



## Qualité de l'air intérieur en piscine... une problématique à envisager de façon systémique

Dr Anne Arel, ville de Grenoble  
Dr Vincent Bonneterre, CCPP CHU Grenoble



La nouvelle piscine Grenoble Sud a ouvert en août 2007,  
intégrant des déchloramineurs, en lien avec l'INRS

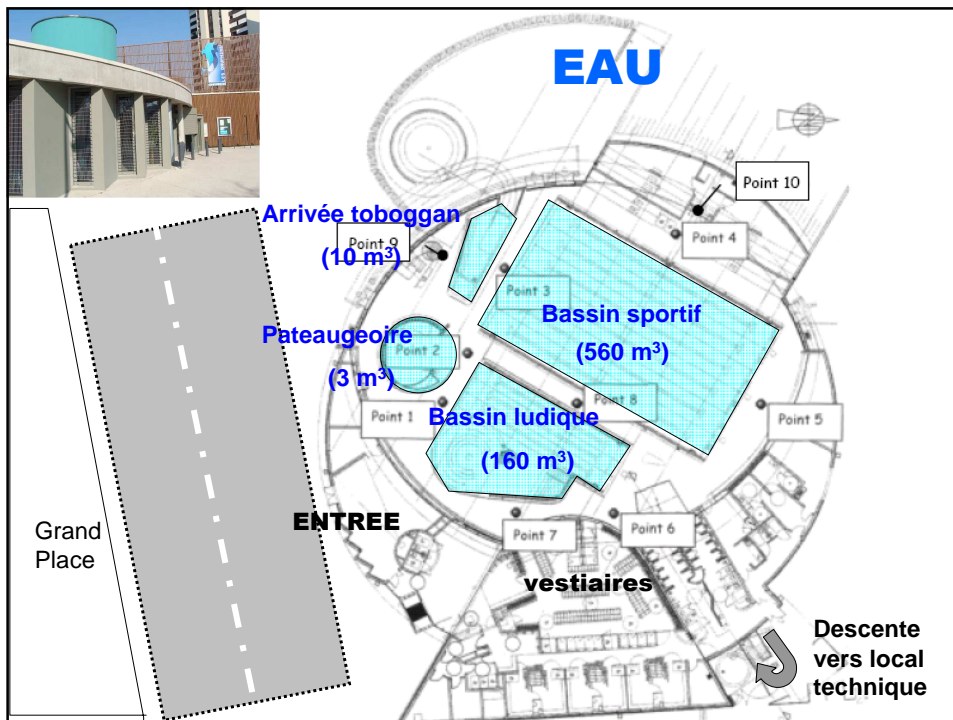
## Présentation de l'installation

**Ouverture été 2007.**

**7/ 7j, 7-22h en semaine.**

**En moyenne 300-400 baigneurs/jour**

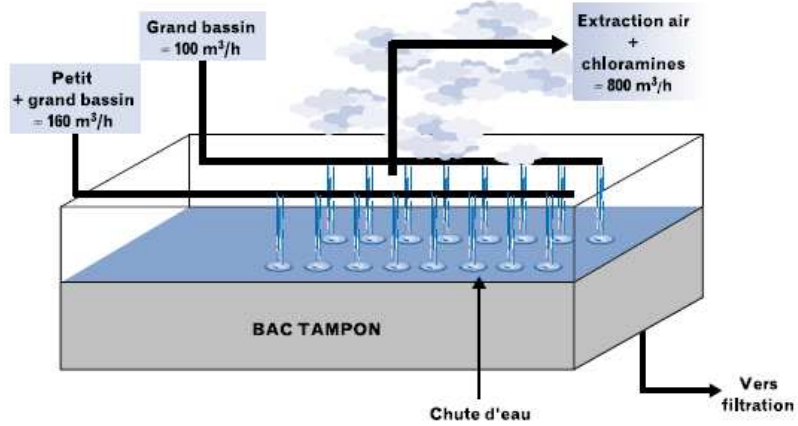





## EAU

- Désinfection : Hypochlorite de calcium
- 3 bacs tampons au sous-sol avec chute d'eau et/ou bullage pour déchloramination (mise en place avec la coopération de l'INRS)
- Filtrage avec filtres à sable (surveillance / manomètre)
- temps de recyclage
  - grand bassin : 2h00
  - petit bassin : 1 h00
  - pataugeoire : 0h10
  - toboggan 0h20

**Fig.1. Description du principe d'extraction des chloramines à la piscine A -**  
Chloramine extraction principle: swimming pool A



Doc INRS. Extraction des chloramines par contact gaz/liquide dans les eaux de piscine. Cahiers notes documentaires 1999; 177. ref ND 2117-177-99. www.inrs.fr



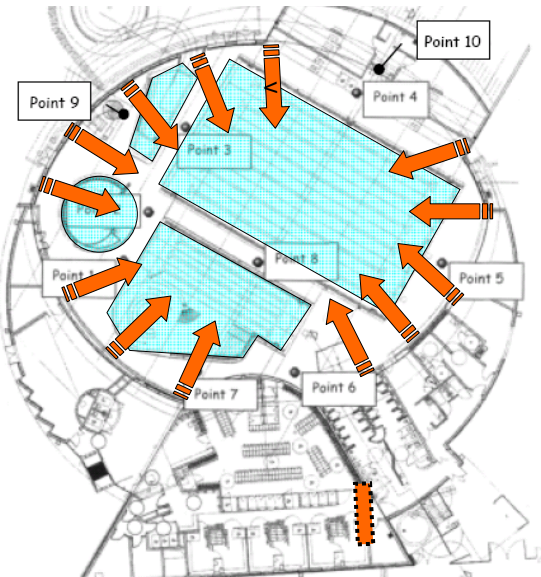
## AIR : Soufflage concentrique

depuis banquettes (vertical le long des vitres, puis plus horizontal avec les déflecteurs)

Débit max 40'000 m<sup>3</sup>/h

**Problèmes**

- Prise d'air neuf en sous-sol dans la galerie technique
- Brassage d'air... pas de flux laminaire
- % air neuf asservi à l'hygrométrie relative, pas au CO<sub>2</sub>





### Malgré cela apparaissent les symptômes suivants:

- **tous MNS : irritations cutanéomuqueuses:** symptômes plus marqués les vendredis et samedis (augmentation de la T° de l'eau pour les bébés nageurs).
- **un asthme considéré professionnel :** apparition de crises sur le lieu de travail chez un MNS qui a dû quitter la profession (persistance d'une hyperréactivité bronchique franche en novembre 2007).
- chez une MNS, **érythème du visage avec vasodilatation + conjonctivite** ( et sensation de brûlure) apparaissant rapidement dans cette piscine et exclusivement celle-ci.
- **le personnel autre que MNS :** (caisse, accueil, nettoyage) évoque également des **céphalées et un état de fatigue** (quel que soit l'horaire travaillé)
- **Diminution de la symptomatologie printemps-été 2008**
- Reprise des symptômes après le grand nettoyage de septembre 2008 réalisé par une entreprise extérieure, avec signes irritatifs, odeur inhabituelle, *goût dans la bouche et céphalées*.
- Rotation des MNS sur d'autres piscines et participation de MNS d'autres piscines. **Certains MNS font valoir leur droit de retrait, CHSCT demande fermeture de la piscine.**

# Où est la faille?

## 2- Demande d'expertise

- Double audit demandé par la ville de Grenoble
  - service de pathologies professionnelles
  - bureau d'étude spécialiste des systèmes de ventilation (piscines / cinémas / blocs opératoires, etc). (Garnier, Reims)
- Objectif de l'audit patho. prof.
  - Dans un 1<sup>er</sup> temps : faire un diagnostic étiologique et des recommandations
  - Dans un 2<sup>e</sup> temps : valider en termes d'effets attendus sur la santé les propositions faites par le bureau d'étude (audit réalisé dans un 2<sup>nd</sup> temps)

## Rappel sur les trichloramines

- La concentration des chloramines est liée aux paramètres suivants :
  - Niveau de fréquentation de la piscine
  - Hygiène des baigneurs
  - Brassage de l'eau (agitation liée à la fréquentation ; jusque x3 en sortie de toboggans, jets d'eau, etc)
  - Température de l'eau++
  - Ventilation (% extraction)
  - Nature et efficacité des installations de déchloramination
    - Certaines études : utilisation d'hypochlorite de sodium
    - concentration de chlore libre dans l'eau
    - Hauteur de la mesure (habituellement mesures à 1.50m ; les concentrations sont plus élevées encore à la surface de l'eau).

La valeur dite « de confort » proposée par l'INRS pour NCI3 est de  $\leq 0.5 \text{ mg/m}^3$ .

Des études épidémiologiques proposent la valeur de  $0.3 \text{ mg/m}^3$ . (selon une référence ancienne, à  $0.7 \text{ mg/m}^3$  tous les agents sont concernés par des symptômes irritatifs).



## Métrieologie : chloramines

- **10/2007** 6 prélèvements d'une durée de 7h au niveau du hall bassins,  $0.13 \text{ mg/m}^3$  (gradins) < <  $0.36 \text{ mg/m}^3$  (pataugeoire et petit bassin). (35 % air neuf, HR moyenne=40%, 393 baigneurs, fonctionnements des jeux d'eaux et toboggans sur certaines plages horaires):
- **02/2008** : pointe à  $0.8 \text{ mg/m}^3$  d'où 1ere modification (Mise en place des déflecteurs au niveau des bouches de soufflage + gaine d'extraction au niveau des gradins)
- **Contrôle 05/2008** :  $0.44 \text{ mg/m}^3$  (entre les bassins) (100% air neuf, 50%<HR <60%, nb de baigneurs inconnu, fonctionnement des jeux d'eaux et toboggans inconnu)
- **10/2008** : 2<sup>e</sup> modif (100% air neuf et prolongement de la gaine de prise d'air neuf)
- **Contrôle 01/ 2009** (100% air neuf, prélèvements et analyses réalisées par la CRAM) : 42 prélèvements, durée moyenne de 3h, réalisés pour moitié le matin (8h30-12h, faible fréquentation : 60 baigneurs, toboggan arrêté), et pour moitié l'après-midi (13h-16h, 260 baigneurs). Valeurs très basses dans les zones publiques en matinée ( $<0.1 \text{ mg/m}^3$ ) très légèrement augmentées l'après-midi ( $<0.12 \text{ mg/m}^3$ ). Valeurs élevées (jusque  $1.04$ ) au sein des déchloramineurs (=efficaces), local de préparation :  $0.98$  à  $1.68 \text{ mg/m}^3$ , hall technique le matin ( $0.87 \text{ mg/m}^3$ )



## Métrieologie : CO<sub>2</sub>

### Les mesures de CO<sub>2</sub> à poste fixe

- **taux importants par endroits** (>1000 ppm) notamment entre les deux bassins, près de la pataugeoire (1400 ppm 11/ 2008) ou près de l'une des bouches de sortie.
- **y compris en 60% air neuf voire en 100% air neuf** (01/ 2007, 11/2008 et 01/2009 respectivement).
- ventilation en air neuf polluée lors des pics de pollution extérieure (01/2009 : 700 ppm en extérieur)

### Mesures vitesses d'air

- faible voire nulle entre les bassins

Signale a priori un défaut de ventilation de l'installation, malgré un volume suffisant (débit max 40'000 m<sup>3</sup>/h) et du 100% air neuf (...couteux en terme de chauffage!)

- **Conclusion de l'audit patho pro (02/2009):**

#### médicalement

- **Problème médical chronique attribué aux chloramines et leur effet irritant (possiblement sensibilisant)**
- **Absence de piste cohérente / matériaux de construction et produits d'entretien communiqués**
- **Possible incompatibilité avec les produits de nettoyage en septembre 2008 (goût dans la bouche, céphalées, ...). Vérifier compatibilité lors des « grands nettoyages ».**
- **+ Anxiété anticipatrice et somatisation pour autres symptômes?**
  
- **NB : Rechercher des signes généraux (T°, frissons, céphalées) : possibles pneumopathies d'hypersensibilité**
- **NB : Ne pas utiliser en pulvérisation le désinfectant Demykosan contenant un Ammonium IV<sup>re</sup>**

- **Conclusion de l'audit patho pro / volet technique**

- **AIR**

- Les mesures de CO<sub>2</sub> et vitesses d'air démontrent l'hétérogénéité de la ventilation du hall bassin sans marge de manœuvre (100% air neuf)
- D'où accumulation de chloramines. Il est probable que les quelques points mesurés ne soient pas les valeurs maxi atteintes
- Prise d'air neuf en sous-sol contaminé par trichloramines (+/- polluants atmosphériques plus lourds que l'air)
- « *L'audit de la ventilation sera la pièce maîtresse du diagnostic* »

- **DESINFECTION**

- Hypochlorite de calcium et non acide chloroisocyanurique
  - relargage moins maîtrisé de chlore combiné (seuls asthmes réellement démontrés avec trichloramine sont rapportés dans des piscines avec hypochlorite).
  - Proposition d'ajouter un stabilisateur (acide isocyanurique à 0.0045% = 45 mg/l d'eau) ou d'utiliser directement un dérivé isochlorocyanurique

**Concordance avec l'audit du bureau d'étude réalisé secondairement et qui a permis de quantifier les problèmes de ventilation**

## **Solutions actuellement retenues**

1. **Eviter le brassage d'air avec en particulier :**

- inversion des flux du coté le + pollué : aspiration en zone basse + Diminution de la surpression au niveau des vestiaires

2. **Asservissement du % air neuf à une sonde mesurant le CO<sub>2</sub>** (derrière la gaine de reprise) et hygrométrie. Minimum 33% air neuf (30 m<sup>3</sup>/h/pers \* 400 pers = 12'000m<sup>3</sup>)

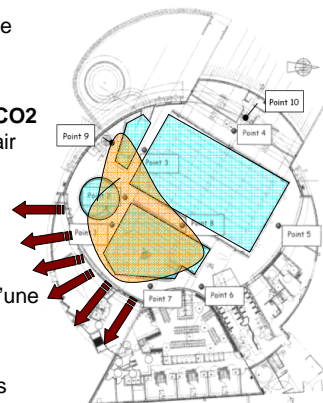
3. **Remplacement de l'hypochlorite par des isochloroisocyanurate** en granulés (seuls asthmes pro rapportés avec hypochlorites)

4. Fermeture du local technique pollué et mise en dépression d'une fosse de relevage **situés en sous-sol près de la bouche d'entrée d'air**

5. Bureaux : modification ventilation, augmentation des espaces sous les portes

6. Prévoir des auvents sur le haut (tirage thermique)

7. Poursuite surveillance des symptômes... surtout automne et hiver 2009, corrélation avec météo (pression, pollution)



## Résultats

- Une amélioration certaine, mais **relative**
- Pas de nouvelle crise aigüe, mais il persiste :
  - une **irritation cutané- muqueuse**, et surtout **conjonctivale**, chez la plupart des MNS qui travaillent sur cette piscine (supérieure à ce qui est ressenti sur les autres piscines couvertes où ils peuvent intervenir)
  - **céphalées et somnolence sur le point central**, siège de surveillance du bassin ludique: les MNS s'organisent pour ne pas rester sur ce point de surveillance statique plus d'1h, et font des rotations systématiques entre eux.
- Les MNS *sensibles* ont été retirés de cette piscine (3 personnes, dont 1 hyperréactivité au chlore qui a nécessité le retrait des piscines de l'agent, MP 66 reconnue).

## Discussion

- La ventilation reste manifestement insuffisante au niveau central de la piscine, le dossier est en cours ...
- L'hiver démasque les situations limites!
- Rapports de cas non exceptionnels lors de l'ouverture de nouvelles installations...: les calculs à l'épreuve de la réalité
- Réglementairement, les piscines = « locaux à pollution non spécifique » comme les gymnases?
- Du fait de la prévalence élevée de ces problèmes, imaginer une « certification » spécifique à ces problématiques sur dossier, avant la construction et l'équipement ??

Merci pour votre attention!

## **Annexe : Deux situations similaires dans la biblio suite à l'ouverture de nouveaux équipements nautiques**

-Tours : 4 cas d'asthme chez MNS âgés de 23 à 33 ans, *survenus quelques semaines à quelques mois après la mise en route de nouvelles installations dans un centre de loisir nautique.*

- modifications « mineures » de la ventilation n'ont pas permis dans un premier temps de résoudre le problème (ajout d'un ventilateur de 5000 m<sup>3</sup>/h).
- 2e intervention avec ajout d'un nouvel appareil soufflant 15000m<sup>3</sup>/h et l'ajout d'un stabilisant (cf ci-dessus) ont permis une diminution des taux de chloramines passant de valeurs comprises entre 0.5 et 1.08 mg/m<sup>3</sup> à des taux compris entre 0.08 et 0.23 mg/m<sup>3</sup>, et occasionnant un amendement des symptômes.

*Lasfargues G et al. Asthme professionnel et exposition aux chloramines dans l'atmosphère d'un centre nautique. Archives des Maladies Professionnelles, 1999;60(5):454-455*

## **Deux situations similaires dans la biblio suite à l'ouverture de nouveaux équipements nautiques**

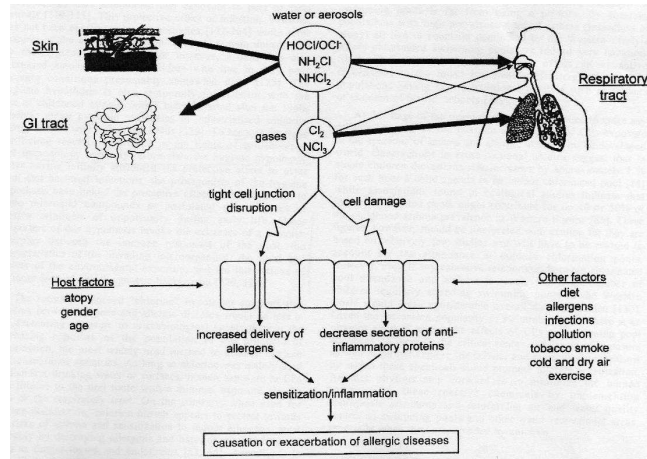
Ce 6 février 2009, le Center for Disease Control US rapportait un cas semblable, à « l'échelle américaine »

- ouverture d'un nouvel Aquacenter couvert en décembre 2006 (capacité > 3700 personnes)
- *dans le premier mois* à la survenue de 65 déclarations de problèmes irritatifs muqueux par les employés.
- Ces cas se sont poursuivis, malgré des adaptations mineures de la ventilation (ajout de bouches de sorties) pour arriver à 665 cas rapportés. Les taux de chloramines étaient très variables allant de la limite de détection à 1.06 mg/m<sup>3</sup>.
- Le CDC a mis en évidence une insuffisance de ventilation et quelques dysfonctionnements (certains jets d'eau court-circuitaient le circuit de traitement de l'eau, etc).
- Les modifications du système de ventilation faites dans un 2e temps ont permis la disparition de nouveaux signalements.

Respiratory and ocular symptoms among employees of a hotel indoor waterpark resort--Ohio, 2007. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2009 Feb 6;58(4):81-5. <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5804a3.htm>

## 8- Effets irritatifs et facilitant l'allergie du chlore et des chloramines (1/2)

du fait de son caractère insoluble, la trichloramine n'est pas arrêtée par les muqueuses ORL, pénètre profondément dans le poumon et occasionne une rupture des barrières épithéliales, facilitant la pénétration des allergènes.



Bernard A. Chlorination Products : Emerging Links with Allergic Diseases. *Current Medicinal Chemistry* 2007 ;14,1771-1782

## Annexe : Effets irritatifs et facilitant l'allergie du chlore et des chloramines (2/2)

- **fortes corrélations entre fréquentation des piscines intérieures mais aussi extérieures et la prévalence de l'asthme mais aussi d'allergies diverses**
  - chez les enfants ou adolescents
  - chez les nageurs professionnels.
- **augmentation des marqueurs sanguins de stress oxydant mais aussi de souffrance de l'épithélium pulmonaire**
  - corrélés avec les niveaux de chloramines et/ou la fréquentation des piscines.
  - Une étude réalisée en 2002 montre qu'une heure d'exposition à  $0.54 \text{ mg/m}^3$  suffit à entraîner la présence dans le sang de biomarqueurs témoignant d'une souffrance de l'épithélium bronchique.
  - **Le niveau d'exposition sans effet biologique se situerait autour de  $0.3 \text{ mg/m}^3$ .**
- **bébés-nageurs**
  - Des marqueurs de souffrance de l'épithélium bronchique élevés sont retrouvés uniquement chez les bébés-nageurs dans une étude (après prise en compte d'autres facteurs de risque comme le tabagisme).
  - *La valeur prédictive de ces élévations de biomarqueurs sur la santé respiratoire ultérieure de l'enfant reste une question ouverte.*
  - Parmi les études les plus récentes ( $n=30'000$  enfants norvégiens), il y aurait un excès de nourrissons de 6 à 18 mois présentant des sifflements respiratoires parmi ceux ayant eu une activité de bébé-nageurs avant 18 mois et dont la mère présente un terrain allergique (par rapport aux nourrissons de même âge ayant une mère allergique et n'ayant pas eu cette activité).