

Communiqué de presse

Piscines réglementées ouvertes au public : l'Afsset recommande plus d'hygiène, et une meilleure maîtrise de la qualité de l'eau et de l'air, et appelle à la vigilance sur les travailleurs, les nageurs de haut niveau et les très jeunes enfants

Le 10 juin 2010

L'Afsset publie aujourd'hui un rapport d'expertise collective sur les risques sanitaires liés aux piscines réglementées ouvertes au public.

Il s'agit des 16.000 piscines destinées à un usage sportif ou de loisir (piscines municipales, d'hôtels, de camping, de résidence de vacances, etc.) et alimentées par l'eau du réseau de distribution publique. Ces piscines accueillent 25 millions de baigneurs par an.

Les autorités de contrôle constatent un bon taux de conformité à la réglementation des piscines françaises notamment en matière de qualité microbiologique. Pour autant, tout risque lié aux microorganismes (mycose, verrues, diarrhées...) n'est pas écarté.

Cependant, pour l'Afsset le risque prépondérant dans les piscines réglementées françaises concerne le risque chimique : les produits de désinfection de l'eau (chlore, brome, ozone, etc.) se recombinaient avec la matière organique apportée dans l'eau par les baigneurs et forment des sous-produits qui sont des contaminants chimiques nocifs, comme les trichloramines ou le chloroforme. Ces composés peuvent atteindre des taux capables d'entraîner des troubles respiratoires (asthme, bronchites, etc.), cutanés (eczéma) et oculaires chez les personnes qui fréquentent les piscines à commencer par les plus réguliers d'entre eux (nageurs sportifs, maîtres nageurs, personnels d'entretien et d'accueil). Mais ces risques touchent également les très jeunes enfants dont les systèmes respiratoire et immunitaire sont encore en développement.

Dans ce contexte, l'Afsset recommande les évolutions suivantes pour mieux protéger la santé :

▪ **Pour réduire la concentration en polluants des piscines, il faut à la fois :**

- **un net renforcement de l'hygiène corporelle**, pour réduire l'apport de matière organique et de pathogènes. Cela passe par un strict respect des mesures habituelles (douches savonnées, port de bonnet de bain, propreté, etc.). Les établissements pourraient plus accompagner les baigneurs en jouant sur l'agencement des locaux pour rendre évidents les points de passage, en mettant du savon dans les douches, en renforçant les injonctions d'hygiène, etc. Ces mesures simples et à faible coût sont très efficaces pour réduire la contamination de l'eau.
- **une meilleure maîtrise des traitements**. L'Afsset recommande une révision de la réglementation à cet égard.

L'Afsset recommande d'instaurer un suivi de la qualité de l'air des piscines. Elle demande aussi le classement des piscines couvertes dans la catégorie des « bâtiments à pollution spécifique » ce qui entraînerait l'obligation de maintenir un débit minimum d'air neuf (60 m³ par heure et par occupant). Ce point apportera un bénéfice important pour les travailleurs.

Pour l'eau, l'Afsset recommande des efforts pour réduire la quantité de matière organique présente. Cela passe par la mise en place d'une coagulation avant la filtration, par le suivi de paramètres nouveaux (turbidité, carbone organique total). Elle recommande aussi une mise à jour des paramètres de contrôle de la désinfection (suivi de la bactérie E-coli...).

L'Afsset propose également de mettre en place des protocoles adaptés pour le nettoyage des surfaces et l'entretien des locaux. Ces milieux n'étaient pas pris en compte jusqu'ici par la réglementation.

Enfin l'Afsset recommande d'instaurer un auto-contrôle continu obligatoire dans les piscines.

Ces deux points bien maîtrisés permettraient de diminuer sensiblement la concentration en désinfectants dans l'eau (jusqu'aux niveaux de la réglementation allemande, soit 0,3 à 0,6 mg/L pour le chlore) et de faire chuter en même temps les taux de polluants, sous-produits de désinfection.

Le bénéfice sera important pour toute personne fréquentant les piscines, à commencer par ceux qui le font régulièrement.

▪ **Au-delà,**

- pour le cas spécifique des **très jeunes enfants** (typiquement moins de 2 ans), l'Afsset appelle à la vigilance, du fait de leur sensibilité particulière aux sous-produits de désinfection et de leur moins bonne maîtrise de l'hygiène. Il importe que les bébés nageurs aient un suivi médical s'assurant de l'absence de contre-indication (notamment antécédents respiratoires). L'activité devra se faire dans des bassins dans lesquels la qualité de l'eau est parfaitement maîtrisée (bassin spécifique, eau recyclée, personnel formé...).
- pour le personnel travaillant dans les piscines, l'Afsset préconise un suivi médical renforcé en plus de l'évaluation des risques sanitaires.

Cette expertise de l'Afsset a été réalisée à la demande des ministères en charge de la santé et de l'écologie dans le but d'engager une refonte de la réglementation concernant les baignades. Ce travail sera prochainement complété par une évaluation des risques sanitaires liés aux piscines dites « atypiques » (thalassothérapie, bains à remous, piscines thermo-ludiques, etc.). Ses conclusions seront présentées en 2011.

Pour joindre le Service de presse de l'Afsset :

Service de presse : 01 56 29 13 77

Par écrit - presse@afsset.fr

Pour connaître nos travaux, nos saisines, notre programme de travail

Les sites de l'Afsset :

www.afsset.fr

www.helpdesk-biocides.fr

www.observatoire-pesticides.gouv.fr

www.sante-environnement-travail.fr

www.substitution-cmr.fr

4.1.4.1 Chlore

Terminologie :

En solution, le chlore existe sous différentes formes chimiques, selon qu'il se trouve libre ou associé à d'autres molécules organiques ou minérales. Des équilibres chimiques complexes dépendants des concentrations et du pH régissent ces différentes formes chimiques.

On parle généralement de **chlore actif** en faisant référence à la forme active du chlore, vis à vis des micro-organismes. La teneur en chlore actif représente la somme des concentrations en acide hypochloreux (HClO) et en chlore moléculaire dissous, Cl₂, cette dernière étant quantitativement négligeable par rapport à l'acide hypochloreux, pour un pH supérieur à 3. La teneur en chlore actif est calculée au moyen d'un abaque qui prend en compte à la fois le pH et la concentration en chlore libre dans l'eau.

Le **chlore potentiel** fait référence à la teneur en ions hypochlorites (ClO⁻) susceptibles de redevenir actifs sous forme d'acide hypochloreux et de chlore moléculaire.

L'association du chlore avec des composés minéraux ou organiques est appelé **chlore combiné**. La teneur en chlore combiné représente essentiellement les chloramines, ainsi que les composés organochlorés. La concentration en chlore combiné est estimée par la différence entre la concentration en chlore total et la concentration en chlore libre.

Le **chlore total** représente la somme du chlore libre et du chlore.

Enfin, le **chlore libre (ou chlore disponible ou chlore résiduel)** correspond à la somme du chlore actif et du chlore potentiel.

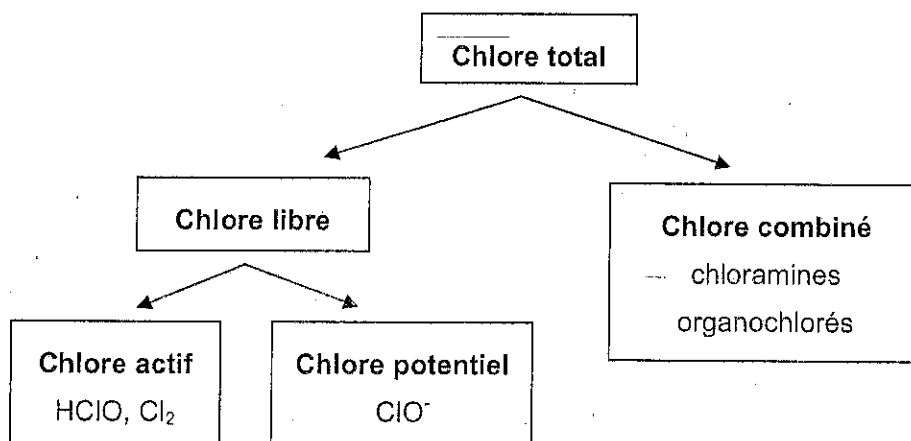


Figure 2 : Les différentes formes de chlore dans l'eau

Réactions chimiques du chlore avec l'eau et ses constituants :

Injecté sous forme gazeux (Cl₂) dans l'eau, le chlore se dissocie rapidement en acide hypochloreux (HClO) et en ions chlorures (Cl⁻), selon la réaction :



(...)

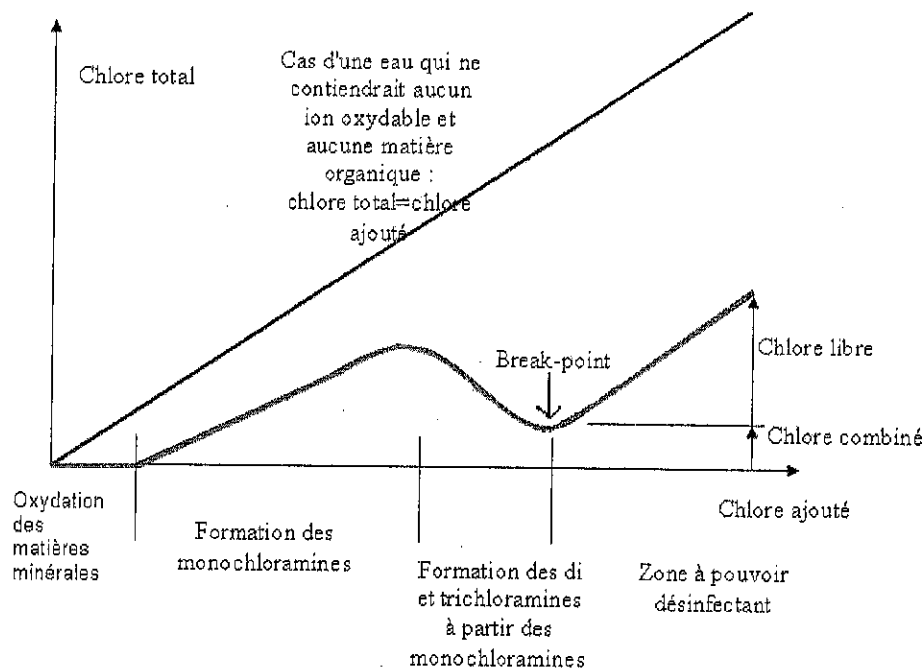


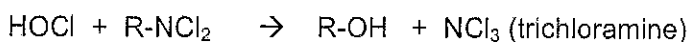
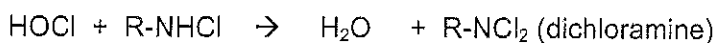
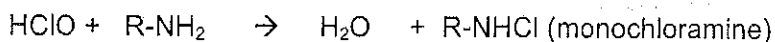
Figure 4 : Evolution des différentes formes de chlore selon la courbe du « break-point »

- Oxydation des composés minéraux :

Les composés fortement réducteurs présents dans l'eau vont immédiatement consommer une partie du chlore et le rendre indisponible pour la désinfection. Ces composés réducteurs avec lesquels le chlore réagit sont représentés par les sulfures (1 mg de H₂S consomme 9 mg de Cl₂), les sulfites, les nitrites, etc.

- Formation des chloramines :

Le chlore s'associe aussi aux composés azotés organiques et minéraux apportés par les baigneurs (ammonium, urée, créatine, acides aminés, etc.) par réactions d'addition ou de substitution, telles que, par exemple :



R représentant un radical hydrocarboné.

La trichloramine n'est pas détruite par le chlore. Très volatile, elle est transférée en phase gazeuse.

- Zone à pouvoir désinfectant :

Le chlore ajouté au-delà du *break-point* correspond à la teneur en chlore libre. En piscine, compte tenu du résiduel de chlore imposé par la réglementation pour garantir une eau désinfectée et désinfectante, le *break-point* est toujours dépassé. Cependant, le positionnement du point de rupture peut fluctuer, notamment en fonction de l'apport de matière organique par les baigneurs.

(...)

Tableau 9 : Concentration des principaux sous-produits de chloration dans les piscines couvertes et chlorées

	Valeurs OMS 2006	Valeurs françaises 2007-2009	
	Intervalle de concentrations	Intervalle de concentrations	Moyenne des concentrations
	AIR		
Chloroforme (mg.m ⁻³)	0,170	0,004 – 0,136	0,065 ⁽²⁾
Trichloramines (mg.m ⁻³)	-	0,2 – 0,3	0,26 ^{(1) (2) (3) (4) (5) (6)}
EAU			
<u>Chloramines (chlore combiné)</u> (mg L ⁻¹)		0.1 -1.5 ⁽⁷⁾	0,44 ⁽⁷⁾
<u>Trihalométhanes (µg.L⁻¹)</u>			
Chloroforme	1,7 -1630	6,2 - 140	39,7 ⁽¹⁾
Bromodichlorométhane	< 0,1 - 100	1,5 - 8,7	4,2 ⁽¹⁾
Chlorodibromométhane	0,05 - 30	0,3 - 3	1,2 ⁽¹⁾
Bromoforme	0,03 -14	< 0,5 - 2	0,9 ⁽¹⁾
<u>Acides haloacétiques (µg L⁻¹)</u>			
Acide monochloracétique	2,6 - 81	9,2 -110	38,8 ⁽¹⁾
Acide dichloracétique	1,5 -192	77 -1000	488,6 ⁽¹⁾
Acide trichloracétique	3,5 - 199	104 - 320	197,3 ⁽¹⁾
Acide monobromoacétique	< 0,5 - 3,3	-	-
Acide dibromoacétique	0,2 - 7,7	< 5 -16,5	8,8 ⁽¹⁾
<u>Haloacétonitrile (µg L⁻¹)</u>			
Dichloroacétonitrile	0,13 - 148	1,6 -120	31,9 ⁽¹⁾
Trichloroacétonitrile	0,01 - 11	< 0,5 - 0,6	0,6 ⁽¹⁾
Dibromoacétonitrile	< 0,01 - 24	-	-
Hydrate de chloral (µg L ⁻¹)	0,5 - 104	96,5 - 430	172,7 ⁽¹⁾
Chloropicrine (µg L ⁻¹)	0,03 - 2,6	-	-

⁽¹⁾(De Laat et al., 2009); ⁽²⁾(F. Gérardin, communication personnelle); ⁽³⁾(Massin et al., 1998), ⁽⁴⁾(Hery et al., 1995); ⁽⁵⁾(Thoumelin et al., 2005); ⁽⁶⁾(Person et al., 2005); ⁽⁷⁾(Données de 2007-2008 extraites de la base nationale SISE-EAUX pour le département 44 (875 échantillons).

L'hypothèse d'un lien entre la présence de syndromes irritatifs oculaires et cutanés chez des baigneurs et le contact avec l'eau des piscines traitées au chlore a été avancée pour la première fois par Mood en 1953 (Mood, 1953). Cet auteur a développé une théorie selon laquelle le principal agent causal d'irritation des yeux chez les nageurs en piscine n'était pas le chlore mais une combinaison du chlore avec l'azote de l'ammoniaque qu'il a appelé chlore combiné, (Mood, 1953), que l'on restreint généralement aux seules chloramines, mais qui comprend en fait l'ensemble des dérivés chlorés azotés et organochlorés. Cette hypothèse a depuis été confirmée par d'autres auteurs (Bernard et al., 2009; Jacobs et al., 2007; Massin et al., 1998; Momas et al., 1993; Thoumelin et al., 2005; Voisin et Bernard, 2008).

► Les chloramines

Les chloramines constituent un mélange de substances, décrites dans le chapitre 4.1.4.1. Leur concentrations dans l'eau et l'air des piscines varient en fonction de plusieurs paramètres : taux de chloration, température de l'eau et de l'air, fréquentation, hygiène des baigneurs, taux de renouvellement de l'eau et de l'air (Agabiti *et al.*, 2001; Massin *et al.*, 1998).

La monochloramine et la dichloramine sont instables dans l'eau et réagissent rapidement pour former la trichloramine, produit majoritaire et très volatil. Aucune information n'est actuellement disponible sur le passage transcutané des chloramines (Bonvallot *et al.*, 2009).

Toxicité chez l'animal

La trichloramine a un effet irritant chez le rat exposé par voie respiratoire (Barbee *et al.*, 1983). Les auteurs rapportent une concentration létale de 550 mg.m⁻³ pour une heure d'exposition, l'œdème pulmonaire étant la cause majoritaire de décès. On observe également une baisse de la fréquence respiratoire chez le rat exposé à la trichloramine pendant une heure par voie respiratoire (Gagnaire *et al.*, 1994).

Toxicité chez l'homme

La trichloramine est responsable d'irritations oculaires et respiratoires (Hery *et al.*, 1995; Jacobs *et al.*, 2007; Massin *et al.*, 1998; Thoumelin *et al.*, 2005) dont se plaint souvent le personnel des piscines couvertes.

Des études montrent que la présence de chloramines dans l'air des piscines est associée à une augmentation de la prévalence des manifestations allergiques (conjonctivites, rhinites, laryngites, etc.) et de l'asthme chez les nageurs de haut niveau (Goodman et Hays, 2008; Thickett *et al.*, 2002; Zwick *et al.*, 1990). D'autres études ont révélé des atteintes pulmonaires chez des nageurs (Carbonelle *et al.*, 2002, Carbonelle *et al.*, 2008; Voisin et Bernard, 2008).

Cancérogénicité, génotoxicité et mutagénicité

A ce jour, aucune donnée relative à la cancérogénicité, la génotoxicité et la mutagénicité n'est de la trichloramine n'est mentionnée dans la littérature.

Toxicité de la reproduction et tératogénicité

A ce jour, aucune donnée relative à la toxicité de la reproduction et la tératogénicité de la trichloramine n'est mentionnée dans la littérature.

► Les trihalométhanes

Les THM sont les sous-produits de chloration les plus recherchés dans l'eau et dans l'air des piscines, en raison de leurs risques potentiels pour la santé. Les THM principalement trouvés dans l'eau sont au nombre de 4 : chloroforme, bromoforme, bromodichlorométhane et dibromochlorométhane. Ils sont tous très volatils (Santé Canada, 2006).

Les THM représentent environ 5 à 10 % des composés organo-halogénés (AOX) totaux présents dans l'eau des piscines chlorées. Le chloroforme représente le produit majoritaire parmi des THM formés (Judd et Black, 2000).

Dans les piscines, la concentration en THM varie avec certains paramètres : elle augmente linéairement avec le nombre de baigneurs (Chu et Nieuwenhuijsen, 2002), avec une augmentation du pH de l'eau (Zwiener *et al.*, 2007) ainsi qu'une élévation de la température (Yang *et al.*, 2007).

(...)

5.3 Exposition

5.3.1 Populations exposées

5.3.1.1 Typologie des populations concernées

Dans ses recommandations relatives à la sécurité des lieux de baignades, l'OMS (2006) distingue différentes catégories d'usagers : la population générale, les enfants et les bébés nageurs, les membres des clubs de sports, les clients des hôtels, les touristes, les nageurs de compétition, les personnes accompagnantes non nageuses, les sportifs de haut niveau, les maîtres nageurs, le personnel d'accueil et d'entretien (OMS, 2006b).

De plus, l'OMS souligne que le risque est majoré pour certaines catégories de populations (OMS, 2006b) : «*Les enfants, qui passent de longues périodes dans l'eau et ingèrent volontairement et accidentellement plus d'eau que les adultes ; les personnes âgées ou handicapées ; les individus immunodéprimés* ». Les seuls critères retenus par l'OMS pour définir ces populations à risque concernent la fréquence d'exposition et l'âge.

Une approche différente a été retenue dans le présent rapport pour définir les populations à risques liés aux eaux de piscine, tenant compte à la fois de l'âge, de la sensibilité particulière de certains sujets et de la fréquence d'exposition.

De plus, trois types d'activités pratiqués en piscine ont été identifiés : la pratique de la natation modérée, en loisir ; la natation sportive ; l'activité professionnelle (maître nageurs et personnel technique).

Ainsi huit catégories de population sont définies, selon leur activité :

- ▶ bébés nageurs (au dessous de 2 ans) ;
- ▶ enfants (2-15 ans) ;
- ▶ adultes (plus de 15 ans) ;
- ▶ nageurs sportifs enfants (6 -15 ans) ;
- ▶ nageurs sportifs adultes (plus de 15 ans) ;
- ▶ nageurs de haut niveau adultes (plus de 15 ans) ;
- ▶ personnels travaillant dans les piscines collectives (maîtres nageurs⁸ et personnel technique) ;
- ▶ femmes enceintes (considérée uniquement pour les effets toxiques pour la reproduction des AHA, dans ce cas, un poids moyen de 75 kg a été retenu).

5.3.2 Voies d'exposition

Les baigneurs et le personnel technique peuvent être en contact avec l'eau et l'air de la piscine et être exposés aux différents contaminants chimiques (Aggazzotti *et al.*, 1995 ; EHESP, 2008). Trois voies d'exposition ont été identifiées :

- ▶ la voie orale : ingestion accidentelle ou volontaire d'eau ;
- ▶ la voie cutané-muqueuse : contact avec l'eau et les surfaces ;
- ▶ la voie respiratoire : inhalation de composés volatils sous forme de gaz ou d'aérosols (Hery *et al.*, 1995; Yang *et al.*, 2007).

5.3.2.1 Voie orale

L'ingestion d'eau par les baigneurs a lieu souvent accidentellement, à l'exception des très jeunes enfants qui ingèrent de l'eau par jeu. Le volume d'eau ingéré varie en fonction de l'âge, de l'expérience et du type d'activité (natation, jeux, plongée, etc.) (Dufour *et al.*, 2006; OMS, 2000 ; Evans *et al.*, 2001).

Selon l'OMS, le volume d'eau ingéré peut atteindre 225 mL par heure d'entraînement de natation intensive (OMS, 2000).

Une étude plus récente montre que les volumes d'eau ingérée en 45 minutes sont de 16 mL chez l'adulte, 37 mL chez l'enfant et 128 ml chez le nageur sportif (Dufour *et al.*, 2006).

Les volumes proposés dans ces études semblent différer de ceux observés lors d'une activité de baignade en milieu naturel. En effet, quelques rares études indiquent que les quantités d'eau ingérées au cours d'une baignade prolongée en milieu naturel sont de l'ordre de 100 mL pour un enfant de 1 à 2 ans, 250 mL pour un enfant de 2 à 17 ans et 25 mL pour un adulte (Afssa, Afsset, 2006).

⁸ Dans ce rapport, le terme « maître nageur » recouvre l'ensemble des personnes assurant la surveillance des bassins ou encadrant une activité aquatique.

Concernant les populations enfants et adultes, le groupe de travail s'est basé sur l'étude de Dufour (Dufour *et al.*, 2006) pour déterminer les volumes d'eau ingérés. Cette étude est pertinente du point de vue expérimental puisqu'elle utilise un traceur urinaire et semble ainsi être la plus proche de la réalité. Les volumes, calculés pour 1 heure d'exposition et arrondis à la valeur supérieure, sont de 50 mL.h⁻¹ pour les bébés nageurs et les enfants et 25 mL.h⁻¹ pour les adultes.

Concernant les nageurs sportifs, enfants et adultes et les sportifs de haut niveau, un volume de 200 mL.h⁻¹ a été retenu. Ce volume correspond à une valeur moyenne calculée en tenant compte de la valeur proposée par l'OMS, soit 225 mL.h⁻¹ (OMS, 2000) et par l'étude de Dufour (171 ml, valeur extrapolée pour 1 heure) (Dufour *et al.*, 2006).

Concernant les maîtres nageurs, le volume ingéré a été estimé à de 25 mL h⁻¹ comme pour l'adulte. En effet, les maîtres nageurs qui sont très souvent à proximité des bassins, peuvent occasionnellement plonger ou nager et ingérer de l'eau.

5.3.2.2 Voie cutané-muqueuse

Lors de la baignade, la peau, les yeux et les muqueuses peuvent être en contact direct avec les composés chimiques. A ce jour, peu d'études ont estimé le passage transcutané des sous-produits de désinfection formés dans les eaux de piscines. Ce passage semble possible pour les THM et la plupart des halocétone non polaires (OMS, 2000; Xu *et al.*, 2002). On ne dispose pas de données sur le passage transcutané des chloramines, qui sont pour la plupart solubles dans l'eau, mais le passage de la trichloramine n'est pas exclu (Raykar *et al.*, 1988).

Le passage transcutané des composés volatils peut être considéré comme négligeable.

L'OMS considère que la surface de contact avec l'eau est de 18 000 cm² pour les adultes et de 10 000 cm² pour les enfants.

L'US EPA propose pour les enfants de 6 mois à deux ans une surface corporelle moyenne de 0,56 m² (U.S.EPA, 2008).

Pour le personnel technique, la surface corporelle considérée correspond à la somme des surfaces cutanée de la tête et des membres supérieurs. La base de données Ciblex estime que la surface corporelle moyenne de la tête et des membres supérieurs est de 4800 cm² (INRS, 2003a).

Néanmoins, il est rappelé que la voie cutané-muqueuse n'a pu être considérée dans l'évaluation des risques physico-chimiques en raison du manque de données toxicocinétiques.

5.3.2.3 Voie respiratoire

Selon leur nature (gaz, vapeurs ou aérosol), les sous-produits de désinfection peuvent pénétrer plus ou moins profondément dans l'arbre respiratoire en fonction du mode de respiration, nasale ou orale (Bernard *et al.*, 2007a).

Les personnels des piscines peuvent être exposés, par voie respiratoire, aux produits de nettoyage (Nemery *et al.*, 2002).

Les quantités inhalées peuvent largement varier en fonction des activités aquatiques et des efforts réalisés par les baigneurs.

L'intensité de l'exposition varie en fonction :

- ▶ des caractéristiques chimiques des composés et de leur concentration dans l'eau et dans l'air ;
- ▶ de l'aération des locaux ;
- ▶ de l'agitation de l'eau, celle-ci dépendant du taux de fréquentation des bassins ;
- ▶ du temps de contact avec l'eau.

L'étude de Voisin et Bernard indique que l'inhalation constitue la principale voie d'exposition aux produits chlorés en piscine couverte (Voisin C., Bernard A., 2008b). La concentration la plus forte en sous-produits de désinfection se localiserait juste au dessus du niveau de l'eau (Hsu *et al.*, 2009; Simon-Rigaud *et al.*, 1997).

Chez les nageurs de haut niveau, la ventilation pulmonaire peut atteindre 200 L/min durant un exercice intense (Helenius et Haahtela, 2000). Selon l'OMS, un travailleur en bonne santé, d'un poids moyen de 60 kg, inhale environ 10 m³ d'air pendant huit heures de travail quotidien (OMS, 1999b).

Notamment, il a été estimé qu'un nageur inhale entre 2 et 4 g de chlore lors d'un entraînement sportif de 2 heures, alors qu'un employé des piscines inhale entre 4 et 7 g de chlore au cours d'une journée de huit heures de travail (Drobic *et al.*, 1996).

5.3.3 Scénario moyen d'exposition

Les paramètres retenus pour l'élaboration des scénarii d'exposition propres à chaque catégorie de population sont présentés ci-dessous, et résumés dans le Tableau 12.

5.3.3.1 Pour la population générale

▶ Bébés nageurs

Age : de 6 mois et 2 ans. L'activité bébé nageurs en club n'est autorisée que lorsque l'enfant est vacciné contre la DTpolio, donc vers 4 à 5 mois. Les pratiques actuelles montrent que les enfants débutent cette activité vers 6 mois.

Poids moyen : 10 kg selon la courbe moyenne des graphiques de poids du carnet de santé français pour les enfants âgés de 6 mois à 2 ans.

Nombre d'années de fréquentation maximale : 1,5 ans.

Fréquentation annuelle : 11 mois sur 12.

Fréquentation hebdomadaire : 1 fois par semaine (pour des raisons pratiques, un bassin spécialement chauffé et chloré leur est réservé généralement une fois par semaine).

Durée journalière moyenne de fréquentation : 30 minutes (les séances durent entre 20 et 45 minutes selon l'âge)⁹.

Nature de l'exposition : eau et air (le bébé est exposé à la fois aux contaminants de l'eau, lors du bain et de l'air, via les aérosols).

Volume moyen d'eau ingérée : 50 mL.h⁻¹.

(...)

⁹ Consultation du site de la fédération des activités aquatiques d'éveil et de loisir www.faael.fr le 25 juin 2009.

Tableau 12 : Scenarii d'exposition retenus

Paramètres	Nageurs enfants			Nageurs adultes			Professionnels	
	6 mois à 2 ans	2-15 ans	Sportifs	Occasionnels	Sportifs	Sportifs de haut niveau	Maîtres nageurs	Personnel technique
P	10	30	30	70	70	70	70	70
Ta	1,5	13	9	70	55	15	41	41
F	0,5	1	1,5	1	2	5	Eau : 1 Air : 11	Eau : <1 Air : 7
Fh	1	1	5	1	3	5	3	5
Fa	11	11	11	11	11	11	11	11
TJ	48	48	238	48	143	238	143	238
V	0,05	0,05	0,200	0,025	0,200	0,200	0,025	0
Q	0,5	1,0	1,9	1	3,2	3,2	1	1

P (kg) : masse corporelle

Ta (année) : nombre d'années d'expositions

F (h.j⁻¹) : fréquence journalière : nombre d'heures d'exposition par jour

Fh (jour) : fréquence hebdomadaire : nombre de jour d'exposition par semaine

Fa (mois) : fréquence annuelle : nombre de mois d'exposition par an

V (L.h⁻¹) : volume d'eau ingérée par heure

Tj (j) : nombre de jours d'exposition dans une année

Q (m³.h⁻¹) : volume d'air inhalé par heure

Cette constatation est en accord avec les résultats d'une étude néerlandaise qui montre que les maîtres nageurs présentent un risque plus important de souffrir de sinusite, maux de gorge ou rhumes chroniques que les employés moins exposés aux sous produits de désinfection comme le personnel d'accueil ou de restauration (Jacobs *et al.*, 2007). Cette étude montre également que les personnels de piscines présentent un risque de développer des spasmes bronchiques supérieur de 40 % par rapport à la population générale, et 7 fois plus de risque de souffrir de dyspnée d'effort. De nouvelles études épidémiologiques comprenant un suivi médical seront nécessaires pour confirmer ces résultats.

En France, depuis 2003, trois pathologies rencontrées chez le personnel exposé « aux dérivés aminés des produits chlorés tels que les chloramines dans les piscines », peuvent être reconnues comme maladie professionnelle au titre du tableau n°66 A du régime général de la Sécurité Sociale (Journal Officiel de la République Française, 2003). Ce sont :

- « la rhinite récidivante en cas de nouvelle exposition au risque ou confirmée par test » ;
- « l'asthme objectivé par explorations fonctionnelles respiratoires, récidivant en cas de nouvelle exposition au risque ou confirmé par test » ;
- « l'insuffisance respiratoire chronique obstructive secondaire à la maladie asthmatique ».

5.4.5 Conclusion

L'évaluation des risques sanitaires liée à l'exposition des sous produits de désinfection révèle que le risque encouru par les différentes populations pour des scénarii d'exposition moyens et « pire cas » est faible, excepté pour les nageurs sportifs et les compétiteurs de haut niveau. C'est pourquoi, une attention particulière devra être portée au suivi de la concentration de ces sous-produits et en particulier celle du chloroforme, non seulement dans l'air mais également dans l'eau des bassins.

Selon les données communiquées (De Laat *et al.*, 2009; F. Gérardin, communication personnelle), les concentrations en THM dans l'eau des piscines sont généralement inférieures à la limite retenue pour l'eau potable et l'eau des piscines équipées d'un déchloramineur ($100 \mu\text{g.L}^{-1}$). Toutefois, le classement du chloroforme en catégorie 2B par le CIRC et B2 par l'US EPA (CIRC, 2009; IRIS EPA, 2010) et l'application du principe ALARA¹³, sont autant de raisons justifiant la mise en œuvre de mesures de prévention pour les populations exposées. Elles consistent d'abord à réduire la concentration en THM dans l'eau de baignade à une valeur aussi basse que possible.

Si, en l'état de la connaissance, il semble difficile de fixer une valeur limite de $20 \mu\text{g.L}^{-1}$ comme le prescrit la norme allemande (DIN, 1997), cette valeur pourrait être retenue comme objectif de qualité. La valeur limite de $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ actuellement applicable en présence de déchloramineur pourrait être étendue à l'ensemble des piscines dans l'attente du résultat des études complémentaires proposées par l'Afsset.

Compte tenu des effets sur la santé qu'engendreraient les chloramines, il est proposé de poursuivre le suivi de la concentration en chloramines dans l'eau et de l'étendre au suivi de la concentration en trichloramine dans l'air.

¹³ ALARA : aussi basse que raisonnablement possible

SANTÉ

SANTÉ PUBLIQUE

Protection sanitaire, maladies, toxicomanie, épidémiologie, vaccination, hygiène

MINISTÈRE DE LA SANTÉ,
DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS

Direction générale de la santé

Sous-direction de la prévention des risques
liés à l'environnement et à l'alimentation

Bureau de la qualité des eaux

Circulaire DGS/EA4 2008-65 du 22 février 2008 relative aux dispositions réglementaires applicables aux piscines ouvertes au public, à l'utilisation des produits et procédés de traitement de l'eau et notamment à ceux mettant en œuvre des lampes à rayonnement ultraviolet (UV) pour la déchloration des eaux.

NOR : SJSP0830127C

Références :

- Code de la santé publique : articles L. 1332-1 à L. 1332-9 et articles D. 13321-1 à D. 1332-19 ;
- Arrêté du 7 avril 1981 fixant les dispositions techniques applicables aux piscines, modifié par l'arrêté du 18 janvier 2002 ;
- Arrêté du 7 avril 1981 relatif aux dispositions administratives applicables aux piscines ;
- Arrêté du 27 février 2007 relatif aux traitements de l'eau minérale naturelle utilisée à des fins thérapeutiques dans les établissements thermaux ;
- Circulaire du 6 octobre 1989 relative à la modification de l'arrêté du 7 avril 1981 fixant les dispositions techniques applicables aux piscines ;
- Avis du conseil supérieur d'hygiène publique de France du 7 novembre 2006 relatif à la demande d'avis sur les risques liés à l'utilisation de procédés mettant en œuvre des lampes à rayonnement UV pour la déchloration des eaux de piscines publiques.

Annexes :

- Annexe I. – Liste des sociétés ayant obtenu une autorisation d'utilisation de procédés de déchloration à ultraviolets.
- Annexe II. – Précisions sur l'utilisation du produit Revacil commercialisé par la société Mareva.

Le directeur général de la santé à Mesdames et messieurs les préfets de région (directions régionales des affaires sanitaires et sociales); Mesdames et messieurs les préfets de département (directions départementales des affaires sanitaires et sociales).

I. – RAPPEL DES DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES GÉNÉRALES APPLICABLES AUX PISCINES

Les règles d'hygiène applicables aux piscines sont fixées par les articles D. 1332-1 et suivants du code de la santé publique et par l'arrêté du 7 avril 1981 fixant les dispositions techniques applicables aux piscines, modifié par l'arrêté du 18 janvier 2002. Elles s'appliquent aux piscines autres que celles à usage personnel d'une famille.

Sont exclues du champ d'application les piscines thermales et les piscines des centres de réadaptation fonctionnelle, d'usage exclusivement médical. Toutefois, l'arrêté du 27 février 2007 relatif aux traitements de l'eau minérale naturelle utilisée à des fins thérapeutiques dans les établissements thermaux prévoit que l'eau minérale naturelle peut faire l'objet d'un traitement de désinfection visant

à prévenir les risques sanitaires spécifiques à certains soins et que ce traitement doit respecter notamment les dispositions techniques définies dans l'arrêté fixant les dispositions techniques applicables aux piscines du 7 avril 1981.

II. – RAPPEL DES DISPOSITIONS TECHNIQUES : TENEUR EN COMPOSÉS CHLORÉS

L'article 5 de l'arrêté du 7 avril 1981 modifié définit une teneur maximale en chlore combiné ou chloramines (différence entre chlore total et chlore disponible) de 0,6 mg/L lors de l'utilisation de produits désinfectants chlorés. Les chloramines présentes dans l'eau des bassins sont formées par réaction des produits de désinfection chlorés, utilisés pour le traitement de l'eau, avec les substances organiques azotées apportées par les baigneurs. A certains seuils et particulièrement pour les personnes régulièrement exposées, les chloramines sont irritantes pour les yeux, les muqueuses et l'appareil respiratoire. Depuis 2003, « les travaux exposant aux dérivés aminés des produits chlorés tels que la chloramine dans les piscines » figurent dans le tableau des maladies professionnelles « rhinites et asthmes professionnels », annexé au livre IV du code de la sécurité sociale (décret 2003-110 du 11 février 2003).

En conséquence, je vous demande :

- de porter une attention particulière aux teneurs en chloramines mesurées dans l'eau des bassins ;
- de rappeler aux gestionnaires de piscines les règles d'hygiène qui doivent être respectées par les baigneurs, ces dernières devant figurer dans le règlement intérieur de l'établissement. En particulier, les consignes de douche savonnée et de passage par le pédiluve doivent être scrupuleusement mises en œuvre afin de diminuer les teneurs en matières organiques à l'origine de la création de chloramines. De plus, il est recommandé de rendre obligatoire le port de bonnet de bain. L'information du public, par des messages adaptés et clairs, soulignant leur intérêt au regard de la santé publique, conduisent à une meilleure application des consignes édictées ;
- en cas de résultats analytiques supérieurs à la valeur maximale autorisée (0,6 mg/l de chloramines), de vous assurer de la mise en œuvre par l'exploitant des mesures nécessaires pour diminuer cette valeur jusqu'au retour à une situation normale.

Plusieurs facteurs contribuent à diminuer les teneurs en chloramines dans l'eau notamment :

- la limitation de la fréquentation des bassins ;
- l'augmentation des taux de renouvellement en eau ;
- la ventilation du bac tampon de recyclage des eaux ;
- l'efficacité du système de filtration ;
- la ventilation de l'air intérieur des bâtiments (compte tenu des transferts eau-air) ;
- la conception des vestiaires qui devraient délimiter les espaces dans lesquels le baigneur est pieds nus, des espaces dans lesquels celui-ci est chaussé.

Vous pourrez être amené à demander à l'exploitant l'évacuation des bassins ou la fermeture de l'établissement, jusqu'au retour à une situation normale, en cas de teneurs en chloramines très élevées.

III. – PROCÉDÉS DESTINÉS À RÉDUIRE LES TENEURS EN CHLORAMINE DES EAUX DE PISCINES

La réglementation française prévoit à l'article 5 *bis* de l'arrêté du 7 avril 1981 modifié, fixant les dispositions techniques applicables aux piscines, que : « Pour respecter les dispositions prévues à l'article 5 du présent arrêté, relatif à la teneur en chlore total de l'eau, il peut être fait appel à des produits ou procédés qui permettent de réduire la teneur en chlore combiné dans les bassins. La liste des produits ou procédés utilisables est établie par le ministre chargé de la santé ».

Dans le cadre de demandes d'agrément de produits et procédés de traitement d'eau, le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) a émis un avis favorable pour l'utilisation de procédés de déchloramination mettant en œuvre des lampes à rayonnement ultraviolet (UV) sous certaines réserves, telles que notamment l'interdiction de réduire les apports en eau neuve. La liste des sociétés ayant reçu une autorisation d'utilisation de leur procédé de la part du ministre chargé de la santé figure en annexe I. Je vous indique également que des études complémentaires sont menées sur ces procédés.

a) Risques sanitaires liés à l'utilisation de procédés mettant en œuvre des lampes à rayonnement ultraviolet (UV) pour la déchloramination des eaux de piscines publiques

A la suite de la parution de plusieurs études portant sur le risque d'augmentation des teneurs en trihalométhanes (THM) dans l'air et dans l'eau des bassins des piscines lié à l'utilisation de dispositifs UV, j'ai saisi le CSHPF sur :

- l'impact du rayonnement UV sur les caractéristiques chimiques des eaux de piscines traitées par des produits chlorés aux doses couramment pratiquées, notamment sur le risque que ce rayonnement puisse conduire à une augmentation de la teneur en THM et principalement en chloroforme, dans l'eau et dans l'air ;

- les risques éventuels pour la santé des baigneurs ou du personnel liés à l'utilisation des « déchloramineurs UV », en raison notamment d'une augmentation de la teneur en THM, dans l'eau ou dans l'air.

Le CSHPF a émis le 7 novembre 2006 un avis sur les risques liés à l'utilisation de procédés mettant en œuvre des lampes à rayonnement UV pour la déchloramination des eaux de piscines publiques. Vous trouverez cet avis sur le site internet du ministère chargé de la santé à l'adresse suivante : www.sante.gouv.fr (thèmes/accédez à tous les dossiers/conseil supérieur d'hygiène publique de France / Accès aux avis et rapports / section des eaux / Avis de la section des eaux / Baignades/piscines).

En substance, le CSHPF :

1. S'agissant des différentes publications qui lui ont été transmises, indique que les résultats de ces études ne permettent pas de conclure sur le risque que l'irradiation par rayonnement UV des eaux de piscines conduise à une augmentation de la teneur en THM et principalement en chloroforme, dans l'eau et dans l'air, au-delà de la période transitoire liée à la mise en route,

2. Estime que les teneurs en THM peuvent s'expliquer notamment par l'action sur la matière organique présente dans l'eau des bassins, du rayonnement UV émis par certains types de « déchloramineurs UV » mettant en œuvre des lampes dites à moyenne pression,

3. Estime nécessaire de mener plusieurs études complémentaires, afin notamment :

- d'évaluer, en fonction de la dose et du spectre de la lampe, l'influence du rayonnement UV sur la production de THM et autres sous-produits de désinfection par chloration en distinguant les cas où les lampes à rayonnement UV mises en œuvre sont de type :

- soit basse pression ;

- soit moyenne pression avec ou sans coupure des longueurs d'onde inférieures à 230 nm ;

- de fixer une concentration maximale admissible (CMA) sur les THM dans l'eau des piscines,

4. Estime que les résultats des études mentionnées ci avant et les éléments d'informations disponibles à ce jour ne justifient pas de retirer les autorisations déjà accordées par le ministère chargé de la santé pour l'utilisation de certains « déchloramineurs UV », compte tenu du fait que :

- le lien entre le rayonnement UV des eaux de piscine et une augmentation des teneurs en THM dans l'eau n'est pas clairement établi et que les teneurs en THM dans l'eau dépendent de nombreux autres facteurs ;

- les autorisations ont été accordées sous certaines réserves relatives notamment aux apports en eau neuve qui devraient permettre de diminuer les concentrations de certaines substances telles que les THM.

b) Conditions d'utilisation de procédés de déchloramination ;

En outre, le CSHPF dans l'avis précité demande que soient systématiquement respectées les conditions d'utilisation suivantes lors de l'utilisation de procédés mettant en œuvre des lampes à rayonnement UV pour la déchloramination des eaux de piscines publiques :

- réalisation, lors de l'utilisation des « déchloramineurs UV », de mesures :

- du carbone organique total (COT), des chlorures et des THM dans l'eau des bassins à une fréquence au moins mensuelle ;

- et du trichlorure d'azote et des THM dans l'air, deux fois par an ;

- obligation de respecter la valeur de 100 microgrammes par litre recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour les teneurs en THM dans l'eau des bassins ;

- interdiction de réduire les apports en eau neuve par rapport à ceux existant avant l'utilisation des dispositifs UV, ceux-ci ne devant, en tout état de cause, jamais être 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 rayonnements UV ;

- En ce qui concerne les analyses mensuelles dans l'eau, il est à noter que celles-ci doivent être effectuées dans chacun des bassins d'un établissement, les résultats pouvant dépendre de leur taille respective, de leur fréquentation, de leur hydraulique, etc.

Les prélèvements et analyses prévues sont à financer par le gestionnaire de la piscine, (la société commercialisant le procédé UV pouvant participer au financement le cas échéant selon les accords entre partenaires). Les analyses doivent être réalisées par des laboratoires qualifiés.

Je vous demande de vérifier que les piscines de votre département font bien l'objet de l'ensemble des prescriptions demandées.

Je vous informe que j'ai fait part de ces conditions aux sociétés ayant reçu une autorisation du ministère chargé de la santé et j'ai demandé à ces dernières de me transmettre des bilans semestriels de l'utilisation des « déchloramineurs UV » comportant notamment des éléments relatifs à la qualité de l'eau et de l'air, afin de vérifier que les conditions d'autorisation d'utilisation sont bien respectées et de détecter d'éventuels dysfonctionnements dans les piscines équipées de leur procédé. Je vous communiquerai ultérieurement une exploitation de ces informations.

IV. - AUTORISATION DU PRODUIT REVACIL COMMERCIALISÉ PAR LA SOCIÉTÉ MAREVA

A la suite de l'avis du CSHPF du 6 décembre 2005, par lettre du 12 mars 2007, la DGS a autorisé

l'utilisation du produit REVACIL de la société MAREVA pour la désinfection des eaux de piscine jusqu'à l'inscription de la substance active (PMHB) sur les listes des biocides autorisés et, en tout état de cause, pour une durée de 3 ans, à condition que les conditions suivantes soient respectées :

- maintien d'une concentration du PHMB dans l'eau comprise entre 20 et 35 mg/l ;
- plage de PH d'utilisation fixée de 6,9 à 8 unités PH,
- en raison de l'action coagulante du PHMB pouvant conduire à une élévation de la turbidité de l'eau des bassins si la filtration est insuffisante, mise à disposition des utilisateurs par la société MAREVA, d'un guide de rénovation des systèmes de filtration et d'un protocole de gestion du lavage des filtres qui en garantisse l'efficacité de fonctionnement ;
- formation adaptée obligatoire du personnel responsable et des opérateurs tant pour la mise en œuvre que pour le dosage du désinfectant ;
- neutralisation impérative par du chlore des eaux du bassin lors de sa vidange ;
- identification des germes aérobies revivifiables à 37° C lorsque ce paramètre dépasse la limite de 100 UFC/ ml ;
- recherche de *Pseudomonas aeruginosa* et mesure de l'ion ammonium (NH₄⁺) lors du contrôle de la qualité de l'eau.

Les prélèvements et analyses prévues sont à financer par le gestionnaire de la piscine.

Le guide d'utilisation du produit Revacil peut être consulté sur le réseau intranet du ministère de la santé.

J'ai demandé à la société MAREVA :

- de me transmettre le nom de chacune des piscines dans lesquelles son produit sera utilisé pendant les 3 années à venir (2007, 2008, 2009) ;
- d'avertir les Directions départementales des affaires sanitaires et sociales (DDASS) lors de l'utilisation du produit REVACIL dans une ou plusieurs piscines des départements concernés ;
- de s'assurer que les gestionnaires des piscines disposent de l'ensemble des informations techniques relatives à l'utilisation du PHMB.

En outre, je lui ai demandé de m'adresser pour le mois de janvier 2008, un bilan de l'utilisation de son produit de désinfection, qui comportera notamment des éléments relatifs à la qualité de l'eau dans chacune des piscines concernées, éventuellement les résultats d'identification de germes et, le cas échéant, les difficultés rencontrées, s'agissant en particulier du respect des conditions d'emploi du produit. Ce bilan sera transmis pour avis à l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET).

Aussi, je vous demande de me faire part, si ce produit est mis en œuvre dans votre département, de votre avis sur son utilisation.

Par ailleurs, je vous rappelle que dans le cas de résultats positifs confirmés lors de la recherche de *Pseudomonas aeruginosa*, ou d'un résultat en germes aérobies revivifiables à 37° C supérieur à 100 UFC/ml, il convient de considérer que la qualité de l'eau n'est pas conforme à la réglementation, en particulier compte tenu des dispositions de l'article D. 1332-2 du code de la santé publique, qui prévoit que :

« L'eau des bassins des piscines doit répondre aux normes physiques, chimiques et microbiologiques suivantes : (...) :

6° Le nombre de bactéries aérobies revivifiables à 37° C dans un millilitre est inférieur à 100 (...)

8° Elle ne contient pas de germes pathogènes, notamment pas de staphylocoques pathogènes dans 100 ml pour 90 % des échantillons ».

Aussi, dans le cas d'une non conformité, je vous rappelle que vous pouvez restreindre ou interdire l'utilisation du bassin concerné, en application des dispositions de l'article D. 1332-15 du code de la santé publique.

Vous trouverez en annexe II, des éléments de réponse à certaines questions pratiques qui peuvent se poser lors de l'utilisation du produit Revacil, s'agissant notamment de l'identification des germes aérobies revivifiables à 37° C et de la recherche de l'origine des dépassements de valeurs limites de qualité éventuellement constatées.

*
* *

Je vous demande de diffuser la présente circulaire aux responsables et gestionnaires des piscines de votre département.

*La sous-directrice de la prévention des risques,
liés à l'environnement et à l'alimentation,*

J. BOUDOT

ANNEXE I

LISTE DES SOCIÉTÉS AYANT OBTENU UNE AUTORISATION D'UTILISATION DE PROCÉDÉS DE DÉCHLORAMINATION À ULTRAVIOLETS

Société BIO-UV – Réacteur BIO-UV.

Société CIFEC – Déchloramineur CIFEC DC.

Société IMATEC – Chloramineur génération CLIII.

Société HANOVIA Limited – HANOVIA (world class UV) (Ce procédé de déchloramination est celui fourni à la société CIFEC).

Société Bordas-UV GERMI – Générateur « UV DECHLO » (anciennement « UV GERMI »).

Société RIME – Procédé UVC.

Société ABIOTEC – SYSTEME UV InLine (Autorisation sous réserve d'une utilisation de gaines de quartz type 240).

ANNEXE II

Précisions sur les conditions d'emploi du produit Revacil commercialisé par la société Mareva

L'ammonium est un indicateur de renouvellement de l'eau (comme le sont les chlorures lors d'une désinfection de l'eau par le chlore). La méthode d'analyse de l'ammonium après distillation a été demandée par le CSHPF, pour pallier les éventuelles interférences avec les liaisons chimiques NH du PHMB lors de l'emploi de la méthode par colorimétrie. Il a été montré que ce n'est pas le cas, la mesure directe par la méthode classique de colorimétrie peut donc être employée.

Par ailleurs, il n'existe aucune valeur guide ou réglementaire pour l'ammonium dans les eaux de piscine. Pour l'eau potable, l'OMS fixe une valeur guide à 1,5 mg/l pour la protection de la santé publique (pas de risque sanitaire mais risque de corrosion des installations, de développement de goûts et d'odeurs dans l'eau).

Il convient ainsi de suivre l'évolution de ce paramètre dans les eaux et d'éviter des augmentations importantes de sa teneur, plutôt que de veiller au respect strict d'une valeur limite.

La méthode de mesure du PHMB préconisée en annexe de la circulaire du 06/10/89 est une méthode d'analyse en laboratoire uniquement par dosage à l'éosine. Le dosage par l'éosine ne présente pas de difficulté particulière dès lors qu'on dispose du protocole. Sa mise en œuvre n'est pas réalisable sur le terrain. L'information immédiate des exploitants de la conformité des eaux lors d'un contrôle de terrain, ne peut donc pas être donnée si la méthode à l'éosine est choisie.

En cas d'utilisation d'une méthode de terrain, celle préconisée consistant en dosage photométrique, la mesure doit être validée par le laboratoire par comparaison avec la méthode de dosage à l'éosine, (en vue d'une éventuelle accréditation). La mesure photométrique de terrain est fiable sous réserve que l'étalonnage de l'appareillage de mesure soit régulièrement fait (deux ou trois fois par an).

L'utilisation des deux méthodes simultanément semble préférable.

L'identification des germes aérobies revivifiables à 37° C est demandée lors du dépassement de la valeur de 100 germes aérobies revivifiables à 37° C par ml. Les experts ont précisé que lorsque la charge organique des bassins est élevée, une difficulté d'action du PHMB sur la flore totale peut être constatée. Le CSHPF a ainsi demandé qu'une identification des germes afin d'en connaître leur nature soit faite. Cette identification peut porter sur la recherche de *Pseudomonas aeruginosa*, des staphylocoques, ainsi que des entérocoques intestinaux.

Il est en revanche important d'identifier dans ces cas les facteurs qui favorisent l'élévation de la flore totale et de les prendre en compte pour améliorer la gestion des installations de traitement d'eau, une diminution de la fréquentation des bassins pouvant également s'avérer nécessaire.