

Faculté Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)



BEZOC Bertrand

Master Ingénierie de la Santé
Parcours Qualité, Environnement, Santé, Toxicologie

**Santé et sécurité au travail :
L'impact des chloramines sur la santé des employés de
piscine et étude des moyens de prévention**

**Mémoire de fin d'études
de la seconde année de Master**

Sous la direction de : Madame Anne LE MINOR

Date de soutenance : Octobre 2018

Composition des membres du jury :

- Président de jury : Franck-Olivier DENAYER, Doyen de la faculté ILIS
- 2ème membre du jury : Anne LE MINOR, Ingénieur Conseil, CARSAT Nord-Picardie
- 3ème membre du jury : Alexandre KLEIN, Conseiller en prévention, Ville de Marcq-en-Barœul

Université Lille 2
Faculté Ingénierie et Management de la Santé
42, rue Ambroise Paré - 59120 LOOS

Année universitaire 2017-2018

***“Gérer un risque,
c’est l’assumer en toute connaissance de cause,
et ne pas confondre l’imprévisible et l’imprévoyance.”***

Pr Jean DAUSSET, Prix Nobel de Médecine, 1980

*Ce mémoire est dédié à Laurent TOURTE,
qui m'a encouragé à débiter ce travail
et m' a apporté les premières pistes de réflexions,
mais qui n'est malheureusement plus là aujourd'hui
pour en voir l'aboutissement..*

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance

Je souhaite avant tout remercier ma Directrice de Mémoire Anne LE MINOR, pour le temps qu'elle a consacré à m'apporter les outils méthodologiques et les pistes de réflexions indispensables à la conduite de ce travail. Son exigence m'a grandement stimulé.

L'enseignement de qualité dispensé par le Master « QEST » à ILIS a également su nourrir mes réflexions et a représenté une profonde satisfaction intellectuelle, merci donc à l'ensemble des enseignants-chercheurs et des intervenants.

J'aimerais exprimer ma gratitude à toutes les personnes , trop nombreuses pour les citer, qui ont pris le temps de discuter de mon sujet. Chacun de ces échanges m'a aidé à faire avancer mon analyse.

Enfin, un grand merci à ma famille, mes amis et mes collègues de la Mairie qui m'ont apporté une aide précieuse en prenant le temps d'écouter mon raisonnement et en me proposant de relire ce travail..

Table des matières

Introduction	1
I. Définitions, analyse bibliographique et réglementaire	3
A. Les sources de chloramines	3
2. Les méthodes de désinfection de l'eau.....	7
3. La formation de sous-produits de désinfection	12
B. Les risques liés aux sous-produits de désinfection.....	15
1. Propriétés toxicologiques des sous-produits de désinfection.....	15
2. Symptomatologies liées à une exposition aux sous-produits de désinfection et reconnaissance comme maladie professionnelle.....	18
3. Évaluation de l'exposition professionnelle	19
C. Prévention des risques liés aux sous-produits de désinfection	22
1. Les paramètres pouvant influencer les concentrations en sous-produits de désinfection dans les eaux et dans l'air.....	22
2. Surveillance des teneurs en sous-produits de désinfection.....	23
3. Les mesures de prévention humaines techniques et organisationnelles	25
II. Méthodologie de recherche d'informations et présentation des résultats obtenus	31
A. Méthodologie de recherche d'informations.....	31
B. Présentation des résultats obtenus	34
III. Commentaires, discussion et recommandations en regard des résultats obtenus	45
A. Commentaires et discussion autour des résultats.....	45
B. Recommandations en regards de l'étude effectuée	49
Conclusion	53
Bibliographie	55

Table des illustrations

Illustration n° 1 : Schéma du circuit de circulation de l'eau.....	4
Illustration n° 2 : Schéma du circuit d'hydraulicité classique.....	5
Illustration n° 3 : Schéma du circuit d'hydraulicité inversée.....	6
Illustration n° 4 : Schéma du circuit d'hydraulicité mixte.....	6
Illustration n° 5 : Germes pathogènes susceptibles d'être rencontrés dans les bassins de natation.....	8
Illustration n° 6 : Limites bactériologiques applicables aux piscines.....	9
Illustration n° 7 : Les différentes formes de chlore dans une piscine.....	12
Illustration n° 8 : Schéma simplifié de la réaction du chlore (HOCl/CIO-) sur la matière organique anthropique dans une eau de piscine	13
Illustration n° 9 : Résumé des propriétés physico-chimiques des chloramines...	14
Illustration n° 10 : Formation de dérivés volatiles azotés.....	15
Illustration n° 11 : Valeurs de référence applicables dans les piscines.....	21
Illustration n° 12 : Spectre d'absorption des chloramines.....	26
Illustration n° 13 : Recyclage et traitement de l'air dans les piscines couvertes...	27
Illustration n° 14 : Profil des postes des répondants.....	34
Illustration n° 15 : Ancienneté moyenne sur les postes des répondants (en année).....	35
Illustration n° 16 : Description des structures où travaillent les répondants.....	36

Lexique des abréviations

AFSSET : Agence Française de Sécurité sanitaire, de l'Environnement et du travail

ALSH : Accueil de Loisir Sans Hébergement

ANSES : Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail

AOX : Adsorbable Organic Halogens

APSAM ; Association Paritaire pour la Santé et la sécurité du travail, secteur Affaires Municipales

ARS : Agence Régionale de Santé

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

EPI : Équipement de Protection Individuelle

HAA : Halo Acetic Acids

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

IRIS : Integrated Risk Information System

JO : Journal Officiel

MNS : Maître-Nageur Sauveteur

OEHA : Office of environmental Health Hazard Assessement

ORL : Oto-Rhino-Laryngologie

PHMB : Poly Hexa Méthylène Biguanide

THM : Trihalométhanes

US-EPA : Environmental Protection Agency

UV : Ultra-Violet

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

Introduction

Avec plus de 6200 structures publiques en France (chiffres 2013 [1]), la natation est l'un des sports préférés en France et dans le monde.

Proposant à la fois de la pratique sportive ou encore des activités récréatives pour tout âge, les piscines attirent un large public.

Cependant, comme pour toute activité, des risques sont présents. En effet, le risque de noyade ou d'accident est omniprésent ainsi que les risques de contamination bactérienne et parasitaire, inhérents à l'utilisation de l'eau.

Afin de proposer un environnement sain aux baigneurs, les piscines publiques sont soumises à des normes d'hygiène et de surveillance strictes.

Ainsi, les salariés d'une piscine ont pour mission de garantir une eau et des locaux exempts de risques pour les usagers.

Les Maîtres-Nageurs Sauveteurs (MNS) et les surveillants de baignade assurent la sécurité du public face au risque de noyade et d'accident, tandis que les cabiniers et les agents d'entretien s'occupent de l'entretien sanitaire des locaux et assurent l'innocuité des surfaces.

Enfin, un système de traitement de l'eau, utilisant généralement du chlore, prévient tout développement microbien, permettant ainsi de réduire le risque pour les baigneurs et conférant aux piscines cette odeur chlorée si caractéristique.

Cette odeur, évoquant une sensation de propreté et de désinfection, provient de composés chlorés appelés chloramines.

Les chloramines sont des sous-produits issus de la réaction entre le chlore et les matières organiques issues principalement des baigneurs.

Ces chloramines présentent un potentiel toxique pour les usagers, notamment à titre d'irritation respiratoire, cutanée et oculaire. Ainsi, la teneur en chloramines de l'eau est mesurée plusieurs fois par jour.

En ce qui concerne les salariés des piscines, ce sont les chloramines volatiles qui présentent des risques pour leur santé. L'asthme lié à une exposition aux chloramines est d'ailleurs reconnu en tant que maladie professionnelle.

La conduite et la surveillance de la qualité de l'eau de la piscine doivent donc être confiées à un personnel parfaitement formé et informé. Ces tâches sont souvent dévolues aux chefs de bassins (MNS), ayant par ailleurs été sensibilisés à ces risques lors de leur formation initiale ainsi qu'à la prévention auprès des usagers.

L'ensemble des salariés d'une piscine est ainsi exposé à ces risques. Cependant, nous pouvons nous demander si l'ensemble de ces salariés a été formé, ou informé sur les risques inhérents à la présence de chloramines volatiles ainsi qu'aux liens entre ces derniers et l'application des règles d'hygiène auprès des usagers.

L'objet de ce mémoire est donc de présenter les risques professionnels liés aux chloramines en piscine publique, d'évaluer l'état de connaissance de ces risques auprès des professionnels, et enfin de dresser un état des lieux des moyens de prévention existants.

Pour ce faire, nous reviendrons dans une première partie sur la formation des chloramines dans les étapes du processus de traitement de l'eau avec un rappel du fonctionnement général d'une piscine.

Nous étudierons ensuite la toxicologie des chloramines et nous identifierons les paramètres pouvant influencer les concentrations en chloramines dans les eaux et dans l'air, et présenterons les moyens de prévention existants.

Par la suite, nous irons à la rencontre des professionnels, afin de nous rendre compte de la connaissance des risques et des moyens de prévention en place. La méthode de recherche d'information et une synthèse des résultats obtenus seront détaillées dans la deuxième partie.

Enfin, ces résultats seront commentés et discutés dans une troisième partie, en regard des connaissances et des pratiques actuelles. Des recommandations en matière de prévention des risques seront ensuite proposées.

I. Définitions, analyse bibliographique et réglementaire

A. Les sources de chloramines

1. Le fonctionnement général d'une piscine

Le Décret n° 2003-462 du 21 mai 2003 relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé publique, définit une piscine comme "un établissement ou une partie d'établissement qui comporte un ou plusieurs bassins artificiels utilisés pour les activités de bain ou de natation". [2]

Afin d'assurer la pérennité de l'installation et d'éviter un renouvellement excessif de l'eau et de protéger l'utilisateur, une piscine doit satisfaire à des normes physiques, chimiques et microbiologiques. Pour cela, l'eau doit être recyclée en permanence. Selon l'article D1332-6 du code de la santé publique, les débits de recyclage de l'eau prescrits par la réglementation ne concernent que les piscines dont la surface de plan d'eau est supérieure à 240 m². La durée du cycle sera inférieure ou égale à 30 minutes pour les pataugeoires ; 1 heure 30 pour les bassins ou parties de bassin dont la profondeur est inférieure à 1,50 mètres ; 4 heures pour les bassins ou parties de bassin dont la profondeur est supérieure ou égale à 1,50 m ; 8 heures pour les bassins de plongeon ou les fosses de plongée subaquatique. Pour les piscines dont la surface de plan d'eau est inférieure à 240 m², il n'y a pas de débit de recyclage imposé. [3]

Un apport d'eau neuve de 30 litres par jour et par baigneur doit également être respecté par les piscines. Le Ministère de la Santé, de la Jeunesse et des Sports recommande d'ailleurs un apport de 50 litres par jour et par baigneur. [4]

Pour respecter ces exigences, un circuit de traitement et de recirculation de l'eau pour chaque bassin est nécessaire. Ce circuit se compose des éléments suivants, présentés dans le schéma ci-dessous:

- Dégrilleurs, grilles diverses du bassin, bac tampon et pré-filtres, destinés à retenir les grosses impuretés et divers objets (du pansement aux bijoux), afin de protéger les pompes,
- Pompes permettant de mobiliser les masses d'eau,

- Appoint d'eau,
- Coagulation et floculation, permettant d'augmenter la granulométrie des particules et matières en suspension afin qu'elles soient plus facilement retenues par le système de filtration,
- Filtres permettant de débarrasser l'eau de la pollution organique apportée par les baigneurs ou l'atmosphère (sueur, mucus, graisse, poussières atmosphériques,...),
- Circuit de chauffage,
- Traitements chimiques de l'eau : neutralisant permettant de réguler le pH,
- Traitements chimiques de l'eau : désinfectant permettant de prévenir le risque biologique,
- Enfin, un système de dé-chloration (correspondant en partie à la régulation sur l'illustration n°1) permet de maintenir le chlore à des concentrations non dangereuses pour les usagers mais néanmoins désinfectantes.

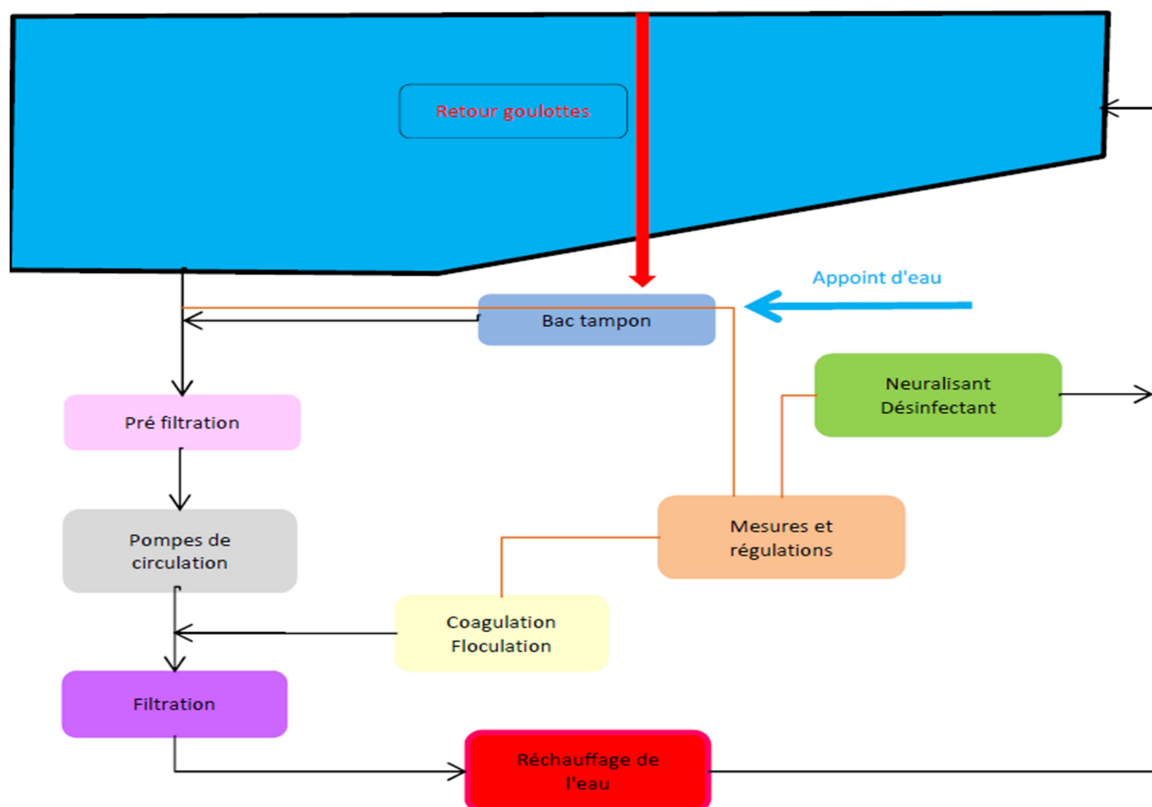


Illustration n° 1 : Schéma du circuit de circulation de l'eau, d'après [5]

La re-circulation permanente de l'eau des bassins, ou hydraulité, définit le système de reprise et de refoulement de l'eau. Ces dispositifs d'apport et de départ de l'eau d'un bassin doivent permettre un renouvellement de toute l'eau du bassin sans zone morte, d'éviter les dépôts dans le bassin, d'évacuer les pollutions et d'assurer une diffusion rapide et homogène du désinfectant.

Il existe trois types de circuit d'hydraulité:

- l'hydraulité classique,
- l'hydraulité inversée,
- l'hydraulité mixte.

Ceux-ci sont présentés ci-après.

- **L'hydraulité classique**

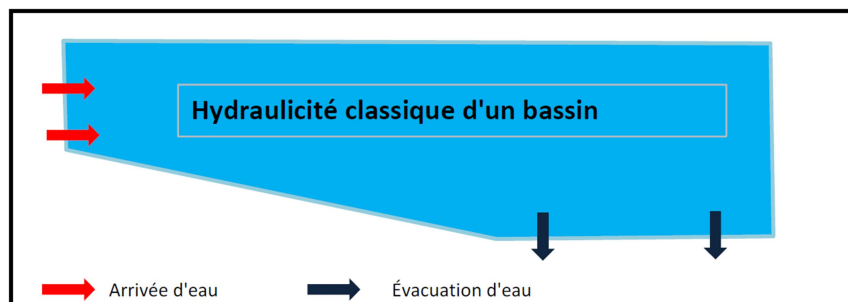


Illustration n° 2 : Schéma du circuit d'hydraulité classique, d'après [5]

Comme le montre l'illustration n°2, l'eau arrive par un ou plusieurs trous sur les parois verticales de faible profondeur et elle repart en partie sur des écumers de surface et à l'endroit le plus profond du bassin. Cependant, l'utilisation de ce type de circuit d'hydraulité est interdit en piscine publique depuis 1981, car il ne permet pas de répondre aux exigences de la réglementation en ce qui concerne les quantités d'eau recyclée et ne permet pas d'éliminer le film superficiel pouvant abriter des germes.

- - L'hydraulicité inversée

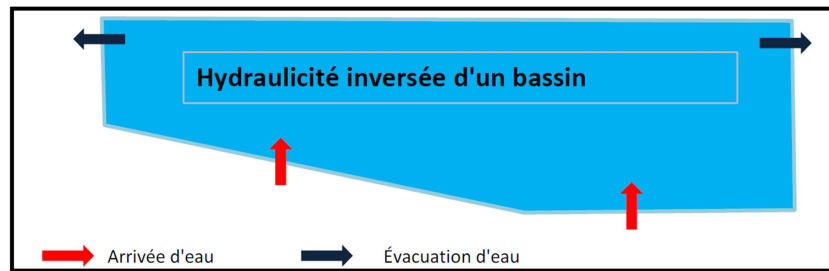


Illustration n° 3 : Schéma du circuit d'hydraulicité inversée, d'après [5]

Comme le montre l'illustration n°3, l'eau arrive par une série de bouches de refoulement, trous situés sur une ligne médiane au fond du bassin en allant de la profondeur maximale vers la profondeur minimale et repart vers les filtres par des évacuations situées dans les goulottes à la surface du bassin.

- - L'hydraulicité mixte



Illustration n° 4 : Schéma du circuit d'hydraulicité mixte, d'après [5]

Comme l'illustration n°3, c'est un mélange des deux systèmes précédents où 50% de l'eau au minimum doit revenir vers les filtres en passant par les goulottes en surface, et se déverser dans un bac tampon.

Le bac tampon joue un rôle tampon du niveau d'eau, pour absorber le volume d'eau déplacé par les baigneurs et ce, quelle que soit la fréquentation. Aussi, il est recommandé de réaliser un strippage (avec ou sans adjonction d'air) et une bonne ventilation du bac tampon.

C'est ce type de circuit à hydraulicité mixte qui est principalement utilisé dans les piscines publiques, car il permet d'éliminer à la fois les impuretés légères par la surface et les plus lourdes par le fond. [5]

Le pédiluve est un bain de pied disposé à l'entrée des piscines, destiné à laver les pieds avant l'accès au bassin. Le Ministère de la Santé impose l'agencement d'un pédiluve dans toutes les piscines publiques pour respecter les règles d'hygiène. Les pédiluves sont conçus de façon à ce que les baigneurs ne puissent les éviter. Ils sont alimentés en eau courante et désinfectante non recyclée et vidangés quotidiennement.

La dernière réglementation, en vigueur depuis 1981, obligeait les établissements à vidanger les bassins deux fois par an.

Depuis le 7 septembre 2016, la vidange des bassins, doit être effectuée au moins une fois par an. Les pataugeoires et les bains à remous, nécessitent deux vidanges par an. Le préfet peut aussi demander à ce qu'un bassin soit vidangé si :

- son état de propreté n'est pas suffisant ;
- l'eau n'est pas conforme aux normes de qualité ;
- une quelconque anomalie entraîne un danger pour la santé des usagers.

Pour effectuer une vidange périodique, l'exploitant de la piscine collective doit avertir l'Agence Régionale de la Santé (ARS), par écrit, au moins 48 heures avant l'entretien. [6]

2. Les méthodes de désinfection de l'eau

La contamination microbiologique de l'eau, des sols et de l'air des piscines est liée à la présence éventuelle de micro-organismes. Ce sont les baigneurs qui sont, en grande partie, responsables de cette contamination: ceux-ci hébergent des germes, et les émettent dans l'eau ou sur les sols par l'intermédiaire de leurs phanères (cheveux, poils), leurs squames cutanées, leurs sécrétions rhinopharyngées (salive, crachats, mucus), leurs urines et matières fécales, mais aussi par leur sueur et les cosmétiques.

Les principaux germes susceptibles d'être retrouvés dans l'eau des bassins sont présentés dans le tableau suivant :

Microorganismes		Pathologies			
		Cutanées	O.R.L.	Digestives	Autres
Parasites	Amibes	-	-	Dysenterie	Méningite
	Levures (<i>candida albicans</i>)	Candidose	-	-	-
	Moisissures (<i>aspergillus</i>)	Erythèmes, pustules...	Infection de l'oreille	-	-
Bactéries	Staphylocoques	Furonculose pyodermite	Rhinite, pharyngite	-	Conjonctivite
	Streptocoques	Impétigo	Angine, otite	-	-
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Dermite folliculite	Otite	-	-
	<i>Salmonella</i>	-	-	Typhoïde, diarrhée	-
	Colibacille	-	-	-	-
	<i>Shigella</i>	-	-	Dysenterie bacillaire	-
	<i>Mycobactérium balnei</i>	Granulomes	-	-	-
	<i>Legionella</i>	-	Pneumonie	-	-
Virus	Poliovirus	-	-	-	Poliomyélite
	Autres entérovirus	-	pharyngite	Diarrhée	Méningite bénigne
	Virus de l'hépatite A	-	-	-	Hépatite virale
	Adénovirus	-	Infections respiratoires	Diarrhée	Conjonctivite épidémique

Illustration n° 5 : Germes pathogènes susceptibles d'être rencontrés dans les bassins de natation, d'après [7]

Afin de protéger la sécurité des baigneurs, le décret n° 2008-990 du 18 septembre 2008 relatif à la gestion de la qualité des eaux de baignade et des piscines fixe les limites à respecter en termes de charge microbienne.

Ces paramètres, devant être mesurés une fois par mois et conformes aux normes en vigueur, sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	Normes
Nombre de bactéries revivifiables à 37°C	<100 UFC (Unité Formant Colonie) dans 1 ml
Nombre de coliformes totaux	<10 UFC dans 100 ml
Nombre de coliformes fécaux	Absence dans 100 ml
Germes pathogènes	Absence
Staphylocoques pathogènes	Absence dans 100 ml pour 90% des échantillons

Illustration n° 6 : Limites de qualité bactériologiques applicables aux piscines, d'après [2]

Il est à noter que des paramètres physico-chimiques sont également soumis à un contrôle périodique. Cependant, les normes correspondantes varient selon le type de produit désinfectant utilisé [2]. Les autres normes de qualité de l'eau sont présentées en annexe 1.

Afin de détruire ces micro-organismes au fur et à mesure de leur arrivée dans l'eau du bassin et empêcher leur prolifération, l'eau se doit être désinfectée et désinfectante.

Ainsi, le système de traitement de l'eau est conçu de manière à maintenir la transparence de l'eau, à évacuer et éliminer les impuretés, particules et micro-organismes contenus dans l'eau, à limiter le caractère irritant de l'eau, à empêcher le développement d'algues dans l'eau et sur les parois des bassins et à maintenir une température satisfaisante de l'eau.

Il existe différents types de désinfectant, autorisés par le décret du 21 mai 2003, dont l'objectif premier est la désinfection de l'eau. [2]

Nous pouvons donc distinguer les produits chlorés, l'ozone, le PHMB (Poly Hexaméthylène Biguanide), interdit en piscine publique depuis 2010 et le brome , interdit depuis 2007[8].

Parmi les désinfectants chlorés, deux types de composés existent: les produits chlorés classiques et les chloro-iso-cyanurates. Les produits classiques sont le chlore gazeux, hypochlorite de sodium (eau de Javel) et l'hypochlorite de calcium. Le pouvoir désinfectant de ces produits repose sur le même principe. Lorsqu'ils sont mélangés à l'eau, ils libèrent de l'acide hypochloreux (HOCl) qui constitue le chlore actif. Néanmoins, ces produits chlorés peuvent être instables dans l'eau et nécessitent donc l'adjonction d'un stabilisateur pour que leur efficacité soit optimale. Les chloro-isocyanurates désignent : l'acide tri-chloro-iso-cyanurique (ATCC), le di-chloro-iso-cyanurate de sodium (DCCNa) et le di-chloro-iso-cyanurate de potassium (DCCK). Mélangés à l'eau, les chloro-isocyanurates conduisent, pour des pH compris entre 7 et 8, aux formes majoritaires suivantes : HCiCy^- , Cl_2Cy^- , H_2Cy^- et H_3Cy (Cy désigne le motif iso-cyanurique $\text{C}_3\text{N}_3\text{O}_3$). [9]

Le principal avantage des chloro-isocyanurates consiste en la libération de formes moins sensibles aux ultraviolets que ne l'est l'acide hypochloreux (HOCl). La consommation de produit désinfectant, est ainsi réduite. Le chlore est alors sous forme stabilisée. Enfin, nous pouvons noter que l'acide cyanurique jouant un rôle de stabilisant peut être ajouté aux produits chlorés classiques pour obtenir ce phénomène de stabilisation.

En raison de ses excellentes propriétés bactéricides, de son faible coût et de la facilité d'emploi de certains de ses dérivés (par exemple l'eau de Javel), le chlore est très largement utilisé pour les opérations de désinfection en piscine.

L'air enrichi en ozone à environ 20 g d' O_3 par m^3 d'air constitue le deuxième type de désinfectant utilisable en piscine publique. Cependant, l'ozone est considéré comme dangereux à respirer à partir de 0,18 mg/ m^3 d'air (VTR OEHHA 1999). Par sécurité, l'eau arrivant dans les bassins ne doit donc plus contenir d'ozone. La phase d'ozonation est donc obligatoirement suivie d'une désozonation. Cette phase enlève

les propriétés désinfectantes de l'eau traitée, et nécessite donc l'adjonction d'un produit halogéné. [11]

De plus, le décret du 21 mai 2003 fixe des obligations quant à l'utilisation de ces produits, notamment:

- l'injection des produits chimiques ne doit pas se faire directement dans le bassin. Le dispositif d'injection doit être asservi au fonctionnement des pompes de recyclage de l'eau. Toutes précautions doivent être prises pour le stockage des produits et leur manipulation. Le désinfectant doit donc être d'une utilisation simple et le potentiel dangereux lié à sa manipulation aussi faible que possible,
- la teneur maximale en désinfectant dans l'eau est fixée pour chaque type de produit, cela permet de limiter les risques chimiques liés à la présence d'un excès de désinfectant. Cette mesure revient à exiger à nouveau que la concentration du désinfectant puisse être évaluée de façon fiable, et indirectement, qu'il présente une très faible toxicité pour les usagers,
- la teneur dans l'eau en d'éventuels sous-produits de désinfection potentiellement dangereux doit être suivie et limitée. Pour les désinfectants chlorés, cela correspond à la mesure du chlore combiné dans l'eau. Cette exigence, combinée à celle d'un renouvellement de l'air dans le hall de la piscine est une façon indirecte de contrôler la teneur en chlore combiné dans l'atmosphère de la piscine. [2]

Outre le terme chloramine(s), on peut trouver comme synonymes *chloro-amine*, *chlore actif combiné* (CAC) et *chlore résiduel combiné* (CRC), des formes comprenant les chloramines inorganiques et organiques.

La distinction entre le chlore libre et le chlore combiné est présentée dans l'illustration n°7 :

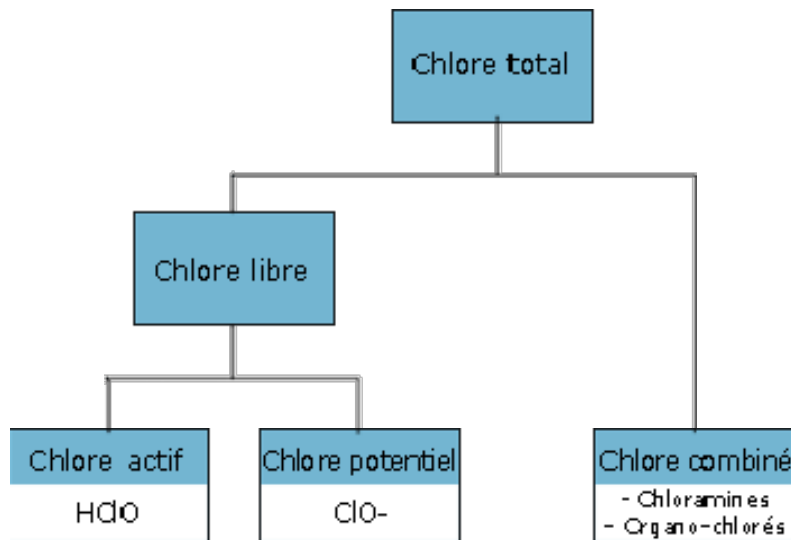


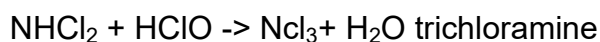
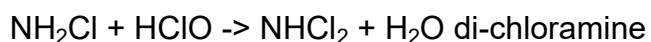
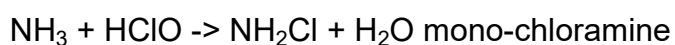
Illustration n° 7 : Les différentes formes de chlore, d'après [12]

3. La formation de sous-produits de désinfection

Outre l'effet désinfectant, la présence de chlore dans l'eau, induit la formation de substances issues de la réaction du chlore avec les polluants introduits par l'activité humaine, notamment l'urine, la sueur, les squames de la peau ou encore les cosmétiques.

De nombreuses substances sont ainsi formées dans l'eau, tout particulièrement les chloramines et les tri-halo-méthanés (THM). Un tableau reprenant l'ensemble des sous-produits de désinfections qui sont créés est disponible en annexe 2.

Au contact des composés nitrés (substances R-NH₂ et R-NHCl) apportés par l'activité humaine, ces substances chlorées se transforment en 3 types de chloramines selon les réactions suivantes : [13]



L'illustration 8 résume les interactions entre les matières organiques et les produits de désinfection aboutissant à la formation de chloramine.

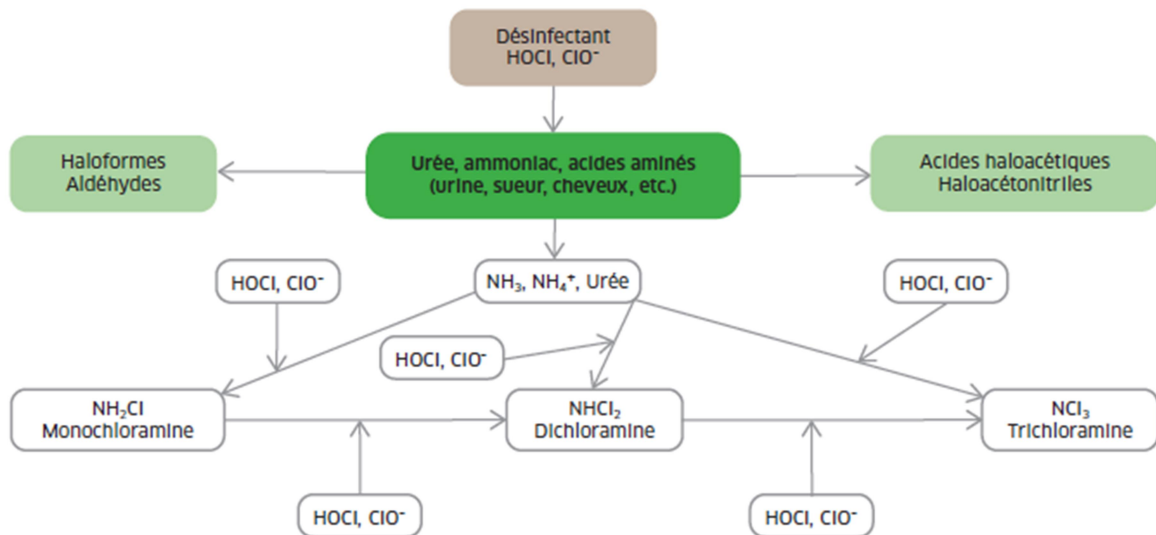


Illustration n° 8 : Schéma simplifié de la réaction du chlore (HOCl/ClO^-) sur la matière organique anthropique dans une eau de piscine [14]

La constante de Henry de la trichloramine est de 100 à 1000 fois plus élevée pour la trichloramine que pour les deux autres chloramines. La solubilité de la trichloramine dans l'eau est extrêmement faible. Par un phénomène de dégazage, la trichloramine produite par les réactions décrites ci-dessus se retrouve dans l'air au-dessus des bassins de natation. [15] [16]

Les principales propriétés physico-chimiques des différents types de chloramines sont résumées dans le tableau ci-après :

Paramètres	NH ₂ Cl	NHCl ₂	NCI ₃
État physique à TPN (température et pression normale)	Liquide	Liquide	Liquide
Couleur	Incolore	n. d. ¹	Jaune vif
Point d'ébullition (°C)	n. d. (non donné)	n. d.	70
Point de fusion (°C)	-66	n. d.	-40
Solubilité dans l'eau	Soluble	Soluble	Faible à hydrophobe
Constante de Henry (Pa·m ³ /mol)	557 ± 61 à 20°C	n. d.	Très volatil
Autres observations	Risque d'explosion à température ambiante; très stable en solution aqueuse	Odeur piquante	Puissante odeur irritante, très explosif, extrêmement hydrophobe

Illustration n° 9 : Résumé des propriétés physico-chimiques des chloramines, d'après [14] [15] [16] [17]

De plus, le chlore, solubilisé sous forme d'acide hypochloreux (HClO), réagit également avec la matière organique pour former des Tri-halo-méthanés (THM). Ils comportent trois atomes de la famille des halogènes, en l'occurrence trois atomes de chlore pour le Chloroforme (CHCl₃), trois atomes de brome pour le Bromoforme (CHBr₃), deux atomes de chlore et un de brome pour le Di-chloro-bromo-méthane (CHBrCl₂) et deux atomes de brome et un de chlore pour le Di-bromo-chloro-méthane (CHClBr₂). [17]

En raison de leur grande volatilité et de leurs effets sur la santé des baigneurs et des maîtres-nageurs, la trichloramine et les THM sont les sous-produits de désinfection qui sont analysés dans les atmosphères des piscines couvertes.

¹ N.d. : Non Donné

L'illustration 10 résume la formation des dérivés azotés dans les piscines:

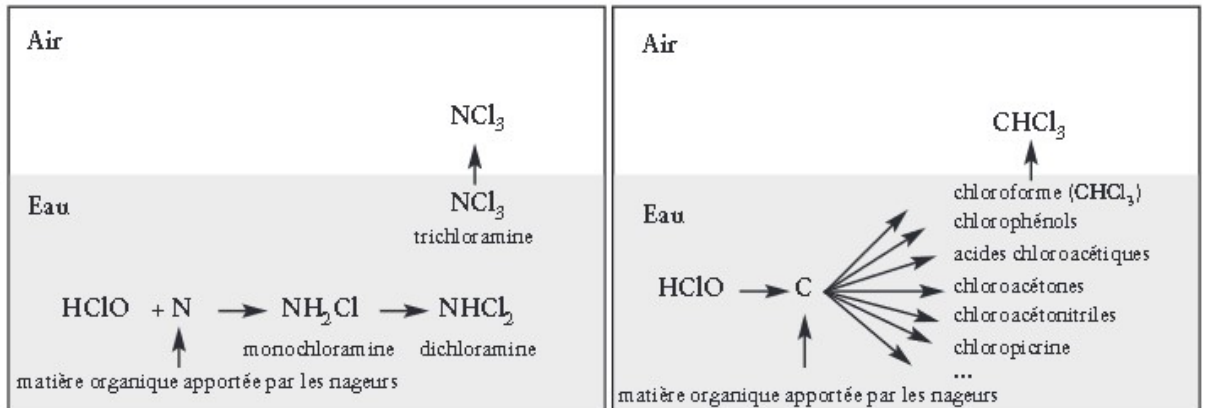


Illustration n° 10 : Formation de dérivés volatils azotés, d'après [15]

Les THM et plus particulièrement le chloroforme seront donc également étudiés dans ce mémoire.

B. Les risques liés aux sous-produits de désinfection

1. Propriétés toxicologiques des sous-produits de désinfection

a. Les chloramines

- **Toxicité chez l'animal** [17] [8] [19]

La trichloramine a un effet irritant chez le rat exposé par voie respiratoire. Une concentration létale de 550 mg.m^3 pour une heure d'exposition est rapportée, l'œdème pulmonaire étant la cause majoritaire de décès. Une baisse de la fréquence respiratoire chez le rat exposé à la trichloramine pendant une heure par voie respiratoire est également observée.

- **Toxicité chez l'homme**

La trichloramine est responsable d'irritations oculaires et respiratoires 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. [8] [18] [19]

- **Cancérogénicité, génotoxicité et mutagénicité**

A ce jour, aucune donnée relative à la cancérogénicité, la génotoxicité et la mutagénicité de la trichloramine n'est mentionnée dans la littérature. [8] [18] [19]

- **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. [8] [18] [19]

b. Les tri-halo-méthanés

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 quatre : chloroforme, bromoforme, bromo-dichloro-méthane et dibromo-chloro-méthane. Ils sont tous très volatils. 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 les THM formés. Dans les piscines, la concentration en THM varie avec certains paramètres : elle augmente linéairement avec le nombre de baigneurs, avec une augmentation du pH ainsi qu'une élévation de la température. [8] [15] [19]

Parmi les THM, une attention particulière est accordée au chloroforme qui est l'espèce majoritaire parmi les THM présents dans l'eau des piscines. [8]

Le chloroforme :

- **Toxicité chez l'animal**

Le chloroforme, administré de façon subchronique par voie orale ou respiratoire chez la souris ou le rat, induit une toxicité hépatique, rénale et des lésions de l'épithélium nasal. [17] [20] [21]

- **Toxicité chez l'homme**

Le chloroforme est facilement absorbé par voie respiratoire et orale. Il est métabolisé en phosgène (COCl_2) par le foie et le rein, les effets hépatotoxiques observés chez des travailleurs exposés au chloroforme étant liés, notamment, à la présence de ce métabolite toxique [17] [20] [21]

- **Cancérogénicité, génotoxicité et mutagénicité**

Le chloroforme est classé par le CIRC dans le groupe 2B « substance pouvant être cancérogène pour l'homme » (CIRC, 2009) et par l'US-EPA dans la catégorie B2 « cancérogène probable pour l'homme » (IRIS EPA, 2010). [16] [20] [21]

- **Toxicité de la reproduction et tératogénicité**

Les études de toxicité sur la reproduction et le développement chez les rongeurs et non rongeurs exposés par voie orale, n'ont pas permis de mettre en évidence des effets tératogènes. Cependant, pour cette même voie, des effets sur la reproduction ont été observés à des doses toxiques pour les mères (cytotoxicité hépatique, rénale ou nasale) [17] [20] [21]

2. Symptomatologies liées à une exposition aux sous-produits de désinfection et reconnaissance comme maladie professionnelle

L'exposition à un air intérieur de piscine riche en chlore, peut entraîner une symptomatologie irritative chronique oculaire, rhino-pharyngée, bronchique (toux, essoufflement et dyspnée) et cutanée rapportée dans différentes études menées sur des populations de nageurs et de surveillants de piscines. Il existe un temps de latence de quelques jours à plusieurs mois entre le début de l'exposition et l'apparition des premiers symptômes. [23] [24] [25] [26]

De plus, une exposition aux THM peut entraîner un risque plus élevé d'irritations oculaires ou pulmonaires, des effets néfastes sur la reproduction et un risque plus élevé de développer des cancers. [8] [27]

Enfin, le décret 2003-110 du 11 février 2003 reconnaît les troubles de santé des travailleurs des piscines dans le cadre du tableau 66 des maladies professionnelles du régime général de la sécurité sociale : rhinite et asthme professionnel pour les travaux exposant aux dérivés aminés des produits chlorés tels que la chloramine dans les piscines. [28] [29]

3. Évaluation de l'exposition professionnelle

Une étude a tenté de déterminer [30], par interrogation des salariés de piscines durant leur travail, une valeur limite de confort pour les personnes ne ressentant aucune gêne respiratoire ou irritation oculaire.

La réponse donnée était comparée à la concentration mesurée de chloramines dans l'air.

Dans l'une des piscines étudiées où la pollution atmosphérique en chloramines présentait une nette augmentation dans la journée, il a été possible de déterminer la valeur à partir de laquelle le personnel ressentait une gêne. C'était le cas lorsque la concentration passait de 0.2 mg/ m³ à 0,9 mg/m³.

Ce résultat est exprimé pour toutes les chloramines mesurées en équivalent trichloramine : l'échantillonnage effectué ne permettait pas de séparer la mono-, la di- et la trichloramine.

En général, les premières plaintes ont été enregistrées pour des concentrations de 0.5 mg/ m³ (équivalent trichloramine).

Les auteurs soulignent que la valeur de 0.5 mg/m³ a pour seul objectif de prévenir les sensations d'irritation et qu'elle ne peut prétendre répondre aux éventuelles conséquences sur la santé à plus long terme (en particulier aux problèmes de bronchite chronique signalés par certains participants à l'étude).

Une autre étude par questionnaire médical [31], a été conduite auprès de 676 personnes dans 59 piscines de la région Rhône-Alpes en France. 262 prélèvements d'air ont été effectués dans 28 installations.

La concentration moyenne en trichloramine était de 0.225 mg/m³. Les symptômes d'irritation ORL sont fréquents chez les agents travaillant en piscine.

Le risque relatif (OR situé entre 2.19 pour la toux sèche à 4.23 pour les yeux rouges et atteignant 5.56 pour l'extinction de voix) est très supérieur chez les agents exposés à l'ambiance des bassins par rapport aux agents non ou moins exposés à cet environnement.

L'étude montre également que le risque de présenter le symptôme 'yeux rouges' croît avec l'augmentation de tous les indicateurs d'exposition retenus (chlore combiné dans l'eau, trichloramine atmosphérique). Selon les auteurs, la réalité d'un sur-risque lié à l'exposition professionnelle des agents travaillant auprès des bassins est bien mise en évidence.

Ils soulignent également que le niveau de trichloramine de 0.50 mg/m^3 dans l'air apparaît trop élevé pour garantir le confort des personnes exposées.

Dans son rapport d'évaluation des risques sanitaires liés aux piscines de 2012, l'ANSES conclut, après son étude qu'il n'existe pas de risques liés au chloroforme pour les usagers et les salariés des piscines pour une exposition par voie orale et respiratoire. [8]

Aussi, l'ANSES, dans un avis du 9 juin 2010 relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés aux piscines, recommande un suivi de la trichloramine dans l'air avec une valeur de confort de 0.3 mg/m^3 . [8]

Pour le chloroforme, l'ANSES propose une VTR cancérogène de 0.063 mg/m^3 . [32]

Ainsi, les principales valeurs de références applicables en France sont résumées dans le tableau suivant:

Polluants		Type de seuil	Valeur	Source
Trichloramine (NCl ₃)		Valeur limite de confort à court terme (15 min)	1,5 mg/ m ³	INRS (METROPOL ² 2007)
		Valeur limite à long terme (8 h)	0,5 mg/ m ³	
		Valeur de confort recommandée	0,3 mg/ m ³	ANSES (2010)
Tri-halo-méthanes (THM)	Chloroforme (CHCl ₃)	Valeur limite de moyenne d'exposition (8 heures)	10 mg/ m ³	Code du travail (article R4412-149)
		Valeur toxicologique de référence sans seuil (exposition chronique par voie respiratoire)	0,063 mg/ m ³	AFSSET / ANSES (2009)
	Bromoforme (CHBr ₃)	Valeur limite de moyenne d'exposition (8 heures)	5 mg/ m ³	INRS (METROPOL 029)

Illustration n° 11 : Valeurs de référence applicables dans les piscines d'après [22]

2 MetroPol : Recueil des méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle validées par l'INRS pour le prélèvement et l'analyse d'agents chimiques et biologiques déposés sur les surfaces ou présents dans l'air et dans certains matériaux.

C. Prévention des risques liés aux sous-produits de désinfection

1. Les paramètres pouvant influencer les concentrations en sous-produits de désinfection dans les eaux et dans l'air

Comme vu précédemment dans les études présentées, certains facteurs peuvent influencer les concentrations en chloramines dans l'eau et dans l'air.

Ainsi, les baigneurs, première source d'apport de matière organique, sont le facteur le plus important dans la formation de chloramines. Plus la fréquentation est importante, plus l'apport de matière organique augmente ainsi que la concentration en chloramines. De même, la mauvaise hygiène des baigneurs, c'est à dire le non-respect des règles d'hygiène (passage à la douche, passage par le pédiluve,...), contribue à l'augmentation du taux de chloramine par l'apport de matière organique.

Outre le respect des règles d'hygiène par les usagers, la propreté par l'entretien régulier des locaux permet d'éviter un apport supplémentaire de matière organique. Citons également l'importance de l'organisation des locaux. En effet, l'identification d'une zone "chaussures" et d'une zone "pieds nus" distinctes permet d'éviter les croisements et limite ainsi l'apport de matière organique.

L'entretien régulier des installations du système de traitement de l'eau permet également de limiter la formation de chloramines. En effet, la suppression des dépôts de matière organique limite leur formation et également le risque de développement de germes. De plus, l'entretien régulier du système de ventilation poursuit les mêmes objectifs.

Il a également été prouvé que certains paramètres physico-chimiques pouvaient influencer la production de chloramines. Ainsi, un pH supérieur à 7.50 et une augmentation de la température favorisent la formation de sous-produits de désinfection.

Le suivi quotidien de ces paramètres permet ainsi de prévenir les risques.

Un autre paramètre à prendre en compte est la teneur initiale en chlore de l'eau du réseau de distribution. Si celle-ci est élevée, l'eau des bassins le sera d'autant plus.

Enfin, il est à noter que certains équipements peuvent contribuer à l'augmentation de la volatilisation de composés chlorés, comme le jacuzzi ou le toboggan. [8]

2. Surveillance des teneurs en sous-produits de désinfection

Afin de garantir une bonne qualité de l'eau, préservant ainsi la santé des usagers et du personnel, la piscine doit assurer en permanence une maintenance et un entretien rigoureux de l'ensemble de ses installations.

Le traitement de l'eau doit être permanent et stable. Un suivi régulier de la teneur en désinfectant et du pH doit être mesuré au moins 3 fois par jour, ainsi que la relève des compteurs de circulation et d'appoint d'eau neuve. L'ensemble des relevés est à consigner dans le carnet sanitaire, ainsi que la maintenance de la filière de traitement et gestion des anomalies.. Chaque établissement est doté d'un carnet sanitaire paginé à l'avance et visé par l'ARS.

Chaque jour y sont reportés la fréquentation de l'établissement et les valeurs physico-chimiques de l'eau des bassins (la transparence, le pH, la teneur en chlore, la température).

Ces contrôles sont souvent réalisés par les maîtres-nageurs en charge de la surveillance des bassins. [33]

L'entretien des sols et des équipements sanitaires est à réaliser quotidiennement voire plusieurs fois par jour pour les secteurs souillés régulièrement (vestiaires, WC, douches, ...).

Les bassins doivent également faire l'objet d'un entretien journalier : passage du balai aspirateur, nettoyage des lignes air eau, nettoyage des goulottes.

De plus, la réglementation prévoit un contrôle sanitaire réalisé par l'ARS. Ce contrôle sanitaire se déroule mensuellement. Des prélèvements d'eau sont effectués sur chaque bassin par un agent de l'ARS ou d'un laboratoire indépendant, et analysés dans un laboratoire agréé par le ministère en charge de la santé. En cas d'anomalie, il est demandé au responsable de la piscine la mise en œuvre immédiate de mesures de correction. La fermeture temporaire de la piscine peut être demandée le cas échéant. Enfin, des visites inopinées sont réalisées par des agents de l'ARS qui ont pour mission d'opérer un bilan fonctionnel des installations (traitement de l'eau, propreté des sols, entretien des installations, pertinence de l'autocontrôle). [33]

En outre, la législation demande également que les concentrations de la trichloramine et des THM soient mesurées deux fois par an dans l'air des piscines équipées d'un déchloramineur à rayonnement UV. [34]

Enfin, des recommandations de bonnes pratiques ont été faites [22] en ce qui concerne la ventilation, l'humidité et la température.

La présence de trichloramine et de THM dans l'air des piscines couvertes désinfectées au chlore nécessite un renouvellement contrôlé de l'air.

Compte tenu de la toxicité de ces sous-produits volatils, l'ANSES recommande de classer les piscines collectives dans la catégorie des «bâtiments à pollution spécifique» et d'imposer un débit d'air neuf minimum de 60 m³/h par occupant.

Du point de vue des règlements sanitaires départementaux et de l'article R4222-3 du code du travail, les piscines sont en revanche considérées comme des «locaux à pollution non spécifique», et un débit d'air neuf de 22 m³/heure et par occupant est exigé.

Ainsi, pour une ventilation efficace, il est recommandé de :

- Ne pas obstruer les entrées d'air, ni les grilles ou bouches d'extraction;
- Nettoyer les grilles et bouches d'extraction et d'insufflation tous les 6 mois;
- Nettoyer les conduits, les bouches de rejet en toiture, et les roues des ventilateurs tous les ans;

- Changer les filtres des centrales de traitement d'air suivant les préconisations du fournisseur.

Aucune exigence réglementaire n'existe pour l'humidité de l'air. Néanmoins, le taux d'humidité relative doit être maintenu entre 60 et 70% pour une température de 27°C. Au-delà de 80 % d'humidité, l'atmosphère devient inconfortable. A l'opposé, une hygrométrie inférieure à 50% favorise l'évaporation de l'eau sur le corps mouillé des baigneurs sortant de l'eau et leur donne une impression de froid, même si la température ambiante est confortable

3. Les mesures de prévention humaines techniques et organisationnelles

Certains traitements complémentaires peuvent être utilisés pour diminuer les concentrations en sous-produits de désinfection (chloramines, THM) et améliorer la qualité de l'eau et de l'air.

Les procédés les plus fréquemment utilisés font appel à l'ozonation de l'eau, aux rayonnements UV, à l'aération des bacs tampon ou à l'association ozone-rayonnements UV.

En France les traitements suivants sont autorisés:

- **Traitement par aération de l'eau (strippage)**

La finalité de ce traitement est de générer une surface de contact maximale entre l'air et l'eau, de manière à faciliter le passage des sous-produits de désinfection volatils de l'eau vers l'air.

Il existe actuellement deux types de traitements par aération qui sont appliqués dans le bac tampon : l'injection d'air dans le fond et la création d'une cascade d'eau avec entraînement des composés volatils par l'air.

Des études ont montré que ces traitements permettent une diminution de plus de 60 % de la teneur en trichloramine dans l'air des enceintes de piscines couvertes. [35]

- **Déchloramination par rayonnement ultra-violet**

Les déchloramineurs autorisés sont des réacteurs photochimiques au travers desquels circule l'eau à traiter. Ces réacteurs sont équipés de plusieurs lampes à rayonnement UV soit à spectre polychromatiques (lampe à mercure moyenne pression) émettant dans le domaine 200-350 nm, soit à spectre monochromatique (lampe à mercure basse pression) émettant à 254 nm. Les chloramines NCl_3 , NHCl_2 et NH_2Cl , absorbent le rayonnement UV entre 200 et 300 nm et peuvent être photolysés. [36] Le spectre d'absorption des chloramines est présenté ci-dessous :

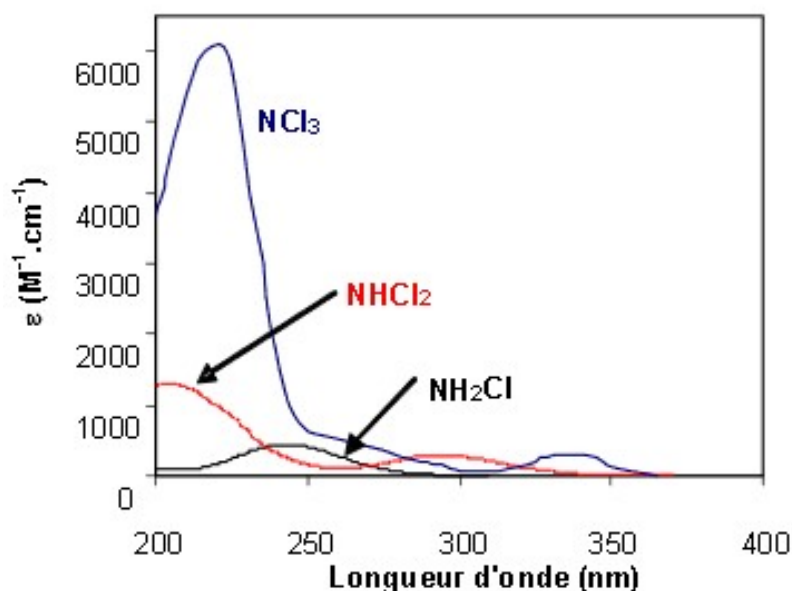


Illustration n° 12 : Spectre d'absorption des chloramines, [36]

L'efficacité du procédé de déchloramination par rayonnement UV dépend de la nature des chloramines présentes dans l'eau (spectre d'absorption et rendement quantique de photolyse), de la dose d'irradiation et des caractéristiques physico-chimiques de l'eau (turbidité principalement).

La photolyse de l'acide hypochloreux et de l'ion hypochlorite aboutit à la formation de radicaux libres hydroxyles HO° et Cl° , espèces très réactives, susceptibles de réagir avec les composés organiques présents dans l'eau et pouvant expliquer l'apparition

de sous-produits de désinfection (THM) lors de l'utilisation de déchloramineurs comme : le chloroforme (CHCl_3) par réaction entre les composés organiques carbonés et le radical Cl^\bullet . [37]

- **Vidange du bassin**

La vidange est nécessaire pour opérer un nettoyage complet des bassins et des installations.

Les eaux doivent être évacuées vers le réseau d'eau pluviale après neutralisation du désinfectant résiduel, ou exceptionnellement vers le réseau d'assainissement après obtention d'une dérogation de la part de la collectivité.

- **Traitement de l'air**

Le traitement de l'air intérieur des piscines répond à plusieurs objectifs : diminuer les concentrations en polluants par un renouvellement partiel avec de l'air neuf [38] ; filtrer les impuretés présentes ; assurer le chauffage et la déshumidification de l'air ; garantir le confort de l'utilisateur. Le fonctionnement de la ventilation est présenté dans le schéma ci-dessous :

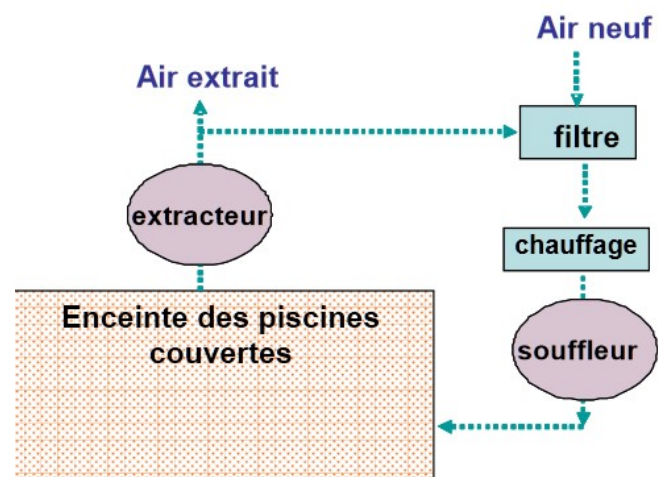


Illustration n° 13 : Recyclage et traitement de l'air dans les piscines couvertes, [8]

Il pourra être intéressant de se pencher sur les moyens de prévention d'ordre humains et organisationnels inspirés d'un aide-mémoire de l'APSAM [38] (Association Paritaire pour la Santé et la sécurité du travail, secteur Affaires Municipales). Ces moyens de prévention sont présentés ci-après.

- **Les solutions humaines :**

Les baigneurs ont un rôle important à jouer. Aussi il peut être intéressant d'effectuer une communication concernant les recommandations de bonnes pratiques notamment en ce qui concerne :

- Le passage par la douche savonnée avant et après la baignade. Il serait intéressant de mettre à disposition des baigneurs, du savon en libre-service en plus de la sensibilisation,
- Le passage par le pédiluve,
- Le démaquillage,
- L'incitation des enfants à aller aux toilettes, et notamment des scolaires et centres aérés,
- Le port obligatoire du bonnet de bain,
- La sensibilisation des clubs de natation et groupes scolaires aux règles d'hygiène qui ne sont pas sous la surveillance du personnel de bassin.

L'ensemble de ces solutions humaines permettrait de diminuer l'apport de matière organique dans l'eau du bassin et donc limiterait la formation de sous-produits de désinfection.

- **Les solutions organisationnelles :**

- Éviter pour l'entretien, tous les produits avec des dérivés d'ammoniac ou chlorés, permettant ainsi de limiter les apports d'azote et de chlore,
- Augmenter le nombre de litres/jour/baigneur à 50 litres au lieu des 30 obligatoires, afin de limiter la formation des sous-produits de désinfection,
- Vidanger le pédiluve en continu, ou plusieurs fois par jour (à la place d'une vidange quotidienne réglementaire) afin de limiter les dépôts de matière

organique et d'inciter le public à ne pas l'éviter. Un remplacement continu de l'eau permettrait en outre de conserver une température semblable à celle du bassin,

- Former l'ensemble des salariés aux risques liés aux sous-produits de désinfection, et également faire le lien avec les moyens de prévention, afin que ceux-ci puissent avoir un rôle pédagogique efficace auprès du public en ce qui concerne les règles d'hygiène,

- S'assurer d'un suivi médical renforcé par la médecine du travail (ou la médecine préventive, le cas échéant).

Enfin, l'INRS propose depuis 2016 le logiciel en ligne AQUPREV [39].

Il s'agit d'un outil permettant d'estimer la concentration en trichloramine dans l'air des halls de piscines, et la situer par rapport à la valeur limite recommandée par l'ANSES.

Ainsi, cet outil permet à l'utilisateur de faire varier les paramètres de fonctionnement dont dépend le niveau de trichloramines dans l'air de l'établissement.

Il est donc possible de réaliser une prévision des niveaux de trichloramine en modulant des paramètres comme l'hygiène des baigneurs (douche avant entrée dans les bassins, pédiluves, port du bonnet, ... pour limiter l'apport en matière organique), la température de l'eau, l'apport d'eau neuve aux bassins, le pH, le débit de ventilation des halls, le taux de recyclage de l'air, ou encore la présence et le fonctionnement d'un système de dégradation ou de dégazage des chloramines présentes dans l'eau (exemple du strippage).

Une plaquette de présentation de cet outil est disponible en annexe 3.

L'utilisateur peut ainsi prendre des mesures correctives, ajuster le planning des activités de son établissement, diminuer la formation de la trichloramine, sa concentration dans l'air et par conséquent l'exposition des salariés et usagers.

L'ensemble de ces moyens de prévention permettrait alors de réduire l'apport de matière organique, de limiter ainsi les réactions chimiques et d'éliminer les sous-produits formés.

De plus, l'implication de l'ensemble du personnel, par leur formation, permettrait d'assurer une communication efficace auprès des usagers et renforcerait leur rôle pédagogique.

Ainsi, nous pouvons nous demander si l'ensemble des salariés d'une piscine est sensibilisé aux risques professionnels liés à une exposition aux sous-produits de désinfection et dans quelle mesure et circonstances est faite cette sensibilisation.

De plus, nous pouvons également nous demander quels sont les moyens de prévention actuellement mis en place dans ces structures et si les salariés ont conscience du lien entre ces actions et la formation de sous-produits de désinfection.

Ainsi, afin de répondre à ces interrogations, une recherche d'information sera effectuée auprès des salariés des piscines.

La méthodologie de la recherche d'information est présentée dans la partie II.

II. Méthodologie de recherche d'informations et présentation des résultats obtenus

A. Méthodologie de recherche d'informations

Afin de répondre aux problématiques soulevées, une recherche d'information a été effectuée auprès des salariés de piscine.

Les objectifs de cette recherche d'information sont de mesurer l'état de connaissance des risques liés aux sous-produits de désinfections des eaux auprès des professionnels ainsi que des liens avec les règles d'hygiène, ainsi que de connaître les sources de ces connaissances.

L'autre objectif est enfin de dresser un état des lieux des moyens de prévention existants.

La recherche d'information passera par des entretiens semi directifs auprès du personnel de piscine à l'aide d'un questionnaire créé à cet effet. Les interviews ont été réalisées par la même personne afin de permettre une meilleure objectivité des réponses.

L'utilisation de questions ouvertes lors d'un entretien semi-directif permettra d'orienter en partie le discours des personnes interrogées autour des différents thèmes définis et consignés dans le guide d'entretien.

Cette technique a pour but, tout en étant centrée sur le sujet interrogé, de garantir l'étude de l'ensemble des questions qui nous intéresse et assure la comparabilité des résultats.

Le questionnaire est volontairement court afin de ne pas perdre l'attention de l'interviewé. Une durée de 20 minutes est estimée afin de répondre à l'ensemble des questions.

Les questions sont les suivantes :

1/ Quel poste occupez-vous au sein de la structure? Quelle est votre ancienneté sur ce poste?

2/ Pourriez-vous me décrire votre piscine?

3/ Pouvez-vous me parler des produits utilisés pour désinfecter l'eau du bassin ?

4/ Pourriez-vous me parler des risques liés à la formation des sous-produits de désinfection comme les chloramines?

5/ Quelle formation avez-vous reçu sur ces risques?

6/ Quels sont les moyens de prévention mis en place dans votre structure face à ces risques?

7/ Que proposeriez-vous comme moyen de prévention supplémentaire pour diminuer les risques liés aux chloramines ?

8/ Avez-vous quelque chose à ajouter?

Les questions 1 et 2, portant sur le poste, l'ancienneté et la description de la piscine serviront à classer les réponses lors de l'analyse et ainsi de comparer les résultats entre les différents métiers.

Les questions 3 et 4 permettront de mesurer progressivement l'état de connaissance du fonctionnement de la piscine ainsi que la connaissance sur les risques professionnels spécifiques aux sous-produits de désinfection. Il est à noter que seules les chloramines sont citées dans la question, afin de ne pas confondre avec les produits de désinfection des sols utilisés par le personnel d'entretien, et afin de savoir si les personnels des piscines connaissent d'autres sous-produits de désinfection comme les THM, moins présents dans la littérature scientifique et si l'asthme lié aux chloramines est reconnu comme maladie professionnelle.

Les questions 5 et 6 permettront de rendre compte du niveau de connaissance des professionnels au travers des formations reçues, de l'application des mesures de prévention et de leurs liens avec les sous-produits de désinfection.

La question 7 permettra, d'explorer les attentes des salariés face à ces risques, et de comparer les mesures de prévention attendues.

Enfin, la question 8 est volontairement laissée libre d'expression pour éventuellement mettre en lumière des facettes de la problématique qui n'auraient pas encore été soulevées.

Il est à noter que l'anonymat des répondants est préservé. En effet, le nom du répondant, le nom de la structure, ou le nom de la ville ne seront pas mentionnées. Cette condition a bien sûr été présentée aux répondants avant l'interview, ce qui leur a permis de parler librement.

L'objectif est d'une vingtaine de retours, correspondants aux différents corps de métier présents dans les piscines (encadrement, maîtres-nageurs, agents d'entretien ou cabiniers et accueil du public ou hôtesses de caisse).

Pour atteindre cet objectif, les piscines de la région Haut-de-France sont visées.

La sollicitation des piscines s'est faite dans un premier temps par téléphone avec la direction afin de présenter la démarche et prendre rendez-vous. Les interviews se font sur la base du volontariat après présentation de la démarche de recherche et de l'assurance de l'anonymat des réponses.

Les résultats des interviews ainsi obtenus sont présentés ci-après.

B. Présentation des résultats obtenus

Au total, vingt et une personnes ont accepté de répondre au questionnaire dans cinq piscines de la région Hauts-de-France, au mois d'août 2018.

Il est à noter que chaque structure sollicitée a répondu favorablement et plusieurs salariés des différents corps de métiers ont accepté de répondre aux questions.

Les résultats sont présentés pour les questions 1, 2 et 3 de manière à obtenir une description des structures et des personnes interviewées.

Question 1 : Quel poste occupez-vous au sein de la structure? Quelle est votre ancienneté sur ce poste?

Les postes occupés par les répondants sont présentés dans le graphique ci-dessous :

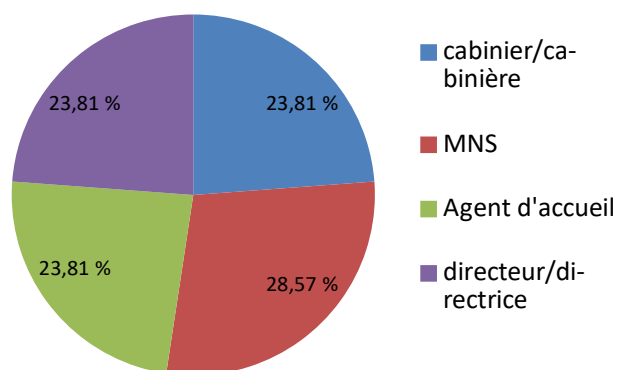


Illustration n° 14 : Profil des postes des répondants

Le nombre de réponses est équivalent pour chaque corps de métier.

En ce qui concerne l'ancienneté sur l'ensemble des postes occupés, la moyenne se situe à 7.2 années.

Les moyennes d'ancienneté sur les postes sont présentées dans le tableau ci-après :

Poste occupé	Ancienneté sur le poste
Cabinier/Cabinière	9,2
MNS	11,5
Agent d'accueil	2,9
Directeur/Directrice	4,3

Illustration n° 15 : Ancienneté moyenne sur les postes des répondants (en année)

Dans les structures étudiées, les cabiniers et MNS sont en poste depuis plus longtemps, comparativement aux agents d'accueil et aux directeurs.

Il est à noter que l'ensemble des directeurs interrogés occupaient auparavant un poste de MNS.

Question 2 : Pourriez-vous me décrire votre piscine?

Le nombre de bassin est similaire dans les cinq structures étudiées :

- trois possèdent deux bassins intérieurs,
- une possède trois bassins intérieurs
- une possède un bassin intérieur et un bassin extérieur.

Toutes disposent d'un bassin de 25 mètres intérieur. Les autres bassins sont des pataugeoires et des bassins ludiques.

Quatre des structures sont équipées de toboggans fixes avec système de circulation d'eau.

Les activités proposées par les piscines sont sensiblement les mêmes : leçon de natation, accueil des groupes scolaires et centres aérés, aquagym, ...

Toutes prêtent du matériel ludique au public (planches, frites, palmes,...).

Quatre proposent un solarium extérieur. Une structure accueille un club de plongée et un club de natation synchronisée. Une autre structure propose hammam et sauna.

Les caractéristiques des piscines visitées sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	Piscine 1	Piscine 2	Piscine 3	Piscine 4	Piscine 5
Nombre de bassins intérieurs	2 bassins : - 25*15m - 12,5*12,5m	2 bassins : - 25*10m - Pataugeoire	2 bassins : - 25*15m - 12,5*12,5m	1 bassin : - 25*10m	3 bassins : - 25*15m - 12,5*12,5m - Pataugeoire
Équipements	- Toboggan - Solarium extérieur	- Toboggan - Plage extérieur	- Toboggan	- Petit toboggan	- Toboggan - Solarium extérieur
Activités proposées	- Aquagym - Natation synchronisée - Plongée - Leçons de natation - Clubs - Accueil scolaires et centres aérés	- Aquagym - Natation synchronisée - Leçons de natation - Accueil scolaires et centres aérés	- Aquagym - Leçons de natation - Clubs - Accueil scolaires et centres aérés	- Aquagym - Leçons de natation - Accueil scolaires et centres aérés	- Aquagym - Aqua bike - Paddle - Éveil aquatique - Natation synchronisée - Plongée - Leçons de natation - Clubs - Accueil scolaires et centres aérés
Autres	Prêt de matériel ludique (palmes, planches,...)	Prêt de matériel ludique (palmes, planches,...)	Prêt de matériel ludique (palmes, planches,...)	- 1 bassin extérieur : 5*12m - Prêt de matériel ludique (palmes, planches,...)	Prêt de matériel ludique (palmes, planches,...)

Illustration n° 16 : Description des structures où travaillent les répondants

Question 3 : Pouvez-vous me parler des produits utilisés pour désinfecter l'eau du bassin?

Dans l'ensemble des structures, seuls les directeurs et quelques maîtres-nageurs (sans lien avec leur ancienneté sur le poste) ont pu parler des produits utilisés pour la désinfection de l'eau. Les agents d'accueil et cabiniers n'ont pu répondre de façon certaine à cette question.

Il apparaît également que trois structures utilisent du chlore en poudre (hypochlorite de sodium) et de l'acide sulfurique et deux structures utilisent du chlore gazeux et du dioxyde de carbone (CO₂).

Les résultats des questions 4, 5, 6 et 7 sont présentés selon le poste du répondant.

Question 4 : Pourriez-vous me parler des risques liés à la formation des sous-produits de désinfection comme les chloramines?

- En ce qui concerne les risques liés aux sous-produits de désinfections, seuls les directeurs (dans 100% des cas) ont pu décrire l'origine des chloramines (réaction chimique entre le chlore et les déchets organiques des baigneurs) ainsi que les risques liés à une exposition (irritation ORL et cutanée, rhinite, allergie et asthme). Trois directeurs ont fait mention de l'asthme lié aux chloramines en tant que maladie professionnelle.

En ce qui concerne les autres sous-produits de désinfection (non cités dans la question), seuls deux ont pu citer les THM, mais sans pouvoir préciser les risques liés à une exposition. Les autres directeurs ont fait part de l'existence d'autres sous-produits mais sans pouvoir les nommer, ni en expliquer la formation ou les risques associés.

Il est à noter que les deux personnes ayant cité les THM possèdent dans leur structure un déchloraminateur UV, et doivent donc faire réaliser des prélèvements de chloramines et de THM deux fois par an.

- En ce qui concerne les maîtres-nageurs, seules deux personnes ont pu expliciter la formation et l'origine des chloramines. Pour les autres, il s'agit d'un sujet qui reste assez obscur. Cependant, l'ensemble des maîtres-nageurs fait part des risques ORL et cutanés liés à une exposition aux chloramines. Il est également fréquemment retrouvé dans les réponses des maîtres-nageurs une confusion entre les chloramines et le chlore dans leurs propos.

Seul un maître-nageur fait part de la reconnaissance de l'asthme lié aux chloramine comme maladie professionnelle.

- Concernant les cabiniers interrogés, aucun n'a pu expliquer ce que sont les chloramines, même s'ils associent tous cette notion à quelque chose de néfaste, suite à des échanges avec les collègues.
- Enfin concernant les agents d'accueil, aucun n'a pu répondre à cette question. Une seule personne connaissait le terme « chloramine » pour en avoir parlé avec ses collègues.

Question 5 : Quelle formation avez-vous reçu sur ces risques?

- En ce qui concerne l'origine de ces connaissances sur les sous-produits de désinfection, les directeurs les ont reçues notamment lors de formations sur le traitement et les problèmes de l'eau où les chloramines sont évoquées.

De plus, certains directeurs ont suivi une formation sur les risques professionnels et sur le management ou celles-ci étaient également abordées.

Pour les plus jeunes d'entre-eux, c'est à dire pour ceux ayant reçu la formation initiale de maître-nageur le plus récemment, en ont entendu parler au cours de ce cursus.

Enfin, les sources d'informations les plus couramment citées sont les discussions avec les collègues et confrères ainsi que la consultation de sites internet et revues spécialisées.

- Les MNS ont également principalement reçu ces informations via les collègues, les confrères et par l'encadrement.

Trois personnes, sur les six interrogées, ont suivi des formations. L'une a suivi une formation sur le traitement et les problèmes de l'eau où le sujet des chloramines été succinctement abordé en tant que risque professionnel et sanitaire.

Enfin, deux d'entre-eux font part de la formation « habilitation chlore » (formation pour la manipulation des produits désinfectants) où les chloramines étaient également rapidement évoquées.

- Concernant les cabiniers, seule une personne évoque des discussions avec les collègues, mais avoue ne pas avoir tout compris et ne pas trop s'en souvenir. Aucune autre personne interrogée n'évoque de formation ou d'information reçue.
- Enfin, aucun agent d'accueil n'a reçu de formation ou d'information à ce sujet. Aucun n'évoque non plus de discussion avec les collègues.

Question 6 : Quels sont les moyens de prévention mis en place dans votre structure face à ces risques ?

- Selon les directeurs, les moyens de préventions en place sont en premier lieu d'éviter un apport trop important de matière organique, à savoir : les recommandations et informations au public concernant notamment le port du bonnet, les cosmétiques (dont la crème solaire) en lien avec le passage par la douche avant l'accès au bassin, l'interdiction d'apporter de la nourriture auprès du bassin et le passage obligatoire par le pédiluve.

Ensuite, concernant les moyens techniques, deux directeurs citent le déchloramineur UV ; deux citent le suivi des prélèvements quotidiens ; trois citent les bacs de strippage ; un évoque un apport d'eau plus important en milieu de journée et enfin, trois font part de l'importance de l'aération et de la ventilation des locaux.

En termes d'organisation, les directeurs relatent l'importance de l'hygiène et de l'entretien des locaux et des installations. Une personne cite aussi un aménagement des vestiaires permettant l'identification d'une zone « pieds chaussés » et d'une zone « pieds nus » qui ne se croisent jamais. Un autre directeur parle également de l'importance du nettoyage et de l'entretien régulier du système de traitement de l'eau et plus particulièrement des goulottes où l'enlèvement des dépôts se fait de façon quotidienne.

Enfin, deux directeurs insistent sur leur rôle managérial et sur l'implication et la sensibilisation de l'ensemble des équipes.

- Pour les MNS, l'information et la sensibilisation du public est primordiale. Tous insistent sur le rôle pédagogique que doit avoir le maître-nageur.

Cette sensibilisation concerne notamment le port du bonnet de bain, le passage par la douche et par le pédiluve avant d'entrer dans le bassin, ainsi que par l'interdiction d'apport de nourriture auprès du bassin.

Concernant les moyens techniques, quatre d'entre-eux citent l'utilisation d'un déchloramineur UV. Trois font part de l'importance de l'aération et de la ventilation des locaux, et une personne parle des bacs de strippage.

En termes d'organisation, deux MNS indiquent que les goulottes sont nettoyées quotidiennement et deux autres décrivent l'aménagement de zones « pieds nus » et « pieds chaussés » dans les vestiaires.

Enfin, il est à noter qu'un MNS n'a pas su répondre à cette question.

- Concernant les cabiniers, une personne évoque la sensibilisation des usagers en ce qui concerne la partie vestiaire. Trois personnes proposent d'inscrire l'importance de la ventilation dans les moyens de traitement d'une trop forte odeur de chlore.

Enfin, deux personnes n'ont pas su répondre à cette question.

- Aucun des agents d'accueil interrogés n'a su répondre à cette question.

Question 7 : Que proposeriez-vous comme moyen de prévention supplémentaire pour diminuer les risques liés aux chloramines ?

- Pour les directeurs, les moyens de prévention qui seraient à instaurer concernent les moyens humains, organisationnels et techniques.

Concernant les moyens humains, l'ensemble des directeurs s'accorde sur le fait qu'une douche savonnée avant l'accès au bassin devrait être obligatoire. Un directeur propose même, pour que cette action soit mieux acceptée et surtout mieux suivie par le public de mettre à disposition des distributeurs de gel douche.

Un autre directeur propose également de rendre obligatoire la douche savonnée entre le sauna / hammam et le bassin, afin d'éliminer la transpiration.

Dans certaines structures, le bonnet de bain n'est pas obligatoire pour l'ensemble des usagers (il ne l'est que pour les groupes scolaires). Les directeurs de ces structures souhaitent le voir devenir obligatoire pour l'ensemble des personnes accueillies.

De plus, un directeur souhaite également rendre inévitable et donc obligatoire, le passage par le pédiluve, par un aménagement du couloir.

Concernant les moyens techniques, un directeur propose d'augmenter les apports d'eau et deux autres directeurs sont en train de réaliser une étude concernant la mise en place et l'efficacité d'un déchloramineur UV.

Enfin, un directeur évoque un outil de suivi de l'INRS dont il a entendu parler, mais ne se souvient plus du nom.

- Pour les MNS, la douche savonnée avant l'accès au bassin devrait être imposée. L'un d'eux évoque aussi un système vu dans une autre structure : l'accès du vestiaire au bassin se fait via un couloir où se trouve une douche qui se déclenche automatiquement lors du passage d'une personne. Le système rend donc inévitable le passage par la douche.

L'un d'eux évoque également le passage obligatoire par la douche savonnée et par le pédiluve entre le sauna / hammam et le bassin.

Un autre souhaiterait que le bonnet de bain soit obligatoire pour l'ensemble des usagers.

Trois MNS insistent sur la ventilation et l'aération des locaux qu'ils souhaiteraient mieux entretenue et donc plus efficace.

Enfin, un MNS souhaiterait que la direction implique d'avantage l'ensemble des équipes par des sensibilisations et des formations.

Il est à noter qu'un MNS n'a pas su répondre à cette question.

- Enfin, concernant les cabiniers et agents d'accueil, aucune des personnes interrogées n'a pu proposer de moyens de prévention face aux sous-produits de désinfection.

Question 8 : Avez-vous quelque chose à ajouter?

Les résultats de cette question sont restitués tels qu'ils ont été prononcés. Bien qu'ils ne soient pas indispensables pour l'analyse, ils permettent de faire ressortir d'autres problèmes que peuvent rencontrer les salariés des piscines, et donc nous donner un point de vue de leur quotidien.

- Les directeurs font part d'une certaine incivilité de la part du public envers les agents et les règles hygiène. De nombreux rappels à l'ordre sont parfois nécessaires.

Ils déplorent également le manque de formation sur les risques dans la région Hauts-de-France (les formations sur le traitement de l'eau se déroulent exclusivement en Île de France), ainsi que le manque de formation spécifique sur les risques professionnels en piscine (les formations sont surtout axées sur les problèmes de l'eau et le confort du public). Il est également fait part d'un certain manque de volonté des agents pour suivre des formations.

Un autre directeur souhaite ajouter l'importance du rôle pédagogique et informationnel des équipes auprès des usagers.

- Les MNS évoquent quant à eux des actions de prévention dépendantes des moyens investis par la commune. Ils reviennent également sur le fait que le personnel de cabine puisse être formé à l'utilisation des produits d'entretien et surtout à la dangerosité de certains mélanges. Dans le même registre, ils souhaitent qu'une formation obligatoire existe à destination des MNS, concernant l'utilisation des produits chimiques et des risques professionnels liés.

Un des maîtres-nageurs souligne le fait que ses collègues manipulant les produits de désinfection de l'eau sont particulièrement bien équipés en EPI.

Un autre MNS évoque l'importance du rôle pédagogique : les maîtres-nageurs ne font pas que surveiller, ils ont également un rôle de prévention en hygiène et sécurité auprès du public et des collègues.

D'autres MNS évoquent également un certain manque de respect des usagers envers les règles d'hygiènes, comme le passage par la douche ou par le pédiluve.

- Peu de cabiniers ont souhaité ajouter quelque chose à l'entretien.
Une personne fait part des carrelages glissants et du risque de chutes.
Une autre personne évoque un certain manque de respect des usagers.

- Une seule personne a souhaité ajouter quelque chose à l'entretien. Cette personne évoque le bruit qui peut être fatiguant en fin de journée, et également qu'il lui arrive de trouver que l'odeur de chlore est parfois gênante, même au bureau d'accueil.

Suite à cette synthèse, une exploitation de ces résultats est faite dans la partie III. Des commentaires et discussion sont tout d'abord proposés. Puis, une synthèse des recommandations est faite en regard des réponses des personnes interviewées concernant les mesures de prévention et des données issues de la littérature.

III. Commentaires, discussion et recommandations en regard des résultats obtenus

A. Commentaires et discussion autour des résultats

L'analyse des retours des interviews est ici présentée selon les objectifs définis précédemment, à savoir :

- mesurer l'état de connaissance des risques liés aux sous-produits de désinfection des eaux auprès des professionnels ainsi que des liens avec les règles d'hygiène, et connaître les sources d'information de ces connaissances.
- de dresser un état des lieux des moyens de prévention existants.

Ainsi, concernant les professionnels des piscines, il apparaît que les cabiniers et agents d'accueil n'ont pas, ou très peu de connaissances sur les risques professionnels et les moyens de prévention liés aux sous-produits de dégradation.

Dans les réponses obtenues dans les interviews, il est apparu que certains cabiniers confondent les produits de désinfection de l'eau avec les produits d'entretien (aussi appelés produits de désinfection des sols et surfaces).

Peu d'entre eux sont au courant des risques professionnels, malgré quelques commentaires sur « l'odeur de chlore parfois présente » dans les halls et vestiaires.

Concernant les directeurs et MNS, deux types de réponses bien distinctes sont observés :

- les directeurs possèdent une vision plus globale et très technique des risques et des moyens de prévention
- Les MNS possèdent des connaissances sur les risques, bien qu'elles soient, selon leurs propos, plutôt « obscures ». Ils font néanmoins les liens entre les risques et les moyens de prévention. Ces connaissances des moyens de prévention sont essentiellement en lien avec l'apport de matière organique par les usagers.

Le questionnaire a pu mettre en évidence que les connaissances sur les risques sont plus poussées chez les MNS et directeurs dont la structure est équipée d'un déchloramineur UV.

Il est également à noter que les deux directeurs ayant parlé d'autres sous-produits de dégradation étaient ceux possédant un déchloramineur UV. Cela est sûrement à mettre en lien avec le contrôle obligatoire des chloramines et des THM deux fois par an comme prévu dans la circulaire du 22 février 2008 [33]. Cependant, aucun directeur n'a cité ce contrôle obligatoire, ni la circulaire. En outre, aucun n'a non plus cité les suivis quotidiens du taux de chlore dans l'eau.

Les directeurs et MNS se rejoignent dans leurs réponses lorsqu'ils évoquent les moyens de prévention en lien avec les usagers.

Ils proposent tous une douche savonnée avant l'entrée dans le bassin. Ils soulignent également le rôle pédagogique des équipes. Cette notion n'est cependant pas partagée par les cabiniers et agents d'accueil.

Les directeurs et MNS insistent également sur l'importance des concertations avec les collègues et confrères en ce qui concerne les risques liés aux sous-produits de désinfection, ce qui souligne l'importance de ce sujet.

Ils évoquent de même, l'importance de la mise en place d'une formation spécifique sur les produits de désinfection de l'eau avec un focus sur les risques professionnels, à destination de l'ensemble des agents.

Le port du bonnet de bain est aussi un thème récurrent dans les réponses. En effet, les salariés des structures ou celui-ci n'est pas imposé à l'ensemble des usagers (où il ne l'est que pour les groupes scolaires), souhaitent qu'il soit obligatoire pour tout le monde. Cependant, bien que certaines obligations soient citées, comme le port du bonnet, la douche,... aucun des professionnels interrogés ne cite le règlement intérieur de la piscine comme moyen de prévention, ni les recommandations de l'ARS.

Dans les éléments non retrouvés dans les réponses, le rôle des acteurs de la prévention des risques professionnels n'est pas non plus évoqué. En effet, aucun

des salariés interrogés ne fait part du rôle de la médecine du travail (ou de la médecine préventive) en terme d'expertise et du suivi médical renforcé, du chargé d'hygiène et de sécurité, du CHSCT ou encore de l'inspection du travail pour leur expertise dans les domaines touchant à l'hygiène, la sécurité et les conditions de travail.

Il est également à noter que ces salariés, bien qu'ils connaissent pour la majorité les produits de désinfection de l'eau et les risques associés, ne citent pas l'importance du choix des produits d'entretien des sols et surfaces et des risques de liés aux mélanges de ces produits avec l'eau du bassin. Par exemple, l'utilisation d'ammoniac pour l'entretien des sols et surfaces représente un apport azoté considérable s'il entre en contact avec l'eau du bassin et donc, peut favoriser la création de sous-produits de désinfection.

L'utilisation de l'outil AQUAPREV, proposé par l'INRS, n'est évoqué qu'une seule fois comme moyen d'aide à la prévention, bien qu'il représente un moyen d'estimer, au plus juste les concentrations de chloramine dans l'air des piscines. Un autre avantage de cet outil, est qu'il permet également d'estimer l'impact des différentes variables (comme la fréquentation, l'aération,...) sur le taux de chloramines et donc de réaliser une estimation de l'efficacité d'un éventuel nouveau moyen de prévention (comme un système de traitement de l'air ou de l'eau).

En ce qui concerne les moyens de prévention plus techniques, bien qu'ils évoquent certains usagers qui évitent le passage par le pédiluve, aucun des interviewés ne parle d'amélioration de ce processus par un renouvellement plus régulier de l'eau, voire en continu, en vue de réduire les dépôts et de permettre à la température de rester constante sur la journée. Ceci permettrait d'augmenter le confort des usagers et de limiter son évitement.

Enfin, il est à noter que plusieurs des directeurs et MNS ont un discours commun concernant les moyens de prévention touchant à l'aménagement des locaux. En effet, un directeur parle d'un aménagement des vestiaires permettant une zone « pieds chaussés » et une zone « pieds nus » qui ne se croisent pas, et plusieurs directeurs et MNS évoquent des solutions pour rendre inévitable le passage par la

douche et le pédiluve entre les vestiaires et le bassin, entre le sauna / hammam et le bassin et entre la plage/ solarium et le bassin. Ces moyens permettant de réduire l'apport de matière organique par les usagers.

Une disparité des connaissances des risques liés aux sous-produits de dégradation et des moyens de prévention associés a été constatée entre les différents corps de métier. Cependant, il est observé une volonté de protection de la santé des salariés par des moyens de prévention. Il est également constaté une complémentarité des connaissances entre les directeurs et les MNS concernant les moyens de prévention.

Enfin, il faut souligner que les résultats présentés et commentés ci-avant ne rendent compte que des retours de vingt et une personnes au sein de cinq piscines. Il serait intéressant de pouvoir réaliser une nouvelle étude d'une plus grande envergure auprès des professionnels de piscine. Cette nouvelle étude quantitative pourrait se baser sur un questionnaire créé en fonction des résultats obtenus dans ce travail de mémoire. L'objectif serait alors de confirmer, d'un point de vue statistique les observations effectuées, et ainsi de pouvoir proposer des moyens de prévention plus ciblés.

B. Recommandations en regards de l'étude effectuée

Les moyens de prévention présentés ci-après ont été organisés par thème de manière à permettre une meilleure compréhension des processus en jeu, et ainsi permettre une meilleure mise en application de ces mesures.

Les thèmes sont les suivants :

- Réduire la formation de sous-produits de désinfection en contrôlant mieux les précurseurs,
- Favoriser la suppression ou l'évacuation des sous-produits de désinfection formés dans l'eau et l'air,
- Atténuer l'exposition des travailleurs,
- Former le personnel pour assurer une intervention efficace en cas de problématique liée aux sous-produits de désinfection,
- Impliquer l'ensemble des acteurs dans la gestion des risques professionnels.

Réduire la formation de sous-produits de désinfection en contrôlant mieux les précurseurs

Réduire l'apport de substances azotées provenant des baigneurs et rendre obligatoire les mesures suivantes dans le règlement intérieur :

- Passer par la douche savonnée avant la baignade,
- Passer par le pédiluve avant la baignade,
- Passer par la douche et le pédiluve entre le sauna : hammam/ solarium / plage et le bassin,
- prendre des pauses aux toilettes avec les jeunes enfants, les groupes scolaires et les centres aérés,
- porter un bonnet de bain,
- Réglementer l'apport de matériel personnel (palmes, planches,...) ceux-ci devront être régulièrement nettoyés ; ou bien interdire l'apport de matériel personnel et le prêter (celui-ci devra alors suivre un plan de nettoyage régulier),
- Impliquer les responsables des groupes scolaires et ALSH (Accueil de Loisir Sans Hébergement) : s'assurer du passage au toilette/douche, port du bonnet,...,
- Impliquer les clubs de natation : nettoyage du matériel utilisé, absence de nourriture au bord de l'eau,
- Réaliser un aménagement des locaux permettant de ne pas pouvoir éviter le pédiluve,
- Réaliser un aménagement des locaux permettant de ne pas pouvoir éviter la douche,
- Réaliser un aménagement des locaux permettant une zone « pieds chaussés » et une zone « pieds nus » qui ne se croisent pas,
- Choisir des produits d'entretien des sols et surfaces compatibles avec les produits de désinfection utilisés dans l'eau (pas de produits à base d'ammoniaque ou de chlore),
- Réaliser une vidange pluriquotidienne ou en continu du pédiluve,

- Impliquer l'ensemble des équipes dans le rôle pédagogique auprès des usagers (chacun des salariés doit être capable d'expliquer les consignes d'hygiène aux usagers).

Favoriser la suppression ou l'évacuation des sous-produits de désinfection formés dans l'eau et l'air

- Faire réaliser un nettoyage régulier des locaux (sols surfaces,...),
- Faire réaliser un entretien régulier des goulottes,
- Faire réaliser un entretien régulier des installations et des systèmes de traitement de l'eau (filtres, bac tampons,...), selon les recommandations du fabricant,
- Assurer une ventilation avec un apport d'air neuf 24 h sur 24 h, inspecter et contrôler les éléments des systèmes de ventilation pour en vérifier l'efficacité,
- Contrôler la qualité de l'eau (chlore total, libre et combiné, alcalinité, pH, limpidité, turbidité, potentiel d'oxydoréduction, etc.) selon la réglementation en vigueur,
- Assurer l'apport quotidien d'eau neuve de 30 litres/baigneur ayant fréquenté le bassin, ou plus si nécessaire. Vérifier la fréquence du renouvellement complet de l'eau et effectuer une vidange complète si nécessaire,
- Explorer d'autres solutions techniques afin de réduire la présence de trichloramines dans l'eau et dans l'air, comme le strippage ou le déchloramineur UV.

Atténuer l'exposition des travailleurs

- Mettre à la disposition des travailleurs une salle de repos exempte des contaminants de la piscine (avec une ventilation distincte),
- Inciter le personnel à utiliser la salle de repos lors des pauses régulières.

Former le personnel pour assurer une intervention efficace en cas de problématique liée aux sous-produits de désinfection

- Former et informer les équipes. Informer le personnel sur les risques pour la santé liés à l'exposition aux chloramines et les symptômes à surveiller,
- Former et informer le personnel sur l'existence et les risques liés aux THM et en particulier au chloroforme et autres sous-produits de désinfection et sur les symptômes à surveiller,
- Former le personnel pour assurer les premiers secours en cas d'intoxication à des produits chlorés,
- Informer les équipes sur les risques liés aux mélanges de produits (pas de réutilisation des bidons vides ayant contenu des produits de désinfection).
- Informer le personnel sur les risques et l'interdiction de réutiliser des bidons vides ayant contenu des produits de désinfection (en cas de mélanges de produits des réactions chimiques dangereuses peuvent apparaître).

Impliquer l'ensemble des acteurs dans la gestion des risques professionnels

- Assurer la formation des travailleurs responsables de la gestion de la qualité de l'eau et des opérations de la piscine,
- Créer un groupe de travail avec toutes les personnes et les services concernés par les opérations de traitement de l'eau et de l'entretien préventif des installations pour mettre en commun leurs expertises,
- Veiller au suivi médical renforcé avec le médecin du travail (ou le médecin de prévention),
- Construire une formation sur les risques et les solutions faces aux sous-produits de dégradation,
- Faire participer l'ensemble des équipes à la révision du règlement intérieur,
- Utiliser l'outil AQUAPREV pour réaliser un suivi de l'évolution du taux de chloramines et pour pouvoir réaliser des projections sur les moyens de prévention à mettre en place,
- Assurer une veille réglementaire et technique sur les risques et les moyens de prévention liés aux sous-produits de désinfection.

Conclusion

Aujourd'hui, les piscines publiques utilisent majoritairement des dérivés du chlore comme désinfectant de l'eau des bassins afin de proposer un environnement sain et une eau exempte de risques pour les usagers. L'eau se doit alors d'être désinfectée et désinfectante.

Cependant, par réaction avec la matière organique, apportée principalement par les baigneurs, ce chlore peut entraîner la formation de sous-produits de désinfection, comme les chloramines ou encore les THM.

Ces sous-produits de désinfection présentent un potentiel toxique pour les usagers, notamment à titre d'irritation respiratoire, cutané et oculaire.

Les salariés des piscines sont exposés quant à eux toute la journée à ces composés toxiques. Ils peuvent ressentir un inconfort sur leur poste de travail. Cette odeur de chlore, si caractéristique des piscines, peut devenir gênante à la fin d'une journée de travail. Un asthme peut également être reconnu en tant que maladie professionnelle au regard de certains symptômes respiratoires et suite à une exposition à long terme à l'air intérieur des piscines.

L'étude menée dans le cadre de ce mémoire, a permis de montrer que la totalité des personnels des piscines n'était pas formée ou informée sur ces risques. Il apparaît une certaine disparité dans le niveau de connaissance des différents corps de métier sur les risques professionnels et les moyens de préventions existant dans leur structure.

Cette étude a également permis de montrer que seules les chloramines sont connues. Les autres sous-produits de désinfection ne sont presque pas évoqués par ces professionnels, bien que ceux-ci puissent présenter des risques plus importants pour la santé comme le chloroforme.

En ce qui concerne les moyens de prévention, cette étude a permis de dresser un état des lieux. Ces moyens différents cependant d'une structure à l'autre. Par exemple le port du bonnet de bain n'est pas obligatoire partout.

Ces moyens sont principalement axés sur les règles d'hygiène pour les usagers, permettant ainsi d'éviter un apport trop important de matière organique.

La mise en place de certaines mesures techniques, humaines et organisationnelles, sans oublier le volet de la formation, sont indispensables afin de réduire les risques professionnels.

Cependant, certains de ces moyens ne sont pas connus, ou pas évoqués, comme les rôles des médecins du travail (ou médecins de prévention) ou encore celui de la personne chargée de l'hygiène et de la sécurité.

Une liste de recommandations a été dressée en regard de la littérature, et des échanges avec les différents corps de métiers.

Ces recommandations à destination des professionnels de piscines sont à adapter en fonction de la structure.

Bibliographie

[1] - Ministère des sports, de la jeunesse, de l'éducation populaire et de la vie associative, Février 2013, Les chiffres clés du sport, sport.gouv.fr,
En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
http://www.sports.gouv.fr/IMG/pdf/ccs_fevrier_2013-2.pdf

[2] - Ministère de la Santé, Mai 2003, Décret n° 2003-462 du 21 mai 2003 relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé publique, Légifrance,
En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=598993787FFD165F1E4EFBAD013E7B96.tplgfr26s_3?cidTexte=JORFTEXT000000412528&dateTexte=20030527&categorieLien=id#JORFSCTA000000913594

[3] - Commission de la sécurité des consommateurs, Janvier 2002, Avis de la commission de la sécurité des consommateurs en date du 30 janvier 2002 relatif à la sécurité de certains systèmes de recyclage de l'eau dans les piscines (publiques, collectivités, familiales), économie.gouv.fr,
En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/dgccrf/boccrf/02_07/a0070008.htm

[4] - Code de la santé publique, Septembre 2008, Article D1332-6, Légifrance,
En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072665&idArticle=LEGIARTI000006909918&dateTexte=&categorieLien=cid>

[5] - FIGUEIREDO L., septembre 2011, Les piscines : Hygiène et gestion de l'eau, Conseils xpair,
En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
https://conseils.xpair.com/actualite_experts/piscines-hygiene-gestion-eau.htm

[6] - Ministère de la Santé, Septembre 2016, Arrêté du 7 septembre 2016 modifiant l'arrêté du 7 avril 1981 modifié fixant les dispositions techniques applicables aux piscines, Légifrance,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2016/9/7/AFSP1613106A/jo/texte>

[7] - ROMAC P., 1999, Le PHMB remplit-il les exigences de désinfection des eaux de piscine?, Mémoire de fin d'étude, Formation des ingénieurs du génie sanitaire,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://documentation.ehesp.fr/memoires/1999/igs/romac.pdf>

[8] - AFSSET, mars 2012, Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines, Partie I : piscines réglementées, AFSSET,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra.pdf>

[8] - WOJTOWICZ J., 1995, Reevaluation of Chloroisocyanurate Hydrolysis Constants, The Chemistry and Treatment of Swimming Pool and Spa Water,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

http://www.poolhelp.com/wp-content/uploads/2017/05/JSPSI_V2N2_pp14-22.pdf

[9] - Lenntech, 2018, Désinfectants: le brome, Lenntech,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://www.lenntech.fr/desinfection/desinfectants-brome.htm>

[10] - BISSON M. La Rocca B., 2009, Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), INERIS,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

http://uved.univ-nantes.fr/SOLS/4/res/VTR_INERIS.pdf

[11] - ARS Hauts- de-France, janvier 2017, Bien entretenir sa piscine, ARS hauts-de-France, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://www.hauts-de-france.ars.sante.fr/sites/default/files/2017->

[01/Bien%20entretenir%20sa%20piscine.pdf](#)

[12] - IBANEZ J.G.et al., 2008, Production and Analysis of Chloramines, Environmental Chemistry. Springer, New York, NY,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-49493-7_18

[13] - GÉRARDIN F, décembre 2016, Trichloramines : de l'émergence d'un risque aux solutions de préventions, Hygiène et sécurité du travail – n°245,

En ligne, dernière consultation le : 23/05/2018,

https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj7_LfV3M3YAhWdVxQKHRRRAwAQFghDMAU&url=http%3A%2F%2Fwww.hst.fr%2Fdms%2Fhst%2Fdata%2Farticles%2FHST%2FTI-NT-44%2Fnt44.pdf&usq=AOvVaw0ulx9wMP9GGQackzvu4mqzf

[14] - CARBONNELLE S. , Mai 2003, Les risques sanitaires des produits dérivés de la chloration des eaux de bassins de natation, Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement Volume 4 Numéro 1,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://journals.openedition.org/vertigo/4638>

[15] - Ministère des Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada, 2001, Liste des substances d'intérêt prioritaire - Rapport d'évaluation pour les chloramines inorganiques, Santé Canada,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/contaminants-environnementaux/loi-canadienne-protection-environnement-1999-liste-substances-interet-prioritaire-rapport-evaluation-chloramines-inorganiques.html>

[16] - AFSSA, avril 2010, Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés aux situations de dépassement de la limite de qualité du paramètre « trihalométhanes totaux » dans les eaux destinées à la consommation humaine, ANSES,
En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
<https://www.anses.fr/fr/system/files/RCCP2004sa0070.pdf>

[17] - CNESST, 2016, Chloramine-T, CSST,
En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=138313&nom=Chloramine-T

[18] - Santé Canada, 1996, Les chloramines, Santé Canada,
En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
<http://sante.canada.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-chloramines-eau/alt/water-chloramines-eau-fra.pdf>

[19] - INSPQ, Mars 2010, Détermination de concentrations seuils de trihalométhanes dans l'eau potable lors de dépassements trimestriels de la norme, INSPQ,
En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/1080_concentrationtrihalometaneseaupotable.pdf

[20] - St PIERRE A., Avril 2004, Caractérisation de la toxicocinétique des trihalométhanes et des acides chloroacétiques administrés sous forme de mélanges chez le rat, Thèse présentée à la Faculté des études supérieures pour l'obtention du grade de Philosophiæ Doctor (Ph.D.) en Santé Publique, option toxicologie de l'environnement,
En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/15067/St-Pierre_Annie_2004_these.pdf?sequence=1

[21] - ATMO Bourgogne Franche Comté, juin 2016, Evaluation de la qualité de l'air intérieur au sein de l'espace aquatique Citédo, ATMO Bourgogne Franche Comté, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018, http://www.atmo-franche-comte.org/sites/atmo-franche-comte.org/files/ATMOFC/5-donnees_qualite_air/4-publications/publications_pdf/ai_surveillance_citedo_2015-2016_atmofc_i.pdf

[22] - CORBELLI R. BARAZZONE ARGIROFFO C., 2009, Asthme et piscine, Paediatrica Vol 20 N°4, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018, <http://swiss-paediatrics.org/sites/default/files/paediatrica/vol20/n4/pdf/50-53.pdf>

[23] - TAFRECHIAN S., 2007, L'asthme aux chloramines chez le personnel des piscines, Mémoire pour la capacité de médecine en santé et travail et de prévention des risques professionnels (année universitaire 2006-2007) Université R. Descartes, Faculté de Médecine Paris 5, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018, <http://www.camip.info/IMG/pdf/AsthmeChloraminesPiscine2008-2.pdf>

[24] - THICKETT K.M. et al., 2002, Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air, European Respiratory Journal, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018, <http://erj.ersjournals.com/content/erj/19/5/827.full.pdf>

[25] - JACOB J.H. et al., 2007, Exposure to trichloramine and respiratory symptoms in indoor swimming pool workers, European Respiratory Journal, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018, <http://erj.ersjournals.com/content/erj/29/4/690.full.pdf>

[26] - Barbot E. Moulin P., 2008, Eaux de piscines Partie I : Étude de cas, L'eau, l'industrie, les nuisances - N° 308, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018, https://www.researchgate.net/publication/259443562_EAUX_DE_PISCINES_PARTIE_I_ETUDE_DE_CAS

[27] - Code de la sécurité sociale, 2003, Article Annexe II : Tableau n° 66, Code de la sécurité sociale,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<http://www.code-securite-sociale.fr/article-Annexe-ii-tableau-n-66-a6750197.html>

[28] - Ministère des affaires sociales, du travail et de la solidarité, 2003, Décret n°2003-110 du 11 février 2003 révisant et complétant les tableaux des maladies professionnelles annexés au livre IV du code de la sécurité sociale, Légifrance,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000594402&d ateTexte=>

[29] - HERY M. et al., 1995, Exposure to chloramines in the atmosphere of indoor swimming pools, The Annals of Occupational Hygiene

Volume 39, Issue 4, Elsevier,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<http://erj.ersjournals.com/content/29/4/690.short>

[30] - THOUMERIN P. et al, 2005, Troubles d'irritation respiratoire chez les travailleurs des piscines, INRS, Documents pour le médecin du travail no. 101,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjBq7-w07fcAhVCecAKHVZoAu4QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fwww.inrs.fr%2Fdocs%2Finrs%2FCataloguePapier%2FDMT%2FTI-TF-138%2Ftf138.pdf&usq=AOvVaw23jojDwkOgEjAfR66M3YH8>

[31] - ANSES, 2017, Élaboration de VTR cancérogène par voie inhalée pour le chloroforme, ANSES,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBSTANCES2007SA0642Ra.pdf>

[32] - JORF, 2016, Arrêté du 7 avril 1981 relatif aux dispositions techniques applicables aux piscines modifié, JORF du 10 avril 1981, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000673968>

[33] - Ministère de la Santé, de la Jeunesse et des Sports, 2008, CIRCULAIRE N°DGS/EA4/2008/65 du 22 février 2008, ARS hauts-de-France, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
<https://www.hauts-de-france.ars.sante.fr/sites/default/files/2017-01/CIRCULAIRE%20N%20DGS%20EA4%202008%2065%20du%2022%20f%C3%A9vrier%202008.pdf>

[34] - GÉRARDIN F. et al., 2005, Réduction de l'exposition des travailleurs au trichlorure d'azote par action sur les procédés dans deux secteurs d'activité ND 2236, Hygiène et sécurité au travail N° 201 INRS ND 2236, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ND%202236>

[35] - ANSES, 2015, Efficacité et innocuité des déchloramineurs équipés de lampes à rayonnements ultra-violet mis en œuvre dans les piscines à usage collectif, ANSES, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
<http://odel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=5492&format=print>

[36] - LE COSSEC et al., 2016, Teneurs en trichloramine et trihalométhanes dans l'air ou l'eau des piscines publiques parisiennes et impact de différents procédés de traitement de l'eau des bassins, Pollution atmosphérique N°228, En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,
http://odel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/docannexe/file/5492/l228_07_lecossec.pdf

[37] - LEVESQUE B. et al., 2015, Investigation of Air Quality Problems in an Indoor swimming Pool: A Case Study, The Annals of Occupational Hygiene, Volume 59, Issue 8,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<https://academic.oup.com/annweh/article/59/8/1085/2196096>

[38] - Association Paritaire pour la Santé et la sécurité du travail, secteur Affaires Municipales, août 2016, Aide-mémoire sur la gestion des chloramines dans l'eau et l'air des piscines intérieures, APSAM,

En ligne, dernière consultation le : 29/08/2018,

<https://www.apsam.com/sites/default/files/docs/clienteles/colsblancs/aide-memoire-chloramines.pdf>

[39] - INRS, 2016, AQUAPREV un outil d'aide à la décision pour la mise en place d'actions de prévention dans les piscines - GUIDE D'UTILISATION, INRS,

En ligne, dernière consultation le : 23/07/2018,

<http://aquaprev.inrs.fr/Aquaprev/accueil.jsp>

[40] - ARS Ile de France, sd, Le contrôle sanitaire de l'eau des piscines, ARS ile de France,

En ligne, dernière consultation le : 29/08/2018,

<https://www.iledefrance.ars.sante.fr/sites/default/files/2016-12/Contrôle-sanitaire-de-leau-des-piscines-2014.pdf>

[41] - Mouly D. et al., 2008, Les sous-produits de chloration dans l'eau destinée à la consommation humaine en France, INVS,

En ligne, dernière consultation le : 29/08/2018,

http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=1226

[42] - DELEYS S. et al., décembre 2016, Comment prévenir la formation de la trichloramine dans l'air des espaces aquatiques ?, Hygiène et sécurité au travail N° 245 INRS FI 15-2,

En ligne, dernière consultation le : 29/08/2018, <http://www.hst.fr/pages-transverses/sommaire-revue.html?numRevue=245>







Annexes

Annexe 1 : Normes de qualité de l'eau des piscines en France II

**Annexe 2 : Liste des sous-produits de désinfection retrouvés dans les
piscines III**

Annexe 3 : L'outil AQUAPREV VI

Annexe 1 : Normes de qualité de l'eau des piscines en France [40]

PARAMÈTRES	INTERPRÉTER LES RÉSULTATS *	CONNAÎTRE LES RISQUES SANITAIRES EN CAS DE DÉPASSEMENT DES NORMES	AGIR EN CAS D'ANOMALIE (CONSEILS ET INFORMATIONS À RETENIR)
pH		< 6.9 : risque d'irritations des muqueuses des baigneurs > 7.7 : risque de prolifération bactérienne dans l'eau car le désinfectant est moins efficace	Vérifier le dispositif de régulation du pH (pompe doseuse du produit, sonde et bac d'acide ou de base) Effectuer un apport d'eau neuve, incluant une vidange partielle du bassin si nécessaire <i>A savoir : Pour optimiser l'efficacité de la chloration, ajuster le pH entre 7 et 7,3</i>
STABILISANT		> 75 mg/L : risque de prolifération bactérienne dans l'eau car le désinfectant est moins efficace	Le stabilisant s'accumule dans le bassin; une teneur > 75 mg/L traduit un vieillissement de l'eau : Effectuer un apport d'eau neuve, incluant une vidange partielle du bassin si nécessaire Traiter éventuellement l'eau avec du chlore non stabilisé en respectant les précautions de non mélange des produits <i>A savoir : La concentration idéale en stabilisant est comprise entre 30 et 50 mg/L</i>
CHLORE LIBRE ACTIF (en l'absence de stabilisant)		< 0.4 mg/L : sous-chloration (désinfection insuffisante) > 1.4 mg/L : surchloration (excès de chlore)	Dans tous les cas : Vérifier le dispositif d'injection et de régulation du chlore (canne d'injection, électrodes de mesure, pompe doseuse, bac, ...) Effectuer un apport d'eau neuve, incluant une vidange partielle du bassin si nécessaire
CHLORE DISPONIBLE (en présence de stabilisant > 80 mg/L)		< 0.4 mg/L : sous-chloration (désinfection insuffisante) > 1.4 mg/L : surchloration (excès de chlore)	Si sous-chloration : Vérifier la qualité des produits de désinfection de l'eau (conditions de stockage, péremption, ...) Nettoyer et désinfecter les filtres Nettoyer et désinfecter les surfaces d'évacuation par la surface (gouttières, skimmers, ...) Pour les bassins de petits volumes : vidanger, nettoyer et désinfecter le fond et les parois du bassin
CHLORE COMBINÉ (chloramines)		> 0.6 mg/L : risque d'irritation des muqueuses, des yeux et des voies respiratoires	Si surchloration : Nettoyer et désinfecter les filtres Nettoyer et désinfecter les surfaces d'évacuation par la surface (gouttières, skimmers, ...) Pour les bassins de petits volumes : vidanger, nettoyer et désinfecter le fond et les parois du bassin
OZONE		Présence : risque d'intoxication des baigneurs et du personnel	Evacuer l'établissement en cas de présence ! Forcer l'aération du hall du bassin Arrêter l'ozonateur et le remettre en service quand l'absence d'ozone sera de nouveau constatée dans le bassin Puis vérifier le bon fonctionnement de l'ozonateur et de ses alarmes
DELTA OXYDABILITÉ AU KMnO ₄		Indicateur de fonctionnement	Effectuer un apport d'eau neuve, incluant une vidange partielle du bassin si nécessaire Vérifier le fonctionnement des filtres et la qualité du matériel filtrant Respecter la fréquentation maximale instantanée (FMI) et promouvoir l'hygiène des baigneurs
TRANSPARENCE		Mauvaise : problème de sécurité des baigneurs	Vidanger partiellement ou totalement le bassin Laver les filtres (à l'eau, à l'aër, à l'inciser) Nettoyer les parois du bassin Vérifier la qualité du stabilisant et le respect des règles d'hygiène
CHLORURES		Indicateur de fonctionnement	Effectuer un apport d'eau neuve, incluant une vidange partielle du bassin si nécessaire <i>Recommandation : réévaluer à la hausse les apports d'eau neuve quotidiens</i>
TEMPÉRATURE		Risque de prolifération bactérienne dans l'eau > 36°C : risque pour les femmes enceintes	Pour les bébés nageurs : maintenir une température de 32°C Pour les baignés à remous : maintenir une température de l'eau « guide » de l'ordre de 32-33°C et limiter la température à 36°C
GERMES REVIVIFIABLES À 36°C		Indicateur de fonctionnement	Dans tous les cas : Augmenter immédiatement et maintenir la concentration en désinfectant au maximum du seuil réglementaire en présence des baigneurs Procéder à une surchloration (ou « choc chlore ») dès que possible en l'absence de baigneurs Vidanger totalement le bassin Effectuer une surverse du film superficiel Vérifier le fonctionnement des filtres : les nettoyer et les désinfecter Vérifier les installations de désinfection
CULFORMES TOTAUX		Indicateur de fonctionnement	En cas de contamination par des staphylocoques pathogènes : Brosser efficacement la ligne d'eau et les jeux (pédagogiques, trites, planches, ...) et désinfecter les jeux Nettoyer et désinfecter les systèmes d'évacuation par la surface (gouttières, skimmers, ...)
ESCHERICHIA COLI		Présence E. coli : Risque de gastroentérites et d'infections urinaires	* BARRETTES DE QUALITÉ - valeurs conformes au code de la santé publique - valeurs non conformes nécessitant une action corrective - une évacuation immédiate du bassin jusqu'au rétablissement d'une valeur conforme - une vidange partielle ou totale du bassin
STAPHYLOCOQUES PATHOGÈNES		Présence Staphylocoques pathogènes : Risque d'infections suppuratives urinaires, cutanées et au niveau des muqueuses, d'otites et d'infections des yeux.	
PSEUDOMONAS AERUGINOSA		Présence Pseudomonas aeruginosa : Risque d'infections urinaires, otites, conjonctivites, dermatites ou folliculites	

Annexe 2 : Liste des sous-produits de désinfection retrouvés dans les piscines [41]

TABEAU 1 CARACTÉRISTIQUES DES 85 SOUS-PRODUITS MENTIONNÉS PAR L'US-EPA [7] : CONCENTRATIONS MESURÉES DANS LES RÉSEAUX D'EAU, CLASSIFICATION DE L'INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC) ET TYPES D'OXYDANTS RESPONSABLES DE LEUR FORMATION			
Composés	Niveaux (µg/L)	Classification IARC/EPA ^b	Type d'oxydant ^c
<i>Sous-produits de désinfection réglementés aux États-Unis</i>			
Trihalométhanes* (THM)			
Chloroforme (trichlorométhane)	10 ¹ -10 ²	2B/-	Chlore +++
Bromodichlorométhane	1-10	2B/B2	Chloramines +
Chlorodibromométhane	1-10	3/C	Dioxyde de chlore +/- (si impuretés de chlore)
Bromoforme (tribromométhane)	1-10	3/B2	Ozone +/- (uniquement bromoforme si eau riche en ions bromure)
Acides haloacétiques (HAA)			
Acide chloroacétique	1		Chlore +++
Acide bromoacétique	1		Chloramines +/-
Acide dichloroacétique	10 ¹ -10 ²	2B/B2	Dioxyde de chlore +/-
Acide dibromoacétique	10 ¹ -10 ²		Ozone +/-
Acide trichloroacétique	10 ¹ -10 ²	3/-	
Oxyhalides			
Bromates*	1	2B/B2	Chlore + (impureté dans la solution mère) Dioxyde de chlore + Ozone +++
Chlorites	10 ¹ -10 ²		Dioxyde de chlore +++
<i>Sous-produits de désinfection non réglementés</i>			
Halonitrométhanes			
Chloronitrométhane	10 ⁻³ -1		
Bromonitrométhane	10 ⁻³ -1		
Dichloronitrométhane	10 ⁻³ -1		Chlore +/-
Dibromonitrométhane	1		Chloramines +/-
Bromochloronitrométhane	10 ⁻³ -1		Ozone/chlore ++
Trichloronitrométhane (chloropicrine)	1-10		Ozone/chloramines ++
Bromodichloronitrométhane	1		
Dibromochloronitrométhane	1		
Tribromonitrométhane (bromopicrine)	1		
Iodo-acides			
Acide iodoacétique	1		
Acide bromoiodoacétique	1		Chlore +/-
Acide (Z)-3-Bromo-3-iodopropénoïque	10 ⁻³ -1		Chloramines +++
Acide (E)-3-Bromo-3-iodopropénoïque	10 ⁻³ -1		
Acide 2-Iodo-3-méthylbuténoïque	1		

Composés	Niveaux (µg/L)	Classification IARC/EPA ^b	Type d'oxydant ^c
<i>Sous-produits de désinfection réglementés aux États-Unis</i>			
Autres acides haloacétiques (HAA)			
Acide bromochloroacétique	1-10		Chlore +++
Acide bromodichloroacétique	1-10		Chloramines +
Acide dibromochloroacétique	1-10		Dioxyde de chlore +/-
Acide tribromoacétique	1-10		Ozone +/-
Iodo-THM et autres THM non réglementés			
Dichloroiodométhane	1		
Bromochloroiodométhane	1		
Dibromoiodométhane	1		Chlore +
Chlorodiiodométhane	1		Chloramines +
Bromodiiodométhane	1		Ozone/chloramines ++
Iodoforme (triiodométhane)	1		
Dichlorométhane	1		
Bromochlorométhane	ND		
Dibromométhane	ND/10 ⁻³ -1		
MX			
MX ^d	10 ⁻³ -1	2B/-	
EMX (isomère géométrique)	10 ³		
ZMX	10 ³		
Acide mucochlorique	10 ⁻³ -1		Chlore +
BMX-1	10 ⁻³ -1		Chlore/chloramines +++
BMX-2	10 ³		
BMX-3	10 ³		
BEMX-1	10 ⁻³ -1		
BEMX-2	10 ⁻³ -1		
BEMX-3	10 ⁻³ -1		
Haloamides			
Chloroacétamide	1		
Bromoacétamide	1		
Iodoacétamide			
Dichloroacétamide	1		
Bromochloroacétamide	1		
Dibromoacétamide	1		Chlore +
Bromoiodoacétamide	1		Chloramines ++
Trichloroacétamide	1		
Bromodichloroacétamide	1		
Dibromochloroacétamide	1		
Tribromoacétamide	1		
Diiodoacétamide			
Chloroiodoacétamide			
Haloacétonitriles (HAN)			
Chloroacétonitrile	1		
Bromoacétonitrile	1		
Iodoacétonitrile			Chlore +
Dichloroacétonitrile	1		Chloramines +++
Bromochloroacétonitrile	1		Dioxyde de chlore +
Dibromoacétonitrile	1		Ozone +
Trichloroacétonitrile	1		
Bromodichloroacétonitrile	1		
Dibromochloroacétonitrile	1		
Tribromoacétonitrile	1		

Composés	Niveaux (µg/L)	Classification IARC/EPA ^b	Type d'oxydant ^c
<i>Sous-produits de désinfection réglementés aux États-Unis</i>			
Halopyrroles			
2,3,5 – Tribromopyrrole	10 ⁻³ -1 (Israël)		Dioxyde de chlore/chlore Dioxyde de chlore/ chloramines
Nitrosamines			
N-Nitrosodiméthylamine (NDMA)	10 ⁻³ -1	Oui/B2	
N-Nitrosopyrrolidine	10 ⁻³		Chlore +/-
N-Nitrosomorpholine	10 ⁻³		Chloramines +++
N-Nitrosopiperidine	10 ⁻³		
N-Nitrosodiphénylamine	10 ⁻³		
Aldéhydes			
Formaldéhyde	1	1/-	Chlore + (formaldéhyde)
Acétaldéhyde	1	2B/-	Dioxyde de chlore +
Chloroacétaldéhyde	1		(formaldéhyde)
Dichloroacétaldéhyde	1		Ozone ++
Bromochloroacétaldéhyde	1		Ozone/chloramines +++
Trichloroacétaldéhyde (chloral hydrate)	0-10		
Tribromoacétaldéhyde	1		
Autres sous-produits de désinfection			
Chlorate	10 ² -10 ³		Dioxyde de chlore +++

^a Composés réglementés également en France par le Code de la santé publique; ^b IARC: 1 = cancérigène pour l'homme; 2B = cancérigène possible pour l'homme; 3 = inclassable quant à sa cancérigénicité chez l'homme; out = devrait être considéré comme cancérigène pour l'homme. EPA: B2 = cancérigène probable pour l'homme; C = cancérigène possible pour l'homme. ND: non détecté; ^c "+++" indique une forte association entre l'oxydant et les sous-produits de désinfection; ^d "+/-" indique une faible association; ^e [3-chloro-4-(dichlorométhyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanone].



Les fiches HST

COMMENT PRÉVENIR LA FORMATION DE LA TRICHLORAMINE DANS L'AIR DES ESPACES AQUATIQUES?

TECHNIQUE

Les employés d'établissements aquatiques (piscines, spas...) sont exposés à la trichloramine, un gaz très volatil et irritant pour les yeux, la peau et les voies respiratoires. Afin d'estimer la concentration dans l'air de ce polluant et prévenir sa formation, l'INRS a développé Aquaprev, un outil informatique accessible en ligne. Cette fiche décrit son utilisation.

Aquaprev est un outil informatique permettant de prévenir la formation de la trichloramine (gaz issu de l'interaction entre le chlore ou ses dérivés et les composés organiques azotés présents dans la sueur, l'urine, les cosmétiques...) dans les piscines. Il s'adresse aux professionnels de ces établissements et aux intervenants en santé et sécurité au travail.

Aquaprev permet d'estimer la concentration en trichloramine dans l'air et de la situer par rapport à la valeur limite de 0,3 mg/m³, recommandée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Aquaprev fournit également des informations sur les paramètres responsables de la formation de la trichloramine dans l'eau, ce qui en fait un outil d'aide à l'action en vue de limiter l'exposition des salariés et usagers.

Comment utiliser Aquaprev ?

Rendez-vous sur <http://aquaprev.inrs.fr> pour accéder à Aquaprev. Après avoir accepté les conditions d'utilisation, vous accédez au premier onglet de saisie des données.

Étape 1: Saisie des paramètres


L'outil se présente sous la forme d'une fenêtre divisée en quatre items à compléter. Vous devez alors renseigner :


- la géométrie des halls et des bassins de la piscine ;
 - les paramètres de fonctionnement des installations (débit de ventilation, concentration en chlore libre...);
 - les horaires d'ouverture ;
 - le nombre de personnes fréquentant l'établissement.
- Pour vous aider à rassembler les informations


nécessaires, une liste des paramètres et des conditions de fonctionnement de l'établissement est disponible en téléchargement depuis la page d'accueil d'Aquaprev.

Étape 2: Analyse des résultats

Cliquez sur l'onglet « Résultats » et choisissez la période de simulation. Cliquez ensuite sur « Calculer ». Les résultats sont affichés sous la forme d'un graphique (Cf. Figure) présentant le risque d'exposition des salariés à la trichloramine en fonction du temps selon un code couleur :

 La concentration de la trichloramine dans le hall concerné est inférieure à 0,3 mg/m³, valeur limite d'exposition recommandée par l'Anses.

 La concentration de la trichloramine dans le hall concerné est comprise entre 0,3 mg/m³, valeur limite d'exposition recommandée par l'Anses, et 0,5 mg/m³ : une action est nécessaire pour réduire le risque d'exposition des salariés à la trichloramine.

 La concentration de la trichloramine dans le hall concerné est supérieure à 0,5 mg/m³, valeur d'inconfort à partir de laquelle les salariés ressentent une gêne : une action est nécessaire pour réduire le risque d'exposition des salariés à la trichloramine.

Étape 3: Simulation de l'impact de nouveaux paramètres

- Faites varier les principaux paramètres responsables de la formation de trichloramine, accessibles directement sous le graphique de résultats.

Les fiches HST COMMENT PRÉVENIR LA FORMATION DE LA TRICHLORAMINE DANS L'AIR DES ESPACES AQUATIQUES ?

• Cliquez sur « Calculer à nouveau » pour visualiser l'impact que cela pourrait avoir sur le taux de trichloramine présent dans l'air.
 Vous pouvez également accéder à tous les paramètres de l'établissement depuis les onglets initiaux de paramétrage et relancer le calcul.

Étape 4: Export des résultats

Vous pouvez exporter tous les éléments d'Aquaprev (configuration, graphiques...) en cliquant sur « Exporter les résultats ». Vous pouvez également enregistrer votre configuration et la reprendre à tout moment.

Conseils pour agir

Toute concentration en trichloramine supérieure à la valeur limite recommandée par l'Anses nécessite une action.

Agir sur la qualité de l'eau

Il est possible de réduire la formation des chloramines, notamment en agissant sur l'hygiène des baigneurs

(douche avant entrée dans les bassins, pédiluves, port du bonnet...) pour limiter l'apport en matière organique, en régulant la température de l'eau, en apportant de l'eau neuve aux bassins, en ajustant le pH et en modulant la teneur en chlore.

Agir sur la qualité de l'air

Il est possible de limiter l'exposition des salariés à la trichloramine en ajustant le débit de ventilation des halls lors des périodes de concentration élevée du polluant dans l'air, et en diminuant le taux de recyclage de l'air.

Vous pouvez aussi mettre en place un système de dégradation ou de dégazage des chloramines présentes dans l'eau, comme le strippage (Cf. « Réduction de l'exposition des travailleurs au trichlorure d'azote par action sur les procédés dans deux secteurs d'activité. » INRS, *Hygiène & sécurité du travail*, 201, ND 2236, 2005).

En échelonnant les activités sur la plage d'ouverture de l'établissement, vous limitez l'apport en matière organique.

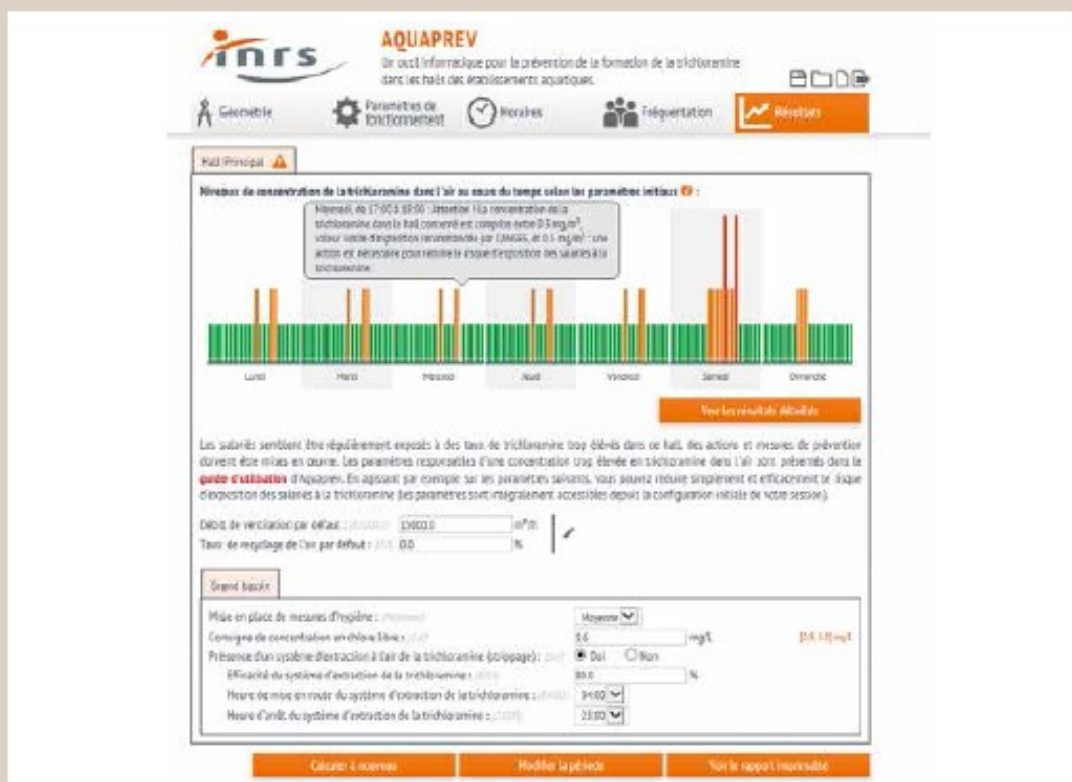


Figure: Aquaprev en image

Conception-rédaction:

Sophie Deleys, INRS, Direction des applications,
 Fabien Gérardin, INRS, département Ingénierie des procédés,
 Cédric Duval, INRS, département information et communication.

POUR EN SAVOIR +

• www.inrs.fr/trichloramine