ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AUX SOUS-PRODUITS DE DÉSINFECTION EN PISCINE AU QUÉBEC (Projet 1)

IMPACT DE DIVERSES FILIÈRES DE TRAITEMENT SUR LE NIVEAU DE SOUS-PRODUITS DE CHLORATION EN PISCINE (Projet 2)

(Une étude exploratoire)

ROBERT TARDIF[1], CYRIL CATTO[1], SAMI HADDAD[1], MANUEL RODRIGUEZ [2]

[1] Département de santé environnementale et santé au travail, École de santé publique de l'Université de Montréal

[2] Chaire de recherche en eau potable, Université Laval à Québec

Plan de la présentation

1. Introduction :

Qu'est-ce qu'un sous-produit de désinfection (SPD) ?

- Origine des SPD
- Les principaux SPD
- Exposition et impacts sanitaires des SPD

2. Faits saillants des 2 projets de recherche :

Projet 1. (portrait de la contamination 41 piscines + niveaux biologiques)

- Objectifs
- Résumé de la méthodologie
- Résultats et conclusions

Projet 2. (impact de modifications de traitement – étude exploratoire)

- Objectifs
- Résumé de la méthodologie
- Résultats et conclusions

3. Recommandations :

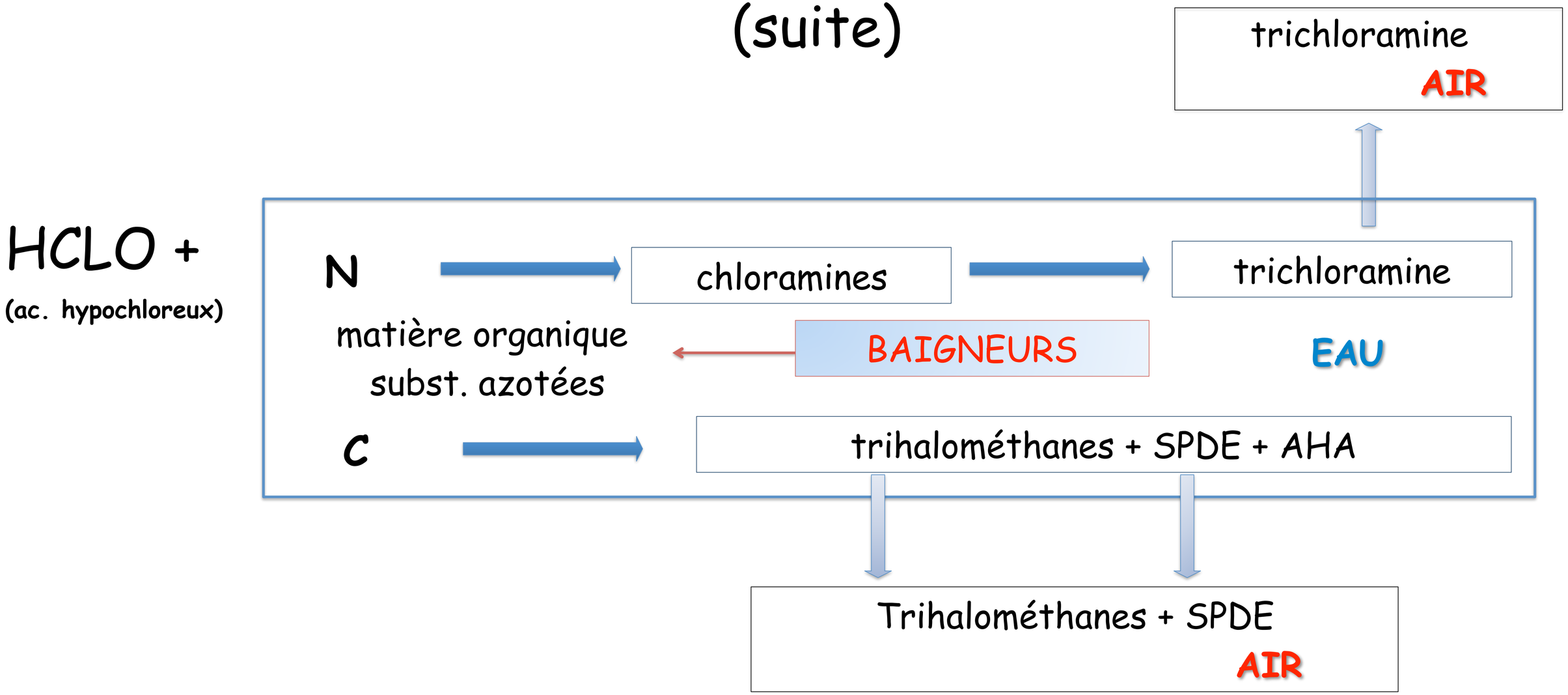
Origine des SPD

Les SPD résultent de la réaction du chlore actif avec la matière organique et les substances azotées présentes dans l'eau.

Matière organique : sécrétions, squames, cheveux, produits cosmétiques, crèmes…

Substances azotées : ex. : ammoniaque, urée (urine, sueur)

Origine des SPD
(suite)



Principaux SPD

SPD classiques

- Chloramines (CAM) (n=3) → mono, di-, trichloramine
- Trihalométhanes (THM) (n=4) → Chloroforme + …
- Acides haloacétiques (AHA) (n=9) → acides mono-, di-, trichloroacétique +…

SPD émergents

- Halocétones (n=12) → 1,1,1 -Trichloro-2-propanone + …
- Haloacétonitriles (n=5) → Bromochloroacétonitrile + …
- NDMA (nitrosodiméthylamine)
- …plus de 100 SPD ont été identifiés dans l'eau des piscines.

Voies d' exposition aux SPD

Voies d'exposition :

- respiratoire : ex. : CAM, THM, SPDE, AHA (vapeurs, aérosols)
- percutanée : ex. : THM, SPDE, NDMA

- ingestion : ex. : THM, SPDE, AHA, NDMA…

Impacts sanitaires des SPD

(avérés ou potentiels)

Chloramines : irritation (yeux, poumons), symptômes d'asthme…

Trihalométhanes : cancers (vessie, côlon), reprotoxicité…

Acides haloacétiques : irritation, génotoxicité ⟶ cancer probable

SPDE : effets toxiques divers, risques moins connus

NDMA : cancers (colorectal, estomac)

Exposition professionnelle aux SPD (Québec)

Nombre de travailleurs potentiels :

- 20 325 préposés à la surveillance
  (13 744 sauveteurs nationaux)
- + responsables, préposés à l'entretien

Nombre de piscines (2006) :

- ~ 3 300 installations aquatiques
- ~ 850 piscines intérieures

ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AUX SOUS-PRODUITS DE DÉSINFECTION EN PISCINE AU QUÉBEC

(Projet 1)

Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

Objectifs :

- **dresser un portrait type de la contamination environnementale (eau et air) en SPD (THM et CAM; AHA dans l'eau seulement + SPDE)**

- documenter les niveaux biologiques de THM chez les différentes catégories de travailleurs évoluant dans les milieux concernés (air alvéolaire et urines)

- développer et appliquer des marqueurs biologiques pour apprécier l'exposition aux THM

Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

Recrutement des sites

- piscines intérieures volontaires
- À Québec : 13 (Ville) + PEPS (ULaval)
- À Montréal : 25 (Ville) + CEPSUM (UdeM)
- Piscine municipale (Repentigny)

- - âge : 4 à 100 ans
- - achalandage : 5 000 à 146 000/année

Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

Design de l'étude (journée type – semaine)

- 1 visite dans chaque piscine (2h30-3h)
  (à l'occasion d'un bain libre ou d'un cours)
- Mesurage ponctuel des composés dans l'**EAU** en début et fin ou au milieu de la visite (18 éch/piscine)
- Mesurage des composés dans l'**AIR** à partir de prélèvements réalisés en continu pendant 95/120 minutes au cours de la visite (3-4 éch/piscine)

Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

SPD analysés

<u>Mesures dans l'EAU</u>
(début et fin de visite)

- THM (Trihalométhanes)

TCM : Chloroforme
DCBM : Dichlorobromométhane
CDBM : Chlorodibromométhane
TBM : Bromoforme

- AHA (Acides haloacétiques)

MCAA : acide monochloroacétique
MBAA : acide monobromoacétique
DCAA : acide dichloroacétique
TCAA : acide trichloroacétique
BCAA : acide bromochloroacétique
DBAA : acide dibromoacétique

+ pH, chlore libre et total, mono-CAM…

Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

SPD analysés (suite)

Mesures dans l'EAU
(milieu de la visite)

- HAN (Haloacétonitriles)
- HNM (Halonitrométhanes)
- HK (Halocétones)

+ turbidité, conductivité, Abs $_{254\ nm}$, carbone organique dissous.

SPDEmergents

TCAN : Trichloroacétonitrile

DCAN : Dichloroacétonitrile

BCAN : Bromochloroacétonitrile

DBAN : Dibromoacétonitrile

CPK : Chloropicrine (Trichloronitrométhane)

11DCPone : 1,1 -Dichloro-2-propanone

111TCPone : 1,1,1 -Trichloro-2-propanone

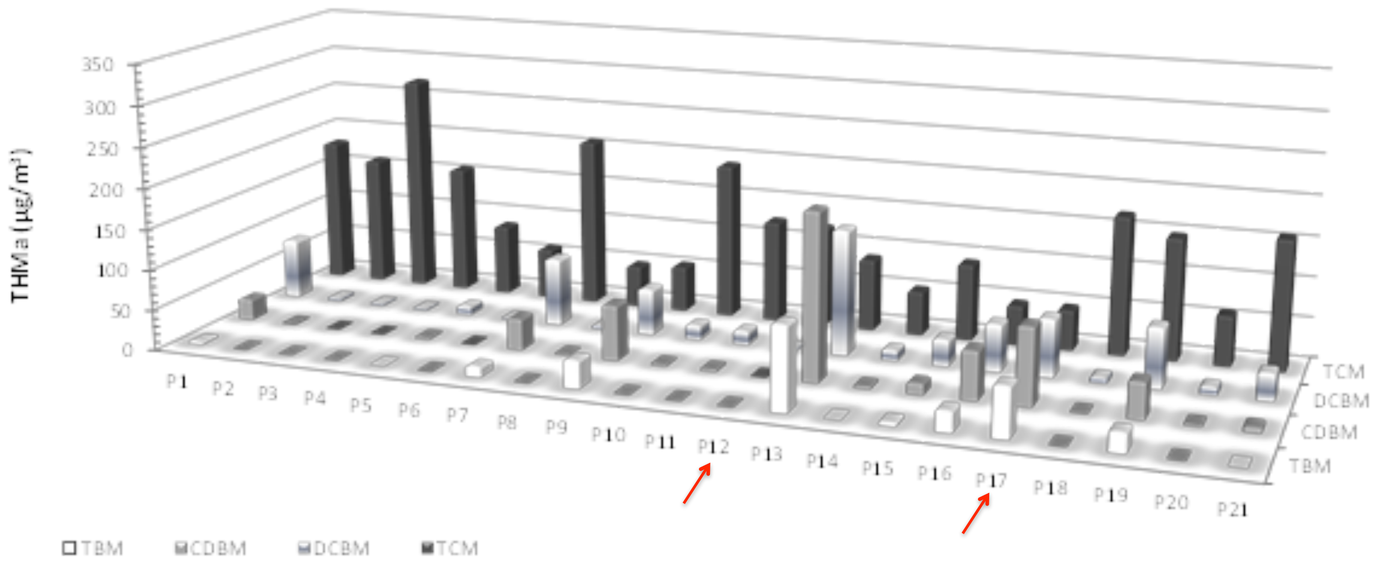
Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

Résultats : AIR

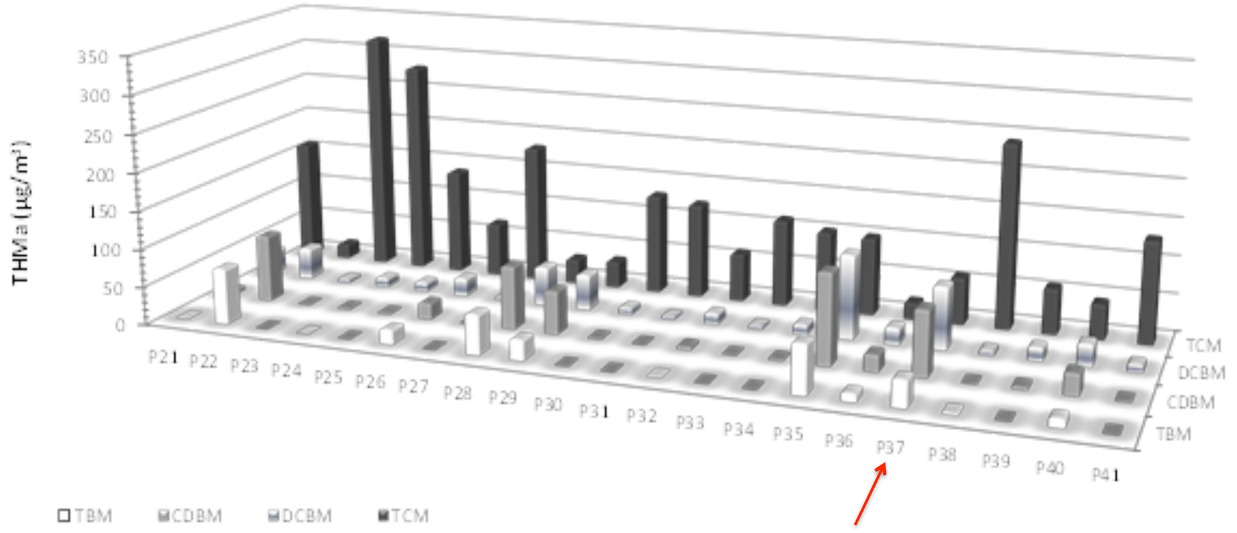
Variable	n [1]	Moyenne	Médiane	Écart type	Minimum	Maximum	CV(%) [2]
Air (µg/m³)							
THM Totaux	**41**	**191,3**	**167,3**	**101,9**	**58,1**	**552,2**	**53,3**
TCM	41	119,4	105,4	74,2	20,3	320,4	62,2
DCBM	41	31,0	15,2	34,3	1,3	154,6	110,9
CDBM	41	27,0	3,4	43,4	<LQM	204,8	160,8
TBM	41	13,9	0,46	24,4	<LQM	102,8	175,6
THM bromés	41	71,8	20,8	99,1	1,5	462,2	137,9
CAM (mg/m³)	**40**	**0,23**	**0,18**	**0,15**	**<LQM**	**0,56**	**66,9**

Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

THM (ug/m³)



THM (ug/m³)



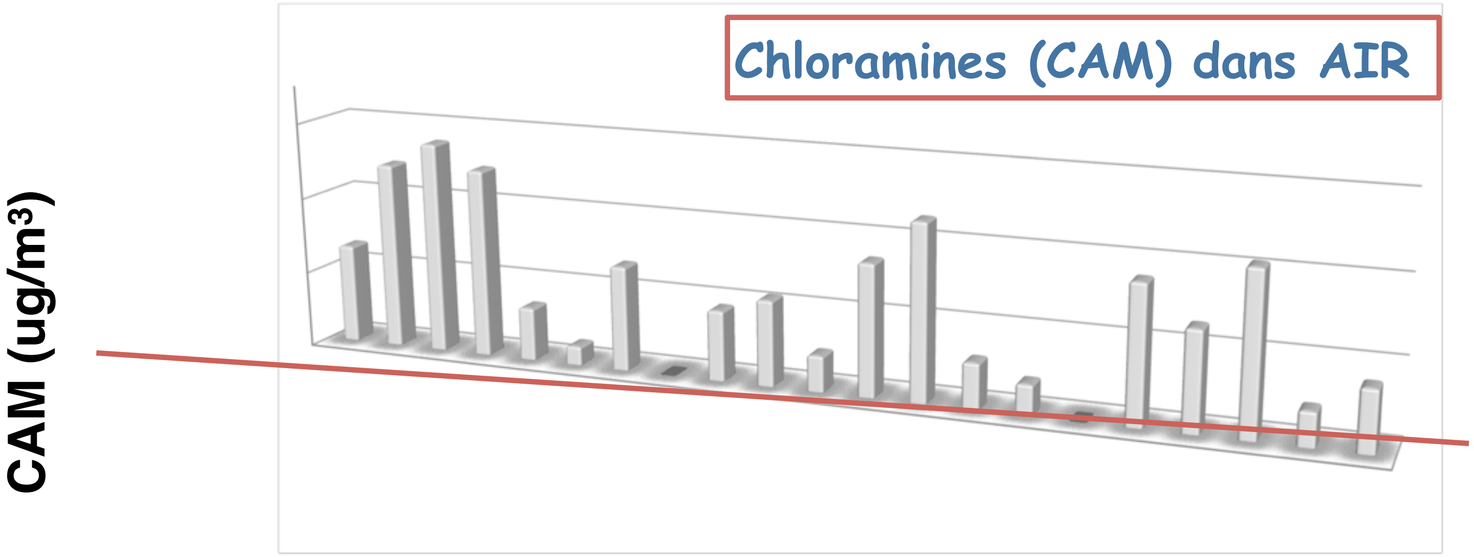
THM dans AIR
Pas de norme

Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

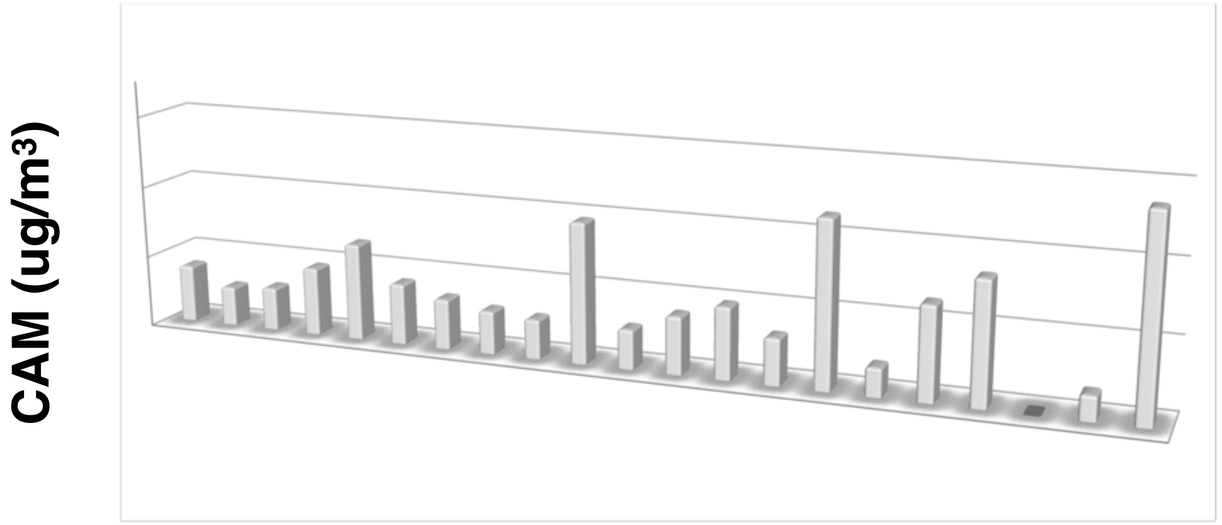
Résultats : AIR

Variable	n [1]	Moyenne	Médiane	Écart type	Minimum	Maximum	CV(%) [2]
Air (µg/m³)							
THM Totaux	**41**	**191,3**	**167,3**	**101,9**	**58,1**	**552,2**	**53,3**
TCM	41	119,4	105,4	74,2	20,3	320,4	62,2
DCBM	41	31,0	15,2	34,3	1,3	154,6	110,9
CDBM	41	27,0	3,4	43,4	<LQM	204,8	160,8
TBM	41	13,9	0,46	24,4	<LQM	102,8	175,6
THM bromés	41	71,8	20,8	99,1	1,5	462,2	137,9
CAM (mg/m³)	**40**	**0,23**	**0,18**	**0,15**	**<LQM**	**0,56**	**66,9**

Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)



Anses (France): 0,3 mg/m³



Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

Résultats : (EAU µg/L)

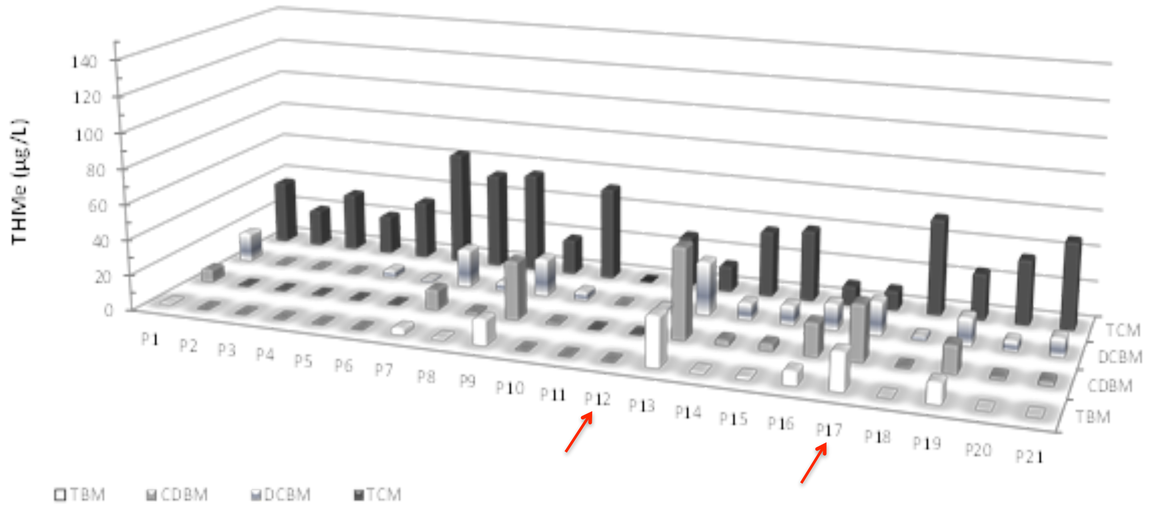
Eau piscine :
Allemagne : 20 µg/L
Danemark : 25 µg/L
Suisse : 30 µg/L

Variable	n [1]	Moyenne	Médiane	Écart type	Minimum	Maximum	CV(%) [2]
Eau (µg/L)							
THM Totaux	**40**	**64,7**	**58,6**	**26,7**	**21,7**	**132,4**	**41,3**
TCM	40	38,1	35,2	25,7	6,7	126,5	67,4
DCBM	40	9,7	6,9	8,1	<LQM	30,1	83,6
CDBM	40	10,7	2,1	14,3	<LQM	51,3	134,3
TBM	40	6,6	0,6	10,4	<LQM	45,6	157,6
THM bromés	40	26,5	9,1	31,6	<LQM	109,1	119,0
HAA Totaux	**41**	**294,8**	**252,5**	**157,6**	**109,2**	**886,2**	**53,5**
MCAA	41	17,1	13,0	15,1	2,1	77,5	88,8
MBAA	41	3,8	2,5	4,0	<LQM	14,8	104,7
DCAA	41	133,5	87,0	112,0	27,4	500,0	83,9
TCAA	41	107,0	94,9	66,1	24,1	249,6	61,7
BCAA	41	31,3	23,2	31,9	1,2	117,5	102,0
DBAA	41	16,8	4,2	22,6	<LQM	69,6	134,7
NDMA (ng/L)	**8**	**43,1**	**35,7**	**40**	**2,8**	**105**	**92**

Santé Canada = 40 ng/L (eau potable)

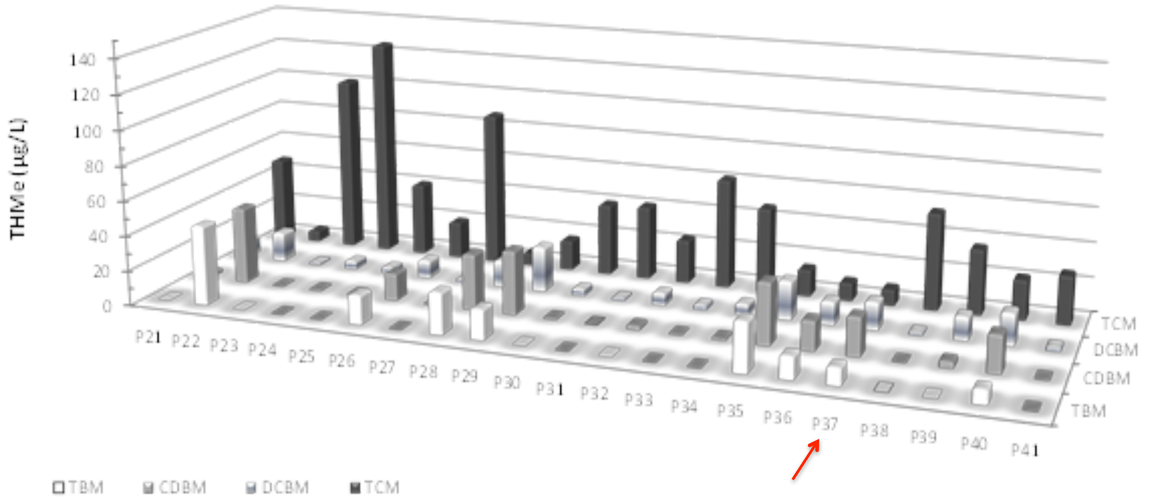
Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

THM (µg/L)



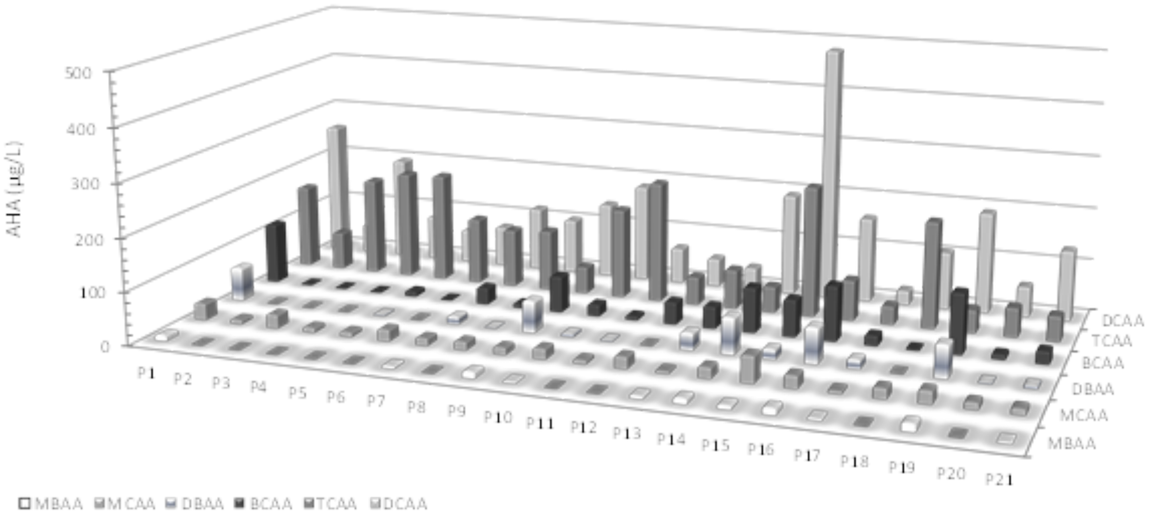
THM dans EAU

THM (µg/L)



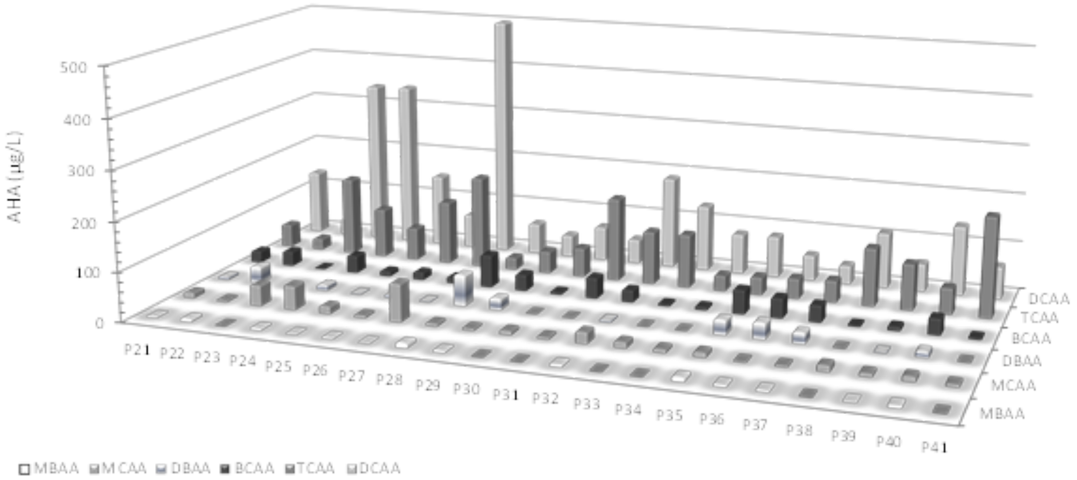
Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

AHA (ug/L)



Non volatils
Accumulation dans l'eau

AHA (ug/L)



Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

Résultats : EAU SPD émergents (µg/L)

Variable	n [1]	Moyenne	Médiane	Écart type	Minimum	Maximum	CV(%) [2]
HAN Totaux	**41**	**21,4**	**17,6**	**13,9**	**3,4**	**78,6**	**64,9**
TCAN	40	0,03	0,03	0,03	<LQM	0,12	81,7
DCAN	41	9,8	10,3	5,2	2,3	22,4	52,7
BCAN	41	5,8	3,4	6,1	0,28	29,4	105,2
DBAN	41	5,8	0,6	8,1	<LQM	30,8	140,0
HNM (CPK)	**41**	**0,35**	**0,20**	**0,6**	**0,02**	**3,7**	**172,2**
HK (TCPone)	**41**	**1,9**	**1,6**	**1,3**	**0,33**	**7,3**	**69,6**

Projet 1 (Niveaux biologiques)

- 35 sujets (16 femmes et 19 hommes) / 8 piscines (5 MTL; 3 Qc) Mai 2013
- Mesures des THM dans l'air alvéolaire et l'urine (avant et après durées de travail variables [50 min à 5 heures])

(Santé Canada = 40 ng/L pour l'eau potable)

Air alvéolaire : **32 ± 20,5 µg/m^3 (5 à 73)**

Urine : 152 ± 78 ng/L (35 à 306)

Fantuzzi et al. (2010) : des travailleurs ayant des valeurs de THM alvéolaires supérieures à **21 µg/m^3** avaient des risques plus élevés d'être affectés par : yeux rouges, yeux qui piquent, dyspnée / asthme et nez bouché

Projet 1 (Estimation du risque)

- On a estimé, avec un modèle mathématique, la dose (µg/kg/jour) absorbée de chloroforme à partir d'un scénario impliquant une exposition par la <u>voie respiratoire seulement</u> : Femme (F) / Homme (H)

Durée : 3,5 h + 1 h (pause) + 3,5 h

Niveaux : Concentrations de chloroforme

Concentration :	20,3 µg/m^3	119,4 µg/m^3	320,4 µg/m^3
Dose :	0,7/0,65	3,8/4,1	10,2/11,0

La dose journalière tolérable de **6,2µg/kg/jour** établie par Santé Canada pour le chloroforme dans l'eau potable (inhalation, percutanée, ingestion)

Projet 1 (Portrait de la contamination 41 piscines)

Conclusions (résumé) :

- Niveaux de contamination en SPD très variables d'une piscine à l'autre (tant sur le plan quantitatif qu'en termes de spéciation), relativement élevés en comparaison aux normes et aux valeurs de références dans certains pays

  - présence atypique de composés bromés

- Présence de SPDs dans l'air alvéolaire et l'urine qui reflètent bien les expositions environnementales

ÉTUDE EXPLORATOIRE PORTANT SUR L'IMPACT DE DIVERSES FILIÈRES DE TRAITEMENT SUR LE NIVEAU DE SOUS-PRODUITS DE CHLORATION EN PISCINE

(Projet 2)

Projet 2 (Impact de modifications de traitement – 1 piscine)

Objectifs :

- L'objectif *général* : fournir des données permettant une première évaluation de l'impact de modifications du traitement (décontamination) sur les niveaux de contamination de l'eau et l'air d'une piscine type par les sous-produits de chloration

- Procéder à une série de prises d'échantillons de façon à documenter les niveaux avant et après modification de la filière de traitement

- Comparer l'efficacité de diverses filières de traitement au regard des niveaux mesurés

Projet 2 (Impact de modifications de traitement – 1 piscine)

Description du site - piscine

Piscine intérieure (en forme de L) rénovée en 2010

Volume = 875 m^3 Superficie = 463 m^2; profondeur max.= 3,6 m

93 employés

2 400 baigneurs par mois (300 max. dans le bassin)

Délai estimé pour que les changements liés à des modifications apportées à la filière de traitement se répercutent = 48 heures

Projet 2 (Impact de modifications de traitement – 1 piscine)

Description du site (suite) - traitements

i) **Stripage** (stripping) (surpresseur d'air SPENCER UB0055BZ-002 avec un débit de 250 à 300 pieds cube par minute, en fonction de 16 h à 7 h en semaine et de 12 h à 7 h en fin de semaine, avec **ventilation** 24/24 dans le bassin d'équilibre)

ii) **floculation** (450 ml de Polyaluminimum silico-sulfate (PASS) par jour, à raison de 4 injections à 10 ml/min par jour)

iii)filtration (2 filtres à sable avec débit de 4608 m^3/jour)

iv)**rayonnement UV** basse pression (dosage fixe de 61 mj/cm^2, en fonction 24/24)

v) chloration liquide (dose de 1 mg/L d'hypochlorite de sodium)

- ajout occasionnel d'acide muriatique pour régulation du pH

Projet 2 (Impact de modifications de traitement – 1 piscine)

2.3. Design de l'étude - filières de traitements

(T1) : activation du rayonnement UV

(T2) : arrêt du stripage (stripping) avec ventilation dans le bassin d'aération

(T3) : arrêt du stripage et suppression de la ventilation dans le bassin d'aération

(T4) : suppression du floculant PASS

Pas d'actions sur la filtration/chloration/ventilation générale

Projet 2 (Impact de modifications de traitement – 1 piscine)

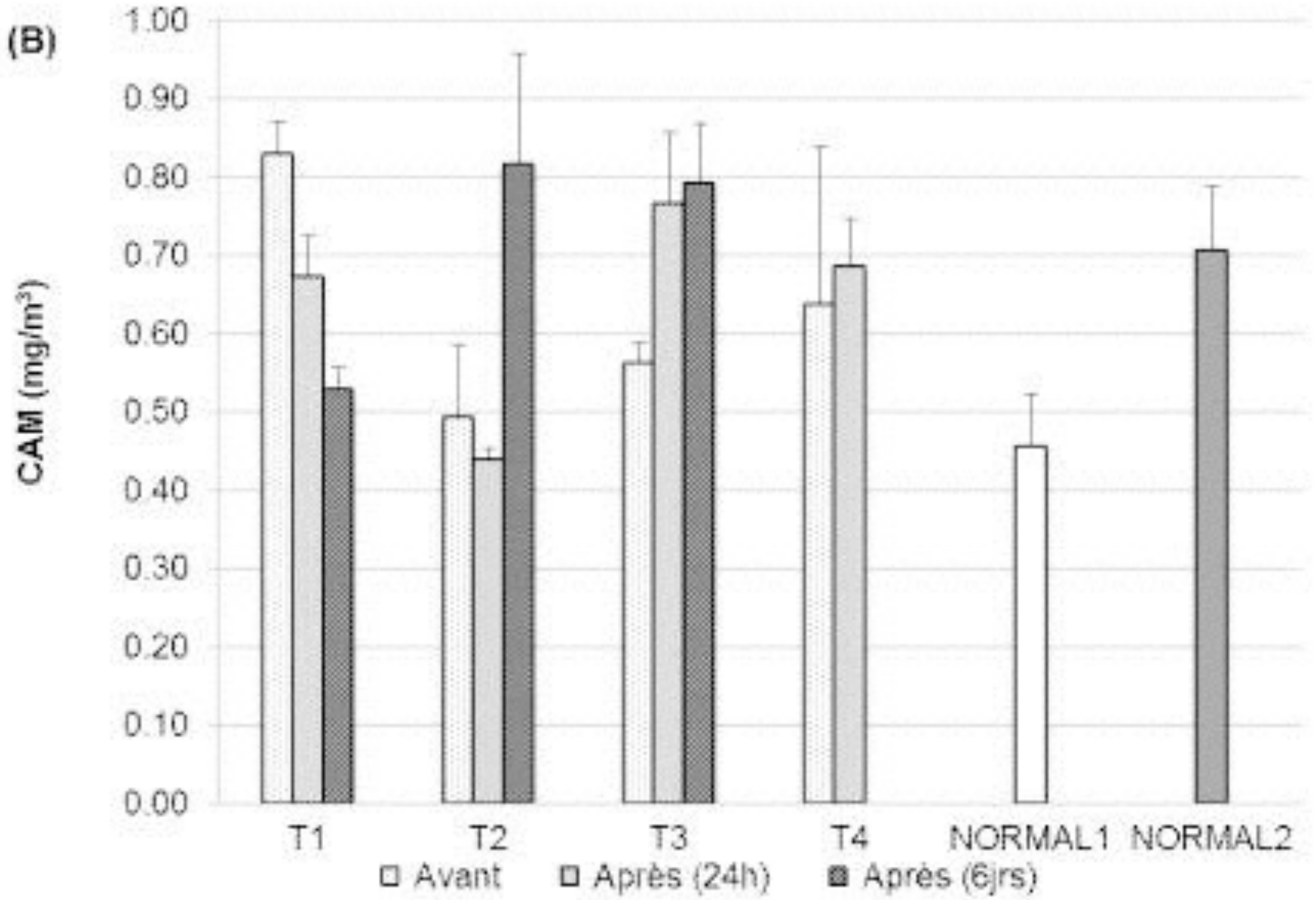
Design de l'étude (suite) Calendrier des interventions:

Situation			Campagne A été 2013	Campagne B automne 2013/hiver 2014
T1	Activation des UV	Avant (REF)	5 juillet	4 novembre
		Après	8 juillet	6 et 12 novembre
T2	Désactivation du stripage	Avant (REF)	12 juillet	24 février
		Après	15 juillet	26 février et 4 mars
T3	Désactivation du stripage et de la ventilation du bassin d'aération	Avant (REF)	19 juillet	10 février
		Après	22 juillet	12 et 18 février
T4	Arrêt de la floculation	Avant (REF)	26 juillet	27 janvier
		Après	29 juillet	29 janvier
NORMAL 1	Traitement habituel (intégral)		-	21 janvier
NORMAL 2	Panne des systèmes		-	12 mars

Lundi : 1re visite (Avant) / mardi :modification / mercredi : 2e visite (24 h) / lundi : 3e visite (6 jours)

Projet 2 (Impact de modifications de traitement – 1 piscine)

Résultats : Chloramines - air (mg/m^3)



Projet 2 (Impact de modifications de traitement – 1 piscine)

Résultats (résumé)

Impacts des procédés :

↓ ↑

T1 (activation UV) :

CAM et NDMA

SPDE (HNM, HK) et ++ THM (eau et air)

↑ ↑

T2 (désact. stripage) et T3 (idem – ventilation) :

SPD dans l'air avec effet tampon du bassin d'aération

T4 (arrêt de la floculation)

légère augmentation THM eau ?

Recommandations – Recherches

- Documenter la survenue et l'occurrence des problèmes de santé chez les travailleurs en piscine du Québec pour mettre en relation les expositions constatées avec les effets potentiels (rapportés ou diagnostiqués)

- Évaluer la situation relative à l'exposition aux SPD dans d'autres sites : piscines extérieures, piscines des hôtels privés, spas, etc.

- Adapter les stratégies de prélèvement et les méthodes analytiques à la mise en œuvre sur le terrain, en milieu de travail, et ainsi un mesurage plus efficace des SPD, notamment pour les mesurages dans les matrices biologiques

- Évaluer l'impact de différents procédures (ventilation et renouvellement d'eau) et procédés de traitement sur la contamination environnementale par les SPD

Recommandations – Pratiques

- Réduire l'apport des précurseurs transportés par les baigneurs; inciter les baigneurs à adopter un comportement hygiénique responsable en misant sur leur sensibilisation à la problématique ou sur l'instauration de mesures coercitives par l'imposition de règles plus strictes au sein des établissements

- Envisager la mise en œuvre de solutions techniques pour supprimer les SPD si nécessaire

- Assurer une ventilation fonctionnelle, sans entrave et efficace des piscines pour évacuer les contaminants volatils, ainsi qu'un entretien vigilant et régulier des différents dispositifs de traitement de l'eau (p. ex. : filtres)

- Optimiser la vidange des bassins et le remplacement de l'eau

- Donner accès, aux sauveteurs qui travaillent en rotation autour du bassin, à une salle de repos minimalement isolée (au moins sans ouverture directe sur la piscine) et inciter le personnel à la prise de pauses régulières dans ces espaces mieux préservés des contaminants aériens

Remerciements

-IRSST

-Personnel UdeM et ULaval

-Participants et volontaires

- Ville de Montréal

- Ville de Québec

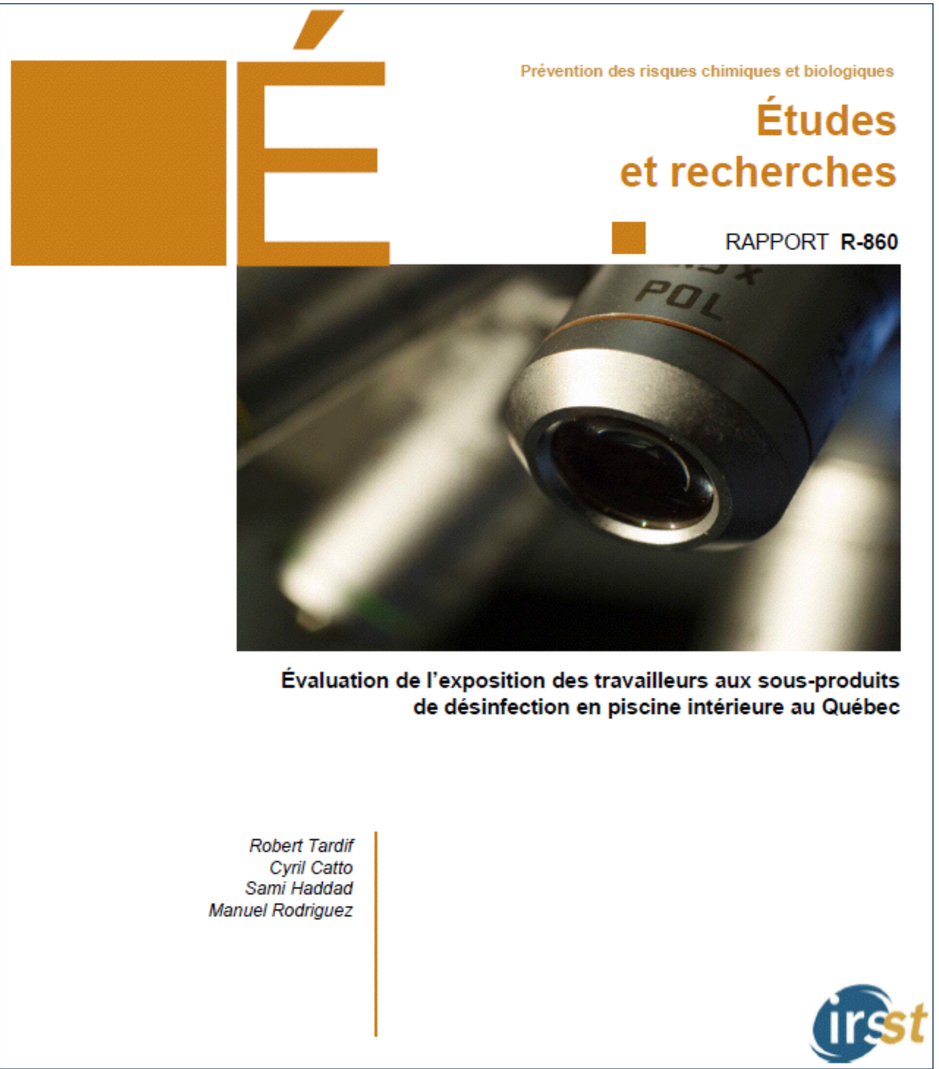
- Ville de Repentigny

- CEPSUM

- PEPS

Remerciements

- Membres du comité de suivi (M.-F. d'Amours, IRSST)
  - APSAM
    - ARAQ
    - Croix-Rouge
    - INSPQ
    - Société de sauvetage
    - Ville de Gatineau
    - Ville de Montréal
    - Ville de Québec
    - UMQ

Rapports disponibles :

www.irsst.qc.ca