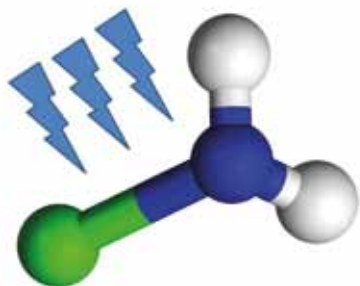
Formation de produits de dégradations toxiques

Les molécules de chlore réagissent avec certains composés organiques azotés apportés par les baigneurs (sueur, urine, parfum, cellules de peau...) pour former des produits de dégradations toxiques. Les plus répandus sont les chloramines et les trihalométhanes (THM). Les chloramines provoquent une irritation des yeux et des voies respiratoires pour les nageurs et le personnel de bassin. Certains cas d'asthme ont même été imputés à ces substances chez des nageurs de haut niveau et des enfants. Les trihalométhanes posent également des problèmes. La forme la plus répandue est le chloroforme, identifié comme potentiellement cancérigène par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) depuis 1999. Dans une étude de 2010, Susan D. Richardson et son équipe détectent plus de 100 produits de sous désinfection dans des piscines couvertes. Certains n'avaient jamais été détectés auparavant, démontrant la nécessité de conduire des études toxicologiques supplémentaires.

LA SOLUTION UV DE COMAP

La puissance de la technologie UVc basse pression réside dans sa capacité à détruire simultanément les chloramines et les micro-organismes potentiellement pathogènes. Cette technologie UVc garantit une dose minimale de 16mJ/cm² à une longueur d'onde monochromatique de 253,7nm.

Rayonnement UVc

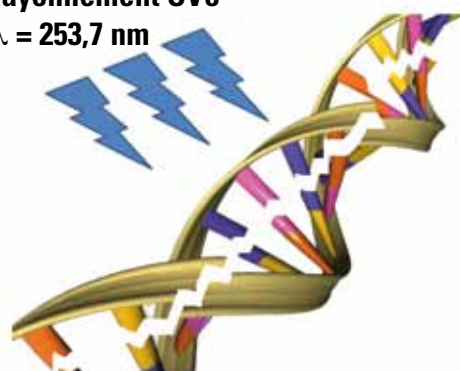


Réduction des liaisons azotées par photolyse.

DÉCHLORAMINATION

Rayonnement UVc

$\lambda = 253,7 \text{ nm}$



Hélice ADN de micro-organismes (bactéries, protozoaires...)
Destruction de l'ADN après quelques secondes d'exposition UVc = inactivation des micro-organismes.

DESINFECTION

Fig. 1 : mode d'action des UVc sur l'ADN des micro-organismes et des chloramines. La destruction de l'ADN (ou ARN pour certains virus) entraîne une inactivation des micro-organismes. Le rayonnement utilisé par COMAP est le plus efficace car l'ADN absorbe fortement les UVc. Le rayonnement UVc entraîne la réduction des liaisons azotées des chloramines par le phénomène physique de photolyse.

La technologie basse pression COMAP concentre sa puissance sur une seule longueur d'onde. Le rayonnement monochromatique UVc (253,7nm) utilisé est reconnu d'une part pour son fort pouvoir germicide ³ et d'autre part pour sa capacité à détruire les chloramines. Cette dose d'UVc appliquée permet d'abaisser le taux de chloramines à 0,6mg/L à minima, comme le montre l'étude menée par le CRECEP (en accord avec la DDASS et la DGS des Yvelines ⁴) (étude de cas 1). D'autre part, une dose UVc de 16mJ/cm² est suffisante pour inactiver un grand nombre de micro-organismes. La désinfection étant aussi assurée par la présence de chlore.

Destruction des micro-organismes résistants au chlore

Bacteria	
<i>Aeromonas Hydrophilia</i>	3,9
<i>Campylobacter Jejuni</i>	4
<i>Legionella Pneumophila</i>	6,9
<i>Salmonella Anatum</i>	15
<i>Salmonella Enteritidis</i>	9
<i>Salmonella Typhi</i>	6,4
<i>Salmonella Thyphimurium</i>	5
<i>Shigella Dysenteriae</i>	2
<i>Shigella Sonnei</i>	6,5
<i>Staphylococcus Aureus</i>	6,5
<i>Vibrio Cholerae</i>	2,2
<i>Yersinia Enterocolitica</i>	3,7
<i>Esherichia Coli</i>	3,5 - 7,3
<i>Streptococcus Faecalis</i>	8 - 9,9
Protozoa	
<i>Cryptosporidiim Parvum</i>	12
<i>Giardia Lamblia</i>	11

Le traitement UVc permet la **destruction efficace des parasites *Cryptosporidium Parvum* et *Giardia Lamblia*** résistants au chlore. L'agence de protection environnementale américaine (EPA) a montré qu'une dose d'UVc de **12mJ/cm²** permettait d'inactiver ces parasites à 99.9 %. La dose de **16mJ/cm²** appliquée en piscine par COMAP permet également d'inactiver de nombreuses souches bactériennes dont E.Coli et les salmonelles connues pour leur toxicité (Fig. 2).

Fig. 2 : dose UVc nécessaire (en mJ/cm2) pour l'inactivation de différents micro-organismes à hauteur de 99.9% (3-log).

Ref : Office of Water (4601) EPA 815-R-06-007 November 2006

Destruction des chloramines

En France, le chlore combiné contenu dans l'eau (qui regroupe les mono-, di- et tri-chloramines) **ne doit pas dépasser 0,6mg/L**. Les trichloramines sont très volatiles et se retrouvent donc dans l'air ambiant de la piscine, causant une odeur «chlorée» désagréable et irritante. La valeur limite de concentration dans l'air recommandée par l'ANSES est de 0,3 mg/m³.

La technologie UVc de COMAP remplit cet objectif. De nombreuses études scientifiques montrent l'efficacité des UVc ($\lambda = 253,7\text{nm}$) sur l'abattement des chloramines ⁵. L'étude du CRECEP de 2006 aboutit aussi à ces résultats convaincants. Dans ce cas précis, le pourcentage de réduction des chloramines peut atteindre plus de 50% (Etude de cas numéro 1).

³ Oppenländer, T., 2003. Photochemical Purification of Water and Air-Advanced Oxidation processes (AOPs): Principles, Reaction Mechanisms, Reactor Concepts. Wiley-VCH, New York.
Plants for the disinfection of water using ultraviolet radiation. Requirements and testing. Low pressure mercury lamp plants. ONORM, 2001.

⁴ DGS: Direction Générale de la Santé
DASS: Direction des Affaires Sanitaires et Sociales

⁵ Laat et Florence Berne, Theoretical and practical aspects of the dechloramination of swimming pool water by UV irradiation, Eur. j. water qual, 2009

A 253,7nm, la capacité de destruction des micro-organismes est optimale. La technologie basse pression permet donc de limiter la production de matière organique issues des micro-organismes, eux même précurseurs de la formation de chloramines. D'autres part les UVc détruisent directement les chloramines par photolyse (Fig. 3). **Il y a donc un effet direct et indirect du rayonnement UVc sur la réduction des chloramines.**

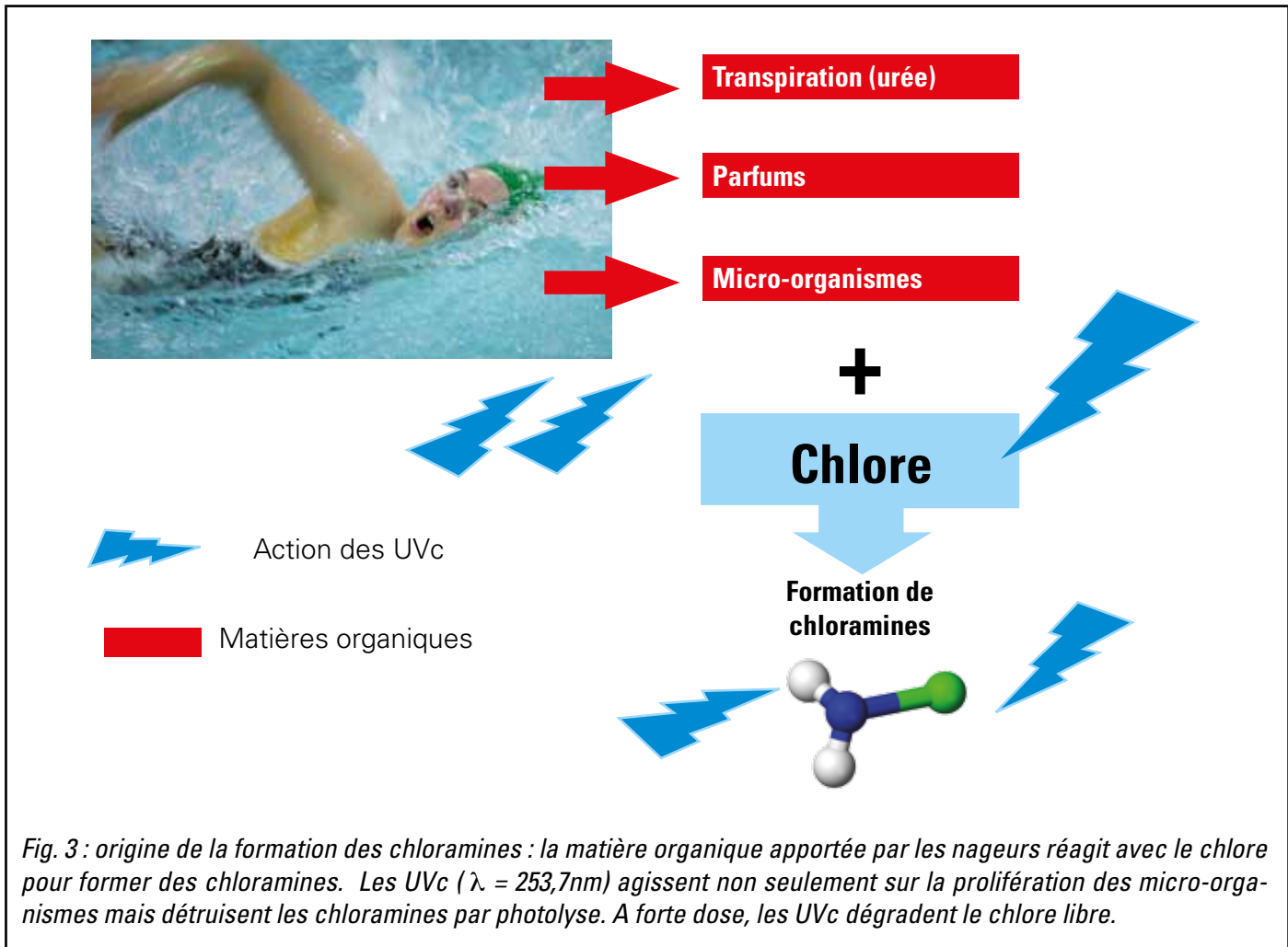


Fig. 3 : origine de la formation des chloramines : la matière organique apportée par les nageurs réagit avec le chlore pour former des chloramines. Les UVc ($\lambda = 253,7\text{nm}$) agissent non seulement sur la prolifération des micro-organismes mais détruisent les chloramines par photolyse. A forte dose, les UVc dégradent le chlore libre.

Cas de la photolyse du chlore libre


Une forte dose d'UVc entraîne la destruction du chlore actif et donc une surconsommation en chlore comme le montre Joseph De Laat et Florence Berne dans leur étude de 2009. Le rendement d'élimination du chlore libre sous irradiation UV (253,7nm) serait autour de 1% à 40mJ/cm² mais atteindrait 22% à une dose de 800mJ/cm². Ce phénomène est accentué lorsque que la concentration en matière organique est élevée. La forte puissance des lampes moyenne pression entraîne ainsi une surconsommation de chlore.

Synthèse de l'efficacité des Technologies Basse Pression (BP) et Moyenne Pression (MP).

Effet sur :	Technologie BP	Technologie MP
Monochloramines	+++	++
Dichloramines	+	+++
Trichloramines	+	+
Production de THMs	Aucune ou peu selon les études	Oui en dessous de 230nm*
Ratio efficacité/consommation électrique	+++	-
Durée de vie des lampes	+++	++

Les lampes UV basses pressions (BP) émettent une radiation particulièrement efficace pour la destruction des monochloramines et donc interrompent le processus de formation des dichloramines et des trichloramines (Fig 4). Par comparaison, une lampe UV moyenne pression (MP) n'émet que 1 à 15% de son rayonnement dans les longueurs d'onde 200-280nm.


Gamme V



- Débit traité jusqu'à 140 m³/h.
- 1 à 6 lampes UVc de 75 W

Gamme UVc Basse Pression COMAP

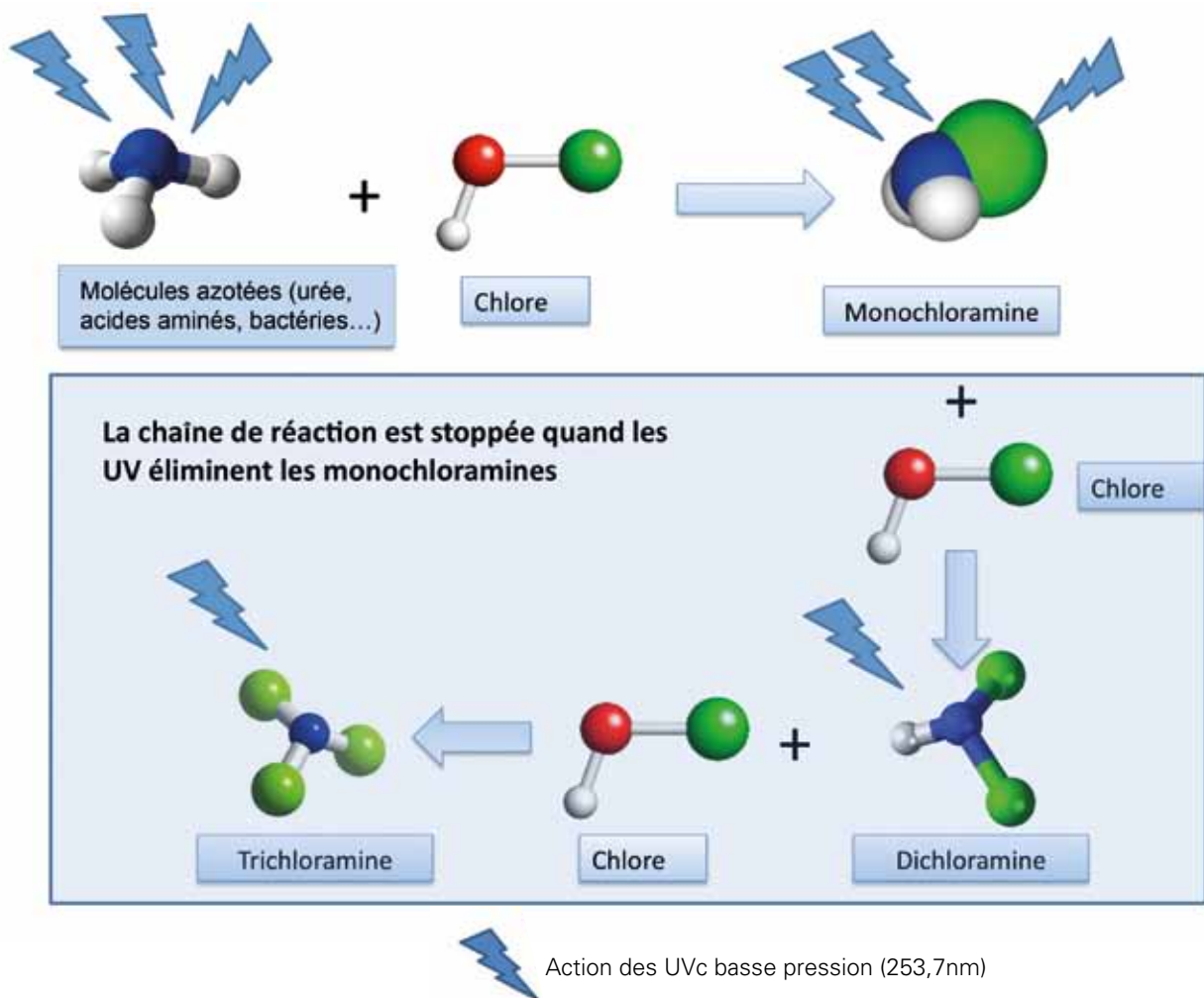
Gamme LG



- Inox 316 l.
- 1 à 9 lampes UVc de 200 W
- Conçu pour traiter des débits importants jusqu'à 550 m³/h.

*Longueur d'ondes généralement filtrées en dessous de 230nm

Fig. 4 : Action des lampes basse pression (253,7nm) sur les différents types de chloramines : les lampes basse pression sont très efficaces pour l'inactivation des bactéries (précurseurs des chloramines) et des monochloramines (précurseurs des autres chloramines).



En présence de chlore libre, les monochloramines réagissent pour former des dichloramines. Les dichloramines réagissent avec le chlore pour former des trichloramines. Le rayonnement UVC émit à 253,7nm détruit principalement les monochloramines (cf Fig. C). **Cette action indirecte accentue la réduction des dichloramines et trichloramines.**

Le cas des Trihalométhanes

Ces composés se forment principalement à la suite de la chloration de matières organiques présentes dans l'eau de la piscine. Le taux et le degré de la formation de THM⁶ augmentent en fonction de la concentration de chlore et d'acide humique, de la température, du pH et de la concentration en ions bromure (Stevens et coll., 1976; Amy et coll., 1987).

⁶ Trihalométhanes: ex: Chloroforme

De nombreuses études scientifiques s'intéressent à l'influence des UV sur l'augmentation du taux de THM en piscine. **On constate de nombreuses contradictions qui nécessitent certainement des recherches complémentaires.** Néanmoins, ces études s'accordent à dire que le risque d'augmentation des THM suite au traitement UV **se restreint aux technologies UV moyenne pression (Cassan et al., 2006).** Cette information est reprise par Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF). Pour cet organisme dépendant du Ministère de la Santé, «les teneurs en THM peuvent s'expliquer notamment par l'action du rayonnement UV sur la matière organique présente dans l'eau des bassins, émis par certains déchloramineurs UV mettant en oeuvre des lampes dont le spectre est inférieur à 230 nm». **La technologie UV basse pression de COMAP limite la formation de sous-produits de désinfection tels que les THM. L'étude du CRECEP de 2006, validée par la DDASS, montre clairement cet effet. La concentration en THM est stable tout au long de l'étude, soit 8 semaines** (Etude de cas 1).

Une technologie UV basse pression agréée à 16mJ/cm²

Depuis 2006, COMAP fait parti des rares entreprises françaises à avoir reçu un agrément du ministère de la santé (CSHPF) pour sa technologie UV basse pression destinée au traitement des eaux de piscines (ANNEXE 1). Cet agrément impose des conditions drastiques et un protocole scientifique rigoureux pour étudier l'abattement des chloramines en condition réelle. **L'obtention de l'agrément est donc une reconnaissance scientifique et technique de la technologie proposée par COMAP.**

Cette technologie est aussi moins énergivore par rapport aux technologies moyenne pression. En appliquant une dose de 16mJ/cm², COMAP assure un coût jusqu'à sept fois moins important qu'une technologie moyenne pression et trois fois inférieur à la concurrence dans la même gamme de déchloramineur basse pression (Tableau 1).

COMAP adapte sa dose de radiation pour cibler le processus de photolyse qui dégrade les chloramines sans former de THM.

Tableau 1: Estimation du coût annuel électrique sur la base d'un débit minimal à traiter de 200 m³/h pour la déchloramination en piscine et sur une base de 0,09 €/kWh. Seules des technologies agréementées par le Ministère sont référencées ici.

	COMAP	Concurrent 1	Concurrent 2
Type de lampe	Lampe basse pression	Lampe basse pression	Lampe moyenne pression
Longueur d'onde	253,7nm	253,7nm	200-400nm
Dose en mJ/cm²	Dose garantie: 16mJ/cm ²	60mJ/cm ²	60mJ/cm ²
Puissance totale lampes	600W	1800W	4000W
Débit traité maximal	200 m ³ /h	250 m ³ /h	300 m ³ /h
Estimation du coût électrique annuelle	473 € Soit 2,33€/m ³	1 419 € Soit 5,76 €/m ³	3 153 € Soit 10,51€/m ³

Synthèse

La technologie basse pression COMAP est agréée par le Ministère de la Santé.



CÔTÉ SANTÉ...

Cette technologie préserve la santé des baigneurs...

- Inactivation d'un grand nombre de micro-organismes résistants ou non au chlore à 16mJ/cm².
- Réduction de la concentration de chloramines de l'ordre de 50% (cas d'étude numéro 1).
- Réduction de l'apport de chlore libre.
- Utilisation d'une longueur d'onde germicide maximale.
- Pas de formation de Trihalométhane.



CÔTÉ PLANÈTE...

...et respecte l'environnement

- Pas de surdose quand cela n'est pas nécessaire.
- Economie d'eau.
- Rapport consommation énergétique/efficacité beaucoup plus important que la technologie moyenne ou autre basse pression à 60mJ/cm².
- Longue durée de vie des lampes UV basse pression comparée aux lampes UV moyenne pression.
- La température des lampes basse pression est inférieure aux lampes moyenne pression → Les quartz se salissent peu ou pas.
- Coûts de maintenance réduits.

La technologie UVC basse pression de COMAP permet de trouver un compromis entre la désinfection, la réduction des chloramines, la consommation énergétique et l'impact écologique.

Étude de cas

CAS D'ÉTUDE NUMERO 1 :

Etude menée par le CRECEP (Centre de Recherche d'Expertise et de Contrôle des Eaux de Paris), accord avec la DDASS (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales) et la DGS des Yvelines (Direction Générale de la Santé).

● Caractéristique de la piscine

- ▶▶ Grand bassin de 800m³ avec un débit de circulation d'eau de 200 m³/h.
- ▶▶ Petit bassin de 160 m³ avec un débit de circulation d'eau de 100 m³/h.
- ▶▶ Fréquentation moyenne de 400 pers/jours.
- ▶▶ Dose minimale d'UVc garantie : 16mJ/cm².
- ▶▶ Type de réacteur UVc : appareil V6 inox.

● Protocole

Début juin 2006

Fin août 2006

- Mesures chloramines :
4 x / jour : avant ouverture
10h- 16h- 20h
- Mesures THC : 1 x / jour à
16h
- Contrôle paramètres du
circuit

3 semaines
sans UV
situation initiale

5 semaines
avec UV
situation
expérimentale

● Résultats :

L'étude sur site (piscine de Viroflay (78)) réalisée par le Centre de Recherche d'Expertise et de Contrôle des Eaux de Paris (CRECEP) en 2005 met en avant :

- ▶▶ Un abattement des chloramines de 58% en moyenne après traitement UV
- ▶▶ Une concentration de chlore libre stable
- ▶▶ Une concentration des THM stable
- ▶▶ Une légère diminution de la concentration en COT après traitement UV

Étude de cas supplémentaires

Différentes études ont été réalisées à partir des carnets sanitaires remplis quotidiennement par les piscines. Les données relatives aux périodes les plus fréquentées de l'année ont été utilisées (environ 60 points de mesure).

Piscine	Période d'étude	Générateur + débit traité	Puissance des lampes	Horaire de la mesure	Concentration en chloramines	Abattement moyen des chloramines	Concentration en THM (2012)
LOIRE SUR RHONE	mi-septembre à mi-décembre	LG5 311m ³ /h	5x200W	matin	0.33mg/L	45%	ND
CALUIRE	mi-juin à mi-septembre	LG3 270m ³ /h	3x200W	matin	0,25mg/L	ND	15,7 µg/L
MASSY	juillet-août	V6 110m ³ /h	6x75W	après-midi	0,32mg/L	ND	25,8 µg/L

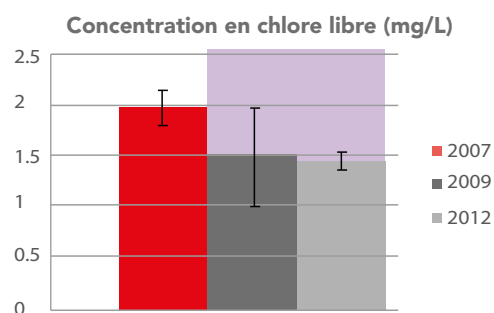
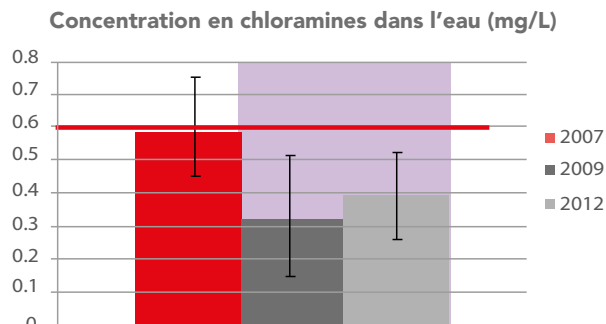
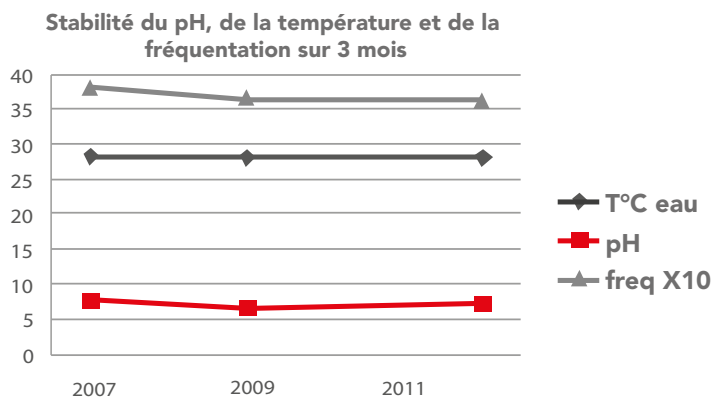
ND: Non Déterminé

Les piscines de Caluire et Massy ont été équipées de déchloramineur dès leur construction. Il n'y a donc pas d'historique de mesure sans déchloramineur. Néanmoins, les résultats montrent l'excellente qualité de l'eau en termes de chloramines et de THM quelle que soit la gamme de déchloramineur utilisée. Les concentrations sont très en dessous de la réglementation.

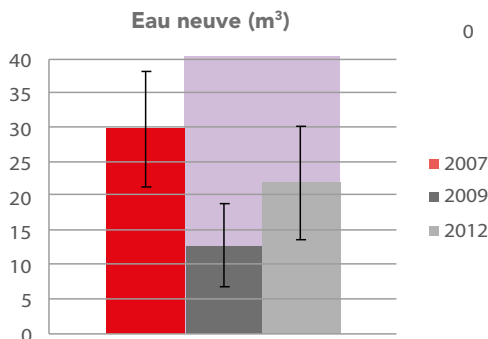
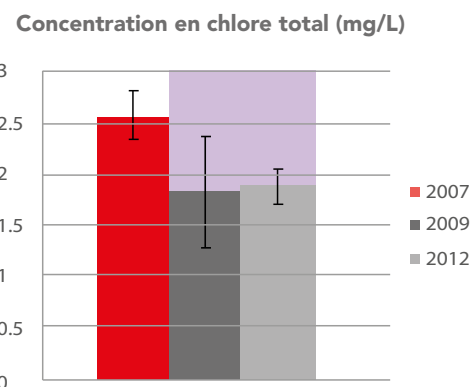
La piscine de Loire sur Rhône a permis quant à elle de récolter des données avant et après installation des déchloramineurs. Ce cas particulier est développé ci-après.

CAS D'ÉTUDE PARTICULIER DE LOIRE SUR RHÔNE :

En 2009, La société COMAP a installé un déchloramineur UVc à la piscine de Loire sur Rhône (69). Les données analytiques accumulées sur plusieurs années permettent un comparatif des différents paramètres physiques (pH, T°C) et chimiques de l'eau (chlore total, chlore libre et chloramines) **avant et après installation du déchloramineur UVc.**



- L'année 2007 constitue l'année référence sans UV.
- L'année 2009 est la première année d'utilisation du déchloramineur. Les lampes sont neuves.
- L'année 2012 reflète la performance des lampes UV en fin de vie (> 10 000 heures d'utilisation).



● Conclusion :

Pour une fréquentation, un pH et une température stables sur les différentes périodes étudiées, on observe :

- ▶▶ Un abattement du taux des chloramines de 45% en moyenne sur une période de 3 mois entre 2007 (SANS UV) et 2009 (UV 1).
- ▶▶ Un abattement du taux des chloramines constatées de 35% en fin de vie des lampes (UV2).
- ▶▶ Une diminution de la concentration en chlore totale et en chlore libre après mise en place du déchloramineur.
- ▶▶ Une forte diminution de la consommation d'eau (56%) après installation du déchloramineur.

CONSEIL SUPERIEUR D'HYGIENE PUBLIQUE DE FRANCE

Section des Eaux

SEANCE DU 7 NOVEMBRE 2006

DEMANDE D'AUTORISATION D'UTILISATION DU PROCEDE UVc METTANT EN OEUVRE DES LAMPES UV BASSE PRESSION POUR LA DECHLORAMINATION DES EAUX DE PISCINE DEPOSEE PAR LA SOCIETE RIME

AVIS

Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF), ses rapporteurs entendus et après discussion, considérant :

- les revendications de la société RIME sur l'efficacité de sa gamme de déchloramineurs UVc basse pression vis-à-vis de la réduction des chloramines dans les eaux des piscines publiques ;
 - les résultats d'analyses transmis par le pétitionnaire à l'appui de sa demande d'autorisation d'utilisation de sa gamme de déchloramineurs sur les paramètres pH, chlore libre, chlore combiné, chlorures, trihalométhanes (THM) et carbone organique total (COT) effectuées sur une période de 2 mois (3 semaines sans UV et 5 semaines avec UV) ;
 - qu'en réponse à la demande de la DGS, la société RIME a transmis des éléments complémentaires en avril 2006, portant sur des mesures de trichlorure d'azote dans l'air réalisées au début de l'année 2006 pendant 4 semaines (2 semaines avec UV, puis 2 semaines sans UV) ;
1. note que les résultats fournis mettent en évidence :
 - une diminution du COT, une stabilité du chlore libre, une diminution des chloramines (la stabilisation ayant été obtenue au bout de 3 jours), un maintien des teneurs en chloroforme en moyenne à 45 µg/L avant et après la mise en service du déchloramineur UV et une augmentation des chlorures ;
 - que l'arrêt de l'installation entraîne, à fréquentation identique :
 - une augmentation de 32 % du chlore combiné dans l'eau, ce qui a conduit l'exploitant à augmenter l'apport en eau neuve (+ 40 %) dans le bassin,
 - une augmentation du trichlorure d'azote dans l'air qui passe en moyenne de 0,36 mg/m³ avec traitement à 0,43 mg/m³ sans traitement ;
 2. émet en conséquence un avis favorable à la demande d'autorisation d'utilisation du procédé UVc mettant en œuvre des lampes UV basse pression, pour la déchloramination des eaux de piscines publiques sous réserve du respect des conditions suivantes lors de l'utilisation du procédé :
 - réalisation de mesures des paramètres COT et THM dans l'eau des bassins à une fréquence minimale mensuelle,
 - respect, pour le paramètre THM, de la valeur limite de 100 µg/L dans l'eau recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS),
 - réalisation de mesures du trichlorure d'azote et des THM dans l'air une fois par semestre,
 - maintien des apports en eau neuve au niveau de ceux existant avant l'utilisation des dispositifs UV, ceux-ci ne devant jamais être, en tout état de cause, inférieurs à la valeur réglementaire de 30 L par baigneur et par jour,
 - maintien ou, le cas échéant, augmentation du renouvellement de l'air par rapport à celui existant avant l'utilisation des dispositifs à rayonnement UV.

COPIE CONFORME

⁷ La société RIME est devenue COMAP WT depuis le 1^{er} Janvier 2010

COMAP

SOLUTIONS FOR EFFICIENCY



COMAP WT - Z.I. Les Petits Champs - 26120 MONTÉLIER - FRANCE
E-mail : comapwti@comap.eu - Website : www.comapwti.fr
Service clients : Tél. (33) 04 75 85 28 11 - Fax (33) 04 75 85 42 62
COMAP SA 16, avenue Paul Santy - BP 8211 - 69355 LYON Cedex 08