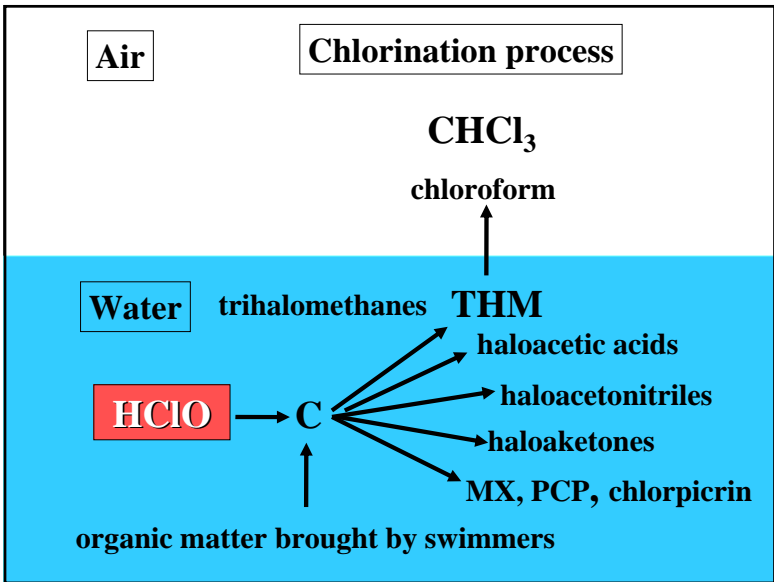
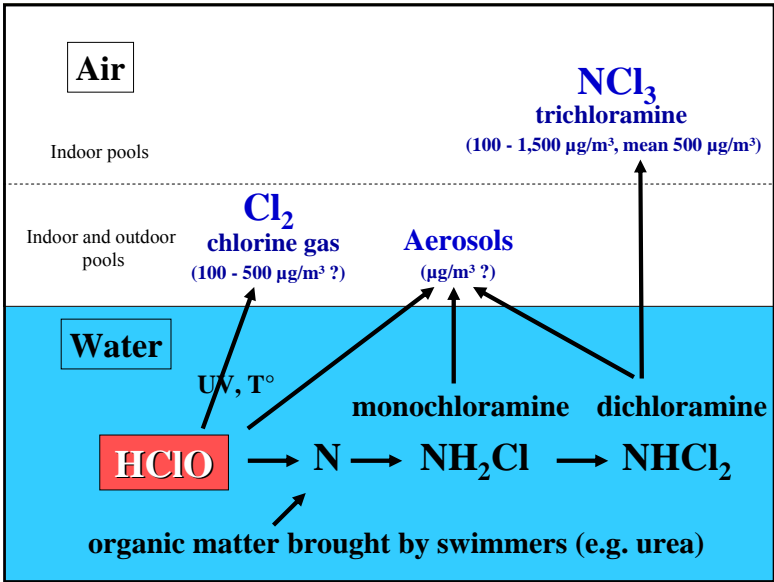




Risques respiratoires et allergiques liés à la fréquentation des piscines chlorées

Alfred BERNARD

Université catholique de Louvain, Bruxelles, Belgique



- Impact sanitaire de l'exposition chronique aux produits de chloration en piscine**
- Epidémiologie**
- . Asthme professionnel ou symptômes d'asthme
 - . Hyperperméabilité de l'épithélium respiratoire
 - . Réduction du nombre de cellules de Clara
 - . Asthme infantile
 - . Rhume des foins
 - . Cancer de la vessie
 - . Inflammation pulmonaire (NO exhalé, enfants et maîtres nageurs)....
- Etudes sur volontaires**
- . Hyperperméabilité épithéliale (adultes et enfants)
 - . Hyperréactivité bronchique
 - . Diminution de la production de l'oxyde nitrique
 - . Irritation de la cornée...

Etudes négatives/critiques

Epidémiologie

- Schoefer Y et coll. Health risks of **early swimming pool attendance**. Int J Hyg Environ Health. 2007.
- Carraro et coll. Swimming pool attendance and **exhaled nitric oxide** in children. J Allergy Clin Immunol. 2006; 118:958-60 (letter).
- Carbannelle et coll. Exhaled NO, lung function and serum pneumoproteins after **an exercise session in chlorinated swimming pool**. Submitted for publication.

Revue critique

- Lakind et coll. A critical review of the use of Clara cell secretory protein (CC16) as a biomarker of acute or chronic pulmonary effects. Biomarkers. 2007.
- Bernard A. Critical review of Clara cell protein: sound science or “manufactured uncertainty”? (in press).

Augmentation de l'asthme infantile dans le monde

Figure 1. Changes in the Prevalence of Diagnosed Asthma and Asthma Symptoms over Time in Children and Young Adults.

Data in Panel A are from Australia,^{1,2} the United States,³ Canada,^{4,5} Switzerland,⁶ Germany,^{7,8} the United Kingdom,^{9,10} Norway,^{11,12} Finland,^{13,14} Estonia,^{15,16} Poland,¹⁷ Italy,^{18,19} Spain,²⁰ Israel,²¹ Singapore,²² Hong Kong,^{23,24} Taiwan,²⁵ and Korea.²⁶ Data in Panel B are from Australia,^{1,2} the United States,³ Switzerland,⁶ Germany,^{7,8,27,28,29} the Netherlands,³⁰ the United Kingdom,^{9,10,31,32,33} Sweden,³⁴ Norway,^{35,36} Estonia,^{37,38} Italy,^{39,40} Spain,⁴¹ Singapore,⁴² Hong Kong,^{43,44} and Korea.⁴⁵

Von Mutius et al., 2006 NEJM

Etudes épidémiologiques sur les risques d'asthme et d'allergie chez les enfants et adolescents en Belgique francophone

← 2006-2009 (n=847)
← 2003-2006 (n=341)
← 2000-2003 (n=226)
← 2008-2012 (n=400)

← Etude rétrospective
↔ Etude rétro- et prospective

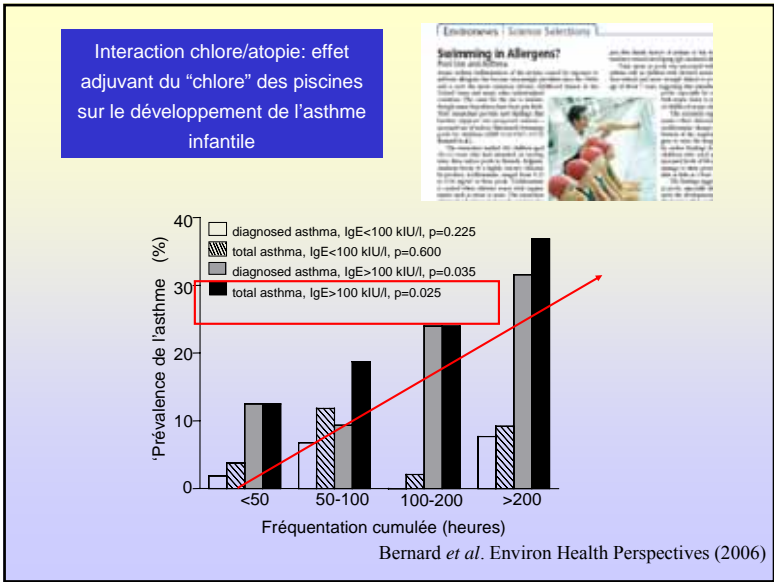
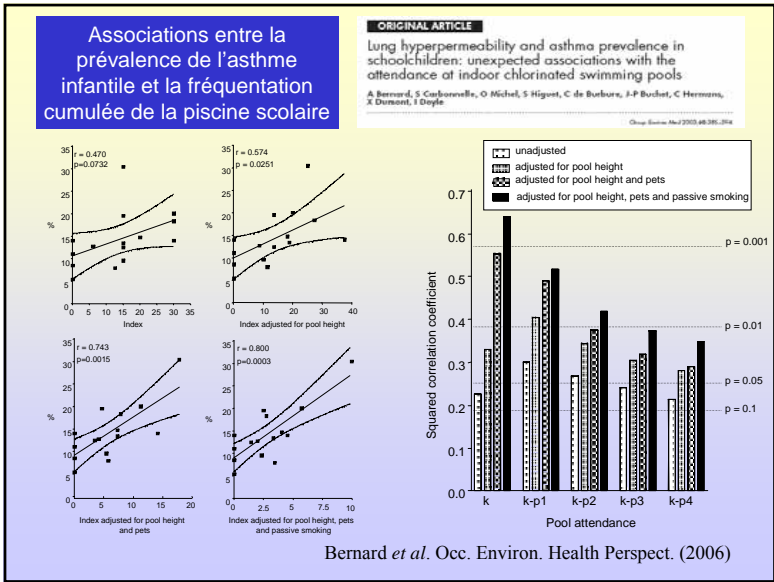
Age (années)

Hyperperméabilité épithéliale pulmonaire induite par l'exposition chronique et aiguë à l'air des piscines chlorées (trichloramine)

ORIGINAL ARTICLE
 Changes in serum pneumoproteins caused by short-term exposures to nitrogen trichloride in indoor chlorinated swimming pools
 SYLVIANE CARBONNELLE¹, MARG FRANCESCA², JAKI DOVLE³, SANDY DEBOY⁴, CLAIRE DE BEBBERE⁵, GEORGES MOREL⁶, OLIVIER MICHEL⁷ and ALFRED BERNARD⁸

Chronique (enfants)

Aiguë (adultes)



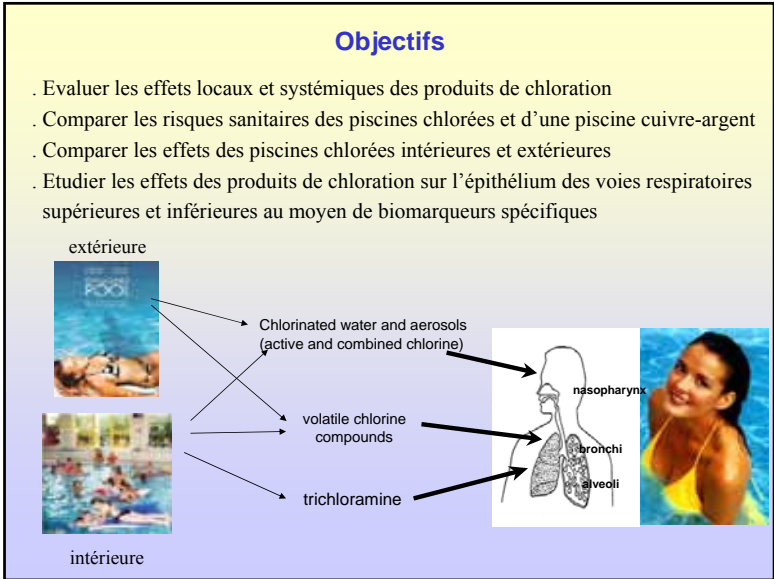
Marqueurs de lésions épithéliales pulmonaires chez des enfants ayant suivi une pratique de bébé nageur

Table 1 Children characteristics and serum levels of IgE, CC16 and SP-D

	Swimming baby (n = 43)	Other children (n = 298)	P Value
Age, (mean, SD), y*	11.5 (0.6)	11.5 (0.6)	.98
Boys, N°, (%)†	22 (51.1)	150 (50.3)	.92
Caucasian, N°, (%)†	35 (81.4)	228 (76.5)	.48
Mother and/or father with asthma, N°, (%)†	6 (14.0)	58 (19.5)	.39
Aeroallergen-specific IgE, N°, (%)†	13 (30.2)	95 (31.9)	.83
Total IgE, (median, IQR), kUI/l‡	54.7 (24.6-162)	55.8 (21.9-175)	.96
CC16, (mean, SD), µg/l*§	8.0 (3.3)	10.4 (4.2)	.01
SP-D, (mean, SD), µg/l*	113 (42)	100 (45)	.08
CC16/SP-D ratio, (median, IQR)‡ §	0.07 (0.05-0.12)	0.10 (0.07-0.16)	.003

Abbreviations: CC16, Clara cell protein, SP-D, surfactant-associated protein D, IQR, interquartile range
 * By two-sided unpaired *t* test
 † By χ^2 test
 ‡ By two-sided Mann-Whitney *U* test
 § Statistically significant after application of the Benferroni's correction to the multiple comparisons of the lung epithelium markers (critical *P* Value: 0.05/3).

Bernard *et al.* *Pediatrics* (2007)



Prise de sang

Lavage nasal

NO exhalé

Condensat de l'air exhalé

Spirométrie (asthme à l'effort)

847 Adolescents (âge moyen: 15,5 ans)
Taux de participation: 71,4%
Mars-Mai 2006

Piscines chlorées intérieures

850 adolescents en 3^e ou 4^e (âge = 14-16 ans)

Athénée royal René Magritte Lezennes (ARSM)

Lycée Martin V Louvain-la-Neuve (Martin V)

Institut Notre Dame - Séminaire Batogne (INDSE)

Piscine Cu/Ag intérieure

- 18% avec piscine résidentielle
- 50% avec piscine privée pendant les vacances

Deux définitions de l'asthme

- Asthme diagnostiqué: diagnostiqué par un médecin à un moment quelconque (« ever asthma »)**
- Asthme diagnostiqué actuel (« current asthma »): asthme diagnostiqué par un médecin et au moment de l'étude en traitement et/ou associé à une hyperréactivité bronchique à l'effort (chute du VEMS > 10% après effort)**

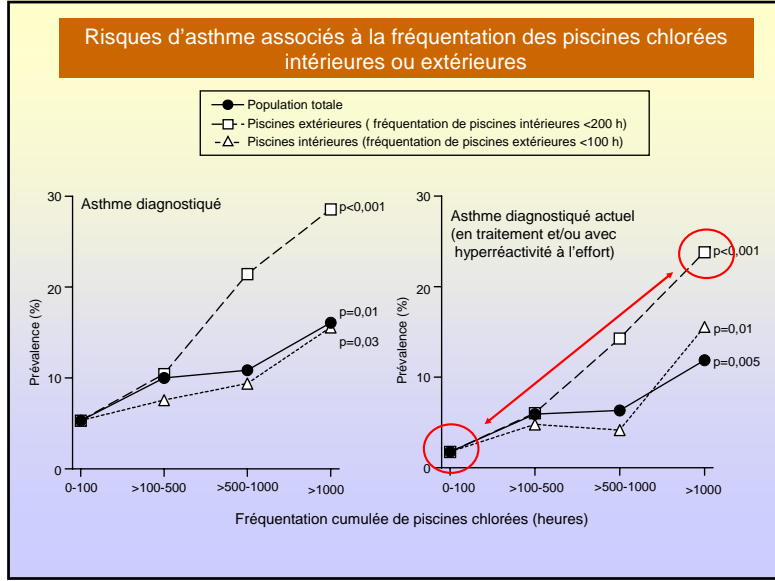
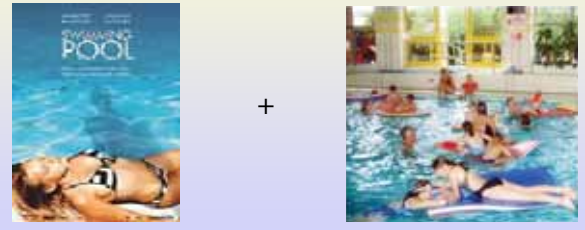
Table 1 Caractéristiques des adolescents

Caractéristiques et indicateurs	Filles n = 478	Garçons n = 369	P
Age, moyenne (SD), années*	15.4 (0.77)	15.5 (0.90)	0.08
Indice de masse corporelle, moyenne (SD), kg/m ² *	20.6 (2.9)	20.6 (2.9)	0.88
Fumeurs, N° (%)†	26 (5.4)	24 (6.5)	0.52
Tabagisme maternel pendant la grossesse, N° (%)†	62 (13.0)	43 (11.7)	0.56
Tabagisme parental N° (%)†	160 (33.5)	118 (32.0)	0.65
Fréquentation d'une piscine			
Piscine chlorée extérieure, résidentielle			
N° (%)†	89 (18.6)	66 (17.9)	0.78
CPA, médiane (IQR), heures‡	182 (70-412)	246 (56-640)	0.56
Piscine chlorée extérieure, non résidentielle			
N° (%)†	241 (50.4)	198 (53.7)	0.35
CPA, médiane (IQR), heures‡	196 (69-392)	194 (63-448)	0.34
Piscine chlorée intérieure, publique			
N° (%)†	419 (84.0)	310 (87.7)	0.13
CPA, médiane (IQR), heures‡	331 (172-581)	271 (136-530)	0.02
Piscine intérieure cuivre-argent			
N° (%)†	179 (37.5)	164 (44.4)	0.04
CPA, médiane (IQR), heures‡	231 (117-441)	216 (85-424)	0.22

Prévalences de l'asthme et des allergies respiratoires

Caractéristiques et indicateurs	Filles n = 478	Garçons n = 369	P
IgE totales dans le sérum			
Médiane (IQR), kIU/l [‡]	38.5 (15.6-128)	67.3 (23.2-178)	<0.001
IgE spécifiques dans le sérum			
Acariens, N° (%)†	106 (22.2)	119 (32.3)	0.001
Chien, N° (%)†	22 (4.6)	22 (6.0)	0.38
Cat, N° (%)†	53 (11.1)	54 (14.7)	0.12
Pollen, N° (%)†	86 (18.0)	90 (24.4)	0.02
Moississure, N° (%)†	9 (1.9)	15 (4.1)	0.06
Au moins un aéroallergène, N° (%)†	159 (33.3)	162 (44.0)	0.003
Oxvde nitrique dans l'air exhalé (NO exhalé)			
Médiane (IQR), ppb [‡]	11.9 (8.4-18.0)	14.8 (10.8-25.6)	<0.001
NO exhalé >30 ppb, N° (%)†	43 (9.0)	80 (21.7)	<0.001
Asthme			
Asthme diagnostiqué, N° (%)†	42 (8.8)	46 (12.5)	0.08
Asthme actuel, N° (%)†	25 (5.2)	30 (8.1)	0.09

Piscines chl orées intérieures et extérieures



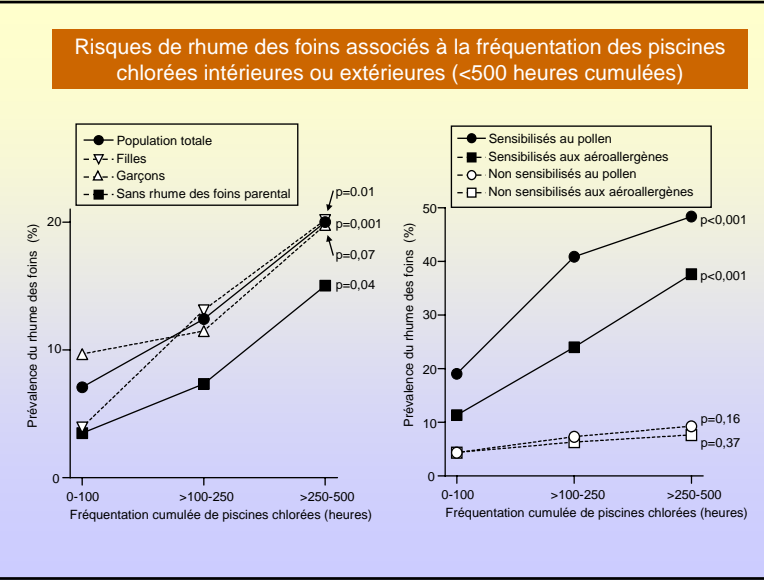
Interaction entre l'atopie (IgE élevées ou sensibilisation aux aéroallergènes) et l'exposition cumulée aux piscines chl orées (intérieures ou extérieures) dans le développement de l'asthme

	Total IgE in serum				Aeroallergen-specific IgE in serum				
	<30 kU/l		>30 kU/l		<0.35 kU/l		>0.35 kU/l		
	CPA heures	N (%)	OR (95% CI)	N (%)	OR (95% CI)	N (%)	OR (95% CI)	N (%)	OR (95% CI)
Ever	<100	3/35 (8.6)	1.00 (1.00-1.00)	3/78 (3.8)	1.00 (1.00-1.00)	3/69 (4.3)	1.00 (1.00-1.00)	3/44 (6.8)	1.00 (1.00-1.00)
asthma	100-500	7/128 (5.5)	0.56 (0.13-2.41)	30/241 (12.4)	2.95 (0.83-10.5)	10/226 (4.4)	0.89 (0.23-3.43)	27/143 (18.9)	2.79 (0.76-10.2)
	500-1000	6/94 (6.4)	0.71 (0.16-3.17)	18/127 (14.2)	3.57 (0.96-12.3)	8/138 (5.8)	1.17 (0.29-4.67)	16/83 (19.3)	2.99 (0.76-11.2)
	>1000	3/57 (5.3)	0.50 (0.09-2.85)	20/86 (23.3)	7.82 (2.11-29.0)	6/90 (6.7)	1.35 (0.31-5.19)	17/53 (32.1)	7.30 (1.88-28.2)
	P	0.91		0.003		0.83		0.02	
P trend	0.90		<0.001		0.36		0.005		
Current	<100	1/35 (2.9)	1.00 (1.00-1.00)	1/78 (1.3)	1.00 (1.00-1.00)	1/69 (1.4)	1.00 (1.00-1.00)	1/44 (2.3)	1.00 (1.00-1.00)
asthma	100-500	2/128 (1.6)	0.42 (0.03-5.40)	20/241 (8.3)	6.18 (0.78-48.7)	4/226 (1.8)	0.99 (0.10-9.00)	18/143 (12.6)	5.95 (0.74-47.5)
	500-1000	1/94 (1.1)	0.30 (0.02-5.30)	13/127 (10.3)	8.13 (1.01-65.8)	2/138 (1.4)	0.80 (0.07-9.57)	12/83 (14.5)	7.20 (0.88-59.1)
	>1000	2/57 (3.5)	0.90 (0.07-12.3)	15/86 (17.4)	16.5 (2.05-133)	5/90 (5.6)	3.14 (0.34-29.3)	12/53 (22.6)	13.8 (1.67-115)
	P	0.71		0.004		0.16		0.03	
P trend	0.57		<0.001		0.06		0.01		

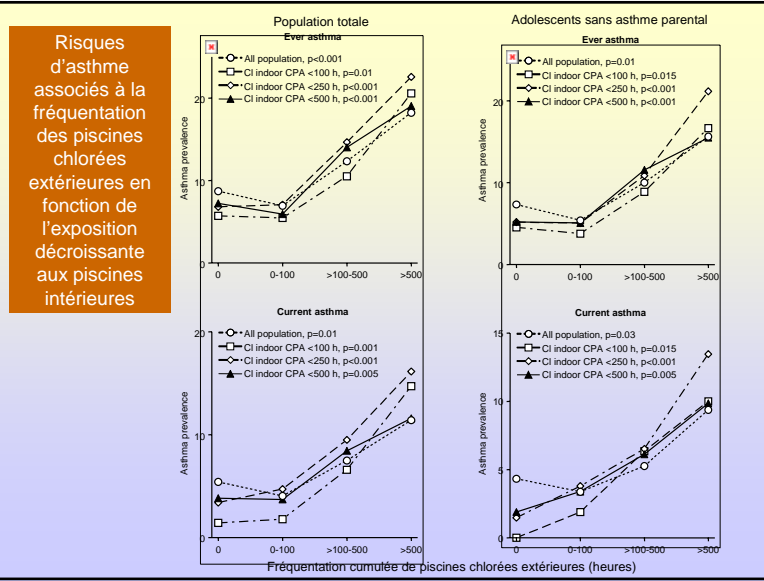
Risques de rhume des foins et de rhinite allergique associés à la fréquentation des piscines chl orées intérieures ou extérieures

	CPA heures	IgE sériques anti-pollen			
		N (%)	<0.35 kU/l	OR (95% CI)	>0.35 kU/l
Rhume des foins	<100	4/92 (4.3)	1.00 (1.00-1.00)	4/21 (19.0)	1.00 (1.00-1.00)
	100-500	24/285 (8.4)	2.12 (0.71-6.34)	39/84 (46.4)	4.28 (1.30-14.1)
	500-1000	14/177 (7.9)	1.89 (0.60-5.98)	21/43 (48.8)	5.11 (1.44-18.2)
	>1000	11/105 (9.5)	2.20 (0.67-7.21)	14/27 (51.9)	6.08 (1.56-23.7)
P		0.55		0.09	
P for trend		0.85		0.23	
	CPA heures	IgE sériques anti-acariens			
		N (%)	<0.35 kU/l	OR (95% CI)	>0.35 kU/l
Rhinite allergique	<100	8/92 (6.5)	1.00 (1.00-1.00)	6/21 (28.6)	1.00 (1.00-1.00)
	100-500	29/284 (10.2)	1.91 (0.76-4.79)	36/84 (42.9)	1.99 (0.69-5.76)
	500-1000	22/177 (12.4)	1.58 (0.60-4.17)	16/43 (37.2)	2.71 (0.86-8.53)
	>1000	14/116 (12.1)	1.74 (0.61-4.93)	12/27 (44.4)	3.44 (1.04-11.4)
P		0.47		0.62	
P for trend		0.25		0.64	

OR ajustés pour les allergies parentales et la concentration totale des IgE dans le sérum

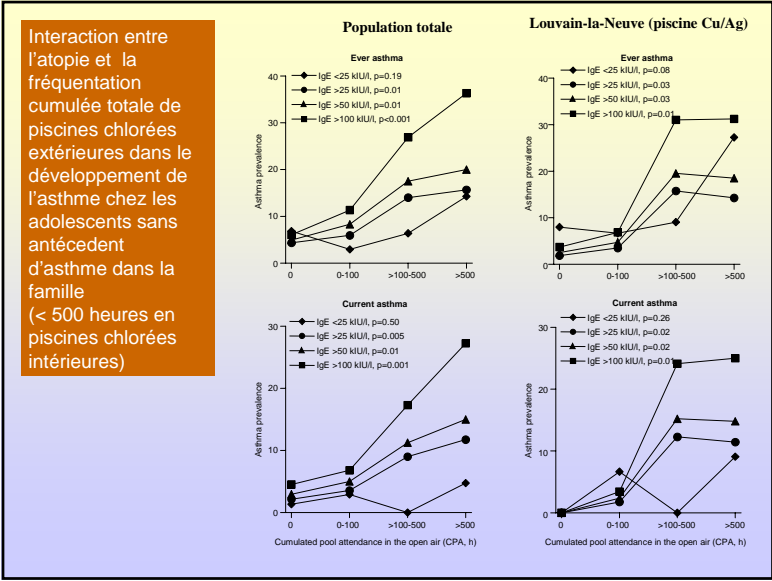


Piscines chlorées extérieures résidentielles ou pendant les vacances



Interaction entre l'atopie et la fréquentation cumulée totale de piscines chlorées extérieures dans le développement de l'asthme chez des adolescents sans asthme parental et avec moins de 500 heures cumulées en piscine chlorée intérieure

	Outdoor pool attendance (hours)	Range	Median	Total serum IgE (kIU/l)									
				All adolescents n=547	< 25 kIU/l n=175	> 25 kIU/l n=372	> 50 kIU/l n=281	> 100 kIU/l n=184					
				OR (95% CI)	P-Value	OR (95% CI)	P-Value	OR (95% CI)	P-Value	OR (95% CI)	P-Value	OR (95% CI)	P-Value
Ever asthma	0-100	42	0.81 (0.27-2.37)	0.69	0.41 (0.05-3.67)	0.43	1.10 (0.30-4.02)	0.88	1.37 (0.35-5.32)	0.65	1.55 (0.37-6.56)	0.55	
	>100-500	240	2.22 (1.00-4.94)	0.05	0.93 (0.21-4.08)	0.92	3.29 (1.16-8.00)	0.03	3.73 (1.27-10.9)	0.02	5.17 (1.57-17.0)	0.007	
	>500	784	3.33 (1.38-8.1)	0.008	2.27 (0.49-10.4)	0.29	4.19 (1.38-12.8)	0.01	4.80 (1.47-15.7)	0.01	8.86 (2.34-33.6)	0.001	
Current asthma	0-100	42	1.82 (0.45-7.40)	0.40	2.18 (0.13-36)	0.58	1.67 (0.33-8.46)	0.54	1.72 (0.34-8.81)	0.52	1.54 (0.30-8.00)	0.61	
	>100-500	240	3.38 (1.02-11.2)	0.047	1.00 (0-ND)	0.98	4.45 (1.17-16.9)	0.03	4.14 (1.08-15.8)	0.04	4.40 (1.13-17.2)	0.03	
	>500	784	5.66 (1.61-20.0)	0.007	3.60 (0.22-60.0)	0.37	6.14 (1.47-25.6)	0.01	5.77 (1.37-24.3)	0.02	7.88 (1.77-35.0)	0.007	

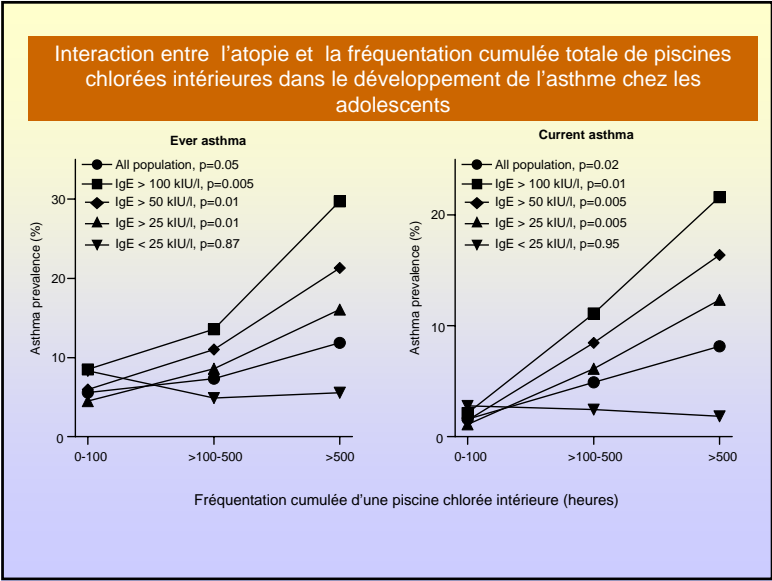


Risques de sensibilisation aux aéroallergènes, d'asthme et de NO exhalé élevé chez des adolescents ayant fréquenté une piscine résidentielle chlorée avant l'âge de 7 ans

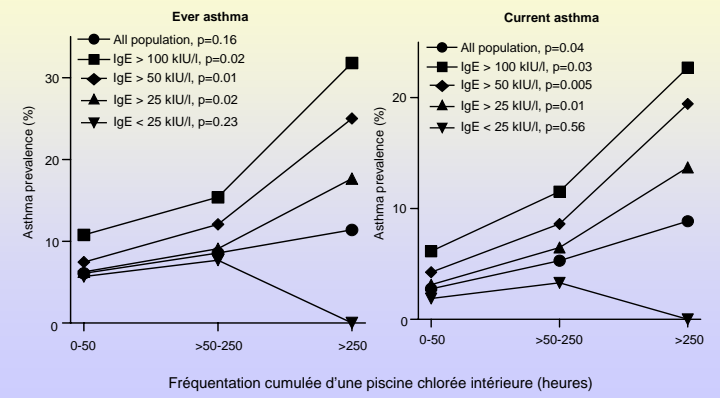
	Fréquentation d'une piscine résidentielle avant l'âge de 7 ans (>50h)		OR (95% confidence interval)*			
	non (n=804)	oui (n=43)	Non ajusté	Ajusté	P	
IgE contre tous aéroallergènes	292 (36.4)	23 (53.5)	2.01 (1.08-3.72)	0.03	2.00 (1.07-3.75)	0.03
IgE acariens	207 (25.9)	18 (41.9)	2.08 (1.11-3.88)	0.02	2.43 (1.28-4.64)	0.007
IgE chat	97 (12.1)	10 (23.3)	2.20 (1.05-4.61)	0.04	2.54 (1.19-5.42)	0.02
IgE chien	42 (5.2)	2 (4.7)	0.89 (0.21-3.78)	0.87	1.16 (0.27-5.03)	0.85
IgE moisissures	1 (2.3)	23 (2.9)	0.81 (0.11-6.1)	0.84	0.82 (0.11-6.2)	0.85
IgE pollen	169 (21.0)	7 (16.3)	0.73 (0.32-1.67)	0.46	0.83 (0.36-1.91)	0.65
Asthme diagnostiqué	77 (9.6)	11 (25.6)	3.25 (1.57-6.70)	0.001	3.68 (1.72-7.90)	<0.001
Asthme diagnostiqué actuel	48 (6.0)	7 (16.3)	3.06 (1.30-7.24)	0.01	3.47 (1.40-8.60)	0.007
NO exhalé >30 ppb	111 (13.8)	12 (27.9)	2.41 (1.20-4.84)	0.01	2.70 (1.34-5.47)	0.006

* ORs ajustés pour le sexe, l'asthme parental (asthme) ou les allergies parentales (IgE et NO exhalé).

Piscines chlorées intérieures (<100 heures en piscines extérieures)



Interaction entre l'atopie et la fréquentation cumulée de piscines chlorées intérieures jusqu'à l'âge de 7 ans dans le développement de l'asthme chez les adolescents



Comparaison des prévalences de maladies infectieuses entre la piscine cuivre-argent de Louvain-la-Neuve et les autres piscines chlorées

	Cu -Ag >100 h et Cl int -ext <250 h	Cl int -ext >100 h et CuAg <250 h	p
n	141	469	
Verrue, N° (%)	119 (84.4)	328 (69.9)	<0.001
Mycose, N° (%)	36 (25.5)	104 (22.2)	0.41
Hépatite, N° (%)	1 (0.7)	8 (1.7)	0.39
Méningite, N° (%)	2 (1.4)	8 (1.7)	0.82

Abbréviation : Cu -Ag = fréquentation cumulée d'une piscine « cuivre -argent » ; Cl int -ext = fréquentation d'une piscine chlorée intérieure ou extérieure

Conclusions

- . Effet adjuvant du « chlore » des piscines dans le développement des affections allergiques (asthme, rhume des foins) dû très probablement à l'«oxydation» (chloration) des barrières épithéliales
- . Le risque relatif d'asthme chez les sujets sensibilisés aux aéroallergènes (40% des enfants) ou avec des IgE élevées (60% des enfants) augmente de 1 à 2 % par heure passée en piscine chlorée
- . Quatre fois moins d'asthme et deux fois moins de rhume des foins et de rhinite allergique chez les enfants ayant fréquenté exclusivement une piscine cuivre-argent !
- . Implication de plus en plus probable du « chlore » des piscines dans l'épidémie d'asthme et d'affections allergiques
- . Revoir les normes (France et Belgique), renforcer les contrôles ou se tourner vers les méthodes alternatives

Recommandations

- . **Hygiène des baigneurs**
- . **Normes et contrôles plus stricts**
 - . Chlore actif (0.5-1.5 → 0.3-0.6 ppm ?)
 - . Chlore combiné (2 ppm → 0.8 ppm → 0.2 ppm)
 - . Trichloramine (Néant → 500 µg/m³ → 300 µg/m³)
- . **Méthodes alternatives**
Révacil, cuivre-argent, eau oxygénée, ozone, UV, piscine écologique, ultrafiltration