

Nicolas Gilbert,¹ Sung Vo Duy,² Paul Fayad,² Sébastien Sauvé,² André Lajeunesse¹

¹ Université du Québec à Trois-Rivières; ² Université de Montréal

Résumé

- Ce projet de recherche en chimie environnementale forensique a pour but de développer une nouvelle méthode analytique pour la détection et la quantification de résidus de drogues illicites dans les effluents municipaux.
- Parmi les drogues à l'étude figurent la cocaïne, l'ecstasy (MDMA) et le fentanyl, accompagnées de leurs métabolites respectifs.
- L'un des principaux objectifs du projet est de proposer de nouveaux outils d'investigation en criminalistique permettant d'orienter les enquêtes policières et contribuer au renseignement criminel. En l'occurrence, certaines données cumulées fourniront de précieuses informations sur les types de drogues illicites consommées, mais également sur leur taux de consommation estimés dans les grandes villes canadiennes.

Introduction

- À ce jour, peu d'outils d'investigation sont disponibles pour estimer précisément les taux de consommation de drogues contrôlées. [1]
- Le dosage des drogues et métabolites excrétés dans l'urine par le corps humain permettrait d'y parvenir. [1-2]
- La méthodologie proposée avec utilisation de la spectrométrie de masse implique une certaine connaissance du métabolisme des substances illicites investiguées (Tableau 1). [1-3, 4]

Tableau 1. Proportion excrétée dans l'urine des drogues illicites et métabolites investigués dans le cadre de cette étude.

Substance	Proportion excrétée (%)
Cocaïne	9
Benzoylcgonine	45
MDMA	15
MDA	1,5
Fentanyl	0,4 à 6
Norfentanyl	26 à 55

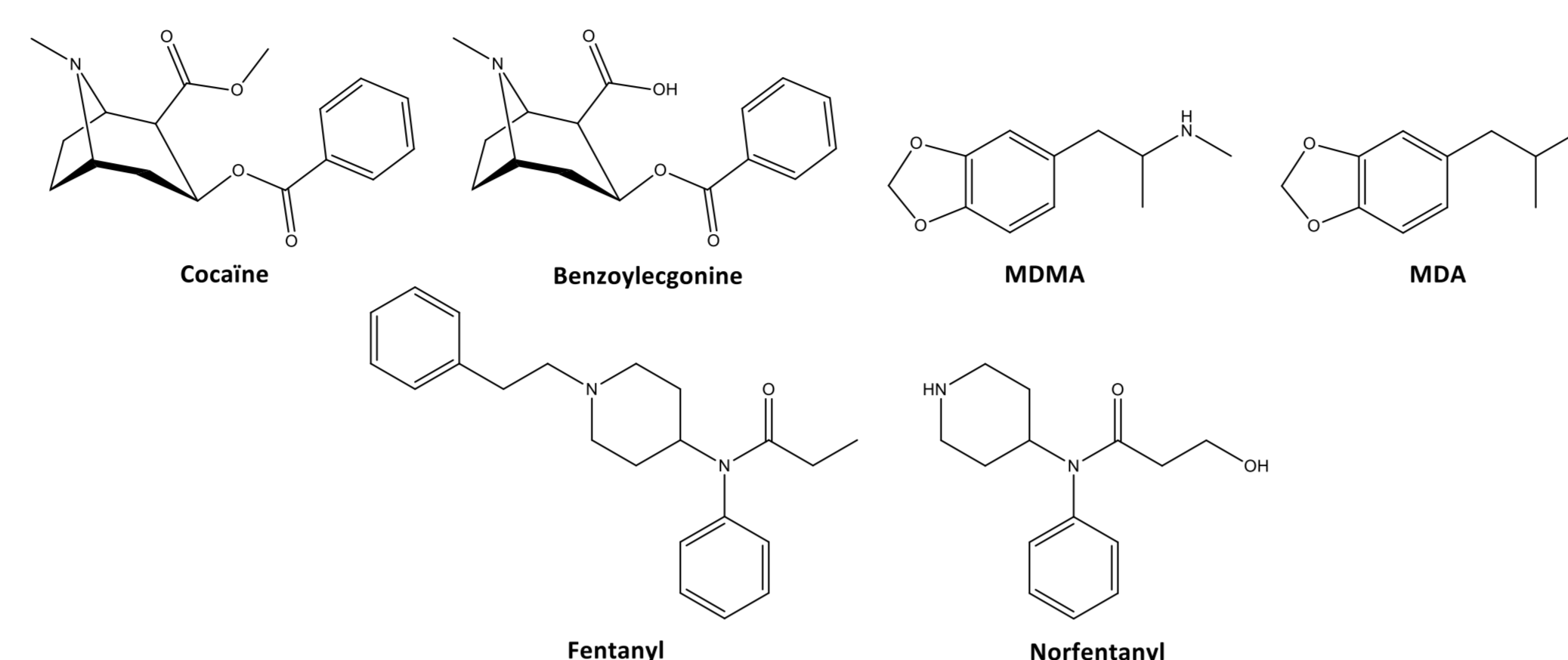
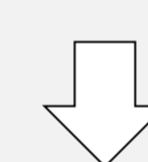


Figure 1. Structures moléculaires des drogues illicites à l'étude.

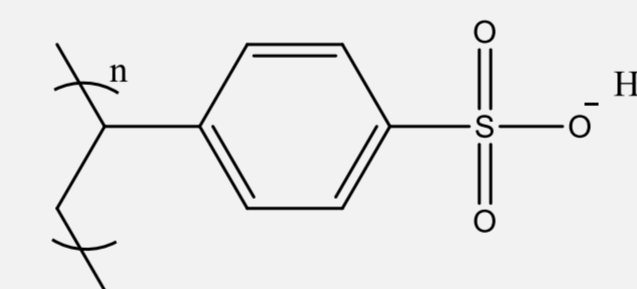
Méthode

Schéma du protocole d'extraction [5]

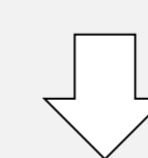
1. Filtrations des eaux usées sur entonnoir Büchner



2. Extraction solide-liquide (cartouches Strata X-C®, 100mg, 6mL)



3. Désorption NH₄OH 5% dans méthanol



4. Reconstitution phase mobile ACN / NH₄HCO₃ 5mM (1 : 1)



5. Injection au LC-MS/MS

Résultats et Discussion

- Divers tests de validation pour évaluer l'efficacité de la méthode d'extraction ont été complétés à partir d'échantillons d'effluent prélevés à la station d'épuration de la Ville de Québec (secteur Est). Les résultats sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Paramètres de validation de la méthode d'extraction développée (* Domaine linéarité: ajouts 50 – 500 ng / L) avec de l'effluent et concentrations calculées à partir d'extraits d'effluent de la Ville de Québec - Secteur Est.

Substances	Transitions MRM (m/z)	LDM (ng/L)	Linéarité - R ² Ajouts dosés* (n=5)	% Récupération Strata X-C® (n=3)	% Effets de matrice (n=3)	Concentration effluent ng / L (n=3)
Cocaïne	304 -> 182, 82	0,5	0,9997	97,2 ± 1,5	-77,2	251 ± 1
Cocaïne-d3	307 -> 185	---	---	---	---	---
Benzoylcgonine	290 -> 168, 105	26	0,9960	95,9 ± 4,0	-64,1	859 ± 59
Benzoylcgonine-d3	293 -> 171	---	---	---	---	---
MDMA	194 -> 163, 105	1,3	0,9996	62,0 ± 4,7	0,1	12,6 ± 0,2
MDMA-d5	199 -> 107	---	---	---	---	---
MDA	180 -> 163, 105	7,5	0,9978	76,2 ± 4,0	-52,9	52,5 ± 11,7
MDA-d5	185 -> 168	---	---	---	---	---
Fentanyl	337 -> 188, 105	0,1	0,9997	97,6 ± 1,9	5,0	2,8 ± 0,1
Fentanyl-d5	342 -> 105	---	---	---	---	---
Norfentanyl	233 -> 150, 84	2,2	0,9998	92,6 ± 3,7	0,1	7,4 ± 0,9
Norfentanyl-d5	238 -> 84	---	---	---	---	---

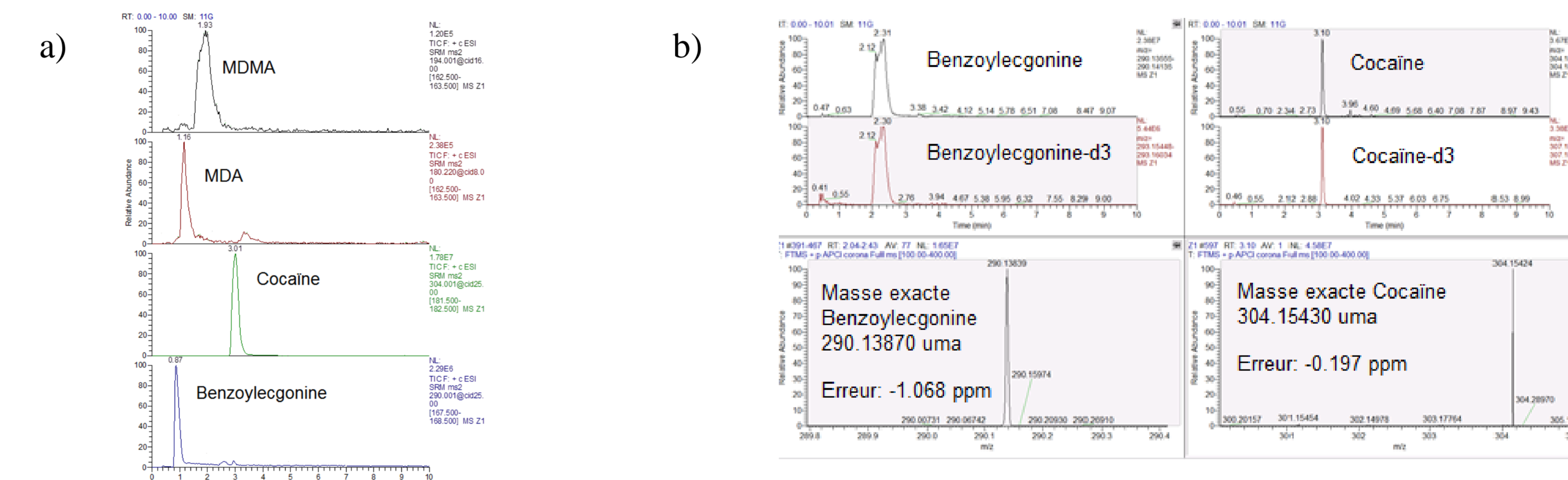


Figure 2. Chromatogrammes LC-MS/MS obtenus après injection d'un extrait d'effluent: a) détection avec spectromètre de masse de type triple quadripôle (QqQ), b) confirmation avec spectromètre de masse haute résolution de type Orbitrap.

- Soit Q, la quantité de drogue rejetée (en g / jour · 1000 personnes) [6]

$$Q = c \cdot V \cdot \frac{1000}{P} \quad \text{où } c = \text{concentration des eaux usées (g / L), } V = \text{volume rejeté quotidiennement par l'effluent (L), } P = \text{population desservie par l'effluent (nombre de personnes)}$$

- Soit D, la consommation de drogue (en doses / jour · 1000 personnes)

$$D = \frac{Q}{R_e} \cdot \frac{1}{d} \quad \text{où } R_e = \text{ratio excrété, } d = \text{dose « normale » (g / dose)}$$

- Des taux de consommations de 14,5 (± 0,1), 1,46 (± 0,02) et 0,46 (± 0,02) en dose / jour · 1000 personnes ont été respectivement estimés pour la cocaïne, le MDMA et le fentanyl.

Conclusion

- La méthode validée permet une extraction efficace et spécifique des drogues étudiées.
- Toutes les substances analysées par spectrométrie de masse ont été détectées dans les extraits d'effluent à des concentrations variant entre 2,8 et 859 ng / L.
- Des taux de consommation préliminaires de drogues illicites ont été estimés avec la méthode développée. D'autres résultats seront cumulés pour alimenter de futures bases de données.

Remerciements

Je tiens à remercier le professeur André Lajeunesse pour son appui essentiel dans ce projet, mais également Charles Gauthier, Jocelyn Bouchard, le professeur Claude Daneault et le Dr. Khalil Jradi pour l'aide apportée. Les dirigeants de la ville de Québec sont aussi remerciés pour leur collaboration tout au long de ce projet. L'étude est financée par le Canadian Water Network (CWN).

[1] B. Kasprzyk-Hordern, R. M. Dinsdale, A. J. Guwy. Environ. Pollution., 157: 1773-1777 (2009).
 [2] C. Metcalfe, K. Tindale, H. Li, A. Rodayan, V. Yargeau. Environ. Pollution, 158: 3179-3185 (2010).
 [3] T. T. Abraham *et al.* Journal of Analytical Toxicology, 33: 439-446 (2009)
 [4] Valaer A. K. *et al.* Journal of Chrom. Science, 35: 461-466 (1997)
 [5] www.phenomenex.com (page consultée le 5 mars 2014), Note d'application, protocole adapté
 [6] E. Zuccato, C. Chiabrando, S. Castigliano, R. Bagnati, R. Fanelli. Environ. Health Perspect., 116: 1027-1032 (2008).