

**les
rencontres
scientifiques
de l'Anses**

anses
alimentation, environnement, travail



Exposition aux contaminants de l'environnement

Cité internationale Paris 14^e



Lundi 6 décembre 2010



L'exposition aux sous-produits de désinfection en piscines

Perspectives pour l'intégration de modèles d'occurrence environnementale à des modèles toxicocinétiques (EST- 2007-79)

- Robert Tardif¹, Cyril Catto¹, Manuel Rodriguez²

Institutions :

¹ Département de santé environnementale et santé au travail,
Université de Montréal



² École d'aménagement du territoire et du développement régional,
Université Laval à Québec



Plan de la présentation

1. Contexte scientifique
2. Objectifs
3. Approche méthodologique
4. Volet environnemental
5. Volet biologique
6. Conclusions et perspectives

Contexte scientifique

➤ Impact sanitaire des SPD

- ✓ Cancérogénicité (cancer de la vessie) - THM & AHA ?
- ✓ Reprotoxicité (retard de croissance intra-utérin) - THM & AHA ?
- ✓ Irritations (respiratoires, oculaires), pathologies allergiques et asthmatiques - CAM

THM

TCAM

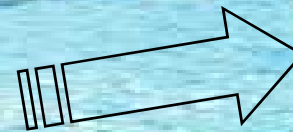
SPD émergents

Chloramines (CAM) = MCAM (mono) + DCAM (di) + TCAM (tri)

Trihalométhanes (THM) = TCM (Chloroforme) + DCBM + CDBM + TBM (Bromoforme)

Acides Haloacétiques (AHA)

Matières organiques / azotées
+ agent désinfectant



Sous
Produits de
Désinfection

Contexte scientifique

- Impact sanitaire des SPD
- Estimation complexe de l'exposition par voies multiples
- Approche restreinte de la question en piscine

THM

TCAM

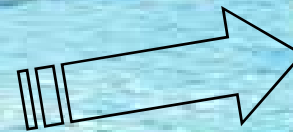
SPD émergents

Chloramines (CAM) = MCAM (mono) + DCAM (di) + TCAM (tri)

Trihalomethanes (THM) = TCM (Chloroforme) + DCBM + CDBM + TBM (Bromoforme)

Acides Haloacétiques (AHA)

Matières organiques / azotées
+ agent désinfectant



**Sous
Produits de
Désinfection**

Objectif général

Développer une méthodologie standard et
concevoir des outils pour évaluer
l'exposition des populations en piscine aux SPD
par intégration
de données d'occurrence environnementale
à la modélisation toxicocinétique à base physiologique

Objectifs spécifiques

- Identifier les adaptations requises et procéder aux ajustements nécessaires pour appliquer les outils de modélisation TCBP existants à l'estimation de l'exposition en piscine, notamment en envisageant l'intégration d'un module permettant de prendre en compte la pratique d'un exercice de natation
- Évaluer et appréhender par des stratégies d'échantillonnage adaptées les variations spatiales et temporelles des niveaux de contamination environnementaux, et considérer leurs impacts sur les prédictions des niveaux biologiques
- Dresser un portrait de la contamination des piscines et développer des modèles d'occurrence ou prédictifs de l'occurrence pour ces contaminants

Approche méthodologique

Volet environnemental

(exposition externe)

- Campagnes d'échantillonnage *in situ*
- Portrait et variations de la contamination

Volet biologique

(exposition interne)

- Données extraites de la littérature
- Qualité et limites prédictives des modèles

AIR

TCAM (LERES de l'EHESP - Rennes)
THM (Laboratoire de R. Tardif - UdeM)

EAU

CAM
THM (Laboratoire de M. Rodriguez - Laval)
AHA

CHCl_3

- Étude pilote de la contamination de l'eau de piscines de la ville de Québec (12 mois)
 - 15 piscines intérieures et 39 piscines extérieures

- Étude de cas des variations spatiales (inter- et intra-sites) et temporelles (inter- et intra-journalières) dans 2 piscines de la ville de Québec
 - 2 piscines « cas-type » de configuration basique
 - 4 relevés/jr pendant 5 jours consécutifs à 2 reprises
 - eau : zones → peu profonde, médiane, profonde
 - air : différentes hauteurs dans zone centrale, pièces connexes

CONTAMINATION HYDRIQUE

- Occurrence des SPD
- Variations temporelles horaires et journalières
- Variations spatiales

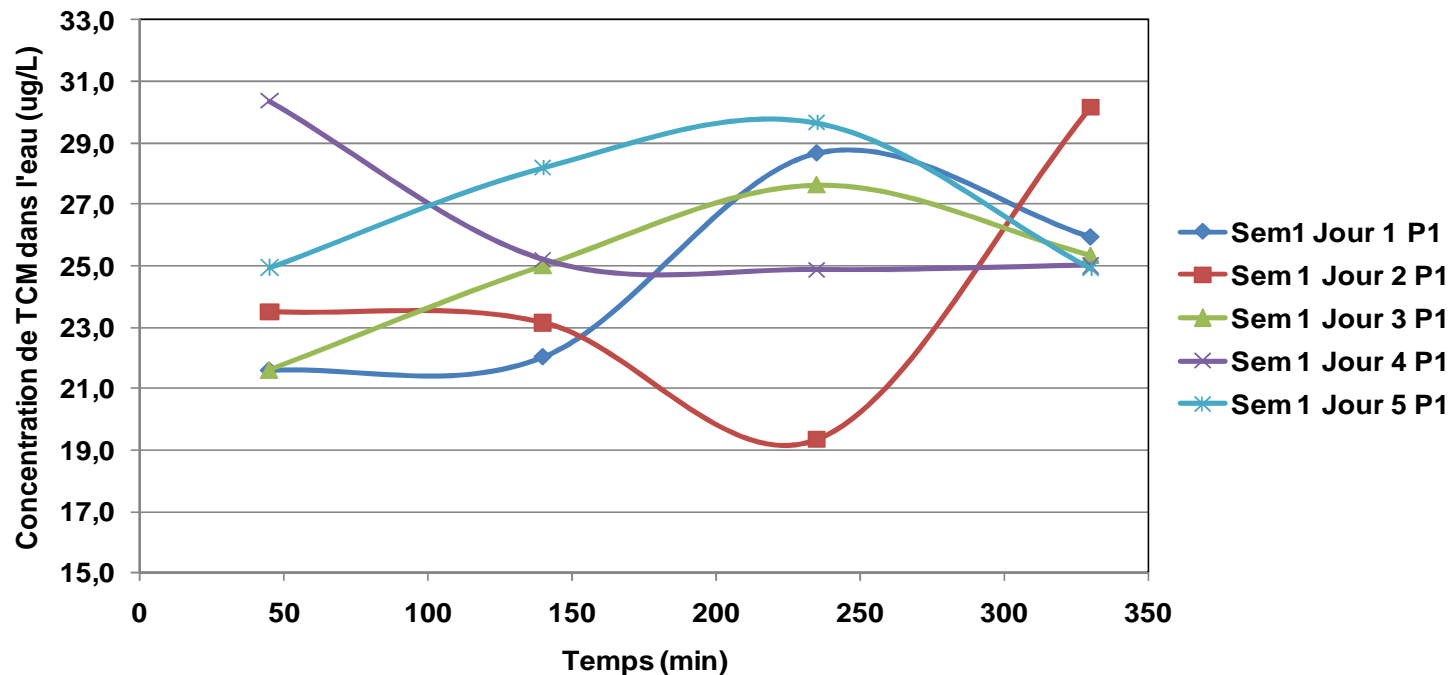
CONTAMINATION HYDRIQUE

- Occurrence des SPD

THM	AHA (9)	CAM
CHCl ₃ systématiquement mesuré	DCA et TCA majoritairement BCA et BDCA moindrement	Prépondérances changeantes de MCAM et TCAM (NCl ₃)
Moyenne ~ 30-40 ug/L en piscines intérieures	Jusqu'à 1100 ug/L en piscines intérieures	Entre 150 et 1700 ug/L en piscines intérieures
Moyenne ~ 100 ug/L en piscines extérieures (Des valeurs > 300ug/L)	Au delà de 2200 ug/L en piscines extérieures	Entre 10 et 800 ug/L en piscines extérieures

CONTAMINATION HYDRIQUE (CHCl_3)

- Variations temporelles horaires et journalières

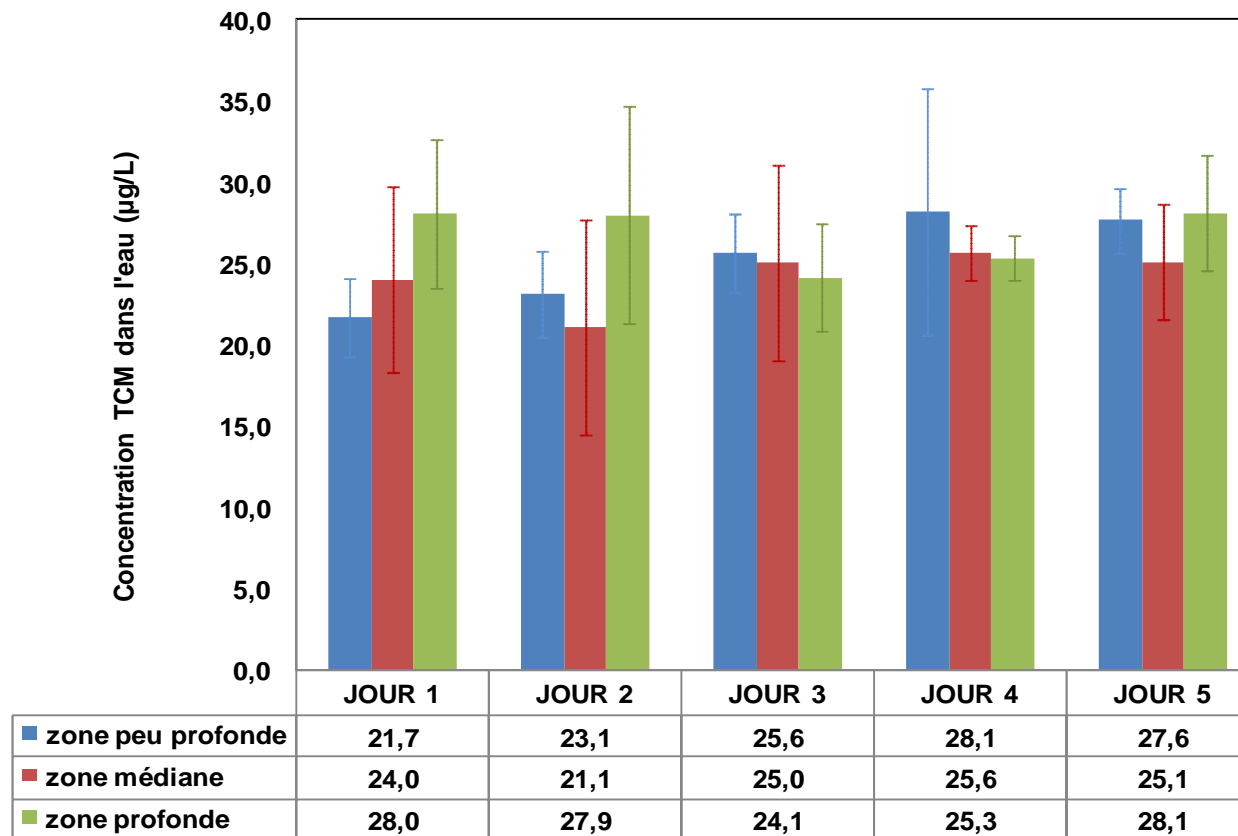


(T = 0 min → 9 a.m.)

Variations intra-journalières (horaires) de la concentration moyenne de CHCl_3 dans l'eau de la piscine I au cours de la première campagne

CONTAMINATION HYDRIQUE (CHCl_3)

- Variations spatiales (zones du bassin)



CHCl_3 dans les différentes zones de prélèvement d'eau de la Piscine I
au cours de la première campagne d'échantillonnage

CONTAMINATION DE L'AIR

- Occurrence des SPD
- Variations temporelles horaires et journalières
- Variations spatiales (hauteurs et locaux)

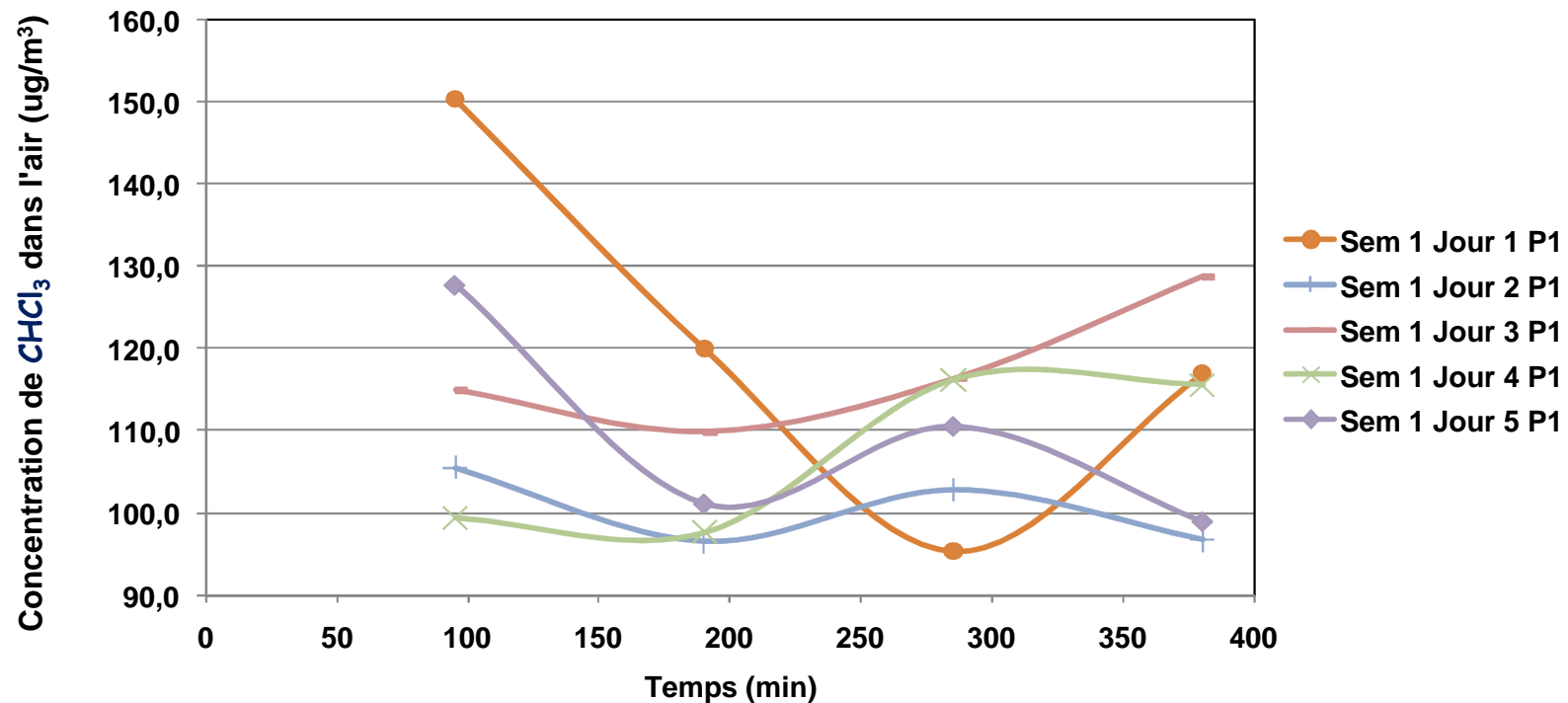
CONTAMINATION DE L'AIR

- Occurrence des SPD

THM	CAM
Seuls CHCl_3 et DCBM détectés	Mesure exclusive de la TCAM
CHCl_3 : 175 et 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne dans chacune des 2 piscines visitées	225 et 155 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne dans chacune des 2 piscines visitées
DCBM: < 2.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2/20 échantillons >300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

CONTAMINATION DE L'AIR (CHCl_3)

- Variations temporelles horaires et journalières



Variations intra-journalières (horaires) de la concentration de CHCl_3 dans l'air de la piscine I au cours de la première campagne

CONTAMINATION DE L'AIR



- Variations spatiales (locaux)

Local	n_I^*	Piscine I		n_{II}^*	Piscine II	
		médiane	[min-max]		médiane	[min-max]
Vestiaires des hommes	22	3.65	[<0.62 - 27]	24	62	[28 - 116]
Vestiaires des femmes	25	17.15	[4.6 - 41]	25	66	[23 - 111]
Bureau des sauveteurs	20	26.9	[<0.62 - 163]	25	64	[22 - 178]
Bureau de l'administration	-	-	-	11	27	[8.5 - 37]
Local technique	14	44.8	[4 - 86]	8	62.2	[44 - 118]
Gradins	9	195	[13 - 311]	-	-	-

* n_I et n_{II} indique le nombre d'échantillons prélevés dans les locaux correspondant.

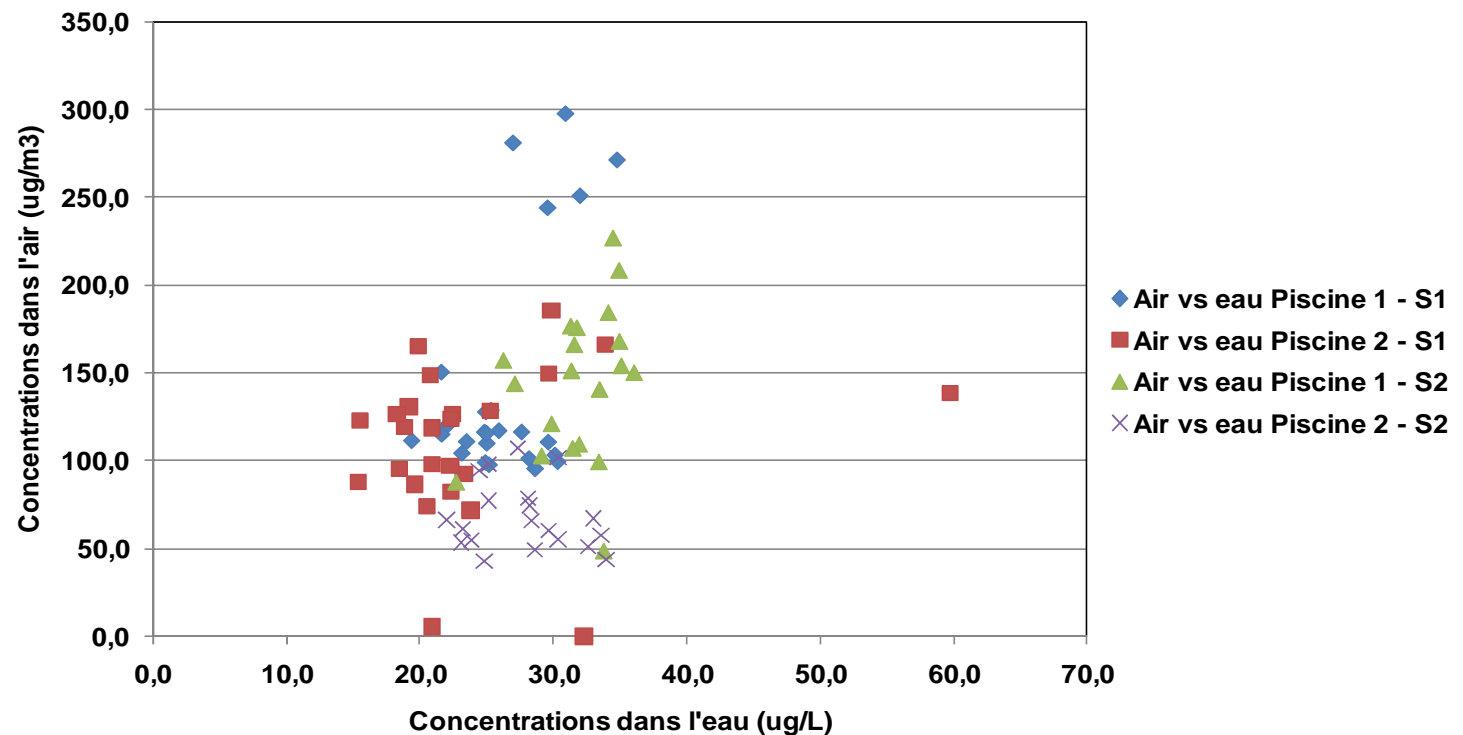
Concentrations de CHCl_3 dans l'air (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans différentes pièces des piscines I et II

CONTAMINATION HYDRIQUE VS CONTAMINATION DE L'AIR

- $C(\text{air})$ vs $C(\text{eau})$
- $C(\text{air})$ prédit vs $C(\text{air})$

CONTAMINATION HYDRIQUE VS CONTAMINATION DE L'AIR

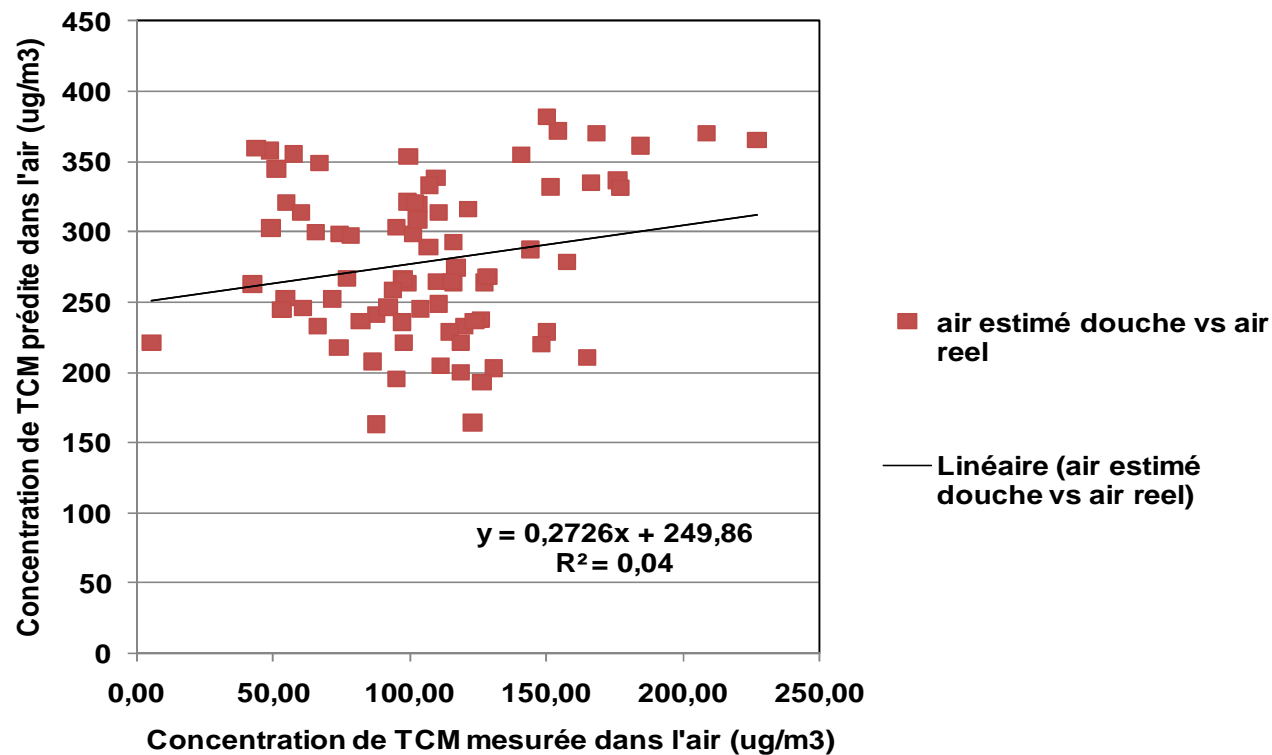
■ $C(\text{air})$ vs $C(\text{eau})$



Concentrations de CHCl_3 dans l'air en fonction des concentrations dans l'eau

CONTAMINATION HYDRIQUE VS CONTAMINATION DE L'AIR

- $C(\text{air})$ prédit vs $C(\text{air})$



Concentrations de CHCl_3 prédites par le modèle de volatilisation VTM dans l'air en fonction des concentrations mesurées

➤ Appréciation de l'efficacité et de la qualité prédictive des modèles d'estimation de l'exposition interne (CHCl_3)

- Simulation de scénarii d'exposition extraits de la littérature

5 études : Erdinger et al., 2004; Aggazzotti et al., 1998; Lindstrom et al., 1997; Wilson, 1995; Lévesque et al., 1994

- Comparaison de 3 approches :

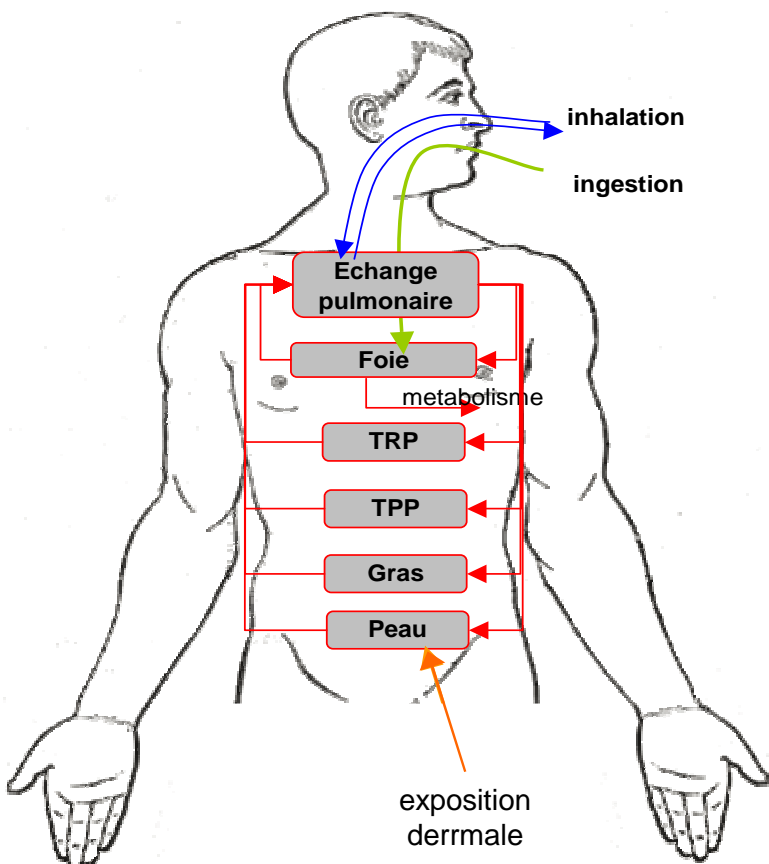
(I) Modèles TCBP

(II) SWIMODEL

(III) Uptake Factors

(I) Modèles TCBP

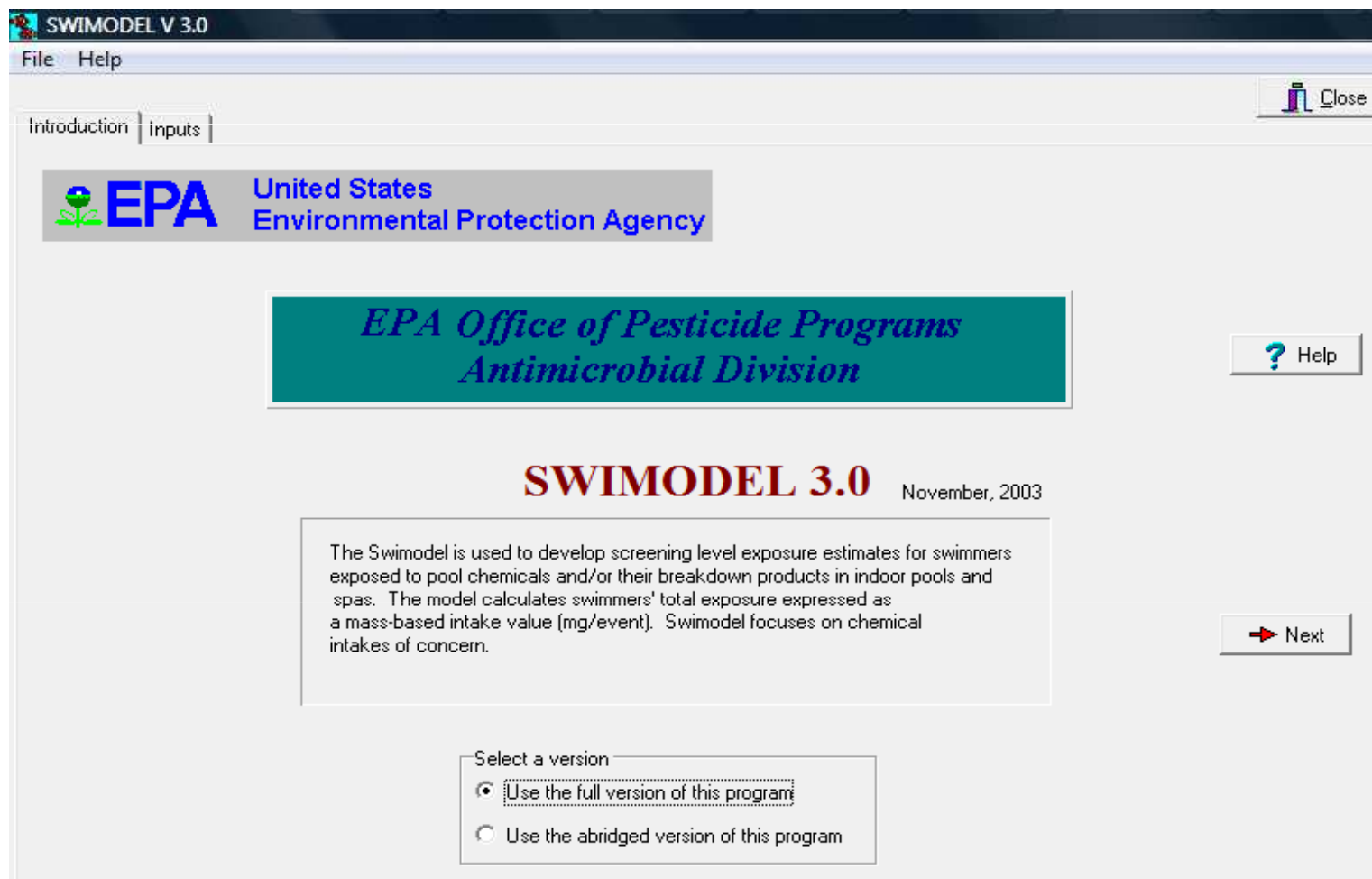
Physiologically Based Pharmacokinetic modeling of CHCl_3 developed by Haddad S, Charest-Tardif G et Tardif R, Journal of Tox Env Health (2006)



- 6 compartiments :
peau, foie, gras, tissus très et peu perfusés,
+ poumons
- Intégration d'un modèle de volatilisation (VTM) :
eau → air
- Logiciel: ACSL[®] Extreme

(II) SWIMODEL

Swimmer Exposure Assessment Model développé par USEPA



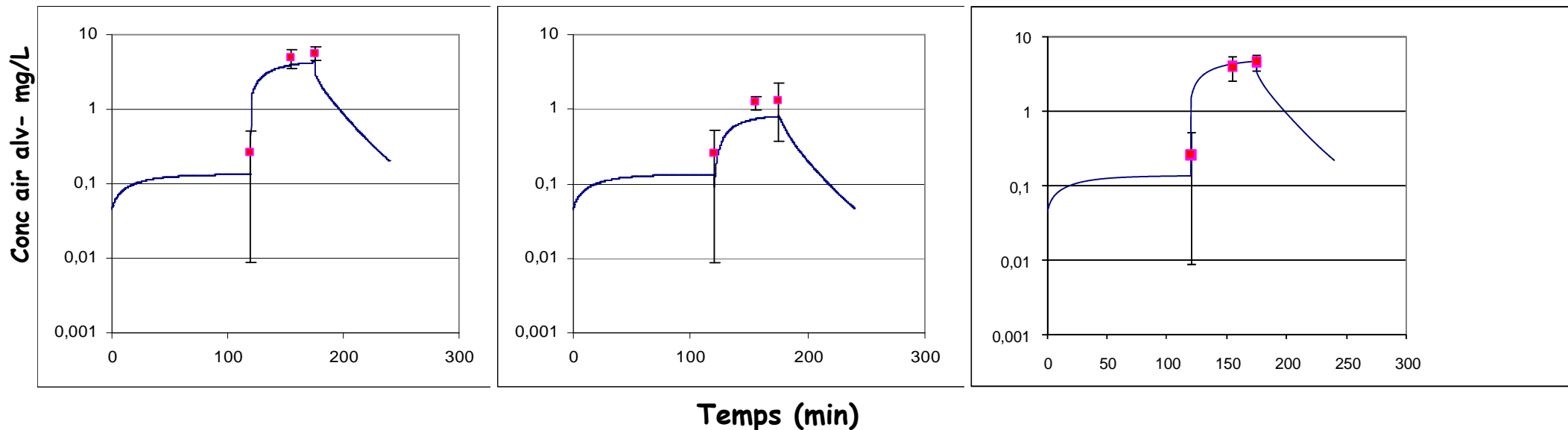
(III) Uptake Factors

Facteurs (UF) proposés by Villanueva et al. (2007) sur la base des travaux de Whitaker et al. (2003)

$$\begin{aligned}
 &\text{Uptake (ug/jour)} \\
 &= \\
 &\text{uptake factors (ug.min}^{-1} / \mu\text{g.L}^{-1}\text{)} \\
 &\times \\
 &\text{durée (min/jour)} \\
 &\times \\
 &\text{concentration dans l'eau (ug.L}^{-1}\text{)}
 \end{aligned}$$

■ Modèle TCBP

- 1) Les prédictions des modèles approchent convenablement les mesures biologiques
- 2) L'intensité de l'activité physique par son impact physiologique influence l'estimation de l'exposition



Comparaison des concentrations de CHCl_3 dans l'air alvéolaire prédites par le modèle TCBP avec les données expérimentales de Lévesque et coll., 1994 (Exemple des jours 5, 6 and 7)

Volet biologique

	(I) TCBP	(II) SWIMODEL	(III) UF	
Indicateurs d'exposition	Possibilités multiples (ex., quantités absorbées, concentrations tissulaires)	Dose absorbée	Index de l'accroissement du niveau de contaminant dans le sang	Différences majeures entre prédictions (ratios des extrants variant entre ~0,2 et 3)
Contributions relatives des voies d'exposition	Part attribuable à la voie dermale [7% - 87%]	Part attribuable à la voie dermale [1% - 12%]		Incertitude sur l'importance de la voie percutanée

- ❑ Niveaux « de base » de contaminants relativement importants hors des périodes de forte fréquentation
=> analyse à approfondir (quant à l'accumulation des HAA)
- ❑ Mise au point de modèles prédictifs de l'occurrence difficilement envisageable au vu des variations observées
=> plan minimal d'échantillonnage souhaitable
=> prédictions eau/air à améliorer
- ❑ Utilisation de la modélisation TCBP plus pertinente mais à développer davantage (i.e., cutanée et physiologie) pour simuler plus correctement un exercice de natation

Remerciements :

Sabrina Simard

Sylvie Leduc

Anna Paula Zattoni

Michel Couture

Marie Boelher

} U.Laval

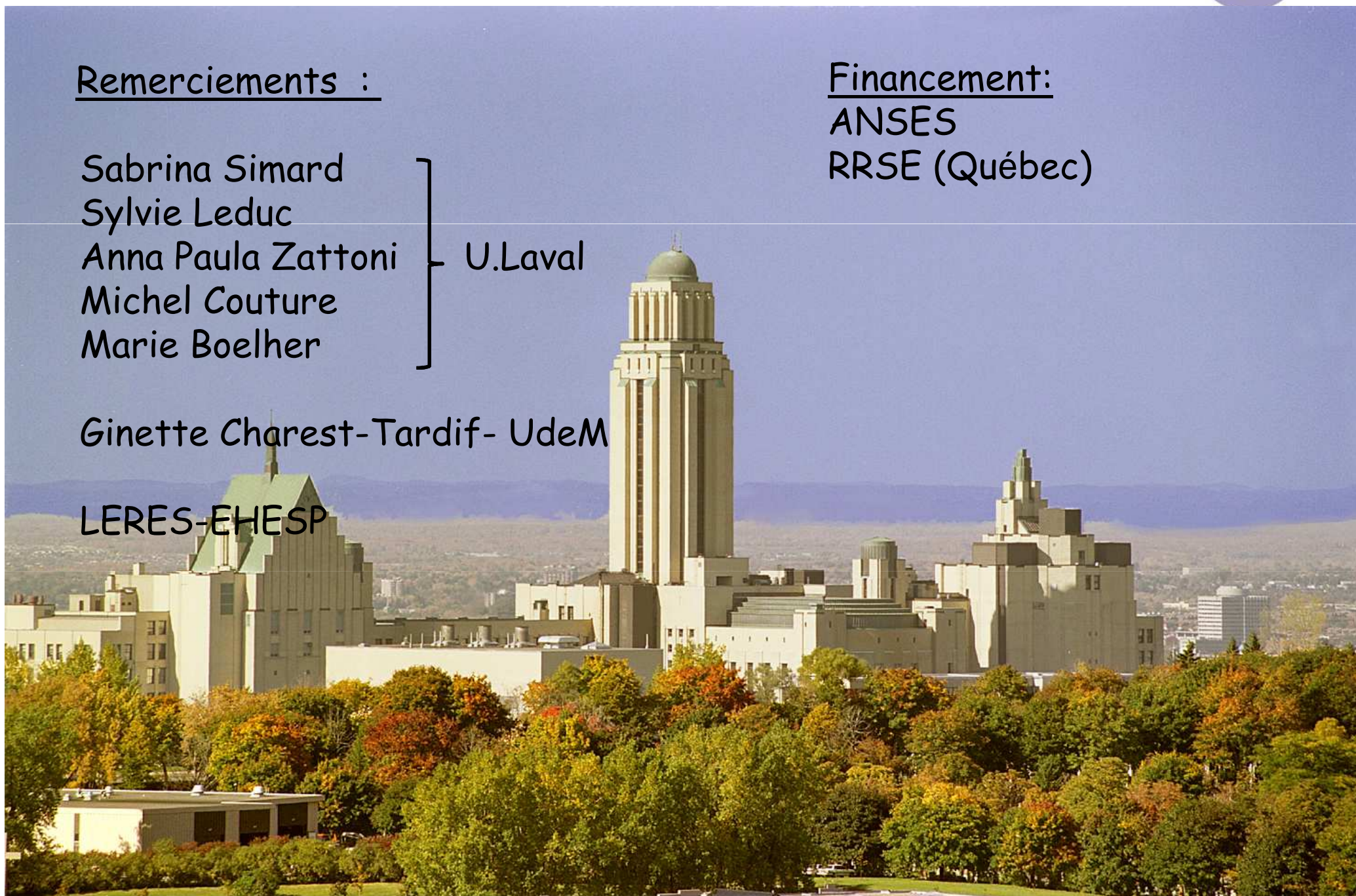
Ginette Charest-Tardif- UdeM

LERES-EHESP

Financement:

ANSES

RRSE (Québec)



Volet biologique

- Comparaison des indicateurs
- Comparaison des contributions des voies d'exposition
- Focus sur le modèle TCBP

- Comparaison des indicateurs

	Amplitude des ratios des extrants
(II) Vs (I)	[0,18 - 2,98]
(III) Vs (I)	[0,17 - 3,25]

- Comparaison des contributions des voies d'exposition

	Amplitude des contributions de la voie dermale à l'absorption
(I)	[7% - 87%]
(II)	[1% - 12%]

- Focus sur le modèle TCBP
 1. Les prédictions des modèles approchent convenablement les mesures biologiques
 2. L'intensité de l'activité physique par son impact physiologique influence l'estimation de l'exposition
 3. La contribution relative des voies d'absorption est variable
 4. Les quantités absorbées en « piscine » sont au moins équivalentes ou supérieures à celles résultant d'une exposition « domestique »