

Drogues dans les eaux usées : contaminants environnementaux émergents et outils prometteurs en épidémiologie de la consommation en stupéfiants

Période : février 2010 à août 2010

Laetitia THEUNIS

Université de Liège (Belgique) – Département des sciences et Gestion de l'Environnement (Laboratoire d'Écologie Animale et d'Écotoxicologie) – Liège

Mots clés : Amphétamine, Cocaïne, Consommation, Drogue, Eaux usées, Station d'épuration

Les eaux usées représentent une des principales sources d'apport en polluants dans les eaux de surface. Leur contamination par les composés pharmaceutiques a fait la part belle à la recherche durant la dernière décennie. Lors de la conception des processus de traitement des eaux dans les stations d'épuration, ces molécules mais aussi d'autres, comme les stupéfiants, n'ont pas été prises en compte. Ainsi, récemment, des chercheurs ont pu mettre en évidence la présence significative de drogues et de leurs métabolites urinaires dans le milieu aquatique (Zuccato et Castiglioni, 2009).

L'usage de substances illicites est un problème de santé publique majeur. La consommation de cocaïne et de cannabis a fortement augmenté lors de la dernière décennie (EMCDDA⁽¹⁾, 2009). L'augmentation des coûts de santé et de l'incidence de la criminalité, ne sont que deux exemples des multiples conséquences sociétales de la consommation de stupéfiants. Afin de mettre sur pieds des actions et des campagnes de prévention cohérentes, les décideurs ont besoin de connaître la prévalence, les niveaux et les tendances de consommation ainsi que les régions à problèmes. Actuellement, ils n'ont à leur disposition que des estimations indirectes, basées sur des statistiques policières, des sondages dans la population, etc.

Afin d'objectiver la consommation en cocaïne, Zuccato *et al.* (2005) ont mis au point une approche méthodologique basée sur la mesure, dans les eaux usées entrant dans les stations d'épuration, de la concentration en cocaïne et en son métabolite urinaire principal, la benzoylecgonine. En effet, après prise de stupéfiants, les urines des consommateurs suivent le chemin des égouts, et arrivent en entrée de station d'épuration. Depuis lors, des avancées analytiques permettent la mesure simultanée d'un cocktail de drogues illicites, et d'en estimer la consommation (Castiglioni *et al.*, 2008).

Estimation de la consommation en cocaïne, amphétamines et MDMA par l'analyse des eaux usées, en Europe occidentale – exemple de Paris (France)

Karolak S, Nefau T, Bailly E, Solgadi A, Levi Y. Estimation of illicit drugs consumption by wastewater analysis in Paris area. *Forensic Sci Int.* 2010; 200: 153-160.

Analyse

Exploitant la méthode de calcul de consommation de cocaïne mise au point par Zuccato *et al.* (2005), Karolak *et al.* (2010) livrent une première estimation, *via* l'analyse chimique des eaux entrant dans les stations d'épuration, de la consommation parisienne en cocaïne, 3,4-méthylènedioxyméthamphétamine (MDMA⁽²⁾), amphétamine et buprénorphine, médicament utilisé dans le traitement de la dépendance aux opiacés. Pour ce faire, 4 stations d'épuration ont été sélectionnées, en prenant en compte deux types de traitements biologiques (boues activées et

filtres biologiques), un volume suffisant d'eau traitée, un nombre important d'habitants desservis ainsi que leur milieu social.

Les échantillons d'eau collectés durant différentes campagnes de prélèvement de quelques jours ont été séparés sur colonne et analysés par chromatographie liquide à haute pression, couplée à un spectromètre de masse en tandem (HPLC-MS/MS⁽³⁾), après extraction en phase solide (SPE⁽⁴⁾).

En région parisienne, les analyses des eaux usées ont mis en avant la présence de cocaïne, benzoylecgonine et MDMA en quantités non négligeables. L'amphétamine, quant à elle, n'a pu être quantifiée.

La cocaïne est beaucoup plus largement consommée à Paris qu'en banlieue. Cela se traduit par des concentrations plus importantes dans les eaux de la station d'épuration desservant Paris, que dans les trois autres stations collectant les eaux usées de banlieues. Les auteurs ont pu mettre en évidence le mode de consommation récréatif de la cocaïne en objectivant une nette augmentation de l'abus durant le week-end, par rapport à des

jours de semaines, la plus forte consommation correspondant d'ailleurs à la fête de la musique. Ainsi, la consommation de cocaïne augmente fortement à Paris le week-end (979 mg/jour/1000 jeunes adultes) par rapport à un jour de semaine (645 mg/jour/1000 jeunes adultes). Ce phénomène n'a pas été observé en banlieue, où bars et clubs se font beaucoup plus rares. À titre de comparaison, Zuccato *et al.* (2005) avaient estimé une consommation en cocaïne en Italie égale à 1700 +/- 700 mg/jour/1000 jeunes adultes âgés de 15 à 34 ans. Selon cette évaluation, la consommation en drogue semble moindre à Paris qu'en Italie, ce qui corrobore les données épidémiologiques du European Monitoring Center for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA). En effet, selon le rapport 2009, basé sur des chiffres nationaux, 1,2 % des jeunes français auraient consommé de la cocaïne durant la dernière année, contre 3,1 % en Italie.

La consommation en MDMA est elle aussi récréative et augmente durant le week-end à Paris. Elle a été évaluée à 7,2 mg/jour/1000 jeunes adultes en semaine, contre 15,4 mg/jour/1000 jeunes adultes durant le week-end. La consommation parisienne en ecstasy est similaire à celle estimée par Zuccato *et al.* (2008) sur la population totale de Lugano (12 mg/jour/1000 personnes).

La consommation en drogues est estimée sur base de leurs concentrations à l'entrée des stations d'épuration; alors que l'évaluation de l'efficacité des processus épuratoires à éliminer ces molécules nécessite de surcroît une analyse des eaux à la sortie de ces stations d'épuration.

L'analyse des effluents a révélé un vecteur de contamination du milieu naturel par ces polluants émergents. En effet, les processus épuratoires utilisés ne sont pas optimaux, permettant à des eaux contaminées par de la cocaïne, de la benzoylcgonine et de la MDMA d'être rejetées dans les eaux de surface. Le traitement biologique le moins efficace serait constitué des filtres biologiques, avec des pourcentages de dégradation de ces trois molécules de 89,6 %, 69 % et 48,6 % respectivement; contre >90 %, >84 % et >68 % respectivement, pour les boues activées.

Commentaire

Cet article permet d'objectiver, pour la première fois par l'analyse des eaux usées, la consommation en cocaïne et en MDMA en région parisienne, et apporte une information complémentaire aux études épidémiologiques et registres policiers utilisés par le European Monitoring Center for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA) pour son rapport annuel traitant du problème de la drogue en Europe. On peut regretter que la campagne de prélèvement ait eu lieu en été, alors que les conditions de milieu hivernal permettent une plus grande garantie de moindre dégradation chimique.

Dans les calculs utilisés par les auteurs, deux facteurs importants ne sont pas pris en compte: la dégradation naturelle de la cocaïne en benzoylcgonine; ainsi que la quantité de MDMA (et d'amphétamines) provenant des déversements illégaux de déchets issus de la production synthétique clandestine. Cela conduit vraisemblablement à une surestimation des quantités de drogues consommées. Une future collaboration avec les organismes de Police permettrait d'obtenir une estimation de

ces déversements illégaux et de l'inclure dans le modèle de calcul de la consommation de drogues.

Estimation de la consommation en cocaïne, héroïne, amphétamine, ecstasy, marijuana, méthadone et codéine par l'analyse des eaux usées, dans un pays en transition – exemple de la ville de Zagreb (Croatie)

Terzic S, Senta I, Ahel M. Illicit drugs in wastewater of the city of Zagreb (Croatia) – estimation of drug abuse in a transition country. Environ Pollut. 2010; 158: 2686-2693.

Analyse

Terzic *et al.* (2010) ont recherché, par chromatographie liquide à haute pression, couplée à un spectromètre de masse en tandem (HPLC-MS/MS)³, plusieurs substances psycho-actives et leurs métabolites dans les eaux de la station d'épuration de Zagreb, en utilisant une procédure analytique simplifiée issue de celle proposée par Huerta-Fontela *et al.* (2007).

Cette station d'épuration dessert 83 % de la population de Zagreb, elle-même représentant 18 % de la population croate. Les mesures se sont étalées sur un intervalle total de 8 mois, dont 9 semaines consécutives au printemps à raison de deux mesures par semaine (mardi et dimanche) pour évaluer la variation intra-semaine de la consommation en stupéfiants.

Au vu des résultats publiés dans cette étude, le processus épuratoire des boues activées est loin d'être efficace pour retirer les stupéfiants des eaux avant rejet dans les eaux de surface. En effet, les auteurs estiment des taux d'élimination, qui plus est sujets à de très fortes variations, d'environ 80 % pour la morphine et la 6-acétylmorphine, 60 % pour l'amphétamine, 40 % seulement pour la cocaïne, la benzoylcgonine, l'ecstasy et la codéine, 20 % pour la méthadone et enfin <5 % pour le 2-éthylidène-1,5-diméthyle-3,3-diphénylpyrrolidine (EDDP⁽⁵⁾).

S'inspirant de la méthode développée par Zuccato *et al.* (2005), les auteurs montrent que la consommation de cocaïne et d'ecstasy augmente le week-end, lors des sorties dans les clubs et les bars. Ainsi, par rapport à un jour de semaine, elle double pour la cocaïne, et peut être jusqu'à plus de 10 fois plus importante pour l'ecstasy.

Globalement, la consommation estimée par les auteurs et exprimée en mg/jour/1000 personnes âgées de 15 à 64 ans, est de 235 pour la cocaïne, 408 pour l'héroïne, 5,1 pour l'ecstasy, 14 pour l'amphétamine et 3 690 pour la marijuana.

En termes de consommation de stupéfiants, la Croatie se distingue des pays d'Europe occidentale par une consommation élevée en héroïne et faible en cocaïne.

Commentaire

La qualité du processus épuratoire mis en place à Zagreb est variable en ce qui concerne l'élimination des stupéfiants avant rejet des eaux dans le milieu naturel. En effet, il peut être moyen pour un composé comme la morphine (taux d'élimination de 80 %), mais médiocre pour l'EDDP (< 5 %). Cela laisse craindre

une contamination chronique émergente des eaux de surface. Dans l'estimation de l'abus de drogues, les auteurs n'ont pas pris en compte les utilisations médicales de ces substances psycho-actives. En effet, différents produits pharmaceutiques comprenant des molécules psycho-actives sont utilisés par la population générale. Sous peine d'obtenir des résultats surestimés, les calculs de consommation récréative doivent tenir compte, pour chaque stupéfiant, du nombre de kilos de substances actives d'usage exclusivement médical. Aussi, la morphine et la 6-acétylmorphine sont les molécules recherchées par les auteurs pour objectiver la consommation en héroïne. Or, la morphine est largement utilisée dans le domaine médical. Celle-ci et son métabolite ne sont dès lors pas spécifiques de l'abus d'héroïne. Cette remarque peut certainement expliquer en partie les valeurs très élevées de l'estimation de la consommation en héroïne par les auteurs.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La grande variabilité de la qualité (laquelle s'échelonne de moyen à médiocre) des processus épuratoires par boues activées et filtres biologiques relatés dans ces études, laisse craindre une contamination émergente chronique du milieu aquatique par les stupéfiants et leurs métabolites urinaires. Une comparaison exhaustive des taux d'élimination des stupéfiants par les différents processus épuratoires existants mériterait d'être menée. La méthode d'estimation de la consommation en stupéfiants présentée ici nécessite encore des développements. En effet, la détermination de la concentration en drogues et en leurs métabolites dans les eaux usées à l'entrée des stations d'épuration comprend des inexactitudes : elle néglige l'adsorption particulière, la dégradation chimique durant le transport entre le rejet et la station d'épuration, la distinction entre différentes formes chirales lors de l'analyse, le dépôt ponctuel clandestin de quantités importantes de drogues dans les réseaux d'eaux usées ainsi que les usages médicaux. Dû aux approximations et extrapolations, le calcul permettant l'estimation de la consommation est lui aussi vraisemblablement entaché de biais possibles.

Afin de palier à ces biais, différentes solutions sont envisageables. Par exemple, réaliser des tests de stabilité temporelle et d'adsorption ; inclure la séparation chirale⁽⁶⁾ si nécessaire ; rechercher préférentiellement les métabolites spécifiques de la consommation humaine ; effectuer des études pharmacocinétiques supplémentaires concernant les différentes voies de consommation etc. La recherche scientifique doit continuer à aller de l'avant dans ce domaine.

L'estimation de l'épidémiologie de la consommation en stupéfiants tirée des analyses d'eaux usées est, outre d'information additionnelle aux études socio-épidémiologiques classiques, un outil prometteur pour l'évaluation rapide de l'usage de drogues à petite échelle géographique, telles les villes et les départements. D'autres auteurs ont d'ores et déjà montré l'utilité de cet outil à l'échelle nationale (van Nuijs *et al.*, 2009a, 2009b, 2009c).

Les résultats obtenus peuvent être directement exploitables et utilisés par les décideurs en matière de gestion des drogues afin d'identifier rapidement les régions à problèmes et d'établir ainsi des priorités dans la politique de lutte contre les stupéfiants.

Lexique

- (1) EMCDDA : acronyme de European Monitoring Center for Drugs and Drug Addiction. Cette entité produit chaque année un rapport traitant de l'abus de drogues en Europe.
- (2) MDMA : 3,4-méthylènedioxyméthamphétamine = ecstasy.
- (3) HPLC-MS/MS : chromatographie Liquide à Haute Pression, couplée à un spectromètre de masse en tandem.
- (4) SPE : extraction en phase solide.
- (5) EDDP : 2-éthylidène-1,5-diméthyle-3,3-diphénylpyrrolidine. Il s'agit du métabolite de la méthadone.
- (6) Séparation chirale : deux molécules chirales ont la même structure chimique et sont images l'une de l'autre dans un miroir tout en n'étant pas superposables. Elles ont ainsi des activités optiques différentes. La séparation des énantiomères est possible notamment grâce à la chromatographie chirale.

Revue de la littérature

van Nuijs ALN, Castiglioni S, Tarcomnicu I, *et al.* Illicit drug consumption estimations derived from wastewater analysis: A critical review. *Sci Total Environ.* 2010 ; sous presse.

Publications de référence

Castiglioni S, Zuccato E, Crisci C, *et al.* Identification and Measurement of Illicit Drugs and Their Metabolites in Urban Wastewater by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Anal Chem.* 2006 ; 78 : 8421-8429.

Castiglioni S, Zuccato E, Chiabrando C *et al.* Mass spectrometric analysis of illicit drugs in wastewater and surface water. *Mass Spectrom Rev.* 2008 ; 27 : 378-94.

European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA). The state of the drug problem in the European Union and Norway. Annual Report 2009. Lisbon : EMCDDA. 2009.

Huerta-Fontela M, Galceran MT, Ventura F. Ultrapformance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry Analysis of Stimulatory Drugs of Abuse in Wastewater and Surface Waters. *Anal Chem* 2007; 79: 3821-3829.

Kasprzyk-Hordern B, Dinsdale RM, Guwy A. Multi-residue method for the determination of basic/neutral pharmaceuticals and illicit drugs in surface water by solid-phase extraction and ultra performance liquid chromatography-positive electrospray ionisation tandem mass spectrometry. *J Chromatogr A.* 2007; 1161 : 132-145.

van Nuijs ALN, Pecceu B, Theunis L et al. Cocaine and metabolites in waste and surface water across Belgium. *Environ Pollut.* 2009a; 157: 123-129.

van Nuijs ALN, Pecceu B, Theunis L, et al. Spatial and temporal variations in the occurrence of cocaine and benzoylecgonine in waste- and surface water from Belgium and removal during wastewater treatment. *Water Res.* 2009b; 43: 1341-1349.

van Nuijs ALN, Pecceu B, Theunis L, et al. Can cocaine use be evaluated through analysis of wastewater? A nation-wide approach conducted in Belgium. *Addiction.* 2009c; 104: 734-741.

van Nuijs ALN, Tarcomnicu I, Jorens PG, et al. Analysis of drugs of abuse in wastewater by hydrophilic interaction liquid chromatography– tandem mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem.* 2009d; 395: 819-828.

Winter M, Cohen P, Langemijer M, et al. European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction - Methodological study to compare the effect of different methods of data collection on the prevalence of self-reported drug use in General Population Surveys. 2000; 128 p.

Zuccato E, Chiabrando C, Castiglioni S, et al. Cocaine in surface waters: a new evidence-based tool to monitor community drug abuse. *Environ Health.* 2005; 4 : 4-14.

Zuccato E, Chiabrando C, Bagnati R, et al. Illicit drugs, a novel group of environmental contaminants. *Water Res.* 2007; 42: 961-968.

Zuccato E, Chiabrando C, Castiglioni S, et al. Estimating community drug abuse by wastewater analysis, *Environ Health Perspect.* 2008; 116: 1027-1032.

Zuccato E, Castiglioni S. Illicit drugs in the environment. *Philos Transact A Math Phys Eng Sci.* 2009; 367: 3965-3978.

Bolesa TH, Wells MJM. Analysis of amphetamine and methamphetamine as emerging pollutants in wastewater and wastewater-impacted streams. *J Chromatogr A.* 2010; 1217 : 2561-2568.

Cet article technique aborde la méthodologie d'analyse, de préparation des échantillons, de séparation et de détection des composés amphétaminiques. Leur quantification dans des stations d'épuration a permis l'évaluation de la consommation municipale en ces stupéfiants.

Kasprzyk-Hordern B, Kondakal VVR, Baker DR. Enantiomeric analysis of drugs of abuse in wastewater by chiral liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *J Chromatogr A.* 2010; 1217 : 4575-4586.

Cet article très technique traite des différentes formes chirales à identifier lors de l'analyse ainsi que des différences en termes d'élimination de stupéfiants des eaux usées, entre processus épuratoires.

Ort C, Lawrence MG, Orgieckermann J et al. Sampling for Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) and Illicit Drugs in Wastewater Systems: Are Your Conclusions Valid? A Critical Review. *Environ Sci Technol.* 2010; 44: 6024-6035.

Cet article met en avant l'influence de la technique d'échantillonnage des effluents pour des contaminants émergents tels les résidus de drogues, et propose des lignes directrices pour cet échantillonnage.

Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

Cocaine, Consumption, Drug, Wastewater treatment plant, Water.

Autres publications identifiées

Postigo C, López de Alda M, Barceló D. Evaluation of drugs of abuse use and trends in a prison through wastewater analysis. *Environ Int.* 2010; 37: 49-55.

Les auteurs dressent, pour la première fois, un tableau quantitatif de la consommation en stupéfiants dans le milieu carcéral, par analyse des eaux usées.