



Contaminants Émergents

Sébastien Sauvé

Professeur en chimie environnementale
et vice-doyen à l'Université de Montréal

sebastien.sauve@umontreal.ca



Contaminants d'intérêt émergent

- « Contaminants émergents » vocable plus court pour contaminants d'intérêt émergent
- Nouvelles molécules qui sont vraiment émergentes
- Vieux contaminants – qui redeviennent pertinents et donc émergents
- « nouveaux » contaminants dont on vient de réaliser l'importance mais qui sont là depuis très longtemps (e.g. hormones ou métaux)
- Statut « Émergent » lié au manque d'information

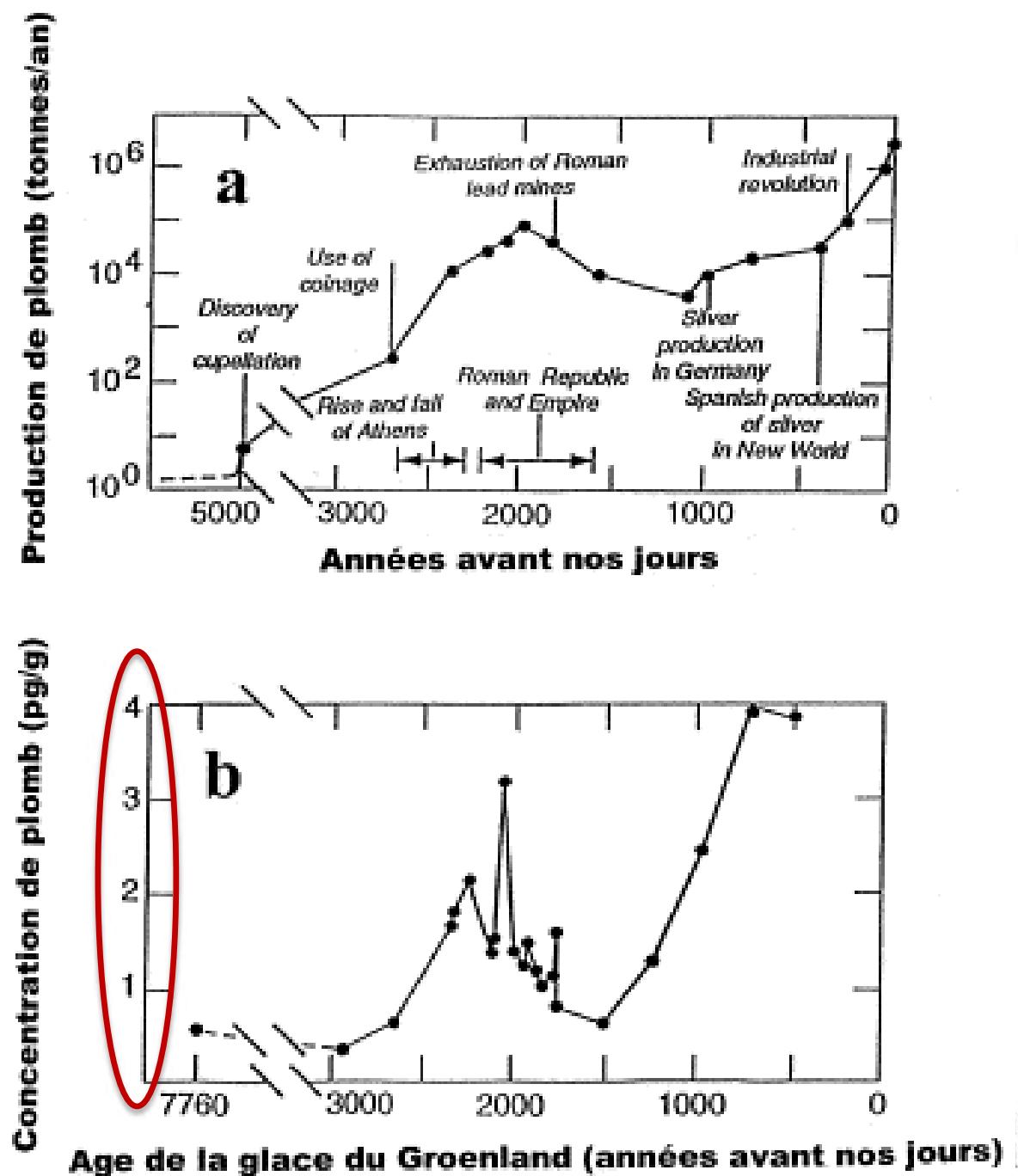
Séquence de « nouveautés » pour les pesticides

- Arséniate de plomb
- DDT
- Organophosphorés
- Atrazine
- Néonicotinoïdes
- Glyphosate

Plomb

- Le plomb a « émergé » avec les Grecs et les Romains dans l'Antiquité
- Apport colossal avec l'exploitation du charbon et la révolution industrielle
- Utilisé comme additif dans l'essence
- Encore présent en excès beaucoup trop souvent dans l'eau *potable*
- Pas fini d'en entendre parler...

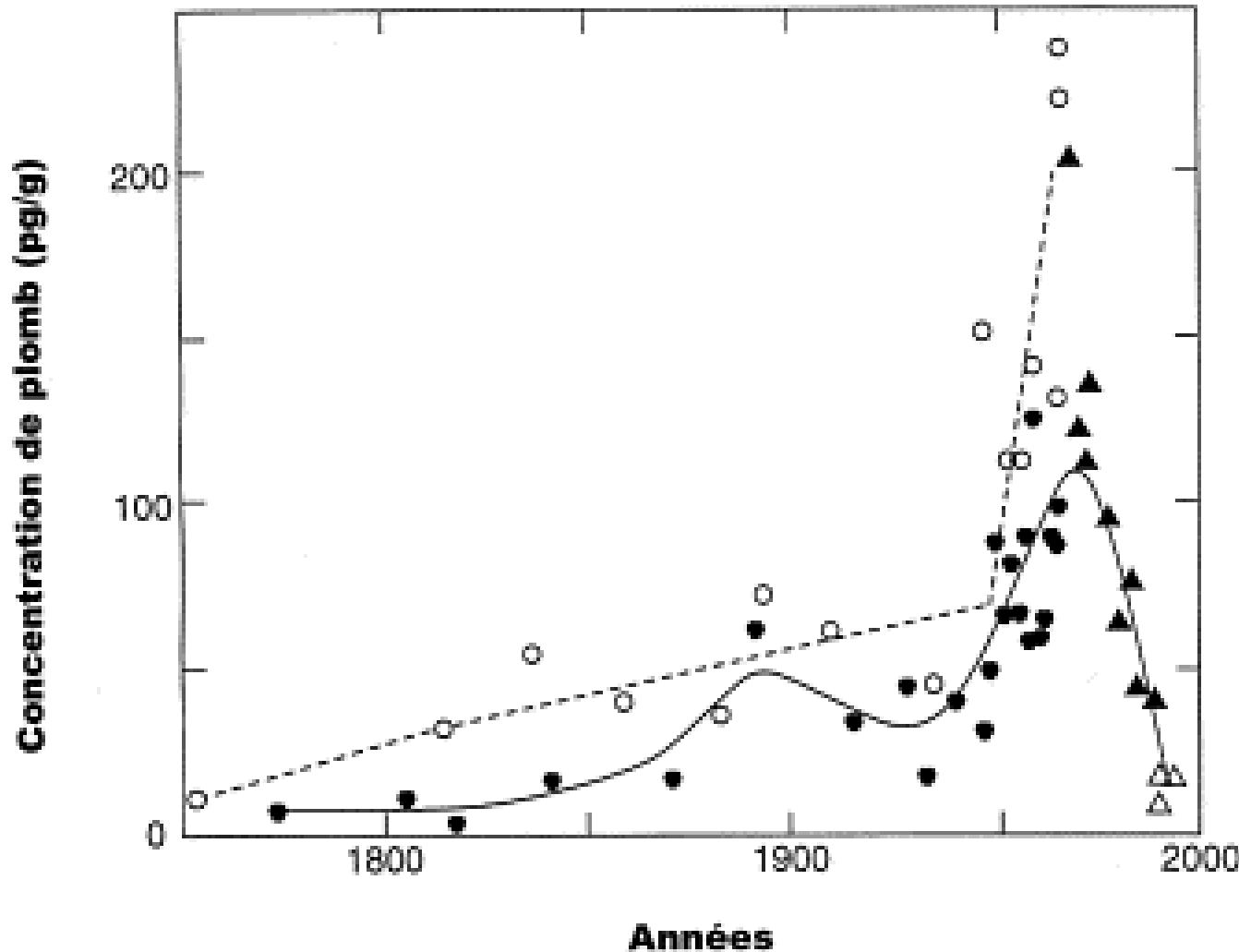
Plomb



C Boutron, K Rosman, C Barbante, M Bolshov, F Adams, S Hong, C Ferrari. 2004. L'archivage des activités humaines par les neiges et glaces polaires : le cas du plomb. Comptes Rendus Géosciences 336:846-867

Plomb dans la glace

C Boutron, K Rosman, C Barbante, M Bolshov, F Adams, S Hong, C Ferrari. 2004. L'archivage des activités humaines par les neiges et glaces polaires : le cas du plomb. Comptes Rendus Géosciences 336:846-867



Plomb dans nos écoles

- Neurotoxique - limite acceptable sans équivoque
- Réduit le quotient intellectuel des enfants
- Augmente les risques de déficit d'attention et d'hyperactivité



Petites réductions peuvent être très importantes



Little Things Matter: The Impact of Toxins on the Developing Brain

<https://www.facebook.com/LTMische/videos/480269815900331/?t=60>

<https://www.youtube.com/watch?v=E6KoMAbz1Bw>

Petites réductions peuvent être très importantes



Little Things Matter: The Impact of Toxins on the Developing Brain

<https://www.facebook.com/LTMische/videos/480269815900331/?t=60>

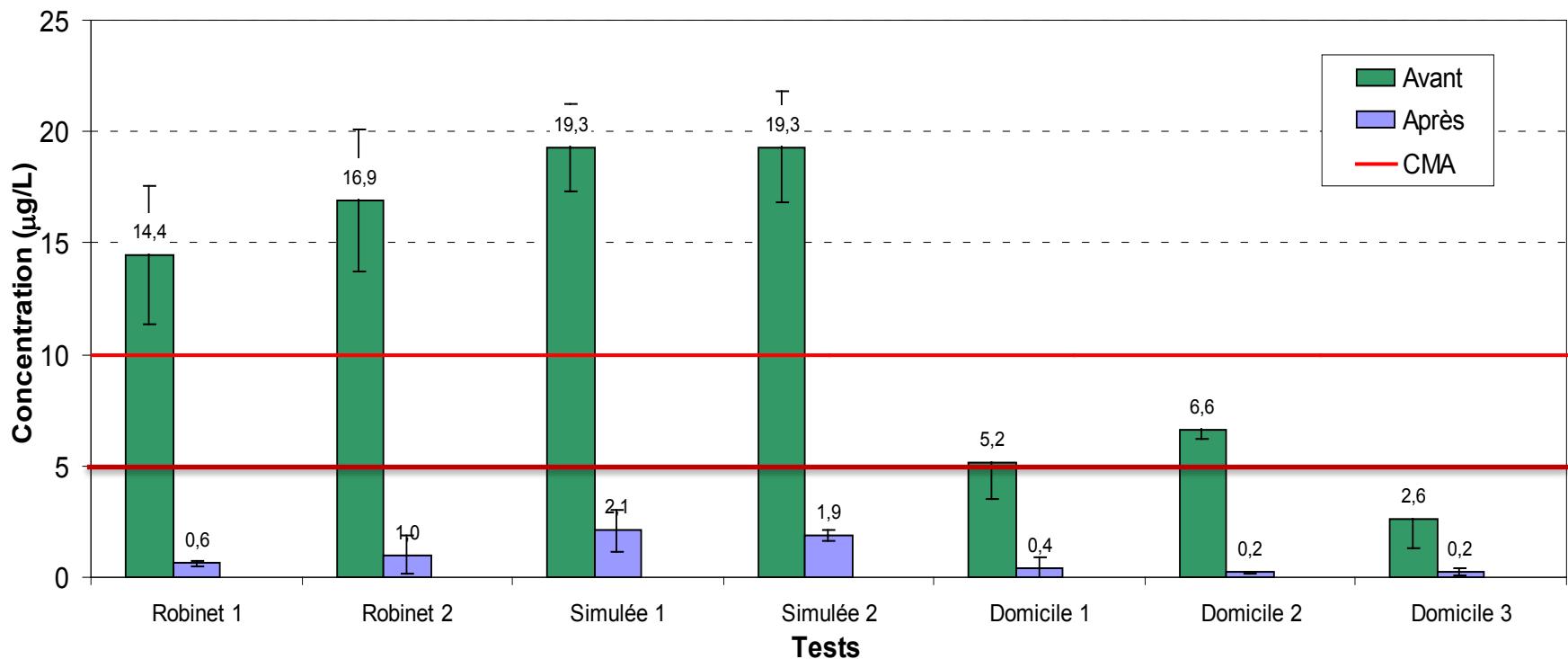
<https://www.youtube.com/watch?v=E6KoMAbz1Bw>

Plomb

% d'enlèvement : 97 %

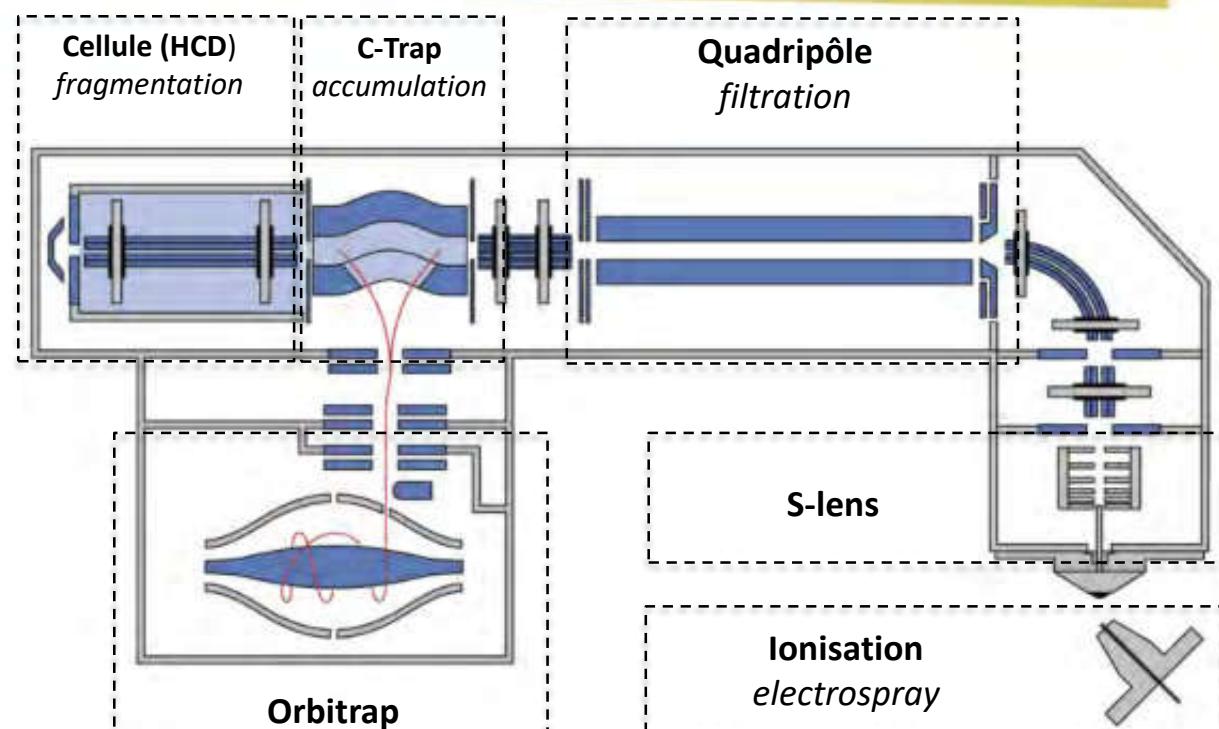
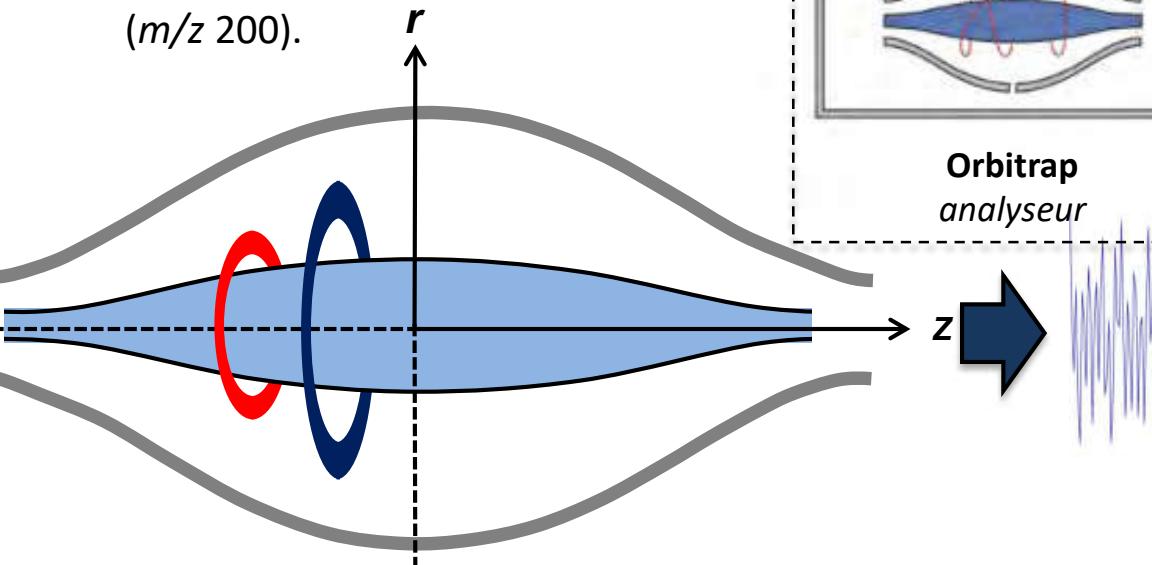
Fabricant : 99 %

Concentrations moyennes de plomb des eaux non filtrées
et filtrées par le système Brita®



Haute résolution (LC-HRMS) Q-Exactive

- Détection à haute résolution et mesure de la masse avec une grande précision.
- Le Q-Exactive est un MS hybride formé d'un **quadripôle**, d'une **cellule de collision** et d'un analyseur **Orbitrap**.



Intensité

Limites de détection

Médicaments et pesticides (on line)

0.5 - 20 ng/L (Morisette et al. 2015)

Composés perfluorés

0.03 – 10 ng/L (Munoz et al. 2015)

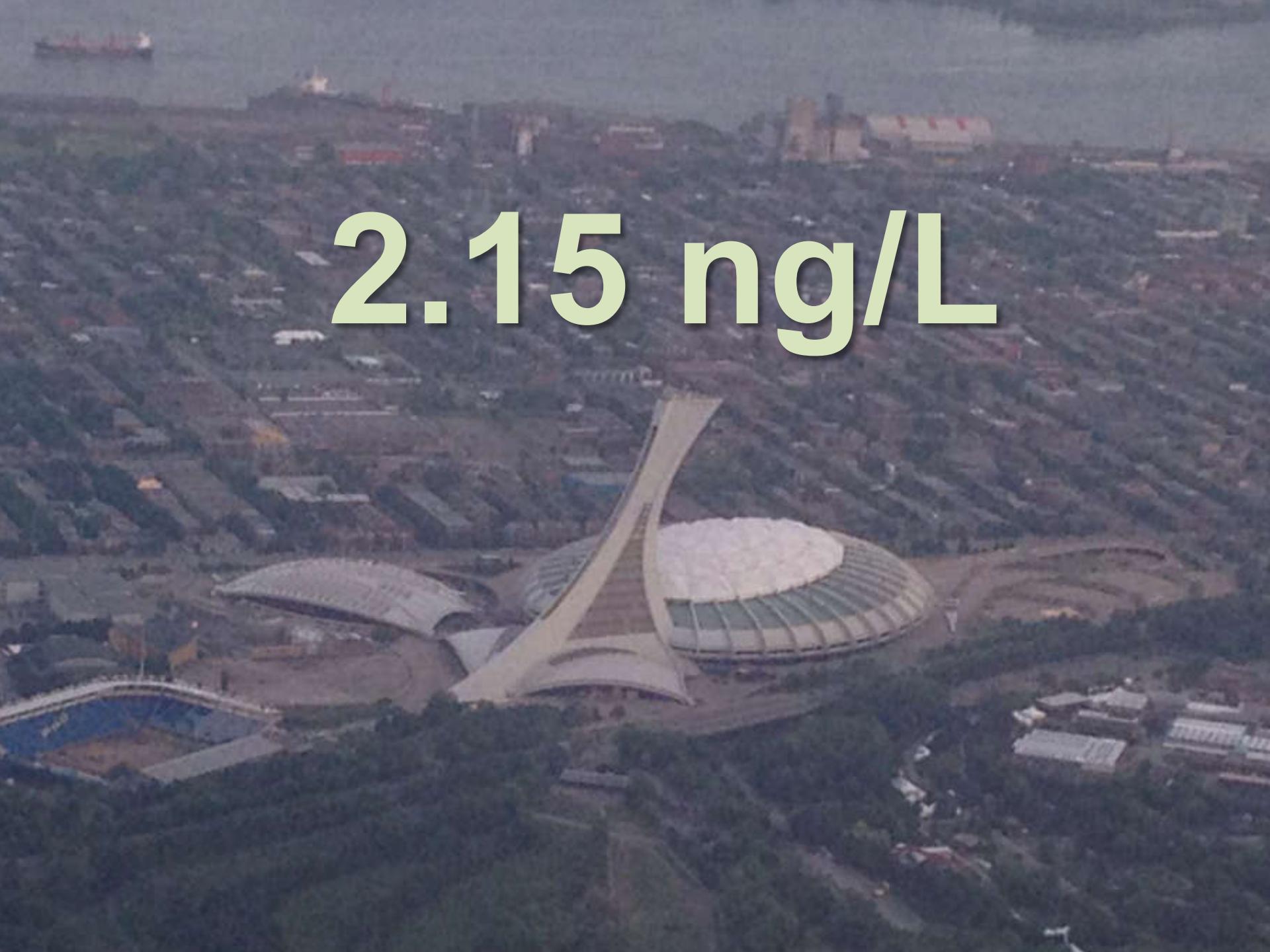
Hormones (on line)

0,05- 0,3 ng/L (Goeury et al 2019)

Cyanotoxines

1-10 ng/L (Roy-Lachapelle et al 2015)

(online) 8-53 ng/L (Roy-Lachapelle et al 2019)

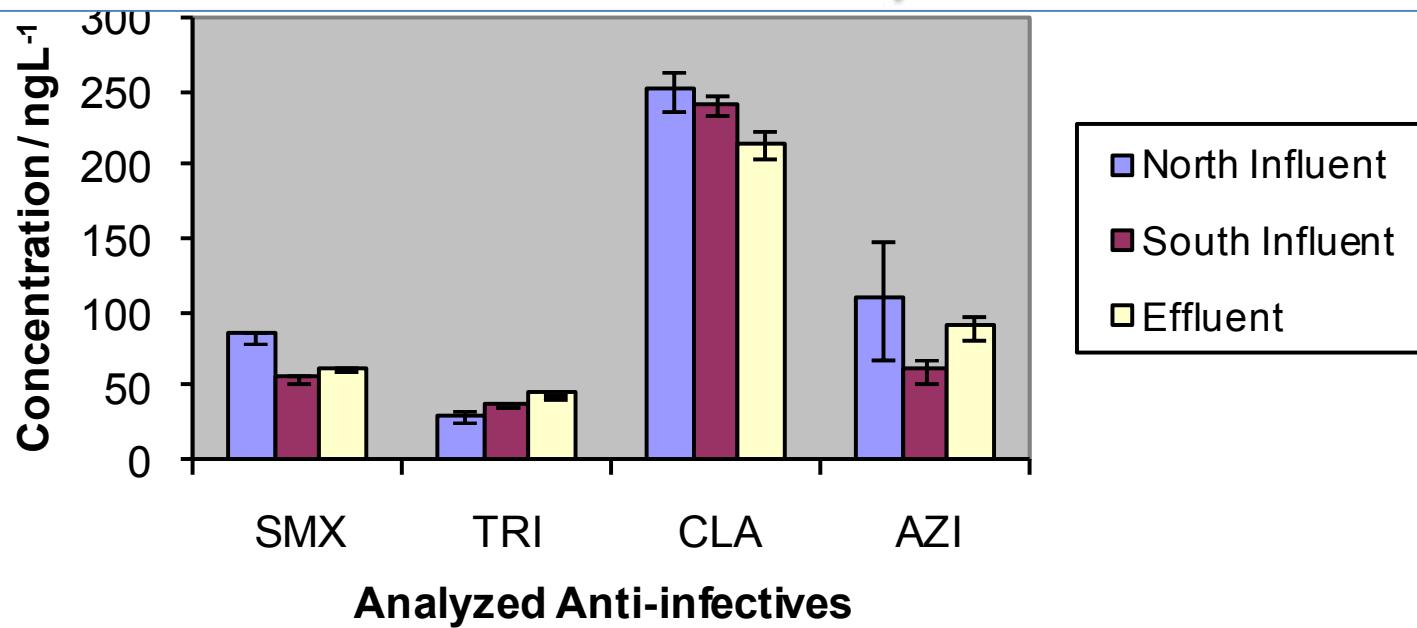
An aerial photograph of the National Stadium in Dhaka, Bangladesh. The stadium features a large, white, dome-shaped roof supported by a central tower and several smaller structures. It is surrounded by green fields and some buildings. In the background, the city of Dhaka is visible, showing a dense concentration of buildings and infrastructure.

2.15 ng/L

Montréal Avril 2006

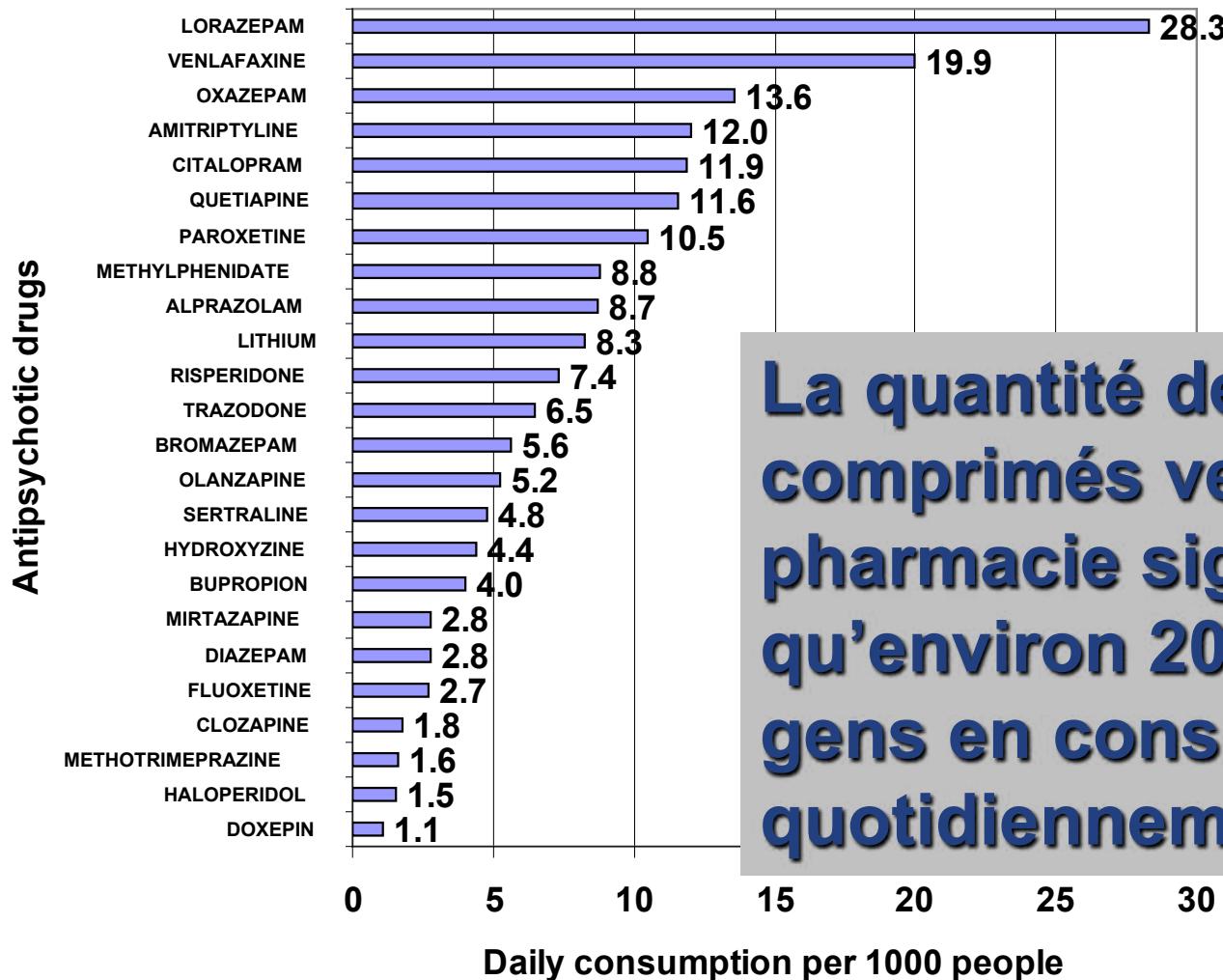
City of Montréal Wastewater Treatment Plant

1 tonne de molécules d'antibiotiques annuellement



➤Segura PA, Garcia Ac A, Lajeunesse A, Ghosh D, Gagnon C, Sauvé S*. 2007. Determination of six anti-infectives in wastewater using tandem solid phase extraction and LC/MS/MS. *Journal of Environmental Monitoring* 9:307-313.

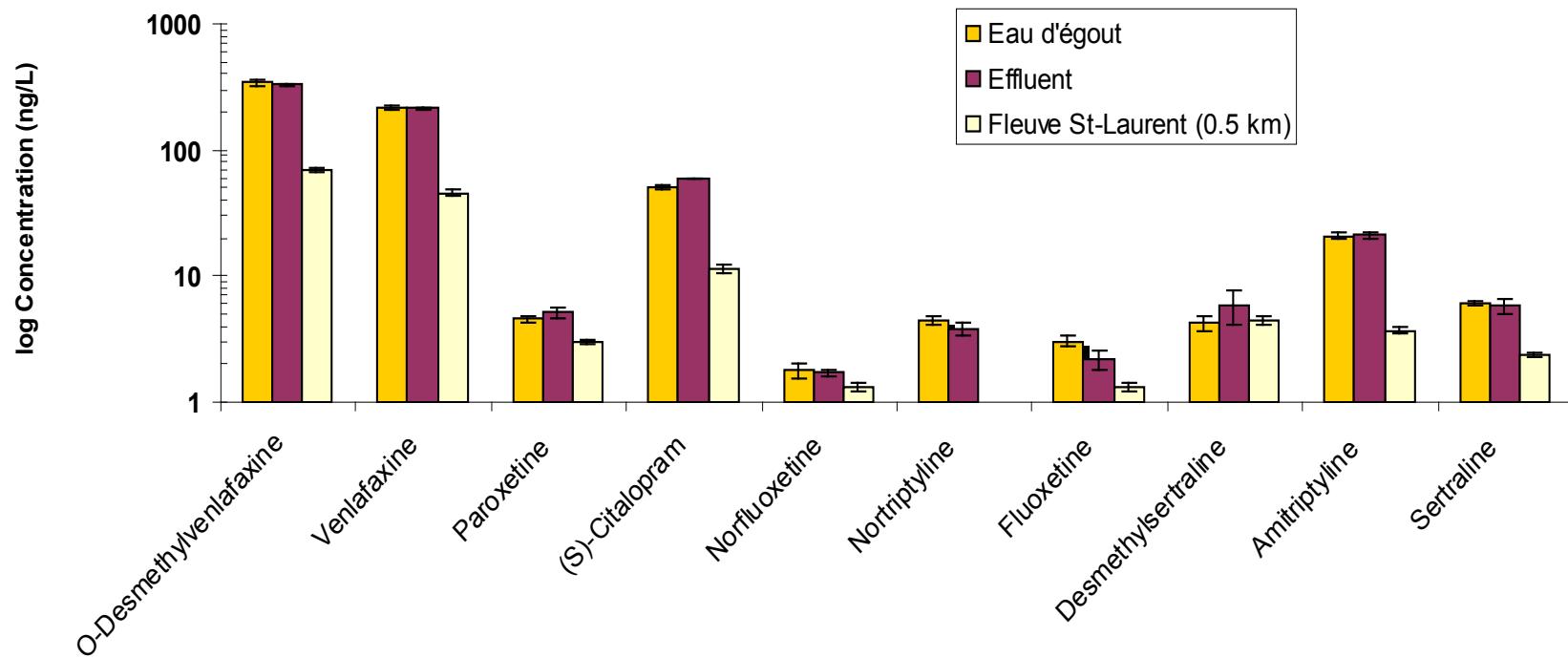
Antidépresseurs, antipsychotiques



La quantité de comprimés vendus en pharmacie signifie qu'environ 20% des gens en consomment quotidiennement

Antidépresseurs, antipsychotiques

Concentration Antidépresseurs (Tricycliques, Inhibiteurs sélectifs de recapture de la serotonin - ISRS)

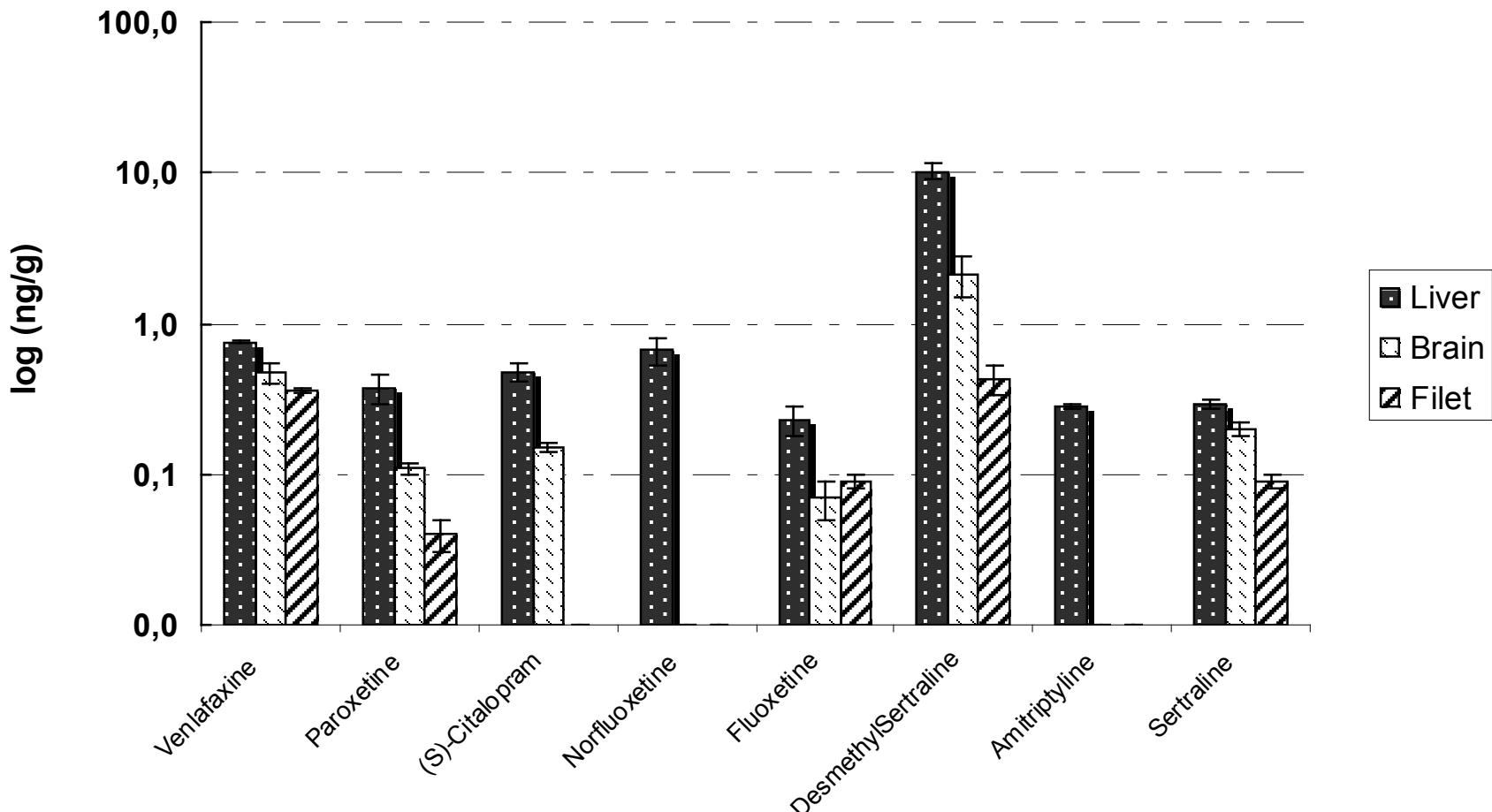


➤ Lajeunesse A, Gagnon C*, Sauvé S. 2008. Determination of basic antidepressants and their N-desmethyl metabolites in raw sewage and wastewater using solid-phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytical Chemistry* 80:5325-5333.



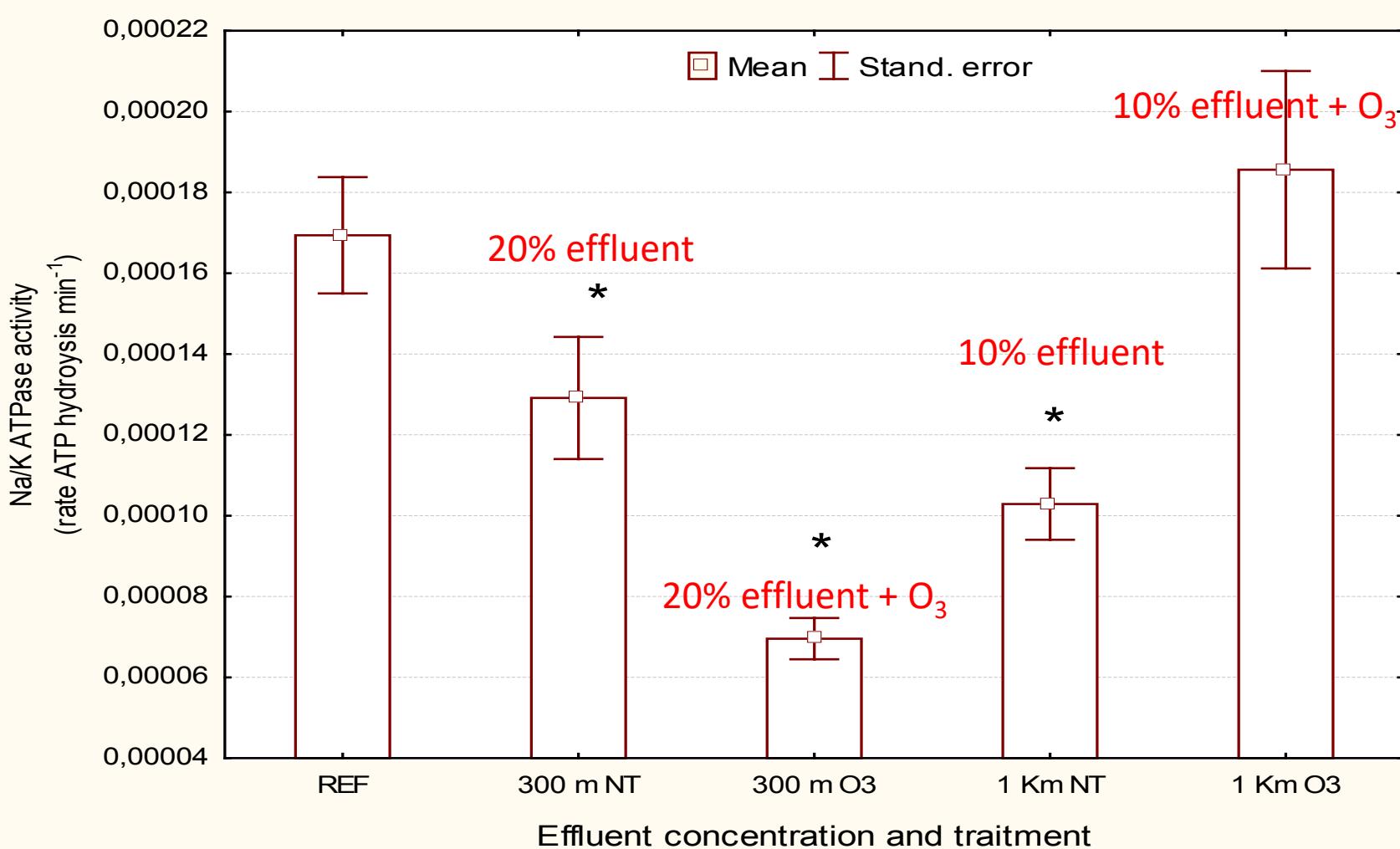
Accumulation dans les truites

Detected antidepressants - Extracted tissues



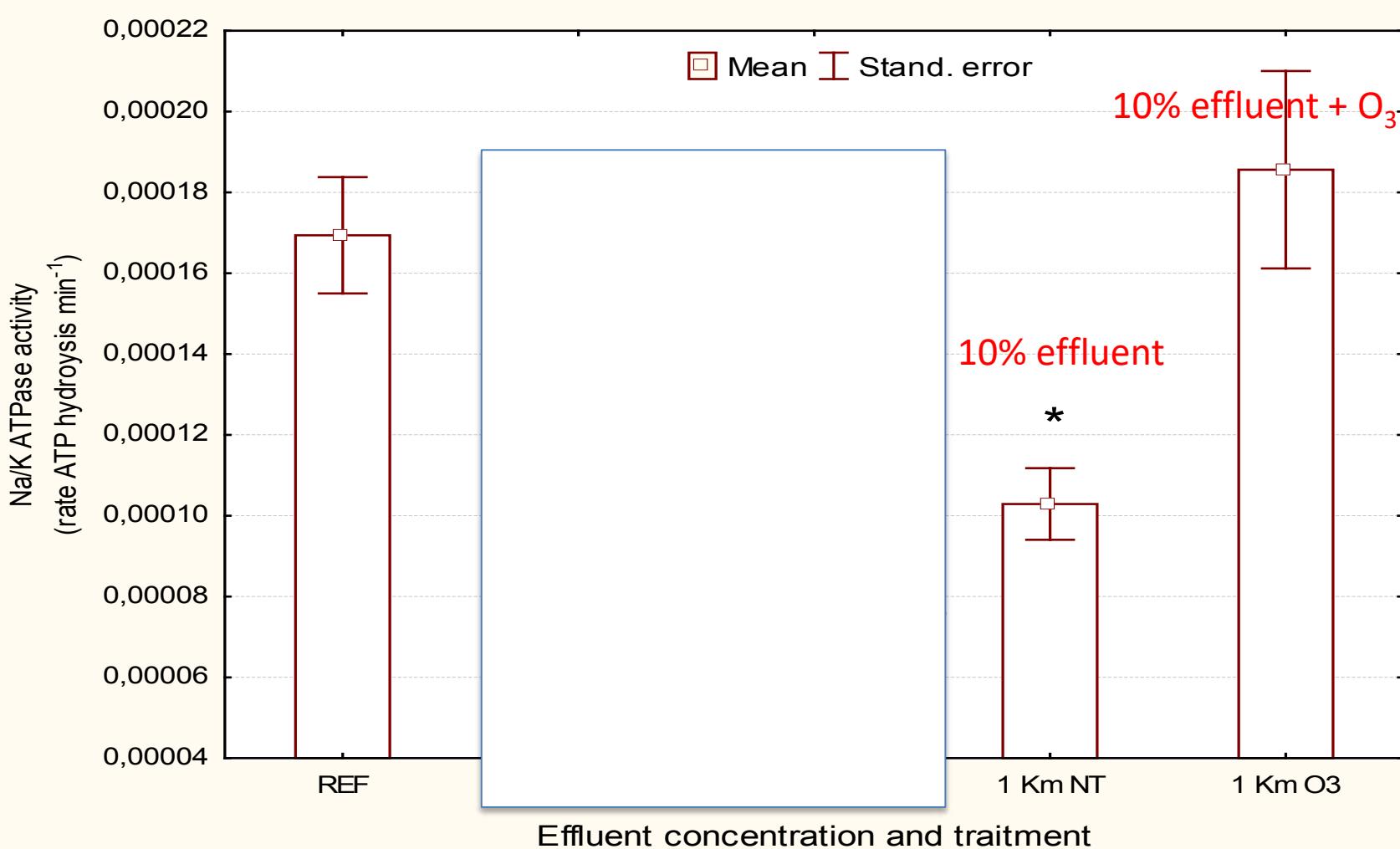
Lajeunesse A, Gagnon C, Gagné F, Louis S, Čejka P, Sauvé S. 2011. Distribution of antidepressants and their metabolites in brook trout exposed to municipal wastewaters before and after ozone treatment - Evidence of biological effects. Chemosphere (doi:10.1016/j.chemosphere.2010.12.02).

Activité synaptique



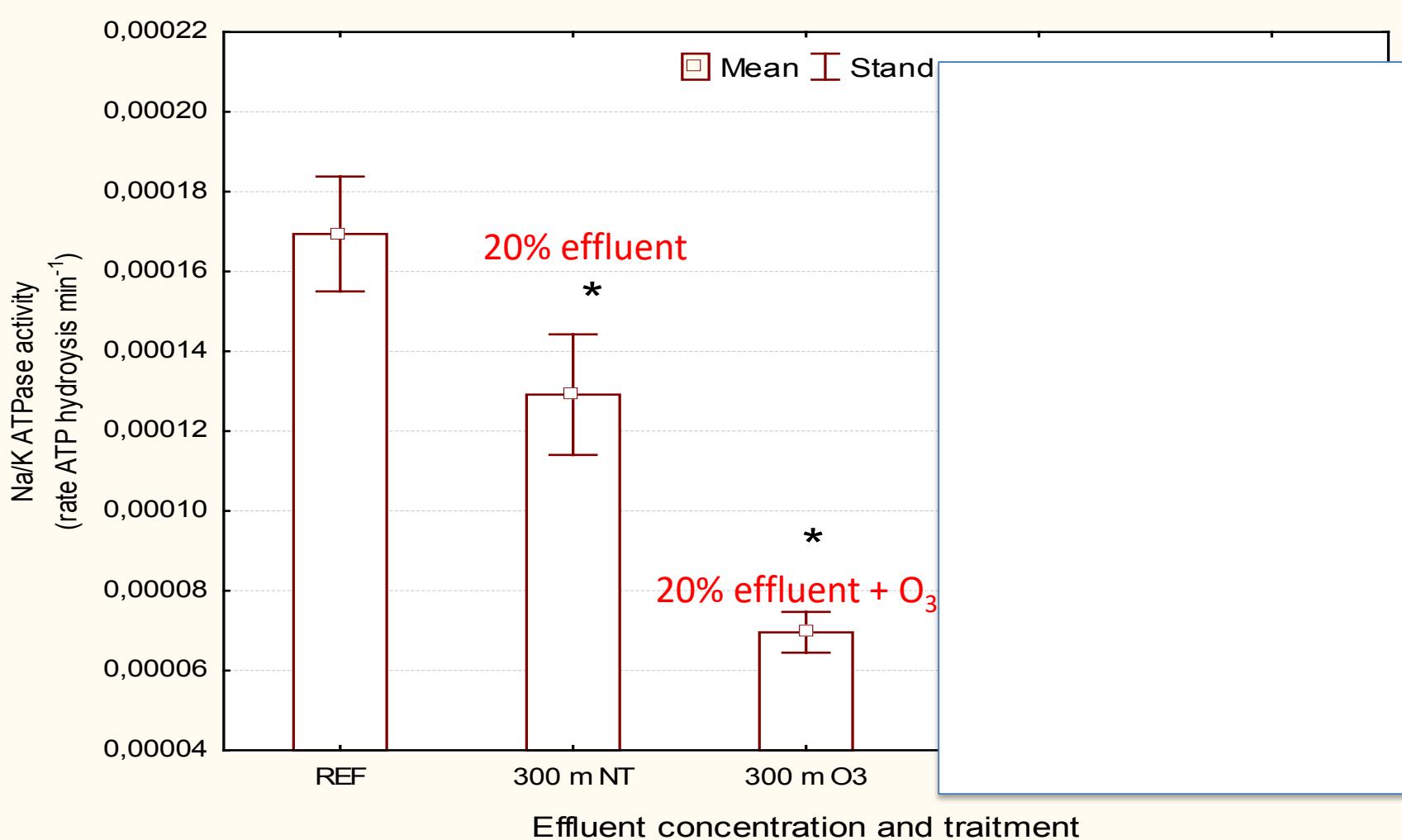
Lajeunesse A, Gagnon C, Gagné F, Louis S, Čejka P, Sauvé S. 2011. Distribution of antidepressants and their metabolites in brook trout exposed to municipal wastewaters before and after ozone treatment - Evidence of biological effects. Chemosphere (doi:10.1016/j.chemosphere.2010.12.02).

Activité synaptique

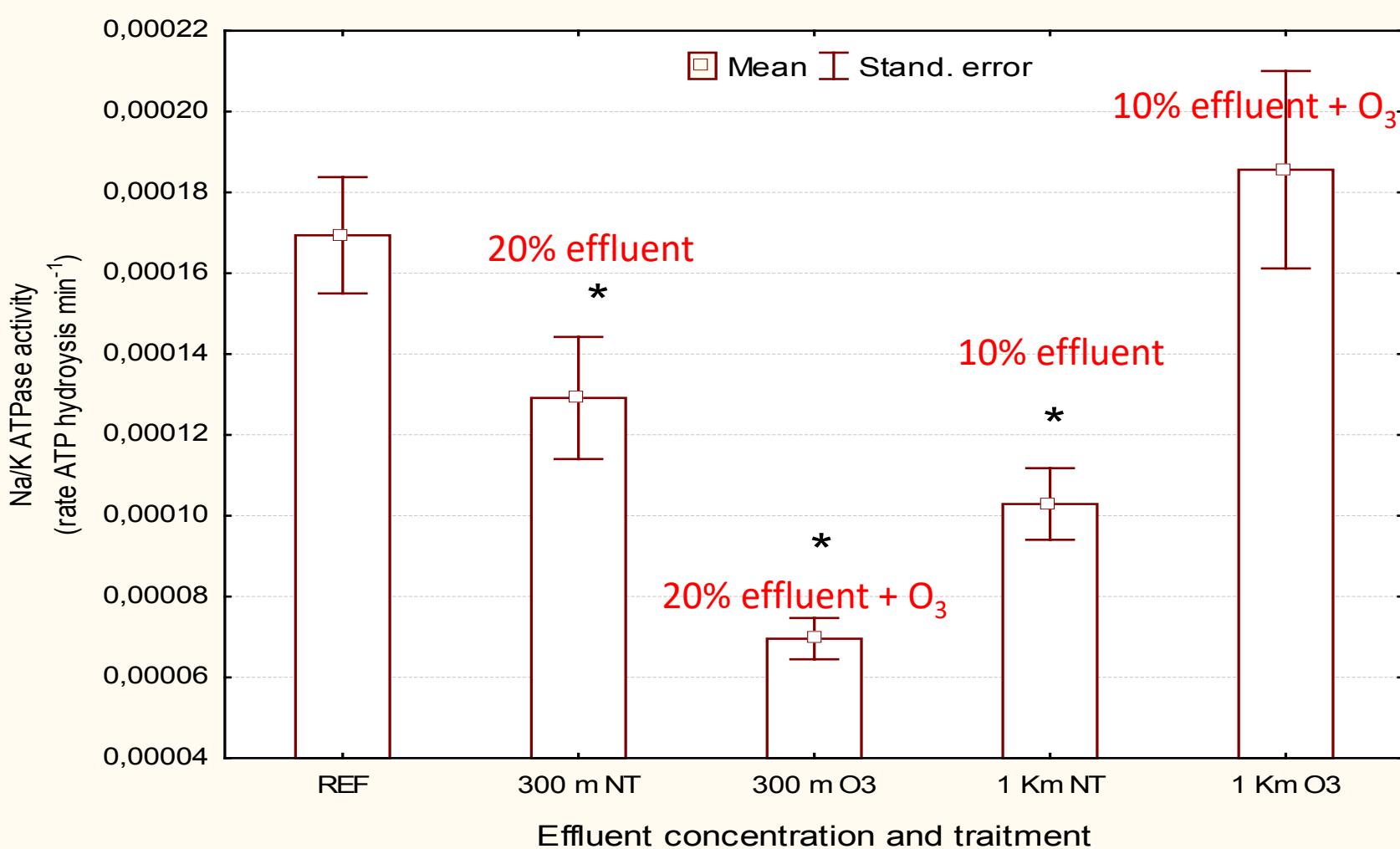


Lajeunesse A, Gagnon C, Gagné F, Louis S, Čejka P, Sauvé S. 2011. Distribution of antidepressants and their metabolites in brook trout exposed to municipal wastewaters before and after ozone treatment - Evidence of biological effects. Chemosphere (doi:10.1016/j.chemosphere.2010.12.02).

Activité synaptique

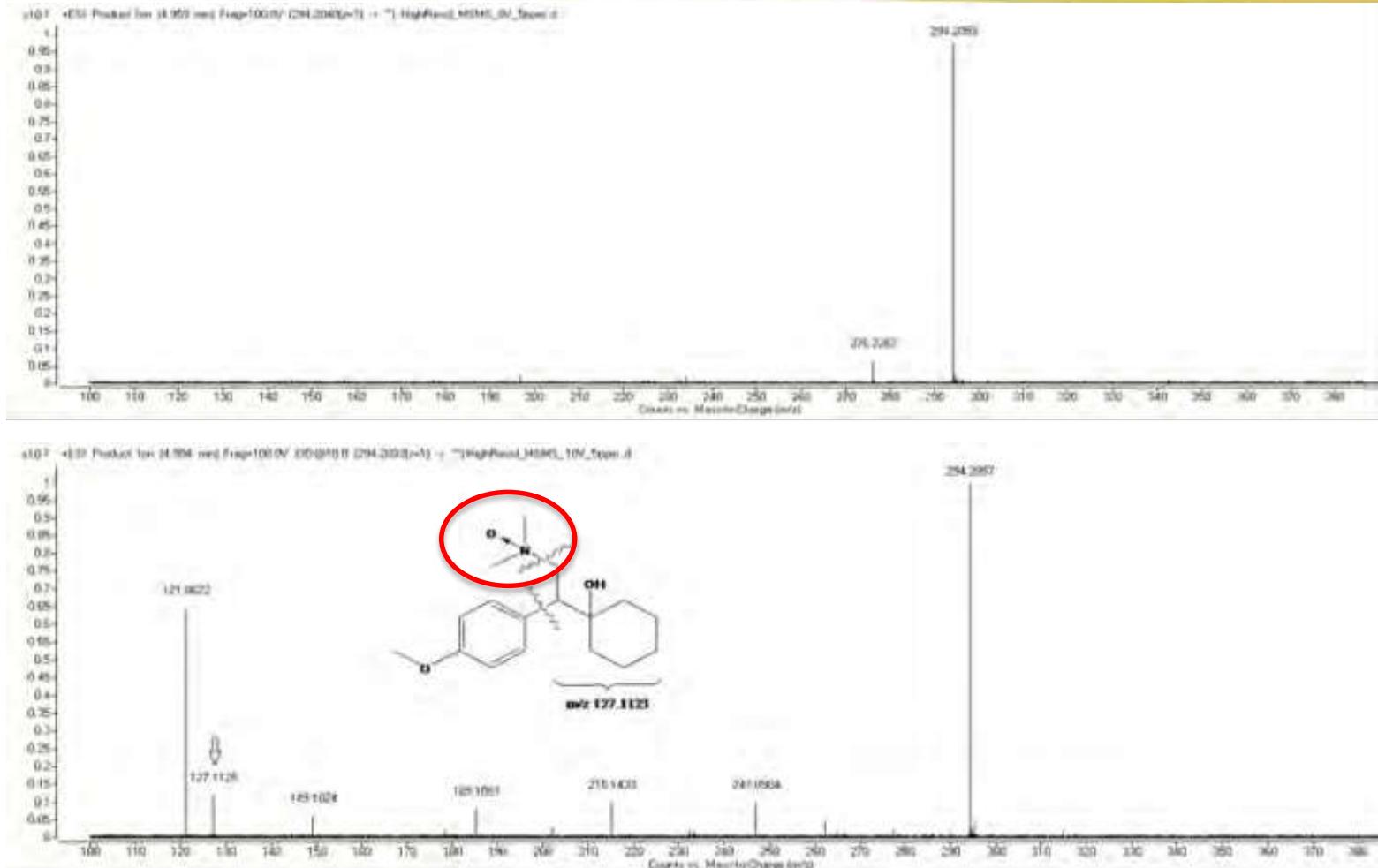


Activité synaptique



Lajeunesse A, Gagnon C, Gagné F, Louis S, Čejka P, Sauvé S. 2011. Distribution of antidepressants and their metabolites in brook trout exposed to municipal wastewaters before and after ozone treatment - Evidence of biological effects. Chemosphere (doi:10.1016/j.chemosphere.2010.12.02).

Sous-produits d'oxydation de la (venlaflaxine « Effexor »)



CANADIAN EDITION / OCTOBER 30, 2000 \$4.50

www.timecanada.com

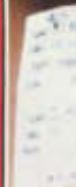
TIME

JEAN CHRETIEN'S ELECTION
PLAYSTATION2: Hope or Hype?

Is it hormones?
Is it fat? Is it something
in the water?
How parents and
kids are coping

EARLY PUBERTY

WHY GIRLS ARE
GROWING UP FASTER



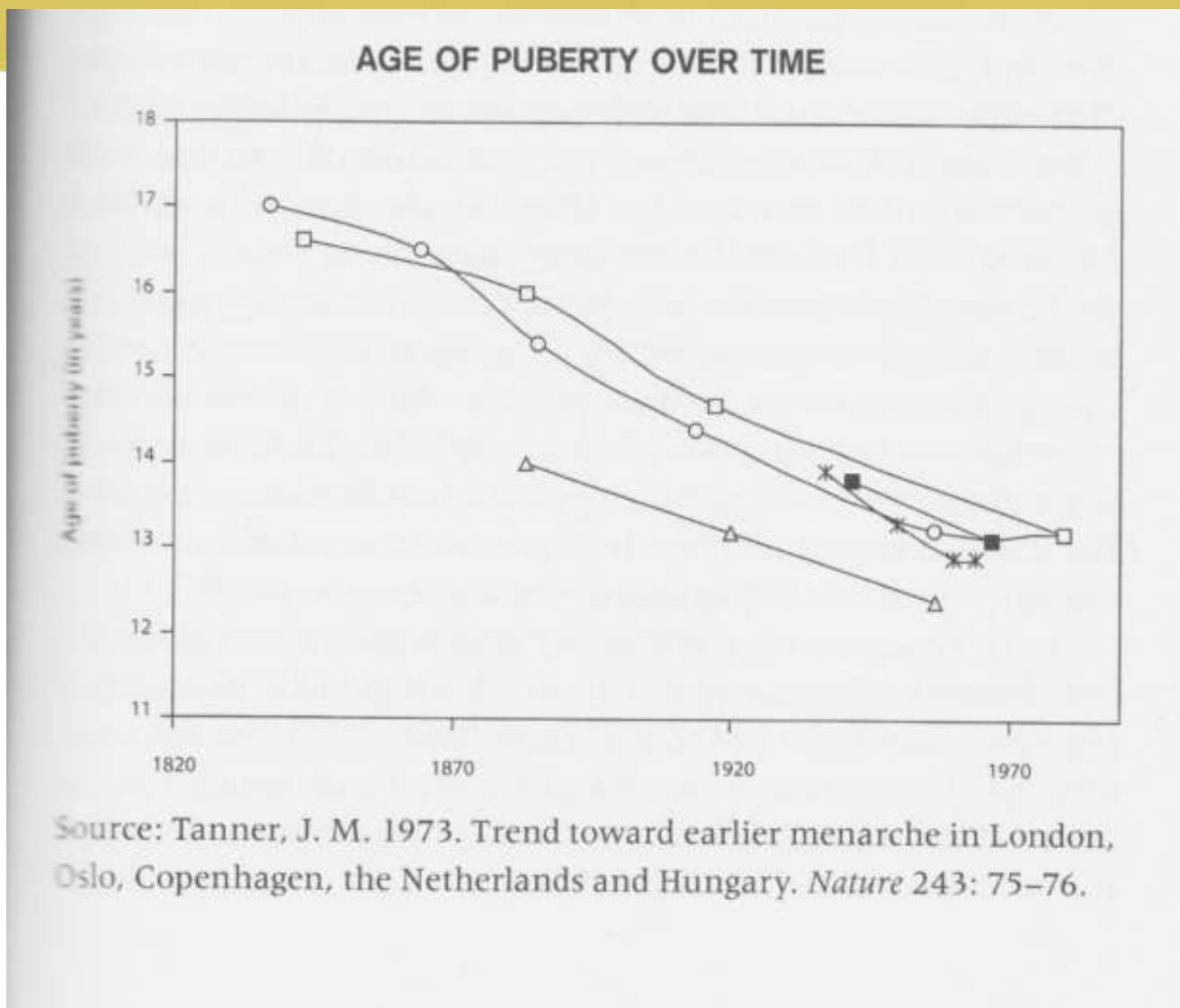
Perturbateurs Endocriniens

Certaines substances, aussi bien naturelles que synthétiques, peuvent perturber les glandes endocrines, les hormones, ou les tissus-cibles sur lesquels elles agissent. Elles sont appelées 'perturbateurs endocriniens'.

C'est quoi?

- Hormones (endogènes ou synthétiques)
- Produits pharmaceutiques
- Pesticides
- Divers produits chimiques (e.g. plastifiants, détergents)
- Métaux (e.g. TBT)
- Variétés de produits naturels (e.g. phytoestrogènes)

Puberté féminine précoce



Source: Tanner, J. M. 1973. Trend toward earlier menarche in London, Oslo, Copenhagen, the Netherlands and Hungary. *Nature* 243: 75–76.

Baisse de fertilité masculine

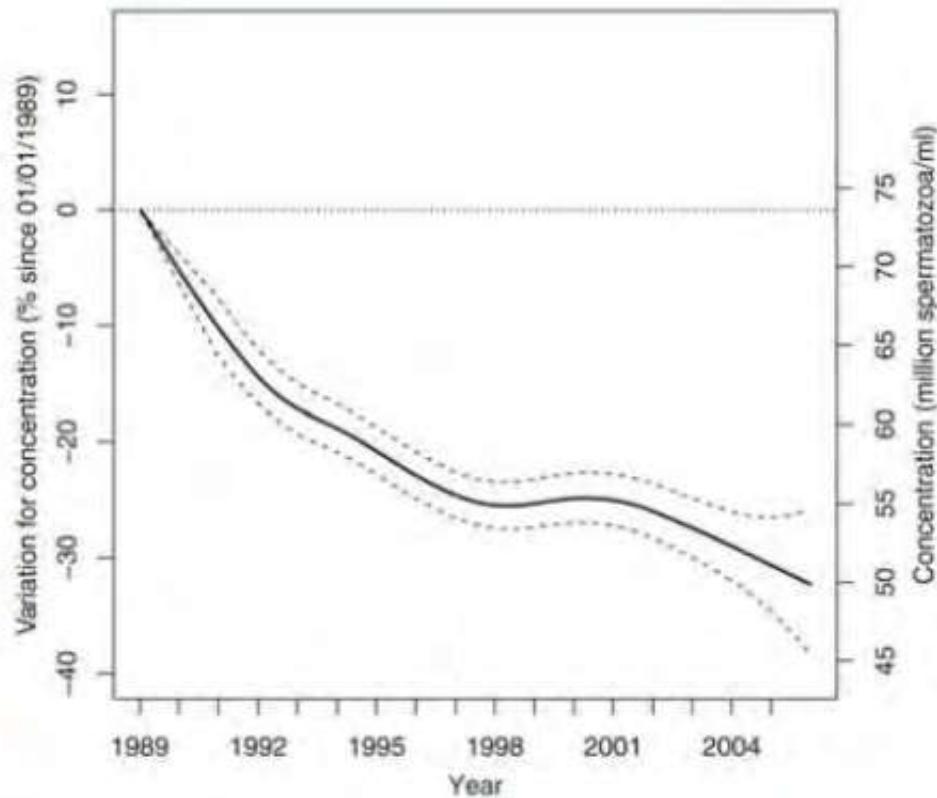


Figure 2 Variation in percent for concentration since 1 January 1989 for a 35-year-old man in metropolitan France with 95% confidence intervals (left axis). Projected values in million spermatozoa per millilitre (right axis).

M. Rolland, J. Le Moal, V. Wagner, D. Royère, J. De Mouzon; Decline in semen concentration and morphology in a sample of 26 609 men close to general population between 1989 and 2005 in France, *Human Reproduction*, Volume 28, Issue 2, 1 February 2013, Pages 462–470, <https://doi.org/10.1093/humrep/des415>

Résultats Hormones

Compound	River		Montreal STP		
	Mille Iles	St Lawrence	North collector	South collector	Effluent
Estriol	n.d.	n.d.	243 ± 24	230 ± 13	Trace
Estradiol	9 ± 3	8 ± 4	125 ± 4	120 ± 6	90 ± 4
17-α-ethynodiol	n.d.	n.d.	75 ± 3	90 ± 4	n.d.
Estrone	n.d.	n.d.	Trace	Trace	n.d.
Norethindrone	n.d.	n.d.	205 ± 3	70 ± 4	53 ± 3
Levonorgestrel	n.d.	n.d.	150 ± 7	170 ± 4	30 ± 6
Medroxyprogesterone	Trace	n.d.	5 ± 3	n.d.	n.d.
Progesterone	3	n.d.	Trace	n.d.	n.d.

➤Viglino L, Aboufadel K, Prévost M, Sauvé S*. 2008. Analysis of natural and synthetic estrogenic endocrine disruptors in environmental waters using online preconcentration coupled with LC-APPI-MS/MS. *Talanta* 76:1088-1096.

Dépistage non ciblé

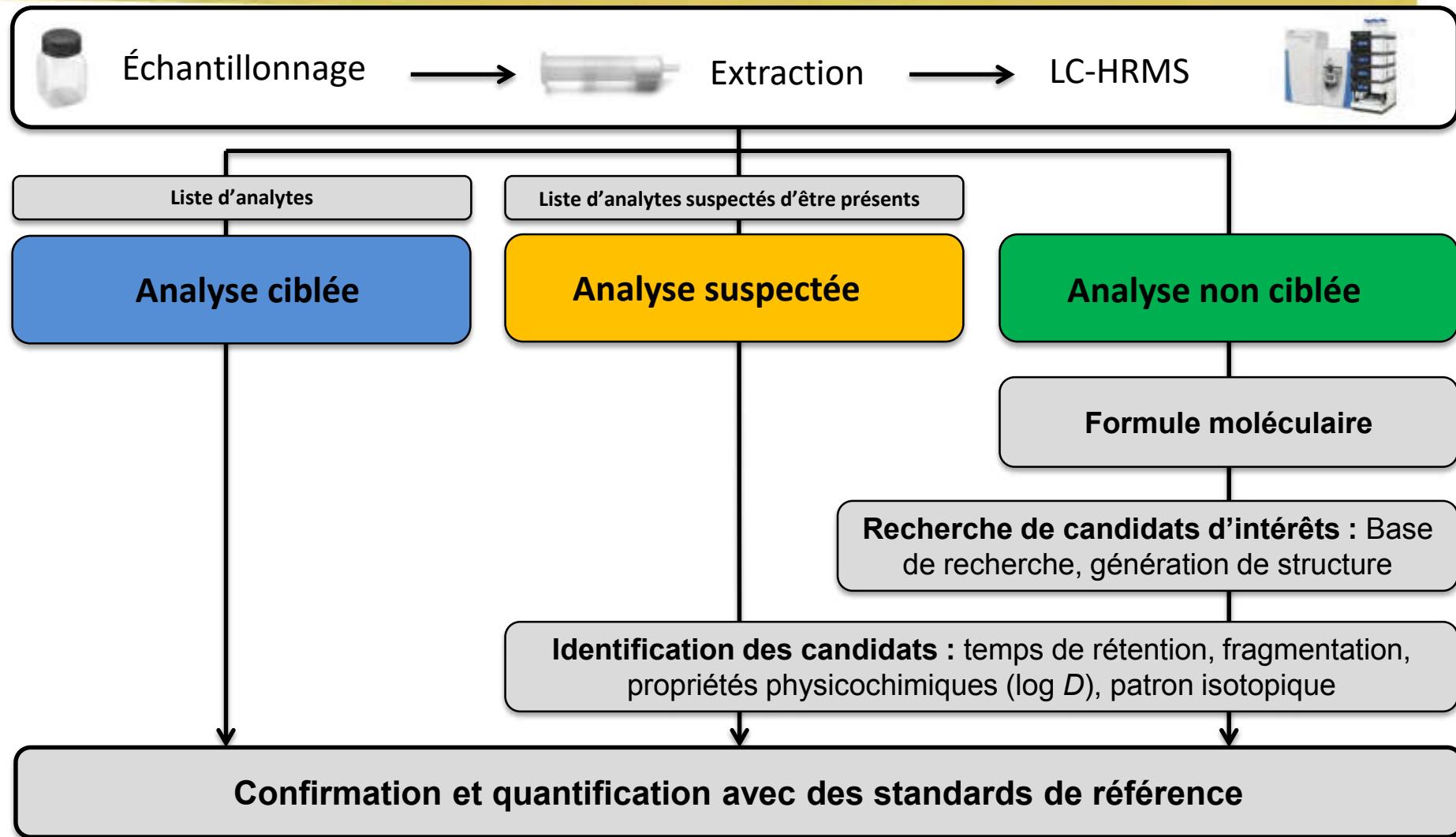


Figure 5-1. Diagramme de l'explication d'une démarche de dépistage non ciblé

Filtration

Identification

Dépistage non ciblé

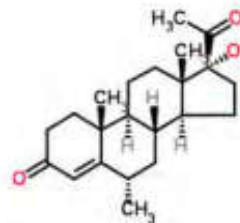
Found 1 result
Search term: sulfadiazine (Found by approved synonym)



Sulfadiazine

Molecular Formula: C₁₀H₁₀N₄O₂S
Average mass: 250.277 Da
Monoisotopic mass: 250.052444 Da
ChemSpider ID: 5026

Found 1 result
Search term: medroxyprogesterone (Found by approved synonym)



Medroxyprogesterone

Molecular Formula: C₂₂H₃₂O₃
Average mass: 344.488 Da
Monoisotopic mass: 344.235138 Da
ChemSpider ID: 10185
7 of 7 defined stereocentres

Filtre

Attribution des pics de masses à des formules moléculaires et à un nom de composé:

- Adduit nH⁺
- Éléments: C, H, O, N, S, P, F, Cl
- Base de données: Chemspider, PubChem

Confirmation de la présence du composé:

- Comparaison avec standard de référence
- Patron isotopique
- Forme du pic gaussienne
- Précision sur la masse (5 ppm)
- Log D correspond à la fenêtre d'extraction aqueuse



Mass	Log D	Relative Intensity	Mass	Log D	Relative Intensity	Mass	Log D	Relative Intensity	Mass	Log D	Relative Intensity	Mass	Log D	Relative Intensity
10			213401	213401	100	0			213401	213401	100			
11			213380	213380	100	0			213380	213380	100			
12			213296	213296	435	0			213296	213296	435			
13			213206	213206	1.0	0			213206	213206	1.0			
14			211998	211998	1.0	0			211998	211998	1.0			
15			211947	211947	1.0	0			211947	211947	1.0			
16			211939	211939	1.0	0			211939	211939	1.0			
17			211930	211930	1.0	0			211930	211930	1.0			
18			211922	211922	1.0	0			211922	211922	1.0			
19			211913	211913	1.0	0			211913	211913	1.0			
20			211905	211905	1.0	0			211905	211905	1.0			
21			211900	211900	1.0	0			211900	211900	1.0			
22			211891	211891	1.0	0			211891	211891	1.0			
23			211882	211882	1.0	0			211882	211882	1.0			
24			211873	211873	1.0	0			211873	211873	1.0			
25			211864	211864	1.0	0			211864	211864	1.0			
26			211855	211855	1.0	0			211855	211855	1.0			
27			211846	211846	1.0	0			211846	211846	1.0			
28			211837	211837	1.0	0			211837	211837	1.0			
29			211828	211828	1.0	0			211828	211828	1.0			
30			211819	211819	1.0	0			211819	211819	1.0			
31			211810	211810	1.0	0			211810	211810	1.0			
32			211801	211801	1.0	0			211801	211801	1.0			
33			211792	211792	1.0	0			211792	211792	1.0			
34			211783	211783	1.0	0			211783	211783	1.0			
35			211774	211774	1.0	0			211774	211774	1.0			
36			211765	211765	1.0	0			211765	211765	1.0			
37			211756	211756	1.0	0			211756	211756	1.0			
38			211747	211747	1.0	0			211747	211747	1.0			
39			211738	211738	1.0	0			211738	211738	1.0			
40			211729	211729	1.0	0			211729	211729	1.0			
41			211720	211720	1.0	0			211720	211720	1.0			
42			211711	211711	1.0	0			211711	211711	1.0			
43			211702	211702	1.0	0			211702	211702	1.0			
44			211693	211693	1.0	0			211693	211693	1.0			
45			211684	211684	1.0	0			211684	211684	1.0			
46			211675	211675	1.0	0			211675	211675	1.0			
47			211666	211666	1.0	0			211666	211666	1.0			
48			211657	211657	1.0	0			211657	211657	1.0			
49			211648	211648	1.0	0			211648	211648	1.0			
50			211639	211639	1.0	0			211639	211639	1.0			
51			211630	211630	1.0	0			211630	211630	1.0			
52			211621	211621	1.0	0			211621	211621	1.0			
53			211612	211612	1.0	0			211612	211612	1.0			
54			211603	211603	1.0	0			211603	211603	1.0			
55			211594	211594	1.0	0			211594	211594	1.0			
56			211585	211585	1.0	0			211585	211585	1.0			
57			211576	211576	1.0	0			211576	211576	1.0			
58			211567	211567	1.0	0			211567	211567	1.0			
59			211558	211558	1.0	0			211558	211558	1.0			
60			211549	211549	1.0	0			211549	211549	1.0			
61			211540	211540	1.0	0			211540	211540	1.0			
62			211531	211531	1.0	0			211531	211531	1.0			
63			211522	211522	1.0	0			211522	211522	1.0			
64			211513	211513	1.0	0			211513	211513	1.0			
65			211504	211504	1.0	0			211504	211504	1.0			
66			211495	211495	1.0	0			211495	211495	1.0			
67			211486	211486	1.0	0			211486	211486	1.0			
68			211477	211477	1.0	0			211477	211477	1.0			
69			211468	211468	1.0	0			211468	211468	1.0			
70			211459	211459	1.0	0			211459	211459	1.0			
71			211450	211450	1.0	0			211450	211450	1.0			
72			211441	211441	1.0	0			211441	211441	1.0			
73			211432	211432	1.0	0			211432	211432	1.0			
74			211423	211423	1.0	0			211423	211423	1.0			
75			211414	211414	1.0	0			211414	211414	1.0			
76			211405	211405	1.0	0			211405	211405	1.0			
77			211396	211396	1.0	0			211396	211396	1.0			
78			211387	211387	1.0	0			211387	211387	1.0			
79			211378	211378	1.0	0			211378	211378	1.0			
80			211369	211369	1.0	0			211369	211369	1.0			
81			211360	211360	1.0	0			211360	211360	1.0			
82			211351	211351	1.0	0			211351	211351	1.0			
83			211342	211342	1.0	0			211342	211342	1.0			
84			211333	211333	1.0	0			211333	211333	1.0			
85			211324	211324	1.0	0			211324	211324	1.0			
86			211315	211315	1.0	0			211315	211315	1.0			
87			211306	211306	1.0	0			211306	211306	1.0			
88			211297	211297	1.0	0			211297	211297	1.0			
89			211288	211288	1.0	0			211288	211288	1.0			
90			211279	211279	1.0	0			211279	211279	1.0			
91			211270	211270	1.0	0			211270	211270	1.0			
92			211261	211261	1.0	0			211261	211261	1.0			
93			211252	211252	1.0	0			211252	211252	1.0			
94			211243	211243	1.0	0			211243	211243	1.0			
95			211234	211234	1.0	0			211234	211234	1.0			
96			211225	211225	1.0	0			211225	211225	1.0			
97			211216	211216	1.0	0			211216	211216	1.0			
98			211207	211207	1.0	0			211207	211207	1.0			
99			211198	211198	1.0	0			211198	211198	1.0			
100			211189	211189	1.0	0			211189	211189	1.0			
101			211180	211180	1.0	0			211180	211180	1.0			
102			211171	211171	1.0	0			211171	211171	1.0			
103			211162	211162	1.0	0			211162	211162	1.0			
104			211153	211153	1.0	0			211153	211153	1.0			
105			211144	211144	1.0	0			211144	211144	1.0			
106			211135	211135	1.0	0			211135	211135	1.0			
107			211126	211126	1.0	0			211126	211126	1.0			
108			211117	211117	1.0	0			211117	211117	1.0			
109			211108	211108	1.0	0			211108	211108	1.0			
110			211099	211099	1.0	0			211099	211099	1.0			</

Dégradation des tétracyclines

34

- Plusieurs produits de dégradation de chlortétracycline ont pu être identifiés:
4-épichlortétracycline (4-ECTC), isochlortétracycline (ICTC),
4-épi-isochlortétracycline (4-EICTC).

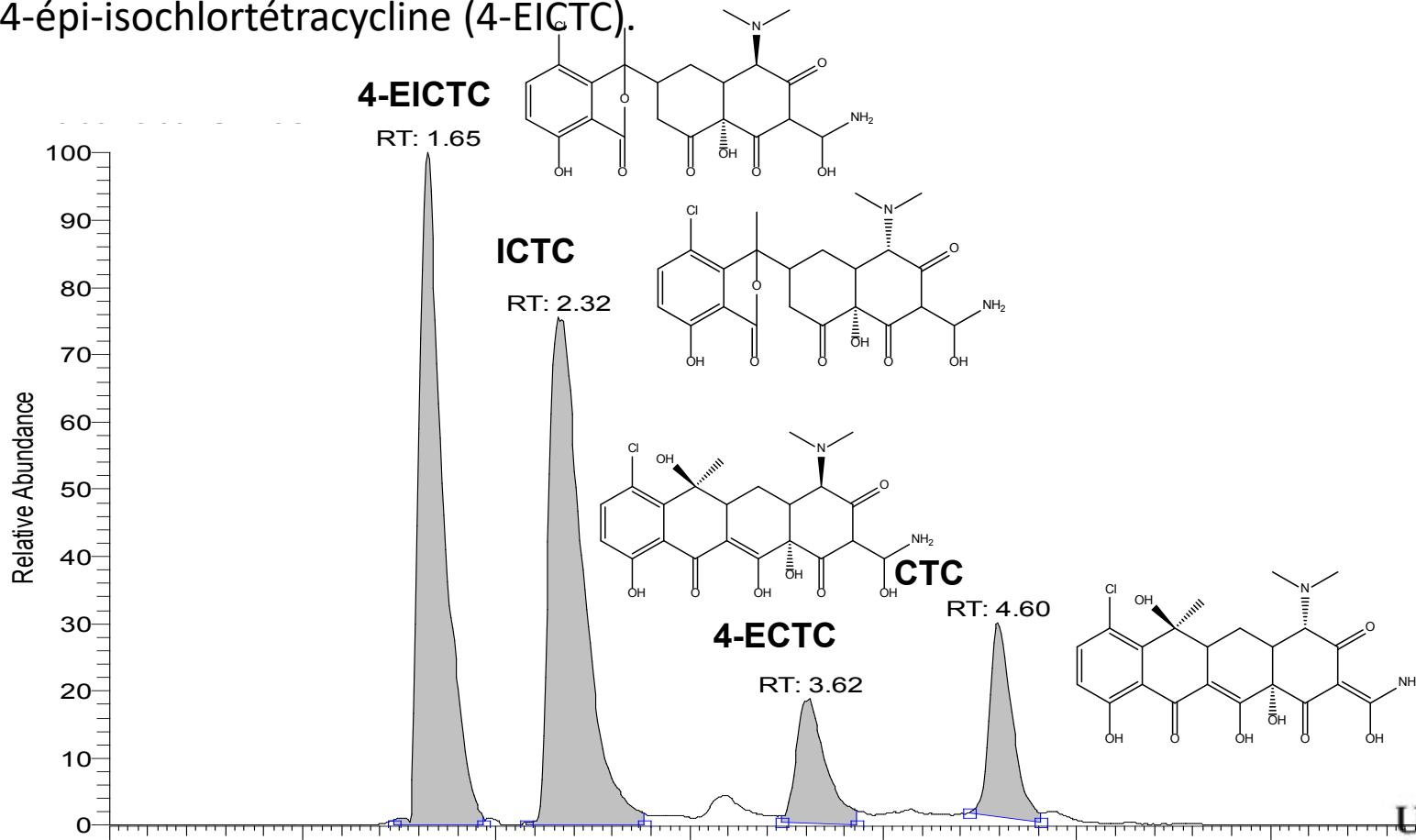


Figure 6-9. Séparation chromatographiques et identification des produits de dégradation de la chlortétracycline

Comparaison entre les molécules parentes et les sous-produits (avec lisier de porc)

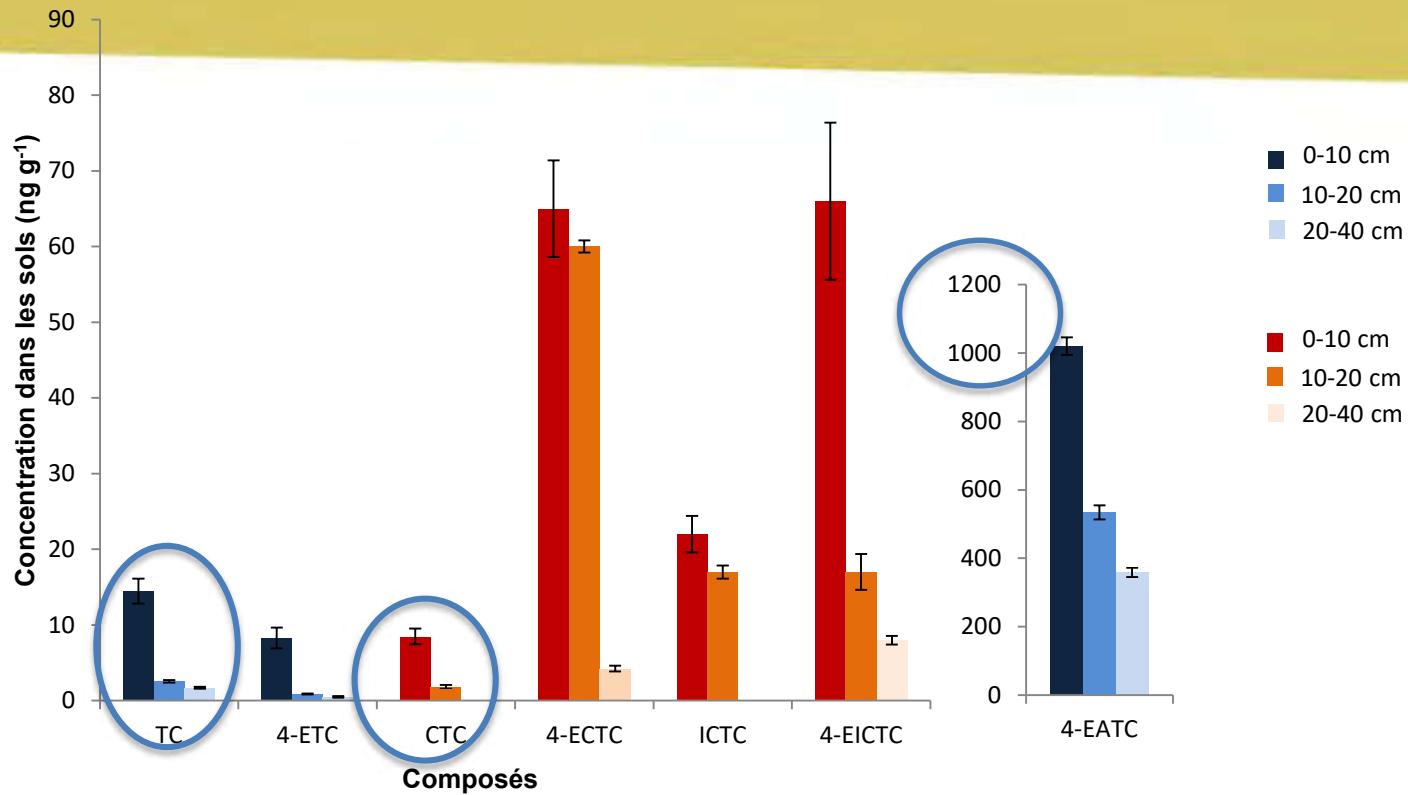
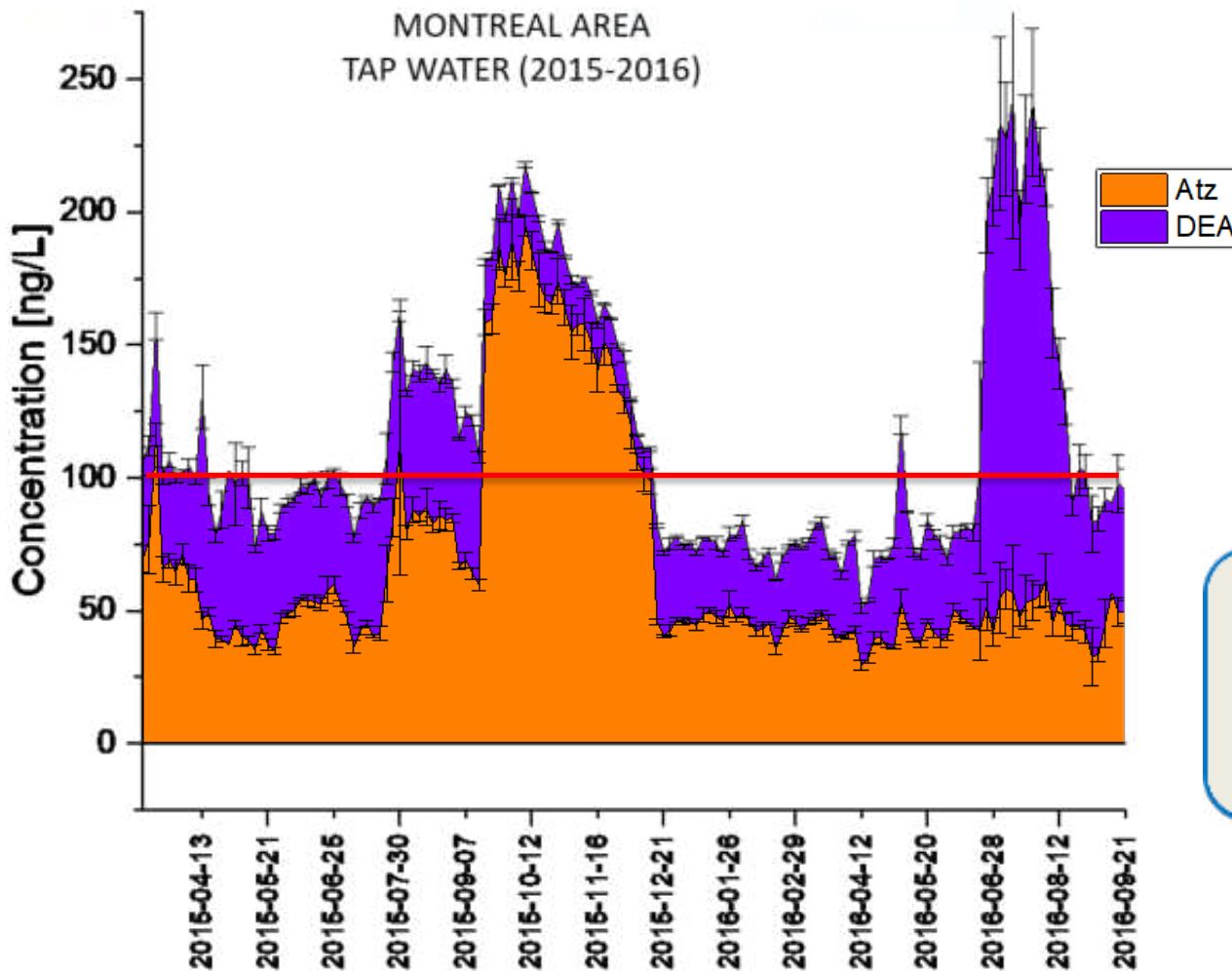


Figure 6-10. Distribution des antibiotiques vétérinaires (ng g⁻¹) en fonction de la profondeur du sol ($n = 3$).

- Solliec M, Roy-Lachapelle A, Gasser MO, Coté C, Génereux M, Sauvé S*. 2016. Fractionation and analysis of veterinary antibiotics and their related degradation products in agricultural soils and drainage waters following swine manure amendment. *Science of the Total Environment* 543:524-535.

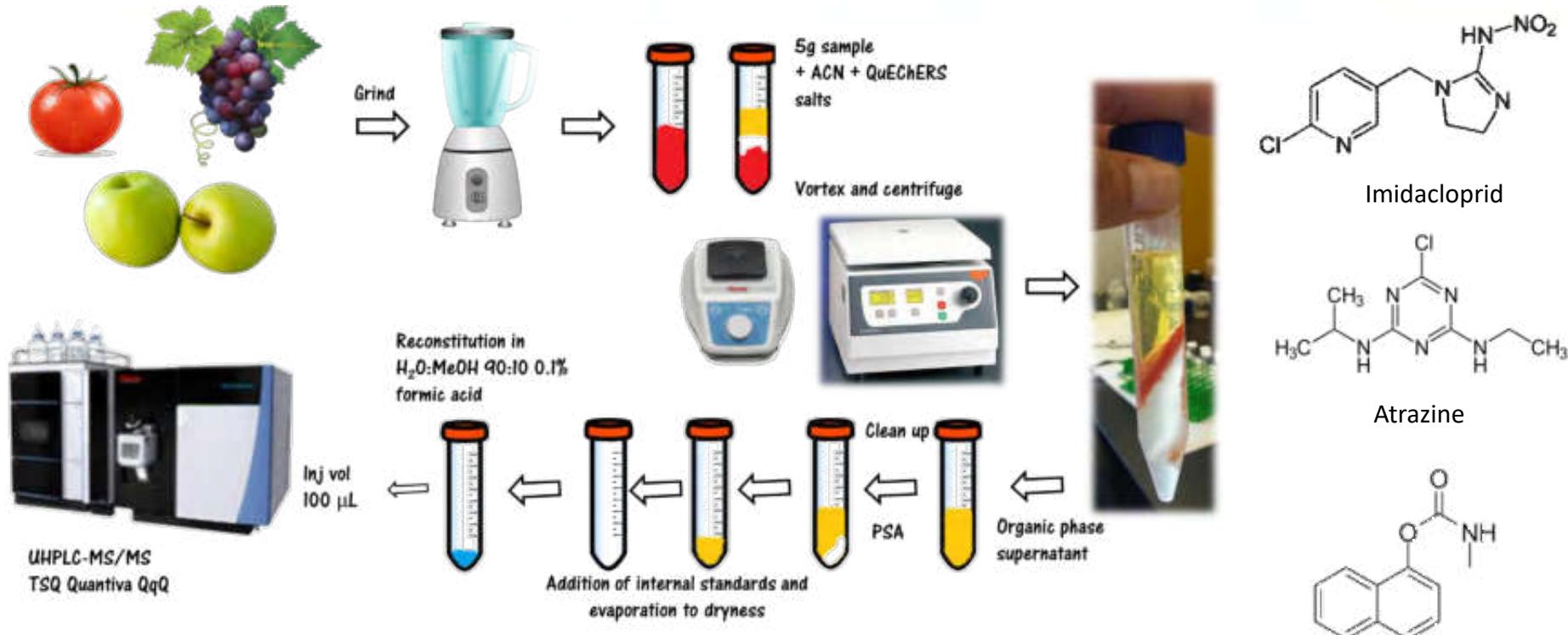
Triazines dans l'eau du robinet



~40-90 tonnes par an

UE: 100 ng/L
OMS: 100 000 ng/L
EPA: 3000 ng/L
Canada: 5000 ng/L
Québec: 3500 ng/L

METHOD PERFORMANCE AND PROCEDURE IN FOOD COMMODITIES: 22 PESTICIDES (7 FAMILIES)



Matrix	Linearity range [ng·g ⁻¹]	R ²	LOD [ng·g ⁻¹]	Accuracy %	Recovery %
Tomate	0.5-600	0.9901-1.0000	0.4 - 2	74 - 109	71 - 122
Lettuce	0.5-600	0.9960-1.0000	0.05 - 0.7	77 - 116	82 - 106
Apple	0.5-600	0.9901-1.0000	0.08 - 1.2	73 - 118	72 - 107
Grape	0.5-600	0.9901-0.9983	0.5 - 1.8	81 - 115	72 - 111

Comparaison Bio vs. conventionnel

	Organic	Conventional
Positive samples (22 pesticides)	21%	52%
Positive samples (8 neonicotinoids)	17%	43%
Average Σ_{22} Pesticides [ng·g ⁻¹]	3	12.2
Average Σ_8 Neonicotinoids [ng·g ⁻¹]	2.6	7.5

Montiel-León JM et al. 2019. Occurrence of pesticides in fruits and vegetables from organic and conventional agriculture by QuEChERS extraction liquid chromatography tandem mass spectrometry. Food Control 104:74-82.



Algal Blooms, Treatment, Risk Assessment, Prediction and Prevention through Genomics

Sébastien Sauvé (PL)

Jesse Shapiro (Co-PL)

Sarah Dorner (Co-PL)

Jérôme Dupras (GE³LS)

Dana Simon (Project Manager)

Université de Montréal

Université de Montréal

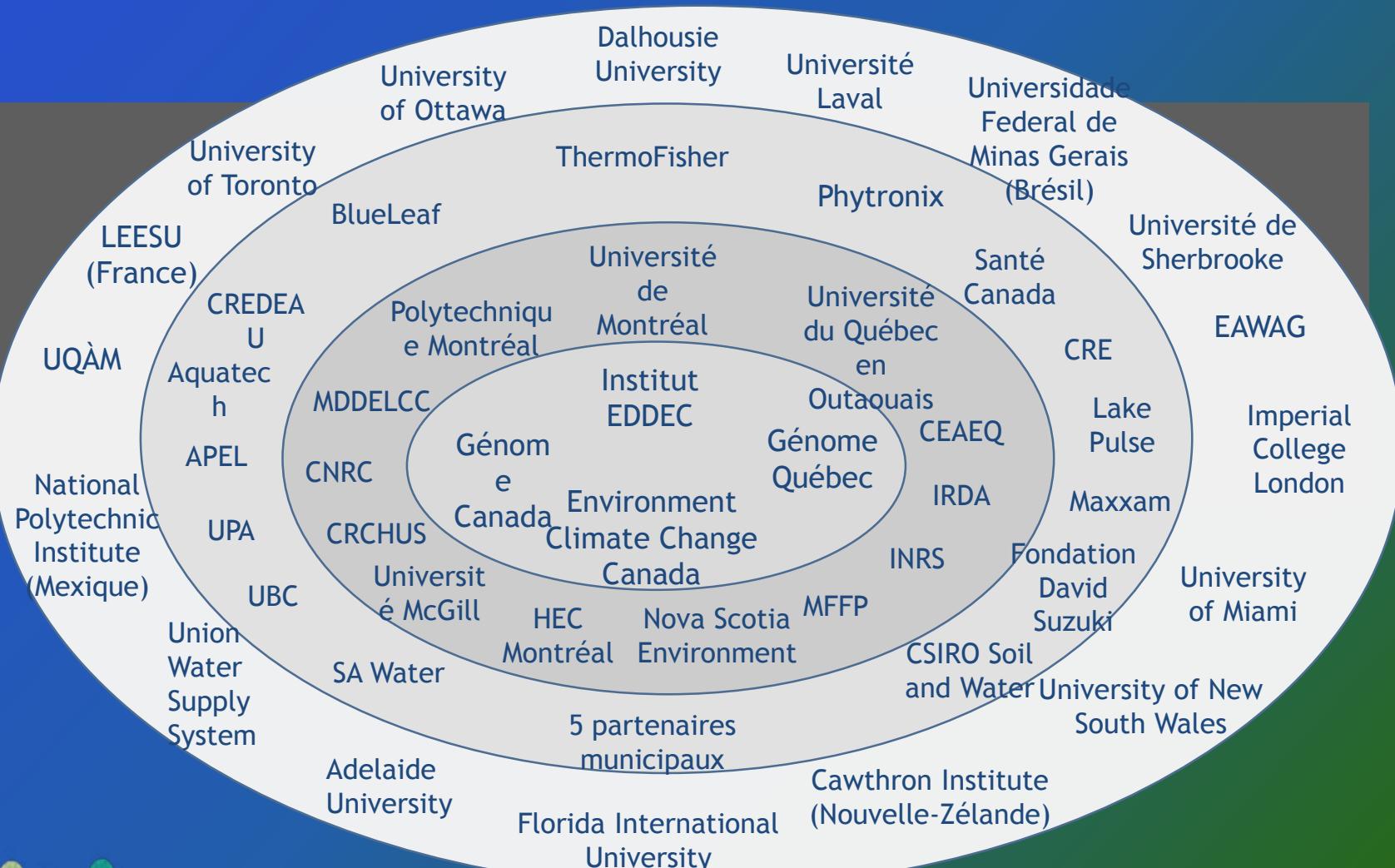
Polytechnique Montréal

Université du Québec en Outaouais

Université de Montréal

Un projet réalisé grâce à la contribution de



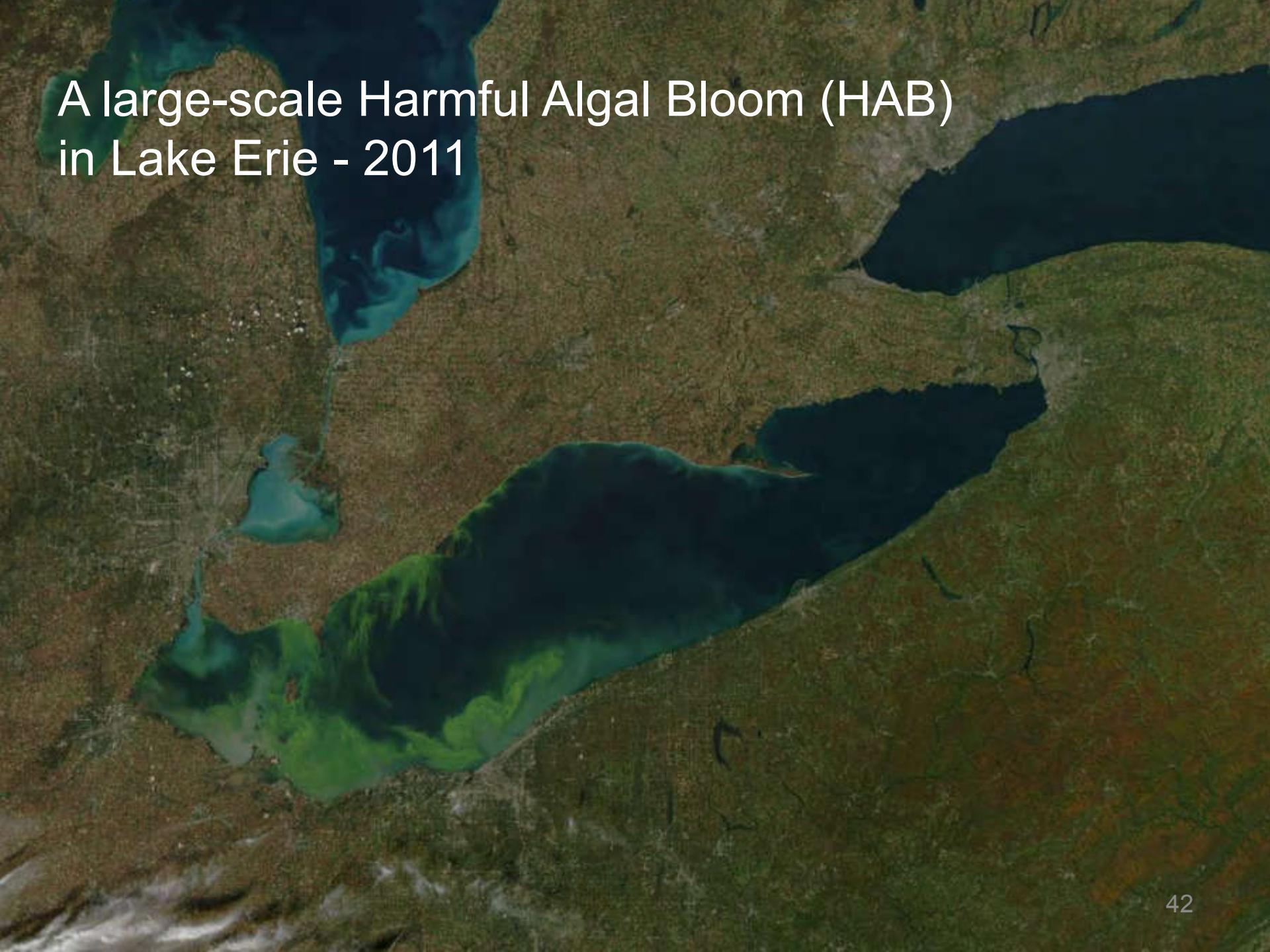


World's Largest Research Initiative on Blue-Green Algae

- **12,3M\$ over four years**
- **30+ research institutions and partners:
local, provincial, federal and international**



A large-scale Harmful Algal Bloom (HAB) in Lake Erie - 2011

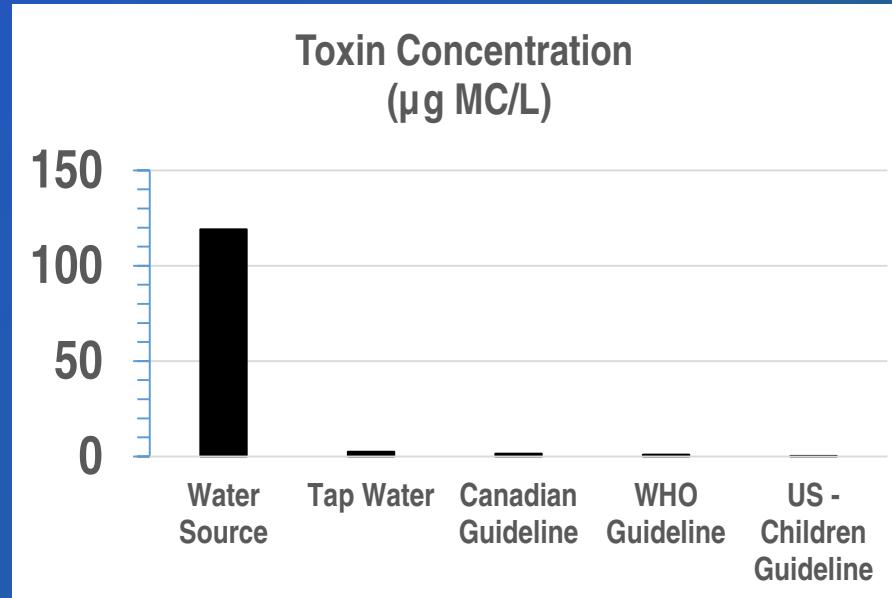
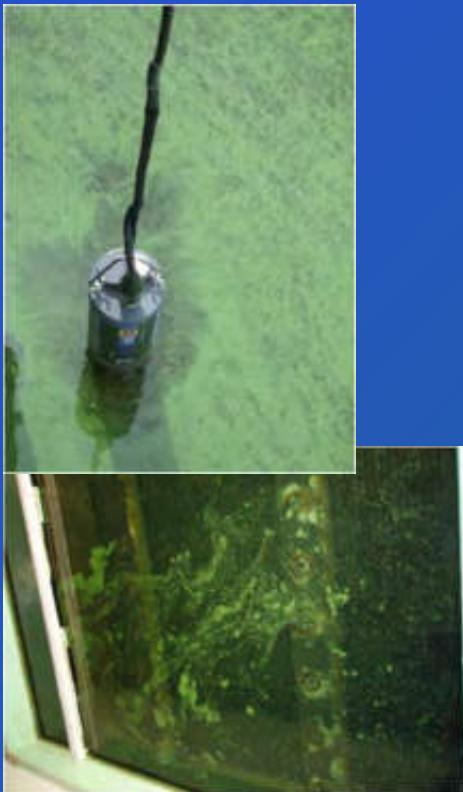


In 2015 - situation is not improving...



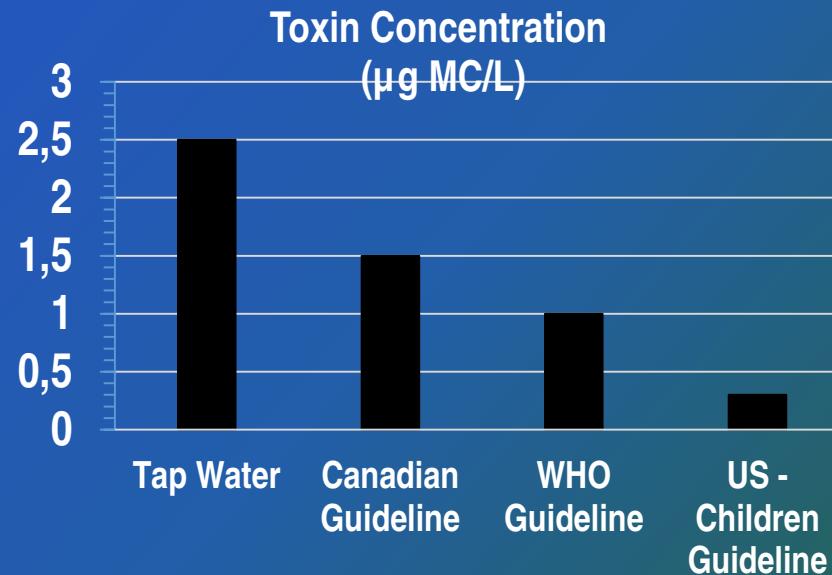
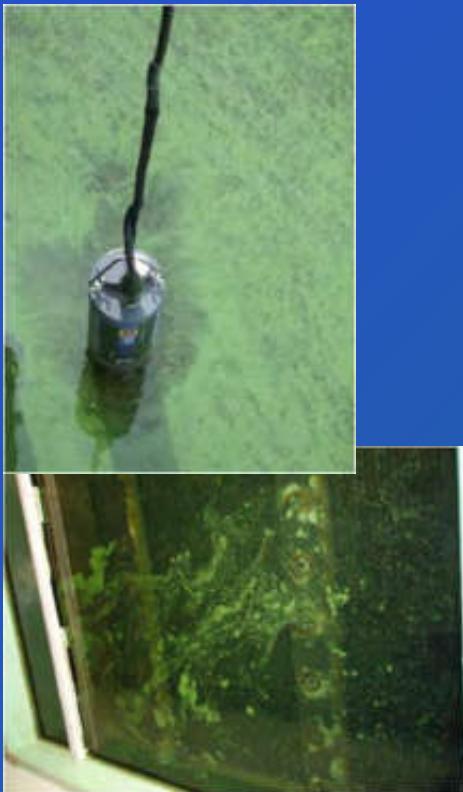
A satellite image of a Lake Erie algal bloom, taken on September 6, 2015
(NASA Worldview)

Drinking Water Treatment Plant



- River water was at $119 \mu\text{g MC/L}$
- Tap water was at $2.5 \mu\text{g MC/L}$
- Guideline to protect children is $0.3 \mu\text{g MC/L}$ (USEPA June 2015)

Drinking Water Treatment Plant



- River water was at $119 \mu\text{g MC/L}$
- Tap water was at $2.5 \mu\text{g MC/L}$
- Guideline to protect children is $0.3 \mu\text{g MC/L}$ (USEPA June 2015)

Solutions

Short term

Long term

- Optimized strategies for drinking water treatment
- More sensitive and accurate diagnosis of toxicity
- Early warning of toxic blooms
- Prevention via regulation, cost-sharing, and economic instruments



Adopte-un-Lac

Sampling date	Sampling site	ANA-a	[Asp ³]MC-RR	MC-RR	MC-LR	MC-HiiR	MC-LA	AP-A	AP-B
2018-05-26	Lac Juneau	ND	ND	ND	89 ± 61	ND	ND	ND	ND
2018-06-03	Lac aux Bouleaux	32 ± 45*	ND	ND	47 ± 67*	52 ± 38	ND	ND	ND
2018-06-25	Lac Moffatt	ND	ND	18 ± 26*	85 ± 60	ND	ND	ND	ND
2018-07-14	Lac Roxton	ND	ND	ND	ND	111 ± 58	23 ± 10*	ND	1,160 ± 870
2018-07-28	Réservoir Choinière	38 ± 53*	ND	ND	1,240 ± 460	ND	ND	ND	107 ± 4
2018-07-28	Lac Brome	35 ± 49*	ND	49 ± 1	ND	ND	ND	ND	ND
2018-07-28	Lac Memphrémagog	ND	252 ± 142	278 ± 27	3,500 ± 920	ND	80 ± 6*	8,280 ± 170	10,000 ± 3200
2018-07-28	Lac Waterloo	ND	ND	ND	ND	70 ± 21	ND	ND	162 ± 14
2018-08-05	Lac à la Tortue	ND	24 ± 33	ND	37 ± 23*	ND	ND	ND	ND
2018-08-22	Lac McKay	54 ± 33	ND	ND	29 ± 10*	65 ± 18	690 ± 200	ND	ND
2018-09-01	Lac Pohénégamook	23 ± 33*	ND	ND	48 ± 16*	30 ± 4*	ND	85 ± 17	53 ± 10
2018-09-03	Lac aux Cygnes	79 ± 12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2018-09-03	Lac René	59 ± 38	ND	ND	138 ± 58	ND	ND	ND	ND
2018-09-17	Lac des Îles	54 ± 1	ND	ND	64 ± 33	ND	ND	ND	ND
2018-09-19	Muskrat Lake, ON	58 ± 2	ND	17 ± 12*	306 ± 28	32 ± 25*	ND	88 ± 20	83 ± 30
2018-09-30	Lac Mimi	ND	32 ± 5	ND	108 ± 9	ND	ND	ND	ND



<https://fas.umontreal.ca/adopte-un-lac/>

Polluants de demain

Valorisation des biosolides par la mise en place de l'économie circulaire va élargir le spectre des contaminants « agricoles »

Nouveaux matériaux pour la capture et le stockage d'énergie

Liquides ioniques

Perfluorés (aujourd'hui et demain)!

Cyanotoxines

Nouveaux pesticides

Conclusions - Émergents dans l'environnement

- On peut certainement détecter les contaminants émergents dans l'environnement mais difficile de démontrer la présence ou l'absence de risques
- La présences de ces contaminants soulèvent des questions pour certaines problématiques:
 - **Contribution à la résistance aux antibiotiques**
 - **Agir comme perturbateurs endocriniens**
 - **Potentiel pro-inflammatoire et cancérogène**
 - **Vecteurs d'exposition (eau, air, nourriture)**
 - **Exposition chronique**
 - **Santé des sols**



Questions ou pdf?

sebastien.sauve@umontreal.ca

