



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

---

**FACULTE DE PHARMACIE**  
**RECHERCHE DE CHLORAMINES DANS L'AIR DES PISCINES**  
**COUVERTES ET ENQUETE SUR LA GENE OCCASIONNEE**  
**CHEZ LES MAITRES NAGEURS**

**THESE**

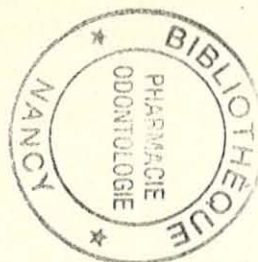
Présentée et soutenue publiquement

le 21 JANVIER 2000

pour obtenir

**le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie**

par Melle MARCHAL Barbara



**Membres du Jury**

**Président :** Monsieur J.C. BLOCK, Professeur de Santé et environnement

**Juges :** Madame F. DAVRAINVILLE, Pharmacien

Madame M. HEISS, Médecin directeur du service municipal d'hygiène et de médecine du travail

Monsieur M. HERY, Ingénieur responsable à l'INRS du laboratoire d'étude générale de l'exposition professionnelle

Monsieur J.M. WERNETTE, Attaché service jeunesse et sport



UNIVERSITE HENRI POINCARÉ – NANCY I

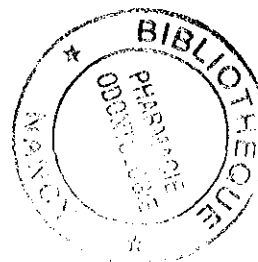
2000

---

FACULTE DE PHARMACIE

RECHERCHE DE CHLORAMINES DANS L'AIR DES PISCINES  
COUVERTES ET ENQUETE SUR LA GENE OCCASIONNEE  
CHEZ LES MAITRES NAGEURS

**THESE**



Présentée et soutenue publiquement

le 21 JANVIER 2000

pour obtenir

**le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie**

par Melle MARCHAL Barbara

Membres du Jury

Président : Monsieur J.C. BLOCK, Professeur de Santé et environnement

Juges : Madame F. DAVRAINVILLE, Pharmacien

Madame M. HEISS, Médecin directeur du service municipal d'hygiène et de médecine du travail

Monsieur M. HERY, Ingénieur responsable à l'INRS du laboratoire d'étude générale de l'exposition professionnelle

Monsieur J.M. WERNETTE, Attaché service jeunesse et sport

BU PHARM. ODONTOL.



D 104 047893 9

# FACULTE DE PHARMACIE

UNIVERSITE Henri Poincaré - NANCY I

## Membres du personnel enseignant

**Doyen** : C. FINANCE

**Vice Doyen** : A. ROVEL

### PROFESSEURS HONORAIRES

M. BERNANOSE André  
M<sup>le</sup> BESSON Suzanne  
M<sup>le</sup> GIRARD Thérèse  
M. MIRJOLET Marcel  
M. PIERFITTE Maurice

### PROFESSEUR EMERITE

M. LOPPINET Vincent

### PROFESSEURS

|                 |                               |   |
|-----------------|-------------------------------|---|
| M.              | ASTIER Alain                  | Pharmacie Clinique                                  |
| M.              | ATKINSON Jeffrey              | Pharmacologie                                       |
| M.              | BAGREL Alain                  | Biochimie fondamentale et clinique, Biotechnologies |
| M <sup>le</sup> | BATT Anne Marie               | Toxicologie   |
| M.              | BLOCK Jean Claude             | Santé et Environnement                              |
| M.              | BONALY Roger                  | Biochimie microbienne                               |
| M <sup>me</sup> | CAPDEVILLE-ATKINSON           | Pharmacologie Cardiovasculaire                      |
| M <sup>me</sup> | FINANCE Chantal               | Microbiologie moléculaire                           |
| M <sup>me</sup> | FRIANT-MICHEL Pascale         | Biomathématiques, Biophysique et Audioprothèse      |
| M <sup>le</sup> | GALTEAU Marie Madeleine       | Biochimie   |
| M.              | HENRY Max                     | Biologie végétale                                   |
| M.              | HOFFMAN Maurice               | Pharmacie clinique                                  |
| M.              | JACQUE Michel                 | Pharmacodynamie                                     |
| M.              | LABRUDE Pierre                | Physiologie   |
| M.              | LALLOZ Lucien                 | Chimie organique                                    |
| M.              | MAINCENT Philippe             | Pharmacie galénique                                 |
| M.              | MARSURA Alain                 | Chimie thérapeutique                                |
| M.              | MARTIN Jean Armand            | Chimie minérale et Minéralogie                      |
| M.              | MORTIER François              | Pharmacognosie                                      |
| M.              | NICOLAS Alain                 | Chimie analytique et Bromatologie                   |
| M.              | REGNOUF DE VAINS Jean Bernard | Chimie Thérapeutique                                |
| M <sup>me</sup> | SCHWARTZBROD Janine           | Bactériologie - Parasitologie                       |
| M.              | SCHWARTZBROD Louis            | Virologie - Immunologie                             |
| M.              | SIEST Gérard                  | Chimie Biologique                                   |
| M.              | SIMON Jean Michel             | Droit et Economie de la Santé                       |
| M.              | VIGNERON Claude               | Hématologie   |

## MAITRES DE CONFERENCES

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Mme ALBERT Monique                | Bactériologie - Virologie                  |
| M. BONNEAUX François              | Chimie Thérapeutique                       |
| M. CATAU Gérald                   | Pharmacodynamie                            |
| M. CHEVIN Jean Claude             | Chimie minérale                            |
| M. CHILLON Jean Marc              | Pharmacologie                              |
| M. COLLIN Jean François           | Pôle européen                              |
| Mme COLLOMB Jocelyne              | Parasitologie                              |
| M. COULON Joël                    | Biochimie                                  |
| M. DECOLIN Dominique              | Chimie analytique                          |
| M. DUCOURNEAU Joël                | Biophysique, Audioprothèse, Acoustique     |
| Mme FAIVRE-FIORINA Béatrice       | GBM - Hématologie                          |
| M. FERRARI Luc                    | Biochimie                                  |
| Mle FONS Françoise                | Biologie Végétale et Mycologie             |
| Mme FUZELLIER Marie Claude        | Pharmacognosie                             |
| M. GANTZER Christophe             | Virologie                                  |
| M. GHERMANI Nour-Eddine           | Biophysique - Biomathématiques             |
| M. GIBAUD Stéphane                | Pharmacie Clinique                         |
| Mme HASENFRATZ-SAUDER Marie Paule | Biologie Végétale                          |
| Mle HINZELIN Françoise            | Biologie végétale et Pharmacognosie        |
| M. HUMBERT Thierry                | Interactions moléculaires                  |
| Mle IMBS Marie Andrée             | Bactériologie - Virologie et Parasitologie |
| M. JORAND Frédéric                | Santé et Environnement                     |
| Mme KEDZIEREWICZ Francine         | Pharmacie Galénique                        |
| Mme LARTAUD-IDJOUADIENE Isabelle  | Pharmacologie                              |
| Mme LEININGER-MULLER Brigitte     | Biochimie                                  |
| M. LEROY Pierre                   | Chimie analytique                          |
| Mme LETOT Michèle                 | Bactériologie - Virologie et Parasitologie |
| Mme LIVERTOUX Marie Hélène        | Toxicologie                                |
| Mme MARCHAL-HEUSSLER Emmanuelle   | Chimie Analytique                          |
| Mme MARCHAND-ARVIER Monique       | Immunologie - Hématologie                  |
| M. MENU Patrick                   | Physiologie                                |
| M. MIGNOT Bernard                 | Physique                                   |
| M. MONAL Jean Louis               | Chimie Thérapeutique                       |
| M. NOTTER Dominique               | Biologie cellulaire                        |
| Mme PAULUS Francine               | Informatique                               |
| Mme PERDICAKIS Christine          | Chimie organique                           |
| Mme PICHON Virginie               | Biophysique                                |
| Mme POCHON Marie France           | Chimie analytique                          |
| Mme ROVEL Anne                    | Immunologie - Hématologie                  |
| M. VISVIKIS Athanase              | Toxicologie                                |
| Mme WELLMAN-ROUSSEAU Maria Monika | Biochimie                                  |
| Mme ZINUTTI Colette               | Pharmacie galénique                        |

## ASSISTANTS

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Mme BEAUD Mariette         | Biologie Cellulaire |
| Mme BERTHE Marie-Catherine | Biochimie           |
| M. DANGIEN Bernard         | Botanique           |
| Mme MOREAU Blandine        | Pharmacognosie      |
| Mme PAVIS Annie            | Parasitologie       |
| M. TROCKLE Gabriel         | Pharmacodynamie     |

## PROFESSEUR ASSOCIE

|                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| Mme GRISON Geneviève | Pratiques officinales |
|----------------------|-----------------------|

## PROFESSEUR AGREGÉ

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| M. COCHAUD Christophe | Anglais |
|-----------------------|---------|

« LA FACULTE N'ENTEND DONNER AUCUNE APPROBATION,  
NI IMPROBATION AUX OPINIONS EMISES DANS LES  
THESES, CES OPINIONS DOIVENT ETRE CONSIDEREES  
COMME PROPRES A LEUR AUTEUR ».

# SERMENT D'APOTHICAIRE



**J**e jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes condisciples :

**D'**honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.

**D'**exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.

**D**e ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

**Q**ue les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

**Q**ue je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.





## A NOTRE DIRECTEUR ET PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur J.C. BLOCK.

Professeur en Santé et Environnement

Nous vous remercions pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de diriger cette thèse et d'en présider le Jury.

Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de notre plus grand respect.

## AUX MEMBRES DU JURY

Madame F. DAVRAINVILLE

Pharmacien

Madame M. HEISS

Médecin directeur du Service municipal d'hygiène et de médecine du travail

Vous nous avez fait la gentillesse d'accepter de juger cette thèse. Veuillez accepter l'expression de nos remerciements les plus sincères.

Monsieur M. HERY

Ingénieur, responsable à l'INRS du laboratoire d'étude générale de l'exposition professionnelle

Nous vous remercions pour votre aide, votre accueil au sein de l'INRS (un grand merci à toute l'équipe de l'INRS, en particulier à Monsieur GERBER), d'avoir permis la réalisation de prélèvements d'air ambiant dans les piscines de Metz et leurs analyses.

Nous sommes honorés de vous compter parmi nos juges.

Monsieur J.M. WERNETTE

Attaché Service Jeunesse et Sports

Nous vous remercions pour votre précieuse collaboration, votre disponibilité au cours de la réalisation de cette thèse, d'avoir permis la mise en place d'une enquête auprès des maîtres nageurs et nageurs de Metz sur les signes d'irritations oculaires et ORL.

Veillez trouver en ce travail, l'expression de notre profonde gratitude.

Mes remerciements vont également au Président de la Société de Natation de Metz, Monsieur P. Arnoux, pour sa collaboration dans la mise en place de l'enquête auprès des nageurs, ainsi qu'au Directeur du Centre Thermal Saint Eloy, Monsieur J.P. Paini, pour la mise en place d'un groupe témoin.

Un grand merci au personnel des piscines pour leur accueil.

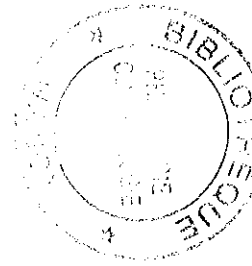
Merci de tout cœur à mes parents,

ma sœur,

mes amis

pour leur soutien et leur gentillesse.

# SOMMAIRE



Pages

## INTRODUCTION

1

## PREMIERE PARTIE : ASPECTS LEGISLATIFS ET BIBLIOGRAPHIQUES

|   |    |
|---|----|
| 1. GENERALITES SUR LES PISCINES   | 3  |
| 2. CONTAMINATION MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU,<br>DES SOLS ET DE L'AIR DES PISCINES | 8  |
| 3. DESINFECTANTS UTILISES DANS LES EAUX DE PISCINES                             | 11 |
| 3.1 Le chlore   | 11 |
| 3.1.1 Les différents produits chlorés utilisés                                  | 11 |
| 3.1.2 La réactivité chimique du chlore en eau de piscine                        | 13 |
| 3.1.3 Réactions du chlore avec les substances azotées                           | 14 |
| 3.1.4 Réactions avec les substances carbonées                                   | 17 |
| 3.2 Le brome  | 18 |
| 3.3 L'ozone   | 19 |
| 4. CHLORE ET DERIVES DANS LES ATMOSPHERES DE PISCINE                            | 20 |
| 4.1 Le chlore : valeur limite d'exposition et intoxications                     | 21 |
| 4.2 Le trichlorure d'azote  | 22 |
| 4.3 Les haloformes  | 26 |

## DEUXIEME PARTIE : ENQUETE SUR LES SIGNES D'IRRITATIONS OCULAIRES, RESPIRATOIRES, ... CHEZ LES MAITRES NAGEURS ET LES NAGEURS DE COMPETITION

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCTION  | 28 |
| 2. MATERIELS ET METHODES   | 30 |
| 2.1 Piscines étudiées (piscine olympique Lothaire et piscine ludique de Belletanche) | 30 |
| 2.2 Méthodes d'analyse de l'eau et de l'air  | 34 |
| 2.2.1 Analyse de l'eau   | 34 |
| 2.2.2 Analyse de l'air   | 34 |

|  |    |
|--|----|
| 2.3 Populations étudiées   | 35 |
| 2.4 Questionnaires   | 35 |
| 3. RESULTATS   | 36 |
| 3.1 Analyses physico-chimiques de l'eau des piscines Lothaire et de Belletanche  | 36 |
| 3.2 Dosages des $\text{NCl}_3$ de l'air des piscines   | 36 |
| 3.3 Résultats du questionnaire rempli par les maîtres nageurs de Metz, le groupe témoin et les nageurs du club de Metz | 45 |
| 4. DISCUSSION  | 56 |

## **TROISIEME PARTIE : DISCUSSION**

|   |    |
|---|----|
| 1. QUELLES SOLUTIONS FACE AUX PROBLEMES<br>DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE DES PISCINES COUVERTES | 59 |
| 1.1 Le chlore et ses dérivés  | 59 |
| 1.2 L'ozone   | 60 |
| 1.3 La ventilation : un meilleur renouvellement de l'air  | 61 |
| 1.4 Autres mesures concernant la qualité de l'eau   | 62 |
| 1.5 Hygiène des baigneurs et amélioration des locaux  | 62 |
| 1.5.1 Information du personnel des piscines et des usagers                                      | 63 |
| 1.5.2 Equipements sanitaires et amélioration des locaux   | 63 |
| 2. ROLE DU PHARMACIEN D'OFFICINE  | 64 |

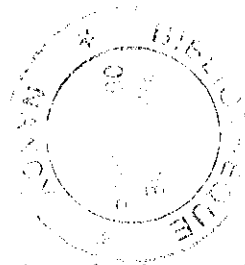
|                   |    |
|-------------------|----|
| <b>CONCLUSION</b> | 71 |
|-------------------|----|

|                   |    |
|-------------------|----|
| <b>REFERENCES</b> | 73 |
|-------------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| <b>ANNEXES</b> | 76 |
|----------------|----|

|          |    |
|----------|----|
| ANNEXE 1 | 76 |
|----------|----|

|          |    |
|----------|----|
| ANNEXE 2 | 82 |
|----------|----|



## INTRODUCTION

Depuis quelques années, les activités de loisirs prennent une place de plus en plus importante et, parmi elles, les loisirs aquatiques bénéficient d'un engouement certain : on assiste ainsi à une véritable diversification du public dans les piscines où toutes les tranches d'âge et catégories sociales se retrouvent dans un même lieu de loisirs. Les piscines sont sans doute appelées à connaître un développement important, et de plus en plus de toboggans, bains à remous, jacuzzis, ..., sont mis à la disposition des usagers.

Actuellement, les pathologies microbiennes liées à l'eau sont très rares dans les piscines publiques, en raison de la bonne qualité des eaux de celle-ci (Hartemann, 1994). En revanche, les pathologies microbiennes liées à un mauvais entretien des surfaces (en particulier les verrues) sont encore fréquentes mais maîtrisables par l'amélioration de la désinfection des sols (Hartemann, 1994). Un risque nouveau de type chimique est apparu, lié à la pollution de l'air, qui représente aujourd'hui un plus grand souci que la pollution microbiologique pour les concepteurs et les gestionnaires de bassins, en vue de respecter une politique d'économie d'énergie mise en place ces dernières années.

La pollution de l'air des halls des piscines couvertes est principalement représentée par les chloramines qui sont les produits des réactions entre le chlore et les polluants apportés par les baigneurs (Héry et al., 1994). Leur pouvoir irritant a été étudié par l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité).

Muller et Bartsch (1997) retiennent comme définition d'une atmosphère polluée : "un ensemble complexe de gaz et de particules caractérisé par la présence de composants que l'on ne trouve pas dans l'air pur ou par la concentration excessive de certains constituants habituels de l'air". Dans notre cas, il s'agit de composants que l'on ne trouve pas dans l'air pur car ils sont formés dans l'eau et, par leur caractère volatil, se retrouvent dans l'atmosphère des halls des piscines. Ce phénomène est d'autant plus présent dans les piscines dites ludiques, où des bains à remous et autres existent (Héry et al., 1994).

Dans une première partie bibliographique, des généralités présentent succinctement le fonctionnement et les aspects législatifs des piscines, ainsi que le système de ventilation. Les désinfectants pouvant être utilisés pour la stérilisation de l'eau sont ensuite étudiés, en

particulier le chlore qui est un des vecteurs de la formation des chloramines. Enfin, différentes études publiées sur la présence de produits chlorés dans les atmosphères de piscine sont ensuite abordées.

L'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) s'est particulièrement intéressé au problème des chloramines et, en se basant sur leurs résultats, le point est fait, dans une deuxième partie, sur une enquête mise en place auprès des maîtres nageurs et des nageurs de compétition de Metz ; ainsi que sur les prélèvements d'air ambiant effectués dans les piscines de Metz, dont la méthode et l'analyse ont été mises au point par l'INRS.

Enfin, dans une troisième partie, les différentes solutions face à ce risque nouveau dans les piscines sont débattues et la mise en place de fiches d'information est proposée.

## **PREMIERE PARTIE : ASPECTS LEGISLATIFS ET BIBLIOGRAPHIQUES**

### **1. GENERALITES SUR LES PISCINES**

Selon le décret du 7 avril 1981, une piscine est "un établissement ou une partie d'établissement qui comporte un ou plusieurs bassins artificiels utilisés pour les activités de bain ou de natation". Les piscines peuvent être classées selon trois critères : le système de fonctionnement, le caractère public ou privé et l'environnement (Plançon, 1984). Il existe deux modes de circulation de l'eau : d'une part les piscines à circuit ouvert dans lesquelles l'eau, après simple passage, est évacuée définitivement et directement par vidange et l'évacuation se fait de façon continue ou de façon intermittente ; et d'autre part les piscines à circuit fermé dans lesquelles un volume horaire d'eau est constamment prélevé dans la piscine pour subir un traitement. C'est ce mode de circulation de l'eau qui est principalement utilisé puisqu'il est utilisé dans les piscines publiques. On différencie les piscines publiques qui regroupent les piscines municipales, les piscines semi-publiques qui regroupent les piscines des hôtels, des campings et les piscines privées qui regroupent les piscines des particuliers. Enfin, on distingue les piscines de plein air, les piscines couvertes dont le bâtiment peut toutefois permettre l'accès à des espaces en plein air contigus et les piscines mixtes qui regroupent dans un même établissement des bassins couverts et de plein air ou bien, ce sont des structures transformables permettant soit de couvrir soit de découvrir les abords.

Les piscines sont généralement alimentées par de l'eau de distribution de l'agglomération. Un vingtième de l'eau de la piscine est rejeté au niveau des égouts et remplacé par l'eau de ville (Risse, 1998). Le recyclage des eaux de piscine en circuit fermé consiste en un dispositif d'arrivée et de reprise des eaux de piscines. Ce circuit doit être conçu de telle sorte que les pollutions organiques apportées par les baigneurs (par exemple : phanères, urines, ...) soient éliminées rapidement en n'importe quel point du bassin. Le système en circuit fermé permet ainsi le traitement de l'eau des piscines et consiste en une préfiltration, une filtration et une désinfection. Un produit neutralisant (carbonate de calcium), permettant d'ajuster le pH, ainsi qu'un coagulant (sulfate d'alumine), permettant d'agglomérer la matière colloïdale en suspension dans l'eau pour la faire décanter, sont ajoutés selon les besoins. Lors du recyclage, l'eau passe aussi à travers un échangeur

thermique qui la réchauffe et la maintient à la température de 25 à 28 °C dans les piscines couvertes. Deux types de recirculation (ou recyclage ou hydraulité) sont utilisés qui sont une recirculation inversée et une recirculation mixte. Pour la recirculation inversée, les eaux traitées arrivent (refoulement de l'eau traitée) par le fond du bassin ou par les parois verticales, soit à l'aide d'un caniveau placé longitudinalement dans l'axe et au fond du bassin, soit à l'aide de plusieurs bouches disposées en divers points et au fond du bassin (Figure 1). La reprise des eaux contaminées se fait exclusivement par la surface, dans les goulottes pour les piscines de collectivités. Ce système ne permettant pas l'élimination en continu des grosses impuretés de densité supérieure à celle de l'eau, il est ainsi nécessaire de nettoyer quotidiennement avec un balai - aspirateur. Le choix judicieux de l'emplacement des bouches de refoulement permet de limiter ces dépôts. Pour la recirculation mixte, l'arrivée de l'eau traitée s'effectue en plusieurs points du bassin (par le fond et les parois) et la reprise des eaux contaminées se fait à la fois par le fond et par la surface (les goulottes) (Figure 2). Ce système permet théoriquement d'éliminer à la fois les impuretés légères par la surface et les plus lourdes par le fond. Mais, il entraîne une difficulté de réglage des bouches de refoulement, la grille de fond est en dépression (risque d'accident) avec une reprise limitée des dépôts car il existe un faible débit au niveau de cette grille de fond (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

Les piscines sont soumises au décret n° 81-324 du 7 avril 1981, modifié par le décret n° 91-380 du 20 septembre 1991 qui traite les normes d'hygiène et de sécurité applicables aux piscines et aux baignades aménagées. L'hygiène des piscines s'applique à l'eau de baignade ainsi qu'aux annexes (vestiaires, pourtour des piscines, etc). L'eau des bassins, qui doit être filtrée, désinfectée et désinfectante, a un pH qui doit être compris entre 6,9 et 8,2. Les eaux coulant sur les plages ne doivent pas pouvoir pénétrer dans un bassin. Elles sont évacuées par un dispositif distinct du circuit emprunté par l'eau des bassins. Une seule installation de traitement de l'eau pour plusieurs bassins peut être réalisée, à condition que chaque bassin possède ses propres dispositifs d'alimentation et d'évacuation et que les apports de désinfectant correspondent aux besoins. Dans les établissements où la superficie des bassins est supérieure ou égale à 240 mètres carrés, les accès aux plages comportent des pédiluves conçus de façon que les baigneurs ne puissent les éviter. Ils sont alimentés en eau courante et désinfectante non recyclée et vidangée quotidiennement. Le contrôle physico-chimique et microbiologique est sous la responsabilité des autorités sanitaires (DDASS). Il est effectué chaque mois par un laboratoire agréé par le ministre chargé de la santé ou deux fois



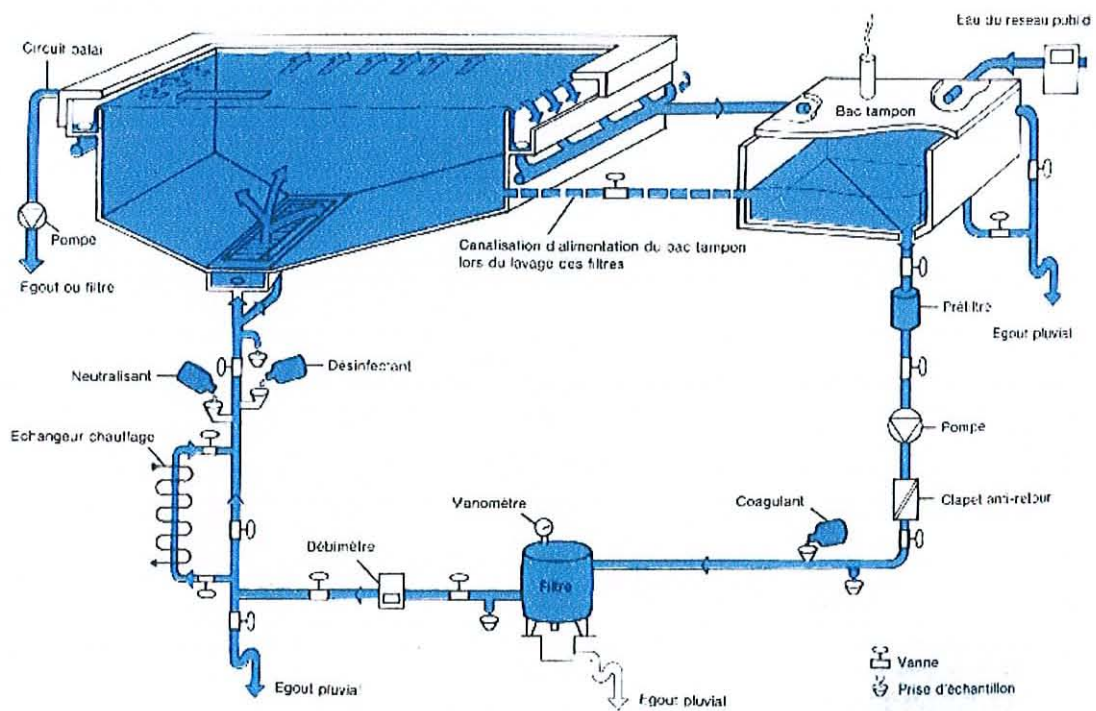


Figure 1 : Schéma d'une installation de piscine fonctionnant en recirculation inversée

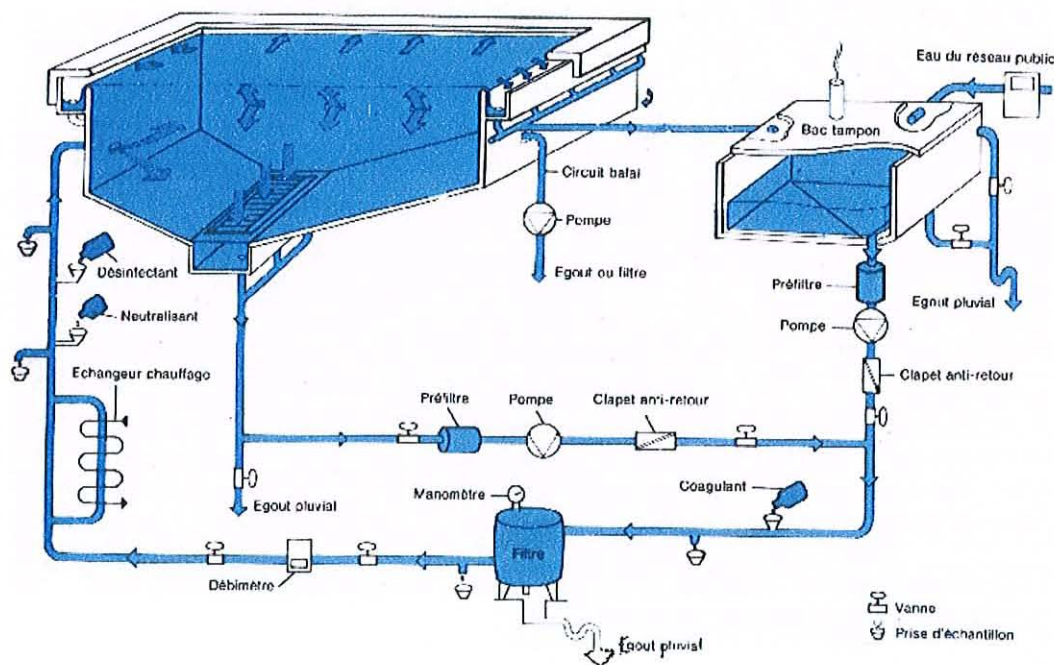


Figure 2 : Schéma d'une installation de piscine fonctionnant en recirculation mixte

par mois, en cas de forte fréquentation dans les piscines de plein air. Les normes microbiologiques sont les suivantes :

- bactéries revivifiables : moins de 100 dans 1 ml à 37 °C
- coliformes totaux : moins de 10 dans 100 ml avec absence de coliformes fécaux (*Escherichia coli*, streptocoques fécaux du groupe D, *Clostridium* sulfito-réducteurs).

L'apport d'eau neuve (au minimum 30 l / baigneur / j) au circuit des bassins doit se faire en amont de l'installation de traitement et un renouvellement de l'eau des bassins doit être effectué chaque jour d'ouverture. Une vidange complète des bassins est assurée au moins deux fois par an. Pour maintenir une qualité d'eau satisfaisante, l'eau est filtrée continuellement. La filtration est une des phases essentielles de traitement des eaux de piscines qui précède et conditionne l'efficacité de la désinfection. Ses objectifs sont à la fois d'assurer la rétention des particules en suspension et des matières colloïdales (la filtration "clarifie" l'eau) et de limiter les apports de désinfectant grâce à l'obtention d'une eau "clarifiée". La filtration doit être réalisée par passage de l'eau sur des filtres à sable ou à diatomées (les diatomées sont des algues brunes unicellulaires dont le squelette siliceux subsiste et forme, après fossilisation, une roche blanche et poreuse appelée la diatomite) ou à membrane (pour les piscines familiales), avec un dispositif de contrôle de l'encrassement sur chaque filtre. Quant à la désinfection, elle s'effectue avec des agents oxydants (produits chlorés, brome, ozone), à l'exception du baquacil (polyhexaméthylène biguanide : PHMB) qui est un agent non oxydant pouvant être autorisé à titre temporaire. L'injection des produits chimiques ne doit pas se faire directement dans les bassins mais par un dispositif d'injection monté sur le système de recyclage de l'eau.

La législation en vigueur prend ainsi en compte de façon tout à fait satisfaisante la qualité de l'eau des bassins de telle sorte que les pathologies liées à l'eau sont rares. Ce sont les installations privées qui sont plus exposées à des risques de contamination bactérienne. En ce qui concerne l'entretien de l'installation des piscines, la législation est plutôt déficiente (et même absente pour les piscines privées à usage familial). De même, la qualité de l'air n'est pas prise en compte.

En ce qui concerne la ventilation des piscines, il faut savoir que depuis les différents chocs pétroliers, une nouvelle approche de la maîtrise de l'énergie et donc de l'exploitation thermique des équipements publics s'est instaurée. Les piscines prévues avec des systèmes de ventilation « tout air neuf », sans récupération d'énergie, se sont donc révélées particulièrement coûteuses en fonctionnement énergétique. Lorsqu'en 1982, avec la

décentralisation, la gestion des piscines revient intégralement aux collectivités locales, celles-ci s'aperçoivent des conséquences financières de cette conception et cherchent à réduire les frais d'exploitation. Des travaux sont alors réalisés pour réduire le débit de l'air neuf.

En piscine, le bon suivi de l'hygrométrie et la température conditionne le confort. Ainsi, la température moyenne recommandée est d'environ 27°C pour le hall des bassins. L'humidité relative correcte du hall des bassins doit être comprise en général entre 50 et 80 % : une atmosphère trop humide entraîne des dégradations du bâtiment et des développements de moisissures et une atmosphère trop sèche entraîne une sensation de froid, en accélérant l'évaporation de l'eau au contact de la peau (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

Les prescriptions relatives à la ventilation des piscines sont données par le Règlement Sanitaire Départemental : minimum 22 m<sup>3</sup> / h / baigneur.

La centrale de traitement d'air du hall bassins réunit dans un caisson tous les éléments nécessaires pour assurer les fonctions suivantes : filtration de l'air, chauffage du hall des bassins, renouvellement d'air neuf, déshumidification avec contrôle hygrométrique et récupération de chaleur. Deux types de centrales de traitement d'air du hall bassins existent sur le marché qui sont les centrales à modulation d'air neuf et les centrales avec pompe à chaleur. Les centrales à modulation d'air neuf consistent à piloter le renouvellement et le recyclage de l'air neuf en fonction des conditions hygrométriques intérieures. Une récupération de chaleur est prévue sur l'air extrait. Les centrales avec pompe à chaleur sont des systèmes de traitement d'air avec un contrôle hygrométrique assuré par la batterie froide d'une pompe à chaleur (PAC). Le débit d'air neuf peut être fixe (anciennes installations / système non satisfaisant) ou variable. Le meilleur compromis est une centrale dans laquelle la déshumidification par PAC ne traite qu'une partie de l'évaporation des bassins (par exemple 80 % du débit d'évaporation quand la piscine est inoccupée), l'excédent étant traité par appoint modulé d'air neuf. D'après l'Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène (1990), tous les systèmes de recyclage de l'air présentent l'inconvénient de concentrer les polluants dans l'atmosphère, dont les chloramines.

## 2. CONTAMINATION MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU, DES SOLS ET DE L'AIR DES PISCINES

La contamination microbiologique de l'eau, des sols et de l'air des piscines est liée à la présence éventuelle de micro-organismes qui sont classés en quatre catégories : les bactéries, les virus, les champignons et les protozoaires.

La concentration humaine dans l'eau et les annexes (douches, vestiaires) facilitant l'échange des germes entre les individus ; l'atmosphère humide et tiède favorable à la survie et au développement de germes ; ainsi qu'une peau mouillée, ramollie, qui est plus sensible à la pénétration de certains micro-organismes lorsqu'elle est au contact de surfaces présentant des aspérités comme les revêtements antidérapants, sont des facteurs favorisant cette contamination microbiologique (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990 ; Risse, 1998).

Ce sont les baigneurs qui sont, en grande partie, responsables de cette contamination : ceux-ci hébergent constamment des germes, généralement commensaux mais parfois pathogènes 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, les cosmétiques et les huiles solaires qu'ils utilisent (Géhin, 1987 ; Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

En ce qui concerne les bactéries, le nombre de celles-ci réellement pathogènes est relativement faible par rapport à celles inoffensives. Le risque d'infections bactériennes dues à la fréquentation de la piscine est toutefois possible (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990). On distingue deux types d'organismes pathogènes : les pathogènes spécifiques qui sont responsables de maladies chez le sujet sain, malgré les défenses immunitaires de ce dernier et les pathogènes opportunistes qui provoquent une maladie chez un hôte dont les défenses ont été préalablement affaiblies. La pathogénicité de ces organismes ne s'expriment que si les conditions leur sont favorables. D'après Hartemann (1994), les pathologies classiquement rencontrées dans les piscines sont dues à la présence éventuelle de micro-organismes pathogènes tels que *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium balnei* et *Legionella*.

a) *Pseudomonas aeruginosa*

C'est une bactérie de l'environnement encore appelé bacille pyocyanique, à Gram négatif aérobic strict, qui fait partie de la flore commensale de l'homme (on la retrouve dans le tube digestif) (Avril, 1988). C'est le type même de la bactérie opportuniste (Géhin, 1987). Elle est retrouvée dans les otites et les sinusites (chez les nageurs habituels) ou dans les folliculites par injection sous le derme suite à un hydromassage (Hartemann, 1994). Il est à noter que les légionelloses et les folliculites à *Pseudomonas* sont surtout rencontrées dans les installations privées à usage public, non déclarées à la DDASS, qui n'utilisent pas toujours des produits ou des procédés agréés (Risse, 1998).

b) *Staphylococcus aureus*

C'est un cocci à Gram positif (asporogène). Ce germe est répandu dans la nature et vit à l'état commensal (Géhin, 1987 ; Avril, 1988). Il est ainsi porté dans la gorge (20 à 30 % de porteurs sains) et sur la peau et il peut entraîner des troubles O.R.L (oto-rhino-laryngologie), voire cutanés (furoncles, panaris) (Hartemann, 1994).

c) *Mycobacterium balnei*

C'est une mycobactérie atypique qui est un bacille aérobic strict, saprophyte mais non commensal : son origine serait l'eau d'alimentation (Géhin, 1987). Cette bactérie est responsable de troubles cutanés (le granulome des piscines) à un endroit où une excoriation ou un point de friction (zones d'appuis lors de la sortie de l'eau par la margelle : pieds, mains, coudes, genoux) a permis la contamination (Hartemann, 1994 ; Dailloux et al., 1999). Selon Dailloux et al. (1999), elle a été isolée au niveau des piscines insuffisamment chlorées et, d'après Hartemann (1994), les mycobactéries atypiques sont plus résistantes aux traitements désinfectants que les micro-organismes indicateurs de contamination fécale. Ceux-ci sont qualifiés de « germes-tests » car leur présence, recherchée au cours des analyses bactériologiques de contrôle de la qualité des eaux de piscine, indique la non-efficacité du traitement de désinfection et donc la possibilité d'une contamination par des germes pathogènes (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

d) Les bactéries du genre *Legionella*

Ce sont des germes banaux d'environnement (bacilles considérés comme étant à Gram négatif aérobic strict) qui trouvent dans les atmosphères humides des conditions propices de survie. Elles peuvent ainsi être inhalées dans les aérosols créés à la surface de

l'eau (par des remous). Dans certains cas, elles peuvent être pathogènes et responsables de légionelloses, provoquant des pneumopathies aiguës pouvant devenir très sévères. Il est à noter que les aérosols sont aussi générés dans la climatisation des installations et c'est par une conception et une maintenance rigoureuse des systèmes de traitement d'air que le risque de légionellose est réduit (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990). Comme pour le cas des folliculites à *Pseudomonas*, les légionelloses sont surtout rencontrées dans les installations privées à usage public, non déclarées à la DDASS, qui n'utilisent pas toujours des produits ou des procédés agréés (Risse, 1998).

En ce qui concerne les virus, ces micro-organismes représentent, avec les champignons, le risque majeur de pathologie cutanée dans les piscines : les verrues plantaires (Géhin, 1987). Celles-ci sont dues à un virus du genre Papillomavirus et sont fréquentes (Hartemann, 1994). La source de contamination est représentée par les surfaces mal désinfectées des sols des vestiaires, douches, toilettes, plages humides (Hartemann, 1994). Il est à noter que le virus du sida (VIH) est peu résistant aux désinfectants. La contamination du VIH ne peut se faire par contact entre la peau et l'eau de piscine ou par l'ingestion involontaire d'eau (Hartemann, 1994).

Enfin, les champignons, en particulier les dermatophytes, sont présents sur des surfaces et des sols mal désinfectés et sont responsables de mycoses. En fait, des squames parasitées détachées de lésions se trouvent dispersées sur le sol des piscines et sont transportées par les sujets marchant pieds-nus (Géhin, 1987). Si les conditions le permettent (macération, micro-traumatisme, ...), les champignons qu'elles hébergent peuvent s'implanter et créer une infection (Géhin, 1987). Les surfaces rugueuses ou antidérapantes, ainsi que l'atmosphère humide sont des conditions favorables au développement des champignons (Géhin, 1987). Les mycoses sont responsables de lésions qui siègent principalement aux extrémités. Ainsi, on peut rencontrer :

- “le pied d'athlète” qui est une sorte d'eczéma localisé surtout entre les orteils, survenant souvent chez les nageurs lorsque la peau est insuffisamment séchée ;
- un eczéma marginé de Hébra au niveau des plis inguinaux et fessiers ;
- un onyxis et perionyxis au niveau des ongles, caractérisé par un bourrelet inflammatoire (Risse, 1998).

L'installation de lave-pieds et leur utilisation obligatoire, situés à proximité des douches et, pour le public non baigneur, un lavabo, un WC, un urinoir prévus de façon qu'il n'accède pas à la « zone de circulation pied nus » sont des solutions qui peuvent être envisagées pour limiter la contamination par les champignons (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

### 3. DESINFECTANTS UTILISES DANS LES EAUX DE PISCINES

Divers produits désinfectants sont utilisés dans les piscines afin de mettre à la disposition des baigneurs des eaux de bonne qualité. Les eaux de piscines traitées permettent à la fois de limiter les risques infectieux et de réduire au maximum la pollution apportée par les baigneurs.

Un désinfectant est un produit utilisé pour la désinfection ou la décontamination, dans des conditions définies. Si le produit est sélectif, cela doit être précisé. Ainsi, un désinfectant ayant une action limitée aux champignons est désigné par désinfectant à action fongicide (Risse, 1998).

#### 3.1 Le chlore

##### 3.1.1 Les différents produits chlorés utilisés

Le chlore est le produit le plus couramment utilisé comme produit désinfectant. Les différents produits chlorés utilisés pour la désinfection des eaux de piscine sont essentiellement le chlore gazeux et l'eau de Javel. Les produits dérivés de l'acide isocyanurique sont aussi utilisés comme source de chlore : les chlorocyanuriques (Géhin, 1987 ; Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

Le chlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ ) est un gaz de couleur verdâtre, plus lourd que l'air, toxique, suffocant, utilisé essentiellement dans les piscines municipales. Il se dissout dans l'eau pour former "l'eau de chlore", mélange d'acide hypochloreux ( $\text{HClO}$ ) et d'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ). Ses avantages sont la formation d'acide hypochloreux (chlore actif) ; une mise en œuvre simple avec un réglage précis, un entretien aisé (pas d'entartrage) et une grande autonomie ; le pouvoir oxydant de  $\text{Cl}_2$  est conservé dans le temps (pouvoir désinfectant rémanent) et le coût de fonctionnement est réduit. De plus, la distance stockage / point d'injection est indifférente. Ses inconvénients sont la formation d'acide chlorhydrique qui fait diminuer le pH ; la nécessité de précautions pour le stockage et la manipulation des

bouteilles ; et le fait que  $\text{Cl}_2$  forme avec l'eau des composés sensibles aux rayons ultra-violet. Le chlore gazeux est livré liquéfié, sous basse pression, dans des bouteilles d'acier. Après détente dans un chloromètre, la solution d'eau de chlore est produite dans un hydroéjecteur pour être injectée dans le circuit de retour de l'eau dans le bassin (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

L'eau de Javel est une solution d'hypochlorite de sodium ( $\text{NaClO}$ ) et de chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ), très utilisée dans les piscines de petites et moyennes collectivités. Sa concentration est exprimée en degrés chlorométriques : le degré chlorométrique correspond à 3,17 g de chlore libre par litre de solution. Mélangée à l'eau, l'eau de Javel forme de l'acide hypochloreux ( $\text{HClO}$ ) et des ions hydroxyde et sodium. L'eau de Javel alcalinise donc l'eau des bassins (d'où l'adjonction d'un acide pour ajuster le pH) et il y a un risque d'entartrage de la pompe doseuse, permettant l'injection dans le circuit de traitement, notamment lorsque l'eau est calcaire. De plus, il est impératif de faire attention à ne pas mélanger des solutions d'eau de Javel avec un acide et les chlorocyanuriques : il y a un dégagement important de gaz chlorés très irritants (Géhin, 1987 ; Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

Les chlorocyanuriques sont des produits solides qui, par hydrolyse, libèrent de l'acide hypochloreux et de l'acide isocyanurique ( $\text{C}_3\text{N}_3\text{O}_3\text{H}_3$ ). Celui-ci est un simple stabilisant du chlore vis à vis des rayons ultra-violet. Les chlorocyanuriques sont ainsi principalement utilisés dans les bassins de plein air ou mixte car ce sont une source de chlore résistante aux rayons ultra-violet et ils permettent la réduction des consommations de chlore en piscines de plein air. Cependant, ils sont parfois employés à faibles concentrations dans les bassins couverts pour leurs propriétés secondaires car ce sont des produits solides stables, faciles à manipuler, moins dangereux que les produits chlorés plus traditionnels et leur emploi entraîne peu de variations du pH et modifie peu l'équilibre de l'eau. On utilise des chlorocyanuriques sous forme de galets pour la désinfection des pédiluves. Un autre avantage non négligeable est à signaler : ces produits permettent le ralentissement de la formation des dérivés chlorés indésirables (chloramines, haloformes, ...). Par contre, leurs inconvénients sont tout d'abord un coût relativement élevé, d'où l'intérêt de bien maîtriser leur concentration ; ainsi qu'une dissolution lente des produits dans l'eau froide et la nécessité de stocker les produits dans un endroit sec car, en atmosphère humide, il y a risque de dégagement de chlore. De plus, il existe une contrainte de fonctionnement pour maîtriser la



teneur en acide isocyanurique (entre 30 et 50 mg/l) et un renforcement de la surveillance de la qualité bactériologique de l'eau peut être nécessaire : l'addition d'un stabilisant ne change pas la teneur en chlore libre mais diminue la teneur en chlore actif. Enfin, il est nécessaire de ne jamais ajouter d'eau de Javel avec les chlorocyanuriques dans le bac des pompes doseuses sous peine de provoquer une élévation de température et le dégagement de chlore gazeux ; et de ne jamais utiliser les composés à base d'acide isocyanurique dans une eau contenant du brome car les bromocyanurates formés sont très stables et donc peu bactéricides et peu désinfectants (Géhin, 1987 ; Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

### 3.1.2 La réactivité chimique du chlore en eau de piscine

Dans le cas du chlore gazeux, après introduction dans une eau de piscine, il donne naissance à la réaction suivante :  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$  ; HOCl = acide hypochloreux. L'acide hypochloreux s'ionise suivant le pH pour donner :  $\text{HOCl} = \text{H}^+ + \text{ClO}^-$  ;  $\text{ClO}^-$  = ions hypochlorites. Lorsque la solution est acidifiée, l'équilibre se déplace dans le sens de la formation d'acide hypochloreux ; en dessous de  $\text{pH} = 6,0$  presque tout le chlore libre est sous forme d'acide hypochloreux.

L'acide hypochloreux est un puissant antiseptique, tandis que l'ion hypochlorite l'est moins. L'activité germicide du chlore dépend donc du pH de l'eau à traiter. La réglementation impose de maintenir le pH entre 6,9 et 7,7 pour une désinfection avec un produit chloré. En eau de piscine où les matières azotées sont constamment émises par les baigneurs, c'est à un pH voisin de 7,5 qu'on obtient l'optimum d'acide hypochloreux, et, par le fait même, l'optimum de l'activité germicide (Scotte, 1984).

L'acide hypochloreux est la forme active du chlore : il lui confère son pouvoir désinfectant. L'acide hypochloreux et les ions hypochlorites constituent le chlore libre.

Le chlore réagit avec un certain nombre de matières minérales et organiques contenues dans l'eau des bassins ; cette consommation de chlore est appelée demande en chlore de l'eau. Les matières minérales sont des ions métalliques (fer, manganèse, ...) présents dans l'eau d'alimentation ou résultant d'une corrosion des canalisations. Les matières organiques proviennent essentiellement des substances azotées (sueur, urine, lipides de la peau, cosmétiques, ...) apportées par les baigneurs (Seux, 1988). En présence d'un excès de chlore, ces composés se décomposent de façon très lente pour former des chloramines minérales. Une partie du désinfectant est donc consommée pour la destruction des matières

azotées présentes dans l'eau ; tandis que l'autre partie conserve ses propriétés désinfectantes. Cette fraction du chlore constitue le chlore résiduel. L'ensemble des chloramines et autres composés organiques du chlore est appelé chlore combiné.

Dans une eau " pure ", on retrouve quasiment la même quantité de chlore résiduel que celle introduite. Dans une eau de piscine, trois phases sont essentiellement observées après celle de la demande en chlore de l'eau (Figure 3 : courbe du point de rupture).

- Dans la phase une, le chlore introduit oxyde les matières organiques et forme les chloramines.
- Dans la phase deux, le chlore apporté sert à détruire ces chloramines. En fait, les molécules organiques simples sont transformées en matières minérales ( $\text{NO}_3$ , chlorures,  $\text{N}_2$ , ...) . mais les baigneurs introduisent des composés organiques complexes de telle sorte que la vitesse de transformation de ces matières organiques est plus lente. Au point de rupture, il reste ainsi les produits de réaction avec les matières organiques de formule plus complexes. La valeur du chlore combiné résiduel est fonction de la concentration de ces molécules complexes et donc de la quantité de composés organiques provenant des sécrétions physiologiques des baigneurs.
- Dans la phase trois, le chlore apporté sert à améliorer le pouvoir désinfectant de l'eau mais aussi à la formation des composés organiques chlorés à transformation lente : le chlore combiné.

D'où la nécessité de limiter l'introduction par les baigneurs de toutes matières organiques dans l'eau des bassins (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990). D'après Seux (1988), l'évolution des teneurs en chlore combiné est très dépendant du volume d'eau disponible par baigneur selon l'étude réalisée dans plusieurs piscines.

### 3.1.3 Réactions du chlore avec les substances azotées

Lors de la désinfection des eaux par le chlore, les consommations de réactifs observées dépendent essentiellement de la nature et des concentrations en substances organiques qu'elles contiennent. Les fonctions azotées, provenant des substances organiques, présentent une grande réactivité avec l'acide hypochloreux ou l'ion hypochlorite et conduisent à des chloramines dont l'activité germicide est moindre que celle du chlore libre (Seux, 1988).

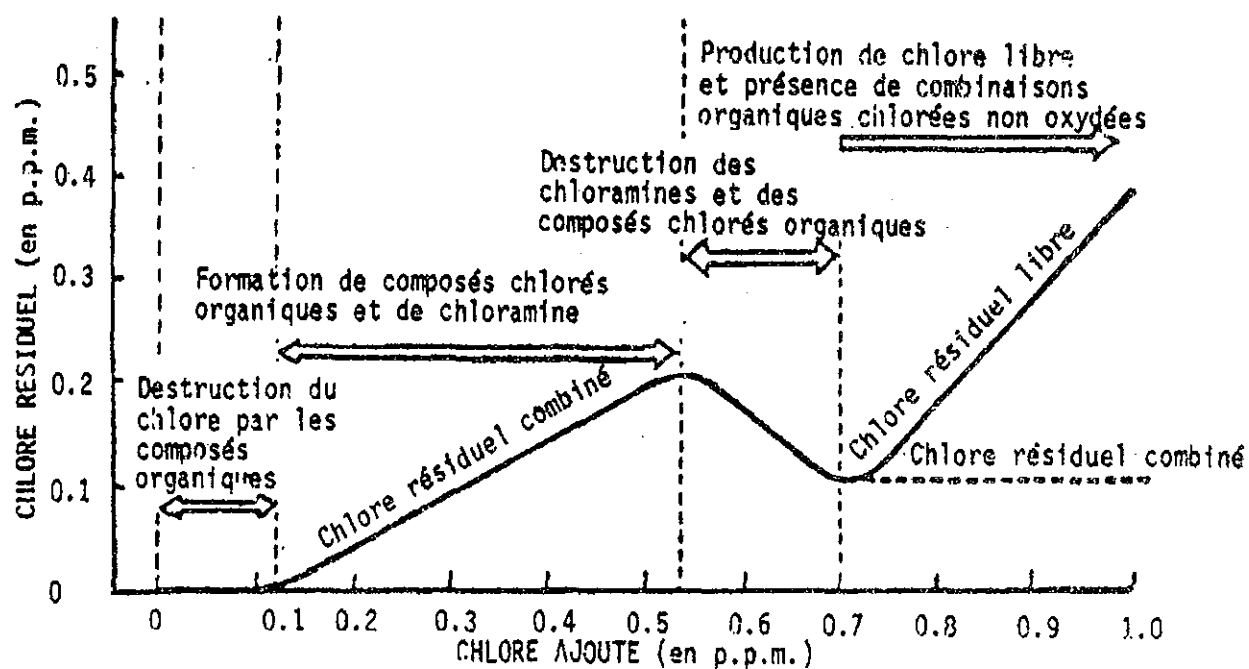
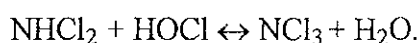
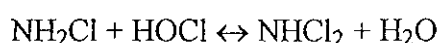


Figure 3 : Courbe du point de rupture ou break-point

Les formations des différentes chloramines sont la cause principale des irritations ressenties par les baigneurs à la fois dans et en - dehors de l'eau : contrairement à l'idée reçue, ce n'est pas une eau prétendue "surchlorée" qui est responsable de phénomènes d'irritation oculaire et rhinopharyngée, mais plutôt les chloramines qui sont des composés volatils, irritants, lacrymogènes et moins germicides que le chlore (Risse, 1998).

La réaction entre l'acide hypochloreux et l'ion ammonium ont montré que celle-ci est très rapide et conduit successivement à la monochloramine ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ), la dichloramine ( $\text{NHCl}_2$ ) et la trichloramine ( $\text{NCl}_3$ ), encore appelée trichlorure d'azote (Seux, 1988 ; Joyeux, 1994) :



La répartition des produits obtenus dépend étroitement du pH et du rapport  $R = (\text{HOCl}) / \text{NH}_4^+$ ). A pH = 7,5, on observe une prédominance de :

$\text{NH}_2\text{Cl}$  pour  $R < 1$

$\text{NHCl}_2$  pour  $1,5 < R < 2,5$

$\text{NCl}_3$  pour  $R > 2,5$ .

Le rapport en masse Cl / N (soit R) doit être supérieur à 9 pour obtenir la destruction de l'ammoniaque, et éviter la formation des chloramines. En d'autres termes, si les baigneurs émettent 0,2 p.p.m. d'azote ammoniacal dans le bassin, pour éviter la formation de chloramine, il est nécessaire de maintenir environ 9 fois plus de chlore en masse soit au moins 1,8 p.p.m. et ce pendant plusieurs heures en supposant qu'il n'y aura pas d'apport ultérieurement (Scotte, 1984).

Parmi les substances organiques apportées par les baigneurs dans l'eau des bassins, l'urée occupe une place privilégiée puisqu'elle représente 60 % de l'azote émis et se retrouve dans les eaux de piscine à une concentration qui varie généralement de 1 à 3 mg / l (Seux, 1988 ; Joyeux, 1994). L'urée est un contaminant soluble amené entre autre par les rejets en sueur et en urine. Selon certains auteurs, les volumes horaires moyens des rejets en urine d'un baigneur seraient de 25 à 60 ml (Seux, 1988). La quantité de sueur sécrétée par un homme peut varier de 0,1 à 1 l / h en fonction de l'intensité de son activité (Seux, 1988). On peut donc voir dans l'urée la source la plus importante de formation de chloramines. Pour ce qui est de l'évolution de l'urée sous l'action du chlore, l'analyse des différents substrats

produits lors de la chloration de l'urée montre que, quelles que soient les valeurs du pH et du rapport molaire  $R = (\text{Cl}_2) / (\text{urée})$ , on obtient des chloramines minérales (monochloramine, dichloramine, trichloramine) et du gaz carbonique avec acidification du milieu (Seux, 1988). Les réactions de dégradation de l'urée sous l'action du chlore sont lentes. En effet, une eau de piscine est un milieu réactionnel permanent, puisqu'il y a, d'une part, un apport continu de matières azotées en provenance des baigneurs (sueur, urine, mucus ... apportant essentiellement de l'urée), et, d'autre part, un apport de chlore lors de la recirculation des eaux. Il s'établit ainsi dans ce milieu un équilibre complexe entre le chlore libre, les matières azotées et les dérivés chlorés (Scotte, 1984). Les résultats de Seux (1988) ont montré que les réactions du chlore avec l'urée, pour différentes valeurs du pH et du rapport R, à la température ambiante, forment du di- et trichloramine (forme la plus volatile) en quantités sensiblement égales, mais on observe une augmentation très nette du pourcentage de trichlorure d'azote ( $\text{NCl}_3$ ) avec l'élévation du rapport R.

La créatinine et la créatine sont, comme l'urée, issues des sécrétions physiologiques apportées par les baigneurs et leurs concentrations peuvent atteindre plusieurs dizaines de milligrammes dans les eaux de piscine (Joyeux, 1994). La présence de ces composés dans les eaux de piscine est responsable de réactions complexes et conduisent à une forme de chlore combiné très stable, même en présence d'un excès de chlore libre, dont la dégradation aboutit à des chloramines minérales (Seux, 1988 ; Joyeux, 1994).

L'évolution des chloramines est fonction du pH et de la dose de chlore libre. D'après le résultat de certains travaux (Scotte, 1984), on a observé qu'au voisinage du break-point, et au-delà, les di- et tri-chloramines se forment principalement à pH inférieur à 7,2. Pour une fréquentation moyenne, on a aussi constaté que les di- et tri-chloramines ne s'accumulaient plus lorsque la dose de chlore libre était supérieure à 1,8 mg / l à pH = 7,5. Une amélioration du confort des baigneurs et une diminution de l'intensité des irritations oculaires en découlaient (Scotte, 1984).

#### 3.1.4 Réactions avec les substances carbonées

Le chlore, entraîne la formation de composés indésirables qui sont d'une part les chloramines et d'autre part les dérivés organochlorés. Ceux-ci sont formés par combinaison du chlore avec les molécules carbonées à courte chaîne (par exemple l'acide citrique), dont les plus importants sont les haloformes, tel que le chloroforme ( $\text{CHCl}_3$ ).

La teneur en haloformes de l'eau d'une piscine dépend de la charge en précurseur, de la nature du traitement de désinfection, de la teneur en halogènes, de l'âge de l'eau des bassins et du pH (Scotte, 1984).

### 3.2 Le brome

C'est un liquide brun rouge, très soluble dans l'eau, qui appartient, comme le chlore, à la famille des halogènes. Le brome dégage des vapeurs denses, corrosives et dangereuses à respirer (valeur limite d'exposition du brome dans l'atmosphère d'un lieu de travail est de 0,1 p.p.m. soit 0,7 mg / m<sup>3</sup> d'air).

Ce sont des bromostats (placés dans un local à une température entre 8°C et 45°C) qui permettent l'injection automatique de la solution de brome. L'installation est maintenue en légère dépression pour éviter le risque d'émission des vapeurs irritantes.

Comme le chlore, il possède des propriétés oxydantes. En solution dans l'eau, le brome forme de "l'eau de brome", mélange d'acide hypobromeux (HBrO) et d'acide bromhydrique (HBr) :  $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HBrO} + \text{HBr}$ . L'acide bromhydrique est un acide fort, ce qui fait diminuer le pH. L'acide hypobromeux s'ionise :  $\text{HBrO} \rightarrow \text{H}^+ + \text{BrO}^-$  ;  $\text{BrO}^-$  : ion hypobromite qui a aussi un pouvoir oxydant élevé mais seule l'acide hypobromeux a une activité désinfectante importante et, dans la zone de pH autorisée en piscines (7,5 à 8,2), c'est la forme active. En dessous d'un pH de 7,5, la quantité de brome moléculaire augmente, ce qui entraîne un accroissement des irritations oculaires et des corrosions des installations métalliques. En dessous d'un pH de 7,0, l'eau prend un aspect verdâtre en raison d'une proportion importante de brome moléculaire.

Les réactions du brome avec l'ammoniaque et les composés organiques sont responsables de la formation de bromamines qui sont très instables et se détruisent rapidement.

Les avantages du brome sont une bonne stabilité en milieu aqueux (pas besoin de stabilisant) ; c'est un procédé de désinfection particulièrement adapté aux eaux à pH élevé ; enfin, la destruction des bromamines, moins lacrymogènes que les chloramines, est rapide et l'activité germicide des bromamines est voisine de celle du brome libre. Les inconvénients du brome sont des contraintes de stockage et de manipulation ; un coût de fonctionnement relativement élevé et la mauvaise maîtrise du pH (< 7,5) engendre du brome

moléculaire rapidement gênant (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

Ces inconvénients et le fait qu'il existe une habitude d'utiliser le chlore font que le brome est moins utilisé que ce dernier (Géhin, 1987).

### 3.3 L'ozone

La puissante activité antiseptique de l'ozone est depuis longtemps mise à profit pour la stérilisation des eaux potables, en France et à l'étranger (Scotte, 1984). C'est un désinfectant très puissant qui agit par oxydation. Gaz composé de 3 atomes d'oxygène :  $O_3$  ; il est très instable à la température ordinaire. A faible dose, il est inoffensif. Par contre, il est dangereux à respirer à partir de  $0,2 \text{ mg} / \text{m}^3$ . C'est un gaz d'odeur très caractéristique, décelable dès  $0,01 \text{ mg d'ozone} / \text{m}^3 \text{ d'air}$ .

L'ozone est employé que pour des installations importantes. Il est produit sur place dans un générateur électrique spécifique qui transforme une partie de l'oxygène ( $O_2$ ) en ozone ( $O_3$ ) en fournissant " un air ozoné " (contenant environ  $20 \text{ g d'ozone} / \text{m}^3 \text{ d'air}$ ). Pour des raisons de sécurité, l'eau arrivant dans les bassins ne doit plus contenir d'ozone. La phase de traitement est suivie obligatoirement d'une désozonation. Celle-ci est réalisée soit par filtration sur charbon actif, soit par dégazage dans un réservoir spécifique.

Pour assurer à l'eau dans les bassins un pouvoir désinfectant rémanent, il faut pratiquer une désinfection complémentaire au moyen d'un autre désinfectant agréé.

Il apparaît que l'activité germicide de l'ozone, pour une qualité d'eau déterminée, varie beaucoup suivant les doses résiduelles mises en œuvre. En effet, dans un premier stade, l'ozone se combine aux matières organiques et dans certaines conditions peut former des ozonides, produits à très faible activité germicide ; dans un second temps, ces ozonides sont décomposées par un excès d'ozone libre, lequel peut enfin exercer sa puissante activité germicide (Saunier et al., 1973).

Le pouvoir oxydant, désinfectant très puissant de l'ozone et la réduction de la formation des produits secondaires, facteur d'inconfort pour les baigneurs (chloramines, haloformes, ...) sont les principaux avantages de ce désinfectant. Les inconvénients de l'ozone sont une installation de traitement encombrante ; un investissement lourd ; la nécessité d'une désozonation et d'une désinfection complémentaire ; enfin, le besoin d'une

aération intense des locaux (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

#### 4. CHLORE ET DERIVES DANS LES ATMOSPHERES DE PISCINE

La réaction des produits chlorés avec la pollution générée par les baigneurs aboutit à la formation d'une gamme de dérivés très variée dont les produits de réaction sont principalement la dichloramine et la trichloramine ou trichlorure d'azote (Héry et al., 1994).

Une étude des constantes de Henry  $k_h$  (plus la valeur  $k_h$  est faible pour un gaz, plus ledit gaz est soluble) des principaux dérivés minéraux du chlore (acide hypochloreux, hypochlorite, mono-, di- ou tri-chloramine), susceptibles de se former au cours des différentes réactions de destruction, a montré que c'est le trichlorure d'azote qui se libère le plus facilement dans l'atmosphère des halls des bassins de piscines. C'est donc le trichlorure d'azote et non pas le chlore lui-même, qui est responsable de l'odeur caractéristique des halls des piscines (Héry et al., 1994). Les autres formes du chlore (acide hypochloreux, hypochlorite, mono-, dichloramine), solubles dans l'eau, peuvent se retrouver dans l'atmosphère sous forme gazeuse ou sous forme d'aérosol, mais ils sont nettement en plus faibles quantités que le trichlorure d'azote (Héry et al., 1994 ; Dorotte et al., 1998). D'après Scotte (1984) et Héry et al. (1998), la teneur des chloramines dans l'air correspond à une fonction linéaire de leur taux dans l'eau .

Le chlore et ses dérivés (eau de Javel, hypochlorites) ne sont pas les constituants principaux de la pollution des atmosphères des piscines qui est majoritairement représentée par le trichlorure d'azote (Héry et al., 1994). Néanmoins, la valeur limite d'exposition et les intoxications au chlore sont abordées car, d'après la Commission de la sécurité des consommateurs (1997), des cas d'intoxications dues à des émissions accidentelles de chlore et de ses dérivés lors de leur usage ne sont pas rares. Les différents articles de l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) concernant le trichlorure d'azote sont ensuite étudiés. Enfin, la présence dans l'atmosphère des piscines des haloformes qui sont, comme les chloramines, les produits des différentes réactions de décomposition intervenant au cours du traitement de la pollution apportée par les utilisateurs des piscines, est analysée (Héry et al., 1994).



#### 4.1 Le chlore : valeur limite d'exposition et intoxications

En France, la valeur limite d'exposition du chlore (VLE) est de  $3 \text{ mg} / \text{m}^3$  (1 ppm) (Héry et al., 1994 ; Dorotte et al., 1998). Cette valeur a été établie à partir de la TLV-STEL (Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit : limite d'exposition pour des temps plus courts ; l'exposition à la valeur STEL ne doit pas : durer plus de 15 minutes, se répéter plus de 4 fois dans la journée, se reproduire avant un espacement d'une heure) de l'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Le respect de la VLE permet d'éviter le risque d'effets toxiques à court terme. D'après une étude réalisée par l'INRS, la valeur à ne pas dépasser devrait être de  $1 \text{ mg} / \text{m}^3$ , ce qui est à rapprocher de la valeur américaine de la TLV-TWA (Threshold Limit Value – Time-Weighted Average : valeur moyenne pondérée sur 8 heures par jour et 40 heures par semaine) qui est de  $1,5 \text{ mg} / \text{m}^3$  (Gagnaire et al., 1994).

Inhalé de façon massive, le chlore entraîne des intoxications aiguës qui évoluent le plus souvent en trois périodes :

- le chlore provoque d'abord une irritation oculaire et rhinopharyngée accompagnée d'une sensation de constriction thoracique et de toux ; ces symptômes ont été décrits lors de dégagements de chlore dans diverses piscines à Montréal en 1996 ;
- la victime éprouve ensuite une impression trompeuse de rémission qui peut durer 6 à 36 heures ;
- un œdème aigu du poumon risque alors brusquement d'apparaître (Dorotte et al., 1998). Cette dernière complication peut être déclenchée par des mouvements intempestifs ou toute activité susceptible d'augmenter la consommation d'oxygène ; de ce fait, il faut toujours la redouter lors d'intoxications légères, où les signes initiaux sont modérés (Dorotte et al., 1998).

Un exemple d'émission accidentelle de chlore donné par la presse est le cas de maîtres nageurs sauveteurs, travaillant dans la piscine d'un parc de loisir, qui ont été intoxiqués par des émanations de chlore consécutives à une fuite d'eau située sous une pataugeoire. Cette fuite aurait gagné le système de soufflage et d'extraction d'air. Suite à cet incident, ces maîtres nageurs auraient des problèmes respiratoires ainsi que de l'asthme (Camier, 1996 ; Deshayes, 1997).

Le chlore peut provoquer des intoxications suraiguës immédiatement mortelles (inhalation fatale lorsque l'air contient plus de 20 ppm de dichlore et lorsque l'air est respirée

pendant 15 minutes). Il faut savoir que l'arrêt respiratoire est parfois la conséquence d'un réflexe d'inhalation lié à une excitation des voies respiratoires supérieures, justiciable d'une réanimation d'urgence (Dorotte et al., 1998).

Les mesures d'urgence sont à prendre en cas de dégagement gazeux : il faut se munir d'un masque à gaz (équipé d'une cartouche antichlore) facilement accessible et rangé, si possible, de façon à ne pas traverser sans masque une zone contaminée ou suspecte ; supprimer le dégagement ou isoler la bouteille de gaz incriminée ; et sortir d'urgence l'intoxiqué de la zone polluée en lui évitant tout mouvement (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

A plus ou moins long terme, la toxicité du chlore entraîne des manifestations cutanées (acné chlorique), des troubles respiratoires (bronchites et emphysème), des troubles oculaires (blépharo - conjonctivites), ainsi que des troubles digestifs et dentaires (Dorotte et al., 1998).

#### 4.2 Le trichlorure d'azote

Compte - tenu de sa faible solubilité dans l'eau, le trichlorure d'azote ( $\text{NCl}_3$ ) se retrouve dans l'air et représente la forme dominante des dérivés minéraux du chlore dans l'atmosphère car c'est la forme la plus volatile (Héry et al., 1995).

Le pouvoir irritant du trichlorure d'azote chez la souris a été déterminé par l'INRS afin de proposer une valeur limite d'exposition (VLE) en trichlorure d'azote à ne pas dépasser chez l'homme et une valeur limite moyenne d'exposition (VME) (Gagnaire et al., 1994).

En milieu professionnel, le tractus respiratoire est la voie principale d'exposition aux vapeurs d'agents irritants, de telle sorte qu'une sensation de brûlure et de picotement au niveau du nez, de la gorge ainsi que des yeux représente les effets les plus souvent ressentis. Ainsi, le pouvoir irritant d'un produit chimique reste souvent le critère pour l'établissement d'une valeur limite d'exposition, en absence d'une toxicité connue sur un organe ou autres (Gagnaire et al., 1994).

Le pouvoir irritant du trichlorure d'azote a été évalué chez la souris en utilisant un test basé sur la diminution réflexe de la fréquence respiratoire (bradypnée réflexe) lors de l'exposition à un agent irritant. La concentration responsable d'une diminution de 50 % de la fréquence respiratoire ( $\text{RD}_{50}$ ) a été évaluée. En effet, chez l'animal, les irritants respiratoires

induisent une diminution de la fréquence respiratoire due à une pause respiratoire réflexe en début d'expiration. Chez la souris, cette bradypnée est fonction de la concentration de l'agent irritant auquel est exposé l'animal. Des courbes effets-concentrations sont obtenues en exposant des souris à des concentrations ordonnées d'un agent irritant, ici le trichlorure d'azote et elles permettent ainsi de définir la RD<sub>50</sub> (Gagnaire et al., 1994).

Les résultats de cette étude ont montré que la concentration de trichlorure d'azote responsable d'une RD<sub>50</sub> est de 12,2 mg / m<sup>3</sup>, ce qui correspond à une concentration du même ordre de grandeur que le chlore (10,2 mg / m<sup>3</sup>). La RD<sub>50</sub> du trichlorure d'azote est donc comparable à celle du chlore, mais aussi à d'autres produits fortement irritants comme par exemple le formaldéhyde.

D'après les hygiénistes américains, une concentration de trichlorure d'azote égale à 0,1 RD<sub>50</sub> engendre chez l'homme une irritation supportable et une concentration égale à 0,01 RD<sub>50</sub> entraîne un effet négligeable. Ils proposent ainsi de ne pas dépasser une concentration égale à 0,1 RD<sub>50</sub> (= VLE) et préconisent comme VME de choisir une médiane entre ces deux valeurs sur une échelle logarithmique, soit 0,03 RD<sub>50</sub> (Gagnaire et al., 1994). D'après les résultats de l'équipe de l'INRS, 0,1 RD<sub>50</sub> correspond à 1,5 mg / m<sup>3</sup> (= VLE) et 0,03 RD<sub>50</sub> correspond à 0,5 mg / m<sup>3</sup> (= VME).

Suite à des plaintes répétées de la part de maîtres nageurs faisant état de phénomènes irritatifs (essentiellement des irritations oculaires et respiratoires), la fédération nationale des maîtres nageurs sauveteurs a demandé l'intervention de l'INRS. Celui-ci a mis au point des méthodes spécifiques de prélèvement et de dosage pour la mesure de la pollution par les chloramines dans les atmosphères des halls de piscines couvertes (Héry et al., 1994 ; Héry et al., 1995). La méthode de prélèvement mise au point permet de prendre en compte les formes gazeuses de la pollution chlorée (trichlorure d'azote essentiellement), mais aussi la pollution chlorée dissoute dans l'eau et éventuellement mise en suspension dans l'air sous forme de gouttelettes selon le principe de la formation des embruns (Héry et al., 1994). Cette pollution dissoute est essentiellement constituée d'acide hypochloreux, d'hypochlorite et de mono- et di-chloramine. Le prélèvement de l'air ambiant des halls des piscines est réalisé à l'aide de cassettes constituées de filtres (Figure 4). Le filtre en téflon de chaque cassette est

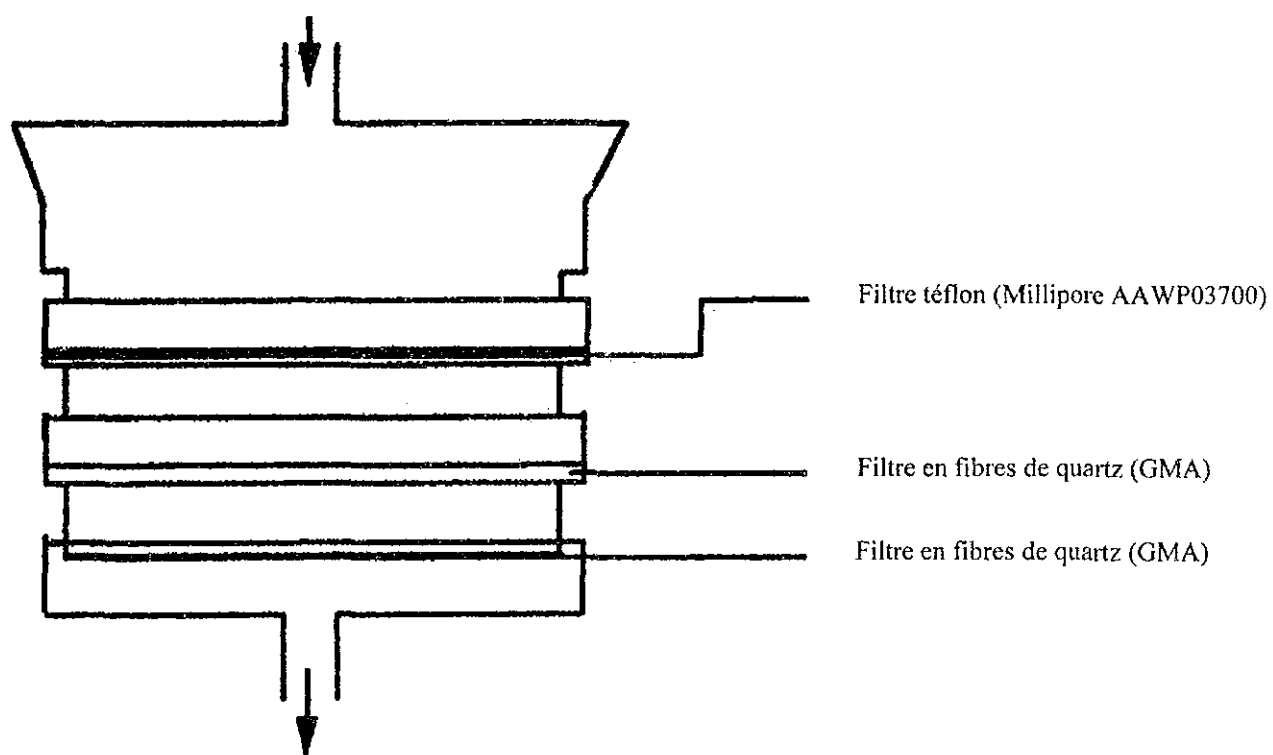


Figure 4 : Dispositif de prélèvement utilisé pour l'échantillonnage atmosphérique des chloramines

chaque cassette est rejeté après chaque prélèvement car son rôle est d'arrêter les gouttelettes, afin d'éviter que les chlorures résultant de la solubilisation du chlore (ou de ses dérivés désinfectants) dans l'eau ne soient pris en compte dans le dosage. En revanche, l'hypochlorite, l'acide hypochloreux et les mono- et di-chloramines dissous dans les gouttelettes se vaporisent rapidement après leur prélèvement sur le téflon et sont piégés sur les filtres imprégnés de carbonate de sodium et de trioxyde de diarsenic situés en aval. Le trichlorure d'azote est directement recueilli sur ces filtres imprégnés car il est à l'état gazeux dans l'atmosphère des piscines. Seules les filtres imprégnés de carbonate de calcium et de trioxyde de diarsenic sont retenus. Le principe du dosage est basé sur la décomposition à un pH élevé (de l'ordre de 12) du trichlorure d'azote en ammoniac et en hypochlorite. La valeur du pH est obtenue grâce au carbonate de calcium. L'hypochlorite formé est réduit à l'état de chlorures par le trioxyde de diarsenic. Les chlorures sont ensuite dosés par chromatographie ionique.

Ces méthodes de prélèvement et de dosage ont permis à l'INRS de mesurer les concentrations en chloramines dans les atmosphères de différentes piscines qui utilisent le chlore gazeux ou l'eau de Javel. Ces deux produits conduisent à la formation de composés identiques. D'après Héry *et al.* (1994), l'étude a montré que la pollution, majoritairement représentée par le trichlorure d'azote (environ 90 % des dérivés chlorés de l'air des halls des piscines), est plus élevée dans les piscines ludiques ; en raison de l'influence des vagues, des bains bouillonnants, des toboggans et autres jeux d'eau. La fréquentation des bassins, la température de l'eau, son agitation, la ventilation des locaux, le pourcentage de recyclage de l'air extrait sont les autres paramètres qui ont une influence sur la pollution des atmosphères des halls des bassins des piscines.

Une valeur limite de "confort" a été déterminée par interrogation des salariés pendant leur travail ("ressentez-vous actuellement une gêne ?") et en comparant la réponse à la concentration atmosphérique de trichlorure d'azote relevée au moment de l'interrogation, ou bien en demandant au personnel de surveillance de signaler le moment à partir duquel il ressentait une gêne. Ainsi, les premières plaintes ont été enregistrées pour des concentrations de  $0,5 \text{ mg} / \text{m}^3$ , valeur semblable à celle obtenue par Gagnaire *et al.*, et une valeur de  $0,7 \text{ mg} / \text{m}^3$  est jugée excessive par l'ensemble des participants à l'étude (Héry *et al.*, 1994).

L'INRS a réalisé une autre étude dont le but est la recherche des éventuelles manifestations aiguës (irritation oculaire, nasale, laryngée et trachéo-bronchique,

hyperréactivité bronchique ou HBR) et des manifestations chroniques (toux et expectoration, asthme) chez des maîtres nageurs sauveteurs en relation avec l'exposition mesurée au  $\text{NCl}_3$  (Massin et al., 1998). Un questionnaire standardisé a été complété par chaque sujet. Les dosages de  $\text{NCl}_3$  ont permis d'évaluer l'exposition actuelle (exposition mesurée, exprimée en  $\text{mg} / \text{m}^3$ ) et l'exposition sur l'ensemble de la carrière professionnelle (exposition cumulée qui correspond à la somme du niveau mesuré actuellement dans la piscine multipliée par la durée passée dans cette piscine et des différents niveaux estimés dans les piscines antérieures multipliés par la durée passée dans chaque piscine antérieure, exprimée en années. $\text{mg} / \text{m}^3$ ). L'étude a consisté à comparer les différents groupes de MNS définis par leur exposition mesurée et cumulée. Pour l'analyse d'un symptôme aigu, c'est l'exposition mesurée qui est prise en compte ; tandis que pour l'analyse d'un effet chronique, c'est l'exposition cumulée qui est prise en compte.

D'après l'équipe de l'INRS (Massin et al., 1998), cette étude montre que, hommes et femmes confondus, les symptômes respiratoires chroniques sont peu fréquents et non liés à l'exposition cumulée au  $\text{NCl}_3$ . L'asthme est rare (2% de la population totale). Par contre, les signes d'irritations oculaires et respiratoires sont très fréquemment signalés et significativement liés à l'exposition mesurée au  $\text{NCl}_3$ . Sur le plan fonctionnel respiratoire, la CVF (capacité vitale forcée) et le VEMS (volume expiratoire maximum en 1 seconde) sont supérieures aux valeurs de référence, compte tenu du sexe, de la taille et de l'âge : il n'existe donc pas de relation entre ces valeurs et les niveaux d'exposition au  $\text{NCl}_3$ . Le taux de celui-ci semble être indépendant d'une HRB. Mais, la possibilité que les sujets exposés au  $\text{NCl}_3$  aient une HRB transitoire ne peut être éliminée.

#### 4.3 Les haloformes

Les haloformes sont plus ou moins volatils et se retrouvent partiellement dans l'air ; l'essentiel de la pollution par les haloformes est dû au chloroforme ( $\text{CHCl}_3$ ) (Héry et al., 1994) (Scotte, 1984). D'après ces auteurs, leur teneur dans l'air des piscines est relativement faible par rapport à celle des chloramines. Elle est fonction de la quantité présente dans l'eau (l'étude de Scotte montre que la teneur des haloformes dans l'air, comme pour celle des chloramines, correspond à une fonction linéaire de leur taux dans l'eau), de l'agitation de celle-ci, de la fréquentation, du renouvellement de l'air extérieur, de la

température et du traitement de l'eau ; ce qui est identique au cas des chloramines (Scotte, 1984).

La valeur maximale en chloroforme observée dans l'air des différentes piscines étudiées par Scotte (1984) ( $0,3 \text{ mg} / \text{m}^3$ ) est inférieure à la norme d'exposition en chloroforme dans les locaux de travail aux Etats-Unis qui est de  $50 \text{ mg} / \text{m}^3$ . Cependant, d'après Scotte (1984), ces mesures ont été effectuées en période hivernale et des teneurs en haloformes nettement plus élevées dans l'eau ont déjà été observées en période estivale, de telle sorte que l'on peut craindre un dépassement de la valeur limite de la norme. Ainsi, différents auteurs dénoncent le danger des dérivés organochlorés, en particulier le chloroforme. D'après Hartemann (1994), ces dérivés sont certainement impliqués, comme les chloramines, dans des phénomènes d'irritation oculaire et rhinopharyngée. Selon le même auteur, la concentration de chloroforme dans l'air ou à l'interface eau - air dépasse souvent largement les concentrations maximales admises par la législation du travail pour une exposition prolongée ( $250 \text{ } \mu\text{g} / \text{l}$  d'air). Divers incidents respiratoires sont survenus à l'occasion de mises en route de nouvelles installations ou de modifications survenues après des travaux d'isolation sur la climatisation et des pompes à chaleur avec un recyclage ; des teneurs en chloroforme dans l'eau de  $150 \text{ } \mu\text{g} / \text{l}$  sont considérés comme moyenne aux Etats-Unis, et on a mesuré jusqu'à 700 voire 1300  $\mu\text{g} / \text{l}$  en dérivés organochlorés (Hartemann, 1994). Cela conduit à pouvoir inhaler plusieurs dizaines de milligrammes de chloroforme au cours d'un entraînement de deux à trois heures ; et, à ces doses, certains nageurs ou maîtres nageurs peuvent présenter des signes d'intoxication avec sensations de malaise, d'étouffement, de dyspnées, voire bronchospasme et syncope (Hartemann, 1994).

D'après l'étude de Héry *et al.* (1994), les concentrations de chloroforme mesurées dans les atmosphères de diverses piscines sont, comme celles de l'étude de Scotte (1993), très inférieures aux valeurs limites établies en hygiène industrielle. Selon ces auteurs, il semble que pour un même établissement, les variations de la concentration en chloroforme soient inférieures à celles enregistrées pour les concentrations de chloramines ; et il n'a pas été possible d'établir de corrélations entre les teneurs de ces deux polluants dans l'atmosphère des différentes piscines étudiées.

## DEUXIEME PARTIE : ENQUETE SUR LES SIGNES D'IRRITATIONS OCULAIRES, RESPIRATOIRES, ... CHEZ LES MAITRES NAGEURS ET LES NAGEURS DE COMPETITION

### 1. INTRODUCTION

En présence de composés azotés apportés par les baigneurs (sueur, urine, salive, etc...), les produits chlorés, largement utilisés pour la désinfection de l'eau, réagissent avec ceux-ci pour donner naissance à plusieurs dérivés chlorés.

D'après Seux (1988), la plus grande partie de l'apport d'azote se fait sous la forme d'urée ; les réactions de décomposition de ce contaminant sous l'action du chlore jouent un rôle primordial dans la formation de la pollution de l'eau. Les produits de réaction sont principalement les chloramines, en particulier la trichloramine ou trichlorure d'azote ( $\text{NCl}_3$ ).

Le trichlorure d'azote, faiblement soluble dans l'eau, est très volatil et d'après l'étude de Héry *et al.* (1995), il représente environ 90 % des dérivés chlorés de l'air des halls de piscine. Selon Héry *et al.* (1994), une étude des constantes de Henry des principaux dérivés minéraux du chlore (acide hypochloreux, hypochlorite, mono-, di- ou tri-chloramine) susceptibles de se former au cours des différentes réactions de destruction a montré que c'est le trichlorure d'azote qui se libère le plus facilement dans l'atmosphère des halls des bassins de piscines. Les autres formes du chlore (acide hypochloreux, hypochlorite, mono-, dichloramine), solubles dans l'eau, peuvent se retrouver dans l'atmosphère sous forme gazeuse ou sous forme d'aérosol, mais ils sont nettement en plus faibles quantités que le trichlorure d'azote (Héry *et al.*, 1994 ; Dorotte *et al.*, 1998).

L'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) a mis au point des méthodes spécifiques de prélèvement et de dosage pour la mesure de la pollution par les chloramines dans les atmosphères des halls de piscines couvertes. Celles-ci ont permis à Héry *et al.* (1994) de mettre en évidence l'influence de différents paramètres sur la pollution des atmosphères des halls des bassins de piscines couvertes qui sont la fréquentation des bassins, la température de l'eau, son agitation, la ventilation des locaux, le pourcentage de recyclage de l'air extrait. Ainsi, d'après cette étude, la pollution est plus élevée dans les piscines ludiques que dans les piscines classiques.



Les prélèvements et dosages réalisés par l'INRS ont permis d'établir une valeur limite de confort en  $\text{NCl}_3$  de  $0,5 \text{ mg} / \text{m}^3$ , ce qui correspond à la concentration atmosphérique de trichlorure d'azote pour laquelle les salariés des établissements visités disaient ressentir une gêne (irritation oculaire ou gêne respiratoire) (Héry *et al.*, 1994). Quant à l'étude de Gagnaire *et al.* (1994), elle propose  $1,5 \text{ mg} / \text{m}^3$  comme valeur limite d'exposition (VLE) en trichlorure d'azote à ne pas dépasser et  $0,5 \text{ mg} / \text{m}^3$  comme valeur limite moyenne d'exposition (VME), concentration semblable à la valeur limite de confort.

La prévalence des signes d'irritation selon le niveau d'exposition mesurée en  $\text{NCl}_3$  et des symptômes respiratoires chroniques chez les maîtres nageurs sauveteurs a été analysée par Massin *et al.* (1998). Ils ont conclu qu'il existe un taux élevé des signes d'irritations oculaires et respiratoires qui sont significativement liés au niveau de l'exposition mesurée au trichlorure d'azote (à noter que ces signes peuvent apparaître en deçà de cette valeur limite de confort) et qu'il existe une faible fréquence des symptômes respiratoires chroniques tels que la bronchite chronique chez les maîtres nageurs sauveteurs. Le taux moyen de trichlorure d'azote est d'autant plus important lorsqu'il s'agit d'une piscine dite ludique et, d'après Scotte (1984) et Héry *et al.* (1998), sa teneur dans l'air correspond à une fonction linéaire de leur taux dans l'eau.

Suite à la demande de la Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Alsace-Moselle, une première étude à la piscine de Belletanche à Metz a été réalisée en 1998 par le laboratoire interrégional de chimie de l'Est, dont le but est d'évaluer le niveau de pollution de l'espace nautique et des locaux techniques par les dérivés du chlore : acide hypochloreux, hypochlorite, chloramines. Les prélèvements d'ambiance effectués sur une seule journée montrent que le niveau de pollution de l'espace nautique par la trichloramine (forme majoritaire des dérivés du chlore) est proche de la valeur limite de confort ; la moyenne des concentrations relevées est de  $0,41 \text{ mg} / \text{m}^3$ . Les valeurs les plus faibles sont relevées autour du bassin ludique et du grand bassin :  $0,35 \text{ mg} / \text{m}^3$  en moyenne ( $0,29$  à  $0,40$ ) ; la pollution est plus élevée dans les autres parties de l'espace nautique :  $0,47 \text{ mg} / \text{m}^3$  ( $0,33$  à  $0,58$ ). D'après les intervenants (Dorotte *et al.*, 1998), ces résultats sont logiques compte-tenu de l'implantation du dispositif de ventilation.

Pour compléter cette première approche, dont les évaluations ne sont valables que pour des conditions données du jour de l'étude (qualité, traitement, agitation de l'eau, affluence, ventilation des locaux, ...) lors de l'intervention de l'équipe du laboratoire, des prélèvements d'ambiance ont été de nouveau réalisés la première semaine de mars 1999 au niveau de l'espace nautique de Bellanche mais aussi à Lothaire, en collaboration avec l'INRS, afin d'évaluer et de comparer la pollution atmosphérique de ces deux piscines durant une semaine. Les maîtres nageurs de ces deux piscines de Metz se plaignant de diverses irritations, il est apparu intéressant de mettre en place parallèlement une enquête, avec la collaboration du Service des Sports de la ville de Metz et de la Société de Natation de Metz, dont le but est de connaître les irritations oculaires et respiratoires que ce personnel de surveillance peut ressentir. Un questionnaire (annexe 1) a été distribué aux 20 maîtres nageurs et analysé conjointement aux réponses données par un groupe témoin de 46 personnes du centre thermal St-Eloy où l'eau est non traitée au chlore. Au cours de la mise en place de l'enquête, il est apparu opportun que celle-ci soit étendue aux nageurs de compétition ( $n = 69$ ) dont le temps de présence hebdomadaire en piscines peut s'avérer importante ; un deuxième type de questionnaire a été ainsi distribué (annexe 2).

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1 Piscines étudiées (piscine olympique Lothaire et piscine ludique de Belletanche)

Les deux établissements concernés par l'étude mise en place sont d'une part, une piscine dite classique (piscine olympique de Lothaire, inaugurée en 1975 à Metz) et, d'autre part, une piscine dite ludique (piscine de Belletanche, inaugurée en 1994 à Metz). Ces deux établissements utilisent le chlore gazeux ainsi que des filtres à sable (filtre à sable et à hydroantracite pour la piscine de Belletanche) pour le traitement des eaux. Au niveau de la distribution de l'air à Lothaire, la reprise est assurée en vrac par des grilles de reprise (4 extracteurs) situées à proximité du bassin école et de la pataugeoire ; le soufflage est assuré par des grilles de sol réglables et situées le long des baies vitrées du hall bassin. L'espace nautique de Belletanche possède un dispositif de ventilation mécanique avec soufflage d'air réchauffé (air neuf/air recyclé) au niveau du sol et à mi hauteur d'une moitié du hall, ainsi qu'un système d'aspiration placé à mi hauteur de l'autre moitié du hall.

Durant la première semaine de mars 1999, par temps maussade (pluie), avec une température extérieure moyenne de 5°C le matin et 9 °C l'après-midi, des prélèvements

d'ambiance ont été effectués avec le matériel de l'INRS. Ils ont été effectués à poste fixe, au niveau des postes de surveillance, à hauteur des voies respiratoires, en divers points de l'espace nautique au moyen d'une pompe portative reliée à une tête de prélèvements, pendant une durée variant de 2 à 3 heures en général, voire plus. Les points de prélèvements à la piscine Lothaire sont le poste A situé à proximité du bassin olympique et du bassin école près du local des maîtres nageurs, le poste B situé au niveau d'une baie vitrée à proximité du bassin olympique, et le poste C situé au niveau des gradins à proximité du bassin olympique et de la pataugeoire. Les points de prélèvements à la piscine de Belletanche sont le poste 1 situé au niveau du plongeur du grand bassin, le poste 2 situé au niveau du bassin ludique, le poste 3 situé à proximité du local des maîtres nageurs, le poste 4 situé au niveau du bassin école et le poste 5 situé au niveau du grand bassin près du local des maîtres nageurs. Suite à une demande des agents techniques se plaignant entre autre de sinusites à répétition, des prélèvements ont été mis en place aux différents endroits indiqués par ceux-ci : aux postes 6 et 8 au niveau des vestiaires dames (prélèvements réalisés le mercredi 3 mars à 15h10-18h40 et le jeudi à 9h-11h et 14h15-17h15 pour le poste 6 ; prélèvements réalisés le vendredi à 9h10-11h10 pour le poste 8), à proximité de l'accès aux bassins pour le poste 6, et à proximité du hall attente pour le poste 8 ; ainsi qu'aux postes 7 et 9, au niveau des vestiaires hommes (prélèvements réalisés le mercredi 3 mars à 15h10-18h40 et le jeudi à 9h-11h et 14h15-17h15 pour le poste 7 ; prélèvements réalisés le vendredi à 9h10-11h10 pour le poste 9), à proximité de l'accès aux bassins pour le poste 7, et à proximité du hall attente pour le poste 9. Pour la piscine Lothaire, les prélèvements ont été effectués le lundi 1er mars l'après-midi, mardi 2 mars toute la journée et mercredi 3 mars le matin ; tandis que pour la piscine Belletanche, les prélèvements d'ambiance sont effectués le mardi 2 mars après-midi, mercredi 3 mars après-midi, jeudi 4 mars matin et après-midi ainsi que le vendredi 5 mars matin. Les prélèvements du lundi à la piscine Lothaire ont été effectués avec les quatre extracteurs en marche, aux heures d'ouverture au public et aux scolaires à 15h, ainsi que des leçons de 15h30 à 16h ; quant à mardi, les prélèvements ont été réalisés avec deux extracteurs en marche, aux heures d'ouverture aux scolaires jusqu'à 9h45 puis au public (même planning le mercredi matin) jusqu'à 21h, et, à partir de 17h, les nageurs du club de Metz s'entraînent, des lignes d'eau sont de ce fait tirées. En ce qui concerne la piscine de Belletanche, les différents bassins sont fréquentés par les scolaires durant la matinée et la piscine est ouverte au public toute l'après-midi.

La fréquentation des deux établissements durant la réalisation des prélèvements était moyenne. Les tableaux 1 et 2 regroupent le nombre d'entrées réalisé dans chaque piscine.

Tableau 1 : Nombre d'entrées lors des prélèvements d'ambiance de la piscine Lothaire (année 1999)

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Lundi 1er mars<br>après-midi                         | 128 entrées                |
| Mardi 2 mars<br>de 08H 30 à 12 H<br>de 12H 00 à 16 H | 398 entrées<br>157 entrées |
| Mercredi 3 mars<br>de 08H 30 à 12 H                  | 351 entrées                |

Tableau 2 : Nombre d'entrées lors des prélèvements d'ambiance de la piscine de Belletanche (année 1999)

|   |  |
|---|--|
| Mardi 2 mars<br>de 16 H à 18 H<br>de 18 H à 20 H                      | 678 entrées totales<br>107 entrées<br>141 entrées              |
| Mercredi 3 mars<br>de 14 H à 16 H<br>de 16 H à 18 H<br>de 18 H à 20 H | 582 entrées totales<br>100 entrées<br>89 entrées<br>55 entrées |
| Jeudi 4 mars  | 595 entrées totales  |
| Vendredi 5 mars   | affluence du même ordre de grandeur que les jours précédents   |

En ce qui concerne les prélèvements d'eau, trois déterminations du pH, de la température et des différentes formes du chlore (chlore libre, chlore combiné, etc) sont en général réalisées dans la journée à partir de l'eau en retour de chaque bassin. De plus, un

relevé journalier des compteurs d'eau statique des bassins est effectué dans chaque piscine (piscine Lothaire et piscine de Belletanche). Ces relevés nous montrent que durant la semaine de prélèvements (1<sup>ère</sup> semaine de mars 1999), les volumes d'eau des bassins varient peu.

Tableau 3 : Relevé journalier des compteurs d'eau statique des bassins de la piscine Lothaire

|                 | Bassin olympique  | Bassin école<br>et pataugeoire |
|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| Lundi 1er mars  | 30 m <sup>3</sup> | 3 m <sup>3</sup>               |
| Mardi 2 mars    | 47 m <sup>3</sup> | 3 m <sup>3</sup>               |
| Mercredi 3 mars | 72 m <sup>3</sup> | 4 m <sup>3</sup>               |

Tableau 4 : Relevé journalier des compteurs d'eau statique des bassins de la piscine de Belletanche

|                 | Bassin 10 × 15<br>1 filtre          | Grand bassin<br>2 filtres           | Bassin ludique<br>2 filtres         |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Mardi 2 mars    | 17 m <sup>3</sup><br>lavage filtres | 4 m <sup>3</sup>                    | 3 m <sup>3</sup>                    |
| Mercredi 3 mars | 2 m <sup>3</sup>                    | 57 m <sup>3</sup><br>lavage filtres | 4 m <sup>3</sup>                    |
| Jeudi 4 mars    | 17 m <sup>3</sup><br>lavage filtres | 4 m <sup>3</sup>                    | 4 m <sup>3</sup>                    |
| Vendredi 5 mars | 2 m <sup>3</sup>                    | 4 m <sup>3</sup>                    | 42 m <sup>3</sup><br>lavage filtres |

Les résultats obtenus ne sont valables que pour des conditions données (affluence, agitation, traitement de l'eau, ventilation, ...) de telle sorte que les évaluations réalisées durant ces quelques jours ne sont pas forcément le reflet d'un hiver entier.

Pour ce qui est du questionnaire remis aux maîtres nageurs et celui remis aux nageurs de Metz qui s'entraînent au minimum 2 heures / semaine, ils ont été remplis courant février-mars de l'année 1999 ; quant au groupe témoin, le même questionnaire que les maîtres nageurs a été rempli fin juin - début juillet (année 1999). Il est à noter qu'il s'agit d'un questionnaire auto-administré, c'est à dire que le document est rempli hors de la présence de l'enquêteur.

## 2.2 Méthodes d'analyse de l'eau et de l'air

### 2.2.1 Analyse de l'eau

Les valeurs du pH, de la température de l'eau et du chlore libre sont connues tout au long de la journée grâce à un analyseur en ampérométrie. A l'aide d'un photomètre et pH/mV-mètre (Chematest 25), 3 analyses quotidiennes sont réalisées par un technicien pour la détermination de ces mêmes valeurs, dont les résultats doivent être similaires à ceux de l'analyseur, ainsi que pour la teneur en chlore combiné. Le principe de la détermination des différentes formes du chlore est basé sur la méthode colorimétrique à la DPD (diéthylparaphénylène-diamine) : l'utilisation des réactifs Oxycon permet la coloration de l'eau prélevée qui est proportionnelle à la teneur en chlore libre ou combiné selon le réactif utilisé. Le chlore total s'obtient par la somme du chlore libre et du chlore combiné, tandis que le chlore actif se déduit de la teneur en chlore libre et du pH, à l'aide d'un tableau établi dans les conditions d'une eau de piscine à 25 °C et sans stabilisant.

### 2.2.2 Analyse de l'air

Etant donné que le trichlorure d'azote représente 90 % des dérivés chlorés de l'air des halls des piscines, seule cette chloramine est dosée après prélèvement par l'équipe de l'INRS.

#### 2.2.2.1 Prélèvements

Le dispositif de prélèvement utilisé est constitué d'une cassette Millipore 37 mm de diamètre (Figure 4). Seules les filtres en fibre de quartz de la cassette Millipore, imprégnés de carbonate de sodium sont analysés. Le filtre téflon est rejeté : son rôle est d'arrêter les gouttelettes d'eau, afin d'éviter que des chlorures résultants de la solubilisation du chlore (ou de ses dérivés désinfectants) dans l'eau ne soient pris en compte dans le dosage. En revanche, les composés tels que l'hypochlorite, l'acide hypochloreux et les chloramines dissous dans les gouttelettes se vaporisent après leur prélèvement et sont piégés sur les filtres imprégnés de carbonate de sodium et de trioxyde de diarsenic situés en aval. Quant au trichlorure d'azote, il

est directement recueilli sur les filtres imprégnés, en raison de son état gazeux dans l'atmosphère des piscines de telle sorte qu'il n'est pas retenu par le filtre téflon. Le débit de prélèvement est d'environ 1 l / min.

#### 2.2.2.2 Analyse

Les filtres en quartz sont désorbés dans l'eau bidistillée. Le désorbat est percolé sur une résine échangeuse de cations sous forme H<sup>+</sup> Bio-Rad 50 W-X12, 100-200 mesh).

Il est ensuite analysé par chromatographie ionique :

- pompe Spectra-Physics P100 réglée à un débit de 2 ml / min ;
- détecteur conductimétrique Waters 430 ;
- intégrateur Spectra-Physics SP4270 ;
- colonne Hamilton PRP-X100, longueur : 25 cm ;
- éluant : acide phtalique 1,5.10<sup>-3</sup> M, ramené à pH = 4,4 avec LiOH.

### 2.3 Populations étudiées

L'enquête sur les signes d'irritations oculaires, respiratoires et autres pouvant apparaître concerne l'ensemble des 20 maîtres nageurs de Metz (piscine de Belletanche et piscine Lothaire), 46 membres du personnel du centre thermal St-Eloy (groupe témoin) où l'eau est non traitée au chlore et 69 nageurs du club de Metz qui viennent s'entraîner régulièrement (au minimum 2 heures par semaine) à la piscine de Belletanche et à Lothaire. Ainsi, le groupe des maîtres nageurs est faible par rapport au groupe témoin et au groupe des nageurs. De plus, il faut savoir que l'effectif des maîtres nageurs à Metz est de 23 dont 5 femmes ; 3 maîtres nageurs n'ont donc pas répondu au questionnaire qui leur a été distribué.

### 2.4 Questionnaires

Deux questionnaires ont été remis : l'un pour les maîtres nageurs de Metz (piscine Lothaire et piscine de Belletanche) et le groupe témoin du centre thermal St-Eloy ; l'autre pour les nageurs du club de Metz. Ils sont regroupés en annexe 1 et 2. Quel que soit le questionnaire, le sexe n'est pas demandé. De ce fait, les réponses sont analysées hommes et femmes confondus. En ce qui concerne le questionnaire destiné aux nageurs, il diffère légèrement par rapport à celui destiné aux maîtres nageurs et au groupe témoin par le fait qu'il n'est pas demandé au nageur s'il fume et que diverses questions sur la façon d'aborder l'entraînement (exemple : question 3 : portez-vous des lunettes de natation à chacun de vos entraînements ?) et sur des règles d'hygiène (exemple : question 18 : à l'issue de chaque

séance d'entraînement, prenez-vous une douche avec un savonnage complet ?) sont posées. Mais, les questions concernant les irritations oculaires, respiratoires et autres restent identiques à celles posées aux maîtres nageurs et au groupe témoin. Enfin, il faut noter que parmi le groupe des maîtres nageurs est inclus un éducateur sportif qui encadre des groupes scolaires à la piscine de Belletanche.

### 3. RESULTATS

#### 3.1 Analyses physico-chimiques de l'eau des piscines Lothaire et de Belletanche

Le volume d'eau de la piscine olympique Lothaire est de 2062 m<sup>3</sup> contre 1100 m<sup>3</sup> à Belletanche. Les analyses physico-chimiques sont soit extraites du carnet sanitaire, soit spécialement réalisées avant ou après une série de prélèvements. Les résultats sont regroupés dans le tableau 5 pour la piscine Lothaire et dans le tableau 6 pour la piscine de Belletanche. Ces tableaux regroupent les valeurs moyennes, les écarts types et les valeurs extrêmes (notées entre parenthèse) des analyses physico-chimiques de l'eau. La température de l'eau de chaque bassin des deux piscines et le pH de l'eau des bassins de la piscine Lothaire varient peu dans le temps et d'un jour à l'autre. Par contre, que ce soit la piscine Lothaire ou la piscine de Belletanche, quelques écarts sont notés pour les autres valeurs (chlore libre, chlore combiné, chlore actif, ...) selon l'heure et le jour de prélèvement, comme par exemple les valeurs du chlore combiné des bassins de la piscine Lothaire (en particulier celles des bassins école et pataugeoire).

#### 3.2 Dosage des NCl<sub>3</sub> de l'air des piscines

Le volume d'air de la piscine Lothaire est de 17000 m<sup>3</sup>. Il est de 11000 m<sup>3</sup> à la piscine de Belletanche.

Les valeurs des taux moyens en trichlorure d'azote de chaque point et de chaque jour et horaire de prélèvements sont regroupés dans le tableau 7 pour la piscine Lothaire. Il apparaît qu'il existe plus une notion d'heure qu'une notion de points de prélèvement.

Les mesures réalisées dans la piscine Lothaire montrent que le niveau de pollution de l'espace par la trichloramine peut être au-delà de la valeur limite de " confort " préconisée (0,50 mg / m<sup>3</sup>) durant ces trois jours de prélèvements ; et c'est particulièrement le cas pour les résultats des prélèvements effectués mardi en fin d'après-midi (17h00-20h00).



Tableau 5 : Valeur moyenne ( $\pm$  écart type et valeurs extrêmes) des analyses physico-chimiques de l'eau de la piscine Lothaire des mesures réalisées le lundi 1<sup>er</sup> mars 14H30 et 16H30, le mardi 2 mars 8H et 17H et le mercredi 3 mars 8H (année 1999)

|                                | Bassin olympique<br>(n = 5)      | Bassin école<br>(n = 5)          | Pataugeoire<br>(n = 5)          |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| pH                             | 7,33 $\pm$ 0,07<br>(7,28 - 7,47) | 7,38 $\pm$ 0,06<br>(7,33 - 7,5)  | 7,39 $\pm$ 0,06<br>(7,34 - 7,5) |
| Chlore total (mg / l)          | 2,2 $\pm$ 0,12<br>(2,05 - 2,37)  | 2,82 $\pm$ 0,17<br>(2,5 - 3)     | 2,70 $\pm$ 0,15<br>(2,4 - 2,8)  |
| Chlore combiné<br>(mg / l)     | 0,52 $\pm$ 0,09<br>(0,35 - 0,61) | 0,96 $\pm$ 0,2<br>(0,6 - 1,19)   | 0,99 $\pm$ 0,2<br>(0,6 - 1,22)  |
| Chlore libre (mg / l)          | 1,68 $\pm$ 0,09<br>(1,55 - 1,82) | 1,86 $\pm$ 0,13<br>(1,71 - 2,09) | 1,71 $\pm$ 0,1<br>(1,58 - 1,8)  |
| Chlore libre actif<br>(mg / l) | 1,03 $\pm$ 0,03<br>(0,99 - 1,05) | 1,15 $\pm$ 0,03<br>(1,1 - 1,18)  | 1,05 $\pm$ 0,04<br>(1,01 - 1,1) |
| Température de l'eau<br>(°C)   | 28,1 $\pm$ 0,4<br>(27,5 - 28,5)  | 29,5 $\pm$ 0,5<br>(29 - 30,2)    | 30 $\pm$ 0,6<br>(29 - 30,5)     |
| Température de l'air<br>(°C) * | 28                               | 28                               | 28                              |

\* variation journalière non fournie

Tableau 6 : Valeur moyenne des analyses physico-chimiques de l'eau de la piscine de Belletanche des mesures réalisées le mardi 2 mars 16H10 et 17H45, le mercredi 3 mars 17H20, le jeudi 4 mars 7H, 10H et 17H30 et le vendredi 5 mars 7H (année 1999)

|                                | 10 × 15 m<br>(n = 7)         | Grand bassin<br>(n = 7)      | Bassin ludique<br>(n = 7)    |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| pH                             | 7,51 ± 0,13<br>(7,35 - 7,7)  | 7,49 ± 0,03<br>(7,45 - 7,55) | 7,39 ± 0,15<br>(7,2 - 7,6)   |
| Chlore total (mg / l)          | 2,28 ± 0,13<br>(2,1 - 2,5)   | 2,16 ± 0,08<br>(2,05 - 2,31) | 2,21 ± 0,14<br>(2,06 - 2,35) |
| Chlore combiné<br>(mg / l)     | 0,42 ± 0,06<br>(0,32 - 0,53) | 0,3 ± 0,06<br>(0,22 - 0,41)  | 0,43 ± 0,07<br>(0,33 - 0,51) |
| Chlore libre (mg / l)          | 1,86 ± 0,11<br>(1,68 - 2,05) | 1,86 ± 0,03<br>(1,8 - 1,9)   | 1,78 ± 0,09<br>(1,67 - 1,97) |
| Chlore libre actif<br>(mg / l) | 0,93 ± 0,13<br>(0,7 - 1,12)  | 0,96 ± 0,07<br>(0,8 - 1,06)  | 1,02 ± 0,14<br>(0,8 - 1,2)   |
| Température de l'eau<br>(°C)   | 30,8 ± 0,4<br>(30,3 - 31,5)  | 28,4 ± 0,1<br>(28,3 - 28,7)  | 30,2 ± 0,2<br>(30 - 30,6)    |
| Température de l'air<br>(°C) * | 27,5                         | 27,5                         | 27,5                         |

\* variation journalière non fournie

Tableau 7 : Valeurs moyennes en trichlorure d'azote ( $\text{mg} / \text{m}^3$ ) des prélèvements d'ambiance réalisés aux différents postes de surveillance à Lothaire le lundi 1er mars après-midi, durant la journée du mardi 2 mars et le mercredi 3 mars matin

| <i><b>Jour et horaire de prélèvement</b></i>            | <i><b>A :<br/>Bassin olympique<br/>et bassin école, à<br/>proximité du<br/>local des maîtres<br/>nageurs</b></i> | <i><b>B :<br/>Bassin<br/>olympique, côté<br/>baie vitrée</b></i> | <i><b>C :<br/>Bassin<br/>olympique, côté<br/>gradin</b></i> | <i><b>Moyenne<br/>(tous<br/>prélèvements<br/>confondus)</b></i> |
|---|--|--|---|---|
| <i><b>Lundi 1<sup>er</sup> mars<br/>14h30-16h30</b></i> | 0,43   | 0,55   | 0,3   | <b>0,43 ± 0,1</b>   |
| <i><b>Mardi 2 mars<br/>9h00-11h00</b></i>               | 0,32   | 0,3  | 0,35  | <b>0,32 ± 0,02</b>  |
| <i><b>Mardi 2 mars<br/>14h30-16h30</b></i>              | 0,53   | 0,4  | 0,52  | <b>0,48 ± 0,06</b>  |
| <i><b>Mardi 2 mars<br/>17h00-20h00</b></i>              | 1,5  | 0,92   | 1,07  | <b>1,16 ± 0,25</b>  |
| <i><b>Mercredi 3 mars<br/>9h00-11h00</b></i>            | 0,69   | 0,41   | 0,44  | <b>0,51 ± 0,12</b>  |
| <i><b>Moyenne<br/>(par poste)</b></i>                   | <b>0,69 ± 0,42</b>   | <b>0,52 ± 0,22</b>   | <b>0,54 ± 0,28</b>  |   |

Les mesures réalisées durant la journée de mardi montrent l'évolution progressive de la pollution tout au long de la journée pour atteindre des valeurs habituellement observées au niveau des baignades à remous (Figure 5). Il est à noter que la tranche horaire de 17h00-20h00, les nageurs du club de Metz s'entraînent, ce qui produit plus de remous dans la piscine et une augmentation de la fréquentation par rapport au début de l'après-midi.

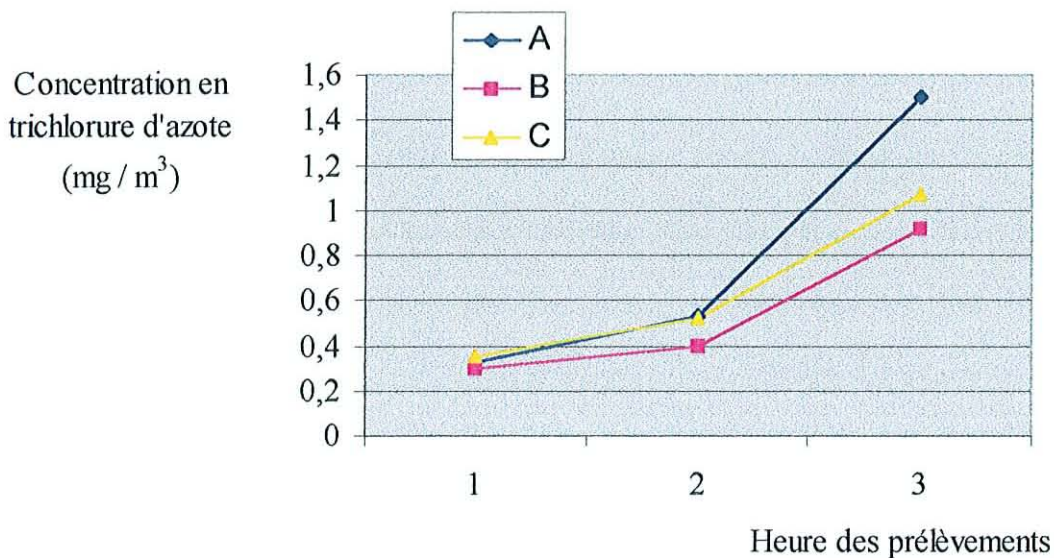


Figure 5 : Teneurs moyennes en trichlorure d'azote mesurées aux différents postes de surveillance à Lothaire durant la journée du 2 mars 1999 (1: prélèvements réalisés de 9h-11h, 2 : de 14h30-16h30, 3 : de 17h-20h)

Les concentrations moyennes de  $\text{NCl}_3$  varient d'une matinée à l'autre et d'une après-midi à l'autre, tout en sachant que la fréquentation, paramètre pouvant intervenir sur la pollution atmosphérique, était identique durant les différents prélèvements, ainsi que les températures de l'eau et de l'air. Ainsi, la concentration moyenne de trichloramine est plus élevée le mercredi matin que le mardi matin et, parmi les paramètres influençant le taux de trichloramine mesurée dans l'air ambiant, un taux de chlore combiné de 0,61 mg / l (à 8h00) le mercredi a été relevé contre 0,55 mg / l (à 8h00) le mardi dans le bassin olympique, ainsi que 1,04 mg / l de chlore combiné le mercredi contre 0,91 mg / l le mardi dans le bassin



école. Par contre, la concentration moyenne de trichloramine est en début d'après-midi quasiment la même le mardi et le lundi, tout en sachant que le nombre d'extracteurs mis en route est de 4 le lundi contre 2 le mardi, mais le taux de chlore combiné est plus faible le mardi par rapport au lundi (0,35 mg / l le mardi et 0,55 mg / l le lundi).

Durant ces 3 jours de prélèvements, aucune corrélation entre la teneur en chlore combiné des différents bassins et la teneur en  $\text{NCl}_3$  de l'air n'a pu être réalisée (Figure 6).

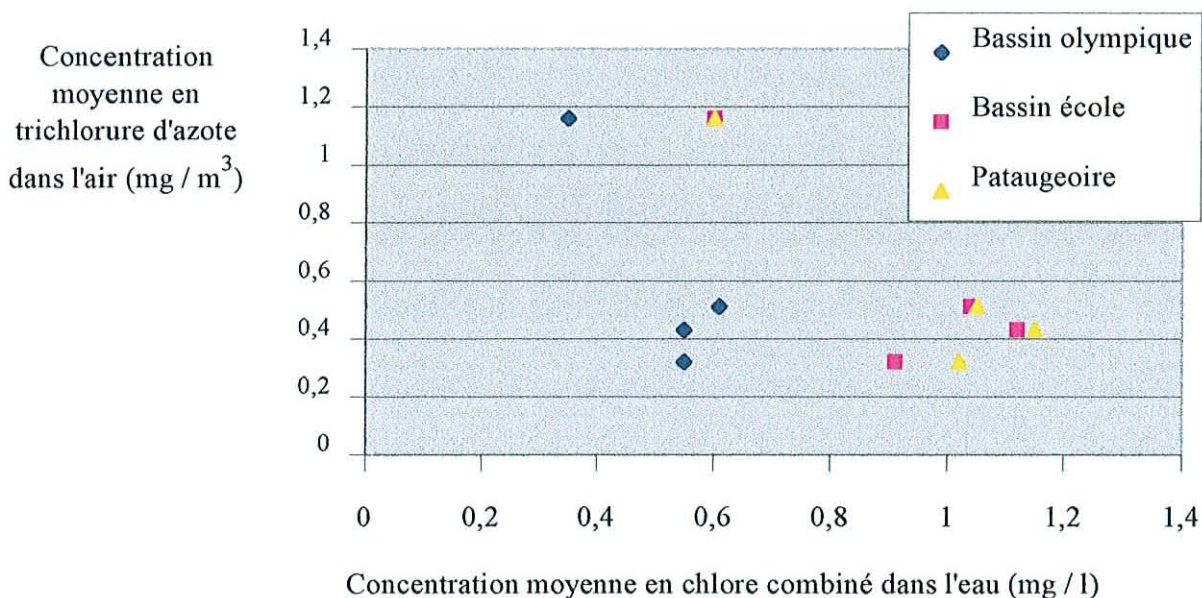


Figure 6 : Relation entre la teneur moyenne en chlore combiné dans l'eau de chaque bassin et la teneur moyenne en trichlorure d'azote dans l'air de l'espace nautique à Lothaire mesurée lors des séries de prélèvements

Les mesures réalisées à la piscine de Belletanche (tableau 8) montrent que le niveau de pollution de l'espace nautique par la trichloramine peut dépasser la valeur limite de "confort" préconisée, tout en sachant que les moyennes établies tous prélèvements confondus prennent en compte les séries des analyses effectuées autour des différents bassins (poste 1, 2, 3, 4 et 5), et exclut celles effectuées au niveau des vestiaires (poste 6, 7, 8 et 9). En effet, suite à une demande des agents techniques, des prélèvements ont été mis en place aux différents endroits indiqués par ceux-ci (aux postes 6, 7, 8 et 9), et la moyenne des

concentrations relevées est de  $0,21 \text{ mg} / \text{m}^3 (\pm 0,08)$ , valeur en deçà de la valeur limite de confort .

En comparaison aux analyses d'atmosphères effectuées par le Laboratoire Interrégional de Chimie de l'Est (Dorotte et al., 1998), il est constaté que la concentration moyenne de trichloramine est équivalente dans les deux études pour le poste de surveillance du grand bassin (poste 1) :  $0,36 \text{ mg} / \text{m}^3 (\pm 0,21)$  pour cette étude contre  $0,38 \text{ mg} / \text{m}^3$  pour Dorotte et al. (1998) ; ainsi que pour le poste bassin école (poste 4) :  $0,37 \text{ mg} / \text{m}^3 (\pm 0,19)$  dans cette étude contre  $0,42 \text{ mg} / \text{m}^3$  pour Dorotte et al. (1998), tout en sachant que le point de prélèvement n'est pas exactement identique pour les deux études. De même, à proximité du local des maîtres nageurs (poste 3), la concentration moyenne dans cette étude est de  $0,59 \text{ mg} / \text{m}^3 (\pm 0,18)$  contre  $0,49 \text{ mg} / \text{m}^3$  ; ainsi qu'au niveau du bassin ludique (poste 2), les valeurs sont de :  $0,42 \text{ mg} / \text{m}^3 (\pm 0,11)$  contre  $0,33 \text{ mg} / \text{m}^3$ , avec des points de prélèvements légèrement différents. Les valeurs les plus faibles sont relevées au niveau de la surveillance du grand bassin (poste 1) et du bassin ludique (poste 2), résultats semblables aux relevés de Dorotte et al. (1998) qui considèrent que la différence de concentration en  $\text{NCl}_3$  des différents postes est logique compte- tenu de l'implantation du système de ventilation.

En tenant compte des séries de prélèvements des postes 1, 2, 3, 4 et 5, les valeurs les plus faibles sont relevées le matin :  $0,38 \text{ mg} / \text{m}^3 (\pm 0,13)$  en moyenne (0,04 à 0,56). De ce fait, la pollution est plus élevée l'après-midi :  $0,54 \text{ mg} / \text{m}^3 (\pm 0,22)$  en moyenne (0,29 à 1,02).

Avant de comparer le taux moyen de  $\text{NCl}_3$  obtenu les matinées et les après-midi, il faut noter que la fréquentation (autre paramètre influençant le taux de chloramines dans l'air des piscines) de la piscine de Belletanche est peu variable d'un jour à l'autre.

La concentration moyenne de trichloramine est plus élevée le vendredi matin que le jeudi matin pour le poste de surveillance du grand bassin au niveau du plongoir (poste 1). L'un des paramètres pouvant influencer le taux de trichloramine est : le taux de chlore combiné du grand bassin ( $0,30 \text{ mg} / \text{l}$  le vendredi contre  $0,22 \text{ mg} / \text{l}$  le jeudi). Toutefois, il est à noter que le taux de trichloramine, pour le poste de surveillance du grand bassin au niveau du local des maîtres nageurs (poste 5), est équivalent le jeudi et le vendredi. La différence de concentration de trichlorure d'azote, observée pour le poste 1 le jeudi et le vendredi, est peut-être un problème d'expérimentation. Pour le poste 2, la concentration en trichlorure d'azote

Tableau 8 : Valeurs moyennes en trichlorure d'azote ( $\text{mg} / \text{m}^3$ ) des prélèvements d'ambiance réalisés à différents postes de l'espace nautique de Belletanche le mardi 2 mars après-midi, le mercredi 3 mars après-midi, le jeudi 4 mars matin et après-midi et le vendredi 5 mars matin

| <i>Jour et<br/>horaire de<br/>prélèvement</i> | <i>1 :<br/>Grand<br/>bassin au<br/>niveau du<br/>plongeoir</i> | <i>2 :<br/>Bassin<br/>ludique</i> | <i>3 :<br/>A proximité<br/>du local des<br/>maîtres<br/>nageurs (au<br/>niveau de la<br/>vigie)</i> | <i>4 :<br/>Au niveau<br/>du bassin<br/>école<br/>(bassin<br/>10X15 m)</i> | <i>5 :<br/>Grand<br/>bassin, au<br/>niveau du<br/>local des<br/>maîtres<br/>nageurs</i> | <i>Moyenne<br/>(tous<br/>prélèvements<br/>confondus)</i> |
|---|--|-----------------------------------|---|---|---|--|
| <i>Mardi 2<br/>mars 14h40-<br/>20h00</i>      | 0,29   | 0,3                               | 0,47  | 0,44  | 0,45  | 0,39 ± 0,08  |
| <i>Mercredi 3<br/>mars 15h10-<br/>18h40</i>   | 0,68   | 0,62                              | 0,93  | 0,84  | 1,02  | 0,82 ± 0,15  |
| <i>Jeudi 4 mars<br/>9h00-11h00</i>            | 0,04   | 0,35                              | 0,56  | 0,41  | 0,43  | 0,36 ± 0,19  |
| <i>Jeudi 4 mars<br/>14h15-17h15</i>           | 0,34   | 0,39                              | 0,55  | 0,35  | 0,49  | 0,42 ± 0,08  |
| <i>Vendredi 5<br/>mars 9h10-<br/>11h10</i>    | 0,43   | 0,45                              | 0,43  | 0,33  | 0,38  | 0,40 ± 0,04  |
| <i>Moyenne<br/>(par poste)</i>                | 0,36 ± 0,21  | 0,42 ± 0,11                       | 0,59 ± 0,18   | 0,37 ± 0,19   | 0,55 ± 0,24   |  |



est du même ordre de grandeur le jeudi et le vendredi. Au niveau du poste du bassin école (poste 4), la concentration en trichlorure d'azote est légèrement plus élevée le jeudi matin que le vendredi matin. Il est constaté malgré tout que le chlore combiné du bassin 10 × 15 m (bassin école) est de 0,32 mg / l le jeudi contre 0,43 mg / l le vendredi. En ce qui concerne les après-midi, le taux de pollution en chloramine est plus élevé le mercredi pour les différents postes de surveillance, en comparaison à mardi et à jeudi, jours où les résultats sont similaires. Pour le poste 1 et 5, il est constaté qu'il n'existe pas de corrélation entre le taux de chlore combiné dans l'eau et le taux de chloramine mesuré dans l'air (Figure 7). De la même façon, pour le poste 2 et 4, la valeur du chlore combiné est plus faible le mercredi. C'est pourquoi, il ne faut pas oublier que plusieurs paramètres interviennent dont, parmi ceux-ci, l'agitation de l'eau qui pourrait être une des raisons des concentrations plus importantes en trichlorure d'azote le mercredi après-midi.

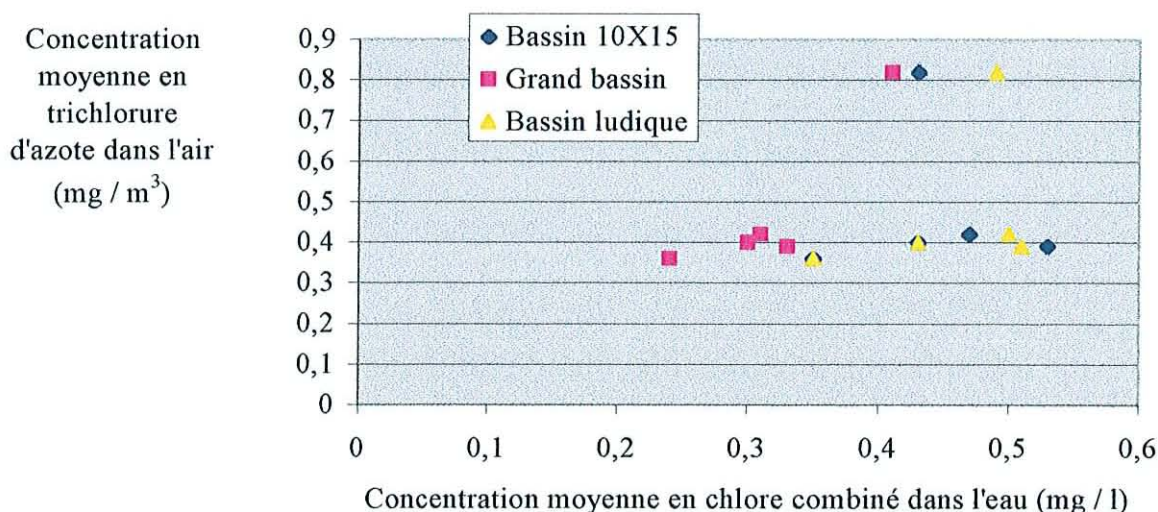


Figure 7 : Relation entre la teneur moyenne en chlore combiné dans l'eau de chaque bassin et la teneur moyenne en trichlorure d'azote dans l'air de l'espace nautique à Lothaire mesurée lors des séries de prélèvements



### 3.3 Résultats du questionnaire rempli par les maîtres nageurs de Metz, le groupe témoin et les nageurs du club de Metz

Que ce soit le groupe des maîtres nageurs de Metz, le groupe témoin ou les nageurs de Metz, le nombre de réponses positives (des questions 5 à 14 pour le questionnaire destiné aux maîtres nageurs et au groupe témoin, des questions 5 à 14 et 18 à 21 pour le questionnaire des nageurs) a été recensé et les résultats (pourcentage de réponses positives) sont regroupés dans les tableaux 9, 10 et 11. Les notions de fréquence, de la période d'apparition des diverses irritations, de fréquentation sont regroupés dans les tableaux 12, 13 et 14 et sont conjointement analysés avec les remarques faites par les groupes, le nombre d'heures passé dans l'établissement chaque semaine et les résultats des tableaux 9, 10 et 11.

Le groupe des maîtres nageurs de cette étude étant petit (20 maîtres nageurs) et les résultats des pourcentages des différents signes d'irritations étant semblables pour le personnel de Belletanche et Lothaire, ceux-ci ont été regroupés dans le tableau 9 pour l'ensemble des maîtres nageurs de Metz avec 9 maîtres nageurs qui travaillent à la piscine Lothaire, 8 maîtres nageurs qui travaillent à la piscine de Belletanche et 3 maîtres nageurs qui ont été amené à exercer à la piscine Lothaire et à la piscine de Belletanche. Quant aux résultats du groupe témoin, ils sont réunis dans le tableau 10 et ceux des nageurs du club de Metz dans le tableau 11.

D'après les résultats de l'ensemble des maîtres nageurs de Metz, la seule personne ne présentant pas d'irritations oculaires est un éducateur qui travaille 6 heures par semaine (20 heures auparavant) au lieu de 39 heures en moyenne pour les autres personnes concernées. Par contre, une jeune recrue qui travaille depuis 5 mois à temps plein (38h45), présente ses symptômes depuis 5 mois. Ces irritations oculaires apparaissent plutôt l'après-midi. L'augmentation progressive du taux de  $\text{NCl}_3$  dans la journée pourrait être l'explication, mais aussi le fait que le maître nageur est présent sur son lieu de travail depuis le matin. Un des maîtres nageurs interrogé ajoute qu'il présente parfois des irritations importantes des yeux la nuit suite à « une grosse journée ». En ce qui concerne les maîtres nageurs ayant le nez qui coule, ce symptôme s'arrête pendant les vacances à l'exception de 3 personnes dont une qui présente souvent des sinusites. Parmi les cinq personnes ne souffrant pas d'irritations laryngées, il est à noter qu'une jeune recrue, travaillant depuis 5 mois, est concernée. La sensation de mal respirer, d'étouffement, de malaise apparaît chez une majorité de maîtres nageurs avec arrêt de ce symptôme pendant les vacances, à l'exception d'une personne. Il est

à noter que, quelle que soit la piscine, d'après les remarques faites par les maîtres nageurs (16 maîtres nageurs sur 20 ont fait des remarques sur les troubles dont ils pouvaient souffrir et sur l'atmosphère des piscines), 13 se plaignent " de fortes chaleurs pendant la journée " ou que " l'air ambiant est humide ", " qu'il fait trop chaud ", " que l'aération est mauvaise ", ainsi que " de mal respirer à certaines périodes ". Il faut aussi noter qu'une majorité de maîtres nageurs se plaint de maux de tête qui, pour la moitié d'entre eux, sont présents toute la journée lorsqu'ils se manifestent. En ce qui concerne les pathologies chroniques, 7 maîtres nageurs sur 20 souffrent de bronchites à répétition (dont un fumeur et asthmatique) qui n'apparaissent pas pendant leurs vacances, et 2 de ces maîtres nageurs précisent qu'ils ont des bronchites à répétition depuis qu'ils travaillent. 6 maîtres nageurs, dont 5 qui ne fument pas, présentent une toux chronique depuis qu'ils travaillent, avec arrêt pendant les vacances, hormis un maître nageur asthmatique qui tousse depuis l'âge de 15 ans. Les problèmes cutanés sont aussi largement présents, avec un peu plus de la moitié du personnel qui présente essentiellement des dermatoses du genre eczéma, des mycoses, des rougeurs sur le corps. 2 maîtres nageurs non asthmatiques, mais 1 fumeur, présentent régulièrement des essoufflements, avec arrêt des symptômes pendant les vacances pour le non fumeur qui travaille depuis 25 ans, et pas d'arrêt pendant les vacances pour le fumeur.

Ainsi, selon l'enquête mise en place auprès des maîtres nageurs de Metz, un fort pourcentage de maîtres nageurs se plaint d'irritations oculaires et ORL (oto-rhino-laryngologie), ainsi que de problèmes cutanés, que ce soit les maîtres nageurs exerçant dans une piscine dite ludique (Belletanche) que ceux exerçant dans une piscine dite classique (piscine olympique Lothaire). Les résultats des prélèvements de l'air ambiant dans les deux piscines montrent que le taux de trichlorure d'azote peut être, en hiver, équivalent dans les deux piscines. Même si seulement que quelques maîtres nageurs souffrent de toux et/ou de bronchites chroniques, ces symptômes n'apparaissent pas pendant leurs vacances et affectent les maîtres nageurs fumeurs et non fumeurs. D'après le questionnaire établi, il est difficile de faire une corrélation entre les taux de trichlorure d'azote présents dans ces deux piscines et l'installation d'une pathologie chronique. Toutefois, il est possible de se demander si le taux de trichlorure d'azote ne serait pas un des paramètres favorisant la survenue d'une pathologie ORL chronique. C'est l'une des raisons pour laquelle une étude semblable, avec le même questionnaire, a été mise en place avec un groupe témoin. Il est à noter aussi que d'après les remarques faites par les maîtres nageurs, la sensation d'étouffement et de malaise serait due à

l'humidité, à la chaleur ambiante de l'atmosphère des deux piscines. Que se soit à la piscine Lothaire ou de Belletanche, les différents symptômes surviennent l'après-midi ou toute

Tableau 9 : Résultats du questionnaire rempli par les 20 maîtres nageurs de Metz

|  | FUMEUR<br>(n = 5) | NON FUMEUR<br>(n = 15) | TOTAL<br>(n = 20) |
|--|-------------------|------------------------|-------------------|
| 1. Yeux irrités (%)  | 100               | 86,7                   | 90                |
| 2. Nez qui coule (%)   | 60                | 66,7                   | 65                |
| 3. Gorge irritée (%)   | 80                | 73,3                   | 75                |
| 4. Maux de tête (%)  | 100               | 53,3                   | 65                |
| 5. Sensation de<br>« mal respirer »,<br>d'étouffement,<br>de malaise (%) | 60                | 66,7                   | 65                |
| 6. Bronchites<br>à répétition (%)  | 40                | 33,3                   | 35                |
| 7. Maîtres nageurs<br>asthmatiques (%)                                   | 20                | 0                      | 5                 |
| 8. Toux et/ou<br>Expectoration<br>chroniques (%)                         | 20                | 33,3                   | 30                |
| 9. Essoufflement<br>à l'effort (%)                                       | 20                | 6,7                    | 10                |
| 10. Problèmes<br>cutanés (%)   | 60                | 53,3                   | 55                |

Tableau 10 : Résultats du questionnaire rempli par les 46 personnes du groupe témoin

|   | FUMEUR<br>(n = 17) | NON FUMEUR<br>(n = 29) | TOTAL<br>(n = 46) |
|---|--------------------|------------------------|-------------------|
| 1. Yeux irrités (%)   | 11,8               | 27,6                   | 22                |
| 2. Nez qui coule (%)  | 0                  | 10,3                   | 6,5               |
| 3. Gorge irritée (%)  | 23,5               | 27,6                   | 26                |
| 4. Maux de tête (%)   | 23,5               | 31                     | 28                |
| 5. Sensation de « mal respirer »,<br>d'étouffement, de<br>malaise (%) | 11,8               | 10,3                   | 10,9              |
| 6. Bronchites<br>à répétition (%)                                     | 5,9                | 6,9                    | 6,5               |
| 7. Personnes<br>asthmatiques (%)                                      | 0                  | 6,9                    | 4,3               |
| 8. Toux et / ou<br>expectoration<br>chroniques (%)                    | 11,8               | 10,3                   | 10,9              |
| 9. Essoufflement à<br>l'effort (%)                                    | 11,8               | 10,3                   | 10,9              |
| 10. Problèmes<br>cutanés (%)  | 35,3               | 37,9                   | 36,9              |

Tableau 11 : Résultats du questionnaire rempli par les 69 nageurs du club de Metz

|   | LOTHAIRE<br>(n = 44 nageurs) | BELLETANCHE<br>(n = 25 nageurs) | TOTAL<br>(n = 69 nageurs) |
|---|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 1. Yeux irrités (%)   | 52,3                         | 16                              | 39,1                      |
| 2. Nez qui coule (%)  | 52,3                         | 44                              | 49,3                      |
| 3. Gorge irritée (%)  | 31,8                         | 8                               | 23,2                      |
| 4. Maux de tête (%)   | 47,7                         | 44                              | 46,4                      |
| 5. Sensation de « mal respirer »,<br>d'étouffement, de<br>malaise (%)         | 43,2                         | 12                              | 31,9                      |
| 6. Bronchites à<br>répétitions (%)  | 6,8                          | 8                               | 7,2                       |
| 7. Asthmatiques (%)   | 13,6                         | 8                               | 11,6                      |
| 8. Toux et/ou<br>expectoration<br>chroniques (%)                              | 11,4                         | 8                               | 10,1                      |
| 9. Essoufflement à<br>l'effort (%)  | 38,6                         | 32                              | 36,2                      |
| 10. Problèmes cutanés<br>(%)  | 31,8                         | 12                              | 24,6                      |
| 11. Douche<br>et savonnage à l'issue<br>de chaque séance<br>d'entraînement(%) | 70,5                         | 36                              | 58                        |
| 12. Essuyage complet<br>des pied avant de<br>remettre les<br>chaussures (%)   | 56,8                         | 32                              | 47,8                      |
| 13. Problèmes cutanés<br>des pieds (%)  | 22,7                         | 36                              | 27,5                      |
| 14. Port de claquettes<br>(%)   | 43,2                         | 48                              | 44,9                      |

Tableau 12 : Relevé effectué d'après les réponses des maîtres nageurs (n = 20) de l'arrêt des symptômes pendant les vacances des questions 5, 6, 7, 8 et 9, de leur fréquence, de leur période d'apparition durant la journée et selon la fréquentation

|   | Arrêt des troubles pendant les vacances | Fréquence des troubles                       | Période d'apparition dans la journée                                 | Apparition lors de fortes fréquentations ou quelle que soit la fréquentation |
|---|---|--|--|--|
| Question 5 : yeux irrités   | 17 sur 18                               | 12 sur 18 de temps en temps                  | 13 sur 18 l'après-midi   | 10 sur 18 quelle que soit la fréquentation                                   |
| Question 6 : nez qui coule  | 10 sur 13                               | 8 sur 10 de temps en temps<br>3 non-réponses | 7 sur 13 l'après-midi et 5 sur 13 toute la journée                   | 9 sur 13 quelle que soit la fréquentation                                    |
| Question 7 : gorge irritée  | 13 sur 15                               | 8 sur 13 de temps en temps<br>2 non-réponses | 7 sur 13 toute la journée et 6 sur 13 l'après-midi<br>2 non-réponses | 11 sur 13 quelle que soit la fréquentation<br>2 non-réponses                 |
| Question 8 : maux de tête   | 11 sur 13                               | 9 sur 11 de temps en temps<br>2 non-réponses | 7 sur 11 toute la journée<br>2 non-réponses                          | 9 sur 11 quelle que soit la fréquentation<br>2 non-réponses                  |
| Question 9 : sensation de « mal respirer », de malaise, d'étouffement | 12 sur 13                               | 7 sur 12 de temps en temps<br>1 non-réponse  | 8 sur 12 toute la journée<br>1 non-réponse                           | 8 sur 12 lors de fortes fréquentations<br>1 non-réponse                      |

Tableau 13 : Relevé effectué d'après les réponses du groupe témoin (n = 46) de l'arrêt des symptômes pendant les vacances des questions 5, 6, 7, 8 et 9, de leur fréquence, de leur période d'apparition durant la journée et selon la fréquentation

|   | Arrêt des troubles pendant les vacances | Fréquence des troubles      | Période d'apparition dans la journée   | Apparition lors de fortes fréquentations ou quelle que soit la fréquentation |
|---|---|-----------------------------|--|--|
| Question 5 : yeux irrités   | 6 sur 10                                | 6 sur 10 de temps en temps  | 4 sur 10 toute la journée, 3 sur 10 l'après-midi, 2 sur 10 le matin<br>1 non-réponse | 6 sur 10 quelle que soit la fréquentation<br>3 non-réponses                  |
| Question 6 : nez qui coule  | 1 sur 3                                 | 2 sur 3 de temps en temps   | 2 sur 3 le matin   | 2 sur 3 quelle que soit la fréquentation                                     |
| Question 7 : gorge irritée  | 6 sur 12                                | 10 sur 12 de temps en temps | 4 sur 12 le matin, 4 sur 12 toute la journée, 3 sur 12 l'après-midi                  | 7 sur 12 quelle que soit la fréquentation<br>4 non-réponses                  |
| Question 8 : maux de tête   | 4 sur 13                                | 9 sur 13 de temps en temps  | 7 sur 13 toute la journée  | 10 sur 13 quelle que soit la fréquentation                                   |
| Question 9 : sensation de « mal respirer », de malaise, d'étouffement | 3 sur 5                                 | 5 sur 5 de temps en temps   | 2 sur 5 toute la journée, 1 sur 5 le matin, 1 sur 5 l'après-midi<br>1 non-réponse    | 3 sur 5 lors de fortes fréquentations  |

Tableau 14 : Relevé effectué d'après les réponses des nageurs (n = 69) de l'arrêt des symptômes pendant les vacances des questions 5, 6, 7, 8 et 9, de leur fréquence, de leur période d'apparition durant la journée et selon la fréquentation

|   | Arrêt des troubles pendant les vacances | Fréquence des troubles      | Période d'apparition dans la journée   | Apparition lors de fortes fréquentations ou quelle que soit la fréquentation |
|---|---|-----------------------------|--|--|
| Question 5 : yeux irrités   | 26 sur 27                               | 22 sur 27 de temps en temps | 20 sur 27 le soir  | 15 sur 27 quelle que soit la fréquentation                                   |
| Question 6 : nez qui coule  | 23 sur 34                               | 21 sur 34 de temps en temps | 19 sur 34 le soir  | 20 sur 34 quelle que soit la fréquentation                                   |
| Question 7 : gorge irritée  | 8 sur 16                                | 9 sur 16 de temps en temps  | 6 sur 16 le soir, 4 sur 16 toute la journée, 3 sur 16 l'après-midi, 1 le matin<br>2 non-réponses | 11 sur 16 quelle que soit la fréquentation                                   |
| Question 8 : maux de tête   | 17 sur 32                               | 22 sur 32 de temps en temps | 15 sur 32 le soir, 8 sur 32 toute la journée, 6 sur 32 l'après-midi<br>3 non-réponses            | 18 sur 32 quelle que soit la fréquentation                                   |
| Question 9 : sensation de « mal respirer », de malaise, d'étouffement | 16 sur 22                               | 15 sur 22 de temps en temps | 15 sur 22 le soir  | 9 sur 22 quelle que soit la fréquentation<br>4 non-réponses                  |



l'humidité, à la chaleur ambiante de l'atmosphère des deux piscines. Que se soit à la piscine Lothaire ou de Belletanche, les différents symptômes surviennent l'après-midi ou toute la journée et, en majorité, de temps en temps. Quant aux signes d'irritations oculaires et/ou ORL, ceux-ci ne se manifestent pas seulement lors de fortes fréquentations, période où les taux de trichlorure d'azote mesurés dans l'air ambiant sont plus importants au reste de la journée selon les résultats de Bohadana et al. (1998). Toutefois, d'après les remarques du personnel de surveillance, ces irritations oculaires et respiratoires peuvent apparaître quelle que soit la fréquentation mais, en général, celles-ci sont plus importantes lors de fortes fréquentations et en fin de journée.

En ce qui concerne le groupe témoin, celui-ci travaille aussi dans une atmosphère humide mais l'eau est non traitée au chlore et la désinfection des locaux se fait essentiellement avec un détergent autre que l'eau de Javel. De ce fait, aucune chloramine due à la désinfection de l'eau se trouve dans l'air ambiant. Parmi les 10 personnes qui ont les yeux irrités, autant le personnel de l'établissement travaillant depuis 1 mois et celui travaillant depuis 10 ans est concerné. Quant aux 12 personnes concernées par les maux de gorge, 4 sont fumeurs. En ce qui concerne les pathologies chroniques, 3 personnes souffrent de bronchites chroniques, dont un est fumeur et ces bronchites à répétition sont apparues avant de travailler dans cet établissement et avant d'exercer sa profession. Pour les 2 autres personnes concernées (dont l'une d'elle est asthmatique), ces symptômes n'apparaissent pas pendant leurs vacances. 2 personnes sont asthmatiques depuis leur enfance. Pour l'une d'elle (qui souffre aussi de bronchites chroniques), ces symptômes s'arrêtent pendant les vacances. 5 personnes souffrent de toux chroniques, dont 3 sont fumeurs. L'une des personnes, qui ne fume pas, présente ces symptômes pendant les vacances. 5 membres du personnel présentent un essoufflement à l'effort, dont 2 sont fumeurs et 1 asthmatique. Parmi ceux-ci, 2 personnes, non fumeurs, ont un essoufflement à l'effort pendant leurs vacances et l'une d'entre elle est asthmatique. Pour les 14 membres du personnel ayant des problèmes cutanés, ceux-ci sont en général de l'eczéma au niveau des mains et des pieds. Par rapport aux maîtres nageurs de la piscine de Belletanche et de la piscine Lothaire, ce pourcentage d'irritations cutanées est légèrement plus faible.

En comparaison aux groupes de Belletanche et Lothaire, il semble que le personnel du Centre Thermal souffre aussi de l'humidité, de la chaleur qui règne au bord des bassins : les remarques émises par 11 personnes signalent « un manque d'aération », qu'il fait

« trop chaud », qu'il existe « une fatigue due à la chaleur », que « les jambes sont lourdes ». Toutefois, ce groupe témoin se plaint moins d'irritations oculaires et respiratoires, de sensation d'étouffement, et il apparaît que le nombre de personnes souffrant de pathologies chroniques s'avère plus faible d'environ 25 % par rapport au groupe de l'ensemble des maîtres nageurs de Metz et concerne des fumeurs et non fumeurs, tout en gardant à l'esprit que ce groupe n'est constitué que de 20 personnes contre 46 pour le groupe témoin. Quant à la période d'apparition des divers symptômes, celle-ci est plus disparate que le groupe des maîtres nageurs. Il est aussi plus difficile de conclure sur la période d'apparition des divers symptômes dans la journée qui ne s'arrêtent pas forcément pendant les vacances ; par contre, comme dans le cas des maîtres nageurs, ils se manifestent plutôt de temps en temps et quelle que soit la fréquentation.

Les résultats du questionnaire rempli par les nageurs sont pris dans leur globalité, c'est à dire que l'on ne distinguera pas les résultats des nageurs de la piscine de Belletanche et ceux de la piscine Lothaire : seulement 25 nageurs s'entraînant à Belletanche ont répondu contre 44 à Lothaire, et les nageurs s'entraînant le plus grand nombre d'heures par semaine vont à la piscine Lothaire (tableau 11). Il faut toutefois noter que les nageurs s'entraînant à Belletanche se plaignent moins d'irritations oculaires, de maux de gorge et de sensation de " mal respirer " que les nageurs s'entraînant à Lothaire ; ce qui n'est pas le cas avec les maîtres nageurs de Metz. Il semble aussi utile d'ajouter que pour répondre au questionnaire, un " effet de groupe " s'est peut-être mis en place. Les pourcentages relevés sont plus faibles que ceux obtenus avec l'ensemble des maîtres nageurs de Metz, mais ces pourcentages restent relativement importants et sont plus élevés que le groupe témoin.

Ainsi, en ce qui concerne les irritations oculaires, 27 nageurs sont concernés malgré le port de lunettes et parmi ceux-ci, 1 présente aussi ces irritations lorsqu'il ne va pas à la piscine. Sur les 32 nageurs qui présentent des maux de tête, 15 ont des maux de tête pendant les vacances. Comme la survenue de ce symptôme est très variable (l'après-midi ou le soir ou la journée), il est difficile de savoir si les maux de tête sont la conséquence de leur état de fatigue journalier par exemple, ou de leurs séances d'entraînement. Sur les 22 nageurs qui ont des sensations " de mal respirer " 7 sont asthmatiques, et celles-ci sont présentes pendant les vacances pour 6 (1 est asthmatique) des 22 nageurs. Ainsi, la survenue de maux de tête et d'essoufflement à l'effort paraît élevée (les nageurs souffrent plus d'essoufflement à l'effort que les maîtres nageurs) mais d'autres paramètres que les entraînements peuvent

intervenir (fatigue pour les maux de tête par exemple) et, en ce qui concerne l'essoufflement à l'effort, la question a peut être été mal interprétée par certains nageurs : l'essoufflement à l'effort a peut être été confondu avec la récupération d'un effort lors d'une séance d'entraînement. 5 nageurs sur 69, dont 2 asthmatiques, ont des bronchites chroniques, avec pas d'arrêt de ce symptôme pendant les vacances pour les 2 asthmatiques. L'asthme se manifeste chez 8 nageurs et celui-ci est apparu chez ces nageurs avant d'exercer la natation. 7 nageurs sur 69 présentent une toux chronique, dont 2 sont asthmatiques, avec pas d'arrêt pendant les vacances pour 4 d'entre eux dont les 2 asthmatiques. 25 nageurs sur 69, dont 5 asthmatiques, ont des essoufflements à l'effort et 12, dont 3 asthmatiques, présentent ce symptôme pendant les vacances. En ce qui concerne les problèmes cutanés, 17 nageurs sont concernés et, parmi ceux-ci, 4 ne prennent pas de douche avec savonnage complet. Il est à noter qu'une bonne partie de nageurs ne prennent pas de douche avec un savonnage complet, puisque seulement 40 nageurs sur 69 déclarent prendre une douche, ce qui fait peu pour des jeunes qui vont régulièrement à la piscine. De même, seulement 33 nageurs sur 69 s'essuient correctement les pieds avant de se chausser. 19 nageurs présentent des problèmes cutanés aux pieds, parmi lesquels 12 ne s'essuient pas correctement les pieds. A noter aussi que 31 nageurs sur 69 portent une paire de semelles "spéciales piscines" pour se déplacer des vestiaires aux bassins ; parmi ceux ne portant pas une paire de semelles, 15 présentent des problèmes cutanés aux pieds. En ce qui concerne la fréquence et la période de la journée de l'apparition de ces irritations, il est difficile de faire une conclusion car les résultats sont disparates ; toutefois, il existe une légère dominante pour une survenue des irritations le soir, de temps en temps et quelle que soit la fréquentation. Il est aussi à noter que les divers problèmes ORL apparaissant chez les nageurs ne s'arrêtent pas pendant les vacances pour une bonne partie : soit la question a été mal interprétée, soit la fréquentation régulière des nageurs concernés dans les piscines n'est pas la seule explication à la survenue de ces problèmes ORL. Autre hypothèse : la survenue des divers symptômes pourrait se manifester pendant les vacances chez certains nageurs suite à une exposition cumulée de l'air ambiant et donc de trichloramine des halls des piscines. Enfin, il est constaté que le pourcentage de nageurs prenant une douche savonnée, portant des semelles et s'essuyant correctement les pieds s'avère peu élevé ; que la plupart des nageurs considère que 28°C est la température idéale pour réaliser une bonne séance d'entraînement.

## 4. DISCUSSION

Les résultats des séries de prélèvements réalisées dans deux piscines de Metz (piscine Lothaire et piscine de Belletanche) montrent des teneurs en trichlorure d'azote qui peuvent être élevées, en particulier dans le cas de la piscine dite "classique" (piscine Lothaire) ; ainsi qu'une évolution progressive de cette pollution atmosphérique dans la piscine Lothaire durant une journée, pour atteindre des valeurs anormalement élevées le soir, tout en sachant que les nageurs du club de Metz s'entraînent à partir de 17h. Une hausse de fréquentation à partir de cette heure pourrait expliquer l'augmentation du taux de chloramine dans l'air. Toutefois, il n'a pas été possible de faire une corrélation entre la teneur en chlore combiné dans l'eau et la teneur en trichlorure d'azote dans l'atmosphère durant les trois jours de prélèvements à la piscine Lothaire (Figure 6), mais aussi durant les 4 jours de prélèvements à la piscine de Belletanche (Figure 7) ; ce qui a été réalisé par Scotte (1984) et Héry *et al.* (1998).

Ces séries de prélèvements n'ont pas permis de mettre en place une étude dose – effet puisqu'elles ont été réalisées sur quelques jours sans demander au cours des prélèvements si les maîtres nageurs ressentaient une gêne oculaire ou autres et à quel moment elle se manifestait. Par contre, elles mettent en évidence qu'il existe une atmosphère polluée par la présence de chloramines dont le taux peut dépasser la limite de confort établie à  $0,50 \text{ mg} / \text{m}^3$ . Pour essayer de voir si l'atmosphère des deux piscines de Metz peut être un facteur majeur dans l'apparition d'irritations oculaires et ORL et de pathologies chroniques chez certains des maîtres nageurs interrogés, une enquête étiologique a été mise en place. Celle-ci a consisté à comparer les résultats des maîtres nageurs avec ceux d'un groupe témoin. L'interrogatoire montre des différences nettes de pourcentage : les maîtres nageurs se plaignent plus de gênes oculaires et autres que le groupe témoin. Le problème qui se pose est de savoir si le choix de ce groupe témoin est recevable ou non. En effet, d'après le tableau 15, il existe des différences parmi les caractéristiques du groupe « maître nageur » et du groupe témoin. Les principales sont, premièrement, l'effectif qui est plus du double pour le groupe témoin par rapport au groupe des maîtres nageurs ; deuxièmement, la profession diffère entre les deux groupes. Le rapport homme / femme est inversé entre ces deux groupes mais, d'après Rumeau - Rouquette *et al.* (1998), il n'y a pas de différence très nette selon le sexe lors d'un interrogatoire dans une optique descriptive. Il est à noter que les deux groupes travaillent dans

une atmosphère humide mais celle-ci est plus importante pour le groupe témoin. La présence de chloramines dans l'air est une autre caractéristique qui diffère les deux groupes et qui a permis le choix initial du groupe témoin. Ainsi, il est seulement possible d'émettre l'hypothèse que cette présence de chloramines dans l'air peut être une des raisons d'un taux d'irritations oculaires et ORL et de pathologies chroniques plus important chez les maîtres nageurs que chez le groupe témoin. Il aurait été intéressant de comparer les résultats de ces maîtres nageurs avec d'autres qui exercent dans une piscine dont l'eau est traitée à l'ozone.

En conclusion de l'enquête mise en place auprès des nageurs du club de Metz sur les signes d'irritations oculaires et autres pouvant être ressenties lors de leur entraînement, la survenue de ces irritations oculaires mais aussi respiratoires s'avère moins importante que le groupe de l'ensemble des maîtres nageurs de Metz mais plus importante que le groupe témoin (sauf exception pour l'irritation de la gorge : 23,2 % pour les nageurs contre 26 % pour le groupe témoin ; et le pourcentage de personnes souffrant d'une toux et/ou d'une expectoration chronique est quasiment identique pour les deux groupes : environ 10 %) et, d'après les réponses au questionnaire, ces irritations s'avèrent d'autant plus présentes pour les nageurs s'entraînant plus de 10 heures par semaine par rapport aux nageurs s'entraînant que 2 à 3 heures par semaine. Dans cette étude descriptive, il n'existe pas de point de comparaison avec des nageurs s'entraînant dans une piscine dont l'eau est non traitée au chlore ; elle permet seulement de se rendre compte qu'un nageur peut aussi ressentir une gêne oculaire et autres.

Tableau 15 : Comparaison des diverses caractéristiques du groupe « maître nageur » et du groupe témoin

|  | <b>Groupe<br/>des maîtres nageurs</b>  | <b>Groupe témoin</b>   |
|--|--|--|
| <b>Effectif</b>                                | 20   | 46   |
| <b>Profession</b>                              | maître nageur  | kinésithérapeute et<br>baigneur(se)  |
| <b>Sexe</b>                                    | essentiellement<br>des hommes (5 femmes)   | essentiellement des femmes   |
| <b>Age</b>                                     | 20-50 ans  | kinésithérapeutes : 22-25 ans<br>baigneurs(ses) : 20-45 ans  |
| <b>Nombre d'heure effectué par<br/>semaine</b> | - 38h45 (exception pour<br>deux personnes : 41 h<br>pour l'une et<br>6 h pour l'autre)                                     | - 33h pour la majorité, sinon 27h<br>pour 9 personnes et 39h pour 3<br>personnes ;<br>remarque : employés travaillent à la<br>demande, d'où possibilité de faire<br>9 h d'affilé |
| <b>Caractéristiques du lieu de<br/>travail</b> | - plusieurs bassins<br><br>- hygrométrie : 40 à 70%<br><br>- température de l'air :<br>27 – 28 °C<br><br>- endroit bruyant | - plusieurs douches et bains<br><br>- 90 %<br><br>- température de l'air : 26 – 27 °C<br><br>- endroit bruyant<br>(bruit permanent « de fontaine »)                              |
| <b>Présence de chloramines dans<br/>l'air</b>  | oui  | non  |
|  |  |  |

## TROISIEME PARTIE : DISCUSSION

### 1. QUELLES SOLUTIONS FACE AUX PROBLEMES DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE DES PISCINES COUVERTES

Les études de l'INRS montrent que le trichlorure d'azote est le représentant majoritaire de la pollution atmosphérique des halls des piscines couvertes et que celui-ci a un pouvoir irritant semblable à celui du chlore (Gagnaire *et al.*, 1994). Son taux dans l'atmosphère peut dépasser la valeur limite de confort établie par l'INRS qui est de  $0,5 \text{ mg} / \text{m}^3$ , entraînant à court terme chez les maîtres nageurs sauveteurs (qui sont exposés à l'air et non à l'eau) des irritations oculaires et respiratoires. D'après Massin *et al.* (1998), celles-ci peuvent apparaître en deçà de cette valeur limite de confort et leur fréquence accroît avec l'augmentation de l'exposition mesurée. Selon Aubert du Syndicat des halogènes et dérivés (Commission de la sécurité des consommateurs, 1997), certaines personnes sensibles ne supportent pas une teneur supérieure à  $0,1 \text{ mg} / \text{m}^3$ . L'enquête mise en place auprès des nageurs de compétition de Metz montre que ceux-ci peuvent aussi ressentir des gênes respiratoires et oculaires, mais à un moindre degré que les maîtres nageurs de Metz. A plus long terme, une étude épidémiologique serait nécessaire afin de définir les effets de  $\text{NCl}_3$ .

Est-ce que des solutions face à ce problème de pollution atmosphérique par  $\text{NCl}_3$  peuvent être apportées ? Il serait intéressant de voir s'il est possible, premièrement, de remplacer le chlore et, deuxièmement, de tenir compte du taux de  $\text{NCl}_3$  dans l'air. Enfin, la première mesure à prendre serait de sensibiliser les principaux responsables de cette pollution atmosphérique des piscines couvertes : les baigneurs.

#### 1.1 Le chlore et ses dérivés

Faut-il remplacer le chlore par un autre désinfectant dans les piscines publiques couvertes ? Cela semble impossible pour différentes raisons qui sont, premièrement, le fait que le chlore est un désinfectant à effet rémanent (une eau désinfectée au chlore, s'il reste du chlore en solution, ne pourra se réinfecter avant que tout le chlore soit consommé). Deuxièmement, le chlore a une très bonne activité germicide et il est mieux adapté que le brome pour l'utilisation d'un pH compris entre 6,9 et 7,7 (Scotte, 1984). De plus, l'activité

germicide est optimum au voisinage d'un pH de 7,5, valeur où l'on obtient un maximum d'acide hypochloreux (chlore actif) mais aussi un ralentissement de la formation des di- et trichloramines avec un taux de chlore libre supérieur à 1,8 mg / m<sup>3</sup>. Troisièmement, le chlore n'est pas cher. Ensuite, il faut signaler qu'il existe un ralentissement de la formation des dérivés chlorés par adjonction de chlorocyanuriques. D'après une étude statistique de Scotte (1984), les piscines traitées au Surchlor GR 60, dichloroisocyanurate de sodium anhydre (= dérivé chlorocyanurique), la concentration des chloramines dans l'eau est nettement moins importante que celle observée dans les piscines traitées au chlore gazeux ou à l'hypochlorite de sodium, tout en sachant que, même si plusieurs paramètres (fréquentation, température et agitation de l'eau, ventilation des locaux, ...) influencent la teneur des chloramines dans l'air, celle-ci correspond à une fonction linéaire du taux des chloramines dans l'eau. A noter que les mêmes conclusions sont faites pour les haloformes (Scotte, 1984). Enfin, les piscines en France sont toutes déjà équipées de systèmes conçus pour injecter du chlore dans l'eau.

Le chlore reste donc difficile à remplacer, mais la recherche de produits de substitution n'est pas à exclure.

S'il est difficile à remplacer le chlore pour la désinfection des eaux des piscines, cela n'empêche pas de contrôler le pH plusieurs fois par jour. De plus, il serait nécessaire d'avoir une bonne régulation de l'injection et une capacité suffisante des dispositifs d'injection pour répondre rapidement à des fluctuations de la demande en chlore qui évolue directement avec la fréquentation (Seux, 1988) et d'injecter le chlore dans un endroit où l'eau est la plus propre du bassin. La modification des circuits est possible dans certaines piscines existantes et peu coûteuse par rapport au coût annuel d'exploitation et d'entretien d'une piscine (Commission de la sécurité des consommateurs, 1997).

## 1.2 L'ozone

L'ozone pourrait être une alternative à une moindre utilisation du chlore par son fort pouvoir oxydant ; il réagit plus rapidement contre les virus que le chlore et représenterait une sécurité complémentaire au chlore pour la lutte contre par exemple les *Pseudomonas* et « le granulome des piscines » (Epuro, 1998 ; Risse, 1998). Ce procédé de stérilisation est déjà utilisé dans certaines piscines comme à la piscine municipale de Vanves où l'on a constaté par exemple une absence d'irritation oculaire (<http://www.ozonex.fr/presse.htm>, 1999). Certains auteurs de l'Amateur Swimming Association ont conclu que les systèmes utilisant de



l'ozone donnent les meilleurs résultats de confort et permettent l'utilisation de procédés d'économie d'énergie basés sur le recyclage de l'air, avec absence d'odeurs de dérivés chlorés dans l'air ou de goût de chlore dans l'eau, absence d'irritation oculaire, et bonne tolérance des asthmatiques. Enfin, ils concluent en disant que de tels systèmes, lorsqu'ils fonctionnent correctement, semblent moins chers à exploiter que les autres procédés (Penny et Winter, sans date). Sur le marché, des systèmes combinant l'ozone et l'ultraviolet sont mis à la disposition pour le traitement d'eau de piscine (Epuro, 1998).

Toutefois, pour d'autres auteurs, les installations nécessaires pour l'utilisation de l'ozone sont complexes et très coûteuses (Commission de la sécurité des consommateurs, 1997). L'exploitation de ce système peut être ainsi possible pour certaines piscines mais peut-être pas pour toutes. Ainsi, l'utilisation d'un tel système est une solution à examiner au cas par cas. De plus, l'action désinfectante de l'ozone n'est pas rémanente : l'ajout de chlore est toujours nécessaire, mais en proportions plus faibles.

### 1.3 La ventilation : un meilleur renouvellement de l'air

Comme  $\text{NCl}_3$  est fortement volatil, il faudrait tenir compte de ce phénomène dans les méthodes de renouvellement de l'air. Or, les piscines relèvent de la catégorie des « pollutions non spécifiques », c'est à dire que la pollution est considérée comme liée au seul facteur humain : la norme fixée ( $6 \text{ l / s / personne}$ , soit  $22 \text{ m}^3 / \text{h / occupant}$ ) ne prend pas en compte la pollution spécifique aux piscines qui est  $\text{NCl}_3$  (Commission de la sécurité des consommateurs, 1997). Cette norme est la même que celle des salles de sports où le seuil a été fixé en fonction du rejet de dioxyde de carbone des personnes présentes. Ainsi, il serait nécessaire que le système de renouvellement d'air soit dépendant du taux de trichlorure d'azote mesuré : la valeur réglementaire est excessive quand il y a très peu de baigneurs mais insuffisante quand la fréquence maximale instantanée est atteinte (Commission de la sécurité des consommateurs, 1997).

Dans toutes les piscines couvertes, il faudrait automatiser la régulation du renouvellement d'air, moduler l'apport d'air neuf suivant le taux d'occupation mais avec des valeurs à la hausse. Evidemment, le problème majeur consiste à trouver le meilleur système permettant de réguler le renouvellement d'air. La modulation d'air neuf est donc une solution qui doit être étudiée en fonction de chaque piscine. Un autre aspect à étudier serait de cibler

la ventilation aux endroits où se produisent le plus de mouvements et où les gaz se forment principalement.

#### 1.4 Autres mesures concernant la qualité de l'eau

Des solutions pour une meilleure qualité de l'eau et pour une meilleure qualité de l'air peuvent être prises en compte, comme optimiser le point d'injection du chlore, par exemple en amont de la station de pompage, juste après la préfiltration. Mais pour cela, il serait nécessaire de connaître les effets du chlore sur toutes les pièces métalliques ensuite rencontrées ; placer des bouches d'injection et de reprise de l'eau bien réparties autour du bassin ; avoir un apport d'eau neuve continu pendant l'ouverture au public (d'après Blanc de la Fédération Nationale des Constructeurs d'Equipements de Sports et de Loisirs, 60 l / baigneur au lieu de 30 l / baigneur prévus par l'arrêté du 7 avril 1981, 30 l / baigneur correspond au renouvellement du volume total du bassin en 1 mois) ; et limiter la température de l'eau pour qu'elle n'atteigne pas 30°C ou plus (rappel : c'est un facteur qui, allié à l'agitation de l'eau, favorise l'augmentation du taux de trichlorure d'azote) (Commission de la sécurité des consommateurs, 1997). Enfin, il est également important de passer l'aspirateur tous les jours au fond de la piscine pour retirer cheveux, poils, résidus, etc...

#### 1.5 Hygiène des baigneurs et amélioration des locaux

Les différentes solutions proposées dans les chapitres précédents sont des solutions à étudier au cas par cas, c'est à dire en fonction de la piscine, de son système «interne» de fonctionnement. De plus, la mise en place de certaines mesures proposées (par exemple utilisation de l'ozone) implique un certain coût financier et se révèle un frein à leur réalisation. Enfin, les solutions étudiées n'agissent pas directement sur les responsables de la formation du  $\text{NCl}_3$  (ou des haloformes) qui sont les composés azotés (les composés carbonés pour les haloformes) apportés par les baigneurs. La première et en apparence la plus simple des solutions, qui peut être appliquée dans toutes les piscines pour le problème de la qualité de l'air, est une amélioration de l'hygiène des baigneurs qu'il reste donc à convaincre et à sensibiliser...

### 1.5.1 Information du personnel des piscines et des usagers

Pour obtenir une meilleure hygiène des baigneurs, il est tout d'abord nécessaire qu'une information sur l'hygiène existe auprès des gestionnaires des piscines, concepteurs et installateurs de piscine, vendeurs de produits de nettoyage et désinfectants, du personnel des piscines, des maîtres nageurs et des écoles. C'est pourquoi, le responsable du personnel de la piscine doit veiller à assurer aux membres de son personnel une formation et une information régulières pour une prise de conscience sur l'hygiène générale de l'établissement. C'est au personnel que revient la charge de faire respecter toutes les mesures de prévention, comme par exemple interdire l'accès au bassin pour une personne souffrant de plaies ou d'infections cutanées.

Les moyens à mettre en œuvre pour informer les baigneurs sont l'intervention du personnel de la piscine en rappelant aux usagers les mesures d'hygiène à respecter, mais aussi l'affichage de panneaux dans le hall d'entrée, les vestiaires, sur les murs autour du bassin rappelant les résultats d'analyses (affichés obligatoirement) ainsi que le règlement intérieur (affiché obligatoirement), des recommandations diverses et le processus d'intervention en cas d'accidents (affiché obligatoirement). L'explication au public du fonctionnement de la piscine afin de sensibiliser aux précautions à prendre et des visites des installations pouvant être organisées pour les groupes scolaires sont aussi des démarches possibles (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

Hormis les règles simples à respecter par le baigneur comme ne pas cracher, ne pas uriner, porter un maillot de bain propre (et non pas un short), être déchaussé sur le bord du bassin, le baigneur devrait aussi prendre une douche complète et savonnée avant et après la baignade, aller aux toilettes avant de se baigner (le passage aux toilettes limite les rejets d'urine et réduit de 30 à 60 % la pollution introduite dans le bassin), passer obligatoirement par le pédiluve avant d'accéder au bassin et porter un bonnet de bain (obligatoire dans certains pays et peut-être bientôt en France ?) (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

### 1.5.2 Equipements sanitaires et amélioration des locaux

C'est tout d'abord par une bonne conception des équipements sanitaires et un bon entretien de ceux-ci que l'apport de polluants par les baigneurs est diminué. Cet apport peut aussi être diminué par le retour aux toilettes des baigneurs accessible facilement depuis le bassin mais sans communication directe, avec passage obligatoire aux douche et pédiluve ; et surtout l'installation de douches avec de l'eau chauffée, munies de distributeurs de savon

« pâteux » à usage unique, individuelles, inciteraient les usagers à se laver avant d'aller nager (Association Régionale d'Auvergne pour la Promotion de l'Hygiène, 1990).

## 2. ROLE DU PHARMACIEN D'OFFICINE

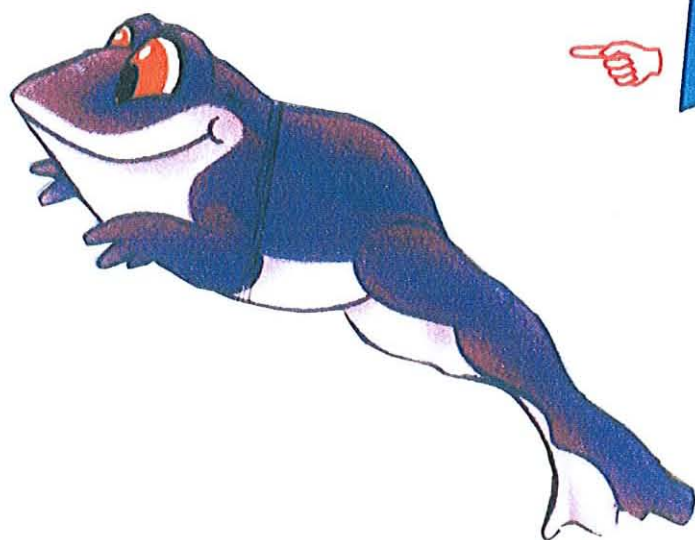
Le pharmacien d'officine est un acteur de la Santé Publique. Conseiller et informer sur un sujet ayant attrait à la santé font parti de son rôle quotidien. Une officine est un lieu privilégié de contacts avec les gens et, de ce fait, un lieu où l'information peut transiter. L'information sur un sujet particulier peut passer par des brochures, comme les fiches d'info santé, ou par des panneaux, par l'aménagement d'une vitrine sur un thème donné, ... Une brochure est un bon moyen d'informer le client qui peut en faire profiter sa famille ou ses amis.

Ainsi, la mise en place de fiches d'information sur l'hygiène des baigneurs et sur l'origine des chloramines pourrait être un moyen de sensibiliser les gens sur l'importance d'une bonne hygiène et les règles à respecter dans les piscines, afin de préserver une meilleure qualité de l'air. Bien évidemment, ces fiches d'information pourraient aussi être distribuées dans les piscines où les règles d'hygiène à respecter doivent être impérativement affichées.

Un exemple de fiches d'information est proposé ; celles-ci pourraient ainsi compléter les campagnes d'information dans les piscines sur le thème de l'hygiène qui peuvent déjà exister. Elles ont pour but de montrer que chaque baigneur joue à la fois un rôle dans la préservation d'une bonne qualité de l'eau, mais aussi d'une bonne qualité de l'air. A l'aide d'un texte illustré par des dessins, ces fiches énumèrent les bonnes règles à respecter par le baigneur afin d'éviter toute contamination microbiologique et de limiter l'apport de matières organiques dans l'eau. Celui-ci est responsable de la formation de chloramines dont une brève définition est donnée dans la dernière fiche.

BAIGNADE DANS LES PISCINES COUVERTES :  
UNE BONNE HYGIENE DES BAIGNEURS  
INDISPENSABLE POUR UNE BONNE QUALITE  
DE L'EAU , MAIS AUSSI DE L'AIR !

Avant de plonger dans la piscine, pendant et après la baignade,



 **Attention**

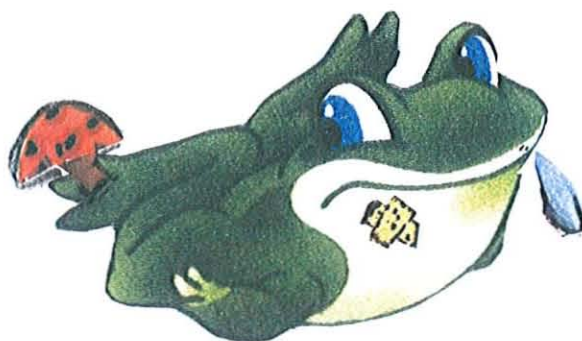
**Des règles d'or à respecter.**

## BAIGNEURS : DES REGLES A RESPECTER

- par respect pour les autres baigneurs ;
- mais aussi pour limiter la pollution engendrée par les émanations de gaz chlorés appelés **chloramines**.

### Les bonnes règles à respecter

① Ne pas aller à la piscine en cas de verrues plantaires, de mycoses, en cas de rhume ou angine, en cas d'infection cutanée, de plaie ;



② A la sortie des vestiaires, passer obligatoirement dans le pédiluve et y tremper les deux pieds ;



*Pourquoi ?*

*Pour éviter toute contamination par les bactéries, par les champignons ou les virus ;*

*Pour bien se rincer les pieds avant d'arriver sur la plage, pour éliminer les derniers microbes ;*

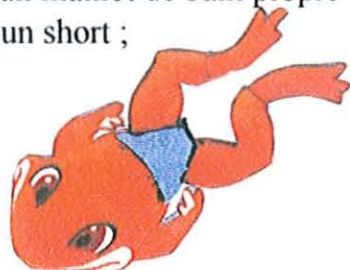


## Les bonnes règles à respecter

Pourquoi ?

### ③ Avant la baignade :

- ✓ mettre un maillot de bain propre et non pas un short ;



- ✓ passer aux WC ;



- ✓ prendre une douche en se savonnant tout le corps et aussi les cheveux ;



- ✓ mettre un bonnet de bain ;



- ✓ enlever tout maquillage et huiles solaires.



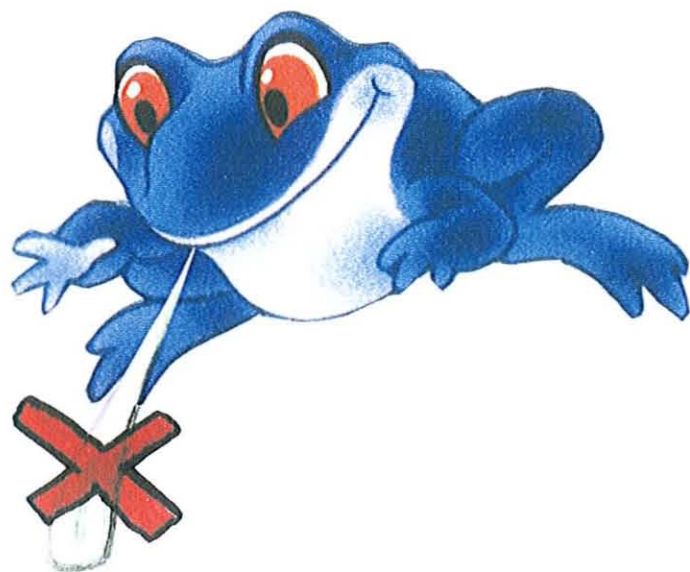
*pour limiter l'apport  
de matières organiques  
dans l'eau,  
responsables de la  
formation de  
chloramines.*

## Les bonnes règles à respecter

Pourquoi ?

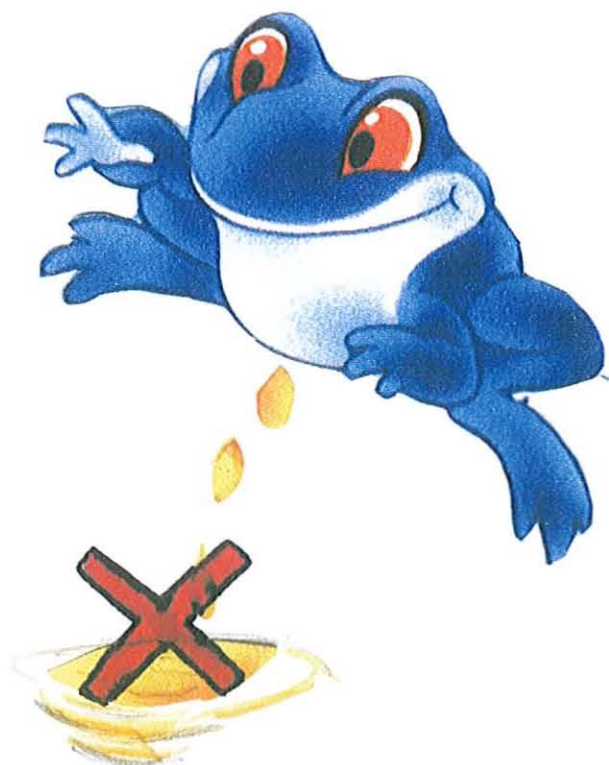
### ④ Pendant la baignade :

- ✓ ne pas cracher dans la piscine ;



*Pour limiter l'apport de matières organiques dans l'eau, responsables de la formation de chloramines.*

- ✓ ne pas se moucher, ne pas uriner dans l'eau.





## Les bonnes règles à respecter

## Pourquoi ?

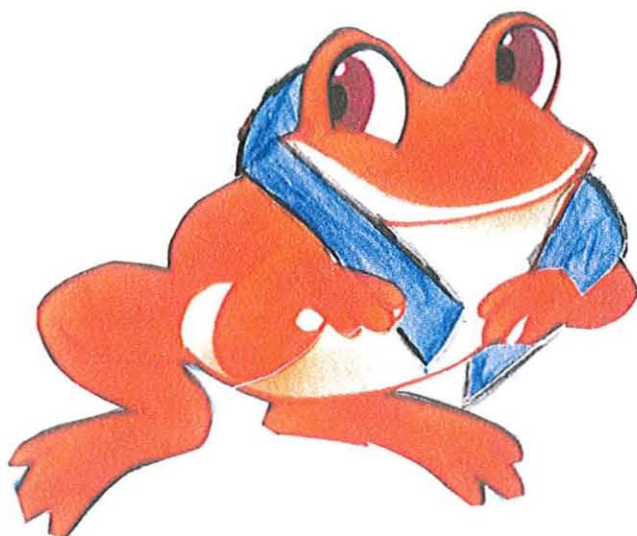
### ⑤ Après la baignade :

- ✓ repasser sous la douche ;



*Pour se débarrasser de l'eau chlorée qui pourrait provoquer des démangeaisons de la peau en séchant, ainsi que des germes qui auraient pu se déposer sur les plaie ;*

- ✓ bien s'essuyer avant rhabillage.



*L'humidité favorise le développement de champignons.*

## Qu'est-ce que les chloramines ?

Ce sont des émanations de gaz chloré.

La formation des chloramines s'effectue lorsque les produits chlorés, désinfectants ajoutés à l'eau, entrent en contact avec

les polluants apportés par les baigneurs =

sueur  
salive  
cheveux  
urine  
cosmétiques, ...

Ces polluants contiennent de l'azote qui déclenche une réaction chimique avec le chlore, produisant les chloramines.

## Que provoquent les chloramines ?

Les chloramines sont irritantes et entraînent essentiellement :

- picotements et larmoiements des yeux,
- difficultés respiratoires.

**La bonne hygiène des baigneurs**

**= meilleure qualité de l'eau**

**= meilleure qualité de l'air**

## CONCLUSION

Actuellement, les piscines couvertes utilisent essentiellement le chlore pour le traitement de l'eau, ce qui entraîne la formation de chlore combiné (ou chloramine) dans l'eau des bassins. Dans le cas des deux piscines de Metz (piscine Lothaire et de Belletanche), le chlore total est à une concentration d'environ 2 à 3 mg / l et le chlore combiné varie de 0,3 à 1 mg / l. La trichloramine  $\text{NCl}_3$  n'est pas spécifiquement dosée. Cette formation de chlore combiné dans l'eau engendre une pollution de l'air des halls de ces piscines couvertes du fait du caractère volatil de certains dérivés du chlore dont les chloramines, en particulier le trichlorure d'azote. Pour les deux piscines étudiées,  $\text{NCl}_3$  varie de 0,3 à 1 mg /  $\text{m}^3$  dans l'air soit une concentration environ 1000 fois plus faible que celle de l'eau des bassins. Pour la piscine Lothaire comme pour celle de Belletanche, les concentrations de  $\text{NCl}_3$  dans l'air varient fortement sans relation avec la fréquentation sauf lorsque les nageurs du club de Metz s'entraînent (forte agitation de l'eau). De plus, une accumulation du trichlorure d'azote dans l'air est constatée durant la journée, en particulier dans le cas de la piscine de Lothaire, mettant en évidence une aération conforme à la législation en vigueur mais insuffisante pour maintenir constamment  $\text{NCl}_3$  en dessous de 0,5 mg /  $\text{m}^3$ , valeur seuil dite de confort. Aussi, une enquête auprès des maîtres nageurs a cherché à évaluer leur perception de cette ambiance de travail : humide et potentiellement irritante du fait des chloramines (les autres facteurs tels que le bruit ... n'ont pas été pris en compte).

L'enquête mise en place montre que les maîtres nageurs se « plaignent » du milieu ambiant de leur lieu de travail. Les informations recueillies sont sans doute partiellement biaisées par l'usage d'un questionnaire auto-administré (enquêteur absent, réponses obtenues en condition et temps non imposés). Une approche sur des effectifs plus grands serait indispensable.

Chez les maîtres nageurs, les symptômes les plus fréquents sont les irritations oculaires et respiratoires (gorge irritée, nez qui coule). Ces irritations sont largement présentes ainsi que les maux de tête et la sensation de « mal respirer ». Les bronchites chroniques ont quelquefois été rapportées mais, dans l'ensemble, il est difficile de conclure sur la présence de symptômes respiratoires chroniques. L'idéal serait de mettre en place une étude épidémiologique sur plusieurs années.

En comparaison avec le groupe témoin (personnel du Centre Thermal St Eloy à Amnéville), les maîtres nageurs de Metz se plaignent beaucoup plus d'irritations oculaires et O.R.L. Néanmoins, les limites de cette comparaison sont tout d'abord l'effectif qui est le double pour le groupe témoin, ainsi que l'environnement du travail relativement différent entre les deux groupes. Des statistiques n'ont pas été mises en place en raison du nombre limité de personnes incluses dans cette étude.

Les irritations oculaires et O.R.L. ont aussi été décrites par les nageurs de compétition de Metz. Ces résultats sont à différencier de ceux des maîtres nageurs car, dans le cas des nageurs, ceux-ci ont la tête dans l'eau lors de leur entraînement. De plus, un brassage de l'eau se crée lorsqu'ils nagent et les chloramines peuvent se trouver à la fois dans l'air mais aussi à forte concentration à l'interface eau-air. Il serait intéressant d'étudier le problème d'un fort taux de  $\text{NCl}_3$  dans l'air avec d'autres groupes de nageurs de compétition. De même, une étude similaire pourrait être instaurée chez certains baigneurs dont l'aménagement d'activités aquatiques est prévu, comme les personnes âgées, les femmes enceintes, les handicapés ou les personnes participant au cours de gymnastique aquatique, ....

Les concepteurs et gestionnaires des piscines doivent prendre en compte ce problème de pollution de l'air des piscines. Les solutions d'une meilleure conception de traitement de l'eau et de la ventilation sont à étudier en fonction de chaque piscine. Une solution partielle est la mise en place ou le renforcement d'informations sur l'hygiène des baigneurs de façon à ce que ceux-ci salissent moins l'eau (douches préalables efficaces) apportant ainsi moins de nature organique susceptible de réagir avec le chlore. Le personnel de surveillance a un rôle clé à jouer pour l'amélioration de l'hygiène des baigneurs, en faisant appliquer aux usagers les différentes règles d'hygiène (savonnage et port de bonnet de bains).

## REFERENCES

1. ASSOCIATION REGIONALE D'Auvergne pour la promotion de l'hygiène (1990). Piscine : hygiène et santé. DRASS Auvergne (Clermont-Ferrand).- 120.
2. AVRIL J.L. (1988). Dictionnaire pratique de bactériologie clinique. Ellipses (Paris).-128p.
3. BARROT J., BONNET C. et SOISSON J.P. (1981). Normes d'hygiène et de sécurité applicables aux piscines et aux baignades aménagées. J. Off. Républ. Fr. Lois Décrets, n° 81-324 7 avril, 995-998.
4. BERNARD M. (1990). Cours de chimie minérale. Bordas (Paris).- 405p.
5. BONARD E. C. (1995). Faut-il interdire le chlore ? Rev. Méd. Suisse Romande, 115, 2, 185-186.
6. CAMIER G. (1996). Des salariés dénoncent un taux anormal de chlore. La Dépêche (Evreux), 4, 4-5.
7. COMMISSION DE LA SECURITE DES CONSOMMATEURS (1997). Avis relatif à la qualité de l'eau et de l'air dans les piscines publiques couvertes. J. Off., 4361, 279-282.
8. DAILLOUX M., LAURAIN C., WEBER M. and HARTEMANN P. (1999). Water and nontuberculous mycobacteria. Wat. Res., 33, 10, 2219-2228.
9. DESHAYES S. (1997). Piscines : le chlore. 60 Millions Consommateurs, 302, 16-19.
10. DOROTTE M., GOUTET P. et LARCHER S. (1998). Analyses d'atmosphères dans les locaux de la piscine de Belletanche à Metz. Rapport interne. INRS (Vandœuvre), 19 p.
11. EPURO. (1998). Matériels et produits relatifs au traitement des eaux. Epuro S.A. (Les Essarts le Roi), 11 p.
12. GAGNAIRE F., AZIM S., BONNET P., HECHT G. and HERY M. (1994). Comparison of the sensory irritation response in mice to chlorine and nitrogen trichloride. J. Appl. Toxicol., 14, 405-409.
13. GEHIN C. (1987). Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de deux piscines nancéiennes. Thèse Pharmacie Université de Nancy 1, n° 91.
14. GOLASZEWSKI G., CLEMENT M. et SEUX R. (1988). Incidence de l'acide isocyanurique sur la réactivité du chlore avec la créatinine dans les eaux de piscine. J. Fr. Hydrol., 19, 2, 179-190.
15. HARTEMANN P. (1994). Hygiène des piscines : pathologie et prévention. Concours Méd., 12, 116, 969-975.

16. HARTEMANN P., GEHIN C., PAQUIN J.L., FRANÇAIS T. et MORLOT M. (1988). Teneurs en haloformes de l'eau des piscines publiques et conséquences pour les usagers et la législation. J. Fr. Hydrol., 19, 2, 231-240.
17. HERY M., HECHT G., GERBER J.M., GENDRE J.C., HUBERT G., BLACHERE V., REBUFFAUD J. et DOROTTE M. (1994). Exposition aux chloramines dans les atmosphères des halls de piscine. Cah. Notes Doc., 156, 285-291.
18. HERY M., HECHT G., GERBER J.M., GENDRE J.C. and REBUFFAUD J. (1995). Exposure to chloramines in the atmosphere of indoor swimming pools. Ann.Occup.Hyg., 39, 4, 427-439.
19. HERY M., GERBER J.M., HECHT G., SUBRA I., POSSOZ C., AUBERT S., DIEUDONNE M. and ANDRE J.C. (1998). Exposure to chloramines in a green salad processing plant. Ann. Occup. Hyg., 42, 7, 437-451.
20. JOYEUX M. (1994). Contribution à l'étude des effets toxiques des sous-produits de la chloration de l'eau. Thèse Médecine Université de Nancy 1, n° 112.
21. MANUILA L., MANUILA A. et NICOULIN M. (1996). Dictionnaire médical.- 7<sup>e</sup> ed. Masson (Paris).- 505p.
22. MASSIN N., BOHADANA A., WILD P., HERY M., TOAMAIN J.P. and HUBERT G., (1998). Respiratory and bronchial responsiveness in lifeguards exposed to nitrogen trichloride in indoor swimming pools. Occup. Environ. Hyg., 55, 4, 258-263.
23. MULLER M. et BARTSCH (1997). Maladies de l'environnement, maladies du 21<sup>ème</sup> siècle ?. II. Asthme et pollution atmosphérique. Rev. Med. Liège, 12, 768-775.
24. NEVEU A., POULIQUEN C., TRICARD D. et MALLET A. (1988). Bilan de fonctionnement et performances des installations de filtration en eaux de piscine. J. Fr. Hydrol., 19, 2, 203-216.
25. PENNY P.T. and WINTER J.N. (sans date). Amateur swimming association. Bathers acceptability of swimming pools disinfected by different methods. Sports Council G.B., 346.
26. PLANÇON D. (1984). Hygiène des piscines : perception par les baigneurs. Thèse de Pharmacie de Nancy 1, n° 22.
27. RISSE J. (1998). Antisepsie et désinfection par les hypochlorites et les dérivés chlorés. Thèse de Pharmacie de Nancy 1, 10.
28. RUMEAU - ROUQUETTE C., BREART G. et PADIEU R. (1998). Méthodes en épidémiologie. Flammarion (Paris).- 306 p.
29. SAUNIER B. (1979). La désinfection des eaux de piscines par les chlorocyanurates. Piscines, 68, 15-20.



30. SAUNIER B. (1974). Réflexions sur les méthodes actuelles de traitement des eaux de piscines en circuit fermé. *Moniteur*, 12, 81-87.
31. SAUNIER B., ROGER F., TOUFFET C. (1973). La stérilisation des eaux de piscines par le chlore, le brome et l'ozone. *Trib. CEBEDEAU*, 355/356, 1-18.
32. SCOTTE P. (1984). Study of halogenated organic compounds in covered swimming pools. *Eau Ind. Nuisances*, 86, 37-41.
33. SEUX R. (1988). Evolution de la pollution apportée par les baigneurs dans les eaux de piscines sous l'action du chlore. *J. Fr. Hydrol.*, 19, 151-158.
34. Sites Internet consultés :
- Bulletin d'information en santé environnementale (14/09/99)  
<http://www.cspq.qc.ca/cse/bise/index.htm>
  - Commission de la sécurité des consommateurs : missions (01/11/98 13:02)  
[http://www.finances.gouv.fr/Securite consommateurs/missions.htm](http://www.finances.gouv.fr/Securite%20consommateurs/missions.htm)
  - Etude publiée : 2007 (29/11/98 15:07)  
<http://www.inrs.fr/recherche/etudes/2007.html>
  - Etude publiée : 3326 (29/11/98 15:02)  
<http://www.inrs.fr/recherche/etudes/3326.html>
  - Extraits de travaux sur l'eau (19/10/99)  
<http://www.u-picardie.fr/~beaucham/duce/creteur.htm>
  - Les méfaits du chlore (14/09/99)  
<http://www.ozonex.fr/presse.htm>
  - Plus de verrues à la piscine ? (14/09/99)  
<http://perso.easynet.fr/~houch/conseil12.htm>
  - Piscines.Net : Le monde des piscines. Technique (14/09/99)  
<http://www.piscines.net/>
  - [Santé-5.96] – Synthèse – Infections cutanées à mycobactéries atypiques (19/10/99)  
<http://www.aupelf-uref.org/REVUES/Sante/5.96/syn3.htm>
35. UTARD G. (1999). Pompey : la piscine passe un savon aux baigneurs. *Est Répub.*, 36477, p.603.

## ANNEXES

**ANNEXE 1 : Questionnaire remis au personnel de surveillance des piscines de Belletanche (piscine ludique) et Lothaire (piscine olympique, dite classique), ainsi qu'au personnel du centre thermal St-Eloy (groupe témoin).**

Pour répondre à ce questionnaire, vous devez cocher une seule case par question.

1. Depuis combien de temps exercez-vous votre profession ?
2. Depuis combien de temps êtes-vous à la piscine de Belletanche \* ?  
à la piscine olympique \* ?  
au Centre Thermal St-Eloy \* ?

\* barrer la mention inutile

3. Combien d'heures travaillez-vous par semaine ?
4. Etes-vous fumeur ?

Oui ☐ Depuis combien de temps ?

Non ☐ Avez - vous fumé dans le passé ?

Oui ☐ Combien de temps ?

Depuis quand avez-vous arrêté ?

Non ☐

5. Vous arrive-t-il d'avoir les yeux irrités (larmoiements et / ou yeux rouges, ...)

*hors des périodes où vous êtes enrhumés ?*

Oui ☐

➤ Ces irritations oculaires s'arrêtent pendant vos vacances :

- oui ☐

- non ☐

➤ Depuis combien de temps avez-vous les yeux irrités ?

➤ A quelle fréquence :

- tous les jours

- plusieurs fois par semaine

- de temps en temps

☐☐☐



➤ A quelle période de la journée :

- toute la journée

- le matin

- l'après - midi

☐☐☐

➤ Ces troubles apparaissent :

- seulement lors de fortes fréquentations

- quelle que soit la fréquentation

☐☐

Non ☐

6. Vous arrive-t-il d'avoir le nez qui coule

*hors des périodes où vous êtes enrhumés?*

Oui ☐

➤ Cette irritation nasale s'arrête pendant vos vacances :

- oui ☐

- non ☐

➤ Depuis combien de temps avez-vous le nez qui coule ?

➤ A quelle fréquence :

- tous les jours

- plusieurs fois par semaine

- de temps en temps

☐☐☐

➤ A quelle période de la journée :

- toute la journée

- le matin

- l'après - midi

☐☐☐

➤ Ces troubles apparaissent :

- seulement lors de fortes fréquentations

- quelle que soit la fréquentation

☐☐

Non ☐

7. Vous arrive-t-il d'avoir la gorge irritée

*hors des périodes où vous êtes enrhumés?*

Oui ☐

➤ Cette irritation de la gorge s'arrête pendant vos vacances :

- oui ☐

- non ☐

➤ Depuis combien de temps avez-vous la gorge irritée ?

➤ A quelle fréquence :

- tous les jours

☐

- plusieurs fois par semaine

☐

- de temps en temps

☐

➤ A quelle période de la journée :

- toute la journée

☐

- le matin

☐

- l'après - midi

☐

➤ Ces troubles apparaissent :

- seulement lors de fortes fréquentations

☐

- quelle que soit la fréquentation

☐

Non ☐

8. Vous arrive-t-il d'avoir des maux de tête

*hors des périodes où vous êtes enrhumés?*

Oui ☐

➤ Ces maux de tête s'arrêtent pendant vos vacances :

- oui ☐

- non ☐

➤ Depuis combien de temps avez-vous des maux de tête ?

➤ A quelle fréquence :

- tous les jours

☐

- plusieurs fois par semaine

☐

- de temps en temps

☐

➤ A quelle période de la journée :

- toute la journée ☐

- le matin ☐

- l'après - midi ☐

➤ Ces troubles apparaissent :

- seulement lors de fortes fréquentations ☐

- quelle que soit la fréquentation ☐

Non ☐

9. Vous arrive-t-il d'avoir la sensation de "mal respirer", de malaise, d'étouffement  
*hors des périodes où vous êtes enrhumés ?*

Oui ☐

➤ Ces troubles s'arrêtent pendant vos vacances :

- oui ☐

- non ☐

➤ Depuis combien de temps avez-vous la sensation de "mal respirer", de malaise, d'étouffement ?

➤ A quelle fréquence :

- tous les jours ☐

- plusieurs fois par semaine ☐

- de temps en temps ☐

➤ A quelle période de la journée :

- toute la journée ☐

- le matin ☐

- l'après - midi ☐

➤ Ces troubles apparaissent :

- seulement lors de fortes fréquentations ☐

- quelle que soit la fréquentation ☐

Non ☐

10. Avez-vous des bronchites à répétition ?

Oui ☐

Depuis combien de temps ?

Est-ce que ces bronchites à répétition apparaissent en période de vacances ?

oui ☐

non ☐

Non ☐

11. Etes-vous asthmatique ?

Oui ☐

Depuis combien de temps ?

Est-ce que des crises d'asthme et / ou des problèmes respiratoires apparaissent en période de vacances ?

oui ☐

non ☐

Non ☐

12. Avez-vous une toux et / ou une expectoration chroniques ?

Oui ☐

Depuis combien de temps ?

Est-ce que cette toux et / ou expectoration chroniques apparaissent en période de vacances ?

oui ☐

non ☐

Non ☐

13. Vous arrive-t-il d'avoir un essoufflement à l'effort ?

Oui ☐

Depuis combien de temps ?

Est-ce que cet essoufflement à l'effort apparaît en période de vacances ?

oui ☐

non ☐

Non ☐

14. Vous arrive-t-il d'avoir des problèmes cutanés ?

**Oui** ☐ Quel type de problèmes ? (exemple : eczéma au niveau de l'oreille)

Est-ce que ces problèmes cutanés apparaissent en période de vacances ?

**oui** ☐

**non** ☐

**Non** ☐

15. Avez-vous des remarques et / ou d'autres problèmes à signaler en ce qui concerne les troubles dont vous pouvez souffrir ?

16. Avez-vous des remarques et / ou d'autres problèmes à signaler en ce qui concerne l'atmosphère des piscines ?

## ANNEXE 2 : Questionnaire remis aux nageurs du club de Metz.

Ce questionnaire a été légèrement modifié par rapport à celui destiné aux personnels de surveillance, de façon à ce qu'il soit mieux adapté pour des nageurs de compétition.

Pour répondre à ce questionnaire, vous devez cocher une seule case par question.

1. Depuis combien de temps pratiquez-vous la natation sportive ?
2. Depuis combien de temps êtes-vous à la piscine de Belletanche \* ?  
à la piscine olympique \* ?

\* barrer la mention inutile

3. Combien d'heures d'entraînement pratiquez-vous par semaine ?
4. Portez-vous des lunettes de natation à chacun de vos entraînements ?

- oui ☐
- non ☐

5. Vous arrive-t-il d'avoir les yeux irrités (larmoiements et / ou yeux rouges, ...)

*hors des périodes où vous êtes enrhumés ?*

Oui ☐

- Ces irritations oculaires s'arrêtent pendant vos vacances :

- oui ☐
- non ☐

- Depuis combien de temps avez-vous les yeux irrités ?

- A quelle fréquence :

- tous les jours ☐
- plusieurs fois par semaine ☐
- de temps en temps ☐

- A quelle période de la journée :

- toute la journée ☐
- le matin ☐
- l'après - midi ☐
- le soir ☐

➤ Ces troubles apparaissent :

- seulement lors de fortes fréquentations  
des bassins par les baigneurs
- quelle que soit la fréquentation

☐☐

Non ☐

6. Vous arrive-t-il d'avoir le nez qui coule

*hors des périodes où vous êtes enrhumés?*

Oui ☐

➤ Cette irritation nasale s'arrête pendant vos vacances :

- oui ☐
- non ☐

➤ Depuis combien de temps avez-vous le nez qui coule ?

➤ A quelle fréquence :

- tous les jours
- plusieurs fois par semaine
- de temps en temps

☐☐☐

➤ A quelle période de la journée :

- toute la journée
- le matin
- l'après - midi
- le soir

☐☐☐☐

➤ Ces troubles apparaissent :

- seulement lors de fortes fréquentations  
des bassins par les baigneurs
- quelle que soit la fréquentation

☐☐

Non ☐

7. Vous arrive-t-il d'avoir la gorge irritée

*hors des périodes où vous êtes enrhumés?*

Oui ☐

➤ Cette irritation de la gorge s'arrête pendant vos vacances :

- oui ☐
- non ☐

➤ Depuis combien de temps avez-vous la gorge irritée ?

➤ A quelle fréquence :

- tous les jours

☐

- plusieurs fois par semaine

☐

- de temps en temps

☐

➤ A quelle période de la journée :

- toute la journée

☐

- le matin

☐

- l'après - midi

☐

- le soir

☐

➤ Ces troubles apparaissent :

- seulement lors de fortes fréquentations  
des bassins par les baigneurs

☐

- quelle que soit la fréquentation

☐

Non ☐

8. Vous arrive-t-il d'avoir des maux de tête

*hors des périodes où vous êtes enrhumés?*

Oui ☐

➤ Ces maux de tête s'arrêtent pendant vos vacances :

- oui ☐

- non ☐

➤ Depuis combien de temps avez-vous des maux de tête ?

➤ A quelle fréquence :

- tous les jours

☐

- plusieurs fois par semaine

☐

- de temps en temps

☐

➤ A quelle période de la journée :

- toute la journée

☐

- le matin

☐

- l'après - midi

☐

- le soir

☐



➤ Ces troubles apparaissent :

- seulement lors de fortes fréquentations  
des bassins par les baigneurs
- quelle que soit la fréquentation

☐☐

Non ☐

9. Vous arrive-t-il d'avoir la sensation de "mal respirer", de malaise, d'étouffement

*hors des périodes où vous êtes enrhumés ?*

Oui ☐

➤ Ces troubles s'arrêtent pendant vos vacances :

- oui ☐
- non ☐

➤ Depuis combien de temps avez-vous la sensation de "mal respirer", de malaise, d'étouffement ?

➤ A quelle fréquence :

- tous les jours
- plusieurs fois par semaine
- de temps en temps

☐☐☐

➤ A quelle période de la journée :

- toute la journée
- le matin
- l'après - midi
- le soir

☐☐☐☐

➤ Ces troubles apparaissent :

- seulement lors de fortes fréquentations  
des bassins par les baigneurs
- quelle que soit la fréquentation

☐☐

Non ☐

10. Avez-vous des bronchites à répétition ?

Oui ☐

Depuis combien de temps ?

Est-ce que ces bronchites à répétition apparaissent en période de vacances ?

oui ☐

non ☐

Non ☐

11. Etes-vous asthmatique ?

Oui ☐ Depuis combien de temps ?

Est-ce que des crises d'asthme et / ou des problèmes respiratoires apparaissent en période de vacances ?

oui ☐

non ☐

Non ☐

12. Avez-vous une toux et / ou une expectoration chroniques ?

Oui ☐ Depuis combien de temps ?

Est-ce que cette toux et / ou expectoration chroniques apparaissent en période de vacances ?

oui ☐

non ☐

Non ☐

13. Vous arrive-t-il d'avoir un essoufflement à l'effort ?

Oui ☐ Depuis combien de temps ?

Est-ce que cet essoufflement à l'effort apparaît en période de vacances ?

oui ☐

non ☐

Non ☐

14. Vous arrive-t-il d'avoir des problèmes cutanés ?

Oui ☐ Quel type de problèmes ? (exemple : eczéma au niveau de l'oreille)

Est-ce que ces problèmes cutanés apparaissent en période de vacances ?

oui ☐

non ☐

Non ☐

15. Avez-vous des remarques et / ou d'autres problèmes à signaler en ce qui concerne les troubles dont vous pouvez souffrir ?

16. Avez-vous des remarques et / ou d'autres problèmes à signaler en ce qui concerne l'atmosphère des piscines ?

17. Quelle est pour vous la température idéale de l'eau pour pratiquer une bonne séance d'entraînement ?

25°C ☐

26°C ☐

27°C ☐

28°C ☐

29°C ☐

Autre à préciser ..... °C

18. A l'issue de chaque séance d'entraînement, prenez-vous une douche avec un savonnage complet ?

- oui ☐

- non ☐

19. Avant de remettre vos chaussures pour quitter la piscine, procédez-vous à un essuyage complet de vos pieds y compris entre tous les doigts de ceux-ci ?

- oui ☐

- non ☐

20. Avez-vous des problèmes cutanés à vos pieds (mycose, verrues, etc ...) ?

- oui ☐

- non ☐

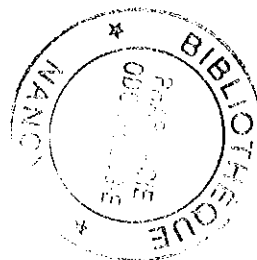
Si oui, veuillez les préciser :

21. Portez-vous à chaque fois pour vous déplacer des vestiaires aux bassins une paire de semelles " spéciales piscines " ?

- oui ☐

- non ☐

22. Veuillez ici formuler vos éventuelles observations ou questions liées à votre fréquentation des piscines à l'occasion de vos séances d'entraînement.



## DEMANDE D'IMPRIMATUR

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR  
EN PHARMACIE

présenté par Melle MARCHAL Barbara

Sujet : Recherche de chloramines dans l'air  
des piscines couvertes et enquête  
sur la gêne occasionnée chez les maîtres nageurs


Jury : Monsieur J.C. BLOCK  
Madame F. DAVRAINVILLE  
Madame M. HBISS  
Monsieur M. HERY  
Monsieur J.M. WERNETTE

Vu.

Nancy, le 22.12.1999

Le Président de thèse.

J.C. Block



Vu et approuvé.

Nancy, le 23/12/99

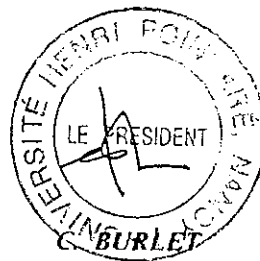
Le Doyen de la Faculté de Pharmacie  
de l'Université Henri Poincaré - Nancy I.



Vu.

Nancy, le 30 décembre 1999  
n° 683

Le Président de l'Université Henri Poincaré - Nancy I





N° d'identification : PH Nancy 00 n°2

RECHERCHE DE CHLORAMINES DANS L'AIR DES PISCINES COUVERTES  
ET ENQUETE SUR LA GENE OCCASIONNEE CHEZ LES MAITRES NAGEURS.

Thèse soutenue le 21 janvier 2000

Par Melle MARCHIAL Barbara

**RESUME :**

La pollution de l'air des halls des piscines couvertes est liée à la présence de chloramines résultant de réactions entre le chlore, principal désinfectant des eaux des piscines, et les matières organiques apportées par les baigneurs. Le trichlorure d'azote  $\text{NCl}_3$ , forme la plus volatile des chloramines, peut être responsable d'irritations oculaires et ORL chez les maîtres nageurs. Une enquête auprès du personnel de surveillance et des nageurs de compétition des établissements de la ville de Metz a été réalisée comparativement à un groupe témoin (Centre St Eloy à Amnéville). Cette enquête montre que les maîtres nageurs se « plaignent » du milieu ambiant de leur lieu de travail où  $\text{NCl}_3$  dans l'air peut dépasser la valeur seuil dite de confort ( $0,5 \text{ mg} / \text{m}^3$ ). Les irritations oculaires et O.R.L sont plus décrites par les maîtres nageurs que par le groupe témoin. Les limites de cette comparaison sont l'effectif (double pour le groupe témoin) et l'environnement de travail relativement différent. Les nageurs de compétition présentent aussi des irritations oculaires et O.R.L et la comparaison de ces résultats avec un autre groupe de nageurs s'entraînant dans une atmosphère où le taux de  $\text{NCl}_3$  est important serait intéressante.

**MOTS CLES :**

PISCINES - HYGIENE - CHLORAMINES - AZOTE, COMPOSES.

| Directeur de thèse       | Intitulé du laboratoire           | Nature  |
|--------------------------|-----------------------------------|---|
| Mme HEISS<br>Mr WERNETTE | Médecine du travail à Metz        | Expérimentale <input checked="" type="checkbox"/> |
|                          | Service Jeunesse et Sports à Metz | Bibliographique <input type="checkbox"/>          |
|                          |                                   | Thème <input checked="" type="checkbox"/>         |

**Thèmes**

1 - Sciences fondamentales  
3 - Médicament  
5 - Biologie

2 - Hygiène/Environnement  
4 - Alimentation - Nutrition  
6 - Pratique professionnelle