

L'analyse des drogues dans les eaux usées : outil d'estimation des consommations, application en milieu carcéral

Thomas Néfau (OFDT), Olivier Sannier (Direction de l'administration pénitentiaire),
Cécile Hubert, Sara Karolak et Yves Lévi (Laboratoire Santé publique - Environnement,
CNRS UMR 8079, UPSUD)

NOTE 2017-01
SAINT-DENIS, MARS 2017



L'état des lieux concernant les niveaux d'usage et la diffusion des drogues illicites repose sur un certain nombre de données chiffrées, émanant à la fois des statistiques des services d'application de la loi (douane, police, gendarmerie), de sources sanitaires (constats, déclarations...) et des enquêtes épidémiologiques. Outre les biais éventuels de ces ressources (sous- ou sur-estimation d'un phénomène), une des difficultés qui se pose lorsqu'il s'agit d'estimer les consommations de drogues illicites tient au temps et au coût nécessaires à la mise en place d'enquêtes, l'analyse de ces éléments et la synthèse des résultats. Durant les années 2000, une nouvelle méthode a été développée pour estimer les consommations de substances psychotropes : la recherche des résidus de drogues dans les eaux usées. Dans un premier temps, l'analyse des prélèvements des affluents de station d'épuration (STEP) a permis de mesurer les quantités de drogues et métabolites rejetées par une population (à travers les urines et les fèces) (Daughton 2011). Puis, en

2005, une formule permettant d'utiliser ces quantités mesurées pour estimer les quantités ayant pu être consommées dans la zone définie par le réseau d'évacuation des eaux usées relié au point de prélèvement a été proposée (Zuccato *et al.* 2005). Cette méthode innovante, *sewage epidemiology* ou « épidémiologie à partir des eaux usées » en français est, une dizaine d'années plus tard, appliquée dans de nombreux pays.

En 2011, un groupe de chercheurs sur cette thématique s'est réuni pour proposer une étude européenne consistant à réaliser une campagne de prélèvements durant une semaine,

Méthode	2
Sélection du point de prélèvement	3
Méthode de prélèvement	3
Méthode d'analyse	4
Calcul des quantités consommées	4
Incertitude et limites	6
État de l'art	8
Cas particulier : la prison, zone fermée	11
L'analyse des eaux usées en milieu pénitentiaire (revue de la littérature)	11
Intérêt de l'utilisation de cet outil en milieu carcéral français	12
Considérations éthiques	12
Analyse des eaux usées en milieu carcéral en France : étude de faisabilité	13
Discussion-conclusion	18
La consommation de cannabis en milieu carcéral semble massive voire endémique	18
Les consommations d'héroïne et de cocaïne en milieu carcéral apparaissent marginales	18
L'analyse des eaux usées doit être approfondie afin d'apporter les preuves nécessaires aux actions de prévention et de promotion pour la santé	19
Bibliographie	20

simultanément sur l'ensemble des villes impliquées. La première étude de comparaison des taux de consommation en Europe utilisant cette méthode a réuni 19 grandes villes européennes dont Paris (Thomas *et al.* 2012). Aujourd'hui, cette étude s'étend à plus de 25 villes, dont quelques-unes au-delà du continent européen. En 2013, une première rencontre internationale *Testing the water* a été organisée par l'Agence de l'Union européenne sur les drogues (European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction, EMCDDA), basée à Lisbonne. Il s'agissait de rendre compte de tous les travaux sur ce sujet, qui a considérablement évolué tant dans la méthode que dans sa représentativité. Internationalement reconnu, cet outil conduit à une estimation objective de la consommation de drogues illicites dans un bassin de population donné, plus ou moins large en fonction du point de prélèvement sélectionné. Évidemment, cette méthode n'est pas exempte de biais et les résultats obtenus ne sont qu'un reflet de la situation à un moment précis et ne permettent pas d'avoir de données sur les prévalences de consommation ou les profils des usagers. Cependant, elle présente l'avantage de rendre possible une cartographie de la consommation de produits illicites, par quantité consommée et par type de produits en fonction de différents secteurs géographiques. La confrontation de ces éléments aux données économiques et sociales des régions étudiées, ainsi que la possibilité d'un suivi de la consommation dans le temps, apparaissent comme des applications pertinentes de cet outil pour une aide à la gestion aux actions de prévention et de réduction des risques liés aux usages de drogues illicites.

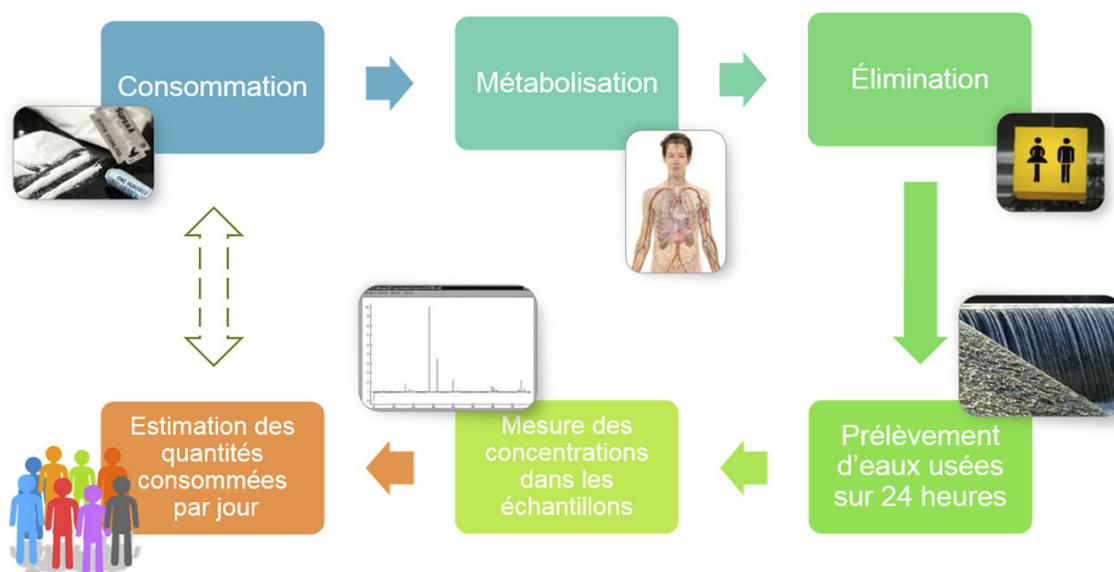
L'objectif de cette note est de présenter la méthode et son application dans le contexte particulier d'un travail de recherche universitaire initié en 2015 en milieu carcéral. Une première étude de faisabilité a été menée en France, dans trois établissements pénitentiaires. Les premiers résultats ainsi que les difficultés rencontrées, les limites et les considérations éthiques seront développés pour fournir tous les éléments nécessaires à la compréhension et à l'interprétation de ce type d'analyses.

MÉTHODE

Pour comprendre le détail de la méthode, il est nécessaire de rappeler qu'une drogue, par exemple de la cocaïne ou de l'héroïne, est composée de plusieurs molécules actives, respectivement de cocaïne ou d'héroïne et d'autres molécules actives, soit des résidus provenant de la fabrication ou de la dégradation, soit des produits de coupe ajoutés.

La cocaïne ou l'héroïne, en tant que molécules, une fois absorbées, vont être, avant ou après avoir atteint les récepteurs, métabolisées. La métabolisation transforme tout ou partie des molécules consommées en métabolites. Ainsi, ce sont ces métabolites mais également les molécules actives si la métabolisation n'est pas complète qui vont être éliminées dans les urines et/ou les fèces et qui se retrouveront dans les eaux usées (Figure 1). Schématiquement, la méthode consiste à prélever, analyser, quantifier, calculer, estimer la quantité de métabolites et de molécules actives présente dans un volume d'eaux usées lors d'une période déterminée. Cependant, à chaque étape, de nombreux paramètres sont à prendre en compte pour réduire un maximum les erreurs sur l'estimation finale des quantités de drogues consommées.

Figure 1 - Représentation schématique de la méthode d'estimation des quantités consommées à partir de l'analyse des eaux usées.



SÉLECTION DU POINT DE PRÉLÈVEMENT

Le point de prélèvement doit se trouver en un lieu où la provenance des eaux usées est parfaitement connue puisqu'il est nécessaire de bien cerner les canalisations d'un établissement ou le réseau de collecte des eaux usées d'un territoire pour appréhender la population qui y serait raccordée. En effet, bien qu'il existe des marqueurs chimiques et biologiques dans les eaux usées permettant l'estimation du nombre de personnes raccordées, cela ne permet pas d'évaluer l'étendue du réseau. Cette information est pourtant nécessaire pour pouvoir ensuite utiliser d'autres informations démographiques et interpréter les résultats obtenus. Une fois ce préalable établi, il faut choisir la méthode de prélèvement.

MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT

La caractéristique essentielle d'un prélèvement est sa représentativité : ce paramètre est d'autant plus important que les analyses sont faites pour évaluer l'efficacité des systèmes d'épuration ou évaluer la consommation de substances illicites. Dans ce contexte, le prélèvement ponctuel n'est pas du tout représentatif des flux de molécules et doit être proscrit.

Dans la plupart des études, les échantillonnages s'effectuent, en entrée et/ou en sortie des stations d'épuration (STEPS), sous forme de prélèvements moyennés au cours d'une période de 24 heures. Les prélèvements de ce type nécessitent l'emploi de préleveurs automatiques qui peuvent être réglés pour réaliser des prélèvements discontinus proportionnels au temps (Boleda *et al.* 2009 ; Castiglioni *et al.* 2006 ; Huerta-Fontela *et al.* 2008 ; Postigo *et al.* 2010 ; Zuccato *et al.* 2005), proportionnels au débit (Berset *et al.* 2010 ; Chiaia *et al.* 2008 ; Irvine *et al.* 2011 ; Karolak *et al.* 2010 ; Lai *et al.* 2011 ; Terzic *et al.* 2010 ; van Nuijs *et al.* 2009), ou dépendant d'une fraction volumétrique, par exemple un prélèvement de 100 mL tous les 1000 m³ (van Nuijs *et al.* 2011). Cependant, la modalité d'échantillonnage n'est pas toujours précisée (Boleda *et al.* 2007 ; Mari *et al.* 2009 ; Pedrouzo *et al.* 2011) et certains auteurs réalisent des prélèvements ponctuels malgré les lacunes que cela implique en termes de représentativité (Bones *et al.* 2007 ; Hummel *et al.* 2006 ; Kasprzyk-Hordern *et al.* 2010 ; Loganathan *et al.* 2009).

Les prélèvements discontinus, moyennés et proportionnels au temps ne tiennent pas compte des fluctuations de débit et ne reflètent pas l'augmentation des quantités de molécules émises au moment où les flux sont les plus importants. Les prélèvements proportionnels au volume seront d'autant moins espacés que le débit sera rapide et inversement, induisant un risque de ne pas prélever suffisamment quand le débit est lent et à un moment de rejet important des substances. Il a été établi que le protocole permettant de prélever un volume proportionnel au débit selon un intervalle de temps constant est le modèle le plus représentatif, avec une incertitude estimée à 5 % (Figure 2).

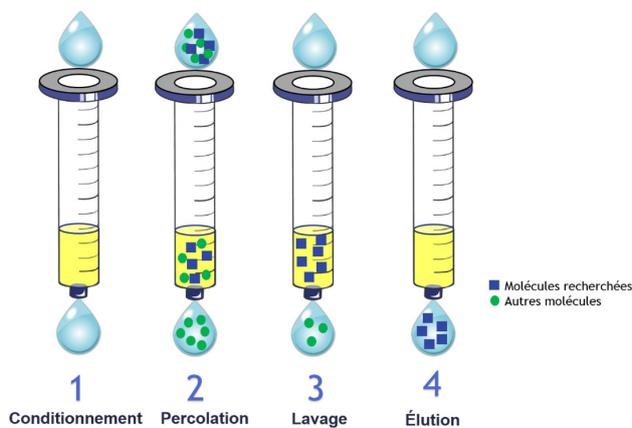
Figure 2 - Schématisation et description des différents modes de prélèvements des eaux (d'après Ort *et al.* 2010).

Mode d'échantillonnage		Courte description	Illustration D=débit dans les égouts V=volume de l'échantillon	Équipement nécessaire	Débitmètre
<p>Exemple conceptuel</p> <p>— Débit (ex. variation journalière) Concentration d'une substance souvent rejetée - - - Concentration d'une substance rarement rejetée</p>					
Continu	Proportionnel au débit	Détourner un courant latéral, proportionnel au débit dans l'égout		Pompe avec un contrôleur de vitesse (pour contrôler le débit du courant latéral)	Oui
	Constant	Détourner un courant latéral constant de l'égout		Pompe	Non
Discontinu	Proportionnel au temps	Prélever des échantillons de même volume à intervalles de temps constants		Préleveur automatique standard	Non
	Proportionnel au débit	Prélever des échantillons dont le volume est proportionnel au débit, à intervalles de temps constants		Préleveur automatique avec fonction d'ajustement du volume prélevé en fonction du débit	Oui
	Proportionnel au volume	Prélever des échantillons de même volume à intervalles de temps variables, après qu'un certain volume d'eau soit passé		Préleveur automatique avec fonction d'ajustement des intervalles de prélèvement en fonction du débit	Oui
	Ponctuel	Prélever un ou plusieurs échantillons ponctuellement		Pas d'équipement particulier, un flacon suffit	Non

MÉTHODE D'ANALYSE

Dans un premier temps, les prélèvements sont filtrés pour éliminer un maximum de matières solides en suspension. Après cette filtration vient la phase d'extraction et de concentration. En effet, les éléments recherchés, drogues et métabolites, sont extrêmement dilués dans les eaux usées et se retrouvent donc en très faible quantité, de l'ordre du nanogramme par litre (l'équivalent d'un morceau de sucre dans une piscine olympique). Bien qu'étant très sensibles, les équipements utilisés pour l'analyse ne sont pas en mesure de détecter d'aussi faibles quantités. La phase d'extraction et de concentration de l'échantillon revient à faire passer un certain volume du prélèvement d'eau usée à travers une cartouche constituée d'une phase solide qui va retenir les molécules d'intérêt, c'est l'extraction en phase solide (Figure 3). Ensuite, les molécules retenues sur la cartouche vont être décrochées de la phase solide grâce au passage d'un volume de solvant moins important que le volume du prélèvement, c'est l'éluat. La fraction obtenue, l'éluat, est lui-même évaporé puis l'extrait sec est dilué dans un volume encore plus faible. Ainsi, l'échantillon final contient la même quantité de drogues ou de métabolites mais dans un volume plus faible. La concentration étant beaucoup plus élevée, l'analyse est plus aisée.

Figure 3 - Principe de l'extraction en phase solide



Les dosages sont généralement réalisés par couplage de la chromatographie liquide avec la spectrométrie de masse (SM) en tandem (CLHP-SM/SM ou UPLC-SM/SM).

- La chromatographie liquide est une méthode séparative. Dans l'échantillon à analyser, les molécules recherchées sont en mélange ce qui rend complexe l'identification des molécules. Grâce à cette technique, les molécules présentes dans l'échantillon vont être séparées et il sera ainsi plus facile pour l'appareil de détection de les identifier.
- La détection et la quantification sont généralement réalisées avec un spectromètre de masse. Cette technique très spécifique et très sensible permet de détecter et de quantifier des molécules présentes en très faible quantité.

CALCUL DES QUANTITÉS CONSOMMÉES

Les consommations de drogues sont estimées à partir des concentrations de résidus mesurées dans les eaux usées en tenant compte de plusieurs paramètres : le métabolisme et le taux d'élimination de la drogue ou de son métabolite, le volume d'eau journalier passant au point de prélèvement et le nombre d'habitants qui y sont raccordés.

Les consommations sont estimées par un calcul « en retour » selon l'équation suivante (Zuccato *et al.* 2008b) :

$$Q_{\text{conso}} = \frac{C_{24\text{h}} \times V_{24\text{h}}}{U_{\text{ex}}} \times M_{\text{ratio}} \times 1000/N_{\text{habitants}}$$

où :

- Q_{conso} : quantité consommée durant 24 heures,
- $C_{24\text{h}}$: concentration mesurée pour le traceur (drogue ou son métabolite),
- $V_{24\text{h}}$: volume d'eau qui s'est écoulé au point de prélèvement pendant les 24 heures de prélèvement,

- U_{ex} : pourcentage d'excrétion du traceur,
- M_{ratio} : rapport des masses moléculaires de la drogue et du traceur (égal à 1 lorsque le calcul est réalisé à partir de la drogue),
- $N_{habitants}$: nombre d'habitants (hab.) raccordés à la STEP.

Pour les stimulants de synthèse, MDMA, amphétamine, méthamphétamine, les traceurs sont les drogues elles-mêmes, avec des pourcentages d'élimination respectifs de 65 %, 30 % et 43 %.

Le traceur utilisé pour la cocaïne est son métabolite principal, la benzoylecgonine avec un pourcentage d'élimination de 45 %.

La molécule active du cannabis, le tétrahydrocannabinol (THC), et son métabolite, le carboxy-THC, sont éliminés à l'état de traces (<1 %) mais c'est ce dernier qui est habituellement utilisé pour le calcul de la consommation de cannabis avec un pourcentage d'élimination de 0,6 % (Terzic *et al.* 2010 ; Zuccato *et al.* 2008b) ou 2,5 % (Postigo *et al.* 2011).

Concernant les opiacés, l'héroïne est métabolisée et éliminée principalement sous forme de morphine mais il est difficile d'évaluer la consommation d'héroïne à partir des concentrations mesurées de morphine compte tenu de son utilisation thérapeutique. Il existe un métabolite intermédiaire, la 6-monoacétylmorphine, qui peut être utilisé comme traceur de la consommation d'héroïne mais ce métabolite est éliminé au taux très faible de 1,3 % dans les urines (Baselt 2004). L'autre méthode consiste à utiliser les concentrations de morphine, avec un pourcentage d'excrétion de 42 %, et à soustraire ensuite de l'estimation une fraction correspondant à l'usage thérapeutique, basée sur la consommation de morphine thérapeutique (Zuccato *et al.* 2008a).

Pour la méthadone, plusieurs approches sont décrites : soit l'utilisation de la méthadone (Postigo *et al.* 2011) avec un pourcentage d'excrétion de 27,5 %, soit l'utilisation de son métabolite principal, l'EDDP (2-éthylidène-1,5-diméthyl-3,3-diphénylpyrrolidine), avec un pourcentage d'excrétion de 23 % (van Nuijs *et al.* 2011) ou de 31 % (Terzic *et al.* 2010).

Tableau 1 - Exemples de drogues et de leur traceur sélectionné pour le calcul des consommations. U_{ex} = pourcentage d'élimination urinaire, M_{ratio} = rapport des masses moléculaires (drogue/traceur métabolique) (Zuccato *et al.* 2008a).

Drogue	Traceurs métaboliques (TM) pour le calcul de la consommation	U_{ex} (%)	M_{ratio} (drogue / TM)
Cocaïne	Benzoylecgonine (BZE)	45	1,05
MDMA	MDMA	65	1,0
Amphétamine	Amphétamine	30	1,0
THC	THC-COOH	0,6	0,91
Méthadone	EDDP	23	0,82
Buprénorphine haut dosage	Buprénorphine	95	1,0

De manière générale, la consommation est exprimée en quantité par jour rapportée à 1 000 habitants. Cependant, certains auteurs (Bijlsma *et al.* 2012 ; Boleda *et al.* 2009 ; Castiglioni *et al.* 2011 ; Huerta-Fontela *et al.* 2008 ; Irvine *et al.* 2011 ; Kasprzyk-Hordern et Baker 2012 ; Mari *et al.* 2009 ; Thomas *et al.* 2012 ; van Nuijs *et al.* 2012 ; Zuccato *et al.* 2008b) préfèrent calculer les flux quotidiens de drogues ou de métabolites présents dans les eaux usées, exprimés en g/jour ou en mg/jour/1 000 hab., sans remonter aux quantités consommées. À l'inverse, certains auteurs ont parfois essayé d'estimer le nombre de doses consommées en utilisant des pourcentages de pureté moyens et des quantités moyennes pour chaque prise.

D'autre part, les résultats sont parfois exprimés par rapport à la population totale ou par rapport à une fraction définie de la population en fonction d'une tranche d'âge, de la même façon que sont présentées les statistiques dans les rapports de l'EMCDDA (Zuccato *et al.* 2005).

Ainsi, pour lier la consommation de drogues à la population et pouvoir effectuer des comparaisons entre différents sites étudiés, il est indispensable de connaître, avec un maximum de précision, la taille de la population de la zone de collecte rattachée au point de prélèvement.

INCERTITUDE ET LIMITES

Chaque grandeur utilisée pour le calcul des consommations apporte une erreur plus ou moins facile à quantifier dans le calcul de l'incertitude.

Modalités de prélèvement

L'incertitude est fonction de la représentativité du mode de prélèvement et de la fréquence d'échantillonnage. La fréquence requise pour minimiser les erreurs dépend principalement de l'ampleur des variations à court terme des concentrations des composés dans les eaux usées et du débit des eaux usées au niveau du point de prélèvement. Les incertitudes sur l'échantillonnage ont été estimées entre 5 % et 10 % et la méthode de prélèvement privilégiée, déjà évoquée plus haut, est le prélèvement moyenné sur 24 heures et asservis au débit avec une incertitude de l'ordre de 5 % (Castiglioni *et al.* 2013).

Dégradation des molécules cibles

L'incertitude due à la dégradation des molécules dans les eaux usées est fonction des taux de dégradation avant et après le prélèvement. Les molécules cibles utilisées pour estimer les consommations de drogues, sont, pour la plupart, assez stables dans les conditions des eaux d'égout (pH à environ 6,5 et températures comprises entre 15 et 20°C). En revanche, la stabilité après le prélèvement va dépendre des conditions de conservation et ces paramètres peuvent varier d'une étude à une autre. Il a été établi que la meilleure méthode de conservation était d'acidifier l'échantillon à pH 2 et de le conserver à -20°C ou de conserver les cartouches d'extraction à 4°C avant l'élution. En suivant ce protocole de conservation, l'incertitude calculée est inférieure à 10 % (Castiglioni *et al.* 2013). Dans ces conditions, l'incertitude liée à la conservation des composés peut être estimée à 10 %, mais si ces mesures de conservation ne sont pas observées, l'incertitude augmente en rapport avec la stabilité des molécules.

Dosage des résidus

L'incertitude sur le dosage des composés au sein de la matrice eau usée, prenant en compte l'extraction des molécules et toutes les erreurs liées à la méthode analytique, a été estimée à 15 %.

Données de métabolisme

L'incertitude sur les estimations des consommations obtenues à partir de l'équation doit tenir compte des pourcentages d'absorption des drogues qui dépendent des voies d'administration (orale, sniff, injection...), des pourcentages de métabolisation et d'élimination urinaire et enfin des fréquences de consommation. D'autre part, l'incertitude peut également varier en fonction des molécules cibles choisies pour estimer les consommations car, suivant les molécules, les variations interindividuelles sur les paramètres évoqués peuvent être plus ou moins importantes. Cette incertitude est très difficile à évaluer étant donné le nombre de variables et les écarts qui peuvent exister entre les individus. Castiglioni *et al.* (2013) ont établi cette incertitude à 26 % dans le cas de l'estimation de la consommation de cocaïne à partir des concentrations mesurées de BZE (principale métabolite de la cocaïne).

Estimation de la population

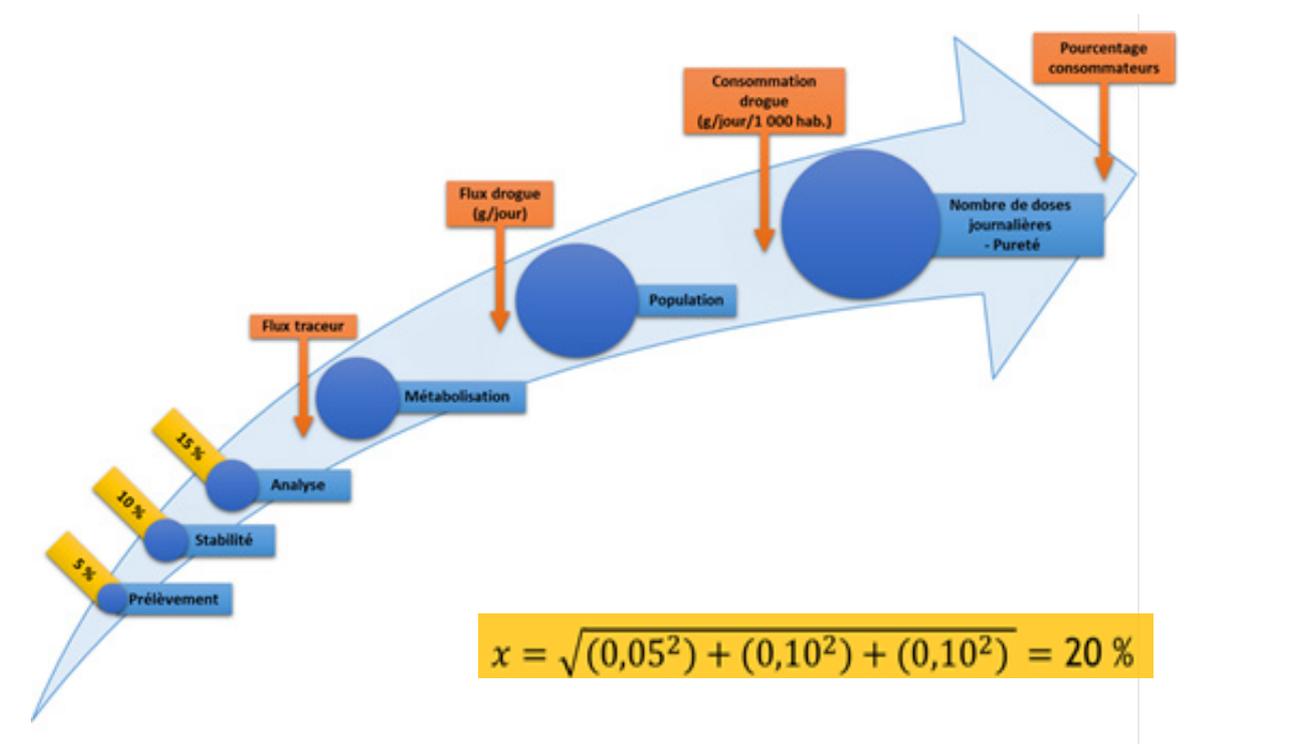
La taille de la population raccordée aux STEPs dans lesquelles sont effectués les prélèvements peut être estimée de plusieurs manières : recensement, capacité nominale de la STEP, paramètres biochimiques, marqueurs chimiques ou biologiques. Bien que le recensement soit la méthode la plus fiable, il est souvent difficile d'avoir des données actualisées et pas toujours évident de définir exactement les zones urbaines correspondant à une STEP. La méthode préconisée par Castiglioni *et al.* (2013) est d'utiliser les paramètres hydrochimiques mais ceux-ci varient en fonction des types d'eaux usées et de leurs proportions (ménagères, industrielles, hospitalières...). Cela implique de bien connaître le réseau et les rejets. L'incertitude sur l'estimation de la population varie entre 7 % et 55 % selon la méthode d'estimation employée, les paramètres hydrochimiques utilisés et la connaissance du réseau (Castiglioni *et al.* 2013).

Synthèse des incertitudes

La figure 4 représente l'évolution des incertitudes au fur et à mesure de la progression dans la méthode et du mode d'expression du résultat choisi. La première étape, avec des résultats exprimés sous forme de flux de traceur journalier, est principalement entachée des erreurs d'échantillonnage et analytique. En considérant une

incertitude sur l'échantillonnage de 5 %, une incertitude sur la stabilité des molécules de 10 % et une incertitude analytique de 15 %, et par application de la loi de propagation des incertitudes, l'incertitude sur le flux de traceur peut être estimée à 20 %.

Figure 4 - Schématisation de l'évolution des incertitudes au fur et à mesure de la progression dans la méthode et du mode d'expression du résultat choisi.



Limites de la méthode

Le recours à l'analyse des eaux usées pour estimer les quantités de drogues consommées n'est donc pas exempt d'incertitudes. Vouloir déterminer le nombre de consommateurs implique d'ajouter des incertitudes sur l'estimation du nombre d'habitants dans la zone définie par l'étendue du réseau d'eaux usées depuis le point où le prélèvement a été effectué, sur les pourcentages d'élimination qui peuvent varier d'un individu à un autre, sur la pureté des produits en circulation sur le territoire ainsi que celle sur le nombre moyen de doses consommées par personne.

Ainsi, si certains auteurs comme Zuccato *et al.* (2008b) ont tenté de déterminer le nombre de doses qui ont pu être consommées à partir des quantités consommées estimées en tenant compte de la quantité de drogue par prise et de son pourcentage de pureté, il est impossible, avec cette méthode, d'obtenir des prévalences d'usage. Elle permet simplement d'évaluer une quantité de drogues éliminée dans les urines et les fèces par une population, pendant une période donnée. Si des prélèvements sont effectués régulièrement alors il devient possible de suivre les flux de ces molécules et ainsi repérer les tendances d'usage au cours du temps. C'est d'ailleurs l'utilisation la plus intéressante et pertinente de cette méthode qui n'a pas vocation à remplacer les enquêtes déclaratives qui, elles, permettent d'estimer les prévalences d'usage. Ce sont donc deux méthodes de suivi des consommations différentes mais tout à fait complémentaires.

Par ailleurs, il existe d'autres limites inhérentes à cet outil. Tout d'abord, celles liées aux conditions du réseau où les prélèvements sont effectués. Il arrive en effet que le réseau d'évacuation ne soit pas complètement étanche et qu'une fraction conséquente des eaux usées s'échappe dans les sols sans passer par une STEP (Devault *et al.* 2014). Ensuite, les conditions météorologiques peuvent également modifier les concentrations des molécules dans la matrice eaux usées. De fortes pluies vont entraîner une dilution avec un risque de sous-estimation des quantités de drogues éliminées. Quant aux températures élevées, elles vont accélérer la dégradation des molécules entraînant également un risque de sous-estimation (Devault *et al.* 2014). Il convient donc d'effectuer les prélèvements durant des périodes de climat tempéré et éloignées des épisodes pluvieux.

Enfin, les eaux usées étant une matrice très fortement chargée en divers composants organiques et inorganiques, il apparaît, même après filtration, purification et concentration, très difficile d'effectuer un screening de toutes les drogues que l'échantillon pourrait contenir. C'est pourquoi, sont uniquement recherchées les molécules préalablement sélectionnées et incluses dans la méthode d'analyse. Compte tenu de ce biais, il est donc possible que certaines drogues ne soient pas identifiées alors qu'elles sont consommées et peuvent se trouver dans les eaux usées.

ÉTAT DE L'ART

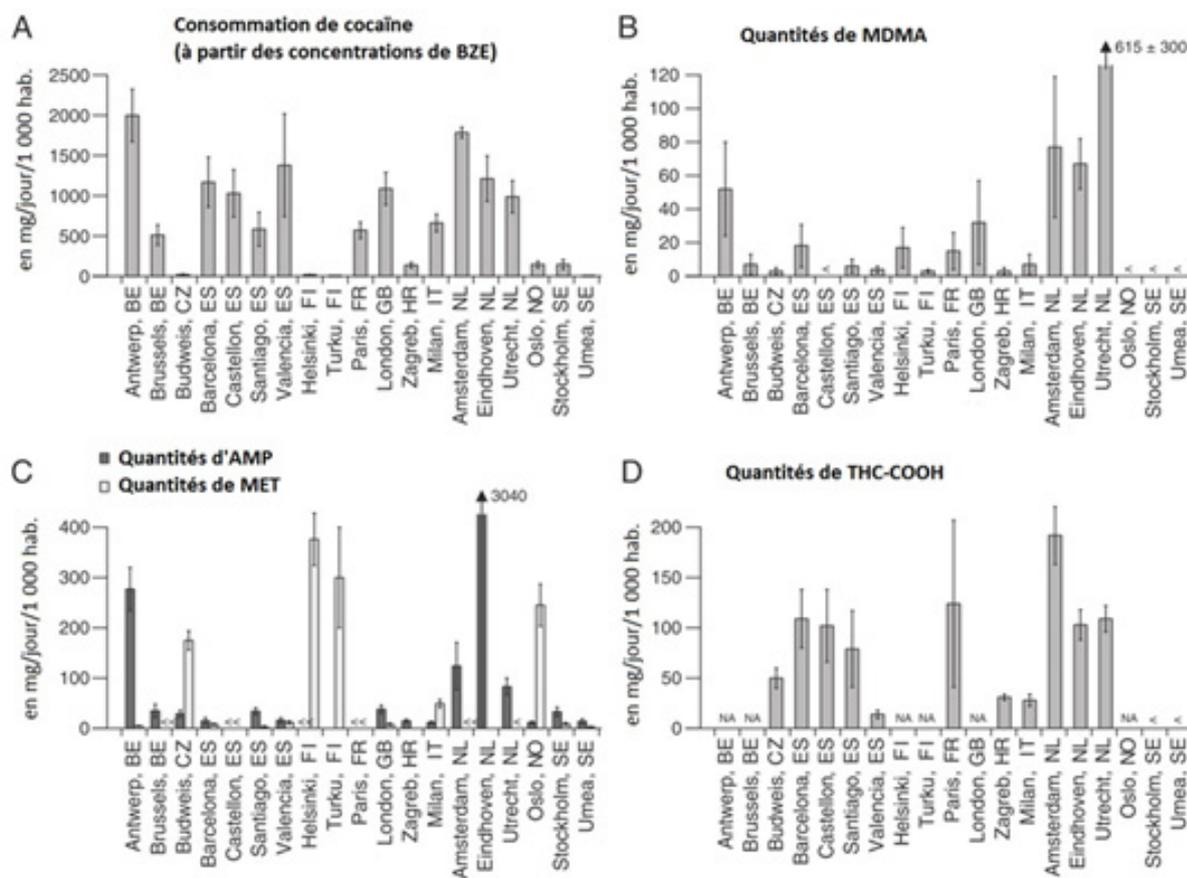
D'abord réalisées dans quelques zones urbaines européennes et centrées sur la recherche de quelques molécules et métabolites, ces études se sont développées pour, aujourd'hui, être conduites à grande échelle dans de nombreuses villes à travers le monde et pour estimer les consommations d'un grand nombre de produits.

La première étude menée en France a été réalisée en 2009, en région parisienne, par le laboratoire de Santé publique – Environnement de l'Université Paris Sud (Karolak *et al.* 2010). Cette étude, menée pendant un an, a notamment permis de réaliser une première évaluation des consommations de drogues illicites sur Paris et sa banlieue. Des eaux usées ont été prélevées dans cinq STEPs de la région parisienne afin d'y doser la cocaïne, la MDMA et l'amphétamine ainsi que leurs métabolites. Alors que l'amphétamine n'a jamais été retrouvée, les quantités mesurées pour les autres molécules ont permis d'estimer les consommations de cocaïne et de MDMA qui étaient respectivement en moyenne de 385 mg/jour/1000 habitants et de 6,4 mg/jour/1000 habitants (Karolak *et al.* 2010). Enfin, des prélèvements quotidiens ont été réalisés sur plusieurs semaines complètes, espacées dans le temps. Des variations au niveau des quantités éliminées de certains produits ont été mises en évidence au cours de la semaine et dénommées « effet week-end ». Ce phénomène, observé essentiellement avec les stimulants, correspond à une augmentation des taux mesurés durant le week-end ou les jours qui suivent (jusqu'au mardi pour la MDMA) en comparaison avec les autres jours de la semaine. Ce phénomène reflète l'usage récréatif de ces produits dans des cadres festifs plus nombreux en fin de semaine. Une tendance de ce type a également été observée lors d'événements festifs particuliers tels que la Fête de la musique à Paris en 2009 (Karolak *et al.* 2010).

Par la suite, l'équipe de l'Université Paris Sud a étendu son champ d'étude à 25 zones urbaines en France métropolitaine et recherché de nouvelles substances, notamment la buprénorphine et la méthadone, qui sont deux molécules délivrées dans le cadre des traitements de substitution aux opiacés et qui peuvent également être consommées en dehors de tout cadre thérapeutique (Néfau *et al.* 2013). Les résultats obtenus ont permis d'obtenir une photographie des quantités de drogues illicites consommées sur les sites étudiés à un moment donné. Des différences significatives entre les sites ainsi que des variations temporelles ont également pu être observées. Cependant, davantage de répétitions des prélèvements sur chaque site et sur une plus longue période auraient été nécessaires pour obtenir des données consolidées sur les quantités consommées et pouvoir ainsi les confronter à des données de prévalence de consommation obtenues grâce aux enquêtes en population générale.

C'est l'objet d'une étude européenne, menée par le groupe SCORE qui, depuis 2011, coordonne des prélèvements dans plusieurs grandes villes du continent (Thomas *et al.* 2012). Déjà, lors de la première campagne de prélèvements en 2011, des différences étaient marquées entre les pays, notamment concernant les consommations de cannabis, de cocaïne, d'amphétamine et de méthamphétamine. Ainsi, les quantités les plus élevées de THC-COOH dans les eaux usées, reflétant la consommation de cannabis, ont été mesurées en Espagne et en France (Figure 5), pays européens pour lesquels les prévalences d'usage sont parmi les plus élevées mais aussi aux Pays-Bas où cela peut être attribué à la fois à la consommation des habitants de la zone urbaine concernée, mais également à celle des nombreux touristes qui s'y rendent pour consommer du cannabis. Concernant la consommation de stimulants, c'est dans les pays où les quantités consommées estimées de cocaïne et où les taux mesurés d'amphétamine dans les eaux usées étaient élevées, Belgique et aux Pays-Bas, que les taux mesurés de méthamphétamine étaient inférieurs à la limite de détection. À l'inverse, dans les pays où les quantités de méthamphétamine étaient élevées, République tchèque et Finlande, les taux d'amphétamine ou les quantités consommées de cocaïne étaient très faibles voire nuls (Figure 5). Ces éléments sont conformes aux données des enquêtes épidémiologiques qui montrent que les pays de l'Europe de l'Ouest sont parmi les plus consommateurs de cocaïne et que la méthamphétamine est particulièrement présente en République Tchèque (EMCDDA 2016).

Figure 5 – Étude SCORE (Thomas *et al.* 2012).



A – Moyennes des estimations de consommation de cocaïne calculées à partir des concentrations de benzoylécgonine (BZE) mesurées dans les affluents de STEPs, B – Quantités de MDMA rejetées dans les affluents de STEPs, C – Quantités d'amphétamine (AMP) et de méthamphétamine (MET) rejetées dans les affluents de STEPs, D – Quantités de THC-COOH rejetées dans les affluents de STEPs, dans 19 zones urbaines européennes pendant 1 semaine en mars 2011 (moyenne ± SEM, n=7). NA = non analysé.

Une participation de la France à ce projet européen a permis la réalisation de prélèvements en région parisienne de 2009 à 2016. Tous les résultats de cette étude ainsi que les données provenant des autres villes européennes participantes sont disponible sur le site de l'EMCDDA¹. Afin de détailler les données françaises, nous vous proposons une interprétation des résultats, pour les années 2009 à 2013, qui sont présentés dans la figure 6.

La consommation moyenne hebdomadaire estimée de cocaïne a augmenté de 368 mg/jour/1 000 hab. en 2009 à 568 mg/jour/1 000 hab. en 2013, l'évolution étant surtout marquée entre 2012 et 2013.

La consommation moyenne hebdomadaire estimée de MDMA, beaucoup plus faible que celle de cocaïne, montre également une augmentation de 4 mg/jour/1 000 hab. en 2009 à 35 mg/jour/1 000 hab. en 2013, cette augmentation résultant principalement d'une hausse de la consommation durant le week-end, ce composé n'ayant pas été détecté pendant 3 jours de semaine consécutifs (mercredi, jeudi, vendredi) aussi bien en 2012 qu'en 2013. La MDMA est de plus en plus consommée dans un cadre festif, ce qui a pu être décrit en parallèle par les observations ethnographiques du dispositif Tendances récentes et nouvelles drogues de l'OFDT (TREND), dès 2012 (Cadet-Taïrou *et al.* 2014) montrant un regain de popularité de la MDMA dans les milieux récréatifs et auprès d'un public jeune et « bien inséré ». Les enquêtes en population générale, auprès des 18-64 ans (Baromètre santé) ou auprès des jeunes de 17 ans (ESCAPAD), ont également montré une augmentation de la consommation de MDMA entre 2010 et 2014.

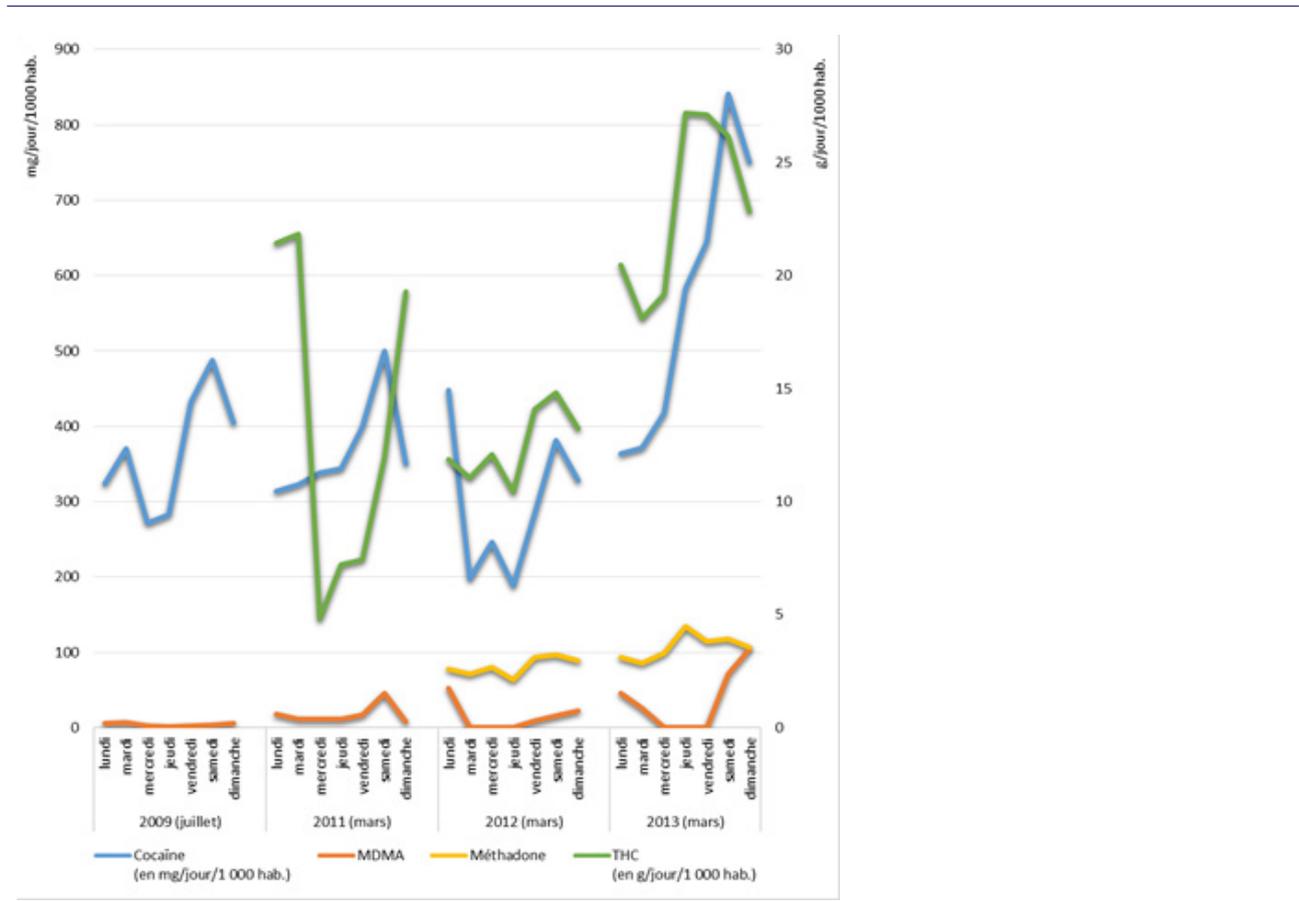
La consommation de cannabis estimée paraît stable durant les 2 premières années de la campagne de prélèvements (2010 et 2011), comprise en moyenne entre 10 et 20 g/jour/1 000 hab. puis augmente en 2013 jusqu'à 27 g/jour/1 000 hab.

1. <http://www.emcdda.europa.eu/topics/pods/waste-water-analysis#panel2>

La consommation de méthadone, estimée seulement pour les deux dernières années de campagne, reste stable autour de 100 mg/jour/1 000 hab. en moyenne sur la semaine.

Les prélèvements de 2009 ont été effectués la semaine du 14 juillet, incluant ainsi les événements festifs organisés pour la Fête nationale et entraînant une augmentation de la consommation de cocaïne et de MDMA de 100 % (Karolak *et al.* 2010). Les valeurs obtenues cette semaine seraient donc des valeurs plus élevées que la moyenne de l'année, ce qui renforce l'idée qu'il y a bien une augmentation de la consommation de cocaïne et de MDMA en région Île-de-France depuis 2009.

Figure 6 - Quantités estimées de drogues consommées à Paris et dans sa banlieue entre 2009 et 2013. Les consommations de THC et méthadone n'ont été estimées respectivement qu'à partir de 2011 et 2012.



De par sa rapidité et son objectivité, cet outil d'analyse s'avère pertinent pour compléter les différents dispositifs d'évaluation déjà existants. À partir des données récoltées, il est en effet possible d'établir une cartographie des consommations de drogues illicites région par région dans le but de mieux comprendre les différentes pratiques de consommation en fonction de l'environnement géographique mais également socio-économique de l'utilisateur. Bien qu'il existe plusieurs facteurs d'incertitude (incertitude des dosages de traces dans des matrices chargées, stabilité des molécules, recensement des populations étudiées...), l'analyse des eaux usées constitue un instrument efficace de suivi et d'estimation de la consommation de produits stupéfiants. Cet outil peut permettre aux associations et organisations publiques œuvrant pour la prévention d'adapter leurs campagnes de santé publique et de réduction des risques liés à l'usage de drogues, de mieux cibler les lieux de leurs interventions et in fine mieux répartir leurs effectifs. Cette méthode offre en outre l'avantage de faciliter l'observation des évolutions des consommations, notamment la possibilité de détecter l'apparition de nouvelles drogues dans les différentes zones concernées.

CAS PARTICULIER : LA PRISON, ZONE FERMÉE

L'étendue des territoires observés par l'analyse des eaux usées étant conditionnée par le point de prélèvement, lieu où s'effectue l'échantillonnage, il est tout à fait possible de remonter le réseau d'évacuation des eaux usées pour réaliser des prélèvements au plus près de certaines populations. Des zones urbaines plus restreintes, des quartiers, des établissements, voire des bâtiments peuvent être ciblés. Plusieurs études ont déjà été menées dans des quartiers de certaines grandes villes ou dans des lieux spécifiques comme des écoles ou des prisons (Brewer *et al.* 2016 ; Postigo *et al.* 2011 ; van Dyken *et al.* 2014).

L'ANALYSE DES EAUX USÉES EN MILIEU PÉNITENTIAIRE (REVUE DE LA LITTÉRATURE)

Il existe un nombre limité d'études sur l'analyse des eaux usées en prison permettant de mesurer la présence de produits illicites et de médicaments dont certaines ont déjà fait l'objet de publications. La première a été réalisée en 2008 et 2009 par une équipe espagnole dans le plus grand centre pénitentiaire de Catalogne (Postigo *et al.* 2011). Les résultats d'analyse ont permis de montrer la présence de cocaïne, de THC-COOH (le métabolite principal du THC, molécule psychoactive du cannabis), de méthadone, de morphine, d'éphédrine, un décongestionnant ayant des propriétés stimulantes, et d'alprazolam, une benzodiazépine, dans 100 % des échantillons prélevés (n=42). Les concentrations mesurées varient d'un produit à l'autre, les plus élevées étant celles de la méthadone, l'éphédrine et la morphine. Un nombre de doses consommées par jour a été calculé à partir des concentrations mesurées et d'une quantité moyenne de produit par prise. Ainsi les consommations maximales estimées étaient de 9 doses de cocaïne, 48 de cannabis, 185 de méthadone, 120 d'héroïne, 129 d'alprazolam et enfin 1,4 de MDMA par jour et pour 1 000 personnes détenues. Par ailleurs, les comparaisons avec les quantités consommées estimées suivant la méthode d'analyse des eaux usées dans la ville de Barcelone, proche du centre pénitentiaire, montrent que la consommation de cannabis et d'éphédrine peut être jusqu'à 17 fois plus importante en prison qu'en population générale (Postigo *et al.* 2011).

Les autres études portant sur l'analyse des eaux usées en prison ont été menées en Australie. Les résultats des analyses ont permis d'estimer les consommations de cannabis, entre 20 et 45 doses par jour pour l'ensemble de l'établissement qui contient environ 500 personnes, personnel de surveillance inclus, mais aussi de codéine (entre 50 et 90 doses par jour) et de méthamphétamine (entre 1 et 4 doses par jour). Les substances retrouvées dans les eaux usées diffèrent donc entre ces deux premières études. Elles correspondent toutefois à ce qui est retrouvé lors des prélèvements effectués en population générale. Par exemple, la cocaïne est présente en Espagne mais pas la méthamphétamine alors qu'en Australie, l'inverse est observé. Dans l'étude australienne (van Dyken *et al.* 2014), la méthadone a également été détectée et quantifiée dans les échantillons prélevés. Les auteurs ont, par ailleurs, obtenu les données de délivrance de la méthadone au sein de l'établissement et ainsi pu comparer les quantités administrées avec celles estimées à partir des mesures dans les eaux usées. Les nombres de doses estimées suivant les deux méthodes sont, à plus ou moins 2 doses près suivant les jours de prélèvement, équivalentes ce qui tend à prouver que les estimations des consommations faites à partir des analyses des eaux usées pour les autres substances sont proches de la réalité.

Les autres études menées dans des prisons australiennes (Brewer *et al.* 2016 ; van Dyken *et al.* 2016) ont également permis la détection de cannabis, de méthamphétamine, de codéine et de méthadone. L'équipe de van Dyken (2016) a également recherché la buprénorphine et, comme pour la méthadone lors de leur première étude (van Dyken *et al.* 2014), les doses consommées estimées via l'analyse des eaux usées ont été comparées aux doses ayant été distribuées dans le cadre du programme de substitution. À l'inverse de ce qui avait été observé avec la méthadone, de grandes différences entre les estimations de consommation et les données de délivrance de la buprénorphine sont apparues. Les auteurs expliquent cette différence par un plus grand mésusage de ce produit de substitution par rapport à la méthadone. En effet, la forme « comprimé » de la buprénorphine est beaucoup plus facile à dissimuler et à trafiquer que les flacons de sirop de méthadone. Les comprimés ne sont donc pas toujours consommés le jour de leur délivrance mais peuvent être gardés par les personnes détenues incluses dans le programme de substitution pour être revendus, troqués ou consommés plus tard.

Lors de cette étude (van Dyken *et al.* 2016), la méthylone a également été identifiée dans certains prélèvements. Il s'agit d'un nouveau produit de synthèse (NPS) de la famille des cathinones qui a des propriétés stimulantes. Cette méthode se révèle donc aussi intéressante pour révéler rapidement les consommations de nouveaux produits.

INTÉRÊT DE L'UTILISATION DE CET OUTIL EN MILIEU CARCÉRAL FRANÇAIS

La consommation de substances psychoactives par les personnes détenues est mal documentée en France. Elle est estimée à partir d'enquêtes déclaratives menées pour certaines auprès des personnes entrant en prison reflétant leur(s) consommation(s) antérieures à leur incarcération : enquêtes institutionnelles de la DREES (Mouquet 2005) ou menées par les centres d'addictovigilance OPPIDUM (Pauly *et al.* 2010), ou à partir d'entretiens auprès d'un échantillon de personnes détenues (Falissard *et al.* 2006). Des recherches qualitatives ont permis la description de pratiques de consommation, à travers l'étude dite Coquelicot (Jauffret-Roustide *et al.* 2006). Seule une étude locale a permis de décrire les consommations de drogues des personnes détenues durant leur détention (Sannier *et al.* 2012).

Dans tous les cas, elles reflètent une forte prévalence de la dépendance aux produits stupéfiants : entre 10 et 60 % des populations interrogées consommaient régulièrement une drogue, principalement du cannabis. Moins de 10 % déclaraient des consommations de cocaïne, héroïne et autres (MDMA, LSD, colles...). La consommation d'alcool en détention était aussi décrite, de même que le mésusage de médicaments psychotropes.

Néanmoins, la mise en place des enquêtes déclaratives dans les prisons est relativement difficile et les biais de déclaration sont plus élevés qu'en population générale.

Aucun test simple ou analyse de drogues n'est organisé dans les établissements pénitentiaires, à l'image de ce qui est réalisé dans les établissements britanniques par exemple. Par ailleurs, aucun rapport sur la nature des produits saisis en établissement pénitentiaire n'est rédigé par les services de l'administration pénitentiaire.

Ainsi, aucune donnée objective n'est aujourd'hui disponible en France pour évaluer la consommation de drogues des personnes détenues. L'offre de prise en charge actuellement organisée à destination des personnes détenues usagères de drogues, les actions de promotion pour la santé et de réduction des risques et des dommages ne peuvent être pleinement et concrètement adaptées.

Dans ce contexte, il apparaît que la mise en place de prélèvements d'eaux usées réguliers pourrait aisément combler ce manque d'information sur les usages de drogues en prison. L'objectif étant idéalement de coupler l'analyse des eaux usées avec des enquêtes déclaratives afin de remédier aux biais inhérents à chacune de ces méthodes.

Par ailleurs, les résultats des études espagnole et australiennes ont pu mettre en évidence des variations entre les établissements pénitentiaires des deux pays, qualitatives (molécules retrouvées différentes) et quantitatives (niveaux de consommation divergents pour une même molécule). L'utilisation de cet outil permettrait donc de rapidement détecter les molécules consommées dans les établissements français et éventuellement faire apparaître des spécificités suivant leurs situations géographiques.

CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Cette méthode d'analyse des eaux usées pour le suivi des consommations ne nécessite pas d'intervenir auprès de la population générale comme c'est le cas pour les enquêtes déclaratives. C'est pourquoi elle peut être considérée comme pernicieuse par les personnes concernées qui, non sollicitées directement, ne peuvent donner leur accord pour participer. L'inclusion se fait sans leur consentement. Cependant, les échantillons provenant d'une source environnementale à partir de laquelle il est impossible d'identifier une personne, les informations confidentielles sont protégées et l'anonymat respecté (Hall *et al.* 2012). En revanche, lorsque le lieu étudié est une zone restreinte et close comme des bâtiments publics ou privés, des écoles ou des prisons, avec une population plus faible, l'analyse peut être perçue par les personnes fréquentant ces lieux comme une intrusion et une atteinte à la vie privée.

Il convient donc d'être prudent lors de la construction du protocole d'observation, de la présentation de l'étude à la population étudiée et plus encore au moment de la diffusion des résultats au grand public aux interprétations et réactions qu'ils pourront susciter. Utiliser cette méthode pour suivre les consommations de drogues dans certains quartiers, immeubles et sites particuliers entraîne inévitablement le risque que les études soient perçues et/ou utilisées comme un moyen de comparer ces lieux entre eux. Cette difficulté est accentuée lorsque ces résultats sont repris par des non spécialistes, en particulier les médias, sans prendre la mesure des limites de ce type d'études. Ainsi, une couverture médiatique alarmiste et les commentaires associés peuvent conduire à une forme de stigmatisation des zones concernées (Prichard *et al.* 2014).

Un site particulier comme la prison implique une prudence encore plus grande quant à l'utilisation des résultats obtenus. Bien que la notion de l'anonymat soit respectée, à condition bien sûr que les prélèvements ne se fassent pas à la sortie d'une cellule mais prennent en compte l'ensemble de la prison, d'autres problématiques spécifiques à ce type d'établissement doivent être prises en compte. En effet, les résultats de l'analyse des eaux usées peuvent être utilisés pour évaluer l'efficacité des moyens mis en œuvre pour lutter contre la consommation de drogues au sein de l'établissement pénitentiaire et conditionner les choix de la direction (Prichard *et al.* 2010). Leur divulgation peut donc conduire à améliorer l'accès au soin, développer des programmes de réductions des risques, ce qui apparaît comme bénéfique pour les personnes incarcérées. À l'inverse, suivant les résultats, la direction peut choisir la voie répressive et par exemple augmenter la fréquence des fouilles, arrêter momentanément les visites, etc.

La mise en place de ce type d'étude doit donc faire l'objet d'une réflexion préalable et d'accords entre les opérateurs de l'enquête et les directions des établissements étudiés afin que tous s'accordent sur le but final, dans le respect des droits des personnes détenues mais aussi des personnels de l'établissement pénitentiaire. En effet, il faut noter que les prélèvements d'eaux usées à la sortie des prisons peuvent également inclure les rejets provenant des bâtiments du personnel administratif et inclure les éventuels niveaux de consommation de ce personnel. Si cela peut être évité par la connaissance du réseau et ainsi écarter la collecte des eaux usées provenant de ces bâtiments, c'est plus compliqué pour les surveillants pénitentiaires dont des toilettes peuvent se trouver dans les mêmes bâtiments que ceux des personnes détenues.

L'administration pénitentiaire participe à la mise en œuvre des politiques de réduction des risques et des dommages liés à l'usage de drogues. Elle participe aux actions de promotion pour la santé à destination des personnes détenues. Elle assure leur sécurité. Avec le ministère en charge de la santé, responsable de l'organisation des soins aux personnes détenues aux termes de la loi n° 94-43 du 18 janvier 1994 relative à la santé publique et à la protection sociale, elle concourt à l'organisation de l'accès aux soins.

L'analyse des eaux usées s'affirme comme un moyen possible et efficace pour améliorer ces actions. Il apparaît nécessaire que leurs résultats puissent être analysés en toute transparence avec l'ensemble des partenaires concernés afin que les programmes développés ou envisagés bénéficient des connaissances apportées.

ANALYSE DES EAUX USÉES EN MILIEU CARCÉRAL EN FRANCE : ÉTUDE DE FAISABILITÉ

En 2015, une étude initiée par la Direction de l'administration pénitentiaire, financée par la Mission interministérielle de lutte contre les drogues et les conduites addictives (MILDECA), portée par l'Observatoire français des drogues et des toxicomanies (OFDT) a été réalisée dans plusieurs établissements pénitentiaires par le laboratoire de Santé Publique – Environnement (UMR 8079) de l'Université Paris Sud.

Bien que plusieurs études étrangères aient déjà montré que cette méthode pouvait être utilisée en milieu carcéral, les particularités de chaque pays, mais aussi de chaque établissement, ne garantissaient pas la réussite des éventuelles campagnes de prélèvements, nécessaires pour obtenir des résultats significatifs. C'est pourquoi, dans un premier temps, il s'agissait surtout d'évaluer la faisabilité d'un prélèvement le plus représentatif possible. Un prélèvement sur 24 heures et en fonction du débit (*cf.* Méthodes de prélèvement, p. 3) a été effectué dans chaque prison sélectionnée grâce à un préleveur automatique réfrigéré.

Choix des établissements

Pour cette première phase, la proximité des établissements pénitentiaires avec le laboratoire chargé d'opérer les prélèvements et de les analyser a été privilégiée. Les établissements, pour des raisons de confidentialité, ne seront pas nommés dans cet article mais désignés par des codes. Deux établissements de la région Île-de-France (IDF1 et IDF2) et un établissement de la région Centre Val de Loire (CVL) ont ainsi été sélectionnés, les directions régionales des services pénitentiaires ayant préalablement donné leur accord pour la réalisation de cette étude.

Des réunions au sein de chaque établissement pénitentiaire réunissant la direction et les équipes techniques de l'établissement ainsi que les partenaires sanitaires ont été programmées très en amont du démarrage des prélèvements. Elles présentaient les objectifs et la méthodologie de l'étude. Elles permettaient de définir les modalités pratiques d'organisation des prélèvements.

Choix des molécules

Le choix des molécules retenues pour l'étude s'est fait selon plusieurs critères déterminants, le plus important étant les données disponibles de prévalence de la consommation de drogues illicites en France. Les principales substances psychoactives illicites consommées par la population sont le cannabis, la cocaïne, la MDMA/ecstasy, l'héroïne, ainsi que les nouveaux produits de synthèse (OFDT 2015). Les médicaments psychotropes faisant l'objet d'un mésusage peuvent également faire partie de cette liste.

Le deuxième critère jouant un rôle majeur dans la définition de la liste des molécules à rechercher est la pharmacocinétique et, plus précisément, les étapes de métabolisation et élimination. Leur connaissance permet l'identification des produits éliminés dans les urines (appelés métabolites) et susceptibles d'être ainsi retrouvés dans les réseaux d'assainissement (Tableau I).

D'autres facteurs vont également intervenir concernant le choix des molécules, tels que les données disponibles dans la littérature concernant l'analyse des eaux usées, ainsi que l'expérience acquise par le laboratoire.

Au vu des différentes informations recueillies, les molécules recherchées lors de cette étude ont été :

- l'héroïne et ses principaux métabolites (6-monoacétylmorphine, morphine),
- la cocaïne et ses principaux métabolites (benzoylecgonine, ecgonine méthylester, cocaéthylène),
- le métabolite principal du THC : le THC-COOH,
- la MDMA,
- des nouveaux produits de synthèse de la famille des cathinones (méphédronne, 4-MEC),
- des marqueurs biologiques de consommation de traitements de substitution aux opiacés :
 - la méthadone et son métabolite principal (EDDP),
 - la buprénorphine,
- un marqueur biologique de consommation de benzodiazépines : l'oxazépam.

Résultats

Des obstacles techniques n'ayant pas permis la réalisation des prélèvements dans l'établissement CVL (*cf.* Difficultés rencontrées, p. 17), seuls les résultats pour les établissements d'Île-de-France seront présentés. Le site IDF2 a fait l'objet de prélèvements dans deux bâtiments différents qui seront identifiés comme IDF2A et IDF2B.

Parmi les molécules recherchées indicatrices d'une consommation de drogues ou d'un traitement de substitution, seulement quatre présentaient des taux supérieurs aux limites de quantification dans un ou plusieurs échantillons. Le THC-COOH (marqueur de consommation du cannabis), était présent dans tous les prélèvements et la cocaïne ainsi que son métabolite principal (la BZE) dans une grande majorité d'entre eux. Une consommation plus faible de MDMA/ecstasy a également été mise en évidence dans un des sites. Concernant la morphine, des traces ont été détectées dans quelques échantillons provenant du site IDF1, mais à des niveaux trop faibles pour permettre la quantification.

■ Cannabis

Du THC-COOH a été détecté à des niveaux quantifiables dans tous les échantillons. Les concentrations allaient de 347 à 3 152 ng/L pour le site IDF1, de 1 021 à 8 900 ng/L pour le site IDF2A et de 640 à 6 240 ng/L pour le site IDF2B, correspondant respectivement à des quantités émises dans les eaux usées d'environ 709 mg, 119 mg et 562 mg. En suivant la formule présentée plus haut (Zuccato *et al.* 2008b), les quantités consommées en THC pur étaient d'environ 7 g à 107 g par jour.

Comme cela a été évoqué dans la partie sur les incertitudes, l'estimation du nombre de doses consommées n'est pas fiable. Cependant, dans un souci de faciliter la lecture et l'interprétation des résultats, les données sont présentées sous cette forme. Pour cela, seul le nombre de personnes détenues présentes dans les bâtiments concernés au moment des prélèvements a été pris en compte. Cela signifie que les effectifs du personnel de l'établissement pénitentiaire présents aux mêmes moments et dans les mêmes bâtiments n'ont pas été inclus dans les calculs. L'estimation des consommations par personne peut donc être surévaluée.

Les résultats en termes de nombre de prises par jour et pour 1 000 personnes sont du même ordre de grandeur selon les sites. Globalement et en considérant la dose moyenne de THC à 34 mg par prise, la consommation de cannabis par les personnes détenues des deux établissements pénitentiaires dans lesquels les prélèvements d'eaux usées ont été réalisés peut être estimée entre 0,5 et 3 joints par personne et par jour.

Tableau 2 - Estimations des consommations de cannabis

	Site IDF1		Site IDF2A		Site IDF2B	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Quantités émises dans les eaux usées (mg THC-COOH/jour)	709		119		562	
Quantités émises dans les eaux usées (mg THC-COOH/jour/1 000 pers.)*	545		397		618	
Quantités consommées (g THC/jour)	43	107	7	18	34	85
Quantités consommées (g THC/jour/1 000 pers.)*	33	83	24	60	38	94
Nombre de prises/jour/1 000 pers.*	973	2 432	711	1 777	1 103	2 758

*Résultats ne prenant en compte que le nombre de personnes détenues présents dans les bâtiments concernés le jour du prélèvement.

■ Cocaïne

L'estimation des consommations de cocaïne est réalisée à partir du dosage de la BZE, son principal métabolite. La BZE a été détectée dans les eaux usées des trois sites étudiés, à des niveaux de concentration allant de niveaux détectables mais non quantifiables à 970, 1083 et 492 ng/L, respectivement pour les sites IDF1, IDF2A et IDF2B. En tenant compte des valeurs de débits, les quantités émises en BZE pendant les 24 heures du prélèvement étaient ainsi de 105 mg, 12 mg et 50 mg, respectivement pour les sites IDF1, IDF2A et IDF2B.

Ces résultats correspondent à des quantités consommées estimées en cocaïne pure allant d'environ 27 mg à environ 367 mg par jour.

Tableau 3 - Estimations des consommations de cocaïne

	Site IDF1		Site IDF2A		Site IDF2B	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Quantités émises dans les eaux usées (mg BZE/jour)	105		12		50	
Quantités émises dans les eaux usées (mg BZE/jour/1 000 pers.)*	81		40		55	
Quantités consommées (mg COC/jour)	244	367	27	40	116	175
Quantités consommées (mg COC/jour/1 000 pers.)*	188	282	90	135	128	192
Nombre de prises/jour/1 000 pers.*	2	4	1	2	2	2

*Résultats ne prenant en compte que le nombre de personnes détenues présents dans les bâtiments concernés le jour du prélèvement.

Pour la cocaïne aussi, les résultats en nombre de prises par jour et pour 1 000 personnes sont du même ordre de grandeur selon les sites.

■ Opiacés

La présence de morphine dans les échantillons est difficilement interprétable. Elle peut provenir de la métabolisation d'une prise d'héroïne ou bien de la prise directe de morphine. Quelle que soit la provenance des traces détectées dans 3 des échantillons du site IDF1, les concentrations sont inférieures aux limites de quantification de la méthode et ne permettent pas de tirer de conclusions sur une éventuelle consommation d'opiacés par la population carcérale.

■ MDMA/ecstasy

Des traces de MDMA ont été détectées sur les deux sites de prélèvement de l'établissement pénitentiaire IDF2. Pour le bâtiment IDF2B, elles sont inférieures à la limite de quantification. En revanche, sur le site IDF2A, des traces de MDMA ont pu être quantifiées dans 4 échantillons, elles allaient de 21 à 226 ng/L ce qui correspond à une quantité éliminée d'environ 1,27 mg/jour. En tenant compte des taux d'élimination urinaire, la quantité de MDMA consommée sur le site IDF2A est donc estimée entre 2 et 8 mg/jour.

■ Nouveaux produits de synthèse (NPS)

Aucune trace des nouveaux produits de synthèse recherchés (méphédrone et 4-MEC) n'a été retrouvée dans les eaux usées des trois établissements pénitentiaires étudiés.

Les voies métaboliques de ces nouveaux produits n'étant pas encore bien établies, il est également possible que les molécules ne soient pas (ou peu) éliminées sous leur forme inchangée et que par conséquent, elles n'aient pas été détectées par la méthode d'analyse utilisée.

■ Benzodiazépines

De traces d'oxazépam sont présentes dans tous les échantillons à des niveaux quantifiables (132 à 3 104 ng/L) mais étant donné que l'oxazépam est un métabolite de plusieurs benzodiazépines différentes, il est difficile de déterminer lesquelles ont été consommées. Les résultats obtenus permettent simplement d'observer une consommation de benzodiazépines dans tous les bâtiments des établissements pénitentiaires étudiés. Ce résultat était attendu compte-tenu des données de prescription fournies par les pharmacies des établissements en question.

■ Buprénorphine

Des traces de buprénorphine ont été détectées sur les 3 sites mais pour 2 d'entre eux (IDF1 et IDF2B), elles sont inférieures aux limites de quantification de la méthode. L'absence de buprénorphine (ou sa présence en très faible quantité) sur le site IDF1 était attendue puisqu'elle n'apparaît pas dans la liste des 50 médicaments les plus prescrits qui avait été transmise par le service de santé de l'établissement.

Sur le site IDF2A en revanche, une quantité émise en buprénorphine, de l'ordre de 5 mg/jour a été relevée, correspondant à environ 24 mg/jour consommés, soit 3 comprimés par jour. En partant du postulat que la consommation est identique dans chaque bâtiment, les résultats obtenus par l'analyse des eaux usées permettent d'estimer la consommation de buprénorphine à environ 10 750 comprimés sur 10 mois, contre 53 280 comprimés réellement prescrits sur la même période.

■ Méthadone

L'estimation des consommations de méthadone est réalisée à partir du dosage de l'EDDP, son principal métabolite. L'EDDP a été détectée dans tous les échantillons d'eaux usées, sur les trois sites étudiés. Les niveaux de concentration vont de 51 à 353 ng/L pour le site IDF1, de 313 à 8 507 ng/L pour IDF2 et de 51 à 605 ng/L pour IDF2B. En tenant compte des valeurs de débits des eaux usées, les quantités d'EDDP éliminées pendant les 24 heures du prélèvement sont respectivement de 91 mg, 59 mg et 66 mg. Ainsi, les quantités consommées estimées en méthadone vont de 215 mg à 787 mg par jour.

Tableau 4 - Estimations des consommations de méthadone.

	Site IDF1		Site IDF2A		Site IDF2B	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Quantités émises dans les eaux usées (mg EDDP/jour)	91		59		66	
Quantités émises dans les eaux usées (mg EDDP/jour/1 000 pers.)*	70		197		73	
Quantités consommées (mg MTD/jour)	331	787	215	512	238	567
Quantités consommées (mg MTD/jour/1 000 pers.)*	255	606	718	1 707	262	623
Nombre de prises/jour	8	20	5	13	6	14
Nombre de prises/jour/1 000 pers.*	6	15	18	43	7	16

*Résultats ne prenant en compte que le nombre de personnes détenues présents dans les bâtiments concernés le jour du prélèvement.

Les résultats en nombre de prises de comprimés de méthadone par jour et pour 1 000 personnes sont du même ordre de grandeur entre les sites IDF1 et IDF2B. En revanche, la consommation est significativement plus importante au sein du bâtiment IDF2A. D'après les informations obtenues auprès du service médical de cet établissement, le bâtiment IDF2A regroupe effectivement davantage de personnes détenues suivant un traitement de substitution à la méthadone.

Les résultats obtenus par l'analyse des eaux usées permettent d'estimer la quantité de méthadone consommée dans l'établissement IDF1 entre 2 900 et 7 300 unités. La méthadone n'apparaît pas sur la liste des 50 médicaments les plus prescrits au moment de la période de prélèvement et il y a eu 9 380 unités du dernier médicament de la liste distribuées. L'estimation du nombre de doses de méthadone consommées à partir de l'analyse des eaux usées est donc cohérente avec les données fournies par le service de santé de cet établissement.

Il en va de même pour l'établissement pénitentiaire IDF2 au sein duquel 9 834 doses de méthadone ont été prescrites pendant la période du 1er janvier au 27 octobre 2015, soit environ 33 doses par jour, et où les calculs à partir des résultats de l'analyse des eaux usées estiment entre 11 et 27 doses de méthadone distribuées. On constate donc, pour cet établissement également, une bonne corrélation entre les quantités prescrites et les quantités détectées. Cela permet de valider la méthodologie pour l'estimation des consommations de drogues.

Difficultés rencontrées

La principale difficulté rencontrée a été logistique. Il s'agissait d'avoir un accès au tuyau d'évacuation des eaux usées pour pouvoir y installer le préleveur. Cela a été possible dans toutes les prisons visées par cette étude de faisabilité. Cependant, dans une des prisons (CVL), le tuyau d'évacuation étant plus étroit qu'à l'accoutumée, il est arrivé, plusieurs fois, au moment où les prélèvements étaient programmés que celui-ci soit bouché. Les prélèvements n'ont alors pas pu être effectués sur la période prévue. C'est pourquoi les résultats ne peuvent pas être présentés dans cette note.

L'autre difficulté a été de mesurer le débit. En effet, pour cela, la pose d'un débitmètre au niveau du point de prélèvement est nécessaire. Pour le site IDF1, le débitmètre a été installé et les résultats montrent une baisse du débit entre 21 h et 7 h du matin, correspondant à une diminution attendue de l'activité de l'établissement pendant la nuit. La reprise semble s'effectuer en deux temps avec un premier pic vers 7h30 puis un second aux alentours de 9h30. En revanche, une baisse de débit a été observée entre 14 h et 15 h sans que les informations disponibles permettent de l'expliquer.

Sur le site IDF2A, le débitmètre a été installé mais compte-tenu de la configuration de la canalisation la sonde n'a pu enregistrer que la hauteur d'eau. La mesure de la vitesse n'ayant pas pu être effectuée, les valeurs de débit n'étaient par conséquent pas disponibles. Afin de réaliser les estimations de consommation à partir des concentrations mesurées dans les eaux usées, le débit a donc dû être estimé, d'une part à partir de la courbe de la hauteur d'eau et d'autre part des consommations mensuelles d'eau potable relevées en 2015. Pour le site IDF2B, les calculs ont été réalisés par extrapolation à partir des hauteurs d'eau mesurées sur le site IDF2A.

DISCUSSION / CONCLUSION

LA CONSOMMATION DE CANNABIS EN MILIEU CARCÉRAL SEMBLE MASSIVE VOIRE ENDÉMIQUE

Ces premiers résultats ne sont pas totalement en accord avec les données déclaratives disponibles jusqu'alors. Malgré les limites d'interprétation des résultats liées aux contraintes techniques, à l'absence de prise en compte du nombre total de personnes présentes dans l'établissement au moment du prélèvement et aux objectifs initiaux de cette étude de faisabilité, ces premiers résultats mettent en évidence une consommation de cannabis en établissements pénitentiaires que l'on peut qualifier d'endémique comparée aux autres drogues illicites. Des quantités très importantes des métabolites du cannabis ont été systématiquement retrouvées dans l'ensemble des établissements inclus dans l'étude.

Les enquêtes déclaratives jusqu'alors réalisées en France décrivaient un usage régulier de cannabis avant incarcération évalué chez 29,8 %, 36,8 % et 38,6 % des personnes détenues entrantes (Mouquet 2005 ; Sannier *et al.* 2012 ; Zerkly *et al.* 2015).

Dans l'enquête réalisée en 2011 sur l'établissement pénitentiaire de Liancourt, limitrophe de l'Île-de-France, 38,6 % des répondants au questionnaire délivré déclaraient une consommation de cannabis en prison et 16,3 % d'entre eux déclaraient une consommation quotidienne.

Même si les premiers résultats de l'étude doivent être vérifiés par de nouveaux prélèvements, les niveaux de consommation de cannabis étaient, dans les trois sites prélevés, similaires et compris entre 711 et 2758 prises par jour pour 1000 personnes. Pour rappel, cette importante variabilité de l'estimation est expliquée par l'addition des imprécisions des paramètres au fur et à mesure que l'on remonte à une estimation des quantités consommées. Cependant, malgré ces incertitudes, cela dénote une consommation élevée de cannabis.

Ainsi la consommation de cannabis pourrait concerner toutes les personnes détenues dont chacune fumerait quotidiennement 0,7 à 2,8 joints de cannabis par jour.

Si on se réfère uniquement au pourcentage de fumeurs quotidiens de cannabis décrits dans l'enquête réalisée à Liancourt, les quantités retrouvées dans les eaux usées correspondraient à une consommation de 4,4 à 17,2 prises quotidiennes par personne.

Enfin si on considère que toutes les personnes détenues déclarant une consommation à l'entrée en détention poursuivent leur pratique en détention, la quantité consommée par usagers serait comprise entre 1,4 et 5,5 prises par jour.

LES CONSOMMATIONS D'HÉROÏNE ET DE COCAÏNE EN MILIEU CARCÉRAL APPARAISSENT MARGINALES

Aucun opiacé n'a été retrouvé dans les prélèvements réalisés. Cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de consommation d'opiacés en milieu carcéral. Ces résultats précisent uniquement qu'au moment des prélèvements il n'en a pas été retrouvé.

Néanmoins, les métabolites de la méthadone et de la buprénorphine haut dosage ont bien été retrouvés dans des proportions concordantes avec les volumes dispensés par la pharmacie de l'unité sanitaire délivrant les soins au sein de l'établissement.

Ces résultats sont en contradiction avec ceux des études déclaratives françaises qui décrivaient un usage d'héroïne avant incarcération chez 6,5 % (Mouquet 2005) ou 10 % (Zerkly *et al.* 2015) voire 20 % (Sannier *et al.* 2012) des personnes entrant en détention. Ils ne sont pas non plus concordants avec les résultats de l'étude menée au centre pénitentiaire de Liancourt qui mentionnait une déclaration de consommation d'héroïne pendant l'incarcération par 8,1 % des personnes interrogées (soit 31 personnes détenues). Il faut cependant rester prudent car les prélèvements n'ont pas été effectués dans les mêmes établissements que ceux où les enquêtes déclaratives ont eu lieu. De plus, il n'y a eu qu'un prélèvement par établissement, sur une journée, ce qui ne reflète pas nécessairement les usages au sein des établissements.

De façon similaire, dans chaque prélèvement effectué, de faibles quantités de cocaïne ont été retrouvées pouvant correspondre à entre 1 et 4 prises pour 1000 personnes détenues dans les établissements analysés.

Ces quantités apparaissent aussi marginales par rapport aux consommations régulières déclarées par les personnes détenues entrant en prison, autour de 7 % (Mouquet 2005 ; Zerkly *et al.* 2015). Elles pourraient s'accorder avec l'étude réalisée à Liancourt où 3 personnes déclaraient consommer quotidiennement de la cocaïne et 19 plus occasionnellement. Cependant ces déclarations de consommation apparaissent supérieures à l'estimation qui a pu être faite à partir des quantités des métabolites retrouvées dans les eaux usées durant l'étude.

En outre, seuls 1 à 4 individus semblent concernés par cette consommation sur les établissements testés. Les personnes détenues, les personnels pénitentiaires et les intervenants extérieurs utilisent le réseau d'évacuation des eaux. Il ne peut être exclu que ces derniers soient consommateurs d'autant que 1,1 % des 18-65 ans en population générale avaient consommé de la cocaïne en 2014 (OFDT 2015).

L'ANALYSE DES EAUX USÉES DOIT ÊTRE APPROFONDIE AFIN D'APPORTER LES PREUVES NÉCESSAIRES AUX ACTIONS DE PRÉVENTION ET DE PROMOTION POUR LA SANTÉ

Compte-tenu des limites inhérentes à cette technique d'estimation des consommations de drogues ainsi que des difficultés rencontrées lors de cette étude de faisabilité, il est indispensable que ces résultats soient approfondis afin qu'ils puissent être pris en compte pour adapter les actions développées par l'administration pénitentiaire et les acteurs sanitaires visant à lutter contre les pratiques addictives.

Ainsi, l'étude actuelle a démontré la faisabilité et l'intérêt d'une telle observation, sous réserve de précautions techniques et méthodologiques. Elle sera reconduite sur de nouveaux sites en 2017.

Afin d'améliorer l'interprétation des résultats des prélèvements et la discussion des consommations en établissement pénitentiaire, les molécules analysées et les méthodes de prélèvement seront ajustées. Les modalités de prises en compte de l'ensemble de personnes présentes au sein de l'établissement pénitentiaire au moment du prélèvement seront discutées. Par ailleurs, d'autres données d'ordre pénitentiaire et sanitaire seront recueillies (saisies de produits stupéfiants par l'administration pénitentiaire, volume de l'ensemble des traitements médicamenteux délivrés sur l'établissement, etc.). Enfin d'autres types d'enquêtes sur les pratiques addictives seront simultanément menés dans les établissements étudiés. En particulier, la prochaine enquête nationale « circulations, consommations, et échanges de substances psychoactives en milieu carcéral (CIRCE) » devrait documenter ces pratiques.

L'application de la politique de réduction des risques et de dommages en direction des usagers de drogues définie à l'article L3411-8 du code de la santé publique, en particulier l'adaptation de ses modalités au milieu carcéral, doit tenir compte de ces nouvelles données.

Les risques et les dommages sanitaires liés à l'usage du cannabis sont dorénavant parfaitement bien documentés (Costes 2007). En revanche, ceux liés à l'usage des autres drogues illicites et aux pratiques d'usage comme la voie intraveineuse ou la voie nasale (sniff) restent peu relayés.

La mise en œuvre des prochaines actions à destination des personnes détenues retenue dans le cadre du dernier plan d'actions gouvernemental 2016-2017 de la MILDECA (MILDECA 2016) peut dès à présent prendre en considération ces données. Des actions à destination de ces publics fumeurs de cannabis doivent être envisagées. Celles-ci ne pourront pas être dissociées d'actions de lutte contre le tabagisme en prison qui est autorisé en cellule, les deux dépendances étant extrêmement liées (Schwitzer *et al.* 2016) et leurs prévalences en milieu carcéral restant manifestement élevées.

La consommation de drogues en milieu carcéral, et donc particulièrement celle du cannabis, nécessite des stratégies de prévention, de repérage et de prise en charge documentées spécifiquement en milieu carcéral. Elles associent autant les acteurs de santé (unités sanitaires et Centre de soins, d'accompagnement et de prévention en addictologie) que l'administration pénitentiaire et les divers intervenants dont les associations et les groupes d'entraide.

En outre, ces actions ne doivent pas occulter que le fait que l'usage du cannabis en population générale en France reste particulièrement élevé (3 % de consommateurs réguliers parmi les 18-64 ans). La promotion de la santé en milieu carcéral doit aussi pouvoir changer de paradigme et ne pas uniquement se focaliser sur la santé des personnes détenues.

L'établissement pénitentiaire est un environnement clos. Les actions développées doivent obligatoirement inclure les personnels pénitentiaires qui restent les premiers interlocuteurs des personnes détenues. Ainsi l'administration pénitentiaire multiplie les actions visant à former et informer les personnels pénitentiaires sur l'usage de drogues. Elle promeut actuellement, en collaboration avec le ministère en charge de la santé et la MILDECA, des recherches actions visant à mieux coordonner l'action des personnels pénitentiaires et intervenants sanitaires dans le repérage des personnes présentant une conduite addictive ou à risque. Elle encourage le développement d'interventions précoces à destination des personnes détenues.

BIBLIOGRAPHIE

- Baselt R.C. (2004) *Disposition of toxic drugs and chemicals in man*, 7th edition. Foster City, CA, Biomedical Publications, 1254 p.
- Berset J.-D., Brenneisen R., Mathieu C. (2010) Analysis of illicit and illicit drugs in waste, surface and lake water samples using large volume direct injection high performance liquid chromatography - electrospray tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS). *Chemosphere*, Vol. 81, n° 7, pp. 859-866.
- Bijlsma L., Emke E., Hernández F., de Voogt P. (2012) Investigation of drugs of abuse and relevant metabolites in Dutch sewage water by liquid chromatography coupled to high resolution mass spectrometry. *Chemosphere*, Vol. 89, n° 11, pp. 1399-1406.
- Boleda M.R., Galceran M.T., Ventura F. (2007) Trace determination of cannabinoids and opiates in wastewater and surface waters by ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, Vol. 1175, n° 1, pp. 38-48.
- Boleda M.R., Galceran M.T., Ventura F. (2009) Monitoring of opiates, cannabinoids and their metabolites in wastewater, surface water and finished water in Catalonia, Spain. *Water Research*, Vol. 43, n° 4, pp. 1126-1136.
- Bones J., Thomas K.V., Paull B. (2007) Using environmental analytical data to estimate levels of community consumption of illicit drugs and abused pharmaceuticals. *Journal of Environmental Monitoring*, Vol. 9, n° 7, pp. 701-707.
- Brewer A.J., Banta-Green C.J., Ort C., Robel A.E., Field (2016) Wastewater testing compared to random urinalyses for the surveillance of illicit drug use in prisons. *Drug and Alcohol Review*, Vol. 35, n° 2, pp. 133-137.
- Cadet-Taïrou A., Gandilhon M., Martinez M., Néfau T. (2014) Substances illicites ou détournées : les tendances récentes (2013-2014). *Tendances*, OFDT, n° 96, 6 p.
- Castiglioni S., Bagnati R., Melis M., Panawennage D., Chiarelli P., Fanelli R., Zuccato E. (2011) Identification of cocaine and its metabolites in urban wastewater and comparison with the human excretion profile in urine. *Water Research*, Vol. 45, n° 16, pp. 5141-5150.
- Castiglioni S., Bijlsma L., Covaci A., Emke E., Hernández F., Reid M., Ort C., Thomas K.V., van Nuijs A., de Voogt P., Zuccato E. (2013) Evaluation of uncertainties associated with the determination of community drug use through the measurement of sewage drug biomarkers. *Environmental Science and Technology*, Vol. 47, n° 3, pp. 1452-1460.
- Castiglioni S., Zuccato E., Crisci E., Chiabrando C., Fanelli R., Bagnati R. (2006) Identification and measurement of illicit drugs and their metabolites in urban wastewater by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytical Chemistry*, Vol. 78, n° 24, pp. 8421-8429.
- Chiaia A.C., Banta-Green C., Field J. (2008) Eliminating solid phase extraction with large-volume injection LC/MS/MS: analysis of illicit and legal drugs and human urine indicators in U.S. wastewaters. *Environmental Science and Technology*, Vol. 42, n° 23, pp. 8841-8848.
- Costes J.-M. (Dir.) (2007) *Cannabis, données essentielles*. Saint-Denis, OFDT, 232 p.
- Daughton C.G. (2011) Illicit drugs: Contaminants in the environment and utility in forensic epidemiology. In: *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Volume 210, Whitacre M.D. (Dir.). New York, NY, Springer, pp. 59-110.
- Devault D.A., Néfau T., Pascaline H., Karolak S., Levi Y. (2014) First evaluation of illicit and licit drug consumption based on wastewater analysis in Fort de France urban area (Martinique, Caribbean), a transit area for drug smuggling. *Science of the Total Environment*, Vol. 490, pp. 970-978.

- EMCDDA (2016) *Rapport européen sur les drogues : tendances et évolutions*. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 84 p.
- Falissard B., Loze J.Y., Gasquet I., Duburc A., de Beaurepaire C., Fagnani F., Rouillon F. (2006) Prevalence of mental disorders in French prisons for men. *BMC Psychiatry*, Vol. 6, pp. 33.
- Hall W., Prichard J., Kirkbride P., Bruno R., Thai P.K., Gartner C., Lai F.Y., Ort C., Mueller J.F. (2012) An analysis of ethical issues in using wastewater analysis to monitor illicit drug use. *Addiction*, Vol. 107, n° 10, pp. 1767-1773.
- Huerta-Fontela M., Galceran M.T., Ventura F. (2008) Stimulatory drugs of abuse in surface waters and their removal in a conventional drinking water treatment plant. *Environmental Science and Technology*, Vol. 42, n° 18, pp. 6809-6816.
- Hummel D., Löffler D., Fink G., Ternes T.A. (2006) Simultaneous determination of psychoactive drugs and their metabolites in aqueous matrices by liquid chromatography mass spectrometry. *Environmental Science and Technology*, Vol. 40, n° 23, pp. 7321-7328.
- Irvine R.J., Kostakis C., Felgate P.D., Jaehne E.J., Chen C., White J.M. (2011) Population drug use in Australia: a wastewater analysis. *Forensic Science International*, Vol. 210, n° 1-3, pp. 69-73.
- Jauffret-Roustide M., Couturier E., Le Strat Y., Barin F., Emmanuelli J., Semaille C., Quaglia M., Razafindratsima N., Vivier G., Oudaya L., Lefèvre C., Désenclos J.C. (2006) Estimation de la séroprévalence du VIH et du VHC et profils des usagers de drogues en France, étude InVS-ANRS Coquelicot, 2004. *BEH - Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire*, n° 33, pp. 244-247.
- Karolak S., Néfau T., Bailly E., Solgadi A., Levi Y. (2010) Estimation of illicit drugs consumption by wastewater analysis in Paris area (France). *Forensic Science International*, Vol. 200, n° 1-3, pp. 153-160.
- Kasprzyk-Hordern B., Baker D.R. (2012) Enantiomeric profiling of chiral drugs in wastewater and receiving waters. *Environmental Science and Technology*, Vol. 46, n° 3, pp. 1681-1691.
- Kasprzyk-Hordern B., Kondakal V.V.R., Baker D.R. (2010) Enantiomeric analysis of drugs of abuse in wastewater by chiral liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, Vol. 1217, n° 27, pp. 4575-4586.
- Lai F.Y., Ort C., Gartner C., Carter S., Prichard J., Kirkbride P., Bruno R., Hall W., Eaglesham G., Mueller J.F. (2011) Refining the estimation of illicit drug consumptions from wastewater analysis: Co-analysis of prescription pharmaceuticals and uncertainty assessment. *Water Research*, Vol. 45, n° 15, pp. 4437-4448.
- Loganathan B., Phillips M., Mowery H., Jones-Lepp T.L. (2009) Contamination profiles and mass loadings of macrolide antibiotics and illicit drugs from a small urban wastewater treatment plant. *Chemosphere*, Vol. 75, n° 1, pp. 70-77.
- Mari F., Politi L., Biggeri A., Accetta G., Trignano C., Di Padua M., Bertol E. (2009) Cocaine and heroin in waste water plants: a 1-year study in the city of Florence, Italy. *Forensic Science International*, Vol. 189, n° 1-3, pp. 88-92.
- MILDECA (2016) *Plan gouvernemental de lutte contre les drogues et les conduites addictives. Plan d'actions 2016-2017*. Paris, Mission interministérielle de lutte contre les drogues et les conduites addictives, 39 p.
- Mouquet M.C. (2005) *La santé des personnes entrées en prison en 2003. Études et Résultats*, DREES, n° 386, 12 p.
- Néfau T., Karolak S., Castillo L., Boireau V., Levi Y. (2013) Presence of illicit drugs and metabolites in influents and effluents of 25 sewage water treatment plants and map of drug consumption in France. *Science of the Total Environment*, Vol. 461-462, pp. 712-722.
- OFDT (2015) *Drogues, chiffres clés* (6^e édition). Saint-Denis, OFDT, 8 p.
- Ort C., Lawrence M.G., Rieckermann J., Joss A. (2010) Sampling for pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) and illicit drugs in wastewater systems: are your conclusions valid? A critical review. *Environmental Science and Technology*, Vol. 44, n° 16, pp. 6024-6035.

- Pauly V., Frauger E., Rouby F., Sirere S., Monier S., Paulet C., Gibaga V., Micallef J., Thirion X. (2010) Évaluation des conduites addictives chez les personnes entrant en milieu pénitentiaire à partir du programme OPPIDUM du réseau des centres d'évaluation et d'information sur la pharmacodépendance (CEIP). *L'Encéphale*, Vol. 36, n° 2, pp. 122-131.
- Pedrouzo M., Borrull F., Pocurull E., Marcé R.M. (2011) Drugs of abuse and their metabolites in waste and surface waters by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Separation Science*, Vol. 34, n° 10, pp. 1091-1101.
- Postigo C., López de Alda M., Barceló D. (2011) Evaluation of drugs of abuse use and trends in a prison through wastewater analysis. *Environment International*, Vol. 37, n° 1, pp. 49-55.
- Postigo C., López de Alda M.J., Barceló D. (2010) Drugs of abuse and their metabolites in the Ebro River basin: occurrence in sewage and surface water, sewage treatment plants removal efficiency, and collective drug usage estimation. *Environment International*, Vol. 36, n° 1, pp. 75-84.
- Prichard J., Hall W., de Voogt P., Zuccato E. (2014) Sewage epidemiology and illicit drug research: The development of ethical research guidelines. *Science of the Total Environment*, Vol. 472, pp. 550-555.
- Prichard J., Ort C., Bruno R., Gartner C., Kirkbride P., Hall W., Lai F.Y., Carter S., Thai P., Mueller J., Salinas A. (2010) Developing a method for site-specific wastewater analysis: implications for prisons and other agencies with an interest in illicit drug use. *Journal of Law, Information and Science*, Vol. 20, n° 2, pp. 15-27.
- Sannier O., Verfaillie F., Lavielle D. (2012) Réduction des risques et usages de drogues en détention : une stratégie sanitaire déficitaire et inefficace. *La Presse Médicale*, Vol. 41, n° 7-8, pp. e375-e385.
- Schwitzer T., Gillet C., Bisch M., Di Patrizio P., Schwan R., Laprevote V. (2016) Consommations conjointes de cannabis et de tabac : connaissances cliniques et perspectives thérapeutiques. *Thérapie*, Vol. 71, n° 3, pp. 315-322.
- Terzic S., Senta I., Ahel M. (2010) Illicit drugs in wastewater of the city of Zagreb (Croatia) - Estimation of drug abuse in a transition country. *Environmental Pollution*, Vol. 158, n° 8, pp. 2686-2693.
- Thomas K.V., Bijlsma L., Castiglioni S., Covaci A., Emke E., Grabic R., Hernández F., Karolak S., Kasprzyk-Hordern B., Lindberg R.H., Lopez de Alda M., Meierjohann A., Ort C., Pico Y., Quintana J.B., Reid M., Rieckermann J., Terzic S., van Nuijs A., de Voogt P. (2012) Comparing illicit drug use in 19 European cities through sewage analysis. *Science of the Total Environment*, Vol. 432, pp. 432-439.
- van Dyken E., Lai F.Y., Thai P.K., Ort C., Bruno R., Hall W., Kirkbride K.P., Mueller J.F., Prichard J. (2016) Challenges and opportunities in using wastewater analysis to measure drug use in a small prison facility. *Drug and Alcohol Review*, Vol. 35, n° 2, pp. 138-147.
- van Dyken E., Thai P., Lai F.Y., Ort C., Prichard J., Bruno R., Hall W., Kirkbride K.P., Mueller J.F. (2014) Monitoring substance use in prisons: Assessing the potential value of wastewater analysis. *Science and Justice*, Vol. 54, n° 5, pp. 338-345.
- van Nuijs A., Abdellati K., Bervoets L., Blust R., Jorens P.G., Neels H., Covaci A. (2012) The stability of illicit drugs and metabolites in wastewater, an important issue for sewage epidemiology? *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 239-240, pp. 19-23.
- van Nuijs A., Mougel J.-F., Tarcomnicu I., Bervoets L., Blust R., Jorens P.G., Neels H., Covaci A. (2011) Sewage epidemiology - a real-time approach to estimate the consumption of illicit drugs in Brussels, Belgium. *Environment International*, Vol. 37, n° 3, pp. 612-621.
- van Nuijs A., Pecceu B., Theunis L., Dubois N., Charlier C., Jorens P.G., Bervoets L., Blust R., Neels H., Covaci A. (2009) Cocaine and metabolites in waste and surface water across Belgium. *Environmental Pollution*, Vol. 157, n° 1, pp. 123-129.

Zerkly S., Fauchille E., Trugeon A., Faure R., Kovar C., Azzam K., Bauzin M.-P., Belot F., Breme V., Dulot J., Gentil T., Savin M. (2015) *État de santé des personnes entrant en établissement pénitentiaire en picardie. Caractéristiques sanitaire et sociale des nouveaux détenus en 2014*. Amiens, Agence régionale de santé de Picardie, Observatoire régional de la santé et du social de Picardie, 4 p.

Zuccato E., Castiglioni S., Bagnati R., Chiabrando C., Grassi P., Fanelli R. (2008a) Illicit drugs, a novel group of environmental contaminants. *Water Research*, Vol. 42, n° 4-5, pp. 961-968.

Zuccato E., Chiabrando C., Castiglioni S., Bagnati R., Fanelli R. (2008b) Estimating community drug abuse by wastewater analysis. *Environmental Health Perspectives*, Vol. 116, n° 8, pp. 1027-1032.

Zuccato E., Chiabrando C., Castiglioni S., Calamari D., Bagnati R., Schiarea S., Fanelli R. (2005) Cocaine in surface waters: a new evidence-based tool to monitor community drug abuse. *Environmental Health*, Vol. 7, pp. 1-7.

REMERCIEMENTS

François Beck, Julie-Emilie Adès, Isabelle Michot et Ivana Obradovic (OFDT).

Catherine Bernard, Ruth Gozlan, Fanny Huboux, Florence Lafay-Dufour (MILDECA).

Merci à toutes les directions, les services administratifs, les équipes sanitaires et les équipes techniques des établissements pénitentiaires pour leur soutien et leur aide à la réalisation de cette étude.
