

Trichloramines et activités aqua-baby



Revue de la littérature

UNIL, Institut des sciences du sport et de l'éducation physique
swimsports.ch - Dr Erik Paus

-
- Désinfection de l'eau
 - Le chlore, et ses sous-produits
 - La chloration de l'eau
 - Les chloramines
 - Moyens existants pour diminuer les chloramines
 - Les enfants et les chloramines
 - Recommandations de la SSP
 - Ce que nous pouvons faire



Toute substance est un
poison...

Seule la **DOSE**

...fait la différence entre le
poison et le remède !

Paracelse (1492 - 1541)

- 4 méthodes couramment utilisées:
 - Microfiltration
 - Ozonisation
 - Rayon UV
 - Bromation, chloration
- Microfiltration: filtres ayant des micropores ($0.2 \mu\text{m}$)
 - Avantages:
 - Système simple et faible investissement
 - Bactéries pas seulement inactivées, mais retirées de l'eau
 - Inconvénients:
 - Coûteux en cartouches pour le filtre
 - **Aucun effet sur les virus**

- Ozone (O_3): très grand pouvoir désinfectant.
Instable
 - Avantages:
 - Se décompose en oxygène (O_2), sans formation de sous-produits
 - Production sur place (pas de transport de toxiques, ni de consommables à changer périodiquement)
 - Inconvénients:
 - Production d'ozone coûteuse en énergie
 - Système complexe, certains matériaux ne résistent pas à l'ozone
 - Nécessite un investissement de départ important
 - Nécessité d'un désinfectant complémentaire (chlore)

- Rayons UV: longueur d'onde $\sim 254\text{nm}$ (UVC) est germicides
 - Avantages:
 - Faible investissement de départ et faible coût d'exploitation
 - Pas de stockage de produits chimiques
 - Pas de formation de sous-produits
 - Très efficaces pour l'élimination des parasites (Gardia et Cryptosporidium)
 - Inconvénients:
 - Rayons U.V. inactivent, mais n'éliminent pas les bactéries (filtration nécessaire)
 - Nécessité d'un désinfectant complémentaire (chlore)

■ Brome:

■ Avantage:

- Formation de bromamines (moins stable que les chloramines)
- Irritation moindre des yeux

■ Inconvénients:

- Irritation de la peau par le brome moléculaire (Br_2) en cas d'acidification de l'eau ($\text{pH} < 7.5$)
- Beaucoup plus cher que le chlore

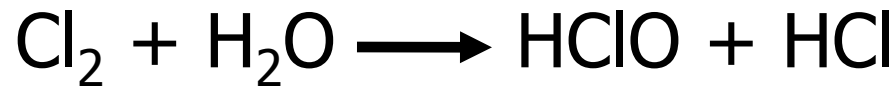
- Utilisation large à cause de
 - faible coût
 - bonnes propriétés bactéricides
 - simplicité de mise en œuvre

- Secteurs d'activité
 - piscines
 - industrie agro-alimentaire

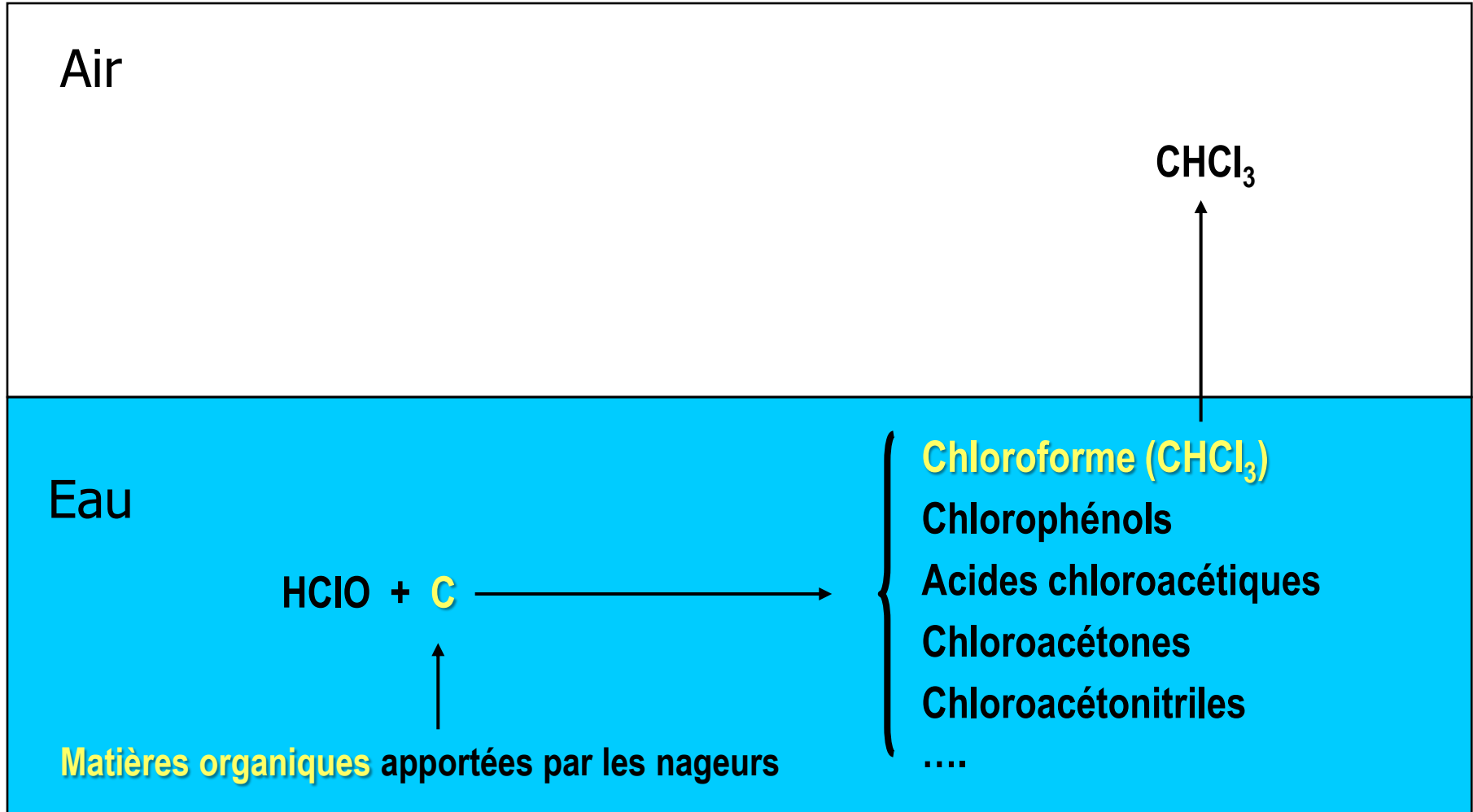
- L'emploi du chlore actif est justifié par des problèmes microbiologiques dans les aliments ou l'eau.
- La concentration utilisée est un **compromis** entre:
 - les avantages (par rapport aux dangers microbiologistes)
 - les risques (dus aux résidus de produits chimiques).
- Son efficacité fortement dépendante du pH.
- Plusieurs sous-produits halogénés peuvent être formés pendant la désinfection par le chlore

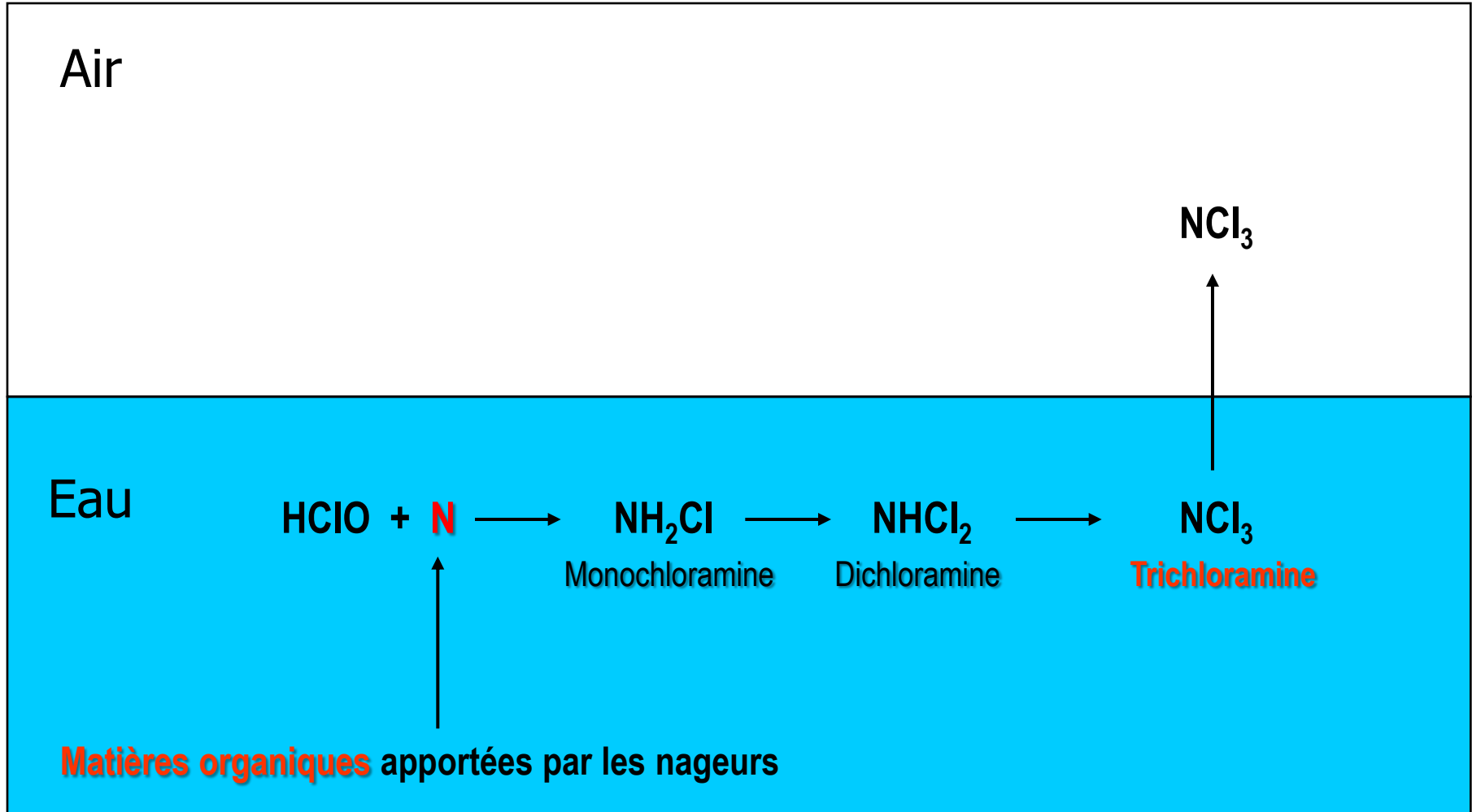
- Leurs effets toxicologiques ont notamment été étudiés chez l'animal et lors d'expériences *in vitro*.
- Les effets de **très fortes doses** de ces substances peuvent être les suivants:
 - toxicité oxydative (chlorite),
 - effets sur la reproduction (chloroacétates),
 - neurotoxicité (trihalométhane)
 - effets carcinogènes
(trichloroacétaldéhyde, dichloroacétate, trihalométhane).

- La chloration de l'eau potable a permis la disparition de maladie comme le choléra, la fièvre typhoïde et la dysenterie
- Sont les plus souvent utilisés:
 - Sels d'hypochlorite [sodium, NaClO ou calcium, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$]
 - Chlore gazeux (Cl_2)
- L'acide hypochloreux (HClO) est formé lors de l'ajout du chlore à l'eau

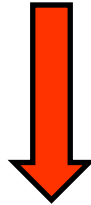


- Acide hypochloreux (HClO) est l'agent biocide (désinfectant), c'est un oxydant puissant!
- HClO réagit avec les matières organiques apportées par les baigneurs:
 - **Urine!**
 - Sueur
 - Cheveux
 - Squames de la peau
 - Résidus de cosmétiques
 - Crèmes solaires





Chlore (Cl_2) + eau (H_2O) = acide hypochloreux (HClO)



HClO + **urine** (matières organiques contenant de l'azote $[\text{N}]$) = mono, di et **trichloramines** (NCl_3)

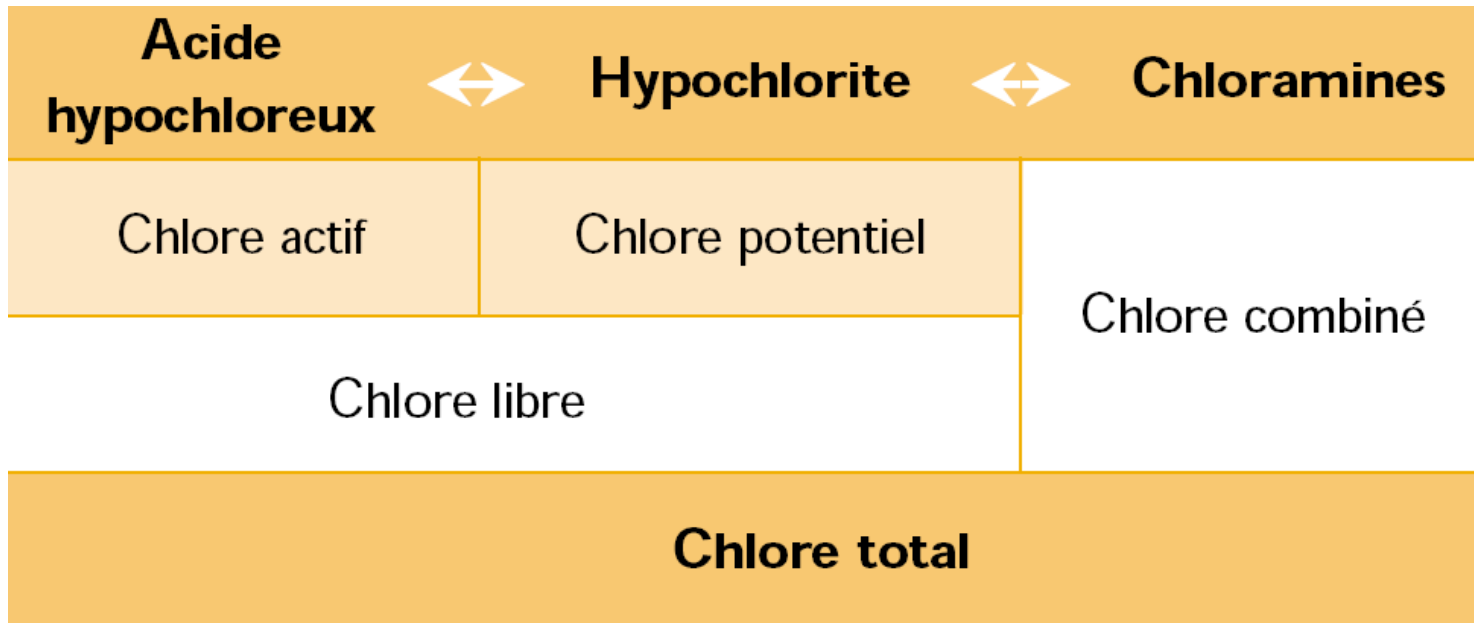
Trichloramine (NCl_3) faiblement soluble dans l'eau,
volatile



Odeur caractéristique des bassins

- Taux moyens des chloramines
 - Piscines « classiques » : $0.24 \pm 0.17 \text{ mg/m}^3$
 - Piscines « ludiques » : $0.67 \pm 0.37 \text{ mg/m}^3$
 - Centres de loisirs : jusqu'à 2 mg/m^3 !

- Établissement des réactions d'équilibre entre les produits chlorés:
 - pouvant se trouver dans l'eau
 - susceptibles de se retrouver dans l'atmosphère



- Niveau des chloramines dans l'eau et l'air **fluctue** en fonction:
 - du degré de chloration de l'eau
 - du taux d'occupation du bassin
 - de **l'hygiène** des baigneurs
 - du renouvellement de l'eau et de l'air
 - de la température de l'eau et de l'air

Agabiti, N. et al., Short term respiratory effects of acute exposure to chlorine due to swimming pool accident. Occup Envir Med. 2001; 58:399-404

Massin, N. et al., Respiratory symptoms and bronchial responsiveness in lifeguards exposed to nitrogen trichloride in indoor swimming pools. Occupational and Environmental Medicine. 1998; 55:258-263.

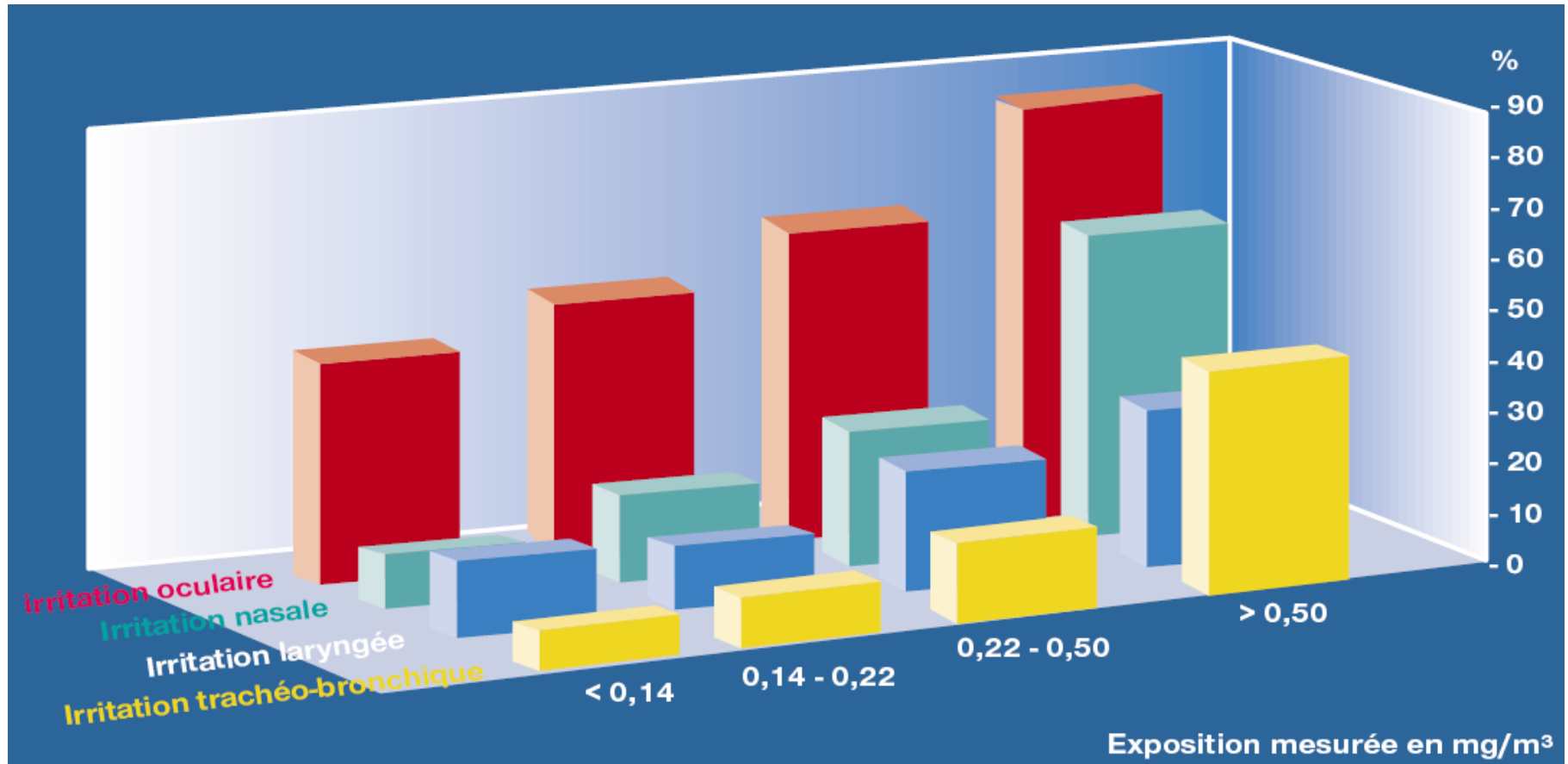
Chez les maîtres nageurs:

Plus la teneur en chloramines dans l'eau est élevée, plus les plaintes d'irritations **oculaires** (irritation) et **respiratoires** (irritation ORL, toux, raucité de la voix) sont fréquentes

Premières **plaintes dès 0.5 mg/m³** de NCl_3

Seux R. Evolution de la pollution apportée par les baigneurs dans les eaux de piscine sous l'action du chlore. J Fr Hydrologie. 1988; 19:151-168.

Gagnaire, F et al., Comparison of the sensory irritation response in mice to chlorine and nitrogen trichloride. J Applied Toxicology. 1994; 14:405-409.



Première valeur limite proposée par l'INRS = **0.5mg/m³** $\longrightarrow$ 0.3mg/m³

INRS: Institut national de recherche et de sécurité

- Réalisée en 2000 sur 58 des 121 équipements de la région Rhône-Alpes.
 - 47 piscines « classiques »
 - 11 piscines « mixtes » (classiques et ludiques)
- 58 équipements emploient 732 personnes dont 676 ont répondu aux questionnaires

Symptômes	Réponse « oui souvent » (en % des sujets ayant répondu)
Yeux rouges	24,7 (n = 673)
Nez irrité	24,5 (n = 673)
Gorge irritée	16,2 (n = 672)
Toux grasse	7,3 (n = 672)
Toux sèche	7,3 (n = 673)
Extinction de la voix	10,6 (n = 671)
Asthme	2,2 (n = 672)

- Plus grande fréquence de troubles allergiques (conjonctivites, rhinites, laryngites) ^①
- Asthme plus fréquent chez les compétiteurs ^②

Paradoxalement

- Natation recommandée chez les asthmatiques (Broncho-constriction moins prononcée dans ambiance chaude et humide des piscines) ^③

① Zwick, H. et al., *Increased sensitization to aeroallergens in competitive swimmers. Lung.* 1990; 168(2):111-115.

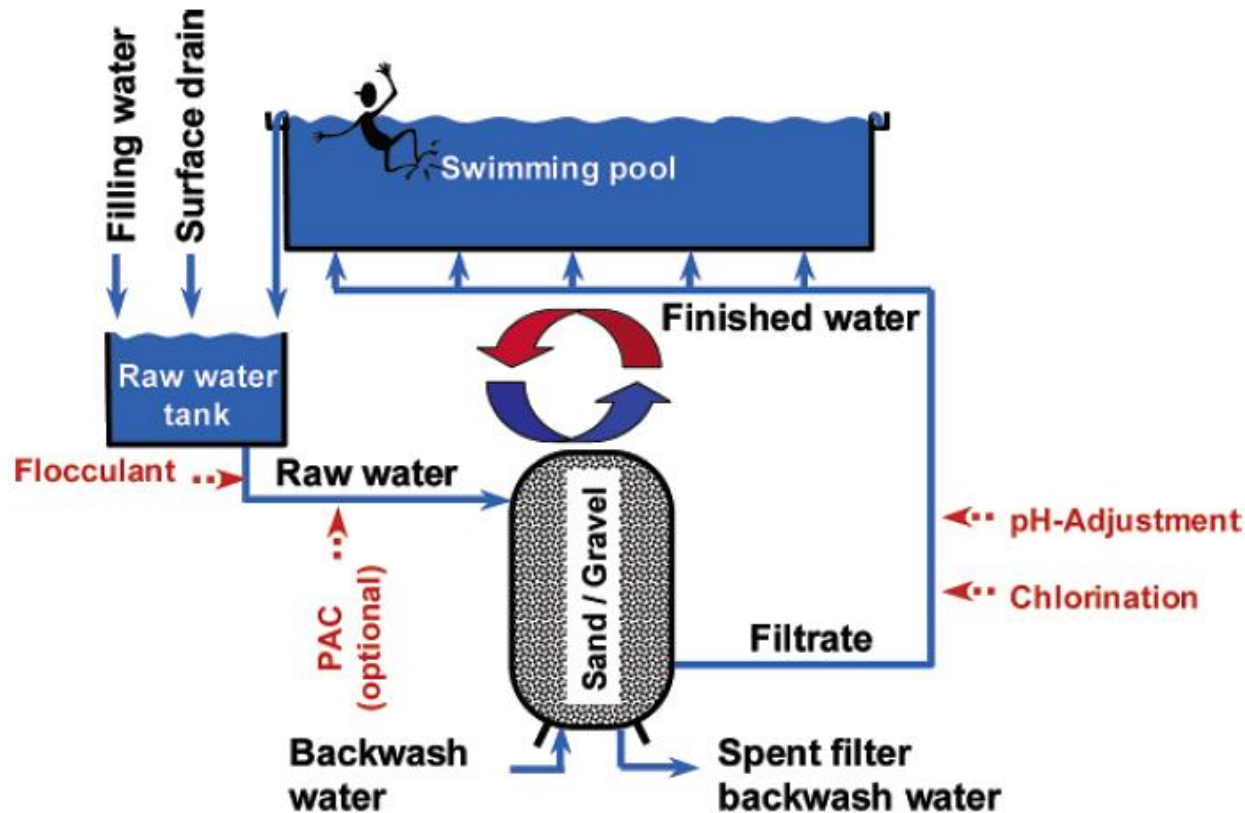
② Thickett, K.M. et al., *Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. Eur Respir J.* 2002; 19(5): 827-832.

③ Carbonnelle, S. *Les risques sanitaires des produits dérivés de la chloration des eaux de bassins de natation. VertigO.* 2003; 4(1):1-6



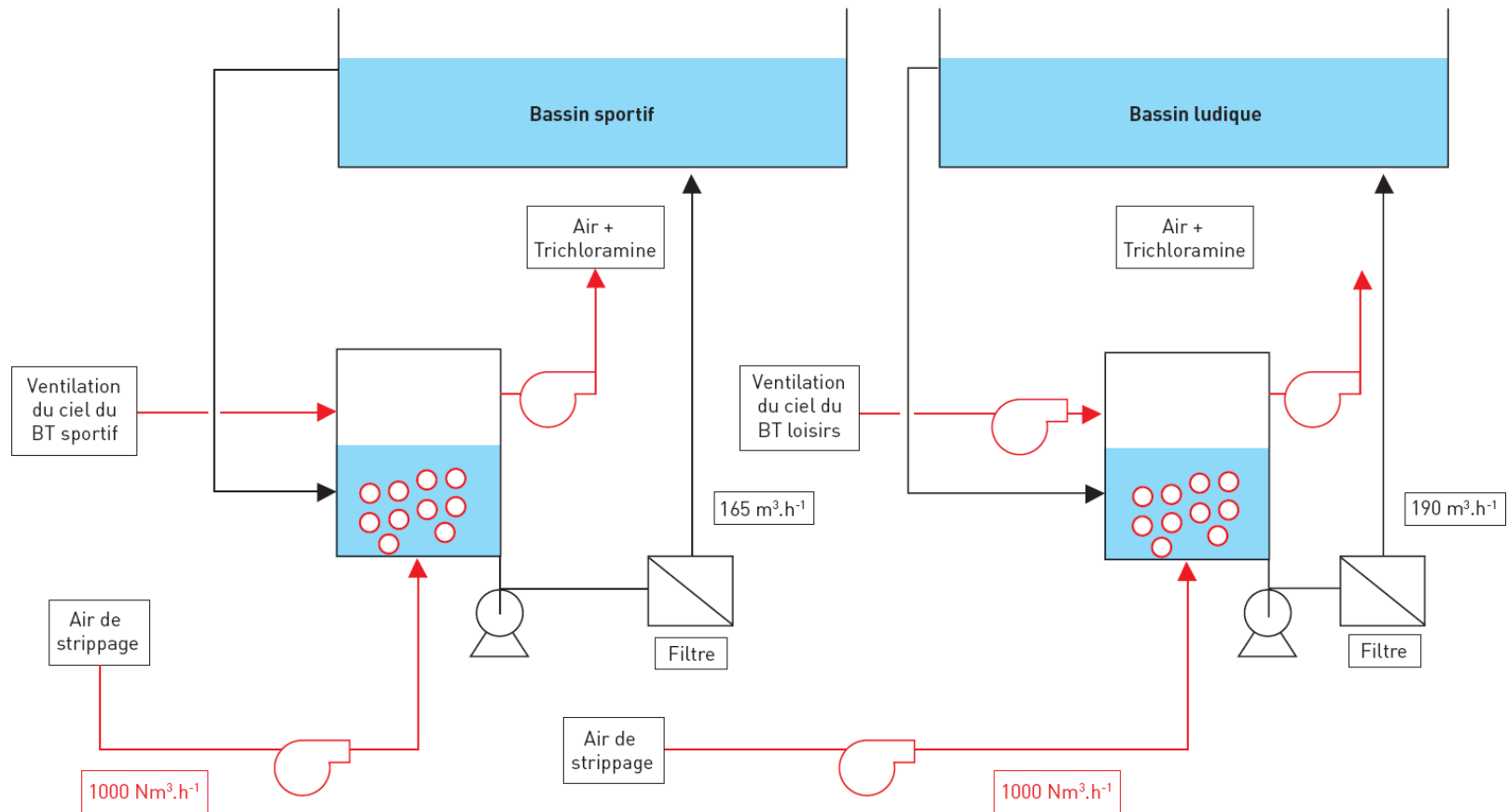
Les piscines doivent faire face à de nombreuses contraintes afin de garantir la qualité de l'eau:

- Bac tampon
- Chauffage de l'eau
- Filtration de l'eau
- Recirculation de l'eau
Hydraulicité mixte (écumage de surface et drainage par le fond) avec bac tampon, tamis, filtres et pompes
- Rejet de l'eau dans les égouts (normes SIA 285/1)
Office de la protection de eau et de la gestion des déchets (OPED)



Scheme of conventional pool water treatment with flocculation – filtration – chlorination. PAC = powdered activated carbon

Coagulant/Floculant: produits chimiques qui vont permettre la filtration de substances solubles ou grossir des solides trop fins pour être retenu dans le filtre



Bac tampon: réservoirs destinés à amortir les variations de niveaux des bains en fonction de leur fréquentation

Gérardin, F. et al., Réduction de l'exposition des travailleurs au trichlorure d'azote par action sur les procédés dans les deux secteurs d'activité. INRS ND 2236 - 201 - 05 2005.



Copyright Pierre BÉRENGER / INRS.

- débit eau traitée = $70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
 - débit d'air de strippage = $3500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
 - mode arrosé (engorgement 70%)
 - garnissage anneaux Pall 1,5''
 - hauteur garnissage = 4,7 m
 - hauteur tour $\approx 10 \text{ m}$
 - diamètre = 1 m
-
- efficacités d'extraction :
 - $\text{HClO} < 1\%$
 - $\text{NH}_2\text{Cl} < 1\%$
 - $\text{NHCl}_2 \approx 3\%$
 - $\text{NCl}_3 \approx 98\%$

Se rencontre surtout dans l'agro-alimentaire

Difficile à mettre en œuvre dans les piscines

- coût d'investissement
- espace requis

- En Suisse il existe des normes pour:
 - Qualité de l'eau dans les piscines
 - Construction des bassins
 - Élimination de l'eau de piscines dans les égouts
- **Pas de normes** pour la **qualité de l'air!**
- Dans d'autres pays (États-Unis, France, Belgique)
 - Existence de recommandations pour la ventilation des bassins fermés



■ Les enfants sont plus à risque:

- facteurs biologiques
(maturation pulmonaire, fréquence respiratoire, peau plus perméable)
- facteurs comportementaux
(ingestion de grandes quantités d'eau, jeux)
- facteurs environnementaux
(eau plus chaude, forte densité de baigneurs, bassin peu profond d'où concentration des chloramines)

Fréquence respiratoire / min	n-né	1 an	3 ans	5 ans	8 ans	12 ans
	30	24	22	20	18	16

- Travail ventilatoire est plus important chez l'enfant.
- Adaptation de la respiration **limitée** par:
 - immaturité de la cage thoracique (manque d'efficacité mécanique)
 - composition musculaire du diaphragme (pauvreté en fibres musculaires type I à la naissance)

Enfants sont particulièrement **sensibles** à un manque d'oxygène

Enfant **1 an** restant **1 heure**
dans une piscine chlorée absorbe
~3x plus de chloroforme (CHCl_3)
qu'un maître nageur pendant **1 semaine**

- Ingestion d'eau par heure:
 - ~50 ml chez l'adulte
 - **Jusqu'à 1/2 litre** chez les enfants

- Mesurer la concentration des **chloramines** (NCl_3) dans **l'air** des piscines
- **Minimiser la formation des chloramines**
 - Douche et port du bonnet de bain **obligatoires**
 - Traitement alternatif de l'eau (si possible) (UV, ozone)
 - Dilution de l'air par une ventilation adéquate des bassins fermés, pas de recirculation de l'air
- Eviter l'exposition répétée aux chloramines (bassin fermé) chez enfants souffrant
 - **d'asthme** persistant ou de
 - **bronchite** chronique

Taux de mortalité lié aux noyades (enfant - 14 ans)

- 60-65 décès au début des années 70
- 14 décès (1995), 9 (1996), 15 (1999) et 6 (2000)
 - 1 à 4 ans: 9 (1995)
7 (1996)
11 (1999)
2 (2000)



- Le baigneur est le **principal vecteur** des trichloramines! (**Urine!!!**)
- Ne pas se baigner en cas de diarrhée, eczéma, etc.
- Douche **+ savon**, porter un bonnet de bain
- Piscine « classique » dégagent moins de chloramines que les piscines « ludiques »
- Demander conseil à un pédiatre avant de débuter une activité aquatique
- Si l'enfant sait nager: diminution du risque de noyade



Merci pour votre attention