



UNIL | Université de Lausanne

Unicentre

CH-1015 Lausanne

<http://serval.unil.ch>

---

Year : 2021

## Monitoring de la consommation des substances stupéfiantes : apport de l'analyse chimique des seringues usagées

Lefrançois Elodie

Lefrançois Elodie, 2021, Monitoring de la consommation des substances stupéfiantes :  
apport de l'analyse chimique des seringues usagées

Originally published at : Thesis, University of Lausanne

Posted at the University of Lausanne Open Archive <http://serval.unil.ch>

Document URN : urn:nbn:ch:serval-BIB\_0117EF8150820

### **Droits d'auteur**

L'Université de Lausanne attire expressément l'attention des utilisateurs sur le fait que tous les documents publiés dans l'Archive SERVAL sont protégés par le droit d'auteur, conformément à la loi fédérale sur le droit d'auteur et les droits voisins (LDA). A ce titre, il est indispensable d'obtenir le consentement préalable de l'auteur et/ou de l'éditeur avant toute utilisation d'une oeuvre ou d'une partie d'une oeuvre ne relevant pas d'une utilisation à des fins personnelles au sens de la LDA (art. 19, al. 1 lettre a). A défaut, tout contrevenant s'expose aux sanctions prévues par cette loi. Nous déclinons toute responsabilité en la matière.

### **Copyright**

The University of Lausanne expressly draws the attention of users to the fact that all documents published in the SERVAL Archive are protected by copyright in accordance with federal law on copyright and similar rights (LDA). Accordingly it is indispensable to obtain prior consent from the author and/or publisher before any use of a work or part of a work for purposes other than personal use within the meaning of LDA (art. 19, para. 1 letter a). Failure to do so will expose offenders to the sanctions laid down by this law. We accept no liability in this respect.

*Unil*

UNIL | Université de Lausanne  
Ecole des sciences criminelles  
bâtiment Batochime  
CH-1015 Lausanne

## IMPRIMATUR

A l'issue de la soutenance de thèse, le Jury autorise l'impression de la thèse de Mme Elodie Lefrançois, candidate au doctorat en science forensique, intitulée

« Monitoring de la consommation des substances stupéfiantes: apport de l'analyse chimique des seringues usagées (Monitoring illicit drug use: added value from the chemical analysis of used syringes) »

La Présidente du Jury



Prof. Céline Weyermann

Lausanne, le 7 juillet 2021



UNIL | Université de Lausanne  
Ecole des Sciences  
criminelles

---

# **Monitoring de la consommation des substances stupéfiantes : apport de l'analyse chimique des seringues usagées**

Monitoring illicit drug use: added value from the chemical  
analysis of used syringes

---

## **THÈSE DE DOCTORAT**

présentée à la

Faculté de droit, des sciences criminelles et  
d'administration publique

pour l'obtention du grade de

Docteur ès Sciences

par

**Elodie LEFRANCOIS**

Directeurs de thèse

Professeur Pierre ESSEIVA et

Docteur Marc AUGSBURGER

LAUSANNE

**2021**





---

*“ Je ne crois pas qu'il y ait de bonne ou de mauvaise situation. Moi, si je devais résumer ma vie [...], je dirais que c'est d'abord des rencontres, des gens qui m'ont tendu la main”*

(Edouar Baer, Otis, Astérix et Obélix : Mission Cléopâtre, 2002)

## REMERCIEMENTS

---

Ce travail de thèse a été réalisé à l'Ecole des Sciences Criminelles (ESC) de l'Université de Lausanne en collaboration avec l'Unité de Toxicologie et Chimie Forensique (UTCF) du Centre Universitaire Romand de Médecine Légale. Au sein de ces deux institutions, j'ai eu la chance de rencontrer et de travailler avec de nombreuses personnes. J'aimerais, par ces mots, remercier toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à cette thèse. En premier lieu, je tiens à adresser mes plus sincères remerciements aux personnes qui ont accepté de prendre part à ce jury de thèse :

Pierre ESSEIVA, co-directeur de thèse, professeur à l'ESC, pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce travail de doctorat. Bien qu'expert dans ton domaine, tu restes quelqu'un de simple avec qui c'est un plaisir de travailler. Merci d'avoir toujours su me pousser à me dépasser et de m'avoir mis en avant sur la scène internationale.

Marc AUGSBURGER, co-directeur de thèse, directeur de l'UTCF, pour avoir permis la mise en place de cette collaboration avec le CURML durant cinq années. Malgré tes nombreuses prérogatives, tu as toujours su te montrer disponible pour discuter des nombreux projets de recherches que nous avons partagés. Pour cela encore un grand merci.

Thomas NÉFAU, expert externe, correspondant de l'observatoire français des drogues et toxicomanies (OFDT), puis de l'observatoire européen des drogues et toxicomanie (EMCDDA), pour avoir initié en premier lieu ce type d'approche à Paris. Merci pour toutes les collaborations que nous avons instaurées.

Marie MORELATO, expert externe, *senior lecturer* à l'Université technologique de Sydney, d'avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse. Merci d'avoir initié le projet qui m'a donné l'immense opportunité de poursuivre ma recherche *DownUnder*. Ton entrain pour la recherche et tes qualités humaines m'ont beaucoup apporté, ainsi qu'à cette thèse.

Olivier DELÉMONT, expert interne, professeur à l'ESC, pour avoir accepté au pied levé de prendre part à cette thèse. Merci pour l'intérêt que tu as exprimé pour ce projet depuis le commencement, ta disponibilité et l'aide que tu apportes à tous les doctorants au quotidien.

Céline WEYERMANN, présidente du jury, professeure à l'ESC, pour son enthousiasme et son intérêt pour la recherche. Merci d'avoir toujours véhiculé et partagé ton dynamisme et ta passion pour la science forensique au cours de ces cinq années.

Je tiens également à remercier Frank ZOBEL, expert externe du mémoire intermédiaire de cette thèse, directeur d'Addiction Suisse, pour avoir partagé son immense savoir sur le suivi des addictions. Il a permis d'enrichir cette recherche en partageant ses avis éclairés, en particulier concernant l'intégration des méthodes conventionnelles de monitoring.

Mes remerciements les plus sincères vont aussi aux services de réduction des risques, sans qui ce projet n'aurait pas vu le jour, plus particulièrement

Pour le site de Lausanne,

Nicolas PYTHOUD, ancien directeur de la fondation accueil bas seuil (ABS) qui a participé à la mise en place de ce projet.

Matthieu ROUËCHE, actuel directeur de la fondation ABS, pour avoir permis la pérennisation de ce projet.

Sébastien ROAUX, responsable infirmier et adjoint de direction de la fondation ABS, pour sa participation active dans la collecte et le transport de seringues usagées.

L'ensemble de l'équipe socio-sanitaire de la fondation ABS, pour leur accueil et leur soutien au projet.

Pour le site de Genève,

Martine BAUDIN et son équipe de la fondation première ligne, pour avoir accepté de participer.

Au cours de cette thèse, j'ai eu l'occasion de développer à l'international des collaborations fructueuses.

I would like to thank all the people listed hereafter for their fruitful collaborations,

For the ESCAPE project,

Thomas NÉFAU, Thomas SEYLER and Victor DETEREZ, coordinators of this wonderful project and all the experts who took part, Anne ARPONEN, Tibor BRUNT, József CSORBA, Daniel DEIMEL, Hallvard GJERDE, Teemu GUNNAR, Sara KAROLAK, Andrew MCAULEY, Denise MCKEOWN.

For the Australian project,

Marie MORELATO who initiated the project, and Claude ROUX, director of the Centre for Forensic Science - University of Technology Sydney for their overwhelming support and all the people involved on this project, Vendula BELACKOVA, Edmund SILINS, Julie LATIMER, Marianne JAUNCEY, the Consumer Group, Ronald SHIMMON, Dayanne MOZANER, and to Amber BROWN who gave me the way to find a balance between work and relax time.

Je souhaite aussi adresser mes remerciements aux acteurs silencieux de cette recherche, les collaboratrices de l'UNISSANTÉ, anciennement nommée, Institut Universitaire de Médecine Sociale et Préventive (IUMSP), pour leur partage de connaissances relatives aux enquêtes menées auprès des usagers de drogue et à la distribution de matériel stérile dans le canton de Vaud. Un grand merci à Stéphanie LOCICIRO, Sonia LUCIA, Sanda SAMITCA, et Sophie STADELMANN.

Je tiens aussi à remercier toutes celles et ceux qui ont égayé mes journées au sein du laboratoire de l'UTCF, Valérie AEPPLI, Joëlle BÄCHLER, Angélique CHEVALLEY, Magali DOVAT SABATELLA, Cinzia FORNEY, Annette JORDAN, Caroline MATHON, Françoise NICOUD, Filomena ROCHA CUNHA, Jonathan SIDIBE, pour leur patience et leur aide. Ainsi que, Frank SPORKET et Aurélien THOMAS, pour leurs intérêts pour la recherche et leurs échanges constructifs.

Au sein de ce laboratoire, j'ai aussi eu l'occasion de développer de sincères amitiés ; tous mes remerciements vont à Tim JOYE, Rachel JACOT-DESCOMBES, Joan JORDAN et aux OCTODONS (à la mémoire de MOZART...) qui n'ont pas huit pattes, mais pas loin de huit foies.

Je souhaiterais aussi adresser tous mes plus sincères remerciements à toutes les personnes de l'ESC, le directeur, Olivier RIBAUX, et le corps professoral de l'Ecole de Sciences Criminelles qui permettent d'évoluer dans une atmosphère bienveillante. Je souhaiterais aussi remercier nos Maîtres Assistants, Nicolas ESTOPPEY et, particulièrement, Natalie KUMMER qui a participé activement à la relecture de ce manuscrit et m'a permis de parachever ma formation en zythologie.

Je voudrais en profiter pour remercier tous les collaborateurs de l'ESC, en particulier,

Susana BOZIC, Killian CHAUDIEU, Aline GIBSON, Natalia PAWLOSKA, Martina REIF qui ont partagé avec moi la joie immense de réaliser un doctorat, ainsi que Saman FERNANDEZ et Samantha MOBILIA qui supportent les susnommés dans leurs tâches en partageant leurs immenses savoirs.

Ilaria DE MARCH, avec qui j'ai eu l'occasion d'étudier la persistance de traces sur surfaces boisées de Satellite,

Sorcha KEATING, ma partner in crime depuis les travaux pratiques de stups en 2013 qui n'a eu de cesse de m'aider et de me soutenir depuis.

Sur une note plus personnelle,

Je voudrais remercier tous mes amis qui m'ont permis de trouver un équilibre. En particulier, Samuel, Dési, Magali, Gus, Eric, Julien, Guimence, Sarah, Sophia, pour les conversations qui ont enrichi cette thèse, mais aussi pour le partage de ces bons moments au quotidien. Chauvinisme oblige, je finis par mes amis de Toulouse, merci à Maïlys, Margotte et Émilie, mes copines de toujours avec qui je suis enchantée d'évoluer, ainsi qu'à Sabine et Léa.

Mes remerciements vont aussi à tous les membres de la famille Swiss made VON ROHR qui ont eu à cœur de m'accueillir, merci à Corinne, Stefan, Raph, Cec, Olivier, Mélissa, Cath, Fabrice, Antoine et Ruth pour ses nombreuses parties de jass enflammées.

Finalement, last but not least, je souhaite clore ces remerciements par les personnes les plus importantes, ma famille :

À mon frère, Cédric, qui as toujours su montrer à la manière LEFRANÇOIS qu'il était fier de moi,

À ma sis, Gaëlle, l'avocate qui en sait le plus sur l'analyse de seringues usagées de tout le barreau toulousain, son accompagnement dans cette thèse a été sans faille,

À leurs petites familles respectives Vanessa, Margot, Omar et Anakin,

À mes parents, Brigitte et Yves, à qui je n'exprime jamais assez combien je les aime,

Et à mon futur époux, Sébastien, pour son soutien durant ces six années.





---

## ABSTRACT

---

Injecting drug use and the risks associated with it, such as overdose, addiction and the increased risk of blood-borne viral transmissions are a matter of public health (Des Jarlais et al., 2000). Even though it seems that the prevalence of injecting drug use has declined in Europe since 2000 (EMCDDA, 2015a; Locicero et al., 2013), the risk of overdose death and infectious diseases associated with this mode of administration remains high (Degenhardt et al., 2017a).

According to the latest World Drug Report, the available substances and their compositions on the market are becoming increasingly diversified and complex (UNODC, 2019). However, the same type of indicators have been used to monitor consumption trends since over twenty years (e.g. auto-reported survey conducted in low threshold facilities ; Locicero et al., 2013). Although informative, this data does not allow to gain knowledge regarding the actual composition of substances injected.

Providing information about injected substances would reduce the negative impact of illicit drug consumption and support people who inject drugs to make informed decisions. To address this gap, for the first time, this research investigates the added-value of chemical analysis of used syringes for the gathering of information about the actual composition of the injected substances.

To this end, the following objectives were set after having established the research framework:

- (1) To implement the chemical analyses of the content of used syringes in collaboration with the University Center of Legal Medicine;
- (2) highlighting the research results obtained by the analytical data, to compare the results obtained by the analytical technique with self-report drug use and reflect on the sampling procedure;
- (3) To combine these results with conventional monitoring data and study trends over the time;
- (4) To compare used syringes data at a global level with a collecting method harmonised, and;
- (5) To discuss the added value of such an approach for the monitoring of injecting drug compositions in a long-term perspective.

Used syringes were collected fourteen times at street syringes-dispensing machines, harm-reduction services or supervised injecting facilities in Lausanne and Geneva. In total, 1'715 syringes were collected and analysed. Their residual contents were then analysed by gas-chromatography/mass-spectrometry methods developed at UTCF **(objective 1)**.

In Lausanne, 931 syringes were retrieved from disposal bins and analysed. A main psychoactive substance was detected in 779 syringes. Cocaine was the most commonly detected substance (present in 333 syringes; 43%), showing that the people who inject drugs have a large consumption of this substance. Cocaine and heroin mixture was the most frequent combination, detected in 102 syringes (31%). In Geneva, 487 were collected, 414 contained at least one psychoactive substance. Heroin was the most commonly detected substances in 130 syringes (31%), followed by cocaine (n=111, 27%). In addition to the main psychoactive drugs, cutting agents were detected in 653 syringes which contained cocaine or heroin. No unusual adulterant was detected. In Lausanne, drugs identified by laboratory analysis were compared with users' self-reported drug type. The two datasets show similar pattern **(objective 2)**.

These laboratory data were combined to conventional monitoring method (i.e. population-specific survey in low-threshold structures). This comparison confirmed that stimulant use (i.e. cocaine) by injection constitutes a widespread practice among people who inject drugs in Lausanne. Even though the people who inject drugs remained limited, they consumed a large proportion of the volume of cocaine used in the canton of Vaud. Consequently, this population has an impact on the volume of cocaine consumed in Lausanne and must be taken into account in the MARSTUP drug market study (Zobel et al., 2018). To summarise, results from Lausanne indicate that the types of consumed substances have remained constant over the years of the study. While heroin was traditionally



associated with the injection, herein, a larger proportion of syringes collected in Lausanne contained cocaine (43%; n=333 of 779) than heroin (10%; n=79) **(objective 3)**.

At the international level, two axes have been developed through the collaborations initiated during this thesis. The first one was carried out with the European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA) and the French Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (OFDT). The second one was implemented at the University of Technology Sydney, and allowed to collect used syringes at the Medically Supervised Injecting Centre in Sydney, Australia **(objective 4)**.

During the European study, data from nine cities was collected (substances and combinations of substances detected in used syringes). Injected substances vary between cities. The results highlight the region-specific nature of drug use patterns within the injecting population. This approach provides local and in quasi-real-time information - with limited bias - that can be used to implement prevention strategies at the city level. It has thus allowed reporting risk behaviours that were so far not detected by the conventional monitoring channels (e.g. in Vilnius, presence of carfentanyl, a potent opioid recorded as the cause of many overdoses).

In Australia, the same standard operating procedure as the one developed in Switzerland was deployed. The Australian study led to the detection of substances never detected nor reported as consumed in Switzerland. In fact, the increased use of crystal methamphetamine is now one of the main public health concerns in Australia (Degenhardt et al., 2017b); whereas this substance is rarely seized in Switzerland (Zobel et al., 2018). The results found in this part of the study are in line with those observations, with the prevalence of methamphetamine in a quarter of the syringes collected (n=22, 26%), following heroin detection in more than half the syringes (n=51; 59%).

Finally, the potentially high level of stimulant injection on both regional and international levels suggested by the results of the current study has public health implications. These changes in drug use patterns represent the next public health challenges in harm reduction services and treatment perspectives (Farrell et al., 2019). Through communication on this phenomenon, the analysis of the contents of used syringes offers added value in a long-term perspective **(objective 5)**.



---

## RÉSUMÉ

---

L'injection de drogue et les risques qui y sont associés restent aujourd'hui encore une préoccupation centrale dans le domaine de la santé publique (e.g. overdose, augmentation du risque de transmission virale par le sang ; Des Jarlais et al., 2000). Globalement, en Europe, la prévalence de personnes qui consomment de la drogue par voie intraveineuse ne cesse de diminuer depuis 2000 (EMCDDA, 2015a ; Locicero et al., 2013). Cependant, les risques sanitaires associés à l'injection restent élevés, notamment le risque d'overdose ou de contracter une maladie infectieuse (Degenhardt et al., 2017).

D'après le dernier rapport mondial sur les drogues, les substances disponibles et leur composition sur le marché se diversifient et se complexifient (UNODC, 2019). Cependant, les mêmes types d'indicateurs sont utilisés pour le suivi des tendances de consommation depuis plus de vingt ans (e.g. Enquête auprès des usagers de drogue clients des structures à bas-seuil d'accès ; Locicero et al., 2013). Or, ces données ne permettent pas d'acquérir des connaissances sur la composition réelle des substances consommées par voie intraveineuse.

Fournir des informations sur la composition des substances injectées aide les usagers à prendre des décisions éclairées quant à leur consommation et peut ainsi réduire l'impact négatif de la consommation de drogues. Pour combler l'absence de ce type de données, l'apport de l'analyse chimique du contenu des seringues usagées pour la collecte d'informations sur la composition réelle de la substance injectée a été étudié.

Dans ce but, après la définition du cadre de recherche, cinq objectifs ont été fixés :

- (1) Appliquer la méthode d'analyse du Centre Universitaire Romand de Médecine Légale (CURML) à un nouveau type de spécimens, les seringues usagées.
- (2) Valoriser les résultats pertinents de l'analyse, les comparer avec les indicateurs conventionnels et les interpréter à travers une réflexion sur le type de collecte réalisée.
- (3) Contextualiser les résultats de cette nouvelle approche au regard des indicateurs existants et étudier leurs modifications au cours du temps.
- (4) Comparer les résultats au niveau international avec une méthode de collecte harmonisée.
- (5) Étudier la valeur ajoutée de l'analyse chimique des seringues et des équipements de consommation et leurs applications à long terme possible.

Au cours de cette thèse, quatorze campagnes de collecte de seringues usagées ont été menées à Lausanne et Genève dans différents types de structures (distributeurs automatiques de seringues, espace d'accueil ou de soin et espaces de consommation sécurisés). Au total, 1'715 seringues ont été collectées et analysées. Leur contenu a été analysé par la méthode de chromatographie en phase gazeuse et de spectrométrie de masse développée à l'UTCF (**objectif 1**).

L'ensemble des substances psychoactives obtenues ont été détaillées. À Lausanne, 931 seringues ont été collectées, 779 d'entre elles contenaient au moins une substance psychoactive. La cocaïne est la substance qui a été le plus souvent caractérisée (333 seringues ; 43%), montrant ainsi que les usagers par injection ont une consommation importante de cette substance. Le mélange cocaïne-héroïne est celui le plus fréquemment observé dans 102 seringues (13%). À Genève, 487 seringues ont été collectées, parmi elles, 414 contenaient au moins une substance psychoactive. L'héroïne était la première substance consommée, retrouvée dans plus d'un tiers des seringues (n=130 ; 31%) suivies de près par la cocaïne seule (n=111 ; 27%). En plus des substances psychoactives principales consommées (i.e. cocaïne, héroïne), il a été détecté les produits de coupage pharmacologiquement actifs (i.e. adultérants) dans 653 seringues. Aucun nouveau adultérant n'a été détecté. Les résultats ont été comparés au type de substance signalé par les usagers lors de l'étude. À Lausanne, les questionnaires et les données chimiques ont indiqué les mêmes tendances de consommation (**objectif 2**).

Ces données ont été combinées avec des méthodes conventionnelles de suivi de la consommation (i.e. enquête en population spécifique dans les structures bas seuil). Cette comparaison a confirmé que l'injection de stimulants (i.e. cocaïne) est une pratique répandue parmi les usagers de drogue par voie intraveineuse de Lausanne. Ici, il a été montré que cette population réduite représente une grande part de la consommation de la cocaïne du canton de Vaud. Elle a ainsi été considérée dans le calcul des volumes de cocaïne publié dans l'étude sur le marché des stupéfiants MARSTUP (Zobel et al., 2018).

Finalement, les résultats de Lausanne montrent que le type de substances consommées est resté stable durant les années étudiées. Alors que l'héroïne est traditionnellement attribuée à la consommation par voie intraveineuse, la fréquence d'apparition de la cocaïne seule (43% ; n=333 sur 779) était plus importante que celle de l'héroïne seule (10% ; n=79) (**objectif 3**).

Au niveau international, deux axes ont été développés grâce aux collaborations qui ont été initiées lors de cette thèse. La première a été réalisée avec l'observatoire européen des drogues et toxicomanies (EMCDDA) et avec l'observatoire français des drogues et toxicomanies (OFDT). La seconde, réalisée à l'Université Technologique de Sydney, a permis de collecter des seringues usagées dans l'espace de consommation sécurisé de Sydney (**objectif 4**).

Au cours de l'étude européenne, des données ont été recueillies dans neuf villes (substances et combinaisons de substances détectées dans les seringues usagées). Les substances injectées varient d'une ville à l'autre. Ce résultat a démontré le caractère régio-spécifique des habitudes de consommation des usagers de drogue par voie intraveineuse. L'analyse des seringues usagées a fourni des données locales et en temps quasi-réel qui peuvent être utilisées pour actualiser les messages de prévention. Dans certains pays, cette approche est l'une des rares donnant des informations sur les substances consommées avec des biais limités. Elle a ainsi permis la détection de comportements à risque non décelés par les canaux principaux d'information de tendance (e.g. à Vilnius, avec la présence de carfentanyl, opioïde puissant enregistré comme étant à l'origine de décès par overdoses).

En Australie, l'application de la même procédure que celle des seringues collectées en Suisse a été développée. L'étude australienne a permis d'observer la détection de substances très différentes de celle consommées en Suisse. En effet, en Australie, une augmentation de la consommation de méthamphétamine a été relevée depuis de nombreuses années, et cette problématique est devenue un enjeu majeur de santé publique (Degenhardt et al., 2017b). À l'inverse, cette substance est rarement saisie en Suisse (Zobel et al., 2018). Les résultats collectés s'inscrivent dans ces observations avec une prévalence de méthamphétamine dans un quart des seringues collectées (n=22, 26%), après la détection d'héroïne dans plus de la moitié des seringues collectées (n=51 ; 59%).

Finalement, autant au niveau régional qu'international, la proportion d'usagers qui s'injectent des stimulants a été soulignée. Cette modification des tendances de consommation pose les prochains défis de santé publique (e.g. mise en place de traitement de substitution aux stimulants ; Farrell et al., 2019). La connaissance des substances injectées est utile et apporte des informations sur le marché des drogues. Grâce aux connaissances obtenues sur les substances injectées, l'analyse du contenu des seringues usagées permet d'orienter les stratégies de prévention, de planifier le type de traitements nécessaires, et, ainsi, offre une valeur ajoutée dans une perspective à long terme (**objectif 5**).



---

# LISTE DES TRAVAUX ASSOCIÉS À LA THÈSE

## ARTICLES

Lefrançois E., Belackova V., Silins E., Latimer J., Jauncey M., Shimmon R., Mozaner Bordin D., Augsburger M., Esseiva P., Roux C., Morelato M., **2020**. Substances injected at the Sydney Supervised Injecting Facility: A chemical analysis of used injecting equipment and comparison with self-reported drug type. *Drug and Alcohol Dependence*. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2020.107909>

Lefrançois E., Augsburger M., Esseiva P., **2019**. Le monitoring de la consommation de stupéfiants : la différence d'approche entre criminologie et criminalistique. La plus-value d'une approche combinée à l'analyse du contenu des seringues usagées. *Revue Internationale de CRIMINOLOGIE et de POLICE Technique et Scientifique*, LXXII (1) pp. 23 - 31.

Lefrançois, E., Augsburger, M., Esseiva, P., **2018**. Drug residues in used syringes in Switzerland: a comparative study. *Drug Testing Analysis*. <https://doi.org/10.1002/dta.2335>

Lefrançois, E., Esseiva, P., Gervasoni, J.-P., Lucia, S., Zobel, F., Augsburger, M., **2016**. Analysis of residual content of used syringes collected from low threshold facilities in Lausanne, Switzerland. *Forensic Science International* 266. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.07.021>

## CONFÉRENCES

### Présentations Orales

Lefrançois, E., **2020**. Co-chairmanship during the section related to data collection, visualisation and dissemination of results during the EUROPEAN SYRINGE COLLECTION & ANALYSIS PROJECT ENTERPRISE (ESCAPE) annual meeting. European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA).

Lefrançois, E., Augsburger, M., Esseiva, P., **2019**. Analysis of the content of used injecting paraphernalia in the Sydney supervised injecting facility. LISBON ADDICTIONS, Lisbon, Portugal.

Lefrançois, E., & Morelato, M., **2019**. What Drugs Are Injected at the Sydney Supervised Injecting Facility?: A laboratory analysis of drug content of used injecting paraphernalia. 8<sup>TH</sup> DOCTORAL SCHOOL of the École Des Sciences Criminelles, Diablerets, Suisse.

Lefrançois, E., & Morelato, M., **2019**. Improving knowledge of drug use through forensic intelligence. CENTRE FOR FORENSIC SCIENCE MEETING, University of Technology Sydney, Sydney, NSW, Australia.

---

Lefrançois, E., Augsburger, M., Esseiva, P., **2018**. Le monitoring des consommations de stupéfiants : la différence d’approche entre criminologie et criminalistique. Association Internationale des Criminologues de Langue Française – AICLF, Lausanne, Suisse.

Lefrançois, E., Augsburger, M., Esseiva, P., **2018**. The illicit drug landscape in Switzerland: the added-value of drug paraphernalia analysis. EXPERT MEETING ON THE KEY INDICATOR PROBLEM DRUG USE (PDU MEETING), European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA), Lisbon, Portugal.

#### Posters

Lefrançois, E., Augsburger, M., Esseiva, P., **2018**. Influence of sampling strategies for drug analysis of used syringes content performed by general unknown screening on GC-MS. The International Association of Forensic Toxicologists – TIAFT, Ghent, Belgique.

Lefrançois, E., Augsburger, M., Esseiva, P., **2017**. Drug analysis of residual content of used syringes: a new monitoring tool of injecting drug users practices. LISBON ADDICTIONS, Lisbon, Portugal.

## AUTRES PUBLICATIONS

Škařupová K., Néfau T., Lefrançois E., Seyler T., **2019**. European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction. Drugs in syringes from six European cities. <https://dx.doi.org/10.2810/897169>

Citation recommandée: EMCDDA, 2019. Drugs in syringes from six European cities: results from the ESCAPE project 2017. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Brunt, T.M., Lefrançois, E., Gunnar, T., Arponen, A., Seyler, T., Goudriaan, A.E., McAuley, A., McKeown, D.A., Detrez, V., Csorba, J., Deimel, D., Auwärter, V., Kempf, J., Karolak, S., Néfau, T., **2021**. Substances detected in used syringes of injecting drug users across 7 cities in Europe in 2017 and 2018: The European Syringe Collection and Analysis Project Enterprise (ESCAPE). *International Journal of Drug Policy* 103130. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2021.103130>

Zobel, F., Clot, J., Esseiva, P., Gaume, J., Lefrançois, E., Rossy, Q., Savary, J.-F., Schmutz, E., Simon, O., **2020**. Le marché et les personnes consommant des drogues illégales face à la crise. *Dépendance, Addiction Suisse et le GREA - Groupement Romand d’Etudes des Addictions* n°68.

Lefrançois E., Reymond N., Thomas A., Lardi C., Fracasso T., Augsburger M., **2021**. Summary statistics for drugs and alcohol concentration recovered in post-mortem femoral blood in Western Switzerland. *Forensic Science International* 325. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110883>



---

# TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION.....	1
2.	CONTEXTE DE L'ANALYSE DES SERINGUES USAGÉES.....	3
2.1.	LE MONITORAGE DES DROGUES.....	3
2.2.	L'INSUFFISANCE DU MONITORAGE FORENSIQUE.....	6
2.3.	LES SUBSTANCES ET LEURS MARCHÉS.....	8
2.3.1.	Les stupéfiants.....	9
2.3.2.	Les médicaments.....	19
2.4.	OBJECTIFS DE L'ANALYSE DES SERINGUES USAGÉES.....	21
3.	MISE EN ŒUVRE DE L'ANALYSE DES SERINGUES USAGÉES.....	23
3.1.	MÉTHODE - ANALYSE DES TRACES.....	24
3.1.1.	Démarche globale de l'étude.....	24
3.1.2.	Collecte.....	26
3.1.3.	Méthode d'analyse.....	31
3.1.4.	Discussion méthodologique.....	36
3.1.5.	Conclusion intermédiaire.....	40
3.2.	RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION.....	41
3.2.1.	Généralités.....	41
3.2.2.	Validité concourante des indicateurs.....	47
3.2.3.	L'influence de la stratégie de collecte.....	50
3.2.4.	Discussion.....	54
3.2.5.	Conclusion intermédiaire.....	57
3.3.	CONTEXTUALISATION.....	58
3.3.1.	Convergences des indicateurs.....	58
3.3.2.	Optique marché - les produits.....	61

---

3.3.3.	Tendances de consommation dans le temps .....	66
3.3.4.	Discussion.....	67
3.3.5.	Conclusion Intermédiaire.....	69
3.4.	COMPARAISON INTERNATIONALE .....	70
3.4.1.	ESCAPE 2019.....	71
3.4.2.	Comparaison avec Sydney (Lefrancois et al., 2020) .....	87
3.4.3.	Discussion.....	90
3.4.4.	Conclusion intermédiaire.....	92
3.5.	APPORT DE L'ANALYSE DES SERINGUES USAGÉES .....	93
3.5.1.	Substances psychoactives principales.....	93
3.5.2.	Produits de coupage : les adultérants.....	96
3.5.3.	Système d'alerte précoce.....	98
3.5.4.	Implémentation de cet indicateur lors de circonstances exceptionnelles.....	99
3.5.5.	Autres équipements de consommation.....	102
3.5.6.	Discussion.....	106
3.5.7.	Conclusion intermédiaire.....	108
4.	PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS.....	109
4.1.	Généralité .....	109
4.2.	Marqueurs de suivi de la consommation .....	110
4.3.	Réduction des risques.....	112
4.4.	Cadre éthique.....	113
5.	CONCLUSION FINALE.....	115
6.	BIBLIOGRAPHIE .....	119
	ANNEXES .....	I

---

## TABLE DES FIGURES

Figure 1: Routes principales du trafic d'opiacés en Afrique, Chine, Europe et Océanie 2011-2015 (UNODC, 2018). Croissant d'Or et Triangle d'Or sont représentés en surbrillance jaune.....	11
Figure 2 : Taux de pureté des saisies d'héroïne d'un gramme ou moins relevés chaque année entre 2000 et 2018 (SGRM, 2018). .....	12
Figure 3: Routes principales du trafic de cocaïne à partir des pays producteurs d'Amérique du Sud et à destination de l'Europe 2011-2015 (UNODC, 2018).....	14
Figure 4 : Taux de pureté des saisies de cocaïne d'un gramme ou moins relevés chaque année entre 2000 et 2018 (SGRM, 2018). .....	16
Figure 5 : Routes principales du trafic des stimulants de type amphétaminique qui met en exergue le commerce à l'intérieur de l'Europe Ouest et de l'Australie 2011-2015 (UNODC, 2018).....	17
Figure 6 : Schéma récapitulatif de la démarche d'analyse de seringues usagées.....	25
Figure 7: Récapitulatif des lieux de collecte, des méthodes de collecte mises en place et de la population d'usagers ciblés. ....	30
Figure 8: Comparaison des méthodes analytiques considérées. ....	33
Figure 9 : Fréquence d'apparition des différents produits psychoactifs dans les seringues usagées collectées à Lausanne et contenant au moins une substance psychoactive (n=779). ....	42
Figure 10 : Fréquence d'apparition des différents produits psychoactifs dans les seringues usagées collectées à Genève et contenant au moins une substance psychoactive (n=414). ....	44
Figure 11 : Fréquence d'apparition des différents types de substances psychoactives déclarées lors du questionnaire (n=113) et détectées par l'analyse des seringues usagées lors de la campagne de Lausanne en 2015 menée à l'échange mobile et à l'espace bas seuil (n=106). ....	48
Figure 12: Fréquence d'apparition des substances psychoactives détectées par l'analyse des seringues usagées collectées lors de la campagne de 2015 menée à l'espace mobile et à l'espace bas seuil (n=106) et au distributeur en 2016 (n=185) de Lausanne. ....	50
Figure 13: Fréquence d'apparition des mélanges détectés par l'analyse des seringues collectées en 2016 au sein du local d'injection de Genève (n=23) et collectées en 2016 au distributeur (n=65) de Genève.....	52

---

Figure 14: Fréquence d'apparition du type de substances psychoactives auto-déclarées à la structure (graphique à gauche obtenu sur le site, Première ligne, 2016) et par l'analyse des seringues usagées collectées en 2016 au sein du local d'injection de Genève (à droite, n=23). .....	53
Figure 15: Comparaison des fréquences d'adultérants relevés dans les saisies de cocaïne du canton de Vaud 2014-2016 (n=1'115, adapté de Zobel et al., 2018) et dans les seringues usagées contenant de la cocaïne collectées aux distributeurs 2016-2019 (n=284). .....	63
Figure 16: Comparaison des fréquences d'adultérants relevés dans les saisies d'héroïne du canton de Vaud 2006-2014 (n=3'054, adapté de Broséus et al., 2015) et dans les seringues usagées contenant de l'héroïne collectées aux distributeurs 2016-2019 (n=64). .....	65
Figure 17 : Fréquences des mélanges des principales substances psychoactives détectées dans les seringues collectés durant quatre ans aux distributeurs de Lausanne (2016, n=185 ; 2017, n=233 ; 2018, n=128 ; 2019, n=116). .....	66
Figure 18: Sites de collectes des seringues usagées lors du projet européen par type de structures et date. ....	73
Figure 19: Fréquence des principales substances psychoactives détectées sur le nombre de seringues collectées par ville européenne en 2019. ....	76
Figure 20: Substances auto-déclarées aux services d'échange de seringues de 2009 et 2017, en Hongrie (Tarján et al., 2017). ....	78
Figure 21: Fréquence d'apparition des mélanges de substances détectées dans les seringues collectées par ville européenne en 2019. ....	82
Figure 22: Fréquence des principales substances psychoactives détectées sur le nombre de seringues collectées par ville européenne de 2017 à 2019. ....	84
Figure 23 : Comparaison des fréquences d'apparition des types de substances détectées dans les seringues par site à Paris entre 2017 et 2019. ....	86
Figure 24 : Comparaison des fréquences des principales substances psychoactives détectées dans les villes européennes en 2017 et les fréquences observées lors de la collecte de seringues à l'espace de consommation sécurisé de Sydney en 2019. ....	87

---

Figure 25 : Fréquence d'apparition des substances psychoactives détectées par l'analyse des seringues usagées lors des cinq campagnes menée au distributeur de Lausanne. ....	100
Figure 26 : Fréquence d'apparition des mélanges de substances détectées par l'analyse des seringues usagées lors des cinq campagnes menées au distributeur de Lausanne.....	101
Figure 27 : Autres équipements d'injection collectés.....	103
Figure 28: Représentation schématique du processus d'analyse de seringue usagées et de son impact sur la consommation. ....	109



---

*'We prefer to define forensic science as the study of traces, which themselves are present as remnants of an activity, most often a criminal activity.'*

(Ribaux et al., 2010)

## 1. INTRODUCTION

---

La science forensique se définit comme l'étude des traces, qui sont elle-même présentes comme les vestiges d'une activité, le plus souvent criminelle (Ribaux et al., 2010). Pour qu'une trace acquière une présence, il est donc nécessaire que sa valeur soit reconnue et que l'observateur qui la perçoit, dans notre cas le forensicien, soit capable de l'inscrire dans un contexte afin qu'elle devienne l'indicateur de l'activité d'intérêt (Margot, 2014).

En toxicologie forensique, et plus précisément dans les investigations de cas post-mortem, l'objectif est d'identifier la présence de substances étrangères, de la quantifier, puis, à l'aide des informations d'enquêtes et des constatations faites lors de l'autopsie par le médecin légiste, de donner une interprétation quant aux rôles de ces substances dans le décès survenu (Augsburger and Staub, 2008). Dans ce type d'investigations, et ce depuis de nombreuses années, les équipements de consommation de drogues (i.e. seringues) sont souvent objets de séquestres lors d'une levée de corps. L'analyse de ces équipements de consommation permet alors de renseigner sur les substances présentes dans l'environnement du corps et, dans certains cas, peut aider à déterminer la cause de la mort.

À partir des années 1980, le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) se répand rapidement, en particulier parmi les usagers de drogue par voie intraveineuse, en raison du partage de seringues (Des Jarlais et al., 1992). Une politique sanitaire adaptée reposant notamment sur le suivi des consommations a donc dû être mise en place. Ce suivi est réalisé depuis plus de vingt ans par les mêmes types d'indicateurs (e.g. enquêtes en population générale ou spécifique). Or, ces méthodes classiques permettent généralement d'identifier la classe de la principale substance consommée, mais ne permettent pas d'acquérir des données sur la composition exacte des substances consommées.

De nos jours, les connaissances acquises sur les produits consommés, leurs compositions et leurs moyens d'acheminement permettent, en dépit de leurs complexités et diversités, d'envisager des études qui portent sur l'analyse chimique des substances réellement consommées. Dans ce contexte, l'Office des Nations Unies contre la Drogue et le Crime (UNODC) a souligné l'importance de mettre en place des indicateurs alternatifs scientifiquement étayés et harmonisés afin d'améliorer la collecte de données sur l'abus de substances contrôlées (UNODC, 2007).

En dépit de cette volonté internationale affichée, ces types d'indicateurs restent peu nombreux. Ici, la méthode mise en œuvre, à savoir l'analyse des seringues usagées a le potentiel d'être l'un de ces indicateurs. Elle permet d'acquérir des données objectives - analytiquement confirmées - de la diversité de composition des substances consommées à travers le monde, mais également de suivre les types de substances consommées (par exemple, les changements au cours du temps de la composition des produits consommés et l'arrivée sur le marché de substances dangereuses à faible dose).

---

L'objectif principal de ce travail de thèse est d'analyser l'apport de l'analyse des résidus présents dans les seringues usagées en tant qu'indicateurs de suivi de la consommation des usagers de drogue par voie intraveineuse.

---

Ce manuscrit se compose de deux parties. La première traite du contexte de la recherche, de la problématique soulevée et des objectifs de ce travail. La seconde partie traite de l'application pratique de cette recherche. Elle s'articule autour de cinq axes de recherche : (1) adaptation de la méthode d'analyse en collaboration avec l'Unité de Toxicologie et de Chimie Forensique (UTCF) du Centre Universitaire Romand de Médecine Légale (CURML) ; (2) la valorisation des résultats pertinents de l'analyse, la comparaison avec des indicateurs conventionnels et l'interprétation à travers une réflexion sur les stratégies de collectes mises en œuvre ; (3) la contextualisation spatio-temporelle des données obtenues au regard des indicateurs existants ; (4) la comparaison des résultats obtenus par une méthode internationale harmonisée, et ; (5) l'étude de l'apport de l'analyse chimique des seringues et des équipements de consommation et l'application à long terme de ce type d'approche.



---

*'the concept of "waste" is close to the trace: being the result of an activity, it holds the potential to inform about the existence and the course of this activity, if one bothers to recognize its value, to search for it, to decipher it, to measure it, and to put it in context.'*

(Esseiva and Delémont, 2017)

## 2. CONTEXTE DE L'ANALYSE DES SERINGUES USAGÉES

---

L'analyse du contenu des seringues usagées s'inscrit dans une approche ambivalente du monitoring des habitudes de consommation et du concept de contrôles des substances. Cette analyse permet d'acquérir des données au cœur d'un système de monitoring (§2.1) au sein duquel l'approche forensique apparaît peu développée (§2.2), en dépit d'une connaissance approfondie des substances soumises à contrôle et de leurs marchés (§2.3).

### 2.1. LE MONITORAGE DES DROGUES

À la fin des années 80, à Zurich, des scènes ouvertes de la drogue existent, par exemple, au parc Platzspitz connu alors sous le nom « Needle Park ». Des centaines d'usagers affluaient pour consommer de la drogue par voie intraveineuse, dans des conditions insalubres et inhumaines, le VIH se répandait alors rapidement en raison du partage de seringues (Conseil Fédéral Suisse, 2001; Rehm et al., 2005). Dans ce contexte, en 1994, le Conseil Fédéral a mis en place une politique de la drogue qui repose sur quatre piliers : la prévention, la thérapie, la réduction des risques et la répression (Ledermann and Sager, 2006). Dans le cadre de la réduction des risques, la distribution de matériel d'injection stérile, l'ouverture de locaux de consommation et la mise en place d'offres de soutien (e.g. accueil, repas) ont notamment été développées. Des structures à bas seuil d'accessibilité ont alors été créées. Ces structures faciles d'accès fournissent un espace sans jugement qui accueille les personnes concernées par un problème de drogues et leur fournit du matériel stérile pour leurs consommations (Locicero et al., 2012). Des enquêtes périodiques ont été mises en place au sein de ces structures afin

d'en mesurer l'impact. Elles ont aussi permis d'avoir une meilleure connaissance sur les habitudes des usagers et leurs consommations (Dubois-Arber et al., 2008 ; Gervasoni et al., 2012 ; Huissoud et al., 2005 ; Locicero et al., 2012 ; Locicero and Casalini, 2018). Ces enquêtes ont permis de mettre en évidence l'utilité de ce type de programme d'échange aussi bien en Suisse qu'à l'étranger (Des Jarlais et al., 2000; INSERM, 2015; Wodak and Cooney, 2005). En Suisse, la réutilisation de seringues par les usagers de drogue a fortement diminué jusqu'à se stabiliser à 5% d'usagers déclarant avoir utilisé une seringue usagée le mois précédent (Locicero et al., 2013).

D'après le dernier rapport sur les drogues mondial publié par l'Office des Nations Unies Contre les Drogues et le Crime (UNODC, 2019a), sur l'année écoulée, 271 millions de personnes ont consommé une substance stupéfiante. 35 millions d'entre elles estiment souffrir de troubles liés à leurs consommations et 11 millions consomment par voie intraveineuse (EMCDDA, 2012 ; UNODC, 2019a).

Toujours d'après ce rapport, les substances soumises à contrôle et leurs marchés se diversifient et deviennent de plus en plus complexes à surveiller (UNODC, 2019). Les études réalisées montrent une augmentation globale de la consommation de stimulants aussi bien en Suisse (Zobel et al., 2018) qu'au niveau international (Farrell et al., 2019). Dans Farrell et al., (2019), la prévalence élevée de l'usage de cocaïne et de stimulants de type amphétaminique aux États-Unis et en Australie a été soulignée. Récemment, Jones et al. (2020) ont montré que le taux d'admission relatif à l'usage de méthamphétamine (stimulant) augmente alors que celui d'héroïne (opiacé) diminue. Ces données démontrent le déplacement de la consommation d'opiacés vers celle de stimulants chez les personnes admises en traitement.

Cette augmentation de consommation de stimulants concerne les trois types d'usagers, à savoir, les usagers occasionnels, festifs et réguliers (*problematic drug users*). Deux populations se distinguent parmi les usagers réguliers : (1) les personnes socialement insérées qui ont un usage contrôlé de leur substance stupéfiante (appelés « usagers cachés ») ; (2) les personnes en situation de précarité qui sont en contact avec des institutions socio-sanitaires (appelés « usagers peu insérés »). Une partie de ces derniers sont des anciens ou actuels consommateurs d'héroïne, qui consomment des stimulants pour remplacer ou compléter les effets de l'héroïne (Zobel et al., 2018).

Ces études soulignent la nécessité de développer en permanence de nouvelles stratégies pour le suivi des consommations et de repenser les politiques en matière de drogues pour adapter les programmes de prévention et de traitement. Ces développements ne peuvent être réalisés qu'en disposant d'informations rapides et fiables sur le changement de tendances dans les types de drogues consommées et sur les pratiques de consommation (i.e. injection de stimulant, poly-consommation).

Dans le cadre du suivi de la prévalence des usagers de drogue par voie intraveineuse, la majorité des études traite du décompte de la taille de la population (Leclerc et al., 2014 ; Mounteney et al., 2016 ; Raag et al., 2019), des risques associés à l'injection (principalement d'un point de vue infectieux, Des Jarlais et al., 2020; Giese et al., 2015; INSERM, 2015) et de l'évaluation des mesures politiques qui y sont liées. En contrepartie, peu d'entre elles traitent de la composition des substances consommées et de la détection des nouvelles tendances de consommation.

En outre, jusqu'ici, en Suisse, les informations sur le suivi des substances injectées reposent essentiellement sur des enquêtes réalisées aux centres à bas seuil d'accès (Locicero and Casalini, 2018). Il consiste en un questionnaire, auto-administré et disponible en français. Ces données comportent deux limitations principales : (1) pour les usagers connus des instituts sociosanitaires, les données sont dépendantes des perceptions des répondants et de leur volonté de les déclarer (Evrard et al., 2010) ; (2) pour les « usagers cachés », ils sont le plus souvent non représentés, car ils sont compliqués à recruter, de par leurs pratiques souvent dissimulées et leur peur d'être stigmatisés. De plus, bien que la substance principale soit généralement obtenue lors de ces questionnaires, les adjuvants (substances pharmacologiquement actives) sont inconnus et/ou non signalés (Broséus et al., 2015).

L'analyse du contenu des seringues usagées dévoile des pratiques de consommation au niveau individuel par voie intraveineuse. On obtient des données objectives sur les substances injectées, ainsi que sur les produits de coupages qu'elles contiennent. L'acquisition de données est alors double. Elle permet d'observer les principales substances psychoactives injectées (drogues et médicaments) et les produits de coupages ajoutés en fin de chaîne de distribution (au niveau de la rue).

## 2.2. L'INSUFFISANCE DU MONITORAGE FORENSIQUE

Comme défini par Margot (2014), la trace matérielle est un signe apparent (pas toujours visible à l'œil nu), vestige d'une présence ou d'une action à l'endroit de cette dernière. Pour qu'une trace acquière une présence, il est donc nécessaire qu'une personne reconnaisse sa valeur, la recherche, l'analyse, la mesure et la contextualise. Cette trace est unique et le vestige d'une activité passée. Elle peut être incomplète ou imparfaite et avoir été contaminée après sa création.

Les équipements d'injection (i.e. seringues) collectés sont donc des vestiges des injections qui informent sur cette activité. À ce titre, ces « déchets » acquièrent les mêmes caractéristiques que la trace forensique (Esseiva and Delémont, 2017). Ces seringues présentent des traces qui peuvent aider à suivre et comprendre les pratiques d'injection.

Avant cette thèse, seules deux études relatives à l'analyse des traces et résidus présents dans les seringues usagées ont été publiées (Néfau et al., 2015; Péterfi et al., 2014).

La première étude de 2015 met en avant cette nouvelle approche en France (Néfau et al., 2015). Dans cette recherche, entre 2011 et 2014, 3'489 seringues usagées ont été collectées dans 17 distributeurs automatiques de seringues de la région parisienne. Les résidus ont été extraits en pompant cinq fois consécutives 1ml de méthanol. Ils ont ensuite été analysés en chromatographie en phase liquide haute performance couplée à un spectromètre de masse en tandem (UPLC-MS/MS), avec une approche ciblée sur la détection de 23 composés.

Cette étude parisienne a montré que les opiacés (héroïne : 42%), la cocaïne (41%), les opioïdes de substitution (buprénorphine : 29%), et la méthylethylcathinone (23%) faisant partie des nouvelles substances psychoactives (NPS) sont les composés les plus souvent détectés. Les NPS sont soupçonnées d'être à l'origine de nombreux décès par overdose et sont des substances qui apparaissent de plus en plus sur le marché de la drogue (EMCDDA, 2015b). Des produits de coupage, dont les effets néfastes à long terme sont inconnus (e.g. lévamisole) ont aussi été détectés. Les auteurs présentent aussi trois biais d'une telle étude : (1) les usagers de drogues peuvent rincer leurs seringues avant de les jeter, ce qui rend difficile la détection des composés dans les résidus ; (2) les limites de la méthode d'analyse ciblée sur certains composés ; (3) la sous-estimation de la consommation de morphine dû au traitement des données réalisées.

La seconde étude publiée en 2014 détaille la détection de nouvelles tendances de consommation en Hongrie. Ce changement a été souligné par l'apport d'informations combinées de plusieurs sources de données, dont celle de l'analyse des équipements de consommation (Péterfi et al., 2014).

Dans l'étude hongroise, deux types de données sont triangulés : (1) des données analytiquement confirmées, et ; (2) des données non confirmées analytiquement. Ces dernières se composent d'enquêtes proposées aux usagers des structures bas seuil et lors de l'inscription aux traitements de substitution. Les données analytiquement confirmées (1) font, quant à elles, référence aux analyses toxicologiques des cas d'autopsies imputés à la consommation de substance(s) psychoactive(s) et des données provenant des saisies policières. Ces saisies sont soit des substances saisies (i.e. poudres) soit des équipements de consommation. D'après la méthodologie de cet article, les équipements ne sont analysés que lorsqu'aucune poudre n'a été séquestrée. Les résidus présents dans les équipements de consommation sont extraits par un solvant et analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS).

Cette seconde étude diffère de la première, car l'approche réalisée n'est pas focalisée sur l'analyse des équipements de consommation comme représentation de la consommation des usagers de drogue par voie intraveineuse. Ainsi, dans l'article de Péterfi et al., (2014) les équipements analysés ne proviennent pas de programmes d'échanges de seringues, mais uniquement d'affaires concernées par une enquête en cours. Les résultats obtenus dans ces deux études ne sont donc pas comparables.

De plus, les résultats de ces deux études diffèrent en raison des zones géographiques étudiées et de leurs approches méthodologiques. Malgré leurs limitations, elles ont démontré l'intérêt de l'information fournie par l'analyse des seringues usagées. En effet, la première a permis de mettre en avant la consommation de NPS au sein des usagers de drogue par voie intraveineuse, jusqu'alors peu décrite dans la littérature. La seconde étude a souligné l'importance de combiner ces données avec plusieurs autres indicateurs pour la détection de nouvelles tendances de consommation. Cette combinaison de données a, ainsi, mis en avant l'injection des cathinones comme nouvelle tendance de consommation en Hongrie à partir de 2010.

Avant la présente recherche doctorale, en Suisse, le potentiel de l'analyse du contenu des seringues usagées à des fins de suivi de consommation et de contrôle des substances n'a pas été investigué. Avec un marché des substances contrôlées qui se diversifie, il est nécessaire de mettre en place des systèmes de monitoring scientifiquement étayés (UNODC, 2019).

Le développement de l'analyse des seringues usagées vient s'inscrire dans cette volonté. Cette approche offre une source d'information basée sur des données objectives, mesurables et comparables. Dans le cadre de cette thèse, une méthodologie *sui generis* est développée. Elle offre une alternative au monitoring des habitudes de consommation par les questionnaires.

Avant de détailler les objectifs de cette recherche, les connaissances relatives aux substances soumises à contrôle, leurs compositions et leurs formes sur le marché suisse sont introduites.

## 2.3. LES SUBSTANCES ET LEURS MARCHÉS

Les termes de substances stupéfiantes (stupéfiants), de drogues, de substances illicites, psychoactives (psychotropes) sont souvent utilisés de façon interchangeable et leurs significations peu claires. Ces définitions sont souvent dépendantes du point de vue de l'auteur et se basent soit sur le cadre légal, soit sur leurs effets pharmacologiques, soit sur leurs propriétés chimiques.

Du point de vue légal, la Loi fédérale sur les Stupéfiants et les substances psychotropes (LStup) Suisse, définit les **stupéfiants** (Ordonnance du Département fédéral de l'intérieur (DFI) sur les tableaux des stupéfiants, des substances psychotropes, des précurseurs et des adjuvants chimiques, ci-après : OTStup-DFI ; RS 812.121.11 ; tableau a.) comme: « les substances et préparations qui engendrent une dépendance et qui ont des effets de type morphinique, cocaïnique ou cannabique, et celles qui sont fabriquées à partir de ces substances ou préparations ou qui ont un effet semblable à celles-ci » ; et les **substances psychotropes** (OTStup ; RS 812.121.11 ; tableau b.) comme: « les substances et préparations engendrant une dépendance qui contiennent des amphétamines, des barbituriques, des benzodiazépines ou des hallucinogènes tels que le lysergide ou la mescaline ou qui ont un effet semblable à ces substances ».

Ces termes légaux sont remplacés usuellement par les notions de **substances illicites** et **drogues**. Les substances illicites font référence aux stupéfiants, mais d'après leurs définitions n'induisent pas nécessairement un effet psychoactif (e.g. explosifs). Au contraire, la drogue est définie par le Larousse comme substance psychotrope naturelle ou synthétique, généralement nuisible pour la santé, susceptible de provoquer une toxicomanie, et consommée en dehors d'une prescription médicale.

Dans le cadre de cette thèse de doctorat, les termes **drogue**, **substances psychotropes** et **stupéfiantes** sont utilisés de manière interchangeable et font références aux substances soumises à contrôle au sens de l'OTStup-DFI. Il est aussi mentionner les **substances d'intérêt toxicologique** qui sont toutes les molécules présentent dans l'organisme, mais qui lui sont étrangères et peuvent lui être toxique. Ce groupe de substances comprend les substances stupéfiantes, les psychotropes, les médicaments non-psychoactifs, et certains sucres.

### 2.3.1. Les stupéfiants

Le terme stupéfiant est utilisé ici de manière plus étendue que dans sa définition légale. Il est employé pour l'héroïne, la cocaïne, les stimulants de types amphétamines et le cannabis. Ces substances constituent les principales faisant l'objet d'un trafic organisé et qui sont le plus largement utilisées (UNODC, 2019). Ces substances sont au centre des débats tant dans la littérature scientifique que sur la scène politique et sont détaillées dans cette partie (à l'exception du cannabis, qui n'est pas consommé par voie intraveineuse).

Les produits stupéfiants sont des mélanges complexes qui ne contiennent que rarement le principe actif seul. Ils sont produits dans des laboratoires clandestins. Chaque étape de la synthèse contribue à la composition chimique du produit final. En plus du principe actif, les impuretés suivantes peuvent être détectées (Esseiva and Margot, 2009; UNODC, 2005) :

- Les résidus des **précurseurs** et les **dérivés de fabrication** qui sont générés durant la préparation du stupéfiant :
  - Pour les substances stupéfiantes faites à partir de plantes (e.g. cocaïne), il s'agit des composants naturellement présents dans la plante et leurs co-extraits. Par exemple, l'héroïne (aussi appelé diacétylmorphine) est obtenue à partir de la transformation de morphine. La morphine est elle-même l'alcaloïde majeur de l'opium obtenu lors de l'extraction du suc des capsules de pavot (*Papaver somniferum*). Ainsi, lors de l'analyse d'échantillons d'héroïne de rue, la morphine peut également être détectée ainsi que la 6-monoacétylmorphine (6-MAM) qui résulte de la réaction incomplète (syllilation) de morphine en diacétylmorphine. Les alcaloïdes co-extraits de la plante sont aussi détectés (e.g. : méconine, codéine, noscapine, papavérine et thébaïne). Lors de l'analyse d'échantillons de cocaïne de rue, l'ecgonine méthyl ester, l'ecgonine, la cis-, la trans-cinnamoylecgonine méthyl ester et la benzoylecgonine peuvent aussi être détectés (Esseiva, 2004).
  - Pour les produits synthétiques (e.g. stimulants de types amphétaminiques), il s'agit des précurseurs utilisés pour la fabrication ou leurs impuretés. En fonction des voies de synthèse chimiques appliquées, les impuretés observées diffèrent. Par exemple, la 3,4-méthylènedioxy-N-méthylamphétamine (MDMA) peut être obtenue à partir de safrole, d'isosafrole, de pipéronal et de 3,4-méthylènedioxyphényl-2-propanone (PMK). Ces précurseurs peuvent par conséquent être détectés lors de l'analyse d'échantillons de rue.

- Les **produits de coupage** qui peuvent être ajoutés lors du conditionnement. Ce sont soit des composés ajoutés au produit pour augmenter la masse (diluants – i.e. sucres), soit des substances psychoactives ajoutées afin d'améliorer les effets du produit (adultérants).
  - Les diluants sont principalement des sucres, comme le glucose, le mannitol ou le lactose. Il s'agit de composés ajoutés à la cocaïne et l'héroïne afin d'augmenter la masse des spécimens et ainsi d'augmenter le profit (Broséus et al., 2016b). Ces sucres sont aussi naturellement présents dans les fluides biologiques. Pour cette raison, les diluants n'ont pas été pris en compte dans la présente recherche.
  - Les adultérants sont des produits qui sont plus chers et moins faciles à se procurer que les diluants (Broséus et al., 2016 ; Cole et al., 2010 ; UNODC, 2001). Dans la cocaïne et l'héroïne saisies en Suisse, les adultérants les plus fréquents sont la caféine, le paracétamol, la phénacétine, la lidocaïne et le lévamisole. D'autres substances, telles que le dextrométhorphan et la griséofulvine, peuvent aussi être retrouvées dans l'héroïne. Ces différents adultérants sont utilisés pour imiter (e.g. : lidocaïne ajoutée à la cocaïne pour sa propriété d'anesthésique locale) ou augmenter les effets de la substance principale (e.g. : caféine ajoutée à l'héroïne pour faciliter le passage de la substance stupéfiante entre le sang et le cerveau).
- Les **produits de dégradation** et **métabolites** sont créés une fois le stupéfiant conditionné et consommé respectivement. Ils résultent de la modification du principe actif. Par exemple, la cocaïne se dégradera en benzoylecgonine et l'héroïne se décompose naturellement en 6-MAM et en morphine (Benaglia, 2019).

## Héroïne

L'héroïne, aussi appelée diacétylmorphine, est le résultat de l'acétylation de la morphine obtenue à partir de l'opium purifié. L'opium est un suc laiteux extrait des capsules de pavots de la variété *Papaver somniferum* lors de leurs scarifications (Esseiva, 2004 ; Zobel et al., 2017). La littérature fait référence à quatre différentes formes d'héroïne (*grade*).

Le numéro quatre est décrit comme la forme la plus pure en sel hydrochloré, blanc (*grade 4*). Le numéro trois est la base purifiée, sous forme brune (appelé « *brown sugar* », *grade 3* ; Michelot, 2018). Les deux autres sortes sont des formes de moindre pureté qui semblent ne pas être destinées aux trafics non domestiques (ACIC, 2019; EMCDDA and EUROPOL, 2016), mais consommées dans les pays d'origine.



La culture du pavot (*starting material*) est réalisée dans la région du croissant d'Or (Afghanistan, Iran et au Pakistan) et du Triangle d'Or (Myanmar, la Thaïlande et le Laos). Depuis le croissant d'Or, l'héroïne est convoyée par trois routes majeures, la route du nord, du sud et des Balkans, cette dernière étant la plus utilisée (cf. Fig. 1). Depuis le Triangle d'Or, les convois sont opérés depuis la Thaïlande.

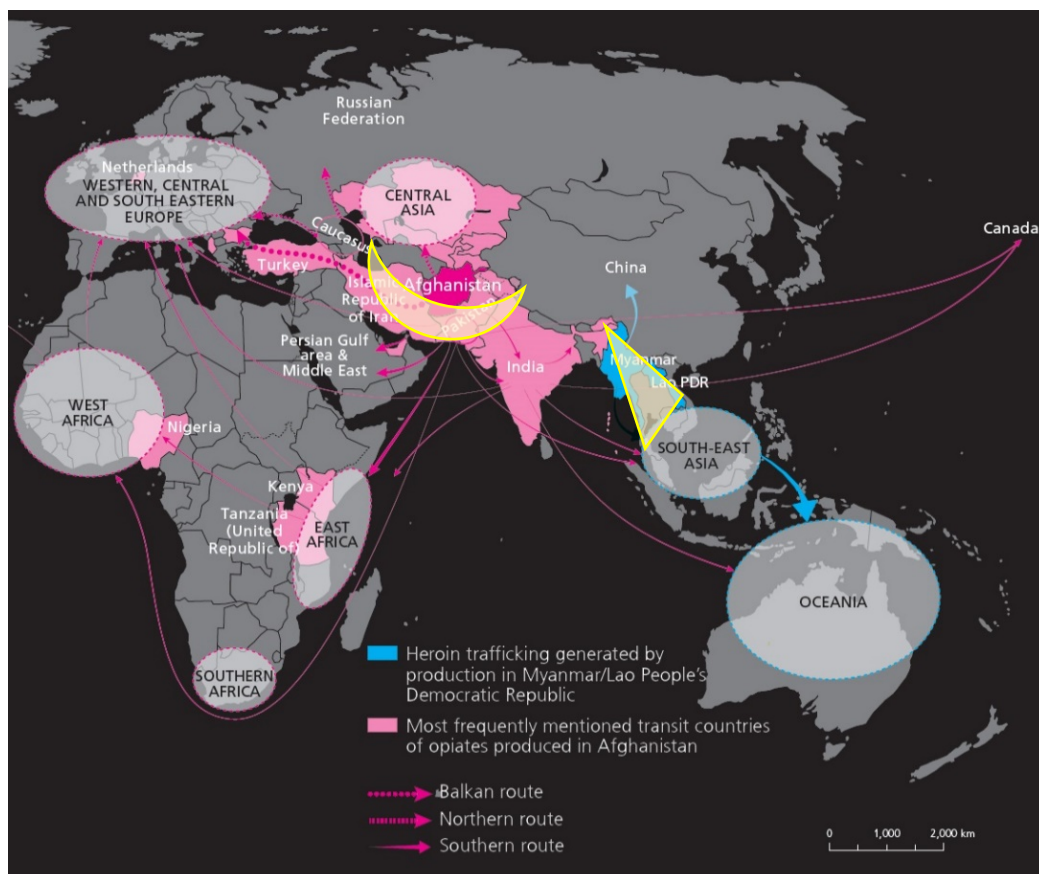


Figure 1: Routes principales du trafic d'opiacés en Afrique, Chine, Europe et Océanie 2011-2015 (UNODC, 2018). Croissant d'Or et Triangle d'Or sont représentés en surbrillance jaune.

### Effets psychiques et somatiques

L'héroïne agit sur le système nerveux central en tant qu'analgésique (code ATC : N02AA09<sup>1</sup>). Outre cet effet, elle induit une somnolence, une euphorie et une sensation de détachement du réel. Une consommation répétée d'héroïne entraîne une tolérance et une dépendance physique (EMCDDA, n.d.).

Une fois consommée, l'héroïne est métabolisée en 6-MAM, et en morphine. Les doses toxiques et mortelles dépendent beaucoup de la tolérance de l'individu aux opiacés. L'interruption de l'usage des substances (sevrage) a pour conséquence une diminution de la tolérance, accentuant toujours plus le risque d'overdose (Augsburger and Déglon, 2013). Lors de la prise de 20mg d'héroïne, le taux retrouvé dans le sang peut varier de 100 à 900 µg/L (Saviuc, 1993).

<sup>1</sup> [<https://www.whooc.no/> (accédé le 25.02.20)]

### Composition et mode de consommation sur le marché suisse

En Suisse, l'héroïne est une poudre brune vendue sous forme base (*brown sugar, grade N°3*; Guéniat and Esseiva, 2005). Avant sa consommation par voie intraveineuse, l'héroïne doit être transformée en sa forme de sel en ajoutant de l'acide (ascorbique ou citrique), dans de l'eau (stérile) et en chauffant la préparation (Psychowiki, 2016). L'héroïne est transformée sous sa forme sel afin de faciliter son utilisation et son absorption par l'organisme. Sa forme base permet au consommateur d'inhaler sa fumée (chasser le dragon) en abaissant son point de vaporisation sans aucune étape de préparation nécessaire.

En Suisse, lors des enquêtes menées auprès des usagers de 1990 à 2011, il a été observé une légère diminution du nombre d'usagers pratiquant l'injection en faveur de la fumigation d'héroïne. Sur les données de 2011, au niveau cantonal, pour Vaud, l'inhalation chez les consommateurs réguliers d'héroïne arrive en troisième place (19%) après l'injection (53 %) et la consommation par voie nasale (26%). Alors qu'à Genève, l'inhalation est privilégiée (47%) devant l'injection (33%) et la consommation par voie nasale (20%) (Lociciro et al., 2013). Favoriser l'inhalation est encouragée, cette pratique étant moins invasive que la consommation d'héroïne par voie intraveineuse. Les jeunes usagers d'héroïne sont davantage incités à la fumer qu'à la consommer par voie intraveineuse (Journal du matin, 2016).

Depuis 2000, les taux de pureté relevés par les laboratoires de la Société suisse de Médecine Légale semblent stables pour les échantillons de moins d'un gramme d'héroïne, autour de 15% (Schweizerische Gesellschaft Für Rechtsmedizin (SGRM), 2018; cf. Fig. 2).

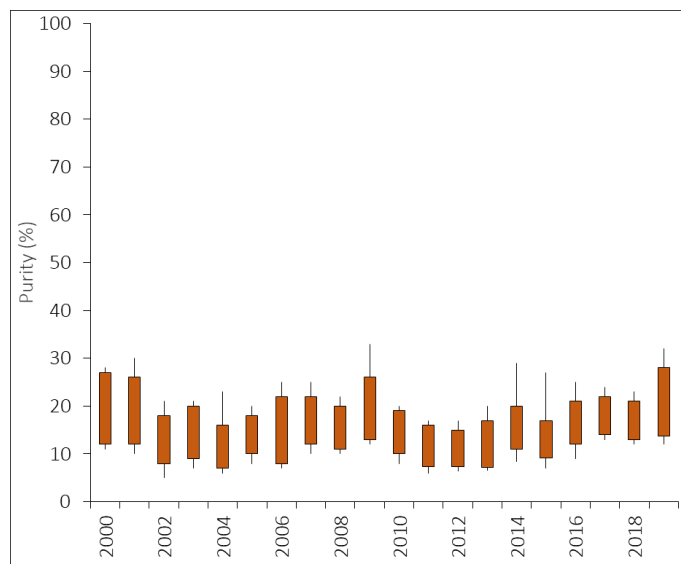


Figure 2 : Taux de pureté des saisies d'héroïne d'un gramme ou moins relevés chaque année entre 2000 et 2018 (SGRM, 2018).

En 2017, une recherche pluridisciplinaire portant sur la structure et les produits du marché des stupéfiants, MARSTUP, a vu le jour dans le canton de Vaud (Zobel et al., 2017). MARSTUP a été réalisée grâce à la collaboration de plusieurs instituts : Addiction Suisse, l'École des Sciences Criminelles (ESC) de l'Université de Lausanne et l'Institut Universitaire de Médecine Sociale et Préventive (IUMSP) du CHUV. MARSTUP a étudié à travers quatre dimensions le marché des stupéfiants : (1) les produits disponibles, (2) leurs volumes, (3) la structure et (4) la valeur de marché.

Dans son premier volet d'étude, les chercheurs se sont intéressés au marché des opiacés (e.g. héroïne). D'après leurs informations, l'héroïne en Suisse proviendrait de l'opium cultivé en Afghanistan dans la région Helmand où il serait transformé en morphine. La morphine serait ensuite transformée en héroïne, sur place ou en Iran, où l'anhydride acétique utilisée est plus facile d'accès. Elle serait ensuite acheminée par la route des Balkans (EMCDDA and EUROPOL, 2016; UNODC, 2015; Zobel et al., 2017).

D'après MARSTUP et l'étude de la composition des saisies réalisées en Suisse (Broséus et al., 2015), un coupage supplémentaire de l'héroïne interviendrait en Suisse. En effet, la pureté médiane de l'héroïne conditionnée en grande quantité (pain de 500g à 1kg) serait de l'ordre de 40%, alors que la pureté médiane des spécimens destinés aux usagers (5g et 1g) est de l'ordre de 15%. Le mélange d'adultérants caféine-paracétamol est détecté dans la grande majorité des saisies réalisées dans le canton de Vaud (99% ; Broséus et al., 2015 ; Zobel et al., 2018). Ce mélange serait vendu par les mêmes chaînes de distribution et ajouté à l'héroïne lors de son arrivée sur le territoire Suisse (Morelato et al., 2019).

La caféine serait ajoutée à l'héroïne pour abaisser son point de vaporisation et permettre de la fumer plus facilement, alors que le paracétamol serait ajouté pour ses propriétés analgésiques et son goût acidulé similaires à ceux de l'héroïne (Broséus et al., 2015).

## Cocaïne

La cocaïne est un alcaloïde naturellement produit par des variétés spécifiques de la plante de coca, l'*Erythroxylum coca* et l'*Erythroxylum novgranatense*. La pâte de coca est extraite depuis les feuilles, puis est purifiée en cocaïne-base et finalement transformée en cocaïne sel par une série de processus physico-chimiques. L'espèce *coca* est principalement cultivée en Bolivie et au Pérou alors que le *novgranatense* est originaire de Colombie (Esseiva, 2004; Lociciro, 2007). D'après le dernier rapport international, la Colombie est le plus gros pays producteur et l'Amérique du Nord reste le marché de cocaïne le plus large, avec un tiers des consommateurs de cocaïne (34% ; UNODC, 2019a). L'Europe représente quant à elle le second marché le plus important qui depuis les dix dernières années a connu une forte augmentation d'après les indicateurs européens (e.g. nombre de saisies, analyses eaux usées, Pirona et al., 2018).

Bien que les routes pour acheminer la cocaïne sont plus diversifiées que celles recensées pour l'héroïne, il semblerait que les points d'entrées principaux en Europe soient l'Espagne et les Pays-Bas suivis de loin par l'Allemagne, la Belgique et l'Italie (UNODC, 2019a ; cf. Fig. 3).

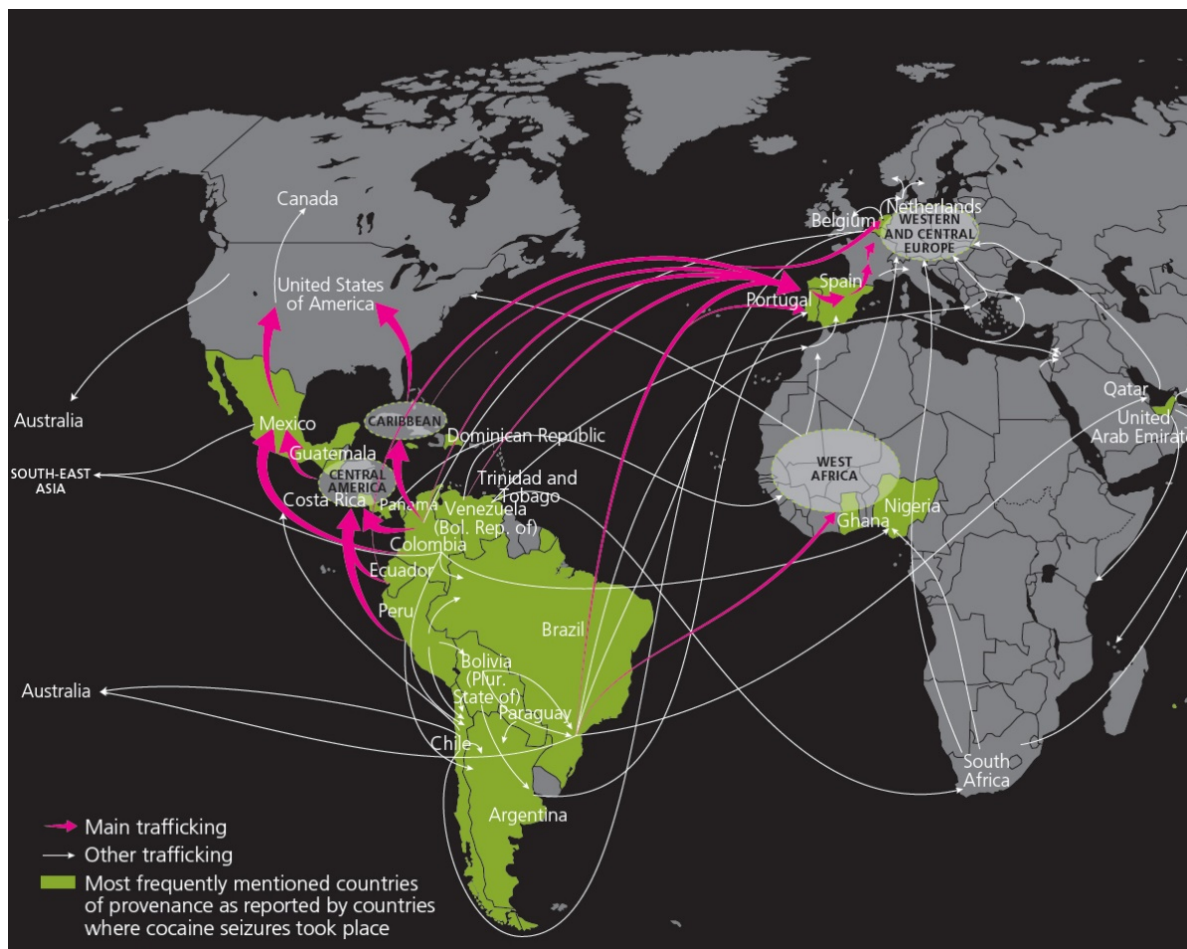


Figure 3: Routes principales du trafic de cocaïne à partir des pays producteurs d'Amérique du Sud et à destination de l'Europe 2011-2015 (UNODC, 2018).

### Effets psychiques et somatiques

La cocaïne agit sur le système nerveux central et ses effets principaux résultent de son action sympathique (code ATC : N01BC01). Elle empêche la recapture de la dopamine et de la norépinephrine qui s'accumulent et stimulent les récepteurs des neurones (Claustre and Fouilhé, 1993). La dopamine est un neurotransmetteur qui influence le centre des « récompenses ».

La cocaïne déclenche la sensation d'euphorie, augmente l'énergie, gonfle l'estime de soi, provoque la tachycardie et supprime l'appétit. Le trouble lié à l'usage de cocaïne d'intensité modérée à sévère se manifeste notamment par une envie irrésistible de consommer (« *craving* » ; Karila, 2009). Cette envie est encore plus prononcée lorsque la cocaïne est fumée ou injectée, car, lors de la consommation par ces voies, un effet « flash » se produit : sensation de bien-être intense pendant 8 à 12 secondes (Drug abuse, 2012 ; Freye, 2009 ; National Institute on Drug Abuse, 2015).

Lors de la prise d'une dose de 25 mg de cocaïne, le taux retrouvé dans le sang peut varier de 400 à 700 µg/L en fonction de la voie de consommation et de la capacité de métabolisation de l'individu. La concentration sanguine de la cocaïne administrée par voie intraveineuse est au moins deux fois supérieure à celle d'une même dose de cocaïne consommée par voie nasale (Declèves, 2007 ; EMCDDA and King, n.d.; Winek et al., 2001). Le temps de demi-vie de la cocaïne peut varier de 0.7 à 1.5 heures en fonction de la dose consommée. La dose minimale létale est estimée à 1.2 g, mais le seuil toléré peut fortement varier d'un individu à l'autre. En effet, une personne peut être intoxiquée à partir de 30 mg comme une autre peut s'injecter jusqu'à 5 g par jour sans présenter aucun signe de surdose (EMCDDA and King, n.d.; Winek et al., 2001).

Les principaux métabolites de la cocaïne sont la benzoylecgonine, l'ecgonine et l'ecgoninéméthylester. Lorsque la consommation de cocaïne s'accompagne d'une prise d'alcool, il y a aussi formation de cocaéthylène. Cette dernière résulte de l'hydrolyse par le foie de la cocaïne et de l'éthanol de manière concomitante. Les concentrations de métabolites retrouvées sont plus importantes lorsque la cocaïne est injectée que lorsqu'elle est prise par voie nasale, puisque par cette voie une plus faible fraction de la dose parvient jusqu'au foie (Declèves, 2007; EMCDDA and King, n.d.).

### Composition et mode de consommation sur le marché suisse

En Suisse, la cocaïne est une poudre blanche sous forme de sel hydrochloré (cocaïne HCl). Cette forme (i.e. soluble dans l'eau froide) permet de la consommer par voie intranasale et intraveineuse sans modification. Moins commun en Suisse, la cocaïne peut aussi être vendue sous forme de crack, forme base de la cocaïne. Elle est principalement fumée, car la forme base de la cocaïne permet d'abaisser son point de vaporisation. Les consommateurs suisses semblent plutôt transformer eux-mêmes la forme sel en base, par addition de bicarbonate de soude (base sous forme crack) ou d'ammoniaque (base libre).

Alors que depuis 2000, le taux de pureté de l'héroïne est stable, la pureté des saisies de cocaïne de moins de un gramme a presque doublé (SGRM, 2018 ; cf. Fig. 4). L'augmentation de la pureté de la cocaïne observée en Suisse est aussi signalée par les indicateurs européens (Pirone et al., 2018). Ce récent changement, observé depuis 2016, serait le résultat d'une augmentation de la production de cocaïne.

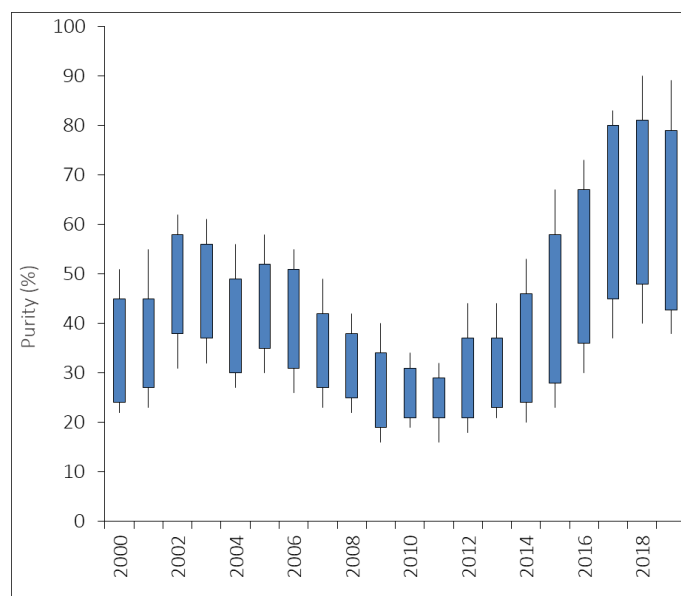


Figure 4 : Taux de pureté des saisies de cocaïne d'un gramme ou moins relevés chaque année entre 2000 et 2018 (SGRM, 2018).

En 2018, le second volet de l'étude MARSTUP a porté sur l'étude des stimulants, notamment la cocaïne. D'après MARSTUP, les voies d'acheminements de la cocaïne en Suisse depuis les points d'entrées en Europe sont multiples. L'une de ces voies consiste en des transports groupés depuis des dépôts situés aux Pays-Bas (ou en Espagne). En général, un organisateur coordonne les trajets du transporteur aux différents semi-grossistes situés en Suisse, sans qu'il y ait de contact direct entre eux (Zobel et al., 2018).

La composition de la cocaïne est plus hétérogène que l'héroïne, elle contient plusieurs types de mélanges d'adultérants. Ces mélanges et leurs fréquences d'apparition sont dépendants du poids du spécimen de cocaïne et de son conditionnement (pain, cylindre, boulette). Ces résultats soutiennent l'hypothèse qu'un coupage indépendant s'opère à chaque étape de la chaîne de distribution (Zobel et al., 2018). Les adultérants les plus fréquemment retrouvés sont la phénacétine et le lévamisole, suivis de la caféine et de la lidocaïne ainsi que les combinaisons possibles de ces quatre adultérants.

## Stimulants de type amphétaminique

La famille des stimulants de type amphétaminique (ATS) regroupe les substances qui possèdent toutes un noyau de phényléthylamine. Ces substances regroupent la méthamphétamine, l'amphétamine et la MDMA. Ces substances sont classifiées comme synthétiques, car créées à partir de précurseurs chimiques. Contrairement à la cocaïne et à l'héroïne qui sont obtenues à partir de plantes, les stimulants de types amphétaminiques proviennent de précurseurs chimiques dont la disponibilité n'est pas limitée à une zone géographique. L'accès à ces précurseurs permet de réaliser la synthèse des stimulants de type amphétaminique de manière domestique - au sein du pays où elles sont



distribuées (mis en évidence par les flèches rouges dans la figure ci-dessous, cf. Fig. 5). La logistique d'importation y est alors facilitée.

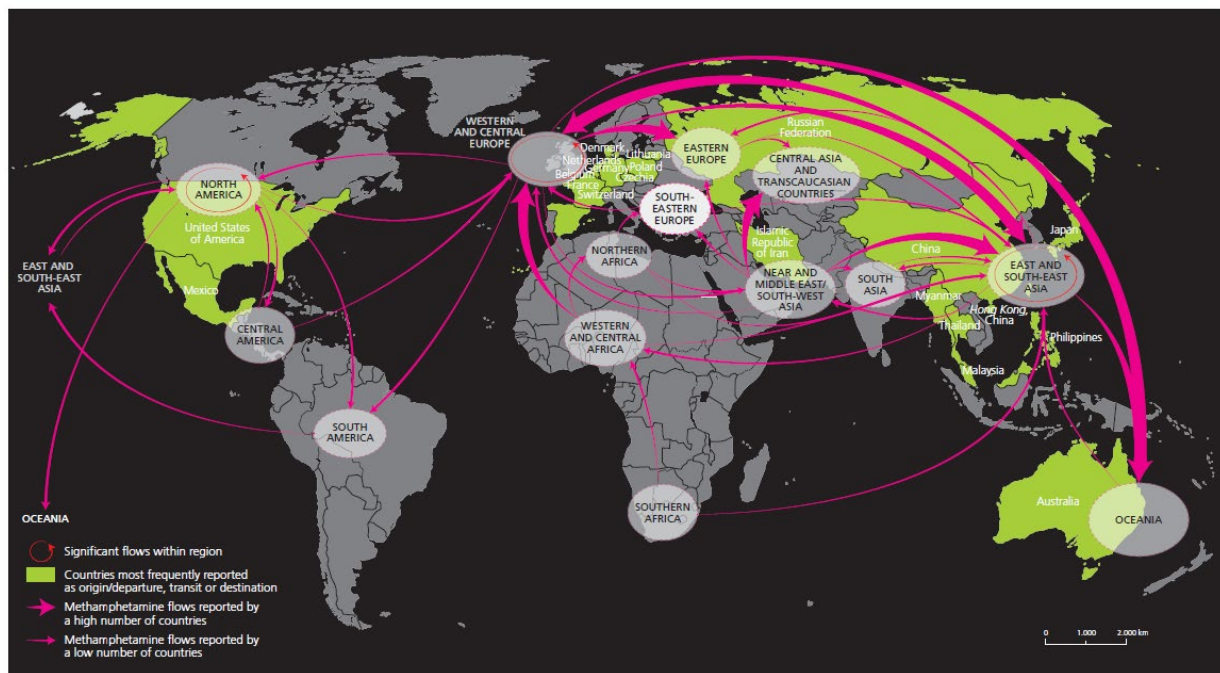


Figure 5 : Routes principales du trafic des stimulants de type amphétaminique qui met en exergue le commerce à l'intérieur de l'Europe Ouest et de l'Australie 2011-2015 (UNODC, 2018).

### Effets psychiques et somatiques

L'amphétamine et la méthamphétamine (code ATC : N06BA01 et 03 respectivement) sont des stimulants du système nerveux central qui induisent une hypertension et une tachycardie, ainsi qu'une plus grande confiance en soi, une sociabilité et une énergie accrues. Elles inhibent l'appétit, suppriment la fatigue et induisent de l'insomnie (EMCDDA, n.d.). Elles furent notamment prescrites, principalement aux États-Unis, comme médicament pour traiter l'obésité (Farrell et al., 2019). La structure chimique de la MDMA (chaînes fermées au noyau phényléthylamine) induit une sensation d'euphorie et une sensibilisation sensorielle accrue (EMCDDA, n.d.).

### Composition sur le marché suisse

D'après le projet MARSTUP (Zobel et al., 2018), les saisies de stimulants de type amphétaminique sont peu nombreuses en Suisse et ne permettent pas d'avoir une vision globale du marché. Ces résultats sont en accord avec les données internationales qui suggèrent que la quantité de méthamphétamine saisie en Europe est limitée (Environ 1 % des quantités saisies dans le monde entier entre 2013 et 2017 ont été interceptées en Europe ; UNODC, 2019). Les stimulants de type amphétaminique distribués en Suisse semblent l'être principalement sous forme de comprimés (alors appelé ecstasy, Zingg, 2005). Cette forme rend la prise orale de ces substances faciles lors d'événement festifs. Après avoir acquis

une popularité dans la scène techno dans les années 80, récemment (i.e. depuis 2012), en France, ce type de comprimés a retrouvé une popularité auprès des jeunes (15-24 ans) lors des événements festifs autorisés payants (Gandilhon et al., 2013).

En Suisse, en plus des méthodes conventionnelles, un autre type d'indicateur a confirmé la consommation de ces substances dans le cadre de festivals payants : l'épidémiologie basée sur les eaux usées. Cet indicateur consiste à obtenir des informations sur la prévalence des substances consommées par l'analyse d'échantillons d'eaux usées collectés à l'entrée des stations d'épuration ou directement dans des toilettes portables. Grâce à cette approche appliquée à un festival payant de musique (i.e. festival Paléo), Benaglia (2019) a montré que les moyennes de charge de MDMA et d'amphétamine sont significativement supérieures lors de festivals que lors d'une semaine normale sur le même site. Ces résultats suggèrent que la consommation de MDMA et d'amphétamine se caractérise par un usage plus important dans un contexte festif (contrairement à la cocaïne).

De par leur forme, en comprimé ou en cristal, ces substances devront être écrasées avant de pouvoir être injectées. Cette pratique est peu signalée dans les espaces bas seuil ainsi que dans les festivals (Gandilhon et al., 2013 ; Première ligne, 2019).



## 2.3.2. Les médicaments

Ici, il va être détaillé les médicaments déclarés comme étant les plus souvent détournés de leurs usages par les usagers de drogue par voie intraveineuse (Locicero and Casalini, 2018). À savoir, les benzodiazépines et les agonistes aux opioïdes (e.g. buprénorphine, méthadone, morphine retard). Les benzodiazépines sont soumises à contrôle au sens de l'OTStup-DFI sous le tableau b. ; alors que les agonistes opioïdes sont régulés par le tableau a.

### Benzodiazépine

Les benzodiazépines ont une large gamme d'actions cliniques et sont parmi les médicaments les plus communément distribués en Europe. Elles peuvent être utilisées pour le traitement de nombreuses pathologies, par exemple l'anxiété, et dans les traitements à court terme des troubles du sommeil (Medicines and Healthcare products Regulatory Agency, 2014).

Celles principalement identifiées comme étant détournées, par les études des décès liés aux médicaments et aux drogues et celles menées aux centres bas seuil, sont le diazépam (Valium®, code ATC : N05BA01) et le midazolam (Dormicum®, code ATC : N05CD08 ; EMCDDA, 2015a ; Locicero et al., 2012). En Suisse, ces deux médicaments sont disponibles sous forme de comprimés. Les benzodiazépines sont utilisées pour leurs propriétés hypnotiques et/ou sédatives, mais elles sont aussi signalées comme étant des substances qui potentialisent l'effet des opiacés et opioïdes. Elles sont notamment annoncées comme ayant un effet sur l'intensité et la durée des effets de l'héroïne, spécialement lorsqu'elle est injectée (EMCDDA, 2015c).

### Traitements par agonistes opioïdes

Les agonistes opioïdes agissent sur les mêmes récepteurs que l'héroïne et permettent le blocage des effets ressentis lors de sa prise. Ils contribuent ainsi au traitement du syndrome de dépendance. En Suisse, les substances suivantes sont distribuées pour le traitement par agonistes opioïdes :

- quatre opioïdes synthétiques : la (R,S)-méthadone (Méthadone®, Kétalgine® - code ATC : N07BC01), la lévométhadone (LPolamidon®), la buprénorphine (Subutex® ; Temgesic - code ATC : N07BC02), le mélange buprénorphine et naloxone (Suboxone®) ;
- un opioïde semi-synthétique : l'oxycodone (Oxycontin® - code ATC : N02AA05) ;
- la morphine retard (SevreLong® ; Kapanol® ; MST® - code ATC : N02AA01) ;
- la diacéylmorphine (Diaphin® - code ATC : N07BC06) : introduit dans le canton de Vaud en juin 2018 en distribution particulière qui relève directement de l'Office fédéral de la

santé publique (OFSP). Ce traitement est uniquement remis à la polyclinique d'addictologie du département de psychiatrie du CHUV à Lausanne.

En Suisse, dans le canton de Vaud, la méthadone est le médicament le plus prescrit dans les traitements par agonistes opioïdes (68% en 2017 ; Stadelmann et al., 2019a) ; et cela depuis de nombreuses années, car elle présente plusieurs avantages : un faible coût et un recul important avec plus de 30 années d'utilisation dans cette indication (Conti et al., 2017). De plus, sa forme (sirop) destinée à être consommée par voie orale (bu) rend l'injection plus compliquée en raison de sa viscosité. Cependant, de nombreux usagers indiquent tout de même se l'injecter à l'aide de seringues d'un volume plus grand (3 et 5ml, Locicero and Casalini, 2018).

Depuis 2015, les médecins ont tendance à moins prescrire la méthadone au profit de la morphine retard distribuée sous forme de comprimés (6% en 2015 à 19% en 2017 ; Stadelmann et al., 2019). Ce traitement est souvent préféré par des patients longtemps traités par méthadone et souhaitant un changement en raison des effets secondaires (Conti et al., 2017). La morphine retard est un médicament sous forme de comprimés pour favoriser sa prise sous voie orale. Elle est parfois détournée de son usage thérapeutique en étant injectée. Des usagers ont déclaré faire chauffer les billes présentes dans la gélule, faire précipiter à froid les excipients de la morphine retard à l'aide de glaçons, puis s'injecter la partie liquide après filtration (PsychoACTIF, 2019).

Les médicaments inclus dans le traitement par agonistes opioïdes lorsqu'ils sont utilisés dans le cadre de l'injection sont détournés de leurs usages (mésuser). Certains usagers ont déclaré les partager avec d'autres, ou les revendre au marché noir. La prise de ces médicaments est donc de plus en plus contrôlée. En Europe, le marché parallèle de buprénorphine s'est notamment révélé très présent dans les pays scandinaves (Kriikku et al., 2018; Simonsen et al., 2015).

Les connaissances sur le marché des principales substances soumises à contrôle ont ici été détaillées. Dans ce domaine-là, la science forensique dispose aujourd'hui des outils nécessaires pour obtenir le détail de la composition des produits injectés en utilisant des techniques analytiques spécifiques. Face à un marché des drogues qui se diversifie et se complexifie, l'UNODC a marqué l'importance de développer des indicateurs rapides analytiquement confirmés pour la détection des nouvelles tendances de consommation. Dans cette optique, l'analyse des seringues usagées peut revêtir un rôle clé dont il convient de déterminer les objectifs.

## 2.4. OBJECTIFS DE L'ANALYSE DES SERINGUES USAGÉES

Dans le domaine du suivi de consommation de drogues, les types de substances consommées sont traditionnellement déterminés par le biais de questionnaires. Ces données reposent donc sur les connaissances de l'utilisateur interrogé et sa volonté de les déclarer (Evrard et al., 2010). Elles ne permettent pas d'acquiescer la composition réelle des substances. De plus, les substances consommées par les « usagers cachés » ne sont souvent pas représentées dans ces enquêtes. Ces usagers ont souvent peur d'être stigmatisés et sont peu en contact avec les structures à bas seuil d'accès où les questionnaires sont réalisés. Le type de substances consommées par ce type d'utilisateurs pourrait alors ne pas être connu. Or, la connaissance des substances injectées est utile pour orienter les stratégies de prévention, planifier le type de traitement nécessaire et apporter des informations sur le marché des drogues.

L'analyse du contenu des seringues usagées est une méthode complémentaire aux questionnaires qui utilise des techniques analytiques. Cette méthode, appliquée de manière continue, permet de détecter la présence sur le marché de nouvelles substances de manière quasi-instantanée, ainsi que l'arrivée de nouvelles tendances de consommation.

De par son objet d'étude, cette thèse se concentre sur les pratiques de consommation des usagers de drogue par voie intraveineuse. Or, cette voie de consommation est utilisée par une population limitée et vieillissante (Locicero et al., 2013). Depuis les années 2000, cette pratique a perdu en popularité auprès des jeunes qui trouvent qu'elle présente beaucoup de risques (Roy et al., 2006). Bien que cette voie de consommation soit utilisée par un groupe limité d'utilisateurs, la quantité moyenne consommée par ces usagers est élevée (Zobel et al., 2018). De plus, la détection de tendances de consommation au sein de cette population pourrait permettre de mettre en avant des phénomènes de consommation avant que cela n'atteigne l'ensemble des usagers de drogue (i.e. qui ne consomment pas par voie intraveineuse). Par exemple, l'apparition de Nouvelles Substances Psychoactives (NPS) ou d'adultération de certaines substances par des composés potentiellement plus dangereux (e.g. héroïne adultérée au fentanyl ; Blachman-Forshay et al., 2018).

Dans le cadre de cette thèse, la contribution de l'analyse du contenu des seringues usagées a donc été étudiée au travers de cinq objectifs :

1. Appliquer la méthode d'analyse du Centre Universitaire Romand de Médecine Légale (CURML) à un nouveau type de spécimens, les seringues usagées.
2. Valoriser les résultats pertinents de l'analyse, les comparer avec les indicateurs conventionnels et les interpréter à travers une réflexion sur les stratégies de collecte mises en œuvre.

3. Contextualiser les résultats de cette nouvelle approche au regard des indicateurs existants et étudier leurs modifications au cours du temps.
4. Comparer les résultats au niveau international avec une méthode harmonisée.
5. Étudier la valeur ajoutée de l'analyse chimique des seringues et des équipements de consommation et leurs applications à long terme possibles.

*‘No single measure provides a full picture of the drug situation, and our overall strategy has been to adopt a multi-indicator approach.’*

(European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA), 2016)

### 3. MISE EN ŒUVRE DE L’ANALYSE DES SERINGUES USAGÉES

Les objectifs de recherche ont été introduits et leurs sous-parties sont développées ci-dessous :

Appliquer la méthode d’analyse aux seringues usagées.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collecte représentative de la population des usagers de drogue par voie intraveineuse</li> <li>• Méthode d’analyse sélectionnée</li> <li>• Limitations</li> </ul>
Résultats obtenus, comparaison avec les indicateurs conventionnels et discussion de l’influence des stratégies de collecte mises en œuvre.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résultats des données obtenues chimiquement</li> <li>• Comparaison des données de l’analyse chimique avec les substances déclarées par les usagers de drogue</li> <li>• Influence des stratégies de collecte mises en œuvre</li> </ul>
Contextualisation des résultats obtenus par l’analyse des seringues usagées dans un marché local au niveau du canton de Vaud.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convergence des indicateurs pour comprendre les tendances de consommation observées au niveau régional</li> <li>• Estimation de l’apport des usagers de drogue par voie intraveineuse dans le marché des substances contrôlées</li> <li>• Modification des résultats au cours du temps</li> </ul>
Comparaison internationale par une méthode harmonisée de l’analyse des seringues usagées.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthode harmonisée pour l’analyse des seringues usagées</li> <li>• Résultat international</li> <li>• Évolution de la consommation au cours du temps pour les différents points de collecte</li> </ul>
La valeur ajoutée de l’analyse chimique des résidus dans les seringues et des équipements de consommation au regard des méthodes conventionnelles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La valeur ajoutée apportée par l’analyse chimique des résidus des analyses de seringues</li> <li>• L’analyse des autres équipements de consommation</li> <li>• Système d’alerte précoce</li> </ul>

### 3.1. MÉTHODE - ANALYSE DES TRACES

Le potentiel de l'analyse du contenu des seringues usagées à des fins de suivi de consommation et de contrôle des substances est développé au cours de cette thèse. Cette nouvelle application de l'analyse des seringues usagées a nécessité la mise en place d'une méthodologie *sui generis*.

#### 3.1.1. Démarche globale de l'étude

Quatorze campagnes de prélèvement ont été effectuées, parmi celles-ci onze sont détaillées ici, les autres ayant été menées dans des contextes ou régions spécifiques (campagne Sydney et COVID-19). Elles seront discutées ultérieurement.

Au cours de ces onze campagnes, et de manière indépendante au type de structures de réduction des risques étudiés, la démarche de collecte et d'analyse est restée la même (cf. Fig. 6). Au total, 1'418 seringues ont été collectées, la démarche globale de l'étude peut être synthétisée.

Pendant une semaine entière, la collecte de seringues a été réalisée auprès des structures (deux cas particuliers en 2015 et 2016, où la durée de campagne était de 10 jours et 2 jours). Lorsque le type de structure le permettait, un questionnaire a été réalisé de manière coordonnée à la campagne de collecte. Lors de la première étude menée en 2015, un enquêteur, formé pour les circonstances, proposait à tous les usagers remettant une seringue à l'échange mobile de répondre à un maximum de quatre questions concernant leur dernière injection. À l'espace de consommation sécurisé de Genève, lors de l'étude menée en 2016, un entretien semi-directif d'une vingtaine de questions était conduit. Dans chaque cas, les questionnaires ont été élaborés en accord avec l'équipe socio-sanitaire en vue de limiter le dérangement du bon fonctionnement de la structure, ce qui explique les variations typologiques des questionnaires et leurs mises en place non systématique.

Une fois les seringues collectées, les contenus résiduels présents dans les seringues ont été extraits avec un millilitre de méthanol, puis cet extrait a été analysé par chromatographie en phase gazeuse couplée avec un spectromètre de masse (GC-MS). Lorsque des données provenant de questionnaires étaient disponibles, les résultats des substances psychoactives principales détectées ont été comparés à la ou les substance(s) déclarée(s) par les usagers de drogue par voie intraveineuse.

Tous les participants ont été informés du caractère volontaire et anonyme de l'étude et ont consenti au traitement de leurs données. Ils ont également été avisés qu'il n'était pas possible de lier les résultats analytiques à un individu. Si un usager souhaitait être exclu de l'étude, il en informait le personnel et son matériel de consommation n'était alors pas collecté pour analyse.

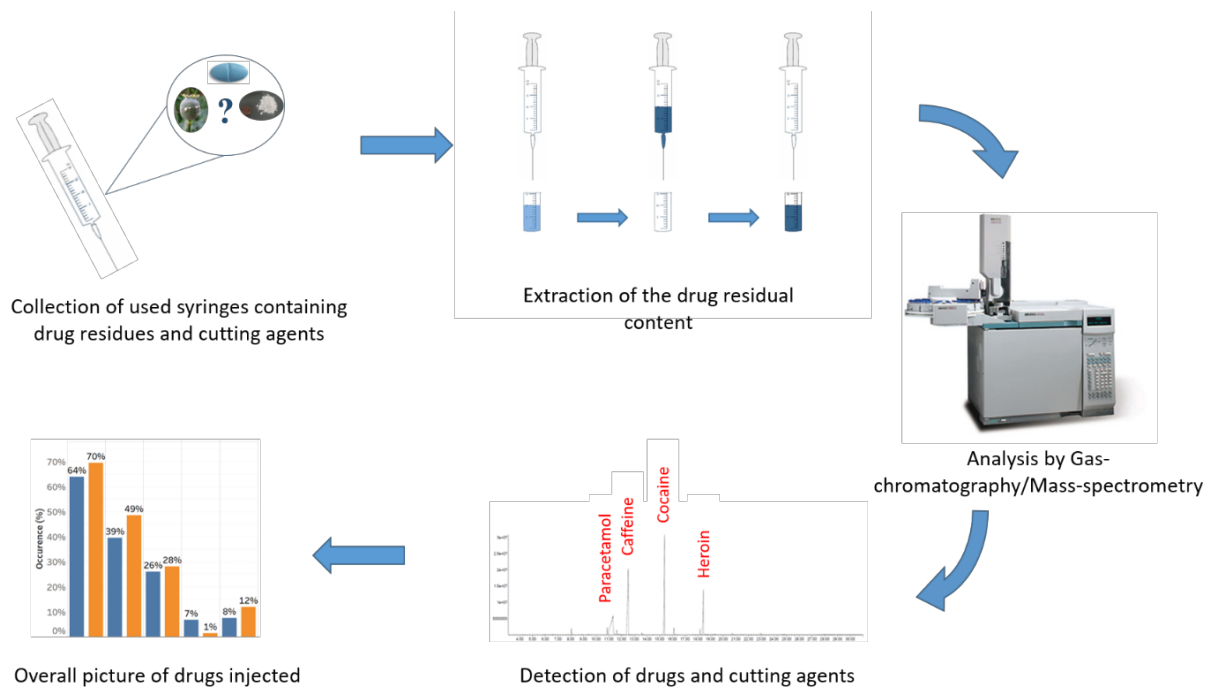


Figure 6 : Schéma récapitulatif de la démarche d'analyse de seringues usagées.

### 3.1.2. Collecte

Les stratégies de collecte mises en place vont avoir un effet sur les résultats obtenus. En outre, différents types d'usagers de drogue par voie intraveineuse vont être représentés en fonction de la structure choisie. Ainsi, les substances identifiées dans les seringues sont reliées aux caractéristiques intrinsèques des différentes structures étudiées et de la stratégie de collecte mise en place. Il convient alors de les détailler.

#### Description des structures étudiées

La collecte de seringues usagées a eu lieu dans quatre types de structures : (1) les espaces de consommation sécurisés, où les usagers s'injectent sur place (2) les espaces bas seuil et de soin où le retour de seringues n'est qu'un service secondaire pour la structure (3) les échanges de seringues mobiles où l'échange de matériel est rapide, mais permet un contact avec du personnel socio-éducatif et, (4) les distributeurs où les usagers déposent leurs seringues dans un bac de récupération.

#### Espaces de consommation sécurisés

La mise en place de ces structures vise à réduire les risques liés à la consommation de drogues du point de vue sanitaire (risques d'overdoses, partage de matériel), mais également à diminuer les nuisances liées à la consommation dans les espaces publics (seringues jetées sur la voie publique). Dans ces espaces, le personnel formé (infirmières et éducateurs spécialisés) fournit du matériel d'injection propre, supervise les épisodes d'injection et applique les gestes de premiers secours en cas d'overdose. Il s'agit aussi d'un endroit d'accueil et d'écoute où les personnes dépendantes peuvent être conseillées sans aucune exigence liée à l'abstinence. L'espace de consommation sécurisé étudié est situé dans le quartier de la gare de Genève. Il compte un total de 5'521 usagers enregistrés depuis son ouverture en décembre 2001.

#### Espace bas seuil et de soin

À Lausanne, un espace bas seuil et un espace de soin ont été étudiés. Il s'agit d'espaces d'accueil où toute personne confrontée à une consommation problématique de produits psychotropes est écoutée ou soignée (Fondation ABS, 2019). Dans cette structure lors de la collecte (e.g. en 2015), les usagers ont la possibilité d'échanger leurs seringues usagées contre du matériel stérile. Depuis 2019, une partie des locaux de l'espace bas seuil de Lausanne a été transformée en espace de consommation sécurisé.



À l'espace de soin, en plus des traitements ambulatoires opérés, les traitements par agonistes opioïdes peuvent y être distribués. Les seringues de cette infrastructure ont été collectées par le personnel socio-éducatif, puis récupérées par la doctorante en vue d'analyse en fin de semaine.

### Échange de seringues mobile

Il s'agit d'une structure particulière mise en place en 2005 à Lausanne pour pallier le manque d'échange de seringues en dehors des heures d'ouverture de l'espace bas seuil. Dans ce bus, les usagers peuvent rapporter leurs seringues utilisées, et obtenir en retour du matériel stérile qui n'est pas utilisé sur place. Ce bus permet également de cibler certains usagers qui ne se sont jamais rendus dans des espaces de consommation de peur d'être stigmatisés (Huissoud et al., 2005).

### Distributeur automatique de seringues

Les distributeurs automatiques de seringues permettent l'échange de seringues 24h sur 24. Les seringues rapportées donnent accès à un jeton qui peut être échangé contre un kit d'injection (contenant deux seringues stériles). Ces distributeurs, un à Genève et un à Lausanne, permettent d'atteindre des personnes qui s'injectent n'ayant jamais eu de contact avec les services de réduction des risques. Le distributeur de Genève a été inauguré au 1<sup>er</sup> juillet 2013, alors que celui de Lausanne a été mis en place en septembre 2015.

### Procédure de collecte

La procédure de collecte appliquée dépend du type de structure (cf. tableau 1).

Pour l'espace de consommation sécurisé de Genève, durant un week-end, la doctorante était présente à l'extérieur de la salle de consommation afin de récupérer les seringues usagées et de conduire un entretien semi-directif sur les habitudes de consommation de l'utilisateur. Une des questions portait sur la substance qui venait d'être injectée. En outre, au sein des espaces de consommation, un fichier enregistre anonymement pour chaque visite, la substance qui allait être injectée, l'âge et tout événement d'intérêt survenu lors de la visite (e.g. malaise, overdose). Ces données ont été obtenues sur l'ensemble de l'année contemporaine à l'étude, en 2016 (Première ligne, 2016).

En ce qui concerne l'espace bas seuil de Lausanne, un nombre limité de seringues a été collecté pendant la semaine de l'étude. Cet espace étant davantage utilisé comme lieu d'accueil que pour son service d'échange de seringues. Le type de substances injectées a été indiqué par l'utilisateur à un membre de l'équipe sociale de la structure. À l'espace de soin, le nombre de seringues collectées fut très faible.

Pour l'échange mobile, pendant neuf jours un bac de récupération supplémentaire a été mis en place. Ainsi, lorsqu'un usager rapportait plusieurs seringues l'une d'entre elles était mise de côté pour l'étude. Leur dernière substance injectée était aussi demandée aux usagers.

À l'échange mobile, lorsqu'un usager rapportait plusieurs seringues une seule était collectée pour l'étude. Par conséquent, la substance injectée déclarée par l'usager pouvait différer de celle consommée par la seringue sélectionnée. De plus, pour les personnes venant plusieurs fois lors de la durée de l'étude, une seule seringue (et questionnaire) était prise en compte, cela afin de ne pas surreprésenter la consommation d'un seul usager.

Finalement, et en ce qui concerne les distributeurs, un nouveau bac de récupération a été mis en place au début de la période de collecte puis retiré et transporté au laboratoire. À partir de 2018, et en accord au protocole du projet ESCAPE (EMCDDA, 2021), 150 seringues étaient échantillonnées au laboratoire de manière aléatoire sur le total des seringues récupérées en une semaine.

Tableau 1: Détails des collectes de seringues effectuées (\*échantillonnées à partir de de 2018 dans les distributeurs en accord avec le protocole de collecte (EMCDDA, 2021) ; \*\*contenant au moins une substance psychoactive principale)

Année	Date	Type de Structure	Localisation de la structure	Nombres seringues	
				collectées et/ou échantillonnées*	positives**
2015	04 au 08/03	Échange mobile	Lausanne	94	90
	04 au 13/03	Espace bas seuil	Lausanne	19	16
2016	06 au 13/06	Distributeur	Lausanne	210	185
	06 au 13/12	Distributeur	Genève	74	65
	10 et 11/12	Espace consommation	Genève	23	23
	05 au 12/08	Espace de soin	Lausanne	11	11
2017	11 au 18/09	Distributeur	Lausanne	297	233
	12 au 19/09	Distributeur	Genève	240	190
2018	13 au 20/04	Distributeur	Lausanne	150	128
	17 au 24/04	Distributeur	Genève	150	136
2019	19 au 26/08	Distributeur	Lausanne	150	116
<b>Total</b>				<b>1418</b>	<b>1193</b>

## Implication des stratégies de collecte mis en œuvre

L'analyse des seringues usagées, en tant qu'indicateur pour le suivi de la consommation, a vocation à être représentative de l'ensemble des substances consommées par les usagers de drogue par voie intraveineuse de la région étudiée. Au sein de la population des usagers de drogue par voie intraveineuse, deux groupes existent : (1) les personnes qui sont en situation de précarité et connues des institutions socio-sanitaires (« usagers peu insérés »), et, (2) les personnes intégrées socialement qui ne sont pas connues par les institutions socio-sanitaires (« usagers cachés »). La structure où est mise en place la collecte détermine la population investiguée et influence les tendances de consommation observées (cf. Fig. 7). Deux types de profils d'usagers ont été caractérisés.

Le premier au sein des structures où un contact est enregistré entre le personnel de la structure et l'usager de drogue par voie intraveineuse. Le second dans les structures où aucun contact n'est enregistré (i.e. distributeurs). Dans les structures avec contacts, les profils d'usagers observés sont non différenciables de ceux relevés par les questionnaires et enquêtes en population spécifique. Dans ce cas, l'analyse des seringues usagées a pour vocation de déterminer la composition réelle des substances consommées. La collecte du second type de structures (i.e. : distributeurs) permet en plus d'atteindre une population d'« usagers cachés » qui n'est généralement pas connue du personnel des espaces d'accueil (Néfau et al., 2015).

Le but de cette thèse est d'avoir une représentation globale de la consommation de l'ensemble des usagers de drogue par voie intraveineuse. Les stratégies de collecte où les habitudes de consommation des usagers « peu insérés » et « cachés » peuvent être détectées simultanément seront donc privilégiées. Afin d'avoir une image représentative des habitudes de consommation de l'ensemble des individus, lorsque la stratégie de collecte le permettait, une seringue a été échantillonnée par individu.

Une telle collecte nécessite la présence d'une personne rattachée à l'étude lors de sa mise en place. Il ne peut donc pas, par définition, être réalisé dans les structures sans contact. Il n'est alors pas possible de savoir si une proportion élevée des seringues collectées provient d'un seul et même usager, ce qui pourrait fausser la représentativité des substances détectées dans la population d'usagers (surreprésentation d'un seul usager). Cependant, dans les distributeurs, la remise des seringues se fait une à une. Ainsi, l'introduction d'un nombre important de seringues (supérieur à dix) doit être long et peu commode ce qui rend cette possibilité peu vraisemblable.

Lors de la réception des bacs de récupération, un échantillon aléatoire de 150 seringues est mené au laboratoire.

En dépit de l'impossibilité de connaître le nombre de seringues rapportées par un seul usager dans le distributeur automatique, ce type de collecte a été privilégié puisque considéré comme représentatif de l'ensemble de la population des usagers de drogue par voie intraveineuse (i.e. « usagers peu insérés » et « usagers cachés »). De plus, elle offre un gain de temps et minimise l'intrusion dans le processus de remise de matériel stérile.

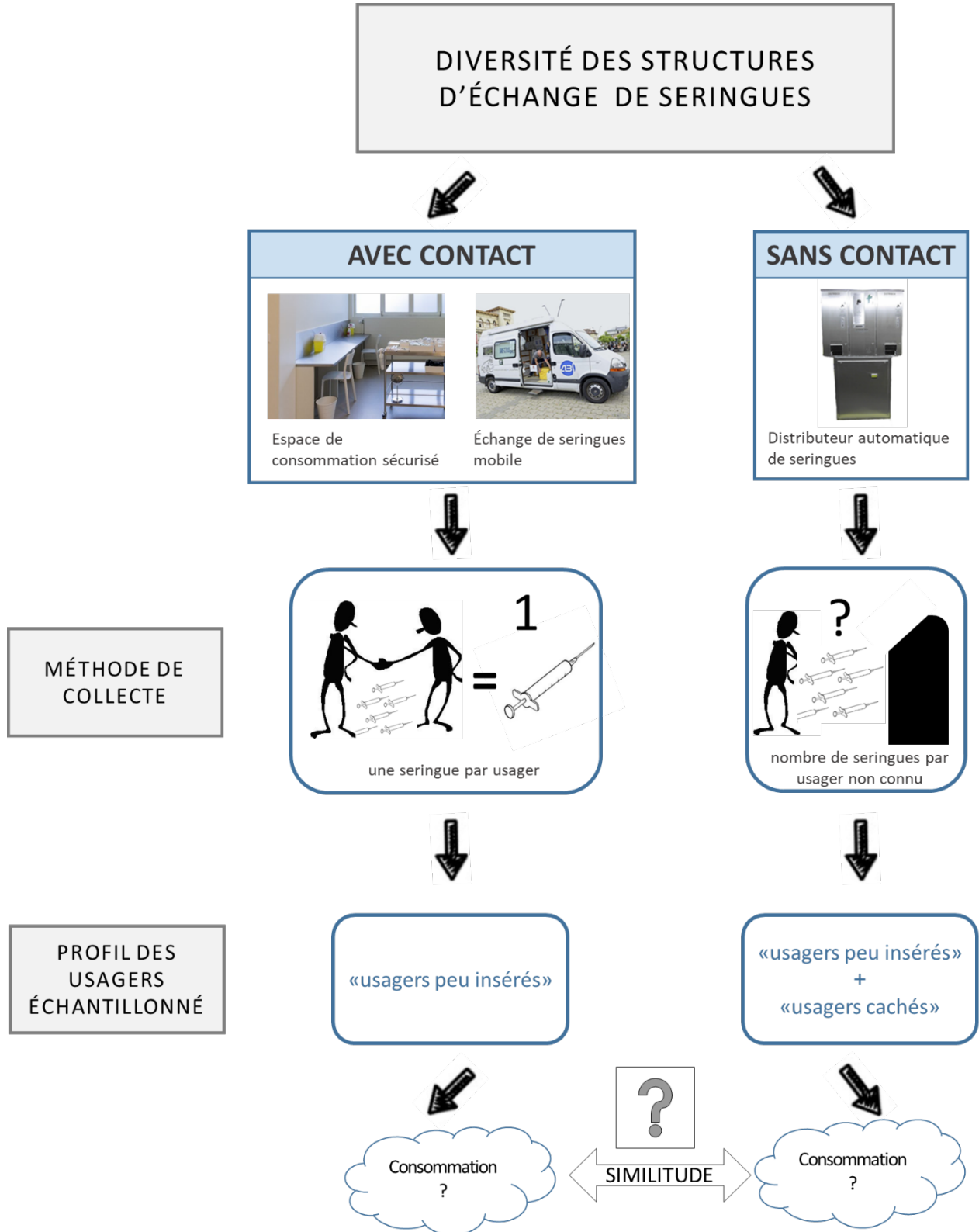


Figure 7: Récapitulatif des lieux de collecte, des méthodes de collecte mises en place et de la population d'usagers ciblés.

### 3.1.3. Méthode d'analyse

La méthode analytique doit être sélectionnée pour permettre de détecter les traces de consommation présentes dans les équipements de consommation. Elle s'inspire des travaux provenant de la toxicologie et de la science forensique. En effet, en toxicologie, et plus précisément dans les cas post-mortem, il est difficile de déterminer quelles(s) substance(s) est(sont) à l'origine du décès. Dans ce type d'investigations, et ce depuis de nombreuses années, les équipements de consommation de drogues (i.e. seringues) sont souvent objets de séquestre lors d'une levée de corps. Ces équipements sont ensuite analysés par les laboratoires de toxicologie forensique, notamment par l'Unité de toxicologie et chimie forensique localisée (UTCF) à Lausanne. L'analyse de ces équipements de consommation permet alors de renseigner sur les substances présentes dans l'environnement du corps et, dans certains cas, peut aider à déterminer la cause de la mort. L'analyse des seringues analysées appliquée ici se base sur la méthode d'analyse de l'UTCF qui a été développée à partir de la littérature toxicologique (Maurer, 1992 ; Pfleger et al., 2000).

#### Standards et réactifs

Une solution stock de méthamphétamine, sécobarbital, codéine, diazépam, méthopromazine, bromazépam, quinine et, strychnine a été utilisée comme mélange méthanolique de contrôle précédent chaque séquence d'analyse. Cette solution de contrôle est utilisée en routine au laboratoire afin de tester la fiabilité de la machine à détecter une gamme étendue de substances. Une seconde solution de contrôle a été créée pour les besoins de cette thèse. Elle se compose de méthamphétamine, méphédrone, phénobarbital, cocaïne, oxycodone, diacétylmorphine, buprénorphine à (50 µg/ml) et ofentanyl et fentanyl à (25 µg/ml) dans du méthanol. Les deux solutions stocks ont été utilisées en parallèle. Finalement, un mélange de solutions standards de phénazine (50 µg/ml) et de méthamphétamine-D5 (20 µg/ml) a été utilisé comme Standard Interne (SI) aux échantillons (détail des standards utilisés, cf. tableau ii, annexe 1).

#### Mesures de protection et équipement de protection individuelle (EPI)

Pour assurer la protection lors de la manipulation des seringues usagées, des procédures standardisées ont été mises en place pour diminuer les risques d'accident d'exposition au sang (EMCDDA, 2021). L'opérateur doit être équipé des protections individuelles suivantes : blouse, sur-chaussure, lunette de protection, masque, paire de gants latex et paire de gants en nitrile épaisse (0.4mm). Les bacs de récupération des matériels usagés sont ouverts. Une fois le bac ouvert, les seringues sont placées sur une surface plane et ordonnées à l'aide de brucelles. En tout temps les seringues doivent seulement être manipulées à l'aide de pinces et l'opérateur ne doit jamais essayer de reboucher une aiguille.

## Préparation d'échantillon

La préparation d'échantillon suit la procédure de screening seringue détaillée en annexe (1). Les seringues et équipements de consommation sont ensuite triés par type (e.g. cuillères, filtre). Chaque seringue est alors insérée dans un tube en verre contenant un millilitre de méthanol, puis remplie et vidée cinq fois consécutives. Les résidus présents dans la seringue usagée sont alors récupérés dans un extrait méthanolique.

Une fois l'extrait méthanolique obtenu, il a été filtré à l'aide seringues stériles par un filtre PTFE de taille de pore 0.45  $\mu\text{m}$ , puis 250  $\mu\text{l}$  ont été placés dans un vial GC-MS avec insert (300 $\mu\text{l}$ ). 50  $\mu\text{l}$  de standard interne ont été ajoutés, puis 1  $\mu\text{l}$  a été analysé par GC-MS.

## Analyses instrumentales

Avant de détailler la méthode sélectionnée dans le cadre de cette thèse, il est important de comparer les quatre méthodes analytiques qui ont été envisagées au début de ce travail (cf. Fig. 8) :

- deux d'entre-elles se basent sur une approche spectrométrique (spectrométrie à mobilité ionique par le IONSCAN et l'ionisation laser assistée par matrice couplée à une spectromètre de masse à haute résolution par le MALDI-HRMS)
- les deux autres sont des méthodes séparatives couplées à un détecteur (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, GC-MS et la chromatographie en phase liquide à ultra performance couplée à la spectrométrie de masse en tandem, UPLC-MS/MS).

L'approche *general unknown screening* (GUS) permet de réaliser une recherche la plus large possible de substances d'intérêt toxicologique par comparaison avec des librairies commerciales. Cette approche s'oppose à l'approche *target substances* (target), où seuls les composés ciblés préalablement choisis dans la méthode sont détectables. Cette seconde approche permet de détecter les substances cibles présentes en plus faible quantité ou plus rapidement.

Les méthodes spectrométriques permettent la détection rapide d'un nombre réduit de substances (approche *target*). Elles ne permettent pas la séparation des différents composés contenus dans les échantillons complexes, et ainsi leurs comparaisons avec des librairies commerciales. Au contraire, lors de l'analyse par des méthodes séparatives couplées à un détecteur de masse, les composés sont séparés d'après leurs propriétés chimiques, fragmentés, puis envoyés dans un détecteur. Les spectres de masse obtenus par fragmentation sont alors comparés avec des bibliothèques de spectres commerciales qui permettent de caractériser les substances détectées.

En GC-MS, les molécules sont fragmentées et ionisées par impact électronique. Depuis plus de vingt ans, cette méthode d'ionisation a été standardisée par le *National Institute of Standards and Technology*. Aujourd'hui, il est possible de comparer le composé que l'on souhaite caractériser avec plus de 70'000 spectres de masse. En LC-MS (et plus particulièrement UPLC-MS/MS), l'étape d'ionisation nécessite le passage de l'état liquide à l'état gazeux. Les méthodes d'ionisations et de fragmentations utilisées pour y parvenir sont diverses et non standardisées. La comparaison avec une librairie de référence des spectres n'est pas possible. La méthode LC-MS n'est donc pas idéale pour la mise en place d'une méthode non ciblée.


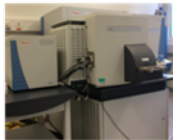


	Spectrométrie		Méthode séparative couplée à un détecteur	
	 <b>IONSCAN</b>	 <b>MALDI-HRMS</b>	 <b>GC-MS</b>	 <b>UPLC-MS/MS</b>
Librairie de références	X	X	✓✓✓	✓
Sélective	X	X	✓✓	✓✓✓
Rapidité d'acquisition	✓✓✓	✓✓✓	✓	✓✓
Saturation	X	✓	X	X
Sensibilité	✓✓	✓✓	✓	✓✓✓

Figure 8: Comparaison des méthodes analytiques considérées : les croix rouges représentent l'absence (e.g. il n'est pas possible de faire une recherche en librairie avec le ionscan), les coches vertes représentent l'échelle de valeurs des différents critères.

Pour rappel, la volonté ici était de pouvoir détecter l'ensemble des substances consommées dans les seringues par les usagers de drogue par voie intraveineuse. Or, le dernier rapport sur les drogues (UNODC, 2019) a souligné la diversité des substances et mélanges accessibles sur le marché.

La disponibilité des spectres de masses dans les librairies de référence de la GC-MS sont les plus nombreuses et mises à jour fréquemment avec les nouveaux produits de synthèse. Ainsi, pour caractériser un maximum de substances d'intérêt toxicologique, l'approche non-ciblée par GC-MS a été privilégiée. Cependant, l'analyse par GC-MS présente plusieurs limites. En effet, certains composés ne pourront être détectés, principalement en raison de l'affinité des substances recherchées à la phase stationnaire (GC), de la disponibilité (ou de l'absence) des spectres (MS) dans les librairies et de la préparation d'échantillon.

Pour minimiser les contraintes attribuées à l'usage d'une seule méthode analytique, une approche duale pourrait être envisagée. Une première partie consisterait à une détection ciblée des drogues rapide, adjuvants et médicaments les plus communs (par MALDI-HRMS), suivie d'une acquisition dépendante des données non ciblées pour la détection et l'identification d'autres drogues, adjuvants ou contaminants dangereux par des méthodes séparatives couplées à un détecteur.

Ce type d'approche novatrice a déjà montré une plus-value dans le cadre du *drug checking* (Joye et al., 2020). Elle a été testée sur un nombre réduit de seringues collectées ici, des résultats prometteurs ont été obtenus. Cette approche pourrait réduire le temps d'acquisition et permettre de s'affranchir des limites de la méthode GC-MS. En outre, depuis 2015, la recherche en bibliothèque sur la base des fragmentations en LC-MS (et UPLC-MS/MS) se démocratise (Joye et al., 2019). Elle pourrait remplacer à termes les analyses GC-MS, car la LC-MS ne nécessite pas de passer sous forme gazeuse simplifiant l'étape de préparation d'échantillon et permet également d'augmenter la sensibilité des analyses.

### Méthode sélectionnée

Les échantillons ont été analysés par GC-MS de la marque Agilent. La séparation a eu lieu sur une colonne capillaire DB-XLB (30m × 0.25mm, df 0.25 µm). L'injection est faite en mode splitless avec un liner (4mm Quartz for Agilent GC). Un µl est injecté à 270 °C. L'hélium est utilisé comme gaz vecteur avec un flux constant à 1.2 ml/min. Le programme de température commence à 70 degrés pendant 1 minute, ensuite il augmente jusqu'à 200°C (15°C/min), puis jusqu'à 300°C (10°C/min) avec un maintien à cette température pendant 7 minutes, finalement une rampe jusqu'à 320°C (30°C/min) et un maintien pendant 3.67 minutes pour un programme total de 31 minutes (cf. tableau iii, annexe 1). Le spectromètre de masse est réglé avec un délai de solvant de 3.5 min. Le domaine des mesures est de 10-400 amu (unité de masse atomique) les 7 premières minutes, puis passe à un domaine de scan de 30-550 amu avec un taux d'échantillonnage de 2 scans/sec. La source d'ions est réglée à 230°C et la température du quadripôle est de 150°C.

La méthode analytique GC-MS utilisée lors de cette étude est celle appliquée en routine au Centre Universitaire Romand de Médecine Légale (CURML), accrédité ISO-17025 auprès du Service d'accréditation suisse STS-448, et qui a été développée en se basant sur la littérature (Maurer, 1992 ; Pflieger et al., 1992).

### Traitement de données et analyses statistiques

Après analyse, les chromatogrammes obtenus ont été visualisés à l'aide du programme MSD Enhanced Chemstation®. Sous ce programme, une macro a permis d'intégrer les pics présents sur l'ensemble du Total Ion Chromatogram (TIC), d'extraire le spectre de masse relatif au temps de rétention du pic, puis de le comparer à différentes bibliothèques commerciales (Maurer, Pflieger, Weber library, PMW\_3 acronym ; National Institute of Standards and Technology, NIST17 and Wiley Mass Spectra of Designer Drugs 2019 DDdrugs) et la bibliothèque Institut de Médecine Légale (IML) du CURML. Lorsqu'un pic a été caractérisé par les bibliothèques et si le standard était disponible, une solution de standard a été injectée pour confirmer son identification sur la base de temps de rétention et du spectre de masse.



Pour tester la limite de la méthode, une première liste des composés cibles a été créée (cf. annexe 2). Elle comprend les produits stupéfiants et psychotropes les plus communs, les adultérants connus, ainsi que les nouvelles substances psychoactives mises en évidence par le système précoce d'alerte en Europe (e.g. : dérivé des fentanyl et cannabinoïdes synthétiques, EMCDDA, Evans-Brown et al., 2018).

Pour la liste de ces composés, l'ensemble des solutions standards disponibles a été analysé afin d'obtenir leur temps de rétention et leur spectre de masse, ainsi que de déterminer leur seuil de détection. Pour les composés où le standard n'a pu être acheté (dérivé des fentanyl et FUBINACA), leurs présences dans les bibliothèques et leurs propriétés chimiques ont été vérifiées (pour contrôler leurs affinités à la phase stationnaire de la GC). L'acquisition de données non ciblées a permis la détection d'autres drogues et adultérants, pour lesquels, l'analyse de standards n'a pas été effectuée.

### Contamination – seuil de décision et interprétation

Les seringues usagées collectées et analysées sont des « déchets » issus d'une activité humaine, ici, l'injection de produit illicite ou non qui sont généralement eux-mêmes des produits de nature complexe. Ces équipements sont destinés à la destruction : les traces de consommation qu'ils comportent sont donc dégradées et/ou imparfaites. En raison de cela, les traces permettant de nous renseigner sur le produit injecté peuvent être accompagnées d'autres substances qui seront considérées comme des contaminations (ou des produits de dégradations).

Ces contaminations peuvent être séparées en deux groupes. Le premier groupe est celui produit lorsque la seringue est en possession de l'utilisateur, le second groupe se compose des contaminations créées lors de la récupération de la seringue et de son analyse. Les deux principales causes de contaminations du premier groupe sont : (1) la présence de métabolites contenus dans le sang provenant d'une précédente consommation, et (2) la réutilisation et/ou le lavage des équipements de préparation et de la seringue. Pour le deuxième groupe : les contaminations peuvent avoir lieu (3) lors de leurs collectes dans le bac de récupération des seringues ou (4) lors de l'analyse (contamination lors de la préparation d'échantillons et lors de l'analyse).

Bien que l'on puisse influencer sur les contaminations qui arrivent à partir de la récupération de la seringue, il n'est pas possible d'impacter celles lors de la consommation (la seringue étant en possession de l'utilisateur). Afin de s'affranchir de ces contaminations, des seuils ont été mis en place. La présence de la substance dans les spécimens n'a été comptabilisée que lorsqu'elle était supérieure à la limite de détection (LOD). Mathématiquement, la LOD a été définie comme la concentration minimale à laquelle le rapport signal/bruit (S/N) est supérieur à 3. Dans la pratique, les standards (indiqués dans la liste annexe 2) ont été injectés pour déterminer la concentration correspondante au LOD de chaque substance. Pour tous les composés caractérisés, les aires sous les pics ont été intégrées. Lorsque l'intégration d'un pic était

inférieure à celui de la LOD, le résultat n'était pas pris en compte. La LOD est donc ici reliée seulement à l'importance du signal en utilisant l'*Extracted Ion Chromatogram* (EIC) en sélectionnant les valeurs m/z typiques pour le composé donné (cf. tableau iv, annexe 1). Cette approche a été sélectionnée afin d'éviter les problèmes de co-élution, mais présente des limitations, telles que l'estimation de la contribution de la ligne de base et la reproductibilité du signal (Johnsen et al., 2017).

Lors de la première campagne, des traces de cocaïne (en faible intensité) ont été caractérisées dans des seringues qui n'étaient pas associées à sa consommation. Lors de la seconde campagne, la même observation a été faite pour la caféine. Ainsi, pour ces deux composés, les résultats ont été comptabilisés que lorsque les valeurs d'intégration dépassaient le seuil fixé lors de ces deux premières campagnes (valeurs d'intégration EIC 182, 100'000 pour la cocaïne ; valeurs d'intégration EIC 194, 20'000 pour la caféine).

Finalement, pour l'héroïne, ses alcaloïdes ont été détectés (e.g. : 6-MAM, morphine), ainsi une interprétation supplémentaire était nécessaire. Lorsque la morphine ou la codéine était détectée simultanément à l'héroïne ou la 6-MAM, la seringue était comptabilisée pour la consommation d'héroïne. Lorsque la morphine ou la codéine était détectée sans trace d'héroïne ou de 6-MAM, la seringue a été enregistrée sous morphine ou codéine, respectivement.

### 3.1.4. Discussion méthodologique

Le premier objectif de cette recherche est de :

1. Appliquer la méthode d'analyse du Centre Universitaire Romand de Médecine Légale (CURML) à un nouveau type de spécimens, les seringues usagées.

Dans le cadre théorique de cet écrit, la diversité de produits consommés et des caractéristiques des usagers ont été mises en avant. L'étude de ces diversités aura un impact aussi bien au niveau de la collecte et de l'échantillonnage qu'au niveau de la détermination des critères analytiques développés pour permettre à la méthode d'analyse d'être représentative des consommations des usagers de drogues par voie intraveineuse.

Collecte, échantillonnage représentatif de la population des usagers de drogue par voie intraveineuse

- a. Le lieu de collecte des échantillons a une influence sur les types de produits détectés et impactera l'indice de consommation de la population représentée.

En Suisse, il existe quatre types de structures où les usagers de drogue par voie intraveineuse peuvent remettre leurs matériels usés. Trois d'entre elles nécessitent un contact entre l'utilisateur et le personnel de la structure (espaces de consommation sécurisés, les espaces bas-seuil et de soins et espaces mobiles), alors que les échanges réalisés au distributeur sont réalisés sans contact.

En se basant sur la littérature (Néfau et al., 2015), il est attendu que les lieux de collectes choisis aient un impact non-négligeable sur les résultats obtenus. Il est donc fondamental de détailler le type de structure et la population qui la fréquente avant l'interprétation des résultats.

Afin d'avoir une représentation globale des deux catégories d'utilisateurs présentés (« utilisateurs cachés » et « utilisateurs peu insérés »), les collectes ont préférentiellement été menées dans les distributeurs. Cette collecte est plus rapide et facile à réaliser puisqu'elle ne nécessite pas de personnel sur place lors de la collecte. La collecte lorsqu'elle est réalisée dans des espaces où les utilisateurs ont un contact avec le personnel socio-éducatif de la structure présente deux avantages. Le premier est la possibilité de mettre en place des questionnaires en plus de l'analyse afin de contrôler les connaissances des utilisateurs sur les substances qu'ils consomment. Le second concerne le contrôle de l'échantillonnage. Au sein de ces structures, le personnel présent sur place peut s'assurer qu'une seule seringue est sélectionnée par utilisateur ce qui n'est pas le cas au distributeur. À ce dernier, une fois la collecte menée un échantillonnage aléatoire est réalisé au laboratoire.

Finalement, la collecte des seringues usagées lorsqu'elle est menée aux distributeurs permet d'obtenir des informations avec une intervention minimale dans le processus d'échange de seringues, ce qui présente un avantage certain.

### Critères analytiques sélectionnés

- b. La méthode *general unknown screening* permet de détecter l'ensemble des substances d'intérêt toxicologique, notamment, les nouvelles substances psychoactives (NPS).

La démarche proposée consiste à identifier le maximum de substances psychoactives pertinentes. La diversité des produits et les mutations du marché des drogues sont importantes. Pour maximiser les substances détectées chimiquement, il est important de développer une méthode d'analyse qui permet de faire ressortir le maximum d'informations pertinentes de nos spécimens.

Le but de cette thèse étant de détecter le maximum de substances malgré la diversité de produits et leurs changements au cours du temps, l'analyse *general unknown screening* a été sélectionnée. Le terme *screening* [to screen = dépister, examiner] signifie détecter la présence de substances dans un échantillon.

L'approche *general unknown screening* est un balayage non ciblé de l'ensemble des substances détectées dans les limites de la méthode imposée. Elle s'oppose à l'approche *target screening* où un nombre de substances limitées sont recherchées spécifiquement. L'analyse ciblée permet la détection des composés cibles en plus faible quantité ou plus rapidement, mais ces paramètres ne présentent ici qu'un intérêt limité.

Une des mutations à laquelle le marché des drogues européen a fait face ces dernières années est relative à l'apparition des NPS. Ces substances sont signalées dans la littérature comme étant à l'origine de nombreux décès par overdose, avec un chiffre qui progresse (EMCDDA, 2014). De manière similaire, le fentanyl et analogues ont commencé à apparaître en Europe, notamment dans les pays du Nord-Est (Jurgelaitiene, 2019). Ces opioïdes très puissants sont à l'origine de nombreux décès par overdose en Amérique du Nord (Knopf, 2016). Pour ce type d'opioïdes (e.g. fentanyl), les quantités injectées seront très faibles ce qui rend sa détection difficile. L'injection de ces substances représente un danger (Roxburgh et al., 2013). Il était donc important d'avoir une méthode analytique qui permettrait d'en détecter la présence à faible dose.

Les critères analytiques ont été sélectionnés en conséquence. Pour les NPS, la dose injectée est souvent faible, en conséquence, elles ont toujours été signalées même lorsqu'elles étaient présentes en faible quantité. Des standards de ces substances ont été injectés à de faibles concentrations (50 µg/ml pour les NPS et 25 µg/ml pour le fentanyl) pour valider la possibilité de les détecter par les analyses chimiques mises en œuvre. Les standards testés sont inscrits dans la liste d'inclusion disponible en annexe 2.

## Limitations

De par son objet d'étude (i.e. seringue), cette recherche se limite au monitoring des usagers de drogue par voie intraveineuse. Or, ce procédé reste marginal, et concerne une population vieillissante et dont le nombre d'adeptes diminue au cours du temps (Locicero et al., 2013 ; Roy et al., 2006). Le potentiel d'analyse des traces qui sont contenues dans les seringues a néanmoins été démontré. Ces traces sont susceptibles de renseigner sur les habitudes de consommation des personnes qui s'injectent et de contribuer à sa compréhension globale. Cependant, en raison de la nature des spécimens, l'hypothèse suivante a été avancée :

- c. Les résidus détectés lors de l'analyse de seringues usagées nous renseignent sur le produit injecté, mais sont accompagnés d'autres substances, des contaminations.

Lors de l'analyse des traces, un grand intervalle de valeurs des aires des pics des substances d'intérêt toxicologique est observé, dépendant de la dose de la substance stupéfiante injectée. Gjerde et al., (2020) ont constaté les mêmes écarts de concentration lors de l'analyse d'aiguilles usagées. Ils ont alors décidé de ne pas comptabiliser les substances, lorsque leurs quantités étaient faibles (<100 ng). En suivant la même logique, ici, les substances ont été enregistrées que si elles étaient supérieures à la limite de décision (LODE). De plus, pour permettre la comparaison internationale, il a été décidé de ne pas comptabiliser les seringues « vides » (aucune substance détectée dans les limites de la méthode appliquée) et celles qui contenaient seulement des substances contenues dans les groupes « métabolite » et « autres » du tableau présent en annexe 2.

En plus des limitations inhérentes à la trace, la démarche proposée ne permet pas de remonter à un indice de consommation par individu. Le nombre de seringues collectées ne peut être traduit par un nombre d'usagers. Ainsi, un nombre élevé de seringues testées positives pour les stimulants pourrait refléter la fréquence plus élevée d'injection parmi les utilisateurs de stimulants, plutôt qu'une forte prévalence d'utilisation de stimulants chez les personnes qui s'injectent (Platt et al., 2015). À l'inverse, lorsqu'une même seringue est utilisée par plusieurs usagers ou plusieurs fois par le même, il n'a pas été possible de le prendre en considération. Ainsi, la détection de plusieurs substances ne provient pas nécessairement d'une consommation simultanée.

Finalement, deux cas particuliers sont à relever concernant la méthadone et la morphine. La forme de la méthadone (sirop) est visqueuse et ne permet pas de l'injecter dans les seringues à faible volume (1 ml), cette substance peut donc être sous représentée. La morphine a aussi pu être sous représentée par le traitement de données appliqué (à savoir mélange morphine+6-MAM inscrit comme héroïne).

### 3.1.5. Conclusion intermédiaire

Cette thèse comporte cinq objectifs. Cette première partie pratique a exposé les critères analytiques sélectionnés pour détecter l'ensemble des substances d'intérêt toxicologique. L'objectif premier est d'appliquer la méthode analytique de l'unité de toxicologie et chimie forensique à l'analyse chimique des seringues usagées. Cette analyse - chimiquement confirmée - permet de fournir des informations objectives et complémentaires importantes sur les substances injectées. Elle permet d'acquérir des connaissances objectives sur la composition réelle des substances injectées. La mise en place de ce nouvel indicateur permet d'améliorer les connaissances sur la présence de nouvelles substances psychoactives et de produits adultérés sur le marché étudié.

Une hypothèse subsidiaire concernait l'influence du lieu de collecte sur les types de produits détectés et ainsi l'indice de consommation de la population représentée. En se basant sur la littérature, les lieux de collecte des seringues choisis ont un impact non-négligeable sur l'interprétation des résultats obtenus. Il est donc fondamental de détailler le type de structure échantillonnée en amont de l'analyse réalisée.

Ici, les collectes réalisées aux distributeurs ont été privilégiées, car cette méthode de collecte présente l'avantage d'être simple et rapide. De plus, elle permet d'atteindre une population d'« usagers cachés » qui est rarement prise en compte dans les méthodes conventionnelles de monitoring (i.e. questionnaires réalisés au centre bas seuil).

Comme indiqué dans la littérature (Gjerde et al., 2020), la présence de contaminations qui peut provenir de la prise de substances de manière antérieure à l'analyse a aussi été constatée. La mise en place d'un seuil de limite de décision a permis de réduire l'impact de ces contaminations sur les résultats obtenus.

## 3.2. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Pour faciliter l'interprétation des résultats obtenus, ils vont être divisés en deux catégories : (1) les substances psychoactives et (2) les adultérants. Ensuite, pour les substances psychoactives, deux points particuliers vont être abordés : (a) la comparaison avec des méthodes de suivi de consommation conventionnelle et (b) celle entre les différents lieux de collecte.

### 3.2.1. Généralités

#### Substances psychoactives

Lausanne

À Lausanne, 931 seringues ont été collectées, 779 d'entre elles contenaient au moins une substance psychoactive. Le tableau ci-dessous (cf. tableau 2) présente les résultats obtenus sur les différentes campagnes de collecte.

Tableau 2 : Occurrence et fréquence d'apparition des différents produits psychoactifs dans les seringues usagées collectées à Lausanne.

		Espace de soin	Espaces bas seuil et mobile	Distributeur				Total
		2016	2015	2016	2017	2018	2019	
<b>Cocaïne</b>	n=	7	42	64	113	42	65	333
	%	64%	40%	35%	48%	33%	56%	43%
<b>Héroïne</b>	n=	3	12	24	22	15	3	79
	%	27%	11%	13%	9%	12%	3%	10%
<b>Midazolam</b>	n=		5	6	2	6	2	21
	%		5%	3%	1%	5%	2%	3%
<b>Morphine</b>	n=				9	13	23	45
	%				4%	10%	20%	6%
<b>Cocaïne - Héroïne</b>	n=		15	36	27	13	11	102
	%		14%	19%	12%	10%	9%	13%
<b>Cocaïne - Midazolam</b>	n=		2	8	8	11	4	33
	%		2%	4%	3%	9%	3%	4%
<b>Héroïne - Midazolam</b>	n=		15	9	25	7	1	57
	%		14%	5%	11%	5%	1%	7%
<b>Cocaïne - Morphine</b>	n=			1	2	4	3	10
	%			1%	1%	3%	3%	1%
<b>Cocaïne - Héroïne - Midazolam</b>	n=		13	31	15	11	4	74
	%		12%	17%	6%	9%	3%	9%
<b>Autres</b>	n=	1	2	6	10	6		25
	%	9%	2%	3%	4%	5%		3%
<b>Total</b>	<b>n=</b>	<b>11</b>	<b>106</b>	<b>185</b>	<b>233</b>	<b>128</b>	<b>116</b>	<b>779</b>

La cocaïne est la substance qui a été le plus souvent détectée (333 seringues ; 43%), montrant ainsi que les usagers par injection ont une consommation importante de cette substance. En comparaison, la présence d'héroïne seule reste limitée (79 seringues ; 10%), en particulier dans les seringues collectées au distributeur (64 sur 662 ; 9%). Le midazolam (principe actif du Dormicum®) et la morphine ont aussi été détectés seuls dans une proportion limitée de seringues (3% et 6%, respectivement). Le midazolam a souvent été détecté en mélange avec l'héroïne et/ou la cocaïne. Le mélange cocaïne-héroïne est celui le plus fréquemment observé dans 102 seringues (13%). Aucune trace de NPS n'a été détectée, ni des stimulants (e.g. cathinones), ni des opioïdes synthétiques (fentanyl et analogues). Le total des résultats obtenus au cours des six campagnes à Lausanne est résumé dans le graphique ci-dessous (cf. Fig. 9). Le groupe « Autres » comprend des mélanges entre les substances citées (cocaïne, héroïne, midazolam, morphine, méthadone) et d'autres substances, tels que, l'éthylphenidate (principe actif de la Ritaline®), la MDMA, la méthamphétamine, le tétrahydrocannabinol (composé actif du cannabis), le clonazepam, le flurazépam et le zolpidem.

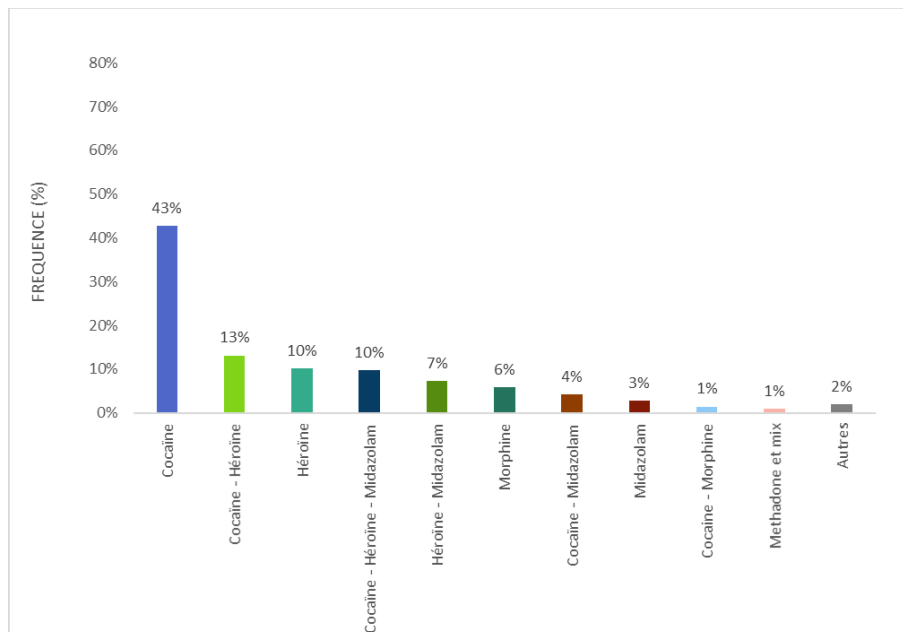


Figure 9 : Fréquence d'apparition des différents produits psychoactifs dans les seringues usagées collectées à Lausanne et contenant au moins une substance psychoactive (n=779).

Lors des campagnes de collecte en 2015 et 2016, le midazolam a été identifié dans plus d'un tiers des seringues où l'héroïne a été détectée. Cette benzodiazépine est signalée comme substance qui potentialise l'effet des opiacés et opioïdes, en particulier lorsqu'elle est injectée (EMCDDA, 2015c). Les recherches sur la combinaison de ces deux dépresseurs du système nerveux central et leurs effets sur la santé restent limitées. Par ailleurs, l'injection de médicaments - destinés à l'administration orale - serait à l'origine de phlébites et augmenterait les risques d'obstructions vasculaires chez les usagers de drogue par voie intraveineuse (Roux et al., 2011). Cependant, certaines techniques d'injection permettraient de limiter ces effets (e.g. filtration en amont de l'injection à l'aide d'un filtre toupie ; Steele et al., 2018).



Genève

À Genève, 487 seringues ont été collectées, parmi elles, 414 contenaient au moins une substance psychoactive. Le tableau ci-dessous (cf. tableau 3) résume l'ensemble des résultats obtenus sur les différentes campagnes de prélèvement menées à l'espace de consommation sécurisé et au distributeur placé devant.

Tableau 3 : Occurrence et fréquence d'apparition des différents produits psychoactifs dans les seringues usagées collectées à Genève.

		Espace de consommation sécurisé	Distributeur			Total
		2016	2016	2017	2018	
<b>Héroïne</b>	n=	15	19	62	35	130
	%	65%	29%	33%	26%	31%
<b>Cocaïne</b>	n=	2	26	60	23	111
	%	9%	40%	32%	17%	27%
<b>Midazolam</b>	n=			3	1	4
	%			2%	1%	1%
<b>Morphine</b>	n=			1	2	3
	%			1%	1%	1%
<b>Cocaïne - Héroïne</b>	n=	1	4	21	54	80
	%	4%	6%	11%	40%	19%
<b>Cocaïne - Midazolam</b>	n=			2		2
	%			1%		0%
<b>Héroïne - Midazolam</b>	n=	2		27	11	40
	%	9%		14%	8%	10%
<b>Cocaïne - Morphine</b>	n=		1		1	2
	%		2%		1%	0%
<b>Cocaïne - Héroïne - Midazolam</b>	n=		2	5	8	15
	%		3%	3%	6%	4%
<b>Methadone &amp; mix</b>	n=	1	11	4	1	17
	%	4%	17%	2%	1%	4%
<b>Autres</b>	n=	2	2	5		9
	%	9%	3%	3%		2%
<b>Total</b>	<b>n=</b>	<b>23</b>	<b>65</b>	<b>190</b>	<b>136</b>	<b>414</b>

À Genève, des tendances différentes de celles de Lausanne ont été observées. En effet, l'héroïne seule était la première substance détectée dans plus de la moitié des seringues (n=130 ; 31%) suivies de près par la cocaïne seule (n=111 ; 27%). La cocaïne a été moins largement détectée qu'à Lausanne. L'utilisation de midazolam avec l'héroïne ou le mélange cocaïne-héroïne ont aussi été observés moins souvent.

Sur le total des campagnes de collecte (cf. Fig. 10), la proportion d'héroïne détectée a été la plus importante à Genève. En comparaison aux données de Lausanne, la présence d'héroïne seule est plus importante que ce soit au sein des seringues collectées à l'espace de consommation sécurisé ou au distributeur placé devant.

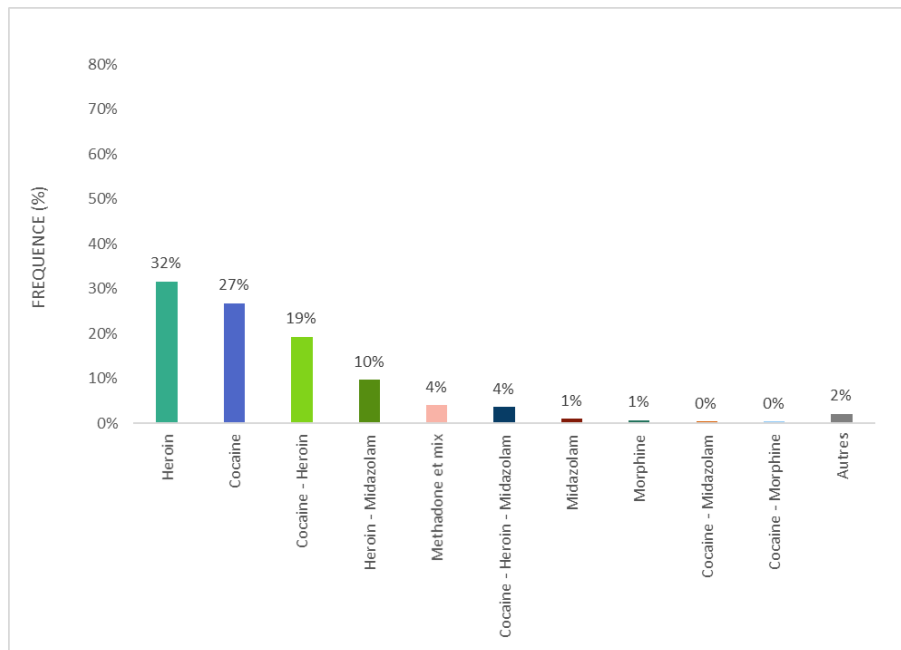


Figure 10 : Fréquence d'apparition des différents produits psychoactifs dans les seringues usagées collectées à Genève et contenant au moins une substance psychoactive (n=414).

Au niveau des mélanges de produits, on remarque que l'héroïne est la substance la plus souvent combinée avec une autre substance : la cocaïne, le midazolam ou les deux ensembles. La faible pureté de l'héroïne (cf. Chap. 2.3.1) pourrait favoriser de telles combinaisons pour en augmenter les effets. Il n'y a eu aucune identification de NPS.

### Produits de coupage : les adultérants

Par l'analyse des seringues usagées, en plus des substances psychoactives principales consommées, il est possible de détecter les produits de coupage pharmacologiquement actifs (i.e. adultérants). Les diluants (i.e. sucres) peuvent aussi être détectés, mais sont aussi présents dans les résidus sanguins, ils n'ont par conséquent pas été considérés.

Comme défini dans le contexte, les produits de coupage sont des composés détectés par les laboratoires forensiques dans les produits stupéfiants de rue (Broséus et al., 2016). Ces produits peuvent être ajoutés à différentes étapes du conditionnement. Les diluants sont principalement ajoutés pour augmenter la masse du produit. Les adultérants, quant à eux, sont généralement ajoutés pour imiter les propriétés physiques de la substance stupéfiante (odeur, forme physique) ou faciliter la consommation de la substance stupéfiante (Cole et al., 2010).

Les deux substances psychoactives principales majoritairement détectées dans les seringues sont l'héroïne et la cocaïne. Les résultats des adultérants ont été étudiés que lorsque l'une de ces deux substances stupéfiantes était présente. Pour faciliter l'interprétation, les mélanges de ces deux substances n'ont pas été considérés.

À l'espace de soin de Lausanne et à l'espace de consommation de Genève, un faible nombre de seringues a été collecté. Pour ces deux sites, les résultats obtenus pour les produits de coupages ne sont pas représentatifs et ne sont donc pas présentés dans les tableaux ci-dessous (cf. tableaux 4 et 5). Ainsi les groupes de seringues cocaïne et héroïne « seul » se composent respectivement de 435 et 191 spécimens.

#### Cocaïne

Globalement, sur les 444 seringues dans lesquelles la cocaïne était la seule substance principale détectée, 388 contenaient au moins un des adultérants (87% ; cf. tableau 4). Le lévamisole était présent dans 67%, la phénacétine dans 57%, la caféine dans 44% et la lidocaïne dans 16%. Les autres adultérants ont été détectés dans moins de 5% des seringues contenant seulement de la cocaïne.

Tableau 4 : Nombre de seringues et fréquence des adultérants dans les seringues contenant seulement de la cocaïne.

	Lévamisole	Phénacétine	Caféine	Lidocaïne	Paracétamol	Hydroxyzine	Hygrine	Benzoic Acid	Quinidine	Total
Lausanne 2015	24 57%	28 67%	31 74%	13 31%	5 12%	6 14%		2 5%		42 100%
Lausanne distributeur 2016-2019	203 71%	184 65%	126 44%	44 15%	4 1%	1 0%	2 1%		1 >1%	284 100%
Genève distributeur 2016-2018	63 58%	36 33%	35 32%	14 13%	10 9%					109 100%
Total	290 67%	248 57%	192 44%	71 16%	19 4%	7 2%	2 >1%	2 >1%	1 >1%	435 100%

Pour la cocaïne, la caféine, l'hydroxyzine, le lévamisole, la lidocaïne et la phénacétine correspondent aux adultérants régulièrement retrouvés. Le lévamisole est un antifongique vétérinaire (code ATC : P02CE01). La phénacétine est un analgésique retiré du marché à partir du milieu des années 1980 en Suisse (en raison de cas avérés de toxicité rénale ; code ATC : N02BE03). La caféine est un stimulant du centre nerveux central (code ATC : N06BC01) et la lidocaïne est un anesthésique local encore prescrit aujourd'hui en Suisse (code ATC : N01BB02). Certains de ces produits, comme le lévamisole et la phénacétine, présents dans la très grande majorité des échantillons de cocaïne, sont identifiés comme présentant des risques pour la santé. Dans une moindre mesure, l'hydroxyzine et le paracétamol sont

aussi détectés dans un faible nombre de spécimens. L'hydroxysine est un sédatif et anxiolytique (code ATC : N05BB01) et le paracétamol un antalgique (code ATC : N02BE01).

Sur la base de ces résultats, les mêmes produits de coupage sont détectés dans les seringues collectées à Lausanne et à Genève, mais des différences de fréquence d'apparition existent. En effet, à Lausanne, les fréquences de lévamisole, phénacétine et caféine sont plus élevées.

#### Héroïne

Sur les 209 seringues contenant de l'héroïne, 98% contenaient un adultérant (n=203 ; cf. tableau 5). Le couple caféine-paracétamol a été détecté dans la quasi-totalité des échantillons (97% et 89%, respectivement). La griséofulvine a été détectée dans 17% des échantillons en 2015, à l'échange mobile de Lausanne et aux distributeurs de Genève et Lausanne en 2017 (21% et 27% respectivement). Depuis, la présence de griséofulvine n'a plus été constatée. Les autres adultérants détectés sont présents de manière anecdotique (égal ou inférieur à 5%). Le dextrométhorphan est un dérivé morphinique antitussif (code ATC : N07XX59) et la griséofulvine est un antifongique (code ATC : D01BA01). Des études ont montré qu'à forte dose, ce produit est cancérigène (Cole et al., 2010).

Tableau 5 : Nombre de seringues et fréquence des adultérants dans les seringues contenant seulement de l'héroïne.

	Caféine	Paracétamol	Griséofulvine	Phénacétine	Lévamisole	Dextrométhorphan	Lidocaïne	Total général
Lausanne, espace bas seuil & mobile, 2015	11 92%	6 50%	2 17%		1 8%			12 100%
Lausanne, distributeur, 2016-2019	62 98%	56 89%	6 10%	4 6%	2 3%	1 2%		64 100%
Genève, distributeur, 2016-2018	113 98%	108 94%	13 11%	5 4%	2 2%	2 2%	1 1%	115 100%
Total	186 97%	170 89%	21 11%	9 5%	5 2%	3 3%	1 >1%	191 100%

Sur l'ensemble des campagnes de collecte, très peu de variation entre les produits de coupage a été constatée pour les seringues contenant de l'héroïne. Il est constaté que la diversité des produits de coupage détectés dans les seringues contenant de l'héroïne est plus faible que pour celle contenant de la cocaïne.

### 3.2.2. Validité concurrente des indicateurs

En général, la validité concurrente d'un nouvel indicateur est établie en comparant ses performances avec celles d'un autre indicateur dont la validité a déjà été prouvée. Or, dans le domaine du monitoring des drogues et des personnes qui y sont dépendantes, aucun indicateur n'est valide *ipso facto*. En effet, le caractère illégal des comportements relatifs à la consommation de drogues en fait un objet d'étude difficile, dont il est quasi-impossible d'avoir une représentation complète (cf. « usagers cachés »). Notamment, dans la population des usagers de drogue par voie intraveineuse dont la pratique est hautement stigmatisée.

L'objectif de cette partie est de faire la comparaison entre le nouvel indicateur présenté ici (i.e. analyses des seringues usagées) et les méthodes conventionnelles de monitoring (i.e. questionnaires auprès des usagers). Cette comparaison est réalisée entre les substances psychoactives principales détectées dans les résidus par l'analyse et les produits indiqués par les usagers de drogue par voie intraveineuse.

La validité de l'approche de l'analyse chimique des résidus de seringues sera ainsi confirmée au regard de ces méthodes conventionnelles de monitoring. Ainsi, si les deux types d'indicateurs permettent de détecter les mêmes tendances cela appuie la fiabilité des résultats observés, sans les confirmer ou les valider. Ce type de réflexion sur la convergence de deux types d'indicateurs a déjà été publié sur les *toxicomanes adultes* (Aebi, 2002).

Cette comparaison a été effectuée sur la base des résultats obtenus en 2015 au sein de l'échange de seringues mobile et de l'espace bas seuil de Lausanne. Il s'agissait alors des deux structures principales d'échanges de seringues lausannoises (les deux autres structures n'ont été ouvertes qu'en 2016 et 2019, respectivement). Une comparaison sur un plus large set de données permettrait de tirer un enseignement plus robuste.

Cette campagne de collecte s'est tenue sur dix jours. Lors de cette période, une seringue était collectée par usager. S'il se rendait plusieurs fois à la structure durant la période de collecte, seule la seringue rapportée lors du premier contact était sélectionnée. Lorsqu'une seringue était collectée, un enquêteur formé pour les circonstances proposait de répondre à trois questions concernant la dernière injection (produits, dose, provenance) et une question subsidiaire relative aux achats de substances sur internet. Les résultats de l'analyse chimique ont été comparés à la dernière substance injectée par l'utilisateur.

Lors de cette collecte, 113 couples seringues-questionnaires ont été obtenus (espace mobile, n=94 ; espace bas seuil n=19), une ou plusieurs substances actives ont été détectées dans 106 seringues (espace mobile, n=90 ; espace bas seuil n=16). Pour faire cette comparaison, lorsqu'un usager déclarait la consommation de Dormicum, cela a été inscrit sous midazolam (substances actives du Dormicum).

La cocaïne seule a été détectée dans 42 seringues (40%), le mélange héroïne-midazolam dans 15 (14%), le mélange cocaïne-héroïne dans 15 (14%), le mélange des trois substances cocaïne-héroïne-midazolam dans 13 (12%) et l'héroïne seule dans 12 seringues (11%). La méthamphétamine, le tétrahydrocannabinol, le zolpidem et le flurazépam ont aussi été détectés en addition d'héroïne ou en mélange. La combinaison de plusieurs substances, compatibles avec une polyconsommation a été relevée dans un nombre important de seringues (44%). Les résultats sont illustrés dans la figure ci-dessous (cf. Fig. 11).

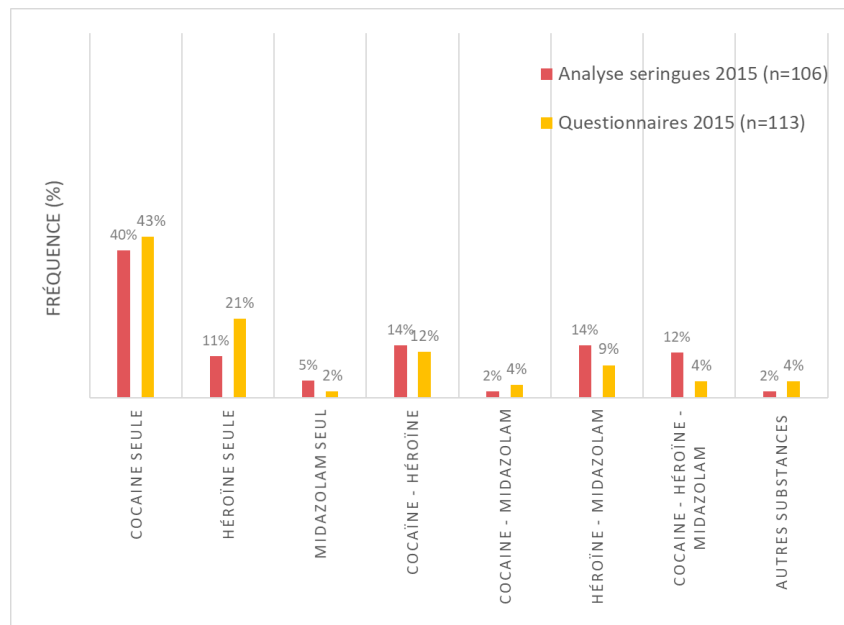


Figure 11 : Fréquence d'apparition des différents types de substances psychoactives déclarées lors du questionnaire (n=113) et détectées par l'analyse des seringues usagées lors de la campagne de Lausanne en 2015 menée à l'échange mobile et à l'espace bas seuil (n=106).

La cocaïne seule a été la substance la plus fréquemment détectée par l'analyse. Ce résultat peut avoir plusieurs interprétations plus amplement détaillées dans la partie limitation. Toutefois, l'interprétation la plus probable est qu'il s'agit de la substance la plus consommée, ce que semblent confirmer les résultats déclarés par les usagers.

En effet, la cocaïne était la drogue la plus déclarée (par 43% des usagers ; n=49), suivie de l'héroïne (21% ; n=24), de la combinaison cocaïne-héroïne (12% ; n=14), héroïne-midazolam (9% ; n=10) et d'autres combinaisons annoncées dans moins de 5% des cas. Une combinaison de quatre substances a notamment été indiquée par un des usagers, le mélange héroïne, cocaïne, amphétamine et

midazolam. Ce mélange a été détecté dans une seringue avec la présence de méthamphétamine comme stimulant de type amphétaminique.

Lors de cette collecte, les mêmes tendances de consommation ont été observées à travers l'analyse chimique et le questionnaire. La possibilité de réaliser un questionnaire en plus de l'analyse des seringues usagées a permis de déterminer si les usagers sont conscients de ce qu'ils consomment. Dans le cadre de cette étude, peu de différences existent entre les substances déclarées et analysées, les usagers semblent connaître les substances qu'ils consomment et ne pas être trompés lors de la vente.

Les mêmes tendances de consommation ont été obtenues par l'analyse des seringues usagées et par le questionnaire. Or, les questionnaires ne nécessitent pas l'expertise requise pour réaliser l'analyse des seringues usagées. En considérant cela, la plus-value de l'analyse chimique peut être questionnée. Récemment, dans le canton de Vaud, dans une étude de cas, un usager avait consommé par voie intranasale de la méthadone sous forme poudre vendu comme étant de la cocaïne (Palmiere et al., 2011). Il est rapidement décédé des suites d'une overdose de méthadone. Cette étude de cas montre la nécessité d'avoir une réponse rapide qualitative sur le produit consommé lorsqu'un usager déclare des symptômes anormaux après l'administration de drogue.

### 3.2.3. L'influence de la stratégie de collecte

Une fois la validité concourante entre l'analyse et le questionnaire démontrée, la volonté était d'étudier l'influence de la stratégie de collecte mise en œuvre (Lefrançois et al., 2017). Comme présenté dans la partie méthode, il est attendu que la stratégie de collecte ait un impact sur les tendances de consommation observées. L'influence de la stratégie de collecte a alors été étudiée. Ce type d'analyse a été conduit dans les structures sans contact où la mise en place d'un questionnaire n'est pas possible. Cette partie détaille la comparaison des différentes stratégies de collecte réalisées. Les données obtenues permettent d'évaluer quel type de structures devra être privilégié afin d'avoir la meilleure vue d'ensemble.

#### Lausanne

Pendant la campagne d'analyse de 2015 (espace mobile et bas seuil), 106 seringues contenaient au moins une substance, la cocaïne est la substance psychoactive la plus fréquemment consommée dans la population étudiée. Elle a été détectée seule dans 42 seringues et en addition d'une (ou plusieurs) autre(s) substance(s) dans 30 échantillons (soit en tout dans 65%). L'héroïne et/ou ses principaux métabolites, 6-monoacétylmorphine (6-MAM) et morphine ont été détectés seuls dans 12 échantillons et en addition d'une substance dans 44 échantillons (50%). Dans la structure de collecte sans contact associé (e.g. distributeur de Lausanne), sur les 210 seringues, 185 contenaient au moins une substance. La cocaïne a été détectée dans 146 seringues (70%), l'héroïne et ses métabolites dans 102 seringues (49%). Aucune NPS n'a été détectée. L'ensemble de ces résultats est illustré par ce graphique (cf. Fig. 12).

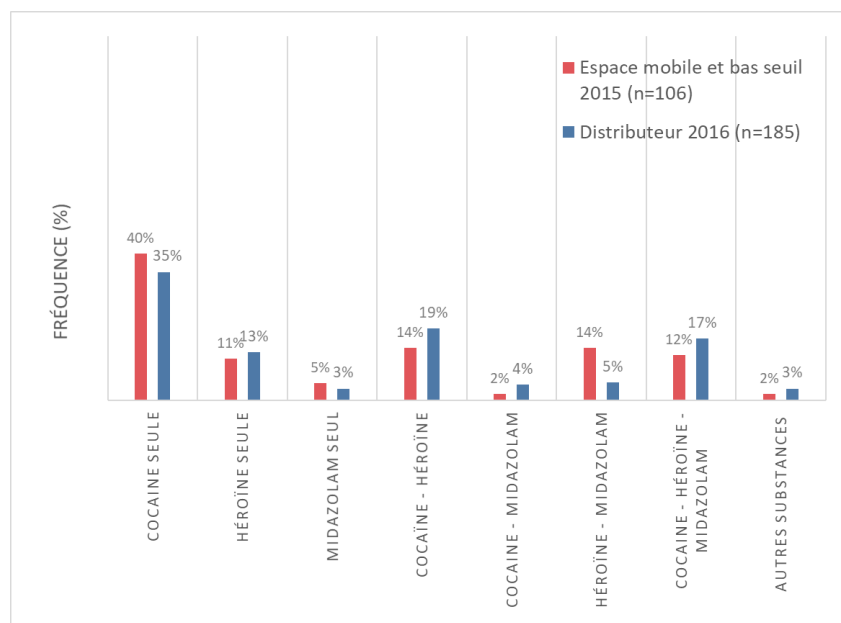


Figure 12: Fréquence d'apparition des substances psychoactives détectées par l'analyse des seringues usagées collectées lors de la campagne de 2015 menée à l'espace mobile et à l'espace bas seuil (n=106) et au distributeur en 2016 (n=185) de Lausanne.



Sur la campagne faite dans le distributeur automatique de Lausanne, les tendances globales observées sont similaires à celles de l'échange mobile de Lausanne. Aucune différence n'est donc visible entre les deux méthodes de collecte de Lausanne. Ces accords entre les tendances observées dans le distributeur et l'échange mobile indiquent que la stratégie de collecte n'a qu'un impact négligeable dans la région lausannoise. Cela soutient l'hypothèse que la population utilisant l'automate à Lausanne est non différenciable de celle se rendant aux structures d'accueil ou que la population d'utilisateurs cachés présente le même type de consommation que la population d'utilisateurs en situation précaire (Lefrançois et al., 2017).

Ce résultat diffère de ce qui est décrit dans la littérature. En effet à Paris, les collectes des spécimens dans les distributeurs automatiques permettaient d'atteindre une population d'utilisateurs cachés (consommation récréationnelle) non connue du personnel des espaces d'accueil (Néfaud et al., 2015). Il était donc attendu que les utilisateurs qui fréquentent les structures sans contact (e.g. distributeurs) aient une consommation différente de celle des structures avec contact. Ici, cette hypothèse semble être réfutée. Ce constat peut s'expliquer par la diversité des populations d'utilisateurs qui s'injectent à Paris qui ne semble pas être observée à Lausanne. En effet, à Paris, des études trendspotter France ont montré la croissance du phénomène chemsex et la multiplication des types de population (i.e. récréative) qui indiquent l'injection comme voie de consommation privilégiée (OFDT, 2019). Aucun indicateur n'a montré la présence de ce type d'utilisateurs en Suisse.

La répartition des tendances de consommation à l'espace de soin est différente de celle observée à l'échange mobile et aux distributeurs. À cette structure, la cocaïne seule a été détectée dans 8 seringues (50%), l'héroïne dans quatre (25%), la méthadone dans une (6%). Le mélange de cocaïne-héroïne dans une seringue (6%) avec l'addition de midazolam dans deux (12%). Le questionnaire réalisé en même temps que la collecte montre les mêmes tendances (cocaïne seule 50%, héroïne 25%, les mélanges cocaïne-héroïne-midazolam dans 12% et des autres substances annoncées dans 12%). Les « autres substances » déclarées étaient la ritaline, les 2,5-Diméthoxy-4-bromoamphétamine (signalée comme DOB) et la morphine, mais elles n'ont pas été détectées lors de l'analyse. Deux hypothèses sont avancées pour les différences constatées entre le questionnaire et l'analyse. La première est qu'il n'est pas possible de détecter le DOB par l'analyse (en dehors des limites de la méthode). La seconde est que l'utilisateur a eu une perception faussée de la substance consommée.

Les tendances relevées à l'espace de soin sont différentes, la méthadone y est plus présente. Les proportions de cocaïne et d'héroïne seule sont plus élevées pour ces deux structures, ce qui suggère que les consommateurs n'utilisent dans ces structures leurs seringues que pour l'injection d'une unique substance. Cependant, ces résultats peuvent être largement influencés par le nombre limité d'échantillons (inférieur à 20).

Genève, 2016

La volonté lors de cette étude était de collecter des seringues au sein de l'espace de consommation sécurisé ainsi que dans le distributeur et qui est placé à sa sortie. Au sein de l'espace, un entretien semi-directif était réalisé en plus de la collecte après la consommation des usagers. Le nombre de données obtenues au sein de l'espace de consommation est limité pour cette collecte. La longueur de l'entretien et la participation requise après l'injection ont limité le nombre de personnes voulant participer, seuls 23 couples questionnaires-analyses ont été collectés sur un weekend (cf. Fig.13).

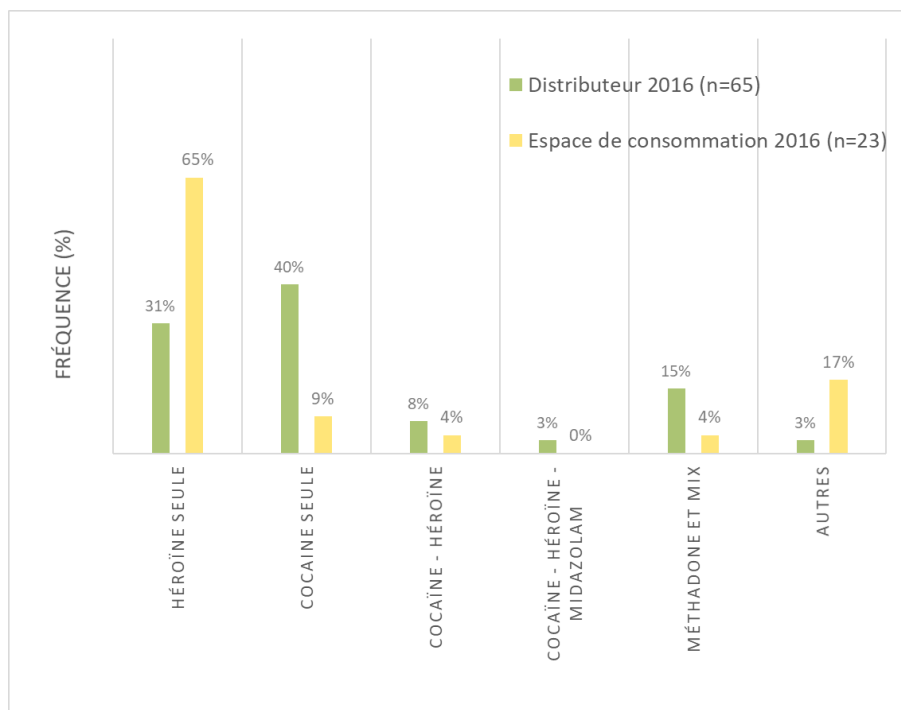


Figure 13: Fréquence d'apparition des mélanges détectés par l'analyse des seringues collectées en 2016 au sein du local d'injection de Genève (n=23) et collectées en 2016 au distributeur (n=65) de Genève.

Au sein du local d'injection, l'héroïne seule a été détectée dans 14 seringues (65%), l'éthylphenidate mélangée à l'héroïne dans deux seringues ou en addition avec la cocaïne et le midazolam dans une seringue (n=3 ; 17%), la cocaïne seule a été observée dans deux seringues (9%). Sur les 65 seringues collectées au distributeur, l'héroïne seule a été détectée dans 20 seringues (31%), la cocaïne seule dans 26 seringues (40%) et le mélange cocaïne-héroïne dans cinq (8%).

Le nombre de données observées au sein de la structure est limité (inférieur à 30). En raison de ce nombre limité, cette comparaison n'a pas pu être exploitée pour discuter de la validité concurrente des indicateurs. Les tendances de consommation observées lors de ce week-end au sein de la structure ont donc été comparées aux statistiques publiées par cette dernière sur l'année complète de l'étude (e.g. 2016). En effet, pour chaque visite d'un usager dans les espaces de consommation sécurisés, une base de données enregistre le type de substances injectées et les événements particuliers qui peuvent se produire lors de l'injection (par exemple une surdose).

Cette collecte de données en routine est une source unique d'information en temps réel sur les tendances de consommation des substances psychoactives. Les résultats de l'analyse chimique ont été comparés avec les types de substances déclarées dans la base de données gérée par l'équipe socio-sanitaire au sein des espaces de consommation sécurisés. Le graphique disponible en ligne du registre des types de produits consommés par injection dans l'espace de consommation en 2016 est présenté ci-dessous (cf. Fig. 14 gauche ; Première ligne, 2016). Le même type de représentation graphique a été effectué sur la base des données analysées afin d'obtenir une comparaison visuelle (cf. Fig. 14 droite).

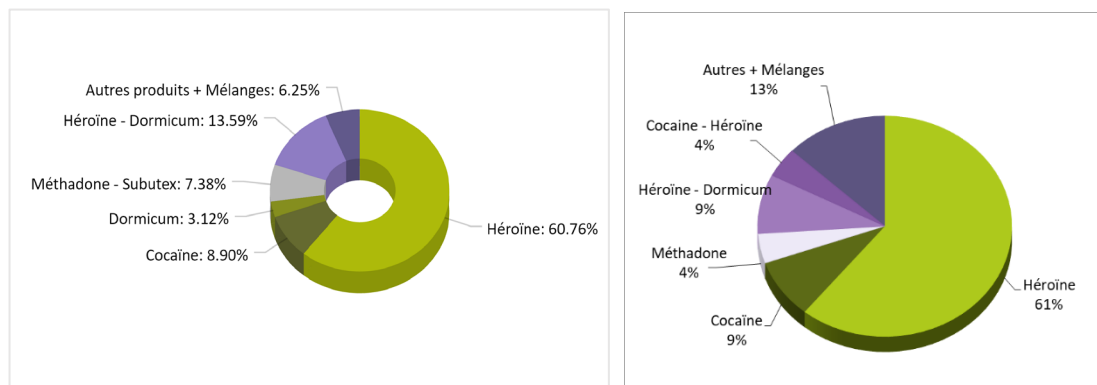


Figure 14: Fréquence d'apparition du type de substances psychoactives déclarées lors du questionnaire à la structure (graphique à gauche obtenu sur le site, Première ligne, 2016) et par l'analyse des seringues usagées collectées en 2016 au sein du local d'injection de Genève (à droite, n=23).

Les fréquences d'apparition des types de produits enregistrés au local d'injection de Genève semblent très peu différentes des proportions obtenues par l'analyse des seringues réalisée la même année. Cela montre que, malgré l'échantillonnage réduit, les données obtenues par l'analyse sont cohérentes à ce qui est enregistré. Ces résultats indiquent que les tendances globales de consommation au sein de l'espace de consommation sont stables.

Ce résultat vient confirmer la différence entre les deux types de collecte à Genève. En effet, les tendances de consommation sont différentes entre l'espace de consommation et l'automate placé à proximité. Il peut donc être avancé que deux populations d'usagers distinctes consomment à l'intérieur du local et utilisent l'automate. Dans ce contexte, l'analyse des seringues usagées collectées dans le distributeur apporte un nouveau type d'information sur une population qui ne semble pas être en contact régulier avec les structures d'accueil, potentiellement des « usagers cachés ».

La consommation de cocaïne semble peu développée au sein de l'espace de consommation, cela peut être induit par les spécificités du produit: le *craving* (e.g. envie irrésistible de consommer immédiatement) n'est pas compatible avec l'attente imposée lors de l'accès à la salle de consommation. Cette observation est corroborée par les témoignages de l'équipe socio-sanitaire qui ont déclaré la présence de personnes qui s'injectent aux alentours de l'espace. Pour confirmer cette tendance, il serait intéressant de mener une campagne de collecte à l'espace de consommation sécurisé de Lausanne inauguré en 2019.

### 3.2.4. Discussion

Le second objectif de cette recherche est le suivant :

2. Interpréter les résultats pertinents de l'analyse des seringues usagées, les comparer avec les indicateurs conventionnels et les interpréter à travers une réflexion sur les stratégies de collecte.
  - a. Interprétation des données provenant de l'analyse chimique

À Lausanne, la cocaïne est la substance qui a été le plus souvent identifiée, montrant ainsi que les usagers par injection ont une consommation importante de cette substance. Cela a dévoilé une consommation accrue de cette substance par les usagers de drogue par voie intraveineuse. En effet, bien qu'historiquement l'injection est associée à la consommation de l'héroïne, par l'analyse de seringues, la consommation de cocaïne au sein de cette population a été soulignée.

À Genève, l'héroïne est la substance la plus consommée suivie de près par la cocaïne. La différence des tendances de consommation dans des lieux de collecte séparés de moins de 100 kilomètres de distance montre l'aspect local des consommations. Dans ce contexte, il est important de mettre en place des indicateurs donnant des informations sur le suivi de consommation de manière locale. Les messages de prévention concernant les substances localement détectées pourraient alors être améliorés. Ce type d'analyse pourrait aussi participer au système précoce d'alerte, si de nouvelles substances psychoactives étaient détectées (e.g. fentanyl).

L'apparition des Nouvelles Substances Psychoactives (NPS) est signalée dans la littérature comme une tendance qui progresse en Europe (EMCDDA, 2014). Dans ce rapport, ces substances sont, en plus, signalées comme à l'origine de nombreux décès par overdose. C'est pourquoi dans le cadre de la réalisation de la méthode chimique l'accent a été mis sur leur détection. Malgré l'intérêt particulier apporté à ce type de substances, aucune NPS n'a été détectée, ni opioïdes synthétiques puissants (e.g. fentanyl), ni stimulants (e.g. cathinones).

En outre, la volonté était de comparer les données chimiques obtenues par l'analyse des seringues usagées avec des données provenant de monitoring conventionnel, comme les questionnaires menés aux structures à bas seuil d'accès.

- b. Les substances psychoactives déclarées par les usagers correspondent aux substances psychoactives principales détectées par l'analyse chimique.

Pour évaluer la convergence des deux types d'indicateurs, il était souhaité que ces derniers soient relatifs aux mêmes échantillons et obtenus de manière contemporaine à l'étude.

Ainsi, le questionnaire portait sur le dernier produit injecté par l'utilisateur à travers la seringue collectée pour l'analyse. Or, ce type de questionnaire n'a pu être conduit que dans les lieux de collecte de type espace mobile, espace d'accueil ; les collectes réalisées au distributeur (i.e. : sans contact) ne permettent pas la réalisation d'un questionnaire.

Afin d'évaluer la convergence des résultats obtenus par l'analyse et le questionnaire, un questionnaire concomitant à l'analyse a été mené à Lausanne. Une cohérence remarquable entre les principales substances psychoactives détectées dans les seringues et rapportées par les usagers a été obtenue. Par conséquent, les deux types d'indicateurs permettent de détecter les mêmes tendances. En effet, l'analyse des seringues usagées confirme ce qui est déclaré par les usagers. Il convient de préciser qu'aucun usager n'a déclaré consommer de NPS, ni opioïdes (e.g. fentanyl), ni stimulants (e.g. cathinones) conformément aux résultats de l'analyse chimique.

Dans les lieux où un contact existe entre l'utilisateur et l'équipe socio-éducative, l'analyse des seringues usagées permet donc d'observer les mêmes tendances de consommation que celle des questionnaires. Dans la partie méthode, il a été détaillé l'impact que pourrait avoir la sélection du lieu de collecte et son influence. Ici, les structures avec (espaces de consommation sécurisés, espaces bas-seuil et de soins, échanges mobiles) et sans (distributeurs automatiques) contact ont été comparées. Il est attendu que les lieux de collectes avec contact reflètent la consommation des personnes déjà connues des institutions socio-sanitaires et qu'au sein des distributeurs une population supplémentaire, d'« usagers cachés » soit échantillonnée.

- c. Les types de produits détectés varient en fonction des structures où les seringues ont été collectées.

Les résultats obtenus sont dépendants de la région et du type de structure étudié. En effet, à Lausanne, aucune différence n'a été relevée entre l'échange mobile et le distributeur. Cette constatation peut avoir trois hypothèses. La première, que les usagers cachés à Lausanne ont le même type de consommation que les usagers peu insérés. La seconde est qu'à Lausanne peu d'usagers cachés qui consomment par voie intraveineuse existent et la troisième qu'ils n'ont pas été atteints par les collectes réalisées.

Les structures d'échanges de seringues à Lausanne et à Genève diffèrent. À Lausanne, un échange mobile a été instauré en 2005 afin de pallier le manque d'échange de seringues en dehors des heures d'ouverture. Les usagers ayant déjà un lieu d'échange en soirée à Lausanne, le distributeur de seringues de Genève (2013) a été inauguré plus tôt que celui de Lausanne (2016). Du fait des différences entre les structures mises en place, il est difficile de comparer les résultats obtenus entre Genève et Lausanne.

À Genève, le distributeur et l'espace de consommation sécurisé ont été échantillonnés. D'après ces résultats, les distributions des types de produits de consommation sont différentes, mais les mêmes substances sont relevées. La différence principale est le faible taux d'injection de cocaïne à l'intérieur de la salle de consommation. Ces résultats proviennent d'un nombre limité d'échantillons ( $n > 30$ ), ils ont donc aussi été comparés au relevé des substances fait au sein de l'espace de consommation sécurisé. Les mêmes proportions de substances (i.e. faible consommation de cocaïne) ont été observées par l'analyse de ce set de données réduit et dans la base de données de l'espace de consommation. Cette combinaison de données démontre la relative stabilité des tendances de consommation au sein des espaces de consommation sécurisés durant l'année écoulée et confirme celles observées dans ce set de données réduit. Il ressort de ces comparaisons qu'à Genève, moins de cocaïne est consommée dans les seringues collectées à l'espace de consommation que dans celles du distributeur placé devant. Il semblerait que la consommation de stimulants (et la volonté de consommer immédiatement) n'est pas compatible avec l'attente imposée lors de l'accès à l'espace de consommation sécurisé.

Globalement, il a été montré que l'influence de la collecte est dépendant de la région où il est appliqué et de la différence des structures testées. Il est donc fondamental de décrire minutieusement le type de structure collectée et les populations étudiées.

La collecte de seringues aux distributeurs ne nécessite pas à l'opérateur de se rendre sur place et n'interfère que peu dans l'échange de seringues. Elle a donc été privilégiée. Elle permet ainsi d'avoir une représentation globale des deux catégories d'utilisateurs (i.e. « utilisateurs peu insérés » et « utilisateurs cachés »). Cependant, ce choix de collecte présente des limitations. La principale est qu'il n'est pas possible de connaître le nombre de seringues remises par utilisateur. Ainsi, un utilisateur peut avoir remis un large nombre de seringues et influencer par sa seule consommation l'ensemble des résultats obtenus. Il est aussi possible que les personnes qui consomment des stimulants le font à une fréquence plus élevée, si bien que le nombre de seringues que ces utilisateurs remettent est plus important. Afin de mesurer ce biais, l'implémentation d'un questionnaire au distributeur serait utile.

Cependant, la mise en place d'un tel questionnaire est difficile. Récemment, un tel questionnaire a été réalisé par le biais d'un QR code placé sur les boîtes contenant les seringues stériles. Seul un nombre réduit de réponses a été obtenu ( $n < 30$ , Locicero and Casalini, 2018). L'autre possibilité pour la mise en place de ce type de questionnaire serait de mettre un enquêteur devant le distributeur. Cependant, la présence d'une personne aux abords du distributeur pourrait avoir un impact négatif sur le nombre de retours de seringues et n'est donc pas envisageable. Dans ce cadre, l'analyse des seringues usagées permet d'obtenir des informations sur les pratiques de consommation sans intervenir dans le processus d'échange de seringues.

### 3.2.5. Conclusion intermédiaire

Dans cette deuxième partie, les résultats obtenus par l'analyse des seringues usagées ont été présentés. À Lausanne, la cocaïne a majoritairement été détectée seule (43%) sur l'ensemble des campagnes de collecte de seringues, suivie du mélange cocaïne-héroïne (13%) et de l'héroïne seule (10%). À Genève, l'héroïne seule apparaît la plus abondante (31%), suivie de près par la cocaïne (27%) et le mélange héroïne-cocaïne (19%). Les produits de coupage retrouvés dans les seringues contenant seulement de la cocaïne sont majoritairement le lévamisole, la phénacétine, la caféine, la lidocaïne. Le paracétamol et l'hydroxyzine ont aussi été détectés dans une moindre mesure. Dans les seringues contenant de l'héroïne, le couple de produits de coupage caféine-paracétamol a été détecté dans la quasi-totalité des échantillons (supérieur à 90%).

Lors de la première étude, une comparaison avec un questionnaire mené de manière contemporaine à la collecte de seringue a été réalisée. La cocaïne a été détectée/déclarée seule à 40% et 43% respectivement, ou en mélange avec l'héroïne à 14% détectée et 12% déclarée. Dans ce cadre, les mêmes tendances ont été observées par l'analyse des seringues usagées et par le questionnaire. La cocaïne a ainsi été la substance la plus souvent identifiée, montrant que les usagers par voie intraveineuse ont une consommation importante de cette substance. Pour les structures sans contact (i.e. distributeurs), les questionnaires sont difficilement réalisables. En conséquence, l'analyse des seringues usagées est, pour ces structures, un moyen efficace d'obtenir des informations sur le suivi des consommations sans interférer dans la remise de seringue.

L'analyse du contenu des seringues usagées permet d'observer les pratiques de consommation au niveau individuel (même si c'est uniquement par voie intraveineuse). La contextualisation de ces données permet donc de nous renseigner sur les substances stupéfiantes consommées en fin de chaîne de distribution de la région étudiée.

### 3.3. CONTEXTUALISATION

Dans le cadre de la réduction des risques, l'analyse de seringues usagées est une méthode complémentaire de monitoring qui permet d'acquérir des données objectives. Dans le cadre du contrôle des substances, cette analyse permet d'avoir une représentation des types de substances consommées au sein d'une population spécifique (i.e. : les usagers de drogue par voie intraveineuse) et dans le cas d'un suivi régulier d'observer les modifications du marché des stupéfiants de manière locale au cours du temps.

#### 3.3.1. Convergences des indicateurs

Comme indiqué dans la partie théorique, afin de valoriser les données obtenues par un nouvel indicateur, il est nécessaire de les intégrer dans une mémoire structurée contenant des données pluridisciplinaires (Ribaux et al., 2006). Ainsi, la contextualisation des données obtenues permet d'en faire ressortir l'information pertinente.

Dans le cadre de cette recherche, les données obtenues sont relatives à la population des usagers de drogue par voie intraveineuse. Or, il s'agit d'une population vieillissante, majoritairement composée d'hommes, et qui ne connaît qu'un nombre limité de nouvelles personnes (Lociciro et al., 2013 ; Roy et al., 2006). En effet, la prévalence de la consommation de drogues injectables diminue de manière régulière depuis plus de dix ans. Cependant, cette population, bien que limitée, représente une grande part de la consommation de substances stupéfiantes (EMCDDA, 2019a).

En Suisse, le nombre de nouvelles personnes qui s'injectent reste faible depuis 2000 et tend à diminuer. Tandis que dans certains autres pays d'Europe (France, Pays-Bas, Royaume-Uni), des signes de renouvellement de la pratique d'injection ont été signalés. En effet, depuis 2006, la pratique d'injection a connu une recrudescence chez les individus qui ont des rapports sexuels à risque, principalement dans la communauté gay (Edmundson et al., 2018). L'injection dans ce cadre particulier est connue sous le terme de slam. Le slam est la pratique la plus à risque de chemsex connu (consommation de substances psychotropes pendant l'acte sexuel ; Mounteney and EMCDDA, 2017; OFDT, 2019). À la connaissance de l'auteure, de telles tendances n'ont pas été observées en Suisse.

Depuis plus de 25 ans, les programmes d'échange de matériels stériles sont évalués par le biais d'enquêtes dans le cadre de la surveillance de la réduction des risques. Elles permettent notamment d'obtenir des informations sur leurs pratiques d'injections (1993, 1994, 1996, 2000, 2006 et 2011). Depuis 2016, un nouveau type d'enquête, le « Pointage Annuel du Profil des Usagers des centres bas seuil » a été mis en place et a pour vocation d'être reconduit chaque année (Lociciro and Casalini, 2018; Simon-Vermot



and Pin, 2017). Dans le cadre de cette thèse, seules les parties relatives aux consommations de substances illicites vont être discutées.

D'après l'enquête menée en 2017, dans le canton de Vaud (chef-lieu : Lausanne ; Locicero and Casalini, 2018), au sein de l'espace mobile (Distribus), la substance la plus consommée par les usagers interrogés (n=62) était l'héroïne (61%) suivie par la cocaïne (56%). Parmi les usagers interrogés aux Distribus, seuls 47% ont déclaré consommer par voie intraveineuse. Les résultats pour l'espace bas seuil (Passage) et le distributeur ont aussi été consignés dans le tableau suivant (cf. tableau 6). Au distributeur (EchangeBox), la proportion de personnes qui consomment par voie intraveineuse peut être évaluée à 100%, seul l'échange de seringues pouvant y être effectué. Il y est aussi mentionné que les usagers de l'EchangeBox fréquentent majoritairement également le Distribus.

Tableau 6 : Fréquence de consommation au cours des 30 derniers jours par substance, en % par structure (adaptée de Locicero, 2018). (Abréviations : NR signifie non répondu et inj. signifie les usagers ayant déclaré consommer par voie intraveineuse).

	Distribus (n=62 ; inj:47%)	Passage (n=30 ; inj:23%)	EchangeBox (n=28)
%Alcool	54.8	56.7	NR
%Cannabis	56.5	56.7	60.7
%Héroïne	61.3	40.0	71.4
%Cocaïne	56.4	43.3	85.7
%Crack	35.5	13.3	32.2
%Benzodiazépines illég.	33.9	23.3	NR
%Ecstasy	24.2	13.3	NR
%Morphine illég.	21.0	3.3	NR
%Speedball	27.4	10.0	NR
%Amphétamines	17.7	3.3	NR
%Méthadone illég.	19.4	6.7	NR
%Crystal	9.7	0.0	NR
%Autre	8.1	3.3	NR
%NPS	14.5	0.0	NR
%Buprénorphine illég.	4.8	0.0	NR

Au Distribus, les mêmes tendances de consommation ont été observées entre les données reposant sur le questionnaire et celles obtenues lors l'analyse des seringues menée en 2015, avec :

- une prédominance de la consommation de cocaïne (questionnaire : 56.4% ; détectée seule ou en mélange : 67.9%),
- suivie par l'héroïne avec ou sans benzodiazépine (i.e. midazolam, questionnaire : 61.3% ; détectée seule ou en mélange : 52.8%),
- et du mélange « speedball » déclaré à 27.4% qui fait référence à la consommation d'héroïne et cocaïne (détecté en mélange à 13.8%).

À Lausanne, le pourcentage d'usagers ayant consommé le mois passé des benzodiazépines (non prescrits ; e.g. Dormicum®, Valium®) est de 34%. Ce pourcentage est relativement élevé en comparaison avec une étude portant sur 22 pays européens où, seulement 12% des usagers ont indiqué la consommation de benzodiazépine en addition à l'usage d'opioïdes ou d'opiacés (EMCDDA, 2015c). L'ajout de benzodiazépines à l'héroïne est une tendance de consommation répandue qui a été confirmée par l'analyse des seringues usagées et dont les risques sur la santé ne restent que peu publiés. Une étude montre cependant que l'association de benzodiazépines et d'opioïdes augmente les risques de dépression respiratoire et d'overdose (Reynaud et al., 1998). De plus, l'injection de médicaments est à l'origine de phlébites et d'obstructions vasculaires chez les usagers de drogue par voie intraveineuse (Roux et al., 2011).

Les tendances de consommation des premières substances déclarées par les usagers semblent être en accord avec celles qui ont été détectées dans les seringues (exclus alcool et cannabis). Cependant, la consommation d'amphétamine et de nouvelles substances psychoactives est signalée fréquemment lors du questionnaire (>10%), alors que leurs présences n'ont jamais été observées dans les seringues. La première hypothèse pour expliquer la divergence dans ces résultats est le mode de consommation. Si ces substances sont déclarées par la partie des consommateurs qui ne s'injecte pas (52%), elles ne seront pas détectées lors de l'analyse des seringues. La seconde hypothèse repose sur le biais cognitif des usagers à signaler des substances qu'ils savent émergentes. Finalement, la troisième hypothèse repose sur la faiblesse de la méthode analytique à les détecter.

La mention de la consommation de crack est aussi une information à ne pas négliger, notamment puisqu'elle semble avoir largement augmenté depuis le début de ce doctorat (4% en 2011 contre 30% en 2017 à Lausanne). Or, la forme sel de la cocaïne (utilisée pour s'injecter) ne sera pas différentiable par l'analyse de la forme base de la cocaïne. Ainsi, lorsqu'un usager fume de la cocaïne baséifiée avant de s'injecter une autre substance stupéfiante, il ne pourra pas être fait la distinction entre la cocaïne qui a été fumée et les substances injectées par l'usager.

Au distributeur, il ressort de l'enquête que la consommation de cocaïne dans les 30 derniers jours est quasi-équivalente à la consommation d'héroïne (85% et 71% respectivement). Alors que dans le cadre de cette recherche, la proportion de seringues contenant de la cocaïne est deux fois supérieure à celle contenant de l'héroïne (73% et 32% respectivement). Ce qui pourrait être le résultat d'une fréquence d'injection plus élevée chez les usagers qui s'injectent de la cocaïne. Cependant, le nombre de réponses limitées au distributeur (n<30) rend l'interprétation de ces résultats incertaine.

Finalement, d'après le pointage annuel réalisé à Lausanne, les usagers du distributeur fréquentent aussi majoritairement le Distribus (Locicero and Casalini, 2018). En 2016, à Lausanne, les mêmes tendances de consommation avaient été observées entre les seringues collectées aux distributeurs et à l'échange mobile (Lefrançois et al., 2017). Les deux indicateurs vont donc dans le même sens.

### 3.3.2. Optique marché - les produits

En 2017, dans le canton de Vaud (chef-lieu : Lausanne), MARSTUP, une recherche pluridisciplinaire portant sur la structure du marché des stupéfiants et sa variabilité au cours du temps a été initiée. L'analyse des seringues usagées fournissant des données objectives sur les produits présents sur le marché et consommé par les usagers de drogue par voie intraveineuse a été annexée à cette recherche.

#### Substances psychoactives principales

Jusqu'à alors, la consommation par voie intraveineuse en Suisse était communément associée à la consommation d'opiacés, et notamment de l'héroïne. Or, lors de la première étude, en 2015 à l'échange mobile, la cocaïne a été la substance la plus consommée par voie intraveineuse (détectée/déclarée seule à 41% et 36% respectivement, ou en mélange avec l'héroïne a 14% détectée et 13% déclarée). En comparaison, l'héroïne a été détectée seule à seulement 9%.

La proportion élevée de cocaïne détectée dans les seringues a permis de mettre en évidence une consommation importante de cette substance chez les personnes dépendantes et de considérer leur prévalence dans le marché des stupéfiants du canton de Vaud (Zobel et al., 2018). D'après MARSTUP, le nombre d'usagers de cocaïne peu insérés (n=583) est dix fois moins important que le nombre d'usagers insérés occasionnels (n=5245). Cependant, les consommateurs de cocaïne peu insérés, bien que peu nombreux, déclarent consommer une quantité moyenne par jour quinze fois plus importante que les usagers insérés (0.46 et 0.03 g/jour/personne, respectivement).

L'analyse des seringues usagées permet de confirmer que ces consommateurs bien que nombreux ont un impact non-négligeable quant à la consommation de cocaïne consommée sur le canton de Vaud (plus important que l'impact des usagers insérés consommant occasionnellement). L'analyse du contenu des seringues usagées permet de mettre en avant les pratiques de consommation d'usagers peu insérés qui doivent être considérés pour l'estimation des volumes de cocaïne consommée (Zobel et al., 2018).

La consommation de cocaïne par injection (seule) augmente aussi en Europe. Elle a notamment été signalée dans les salles de consommation de drogues en France, en Allemagne, au Luxembourg, en Espagne et en Suisse. D'après l'étude Trendspotter (2018) par l'EMCDDA, cette consommation est annoncée comme une alternative moins chère aux préparations traditionnelles d'héroïne-cocaïne (en considérant le rapport pureté-prix, la cocaïne étant plus pure ; Pirona et al., 2018).

Finalement, aucune nouvelle substance psychoactive (NPS) n'a été détectée durant cette thèse. En Europe, les NPS sont publiées comme étant des substances de plus en plus présentes sur le marché

européen et soupçonnées d'être à l'origine de nombreux décès par overdose (EMCDDA, 2014). Un intérêt particulier avait donc été porté à ces substances lors de l'analyse, notamment, par l'injection de 23 standards à des limites de détection de 50 µg/ml. Elles n'ont malgré tout pas été détectées.

### Produits de coupage : les adultérants

Dans le cadre de la compréhension du marché des stupéfiants, l'analyse des seringues usagées fournit des données objectives sur les substances psychoactives consommées par les usagers de drogue par voie intraveineuse. Ainsi, en plus de la substance psychoactive principale il est possible de détecter les produits de coupage présent dans les résidus.

Depuis 2006, une partie des saisies policière des produits stupéfiants réalisées dans le canton de Vaud sont envoyées à l'École des Sciences Criminelles (ESC) pour analyse. La composition des produits (i.e. pureté et produits de coupages) est enregistrée dans une mémoire structurée. En 2015, Broséus et al. ont mis en place une étude des types de produits de coupage détectés entre 2006 et 2014 (adultérants et diluants) avec leurs fréquences d'apparition. Ils ont démontré que ces renseignements permettaient de mieux comprendre le marché de distribution et de consommation des produits stupéfiants. Ce travail s'est poursuivi dans le cadre de l'étude MARSTUP, sur les produits de coupage détectés dans les saisies de cocaïne entre 2014 et 2016 (Zobel et al., 2018). Ces données étant contemporaines de l'analyse des seringues usagées, elles seront privilégiées.

Cocaïne

Les adultérants détectés dans les seringues usagées contenant de la cocaïne seule collectées aux distributeurs entre 2016-2019 (n=284) ont été comparés aux analyses des saisies de cocaïne effectuées entre 2014 et 2016, et transmises pour analyse à l'ESC (n=1'115). Les résultats montrent que les mêmes produits ont été détectés pendant cette thèse et signalés par l'étude des analyses des saisies entre 2014-2016 (cf. Fig. 15).

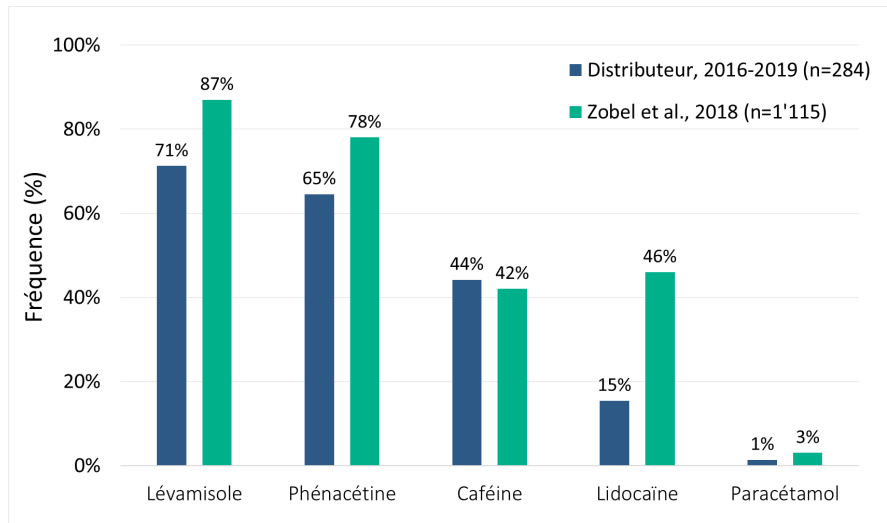


Figure 15: Comparaison des fréquences d'adultérants relevés dans les saisies de cocaïne du canton de Vaud 2014-2016 (n=1'115, adapté de Zobel et al., 2018) et dans les seringues usagées contenant de la cocaïne collectées aux distributeurs 2016-2019 (n=284).

Les principaux produits détectés dans les seringues ne contenant que de la cocaïne étaient dans les mêmes proportions que ceux identifiés dans l'analyse des saisies policières, à l'exception de la caféine sur les données du distributeur en 2016 (n=64 ; 73%) et de la lidocaïne.

Bien que la caféine soit présente comme produit de coupage dans la cocaïne, on observe en 2016 une surreprésentation de la caféine. Elle peut être expliquée par les limitations inhérentes à l'analyse de la trace, à savoir la présence de contaminations. Les seringues analysées contiennent du sang et la méthode utilisée est suffisamment sensible pour détecter les traces de consommation antérieure par une autre voie que l'injection (e.g. consommation de boissons caféinées). La mise en place de la limite de décision (LODE) a réduit cette surreprésentation, mais n'a pu être implémentée pour la caféine qu'à partir de la collecte de 2017. Ceci a eu une large influence sur la fréquence de détection de caféine qui a chuté de 73% à 38% sur les données relatives aux seringues collectées aux distributeurs de Lausanne (73% en 2016 contre 38% en 2017, 26% en 2018 et 38% en 2019).

Au contraire, la différence de fréquence d'apparition de lidocaïne entre les saisies et les seringues usagées peut être expliquée par l'inverse. La concentration de ce produit dans les saisies est plus faible que les autres adultérants, lors de la dilution du produit pour l'injection, la quantité peut être si faible qu'elle se retrouve en dessous du seuil de détection analytique, ce qui influence sa fréquence

d'apparition. La lidocaïne a été détectée dans près d'un échantillon sur deux analysé à l'ESC, mais n'a été détectée que dans 15% des seringues contenant de la cocaïne.

Globalement, cette comparaison semble indiquer que les mêmes tendances d'adultération sont observées entre les saisies policières analysées et les seringues. Ainsi, les produits injectés semblent avoir les mêmes compositions que ceux qui sont saisis. Pour la cocaïne, aucun nouvel adultérant n'a été détecté par l'analyse des seringues usagées.

Par conséquent, si les consommateurs-revendeurs reconditionnent leur cocaïne à partir de leurs pochettes sous forme de boulette (Zobel et al., 2018), ils ne semblent pas mélanger la cocaïne avec de nouveaux adultérants différents de ceux détectés dans le niveau élevé de la chaîne de distribution. Il est à rappeler que la pureté et les diluants n'étant pas étudiés par l'analyse des seringues, un coupage supplémentaire n'est pas exclu. Ces résultats soutiennent l'hypothèse que les saisies policières analysées proviennent du même marché que la cocaïne consommée par les usagers. Ces données ne permettent pas de refléter le type de spécimens qu'ils consomment et leurs conditionnements (i.e. cylindres, boulettes, parachutes ou pains). En outre, ces résultats soutiennent l'hypothèse émise dans Broséus et al., (2016), selon laquelle les adultérants sont ajoutés à un niveau élevé de la chaîne de distribution (dans le pays de fabrication) et qu'ils ne sont pas ajoutés en fin de chaîne lors de la revente.

Héroïne

Les adultérants détectés dans les seringues usagées contenant de l'héroïne collectées aux distributeurs entre 2016-2019 (n=64) ont été comparés aux analyses des saisies d'héroïne effectuées entre 2006 et 2014, et transmises pour analyse à l'ESC (n=3'054, Broséus et al., 2015). Les résultats sont présentés sur le graphique ci-dessous (cf. Fig. 16).

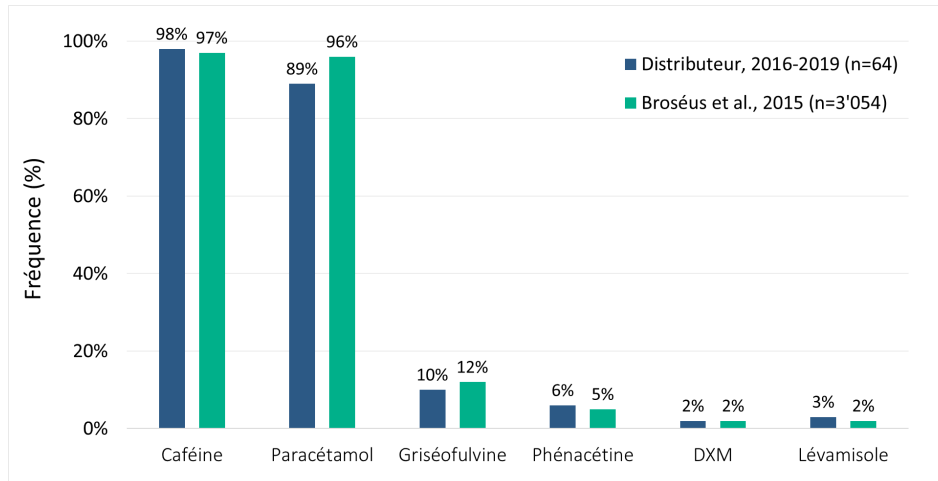


Figure 16: Comparaison des fréquences d'adultérants relevés dans les saisies d'héroïne du canton de Vaud 2006-2014 (n=3'054, adapté de Broséus et al., 2015) et dans les seringues usagées contenant de l'héroïne collectées aux distributeurs 2016-2019 (n=64). Abréviations DXM pour le dextrométhorphan.

Il ressort que les mêmes produits de coupage ont été détectés entre l'analyse des saisies d'héroïne et l'analyse des seringues usagées. Depuis plus de vingt ans, le mélange d'adultérants caféine et paracétamol est détecté dans la quasi-totalité des saisies réalisées dans le canton de Vaud (99% ; Zobel et al., 2017). Les produits de coupage ajoutés à l'héroïne sont principalement le mélange de ces deux substances. Un commerce parallèle s'organiserait autour de ce mélange déjà coloré en brun de la même manière que l'héroïne vendue en Europe (forme *brown sugar* ; « Un Hollandais interpellé à Dourges, » 2014). D'autres substances, telles que le dextrométhorphan et la griséofulvine, sont retrouvées dans une moindre mesure, ainsi que la phénacétine.

L'analyse du contenu des seringues usagées, lorsqu'elle est développée dans une optique de suivi de la consommation (de manière continue) permet d'acquérir des renseignements sur les substances psychoactives principales, mais aussi sur les adultérants présents en fin de chaîne de distribution du produit stupéfiant. Il est alors obtenu la composition réelle des saisies de rue consommées par une population particulière (i.e. les usagers par voie intraveineuse) qui peut être aussi distribuée à l'ensemble des usagers du marché des stupéfiants (i.e. usager insérés avec consommation occasionnelle).

### 3.3.3. Tendances de consommation dans le temps

Afin d'évaluer si cet indicateur permet de suivre les modifications dans les habitudes de consommation, une collecte par an a eu lieu au distributeur de Lausanne depuis sa mise en place en 2016. Sur les quatre années, quatre substances psychoactives principales ont été observées, à savoir : la cocaïne, l'héroïne, la morphine et le midazolam. Les fréquences d'apparition de ces quatre substances seules ou en mélange sont présentés ci-dessous (cf. Fig. 17).

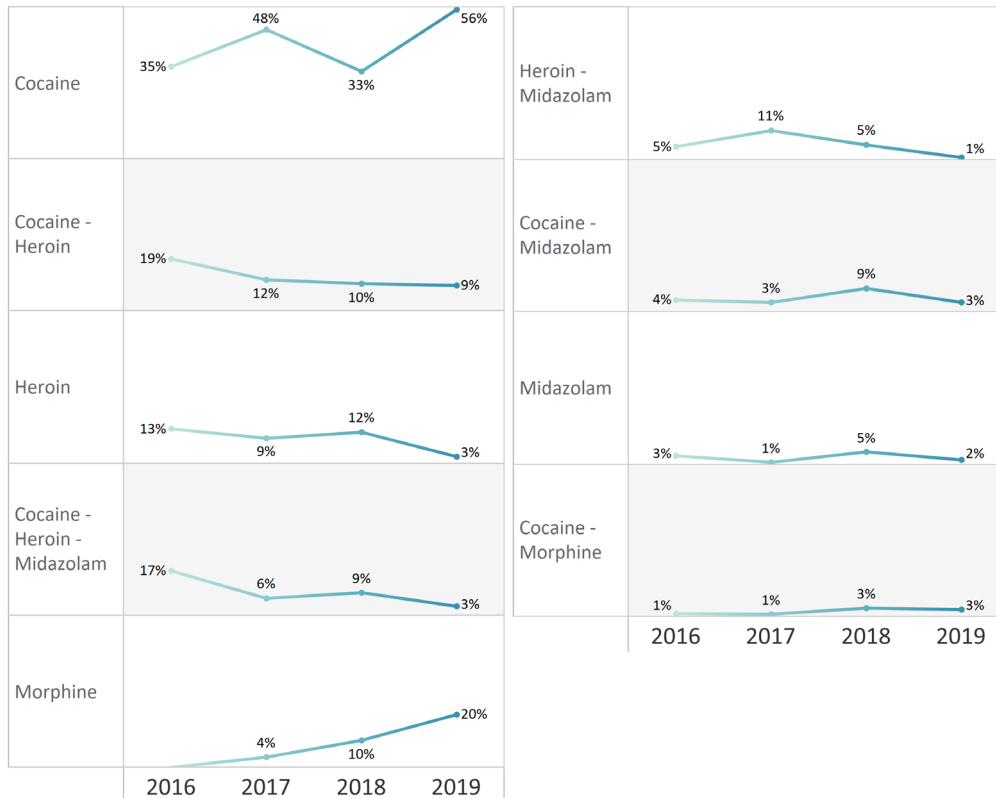


Figure 17 : Fréquences des mélanges des principales substances psychoactives détectées dans les seringues collectées durant quatre ans aux distributeurs de Lausanne (2016, n=185 ; 2017, n=233 ; 2018, n=128 ; 2019, n=116).

De faibles variations sont observées pour la détection de cocaïne seule, qui représente entre 33 et 56% des spécimens. Une diminution de la fréquence d'héroïne a été constatée lors de la collecte menée en 2019, qui passe de 13% en 2016 à 3%. Durant les quatre dernières années, une augmentation progressive de morphine (seule ou en mélange) a été constatée.

Cette augmentation peut être due au changement dans les pratiques de prescription des traitements par agonistes opioïdes. En effet, un déclin de prescription de méthadone en faveur de morphine a été constaté (en 2015 : méthadone : 85%, morphine : 6% ; en 2017 : méthadone : 68%, morphine : 19% ; Stadelmann et al., 2019b). Alors que, l'injection de morphine sulfate est indiquée parmi les usagers de drogue à Paris (Cadet-Taïrou and Gandilhon, 2014; Lermenier-Jeannet et al., 2017), cette pratique de consommation n'a pas encore été rapportée lors des enquêtes à l'espace bas seuil en Suisse (Locicero and Casalini, 2018).



### 3.3.4. Discussion

Le troisième objectif de cette recherche est le suivant :

3. Contextualiser les résultats de cette nouvelle approche au regard des indicateurs existants et étudier leurs modifications au cours du temps.
  - a. Convergence des indicateurs de suivi de la consommation

Ici, la volonté était de pouvoir confronter les données chimiques avec des données provenant du monitoring conventionnel, comme les questionnaires effectués auprès de la population des usagers de drogue par voie intraveineuse (i.e. enquêtes en population spécifique).

Globalement, les mêmes substances ont été détectées et indiquées par les usagers de drogue par voie intraveineuse. Cependant, des différences existent dans les fréquences des substances chimiquement détectées et des substances déclarées.

Ces résultats permettent de s'interroger sur l'interprétation de l'indice de consommation qui découle de l'analyse chimique. À savoir que le nombre de seringues collectées ne peut être traduit par un nombre d'usagers, et que la fréquence de consommation aura un impact sur les données obtenues.

Ces deux types d'indicateurs comportent des limites inhérentes à leurs méthodes. Cependant, leur convergence dans le type de substances consommées à Lausanne tend à confirmer les tendances observées. À savoir, une consommation plus importante de cocaïne que d'héroïne chez les usagers par voie intraveineuse à Lausanne et une présence d'un marché secondaire de Dormicum (principe actif midazolam), ainsi que l'absence de détection de Nouvelles Substances Psychoactive (NPS) en injection.

- b. Estimation de l'impact des produits consommés par les usagers de drogue par voie intraveineuse sur le marché des stupéfiants.

Comme détaillé dans la première partie, le projet MARSTUP (Zobel et al., 2018, 2017) a pour but de réunir différents types de données existantes afin d'avoir une compréhension globale du marché des stupéfiants sur le canton de Vaud. L'analyse des seringues usagées a le potentiel de fournir des données objectives sur les produits consommés par les injecteurs et présents sur le marché. Au niveau des produits consommés, elle a confirmé l'usage d'héroïne, de cocaïne et de midazolam (substance active du Dormicum®). La détection au sein des seringues de mélanges de ces différents produits est fréquente. Au niveau des volumes consommés, la cocaïne a été fréquemment détectée. Cela montre que les usagers par injection ont une consommation importante de cette substance. Il faudra donc également considérer cette population pour l'évaluation des volumes de cocaïne consommée.

Finalement, en plus des substances psychoactives principales, lors de l'analyse des seringues usagées il a été possible de détecter les produits de coupage pharmacologiquement actif (i.e. adultérants). Dans les seringues analysées au cours de cette thèse, aucun adultérant non détaillé dans la littérature n'a été détecté. Par la comparaison avec les données MARSTUP, les mêmes adultérants ont été détectés dans les seringues et dans les substances stupéfiantes saisies par la police. Cette non-différenciation indique que les saisies policières reflètent ce qui est consommé par les usagers de drogue par voie intraveineuse et que ces derniers s'approvisionnent a priori de manière locale.

c. Modification au cours du temps des tendances de consommation

En amont de cette thèse, l'analyse des seringues usagées appliquée au suivi des modifications de consommation auprès des usagers de drogues par voie intraveineuse avait déjà été publiée. En effet, dans Péterfi et al., (2014), une telle approche avait permis de confirmer un déplacement de la consommation vers l'injection de cathinones aux dépens de la consommation d'héroïne. Ces données mises en relation avec les données sur les saisies policières montraient une disparition progressive d'héroïne sur le marché des stupéfiants hongrois.

Pour détecter la présence de telles modifications dans les tendances de consommation en Suisse un prélèvement au sein d'une même structure a été réalisé de manière annuelle au cours de l'ensemble de la thèse. Ce prélèvement a été réalisé au distributeur de Lausanne. En dehors de faibles variations de fréquences constatées sur l'usage d'héroïne et de morphine, les résultats sur les quatre années d'étude restent stables.

Par conséquent, pour diminuer les coûts engendrés par l'analyse de seringues usagées en continu, il pourrait être envisagé une nouvelle approche. À savoir, le déclenchement de l'analyse en tant que veille sanitaire lorsque des changements de consommation sont relevés par d'autres moyens de monitoring déjà existants (saisies douanières, suivi des hospitalisation...) ou signalées par les structures bas seuil. Pour permettre ce type d'approche de réduction des risques, il est nécessaire de développer un réseau de communication direct entre les structures bas seuil et les personnes qui peuvent acquérir ce type de données. Le projet réalisé ici a permis d'initier cette collaboration qui devra être pérennisée au cours du temps.

### 3.3.5. Conclusion Intermédiaire

La plus-value de ce type d'analyse en tant que marqueur de la consommation des drogues dans une approche de réduction des risques a été détaillée dans la partie précédente. Cette partie se concentre sur l'apport de ce type d'analyse du point de vue du contrôle des substances sur le marché du canton de Vaud. Dans ce contexte, l'analyse des seringues usagées permet d'obtenir des renseignements sur les produits consommés par les usagers de drogue par voie intraveineuse avec une intrusion minimale dans le bon déroulement de la remise de seringue.

Dans cette démarche, les données obtenues par l'analyse de seringues ont été comparées avec les données du projet intitulé « structure et produits de marché des stupéfiants » (MARSTUP). Ce projet a pour but de trianguler différentes sources de données afin d'obtenir quatre niveaux d'informations sur le marché des stupéfiants : (1) les produits disponibles (2) les volumes (3) la structure et l'organisation et (4) sa valeur. Dans la partie des produits, l'analyse des seringues usagées peut apporter deux types d'informations : (1) les produits consommés par les injecteurs et présents sur le marché et (2) les produits de coupage (adultérants) qu'ils contiennent.

Ici, l'héroïne, la cocaïne et le midazolam (substances actives du Dormicum®) ont été les principales substances retrouvées. Aucune nouvelle substance psychoactive n'a été détectée ainsi qu'aucun nouveau produit de coupage. Ces résultats ont permis de mettre en avant le type de consommation au sein de la population des usagers de drogue par voie intraveineuse et ainsi de les considérer dans l'étude des produits consommés (MARSTUP).

Finalement, peu de variations sont constatées sur les différentes campagnes de prélèvement conduites sur quatre ans. La mise en place de cette analyse seulement lorsque les usagers ou les intervenants de la structure signalent la présence de nouvelles substances peut être envisagée et sera développée dans les approches à long terme. Par exemple, il pourrait être envisagé de mettre en place une collecte au distributeur lorsqu'une overdose (fatale ou non) est signalée dans l'espace de consommation sécurisé de la ville.

### 3.4. COMPARAISON INTERNATIONALE

Au cours de cette thèse, il a été montré qu'en Suisse, l'analyse des résidus contenus dans les seringues usagées était analytiquement possible et que les résultats obtenus reflétaient les habitudes de consommation des populations considérées. La partie suivante concerne l'aspect international développé au cours de ce doctorat. Dans ce cadre, deux collaborations ont pu être initiées : la première au niveau européen dans le cadre du projet *the European Syringe Collection and Analysis Project Enterprise* (ESCAPE, *Collecte et Analyses des Seringues Européenne*) financé par l'EMCDDA et réalisé en collaboration avec l'Observatoire Français des Drogues et des Toxicomanies (OFDT) ; et, la seconde en Australie au *Medically Supervised Injecting Centre* (MSIC) de Sydney. Les données acquises seront intégrées dans une comparaison internationale.

ESCAPE consiste en un collège d'experts de neuf villes européennes qui collectent et analysent localement les seringues usagées. Dans le cadre de ce projet, trois campagnes de collectes et d'analyses de seringues ont été effectuées à Lausanne. Les seringues collectées à Amsterdam ont été analysées à Lausanne lors de deux campagnes (i.e. 2017 et 2019). Les sept autres (Budapest, Cologne, Glasgow, Helsinki, Oslo, Paris, Vilnius) ont analysé localement les seringues usagées collectées. Leurs données ont pu être récoltées auprès des experts de ce projet et permettent d'obtenir une vision globale de l'apport des seringues usagées comme indicateur local des tendances de consommation au sein de villes européennes.

Pour la seconde collaboration, un projet initial de six mois a pu être mis en place à Sydney, où des seringues usagées ont été collectées à l'Espace de Consommation Supervisé de Sydney. Ce second projet a permis de mettre en place la même procédure analytique sur un marché des stupéfiants différent de celui de la Suisse (i.e. l'Australie fait face depuis plusieurs années à une « épidémie de méthamphétamine » dont la consommation reste marginale en Suisse). Cette collaboration a permis de mettre en place un projet à plus long terme : l'analyse des autres équipements de consommation (e.g. emballages) qui sont collectés lorsqu'un usager fait face à une overdose d'opioïde (fatale ou non). Par la collecte de ces équipements, il est possible de connaître la composition et le type de produits consommés (e.g. présence de fentanyl ; Nielsen et al., 2020).

### 3.4.1. ESCAPE 2019

#### Cadre de l'étude

Parmi les usagers qui consomment de manière régulière des psychotropes, les usagers par voie intraveineuse représentent la population où les dommages liés à la consommation sont les plus importants (Thanki et al., 2015).

L'estimation de la prévalence et de l'incidence de l'usage problématique de drogues est l'un des cinq objets de monitoring de l'EMCDDA appelé le *problematic drug users (PDU) key indicator* (EMCDDA, 2015d, 2013). L'usage problématique de drogues est défini par l'EMCDDA comme « l'usage de drogues par injection ou l'usage régulier ou de longue durée d'opioïdes, de cocaïne et/ou d'amphétamines ». Les méthodes utilisées pour les estimations de la prévalence des PDU reposent principalement sur des estimateurs directs ou indirects. Les estimateurs indirects consistent à l'extrapolation statistique à partir des registres (méthodes de capture-recapture, méthodes d'indicateurs multivariés...). Les méthodes directes consistent à exploiter les données de questionnaires en population spécifique (e.g. enquête ad-hoc, questionnaires dans les centres bas seuils, ou à l'entrée en traitement). Les méthodes indirectes sont notamment utilisées pour estimer le nombre de personnes dans la population de consommateurs à risque, alors que les estimateurs directs sont utilisés afin de suivre les tendances de consommation au sein de cette population. Jusqu'à présent les données disponibles sur les substances injectées étaient basées sur des questionnaires.

Ces méthodes conventionnelles de monitoring comportent certaines limites : (1) le fait de n'avoir que des données lacunaires sur la composition des substances consommées, (2) les différences d'approche des études entre les différents pays européens et (3) les délais de traitement des résultats et de retour aux services de réduction des risques sur l'apparition de nouvelles tendances de consommation potentiellement plus à risque.

L'analyse de seringues usagées est un indicateur alternatif qui permet d'acquérir des données objectives, basées sur des analyses chimiques, concernant la composition des produits consommés. Cette analyse appliquée comme nouvel outil de monitoring permet d'acquérir des données complémentaires sur les tendances de consommation des usagers par voie intraveineuse. Le développement d'une procédure standardisée (SOP) entre différents pays européens permet la comparaison des résultats, l'observation des tendances de consommations et l'interprétation de ces différentes tendances observées. Néanmoins, il est important de les contextualiser au regard des indicateurs conventionnels, tels que les questionnaires et les saisies policières.

Depuis 2016, cette approche a été mis en œuvre dans plusieurs pays européens (Lefrançois et al., 2016; Néfau et al., 2015; Péterfi et al., 2014). À la suite de ces publications, un projet européen intitulé *Collecte et Analyses des Seringues Européenne* (ESCAPE) a été instaurée (EMCDDA, 2019b).

ESCAPE a pour objectif d'investiguer le potentiel de l'analyse des résidus contenus dans les seringues comme outil de monitoring. Dans ce but, l'analyse des résidus de seringues a été réalisée dans différents pays de manière contemporaine afin d'être comparée. Puis, sur une durée de cinq ans, ces mêmes campagnes de prélèvements ont été effectuées. Les analyses pour la Suisse ont été effectuées à Lausanne dans le cadre de cette recherche. Les résultats présentés ici ont fait l'objet d'un accord de l'OFDT en vue de leur publication.

### Collecte et échantillonnage

Depuis 2017, le projet ESCAPE a été reconduit trois années consécutives. Quatre villes européennes ont participé aux trois campagnes de collectes : Budapest, Helsinki, Lausanne et Paris. En 2017, lors de la première campagne, Glasgow et Amsterdam avaient aussi participé. Depuis 2018, deux campagnes consécutives ont eu lieu à Cologne. Amsterdam a mené une nouvelle campagne de collecte en 2019 après une année d'absence, mais dans de nouveaux sites de collection. En 2019, deux villes ont été ajoutées à la campagne de prélèvements : Oslo et Vilnius. En fonction de la disponibilité des sites et des contextes locaux, un à cinq sites ont été collectés par ville.

Au total, 36 programmes d'échanges de seringues ont accepté de participer à ESCAPE (un à Lausanne ; trois à Budapest, Vilnius et Oslo ; cinq à Cologne et Paris ; six à Helsinki ; et finalement dix à Amsterdam). Deux nouveaux sites ont été ajoutés à Budapest en 2019. Deux sites n'ont pas pu être collectés à Paris en 2018.

En 2017, les seringues usagées avaient été collectés dans quatre sites à Amsterdam. En 2019, trois sites ayant déjà participé ont été collectés ainsi que six nouveaux (les informations contextuelles relatives à ces sites sont limitées : type de structures et localisation inconnus, il s'agit de zones d'accueil qui ciblent les personnes qui pratiquent le chemsex et le slam). Le détail des points de collecte sont présentés ci-après (cf. Fig. 18).

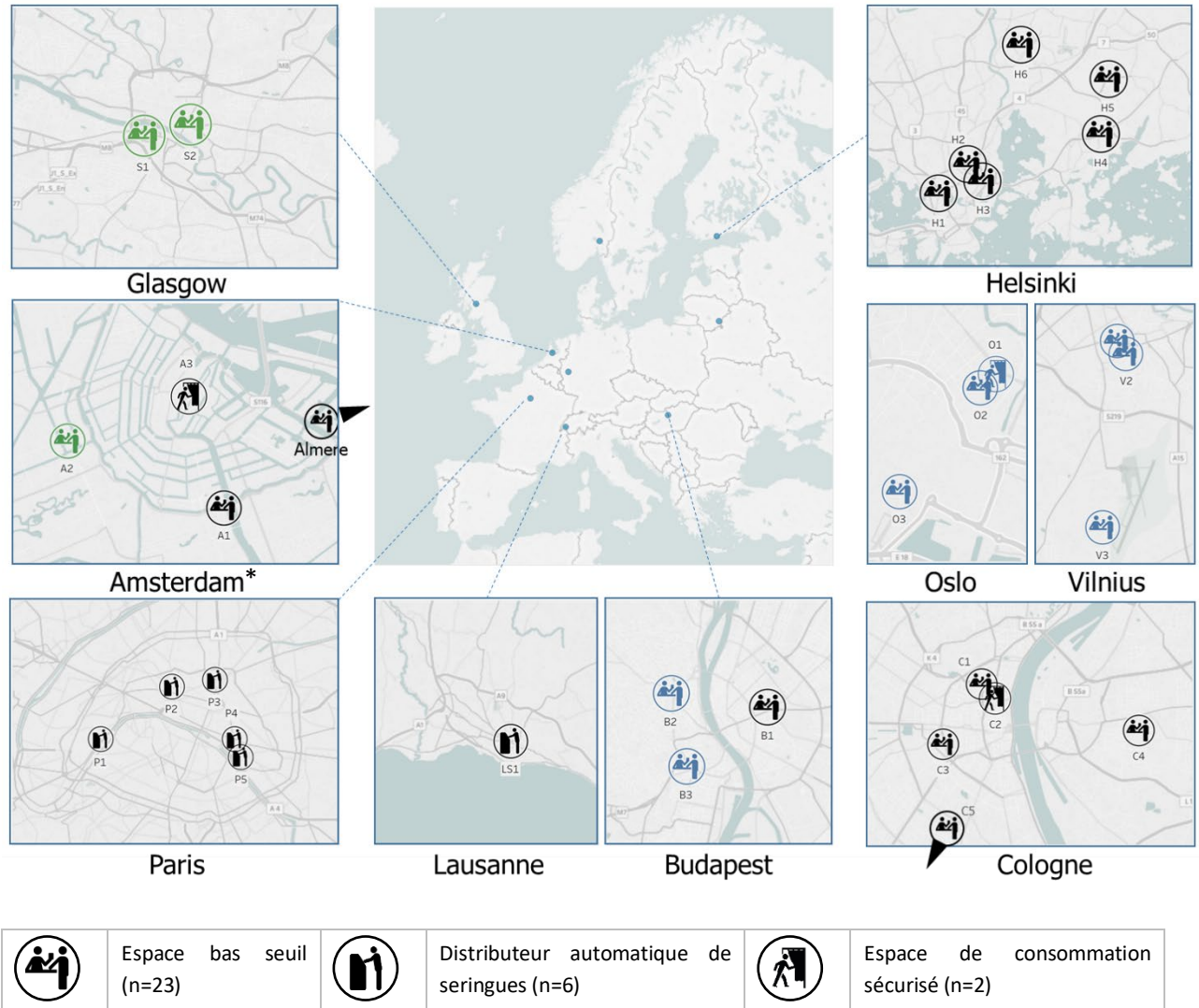


Figure 18: Sites de collectes des seringues usagées lors du projet européen par type de structure et date.

## Méthode

La préparation d'échantillons telle que détaillée dans le cadre de cette thèse a été suivie par l'ensemble des laboratoires participant à l'étude ESCAPE (voir §3.1.3. Préparation d'échantillon). À Oslo, comme détaillé dans Gjerde et al., 2020, en raison du fonctionnement des structures d'échanges de seringues, les aiguilles seules ont majoritairement pu être collectées (108 sur 163, 66%). Pour la préparation de ces échantillons, les aiguilles usagées ont été fixées sur des seringues neuves pour pomper le millilitre de méthanol à travers les matériels usagés collectés.

L'analyse instrumentale a été menée indépendamment par chaque laboratoire des villes européennes incluses dans le projet selon leur procédure d'analyse accréditée. Aucune analyse ADN n'a été réalisée. Les échantillons préparés à partir des seringues collectées à Amsterdam ont été envoyés à Lausanne pour analyse, car aucune collaboration avec un laboratoire local n'a pu être trouvée.

En résumé, à Budapest, Vilnius et Lausanne (où les spécimens d'Amsterdam sont analysés), une méthode de *general unknown screening* (GUS) par GC-MS a été conduite (voir §3.1.3. Analyses instrumentales). À Glasgow, une méthode GUS par HPLC-MS a été mise en œuvre. À Glasgow, Paris, Helsinki et Oslo, une approche *target screening* par HPLC-MS/MS (ou UHPLC) a été réalisée. Étant précisé que l'approche GUS permet un balayage non ciblé des substances psychoactives, alors que pour l'approche ciblée (*target*) une liste des composés cibles doit être implémentée en amont de l'analyse (voir §3.1.3.).

Le couplage GC-MS permet une détection et une identification rapide et fiable de nombreuses substances d'intérêt toxicologique dans le sang, notamment, grâce à la reproductibilité de la fragmentation des molécules et à l'utilisation de bibliothèques spectrales commerciales contenant plus de 50'000 composés. Au contraire, l'approche MS/MS en suivi de réaction multiple (MRM) ne permet pas la recherche en bibliothèque, car les transitions des molécules doivent être connues (et implémentées à partir de l'injection de standard) avant de réaliser l'analyse d'échantillons. La méthode MS/MS permet d'obtenir une meilleure sensibilité que l'approche GC-MS, cependant, la méthode MS/MS ne permet pas la détection de nouveaux composés qui ne seraient pas initialement ciblés par la méthode.

À Helsinki et Oslo, une méthode duale est utilisée. Une première partie consiste à la détection ciblée rapide (*target*) réalisée par UHPLC-MS/MS pour les adjuvants et médicaments les plus communs. Suivie d'une seconde acquisition par UHPLC-QTOF/MS, lorsqu'un composé non caractérisé est observé en large proportion, pour la détection d'autres composés.



Les différents laboratoires ont pu appliquer diverses approches analytiques (GC/MS, UHPLC-MS/MS ; target, GUS). Une liste de composés minimale à détecter par les méthodes utilisées a été mise en place, et ce, afin d'assurer la comparabilité des résultats (cf. annexe 2).

Bien que les approches analytiques suivies ne soient pas identiques dans chaque laboratoire, la mise en commun et la comparaison des résultats sont facilitées, car les résultats transmis par les différents laboratoires sont qualitatifs. Afin d'évaluer l'impact des approches analytiques sur l'interprétation des résultats, des tests inter-laboratoires devront être effectués.

Les résultats ont été communiqués sous forme de fichier Excel sous forme de présence/absence (1/0). Les détails de certains prétraitements faits lors de l'analyse n'ont pas été communiqués (inclusion de seuil de détection à Oslo, d'après Gjerde et al., 2020 et à Paris). La 3-MMC et la 4-MMC n'ont pu être discriminée par l'approche analytique menée à Paris.

Les données ont ensuite été traitées par Excel et tableau software® [logiciel de traitement de données]. Les composés sont regroupés sous forme de groupes de substances selon la classification validée par le collègue d'expert du réseau ESCAPE (par exemple, la méthamphétamine et l'amphétamine forment le groupe amphétamines, le détail de ces groupes est disponible en annexe 2). Un traitement de données a été effectué pour le cas de la détection de la morphine, diacétylmorphine et des alcaloïdes majeurs de l'héroïne (détaillées dans §3.1.3. Traitement de données).

## Résultats et discussion

Sur les trois années de collecte, 3'994 seringues usagées ont été collectées et au moins une des principales substances psychoactives définies (voir liste annexe 2) a été détectée dans 3'307 seringues (82%). Lors de la dernière campagne, en 2019, huit villes européennes ont participé à la collecte qui s'est tenue de juin à août. Un total de 1'307 seringues a été collecté, une substance psychoactive principale a été détectée dans 1'131 seringues (85%). Les pourcentages des substances détectées ont été calculés sur la base des seringues contenant au moins une substance (n=1'131). Globalement, l'héroïne (332 seringues, 29%), la cocaïne (275, 24%), les cathinones (253, 22%) et le groupe d'amphétamines (169, 15%) ont été les substances les plus détectées. Le détail des substances principales détectées par ville est indiqué dans la figure ci-dessous (cf. Fig. 19).

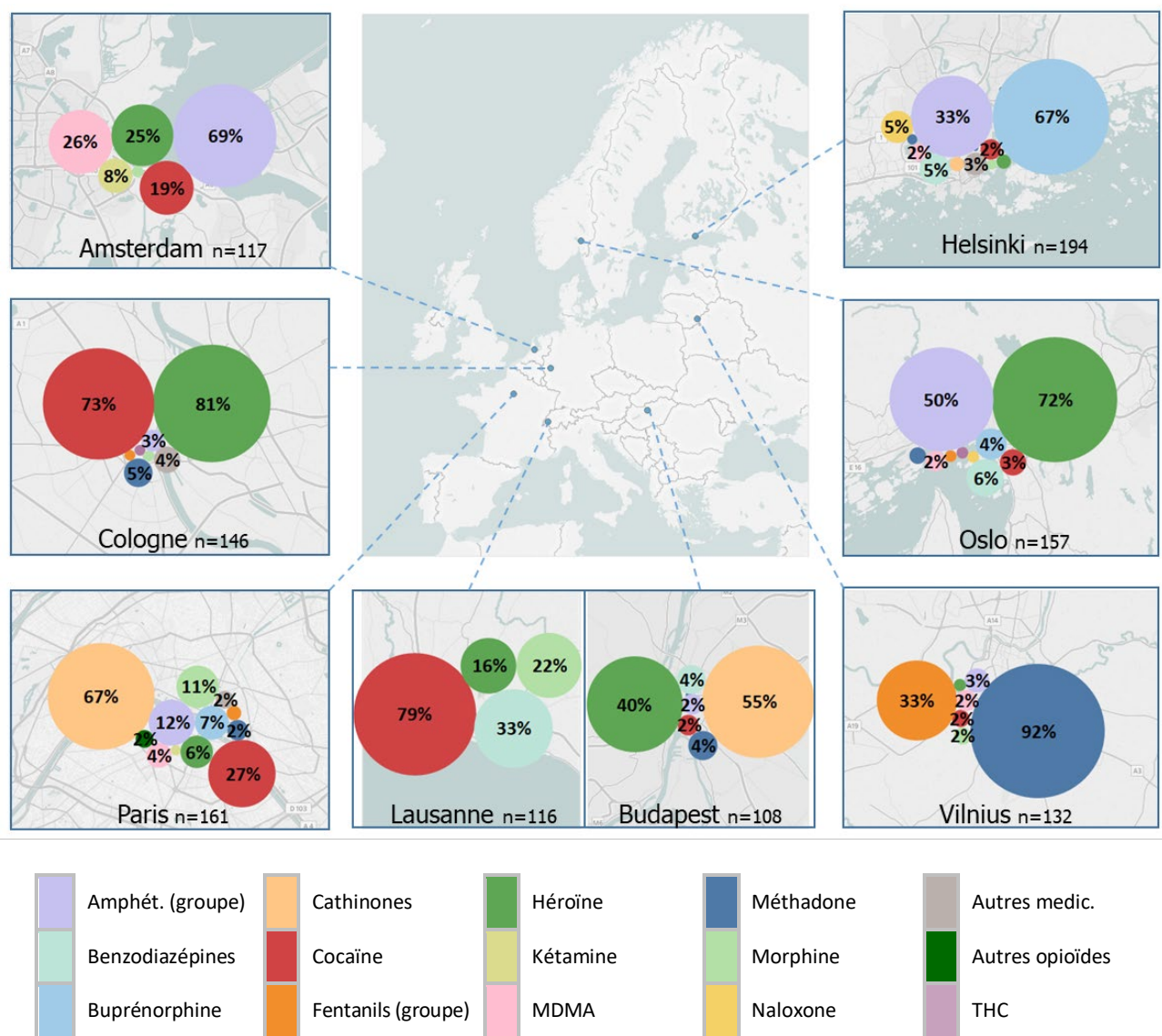


Figure 19: Fréquence des principales substances psychoactives détectées sur le nombre de seringues collectées par ville européenne en 2019. (Amphét. groupe correspond à la détection de méthamphétamine ou d'amphétamine ; Fentanils (groupe) correspond au fentanyl et à ses analogues, carfentanyl par exemple ; Le détail des autres groupes est disponible dans l'annexe 2). Il est possible de détecter plus d'une substance par seringue, le total peut donc excéder 100%.

Les données objectives obtenues par l'analyse des seringues usagées permettent d'avoir une représentation régio-spécifique des substances injectées dans différents pays européens de manière contemporaine. En effet, les tendances de consommation relevées par cet indicateur montrent des patterns de consommation différents selon les villes étudiées.

Dans la représentation que le public a des usagers de drogues, l'injection de substances est associée à l'héroïne. Or, cette substance a majoritairement été détectée dans deux villes seulement, Oslo (113, 72%) et Cologne (118, 81%). À Budapest, elle est la seconde substance la plus détectée à 40% (43 seringues), après les cathinones (55%). Finalement, elle est présente dans environ 20% des seringues à Lausanne et à Amsterdam (19 et 29 seringues respectivement).

### L'injection de stimulants de plus en plus populaire

En comparaison, la proportion de seringues où un stimulant a été détecté est très élevée. La cocaïne a notamment été détectée dans environ 70% des seringues à Cologne et Lausanne (106 et 91). Les cathinones ont été détectées en grand nombre à Paris et Budapest (108, 67% ; 59, 55% respectivement). Finalement, la présence d'amphétamines est importante à Amsterdam, Oslo et Helsinki (81, 69% ; 78, 50% ; 64, 33%).

Ces résultats suggèrent que l'injection de stimulants est une pratique répandue parmi la population des usagers de drogue par voie intraveineuse. D'après les études trendspotter réalisées en 2018 par l'EMCDDA, une augmentation de la consommation de cocaïne par injection, seule ou en association avec de l'héroïne, a été signalée dans les salles de consommation de drogues en France, en Allemagne et en Suisse (Pirona et al., 2018).

Cette observation a été confirmée notamment par le dispositif TREND de l'OFDT qui relève chez les usagers de drogue connus des dispositifs socio-sanitaires, un large déplacement des usagers vers la cocaïne, en particulier chez des anciens usagers d'opiacés (Gérome et al., 2018). Depuis 2017, l'injection de cathinones dans un contexte sexuel (chemsexers) est aussi signalée (Pfau et al., 2018).

En Hongrie, une forte prévalence d'injection de cathinones (>50%) chez les usagers en situation de précarité a été signalée depuis 2015, ces substances étant faciles d'accès et peu chères (Bàlint et al., 2019; Kapitány-Fövény and Rácz, 2018). Ce changement dans le pattern de consommation des drogues chez les usagers par voie intraveineuse avait aussi été relevé par Péterfi et al., 2014.

En effet, dans Péterfi et al., (2014) la consommation des cathinones (4-MEC notamment) avait été mise en avant. D'après les questionnaires réalisés au service d'échange de seringues en Hongrie, de 2009 à 2017, la proportion d'usagers rapportant la consommation d'héroïne n'a cessé de diminuer au profit

de la consommation de cathinones (Tarján et al., 2017, cf. Fig. 20). Depuis 2017, aucun autre indicateur n'a permis de confirmer l'observation de la recrudescence de l'injection d'héroïne en Hongrie.

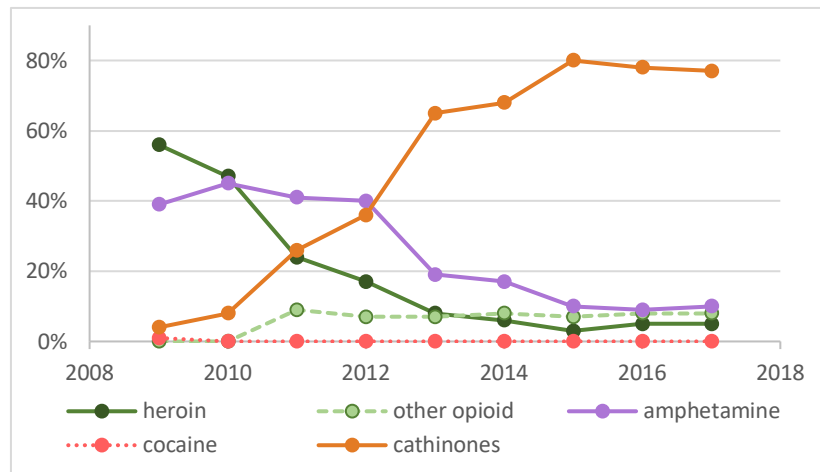


Figure 20: Substances déclarées lors du questionnaire aux services d'échange de seringues de 2009 et 2017, en Hongrie (Tarján et al., 2017).

L'injection d'amphétamine identifiée en Finlande a aussi été confirmée par les questionnaires, en effet, elle est indiquée dans plus de la moitié des cas à l'entrée en traitement (EMCDDA, 2018). Finalement, une augmentation des cas de VIH parmi les usagers de drogue par voie intraveineuse à Glasgow a été associée, entre autres, à l'injection de cocaïne (Des Jarlais et al., 2020).

#### L'usage détourné des médicaments

Une autre tendance commune à plusieurs pays est le mésusage des benzodiazépines (e.g. : midazolam) et des opioïdes intervenants dans les traitements par agonistes opioïdes (e.g. buprénorphine).

Pour les médicaments impliqués dans les traitements par agonistes opioïdes, la buprénorphine a été la substance la plus fréquemment détectée dans les seringues d'Helsinki (67%). Ce résultat est conforme aux données nationales, où 80% des utilisateurs d'opioïdes entrant en traitement en Finlande en 2016 ont déclaré avoir utilisé de la buprénorphine (EMCDDA, 2018). Dans environ 20% des cas, les seringues positives pour la buprénorphine contenaient des traces de naloxone. Cela peut s'expliquer par un détournement de l'usage de Suboxone®. Ce médicament contient deux principes actifs, la buprénorphine et la naloxone. La naloxone est un composant destiné à empêcher le mauvais usage du produit par voie intraveineuse. En effet, lorsque la naloxone est prise par voie orale, elle n'est pas absorbée, alors que lorsque le mélange est injecté, la naloxone bloque les récepteurs (mu) de manière compétitive avec la buprénorphine. Le Suboxone® est prescrit à 62% à des patients sous substitution en Finlande. La détection de manière concomitante de ces deux molécules montre son usage intraveineux. De tels pratiques ont déjà été signalées à plusieurs reprises dans la littérature (Alho et al., 2007; de Bernardis and Busà, 2014).

Récemment une recrudescence de la consommation de benzodiazépine chez les consommateurs à risque d'opioïdes a été soulignée par l'EMCDDA (2015a). D'après ce rapport de l'EMCDDA qui repose sur des questionnaires aux usagers, ces derniers affirment consommer des benzodiazépines par automédication pour soigner leur anxiété ou pour augmenter l'effet des opiacés et opioïdes (EMCDDA, 2015c). Sur la base d'une revue de littérature, les benzodiazépines peuvent aussi être utilisées à des fins récréatives (Jones et al., 2012).

Lors de l'analyse des seringues usagées, la consommation de benzodiazépine a surtout été observée à Lausanne où le midazolam (Dormicum®) est la seule relevée. Il s'agit aussi de la benzodiazépine détectée dans plus de la moitié des cas à Helsinki (six seringues sur les dix attribuées à la détection de benzodiazépines), alors qu'à Oslo le clonazepam (Rivotril®) est principalement détecté (7 sur 10). Dans ESCAPE, la consommation de benzodiazépines est liée à l'usage d'opiacés. En effet, à Oslo et à Lausanne, toutes les seringues contenant des benzodiazépines contenaient aussi des opiacés (10 sur 10 contenaient de l'héroïne pour Oslo ; 37 sur 37 contenaient de la morphine (25) ou de l'héroïne (12) à Lausanne). À Helsinki, la buprénorphine a été détectée avec des benzodiazépines dans environ la moitié des seringues (4 sur 10). La diversité des médicaments détectés et la sensibilité de la méthode employée à Helsinki font penser aux experts locaux que les médicaments ne sont pas co-injectés, mais plutôt pris de manière antérieure à l'injection sous forme orale. Cependant, localement, l'usage de benzodiazépines pour prolonger les effets de la buprénorphine a déjà été publié (Lofwall and Walsh, 2014). À Lausanne, l'interprétation de l'usage combiné des benzodiazépines et de l'héroïne se base sur le questionnaire. En effet, certains usagers déclarent consommer les benzodiazépines en addition de l'héroïne pour en potentialiser les effets. Dans ce cas, le questionnaire facilite l'interprétation des résultats obtenus par l'analyse des seringues usagées. Cela souligne l'importance d'obtenir des informations contextuelles locales en plus des résultats de l'analyse des seringues usagées afin d'en faciliter leurs interprétations.

Peu d'études portent sur les dangers de l'injection de benzodiazépine seule. Cependant, l'association de benzodiazépines et d'opioïdes a été démontrée comme augmentant les risques de dépression respiratoire et d'overdose (Reynaud et al., 1998). Plus récemment, au Canada, une étude a été publiée sur les usagers de benzodiazépines par voie intraveineuse. Elle a montré que leurs utilisations étaient plus fréquentes chez les usagers quotidien d'héroïne. D'après Walton et al., (2016), le risque de mortalité serait plus élevé pour les usagers de benzodiazépines par voie intraveineuse que pour les usagers qui s'injectent de l'héroïne, de la cocaïne, des amphétamines ou du crack (Walton et al., 2016).

### Opiïdes synthétiques : fentanyl et analogues

Le fentanyl et ses analogues sont des opiïdes très puissants (10 mg de morphine égale à environ 0.10-0.15 mg de fentanyl, pour un rapport de 100:1 ; HUG, 2009). L'apparition de ces substances sur le marché des stupéfiants est en partie responsable du nombre croissant d'overdoses par opiïdes observées en Amérique du Nord depuis 2013 (Ciccarone, 2017; Hedegaard. et al., 2018 ; Tupper et al., 2018), notamment lorsqu'elles sont ajoutées à l'héroïne (Singh et al., 2020). Depuis 2009, le *National Forensic Laboratory Information System* (NFLIS) enregistre aux États-Unis le nombre de cas où le fentanyl a été détecté dans des substances stupéfiantes analysées par les laboratoires forensiques. En 2017, 56'000 cas de fentanyl ont été signalés contre 1'041 en 2013 (NFLIS, 2019). L'ampleur de ce phénomène observé aux États-Unis a fait du fentanyl une substance dangereuse qu'il était important d'identifier même dans les plus petites quantités.

Lors des deux premières campagnes, aucune seringue contenant du fentanyl ou un analogue n'avait été identifiée (exception à Cologne en 2018, où le fentanyl a été détecté dans une seringue). En 2019, le fentanyl a été détecté dans deux seringues à Paris et une seringue à Cologne. Ce chiffre bien que faible démontre que cette tendance nécessite d'être surveillée et que la communication sur le danger de la consommation de fentanyl doit être diffusée. D'autant que sur les trois seringues, la détection de fentanyl est associée à la présence d'autres substances dans deux d'entre elles (Cologne : fentanyl, cocaïne, héroïne, doxepin ; Paris : fentanyl, méthamphétamine, méphédron). En se basant sur l'expérience nord-américaine, le fentanyl est plutôt utilisé pour adultérer d'autres substances plutôt que consommé seul (Daniulaityte et al., 2019 ; Griswold et al., 2018).

Lors de la campagne de 2019, deux nouveaux sites ont été ajoutés au projet ESCAPE, Vilnius, Lituanie et Oslo, Finlande. À Oslo, le fentanyl a été détecté dans une seringue. En Lituanie, la présence de carfentanyl a été détectée dans un tiers des seringues analysées (43 seringues ; 33%).

D'après les données des saisies policières lituaniennes, en 2016, le carfentanyl était détecté en mélange avec de l'héroïne, et depuis 2017, en mélange avec de la méthadone (le mélange héroïne-carfentanyl n'est plus observé ; communication de *Lithuanian Police Forensic Science Centre and Forensic Science Centre of Lithuania* rapportée par Jurgita ZILINSKAITE). D'après les usagers, ce mélange (méthadone, carfentanyl, diphenhydramine) est courant et remplace l'héroïne (appelé le « so-called heroin » ou le « rat venom »). Ces informations ont été données par l'équipe socio-sanitaire des structures où la collecte des seringues a été effectuée, mais ne font pas l'objet de publication. Dans une récente présentation, Jurgelaitiene (2019) a signalé que le carfentanyl était impliqué dans les décès survenus six mois après la libération de prison (le mélange méthadone, carfentanyl, benzodiazépine, diphenhydramine a été identifié dans plus de la moitié des cas, alors que l'héroïne n'a été identifiée que dans 20% des cas).

### Mélanges de substances

Lors de l'analyse des seringues usagées, des combinaisons de substances ont été détectées dans un tiers des seringues positives à au moins une substance (33%). La combinaison la plus fréquente (héroïne-cocaïne) a été détectée dans 8% des seringues analysées. Une combinaison de substances a été déterminée comme la présence dans une même seringue de deux substances appartenant aux différentes classes de substances stupéfiantes (stimulants de type amphétaminique (ATS, i.e. méthamphétamine et amphétamine), cocaïne, opiacés (i.e. héroïne et morphine), buprenorphine, naloxone, méthadone, fentanils (i.e. fentanyl et analogues), autres opioïdes, cannabinoïdes synthétiques, cathinones, benzodiazépines, pipéridine (e.g. ethyphenidate principe actif de la Ritaline®), MDMA, kétamine, médicaments, dérivés amphétaminiques, THC, exclusion des métabolites et des produits de coupage). La présence de méthamphétamine et d'amphétamine n'est donc pas déterminée comme un mélange de substances, alors que le mélange de buprenorphine et naloxone l'est. Il s'agit donc d'un indicateur qu'il faut interpréter avec prudence.

De plus, la détection de deux substances dans une seringue n'implique pas nécessairement leurs consommations volontaires simultanées, car au moins trois autres explications sont possibles. Premièrement, cela peut être dû à la présence de sang dans la seringue. En effet, si ce dernier contient des substances psychoactives dues à une consommation antérieure à l'injection (par une autre voie), ces substances pourront être détectées. Deuxièmement, lorsque la même seringue est réutilisée (par la même personne ou non) pour injecter des substances différentes, elles peuvent être détectées de manière simultanée. Troisièmement, la détection de plusieurs substances dans une seringue peut être le résultat d'adultération de la substance par le dealer connu ou non par l'utilisateur. Les combinaisons de substances sont présentées dans la figure page suivante (cf. Fig. 21).

En 2019, 33% (369 sur 1'131) des seringues contenant deux classes de substances ou plus ont été détectées. Soit, 25% des seringues contenaient deux types de substances, ce pourcentage diminue à 7% pour trois substances et 1% pour quatre substances et plus. La plus haute fréquence de mélanges est à Cologne (64%) et les plus basses sont à Budapest (6%) et Helsinki (11%).

À Cologne et Lausanne, l'injection simultanée d'héroïne et de cocaïne est le mélange le plus fréquent (*speedball*). À Oslo, la présence simultanée d'héroïne et d'amphétamine (*goofball*) est présente dans 20% des seringues. À Paris et Amsterdam, le mélange de stimulants est le plus fréquent. Ces utilisations (combiné de stimulants et d'opioïdes) exercent une pression sur les systèmes cardiovasculaire et respiratoire, ainsi que sur le système nerveux central (Farrell et al., 2019). L'injection de speedball augmente les risques d'effets cardiovasculaires de la cocaïne, tandis que la cocaïne masque les effets sédatifs des opioïdes, augmentant ainsi le risque d'overdose (Pirone et al., 2018).



À Vilnius, le mélange méthadone-carfentanyl est le plus fréquent. D'après le *Forensic Science Centre of Lithuania*, ces deux substances sont vendues sous forme de mélange déjà préparé (communication rapportée par Jurgita ZILINSKAITE). Au contraire, à Lausanne, le mélange midazolam-héroïne n'a pas été observé dans les saisies policières (communication personnelle Laetitia GASTÉ, Responsable du département stupéfiant de l'École des Sciences Criminelles). Le mélange est fait par le consommateur et non disponible tel quel sur le marché des stupéfiants. La buprenorphine et la naloxone sont aussi vendues sous forme de mélange déjà préparé (Suboxone®) il s'agit donc du mélange le plus fréquemment détecté à Helsinki.

Finalement, à Paris et à Amsterdam, les mélanges de stimulants ont été respectivement observés dans 17% et 12% des seringues collectées. Il s'agit dans ces villes des combinaisons les plus fréquentes observées. À Amsterdam, la proportion de seringues contenant des mélanges de stimulants est particulièrement élevée lorsque la collecte a été réalisée dans les zones d'accueil qui ciblent les personnes pratiquant le chemsex (36% ; 31 sur 84 avec 30 seringues contenant de la méthamphétamine).

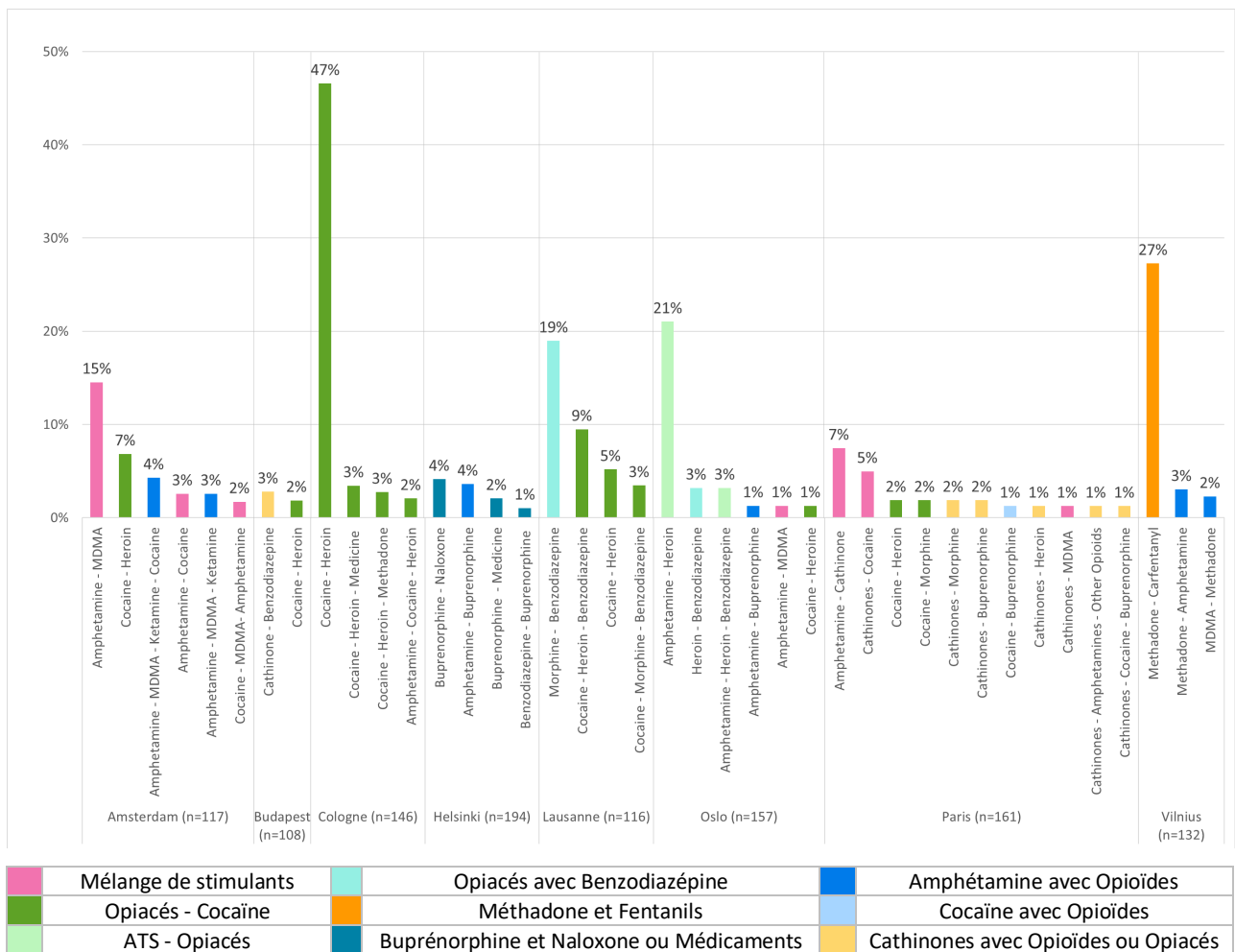


Figure 21: Fréquence d'apparition des mélanges de substances détectées dans les seringues collectées par ville européenne en 2019. Abréviations ATS : stimulants de type amphétaminique (i.e. méthamphétamine et amphétamine), Opiacés (i.e. héroïne et morphine), Opioides (i.e. méthadone, buprénorphine).



Le mélange le plus fréquent observé à Lausanne (morphine et benzodiazépine) n'est pas corrélé avec des marqueurs de réutilisation ou de partage des seringues. En effet, à Lausanne les usagers déclarent depuis de nombreuses années mélanger le midazolam aux opiacés pour les injecter simultanément. D'après le profil des usagers des centres bas seuil, plus de 90% des usagers qui consomment l'héroïne ou la cocaïne en drogue de choix ont indiqué la consommation de plusieurs substances dans les jours précédant l'entretien (Locicero et Casalini, 2018).

La proportion de polyconsommateurs est donc élevée à Lausanne et est compatible avec les résultats obtenus ici. Cette tendance présente de nombreux risques au niveau de la santé publique. L'injection simultanée d'un opiacé avec une benzodiazépine augmente le risque de dépression respiratoire. La polyconsommation est associée à une psychopathologie accrue, ainsi qu'à davantage de comportements à risque (Connor et al., 2014).

### Produits de coupage

Lors d'ESCAPE, des adultérants ont été détectés à Lausanne et Cologne (principalement). Ce résultat peut être largement influencé par les méthodes analytiques appliquées (approche *general unknown screening (GUS)* pour ces deux villes). Dans le cadre des produits de coupage, l'approche ciblée ne permet pas de les détecter, ces substances n'ayant pas été incluses dans la liste de substances minimales. De plus, pour certains partenaires utilisant l'approche GUS ces produits ne faisant pas partie de la liste des substances cibles, ils ne les ont pas retranscrits dans le fichier Excel transmis.

Les résultats de Lausanne ayant déjà été détaillés, ils ne seront pas présentés ici. Pour les résultats de Cologne, sur les 40 seringues contenant de l'héroïne sans cocaïne, la majorité contient le couple paracétamol-caféine (38, 95% ; 39, 98%), de manière similaire à Lausanne. Pour les seringues contenant la cocaïne seule (n=28), les fréquences de lévamisole et de lidocaïne sont élevées (15, 54% ; 12, 43%), la phénacétine, le paracétamol et la caféine sont faibles (2, 8% pour les deux). Ainsi, les mêmes produits de coupage ont été détectés dans les seringues de Lausanne et Cologne.

### Comparaison temporelle au niveau européen

Sur les trois années d'études, les mêmes substances ont été détectées dans les seringues collectées dans cinq villes sur six. À Helsinki, la méthamphétamine et le buprenorphine sont restés majoritaires. Une légère diminution de méthamphétamine a été enregistrée en 2019, les campagnes suivantes permettront de confirmer s'il s'agit d'une modification dans les pratiques de consommation ou simplement d'une différence ponctuelle due à la collecte des seringues usagées. Les tendances des produits stupéfiants détectés sur les trois années ont été représentées dans la figure présente à la page suivante (cf. Fig. 22).

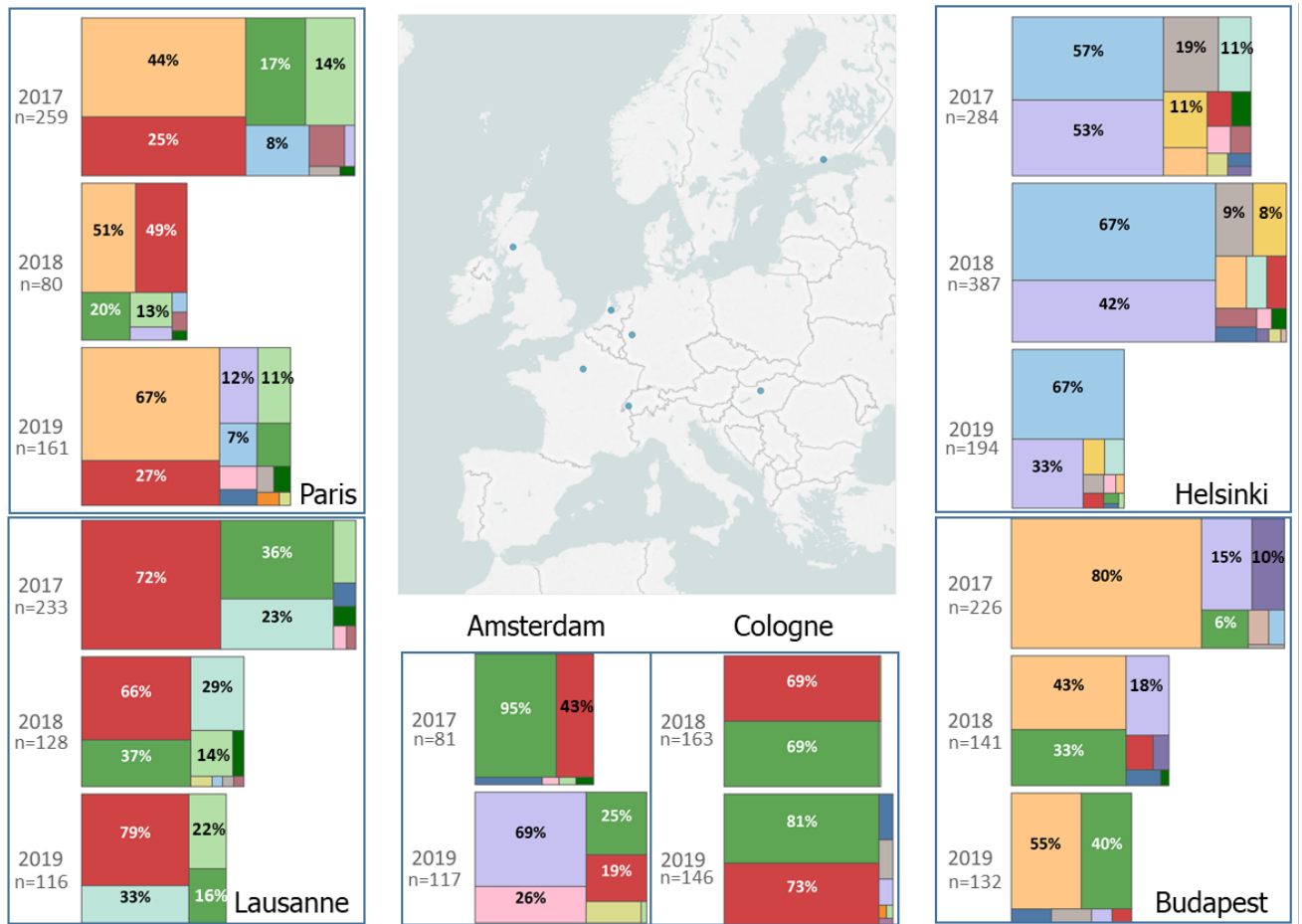


Figure 22: Fréquence des principales substances psychoactives détectées sur le nombre de seringues collectées par ville européenne de 2017 à 2019. (Amphét. (groupe) correspond à la détection de méthamphétamine ou d'amphétamine ; Fentanils (groupe) correspond au fentanyl et à ses analogues, carfentanyl par exemple ; Le détail des autres groupes est disponible dans l'annexe 2). Il est possible de détecter plus d'une substance par seringue, le total peut donc excéder 100%.

À Cologne, l'injection simultanée ou non du mélange héroïne-cocaïne reste majoritaire. Lors de la seconde campagne de prélèvement, un nombre plus élevé de produits a été détecté en addition de ces deux principales substances. Cette différence dans les données résulte de la modification du type de rapports générés après l'analyse, avec un nombre de substances incluses plus important et non à une modification dans les types de produits consommés dans la population des usagers de drogue par voie intraveineuse. Les résultats de Lausanne ont déjà été détaillés au cours de cette thèse et la stabilité dans les données y a été développée (voir §3.3.3.).

Les différences majeures de tendances à travers les trois années d'études, sont : (1) le changement de type de substances détectées dans les seringues collectées à Amsterdam ; (2) la consommation importante de cocaïne en 2018 à Paris ; (3) la présence d'héroïne à Budapest à partir de 2018.

(1) À Amsterdam, en 2017, la majorité des seringues contenait principalement de l'héroïne et/ou de la cocaïne. Alors qu'en 2019, la méthamphétamine (sous le groupe de substances amphétamines) et la MDMA ont été les deux substances majoritairement détectées.

Tableau 7: Fréquence d'apparition des substances dans les seringues collectées à Amsterdam en 2017 (n=81) et 2019 (n=117). Les sites A1, A2 et A3 sont les sites représentés sur la figure 18 localisés au centre-ville d'Amsterdam, A5 est le site d'Almere, les sites MSM1 à MSM5 sont les zones d'accueil qui ciblent les personnes qui pratiquent le chemsex et le slam, ZO est une structure dont l'emplacement et les caractéristiques ne sont pas connus.

	A1		A2		A3		A5		MSM1	MSM2	MSM3	MSM4	MSM5	ZO
	2017	2019	2017	2017	2019	2017	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019
<b>N=</b>	38	18	5	17	8	21	6	5	12	15	15	37	1	
<b>HÉROÏNE</b>	36	17	5	17	7	19	5							
	95%	94%	100%	100%	88%	90%	83%							
<b>AMPHET. (GROUPE)</b>								5	12	15	12	37		
								100%	100%	100%	80%	100%		
<b>COCAÏNE</b>	14	5	3	1	2	17	4	3	3	1		3	1	
	37%	28%	60%	6%	25%	81%	67%	60%	25%	7%		8%	100%	
<b>MDMA</b>						1	1	2	5	7	6	10		
						5%	17%	40%	42%	47%	40%	27%		
<b>KÉTAMINE</b>								2	2			5		
								40%	17%			14%		
<b>MÉTHADONE</b>	2					2								
	5%							10%						
<b>MORPHINE</b>						1	1							
						5%	17%							
<b>AUTRES OPIOÏDES</b>						1								
						5%								

Ces résultats sont largement influencés par les lieux de collectes sélectionnés en 2019 qui diffèrent de ceux de 2017. Les cinq lieux de collectes ajoutés en 2019 sont cinq distributeurs automatiques placés à côté du Quartier Rouge. D'après les enquêtes locales, ces distributeurs seraient principalement utilisés par les individus qui pratiquent le *chemsex*. D'après les questionnaires réalisés auprès de ces usagers, la méthamphétamine et la MDMA sont les deux drogues les plus consommées (Achterbergh et al., 2020 ; Drückler et al., 2018 ; Evers et al., 2019). La différence de consommation de ces cinq nouveaux lieux est indiquée dans le tableau ci-dessus (cf. tableau 7).

(2) À Paris, en 2018, les seringues usagées ont pu être collectées seulement dans trois sites sur cinq (Bastille, Gare de Lyon et Gare St Lazare). L'interprétation des changements de consommation en fonction des années doit donc être faite à un niveau différent, par site et non par année. La détection de cocaïne dans une proportion plus importante en 2018 peut être attribuée à l'absence de deux sites de collectes (RER Kennedy et Gare St Lazare). En effet, d'après les études menées par l'OFDT (Gérome et al., 2018), la population de deux des sites collectés en 2018 (Bastille et Gare du Nord) inclut des usagers de drogue en situation de précarité avec des faibles revenus. Alors que les deux autres sites (où les seringues n'ont pu être collectées en 2018) sont situés près des stations de métro dans des quartiers où la population d'usagers précaires est peu visible (RER Kennedy et Gare St Lazare). Par site

(cf. Fig. 23), il est constaté que les changements de proportions sur l'année ne sont pas visibles. Les modifications des proportions sont donc largement influencées par les sites où les collectes de seringues sont menées. Cependant, entre 2017 et 2019, une augmentation de cathinones a été observée à la Gare St Lazare et à la Gare de Lyon et l'héroïne a diminué passant de 35% à 3% à la Gare St Lazare.

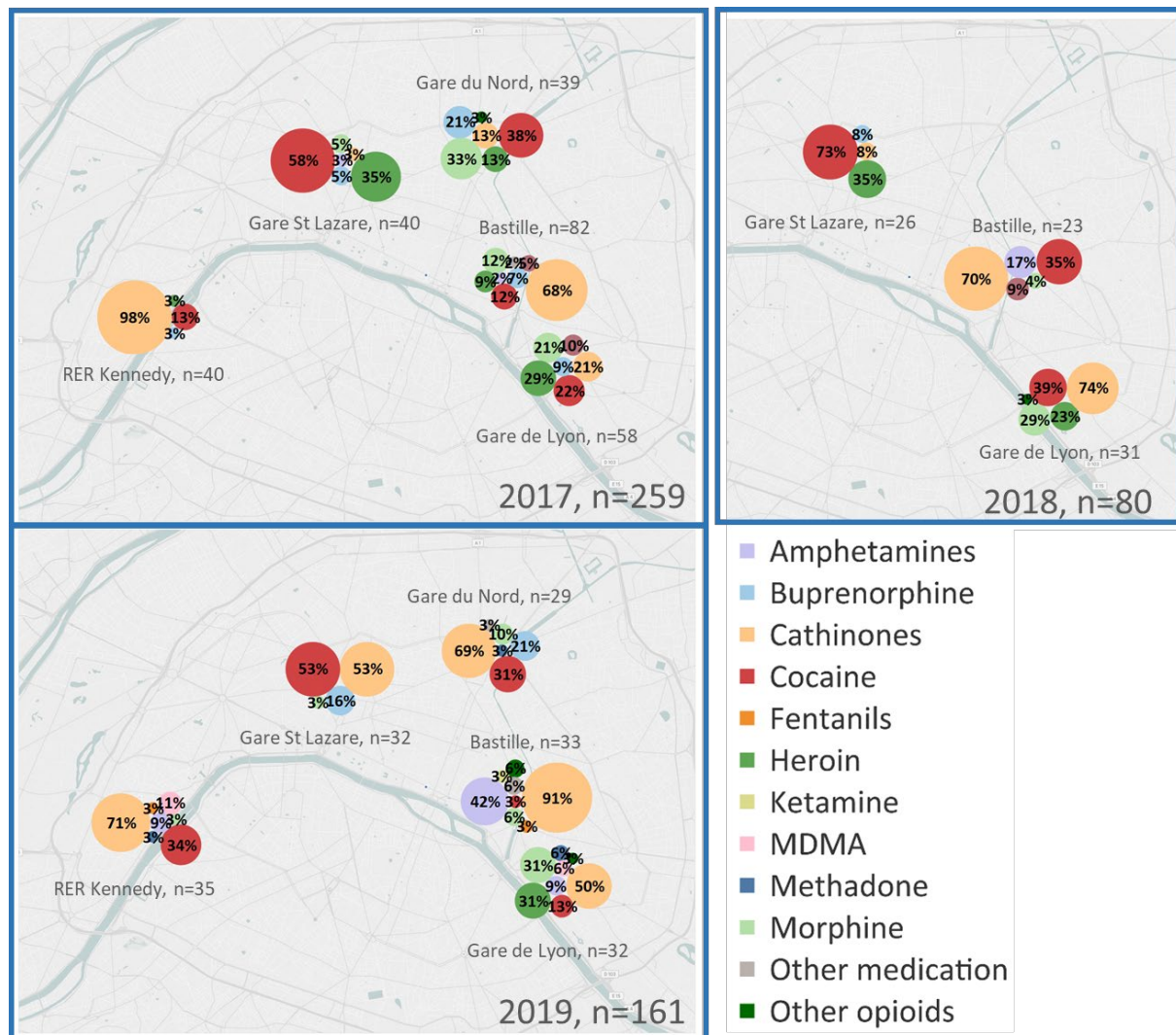


Figure 23 : Comparaison des fréquences d'apparition des types de substances détectées dans les seringues par site à Paris entre 2017 et 2019. (Amphét. correspond à la détection de méthamphétamine ou d'amphétamine ; Fentanils correspond au fentanyl et à ses analogues, carfentanyl par exemple ; le détail des autres groupes est disponible dans l'annexe 2).

(3) À Budapest, plus de changements sont observés sur la période étudiée. Par l'analyse des seringues, la volatilité des cathinones, leur apparition et disparition successives ont déjà été démontré de 2015 à 2016 (Csorba et al., 2016). Depuis, l'héroïne est réapparue après un long moment d'absence sur le marché. Ce résultat issu de l'analyse des seringues usagées avait déjà été constaté par d'autres indicateurs (Bàlint et al., 2019). L'instabilité du marché hongrois et son évolution rapide au cours du temps ont déjà été publiées dans le point focal de la Hongrie (EMCDDA, 2016). Dans le cadre de cette évolution rapide de marché, le suivi des consommations (e.g. par l'analyse des seringues) doit être réalisé de manière plus fréquente afin de suivre au mieux les changements de tendance.

### 3.4.2. Comparaison avec Sydney (Lefrancois et al., 2020)

Ce paragraphe est basé sur l'article de Lefrancois et al., (2020), en conséquence, les données obtenues en 2019 sont comparées aux données ESCAPE déjà publiées au moment de l'étude (EMCDDA, 2019b) relatives à la campagne de collectes de seringues menée en 2017 dans les six villes européennes suivantes, Amsterdam, Budapest, Glasgow, Helsinki, Lausanne, Paris (cf. Fig. 24).

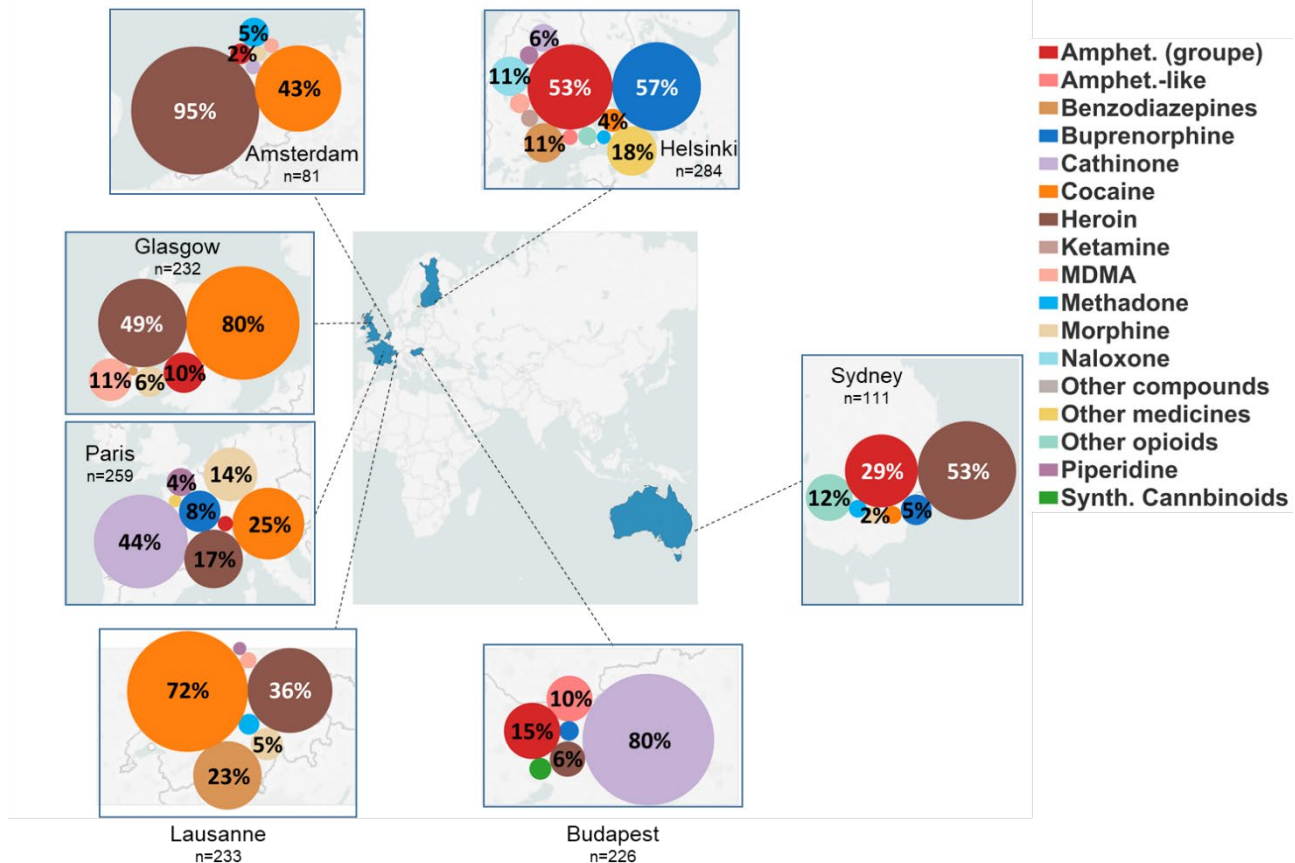


Figure 24 : Comparaison des fréquences des principales substances psychoactives détectées dans les villes européennes en 2017 et les fréquences observées lors de la collecte de seringues à l'espace de consommation sécurisé de Sydney en 2019.

En 2017 pour ESCAPE, 1'521 seringues ont été collectées, 1'278 d'entre-elles (84%) contenaient au moins une substance psychoactive. L'héroïne a été détectée dans une large proportion en Europe occidentale (héroïne : Amsterdam, 95% ; Glasgow, 49% et Lausanne, 36%). Les stimulants ont aussi été fréquemment détectés (stimulant type amphétaminique : Helsinki, 53% ; cathinones : Budapest, 80% et Paris, 44% ; cocaïne : Amsterdam, 43% ; Glasgow, 80% et ; Lausanne, 72%). L'injection de stimulants a été détectée majoritairement dans toutes les villes à l'exception d'Amsterdam (EMCDDA, 2019b).

Pour Sydney, au total, 147 seringues ont été collectées, 111 d'entre elles (75%) contenaient au moins une substance psychoactive. L'héroïne (53% ; n = 62) était le plus fréquent, suivie de la méthamphétamine et de son dérivé qui n'a pu formellement être identifié (29% ; n =34). Afin, d'être comparable au groupe utilisé dans ESCAPE, la méthamphétamine et son dérivé ont été classés dans le groupe amphétamine.



En plus de la détection de méthamphétamine, un artefact., dérivé de la méthamphétamine a été caractérisé. En effet, dans cinq seringues la présence de méthamphétamine en grande quantité a faussé la relation signal sur fragmentation ce qui n'a pas permis de le caractériser par les bases de données commerciales. Une seconde analyse par LC-MS a permis de confirmer la présence de méthamphétamine dans ces seringues.

En outre, des médicaments distribués dans le traitement par agonistes opioïdes ont aussi été détectés, la buprénorphine dans six seringues (5%), la méthadone dans deux seringues (2%), les autres opioïdes dans 14 des seringues utilisées (12% ; oxycodone, n=13, 12% ; hydromorphone : n=1, 1%). Finalement, la cocaïne et la morphine ont été détectées dans deux seringues (2%). Seulement, quatre seringues contenaient un mélange (méthamphétamine-héroïne : 2% ; méthamphétamine-buprénorphine : 1% ; héroïne-oxycodone : 1%).

D'après Latimer et al., (2016), à l'espace de consommation sécurisé de King Cross, depuis 2014, des changements de consommation concernant l'injection des opioïdes ont été relevés. En effet, il a été constaté une diminution de l'utilisation des opioïdes synthétiques (i.e. oxycodone, morphine) en faveur de l'injection de fentanyl et d'héroïne. Il était donc attendu de détecter une proportion significative de ces substances. Après l'expérience de la crise des opioïdes aux Etats-Unis, l'apparition de l'injection de fentanyl au sein de l'espace de consommation sécurisé inquiétait le personnel socio-éducatif de la structure. Or, lors de la semaine de collecte menée à la même structure que Latimer et al., (2016) l'injection de fentanyl n'a été ni déclarée ni détectée par l'analyse des seringues usagées.

L'héroïne quant à elle a été détectée dans 53% des seringues usagées collectées. Tandis que l'injection d'héroïne est communément observée en Australie, l'injection de méthamphétamine reste une pratique de consommation récente (Karlsson and Burns, 2018) que l'analyse des seringues usagées a pu mettre en avant ici. Cette tendance a aussi été soulignée par les déclarations faites par les usagers à l'entrée de l'espace de consommation sécurisé (le type de substances injectées est enregistré lors de chaque visite). Lors de l'étude de l'analyse des seringues, l'héroïne était la substance la plus signalée (56% ; n=66), suivie de la méthamphétamine (28% ; n=33), de l'oxycodone (7% ; n=8), de la buprénorphine (6% ; n=7), de la méthadone (forme sirop, 2% ; n=2) et de la morphine (déclarée sous MS Contin, 2% ; n=2).

Cette augmentation d'injection de la méthamphétamine (à la place de l'héroïne) avait déjà été mise en avant par les questionnaires menés auprès des usagers de drogue par voie intraveineuse. De 2000 à 2016, la méthamphétamine a dépassé l'héroïne et est devenue la substance la plus courante (augmentation méthamphétamine de 2000 à 2016: 23% à 40%, diminution héroïne 2000 à 2016: 58% à 37% ; Karlsson and Burns, 2018; Peacock et al., 2018).

Cette tendance de consommation d'injection de stimulants semble être un problème de santé internationale auquel chaque pays doit faire face (Farrell et al., 2019 ; Jones et al., 2020). En effet, elle a été confirmée par des méthodes conventionnelles (EMCDDA, 2019a) et complétée par l'étude ESCAPE présentée ici (EMCDDA, 2019b). Cependant, même si une tendance globale d'injection de stimulants est observée, de fortes variations quant au type de stimulants utilisés sont observables. La méthamphétamine est principalement détectée dans les villes d'Europe du Nord (Helsinki) et à Sydney, tandis que la cocaïne a été détectée dans les villes d'Europe occidentale (Amsterdam, Glasgow et Lausanne) et des cathinones notamment en Europe de l'Est (Hongrie).

Le même constat sur la différence des stimulants consommés en Australie et en Suisse a pu être fait à travers l'analyse des eaux usées au sein de la population générale. En effet, l'analyse des eaux usées de Sydney a été comparée aux données obtenues par l'EMCDDA (Ort et al., 2014). Alors que la Suisse (Genève) est classée très haut pour la cocaïne (7<sup>ème</sup>), Sydney est en bas du classement (31<sup>ème</sup>). Le contraire est observé pour la détection de méthamphétamine avec Sydney 3<sup>ème</sup> et Genève 26<sup>ème</sup> (Bannwarth et al., 2019, cf. annexe 3). Ce constat confirme que les substances consommées sont régio-spécifique (influencées par les voies d'acheminement, les ressources du pays et la disponibilité des précurseurs).

Finalement, à Sydney, peu de seringues contenaient plus d'une substance psychoactive (3%) et des adultérants ont été détectés dans moins de la moitié des seringues analysées. Ces constats peuvent être le résultat de la présence sur le marché des stupéfiants de Sydney d'une héroïne avec une pureté plus élevée et peu adultérée. Pour rappel, l'héroïne disponible sur le marché suisse est sous forme base de couleurs brune, appelée *brown sugar* (*grade 3* ; Michelot, 2018) avec une pureté médiane de 18% en 2017 provenant du Croissant d'Or (cf. Chap 2.3.1). Alors que l'héroïne disponible sur le marché à Sydney est blanche sous forme acide (*grade 4*, Michelot, 2018) avec une pureté médiane plus élevée (60% en 2011) provenant du Triangle d'Or. La pureté basse des produits disponibles sur le marché, en Suisse, peut pousser les usagers à faire leur propre mélange, par exemple, l'addition de benzodiazépine pour augmenter les effets de l'héroïne en Suisse, à Lausanne.

Pour conclure, l'analyse des seringues usagées permet d'obtenir des données comparables entre les différents pays, cependant cette comparaison comporte plusieurs limites. La première est la contemporanéité des données comparées (Sydney, 2019, Europe, 2017). La deuxième concerne l'échantillonnage et le choix du/des site(s) où la collecte est menée (le choix du site influence les tendances mesurées). À Sydney, la collecte a été menée dans un espace de consommation sécurisé, alors qu'en Europe il s'agit majoritairement d'espaces bas seuil ou de distributeurs. La troisième repose sur les méthodes analytiques qui ne sont pas identiques en Europe et en Australie. Dans le cadre de l'étude entre Lausanne et Sydney, la méthode analytique appliquée a été identique (seule la phase de la colonne GC-MS diffère).

### 3.4.3. Discussion

Cette partie s'inscrit dans la réalisation du quatrième objectif de cette thèse intitulée :

4. L'insertion dans une approche multi-indicatrice pour avoir une vue globale des tendances de consommation au niveau international.

Au niveau européen, l'accès à l'information sur les tendances de consommation est fortement dépendant des données publiées. Alors que dans certains pays de nombreux indicateurs sont publiés (e.g : Hongrie, Bálint et al., 2019 ; Tarján et al., 2017), pour d'autres, l'analyse des seringues usagées est l'un des rares indicateurs. Cette analyse a donc permis de mettre en avant des pratiques locales pouvant présenter de nouveaux risques (e.g. carfentanyl en Lituanie).

L'application de la même procédure sur des seringues collectées en Suisse et en Australie a permis d'observer des types de résidus de substances psychoactives très différents. Alors qu'en Suisse un nombre important d'adultérants (onze) est présent dans la majorité des seringues analysées, en Australie seulement trois adultérants ont été détectés dans moins d'un tiers des échantillons.

De plus, la présence de mélanges est très fréquente en Suisse et très rare en Australie. Ces différences dans les pratiques d'injections semblent corrélées avec la pureté des produits des marchés locaux. Alors qu'en Suisse l'héroïne est de faible qualité (16%), en Australie, l'héroïne a une pureté plus élevée (60%). Les mélanges plus fréquents en Suisse présentent des risques, car peu d'études sont publiées sur les interactions entre les différentes substances psychoactives injectées simultanément. D'un autre côté, l'injection de produits plus purs - en Australie - peut conduire à des surdoses plus fréquemment, et les messages de prévention doivent en faire mention. La collecte d'informations locales par l'analyse des seringues usagées peut contribuer à renforcer les connaissances sur les substances présentes sur le marché local. Ces connaissances lorsqu'elles sont partagées avec les équipes socio-éducatives permettent le développement de campagnes de prévention spécifiques et ciblées.

#### Limites de la comparaison des données

Les limites inhérentes à l'application de l'analyse des seringues usagées ont déjà précédemment été détaillées. Ici, seules les limites résultant de la comparaison des données entre les pays seront discutées.

Premièrement, l'influence du type de site où les collectes des seringues usagées sont mises en place. Par exemple, en 2019, à Amsterdam, les substances détectées ont été modifiées par l'ajout de nouveaux sites qui ciblent les personnes qui pratiquent le chemsex. Le choix de ce type particulier de



sites de collecte de seringues usagées influence les substances détectées et par conséquent la comparaison entre les pays. Un second exemple est la collecte réalisée dans un espace de consommation sécurisé dédié à l'injection d'héroïne à Oslo. Afin d'éviter d'influencer la comparaison entre les différents pays, les collectes dans un seul type de structure devraient être privilégiées (e.g. collecte au sein de distributeurs automatiques de seringues fixes).

Deuxièmement, la diversité des laboratoires qui effectuent les analyses et des méthodes analytiques employées peut avoir un impact sur les résultats produits, notamment à Paris l'approche ciblée (target) ne permet pas de détecter des produits en dehors de la liste minimale des substances cibles convenue au début du projet).

Des différences significatives ont été néanmoins observées entre l'Australie et la Suisse, alors que la même méthode a été appliquée. Cela confirme que des variations locales fortes peuvent être observées par l'analyse de seringues, de sorte que l'influence de la méthode analytique appliquée est limitée.

L'analyse des seringues usagées a ici été appliquée comme objet de monitoring au niveau international. Elle a permis, en tant qu'approche complémentaire, de détecter des différences dans les tendances de consommation de manière régio-spécifique ainsi que leurs évolutions au cours du temps. Elle permet la détection de nouveaux patterns de consommation et ainsi la détection de nouvelles pratiques ou substances psychoactives consommées.

Cependant, pour être conservatif, l'indicateur fourni par l'analyse des seringues usagées doit être complété par une analyse par site prenant en considération les modifications de contexte au sein de ces sites. Par exemple, à Oslo, seule l'héroïne pouvait être consommée dans l'espace de consommation sécurisée (sites : O1) jusqu'à fin 2019. La proportion de seringues contenant de l'héroïne dans ce site était de 96% en 2019. L'abandon de cette règle pourrait avoir un impact sur les résultats obtenus pour la campagne de 2020. Afin d'interpréter correctement les données, l'acquisition d'informations sur le contexte est donc nécessaire.

### 3.4.4. Conclusion intermédiaire

Pour le quatrième objectif de cette thèse, une comparaison des données obtenues par un protocole harmonisé de collecte et de préparations des seringues usagées a été réalisé sur différents pays européens (EMCDDA, 2021).

L'analyse des seringues usagées permet d'obtenir une vision instantanée des produits stupéfiants consommés par les usagers de drogue par voie intraveineuse dans les différents pays avec un protocole similaire développé en Europe et en Australie. Récolter des données sur cette population permet d'obtenir des informations sur la différence des marchés locaux et les tendances similaires. Il a notamment été constaté une augmentation de la consommation de stimulants par voie d'injection. Des différences de produits dans les stimulants ont été relevées entre les différentes villes. La méthamphétamine est principalement détectée dans les villes d'Europe du Nord et à Sydney, tandis que la cocaïne a été détectée dans les villes d'Europe occidentale et la cathinone en Europe de l'Est.

À Sydney, la proportion de seringues où des mélanges de substances ont été détectés est très faible au regard des résultats obtenus en Suisse. La présence limitée de produits de coupage pourrait s'expliquer par la pureté relativement élevée des substances illicites distribuées à Sydney (en 2017, pureté médiane au NSW d'héroïne : 74% et de méthamphétamine : 79% ; *Australian Criminal Intelligence Commission (ACIC), 2019*). Les voies d'approvisionnement, la richesse et l'accessibilité semblent jouer des rôles importants dans les tendances de consommation. Cependant, la proportion de stimulants (méthamphétamine et cocaïne) est non négligeable sur l'ensemble des pays où l'analyse des seringues a été menée.

### 3.5. APPORT DE L'ANALYSE DES SERINGUES USAGÉES

Cette partie synthétise la valeur ajoutée de l'analyse des seringues usagées en comparaison des méthodes conventionnelles de monitoring et son apport dans une approche multi-indicateur.

#### 3.5.1. Substances psychoactives principales

Niveau local, régional

La possibilité de suivre la consommation de substances stupéfiantes au fil du temps et de détecter les changements de tendances de consommation est la plus grande valeur ajoutée de l'analyse des seringues usagées. En effet, bien qu'informatives, les méthodes conventionnelles de monitoring menées auprès des usagers de drogue par voie intraveineuse (i.e. questionnaires) sont souvent longues à traiter. Ainsi, les données obtenues sur les changements de tendances ne sont communiquées qu'après de longs délais, ce qui ne permet pas d'informer les usagers en temps utile pour qu'ils puissent prendre des décisions éclairées.

Avec l'analyse des seringues usagées, il est possible d'acquérir des connaissances sur la composition réelle des produits stupéfiants consommés dans des délais courts entre la collecte et le partage des résultats avec les institutions de réduction des risques. De plus, à l'exception des questionnaires, peu d'autres sources de données de monitoring sont mises en place dans ces structures, alors qu'elles pourraient permettre d'adapter les messages de prévention et de réduction des risques dès l'apparition de nouvelles tendances de consommation qui semblent comporter plus de risques. Un exemple est la communication relative à l'augmentation de consommation de morphine seule qui semble corrélée au nombre plus important de prescriptions de morphine (Stadelmann et al., 2019). La morphine détectée par l'analyse peut donc provenir du médicament destiné à une consommation orale. Or, l'injection de comprimés augmente le risque de complication vasculaire et d'infections au point d'injection (Roux et al., 2011). Les bonnes pratiques relatives à la préparation de produits doivent donc être partagées avec les usagers par voie intraveineuse.

L'apport d'information sur la concentration élevée des produits est l'un des indicateurs importants dans l'aspect de réduction des risques afin de prévenir le nombre de surdoses. Par cette analyse, les données obtenues sont semi-quantitatives. La pureté du produit ne peut être donnée, car la quantité de produit restant suite à l'injection n'est pas connue. Par conséquent, les indications sur la pureté ne peuvent être discutées qu'en comparaison d'une mesure connue (concentration du standard interne). Par exemple, depuis 2018, une proportion des seringues analysées contient un rapport d'intégration

du pic de cocaïne sur celui de phénazine plus haut que ce qui était observé dans les campagnes d'analyses précédentes. Dans ces seringues, aucun adjuvant, ni diluant n'est détecté. L'augmentation de la pureté de cocaïne a été mise en évidence par l'analyse des saisies rapportées à la SGRM (2018) en Suisse et décrite comme un changement dans le marché européen par Pirona et al. (2018). Cet indicateur permet d'annoncer des phénomènes de manière rétroactive, il doit donc être combiné à des approches de détection rapide sur site pour tester la qualité des produits en amont de la consommation.

Finalement, l'analyse des seringues usagées apporte un nouveau type d'information sur une population qui ne semble pas ou peu en contact avec les fondations à bas seuil d'accès. Par exemple, à Genève, des différences ont été observées entre les résultats obtenus au sein du local et dans l'automate placé à proximité. Sur la base de ces résultats, il peut être avancé que deux populations d'utilisateurs distinctes consomment à l'intérieur du local et utilisent l'automate. Dans ce contexte, l'analyse de seringues peut permettre de suivre la consommation des nouvelles populations d'injecteurs qui semblent avoir des contacts limités avec les instituts socio-sanitaires.

En définitive, dans les structures où un contact existe entre l'utilisateur et l'équipe socio-sanitaire, le questionnaire seul permet d'observer ce qui est consommé par les utilisateurs, pour autant qu'ils le sachent. Dans ce contexte, l'analyse des seringues usagées vient compléter ces données, en permettant d'obtenir des informations sur les produits de coupure en circulation ainsi que sur les nouveaux produits consommés. De plus, la comparaison de ces deux sources permet de confirmer (ou d'infirmer) le ressenti de l'utilisateur par rapport à son produit. Il permet ainsi d'étudier si l'utilisateur a une bonne représentation de la substance consommée. Dans certains automates, l'analyse des seringues usagées permet de détecter une population qui n'utilise pas nécessairement les structures socio-sanitaires alentour, comme cela a été le cas à Genève.

### Niveau international

Au niveau international, deux axes principaux ont été identifiés pour l'apport de l'analyse des seringues usagées en tant qu'objet de monitoring. Le premier concerne les collectes dans les structures à bas seuil d'accès. Le second concerne les distributeurs qui, dans certaines régions, attirent une population d'utilisateurs cachés qui n'ont que peu de contacts avec les structures bas seuil et qui s'injectent dans un cadre récréatif.

Le lieu de collecte a donc une influence sur l'apport de l'analyse. Par exemple, à Amsterdam des changements dans les tendances d'injection ont été observés durant les deux années d'études. Lors de la seconde campagne, cinq nouveaux sites de collecte ont été ajoutés. Il s'agit de distributeurs placés dans le cadre de pratiques de chemsex (Brunt, 2020 ; communication personnelle). Cette

tendance n'as pas été signalée en Suisse, alors qu'aux Pays-Bas et en France, des études ethnographiques ont mis en avant la présence d'usagers qui s'injectent dans un cadre récréatif (Drückler et al., 2018 ; Evers et al., 2019 ; Milhet and Néfau, 2017 ; Ort et al., 2014). Dans ce cadre, un nouveau type de données sur une population qui n'est que peu visible lors de la réalisation de questionnaires dans les centres bas seuil est acquis. Dans cette population, la présence de nouvelles substances psychoactives vendues sur internet et consommées principalement dans un but festif est indiquée (Milhet and Néfau, 2017). La mise en place de l'analyse des seringues permettrait alors de prévenir la présence de nouveaux produits soupçonnés comme étant à l'origine d'overdose (Néfau et al., 2015).

À l'exception des collectes dirigées vers des populations spécifiques comme à Amsterdam et Paris, sur l'ensemble des autres sites, l'analyse des seringues vient compléter les questionnaires effectués aux centres bas seuil, menés notamment par le dispositif Trendspotter (EMCDDA, 2019a; EMCDDA and EUROPOL, 2019). Elle permet alors d'obtenir des résultats objectifs et s'affranchit des biais induits par les usagers qui diffèrent selon la culture des pays (dissimulation ou surreprésentation). Avec une procédure standard, introduite dans neuf villes européennes ainsi qu'en Australie, l'analyse des seringues usagées fournit des données comparables sur les tendances de consommation des usagers de drogue par voie intraveineuse dans les différents pays. Par exemple, cette recherche a permis de :

- renforcer l'observation de tendances à l'international (e.g. augmentation de stimulants),
- souligner la spécificité de chaque région,
- mettre en exergue le besoin de communiquer localement pour permettre de prévenir les risques relatifs à la consommation de drogues régio-spécifiques.

Il s'agit d'un des premiers dispositifs, avec l'épidémiologie basée sur l'analyse des eaux usées, à fournir une vision objective des consommations locales basées sur l'acquisition de données forensique. Par ces approches, les vestiges physiques laissés lors de la consommation de substances sont analysés. Les seringues collectées au même titre que les eaux usées véhiculent des marqueurs qui renseignent sur une consommation passée (Esseiva and Delémont, 2017). Par leurs observations et leurs contextualisations, ces « déchets » de l'activité humaine deviennent des indicateurs qui permettent de renseigner le forensicien sur les pratiques de consommation à deux niveaux d'agrégations différents et complémentaires. Dans le cas des eaux usées, les données acquises renseignent sur le phénomène global de consommation d'une région étudiée (e.g. l'ensemble des usagers de drogues de cette région). Tandis que l'analyse des seringues dévoile les pratiques de consommation au niveau individuel, mais dans une population d'usagers restreinte (i.e. les usagers de drogues par voie intraveineuse seulement). Ce dernier indicateur donne accès à la visualisation des mélanges consommés, ainsi qu'à la composition réelle des substances injectées (i.e. la présence d'adultérants).

### 3.5.2. Produits de coupage : les adultérants

Les produits de coupage sont des composés pouvant être détectés dans les stupéfiants de rue, il était donc attendu de les détecter lors de l'analyse des seringues usagées lors de leurs consommations. Lors de cette thèse, seuls les adultérants ont été recherchés puisque les diluants, tels que les sucres présents dans les seringues usagées peuvent provenir du sang de l'individu lors de l'injection et non de la substance consommée.

D'après Broséus et al. (2016), la pratique de coupage par les adultérants a pour but d'améliorer les effets de la substance psychoactive principale ou de faciliter sa consommation (e.g. caféine abaisse le point de fusion de l'héroïne pour faciliter sa fumigation ; Cole et al., 2010). Il apparaît alors que la stratégie d'adultération n'est pas une pratique aléatoire et imprévisible et qu'elle semble prendre place lors de la production ou à un niveau élevé de la chaîne de distribution (Broséus et al., 2016).

Ici, par l'analyse des seringues, le même type de substances adultérantes a été détecté dans les mêmes fréquences d'apparition (exception de la caféine) que les proportions retrouvées dans les saisies policières analysées. Ces résultats soutiennent l'hypothèse qu'il n'y a pas d'ajout supplémentaire d'adultérants aux strates les plus basses du trafic (i.e. consommateurs-revendeurs, Zobel et al., 2017).

Au niveau européen, les mêmes adultérants pour la cocaïne ont été retrouvés à Cologne et à Lausanne, et les mêmes adultérants pour les seringues contenant de l'héroïne ont été relevés à Amsterdam, Budapest, Cologne et Lausanne. Pour Helsinki, peu de seringues contiennent de l'héroïne (1% ; 2 seringues), et les adultérants qui y sont détectés diffèrent. En effet, le dextrométhorphan est caractérisé dans les deux alors qu'il n'a jamais été détecté ailleurs et aucun paracétamol n'a été détecté. Finalement, peu d'adultérants sont présents dans les amphétamines en dehors du diméthylsulfone détecté dans 70 seringues contenant de la méthamphétamine provenant d'Amsterdam.

La présence d'adultérants similaires dans différents pays d'Europe voisins tend à confirmer l'hypothèse avancée par Broséus et al., (2016). À savoir, que l'utilisation de certaines substances en tant que produits de coupage dépend de leurs disponibilités dans certaines zones européennes. En effet, il semble que les mêmes adultérants soient détectés dans les pays voisins (i.e. Allemagne et Suisse), ce qui peut signifier que l'adultération prend place à un niveau élevé de la chaîne. Au contraire, dans les spécimens d'Helsinki le type d'adultérants détectés diffèrent de ceux relevés dans les pays d'Europe de l'ouest (i.e. Allemagne, France, Suisse). Par exemple, le dextrométhorphan a été détecté dans les seringues contenant de l'héroïne de Helsinki.

De nombreuses limitations à ces interprétations subsistent, notamment, la différence des méthodes analytiques employées dans le projet ESCAPE. Ainsi, les adjuvants semblent avoir été principalement caractérisés dans les pays utilisant la chromatographie en phase gazeuse en screening général. À Paris et à Oslo, l'approche ciblée sur une liste d'inclusion n'a pas permis de mettre en avant la présence d'adjuvants.

Au contraire, au cours cette thèse, il a été appliqué la même méthode analytique aux seringues collectées à Lausanne, Amsterdam et Sydney. À Sydney, l'héroïne consommée n'a pas la même forme que celle présente sur le marché européen. La différence relevée dans les adjuvants utilisés était donc attendue, à savoir la présence de caféine et paracétamol en Europe et l'absence de produit de coupe dans la majorité des seringues contenant l'héroïne à Sydney. Concernant la méthamphétamine, le diméthylsulfone a été caractérisé dans la majorité des échantillons contenant la méthamphétamine à Amsterdam (88%) et dans la moitié des échantillons de Sydney (50%). Il avait déjà été indiqué comme un adjuvant fréquent de la méthamphétamine (Collins, 2017; Morelato, 2015). Ce qui tend à confirmer le partage des connaissances des pratiques d'adjuvation des produits stupéfiants même dans deux marchés très éloignés. À l'inverse, la procaine a été détectée dans un quart des échantillons à Amsterdam (18%) et jamais déclarée à Sydney, ce qui montre des particularités régionales liées à la disponibilité des produits sur place.

Finalement, d'un point de vue de réduction des risques, comme les adjuvants sont des substances pharmacologiquement actives, leurs interactions avec la principale substance psychoactive ne sont pas prévisibles (Cole et al., 2010). Les risques liés à la consommation simultanée sont très peu étudiés et ne doivent pas être sous-estimés (Solimini et al., 2017). Une étude de cas, menée au CURML, a notamment souligné que le lévamisole pouvait en addition de la consommation de cocaïne favoriser un syndrome coronarien aigu (Michaud et al., 2014). Un autre exemple concerne la consommation combinée de stimulants (i.e. caféine) et d'opiacés (i.e. héroïne), les deux influençant le système cardiovasculaire leurs associations peuvent causer des risques (Connor et al., 2014).

Bien que la présence des produits de coupe pharmacologiquement actifs puisse présenter des risques, leur absence, comme il a été constaté à Sydney, montre des produits non coupés qui pourraient être à l'origine de surdoses. L'analyse des seringues usagées ne permet d'avoir qu'une vision limitée concernant la pureté des produits. Ainsi, sa combinaison avec des moyens pour observer la qualité des produits pourrait permettre de prévenir les surdoses (e.g. analyse quantitative sur une partie de la poudre collectée en amont de sa consommation, *drug checking*).

### 3.5.3. Système d'alerte précoce

L'offre de produits stupéfiants est toujours plus diversifiée (UNODC, 2019) et de nouvelles substances qui apparaissent sur le marché sont soupçonnées d'être à l'origine de nombreux décès par overdose (EMCDDA, 2014). Les NPS se différencient en deux types : (1) les stimulants (i.e. cathinones), et (2) les nouveaux opioïdes de synthèse (NSO, fentanyl et analogues ; De Luca and Di Chiara, 2019). Les NSO ont des effets très puissants en moindre quantité. Il est donc possible que les quantités réduites consommées soient en dessous du seuil de détection.

Dans la littérature, le fentanyl est notamment présent dans un grand nombre de saisies d'héroïne réalisées en Amérique de Nord, plus précisément à New York (Fiorentin et al., 2019). Le nombre de seringues où la présence de fentanyl a été détectée est limité en Europe (deux seringues à Paris en 2019 et une à Cologne en 2018 et 2019). Durant l'étude menée à l'espace de consommation sécurisé de New York, par le même procédé d'analyse (i.e. analyse des résidus dans les seringues), le fentanyl était présent dans un cinquième des seringues analysées (Fiorentin and Logan, 2020). Ce résultat soutient l'hypothèse que les NSO sont injectés en assez quantité suffisante pour être détectés lors de l'analyse. Cet indicateur pourrait alors permettre de rapidement donner l'alerte si de tels opioïdes venaient à apparaître sur le marché des stupéfiants comme adultérants de l'héroïne.

Pour l'instant, en Suisse, cet indicateur confirme ce qui est déjà observé par les méthodes de monitorages conventionnels, soit l'absence de consommation des NPS. En 2016, les mutations du marché hongrois avaient notamment pu être observées grâce à l'analyse des seringues usagées. Les tendances de consommations s'étaient modifiées avec une consommation plus élevée de NPS et une diminution de celle d'héroïne. Ces résultats montraient que les usagers étaient disposés à changer de produits en fonction des disponibilités du marché local.

Comme précédemment indiqué, dans la population des personnes qui s'injectent dans un contexte sexuel (SLAM), les achats sur internet sont attendus, or c'est par le biais de ces plateformes que la majorité des NPS et NSO sont disponibles (Rhumorbarbe et al., 2019). La mise en œuvre de l'analyse des seringues auprès des personnes qui pratiquent le SLAM est alors pertinente pour acquérir des informations complémentaires.

Malgré les coûts supplémentaires engendrés par la multiplication des indicateurs, l'analyse des seringues usagées a une réelle plus-value pour observer l'apparition de nouveaux produits auprès des usagers par voie intraveineuse. Cette acquisition de données offre des informations sur la présence de produits stupéfiants à un niveau difficile à atteindre par les autres indicateurs, à savoir, en bout de la chaîne de distribution du marché des stupéfiants.



### 3.5.4. Implémentation de cet indicateur lors de circonstances exceptionnelles

Pour le développement à long terme de cet indicateur, la fréquence d'implémentation doit être questionnée. Deux approches sont possibles, l'application en continue à une fréquence déterminée ou une mise en place ponctuelle, lorsqu'un événement pouvant impacter la disponibilité des substances se produit.

#### Campagne COVID-19

En 2020, la pandémie du COVID-19<sup>2</sup> a affecté les activités de l'ensemble de la population, le 30 janvier l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a déclaré l'urgence de santé publique de portée internationale. En conséquence des réponses nationales pour contenir et atténuer l'épidémie ont été mises en place (e.g. confinement, fermeture des frontières...). En réponse à la fermeture des frontières, il était attendu une diminution de la disponibilité des produits et donc une modification du type de substances consommées, par exemple, par une consommation plus grande de médicaments. L'impact a notamment été étudié à travers des questionnaires réalisés auprès des usagers et des professionnels, dont le travail conduit à une observation du marché, et des usagers (e.g. travailleurs sociaux, policiers ; EMCDDA and EUROPOL, 2020). Dans ce contexte, un indicateur tel que l'analyse de seringues usagées permet d'obtenir des données objectives sur l'impact de ce phénomène chez les usagers de drogue par voie intraveineuse.

La première période de confinement en Suisse a eu lieu du 16 mars au 27 avril. Une campagne de collecte exceptionnelle a été menée aux distributeurs de Lausanne du 07 au 24 avril. En tout, 150 seringues ont été analysées, parmi elles 116 contenaient au moins une substance psychoactive. Aucun composé n'a été détecté dans 22% des échantillons, ce qui est dans l'intervalle de valeur des campagnes précédentes même si elle est plus haute que la valeur médiane.

---

<sup>2</sup> COVID-19 est l'abréviation de coronavirus disease 2019, une maladie infectieuse des voies respiratoires provoquée par le syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2).

D'après cette collecte, il n'a pas été détecté de nouvelles substances et peu de différences dans les tendances de consommation ont été soulignées (cf. Fig 27). Comme indiqué par les usagers, la fréquence de Dormicum (substance active midazolam) semble diminuée, mais cette diminution avait aussi été constatée en 2019. La fréquence de morphine détectée est aussi plus importante, notamment injectée seule, mais cette tendance avait déjà été observée lors de la campagne 2018.

Ces résultats semblent confirmés par les vagues d'enquêtes menées auprès des usagers de drogue par voie intraveineuse qui révèle un impact relativement limité de la pandémie de Covid-19 et des mesures prises en Suisse pour la combattre sur le marché des stupéfiants et la situation des usagers (Gaume et al., 2020; Zobel et al., 2020).

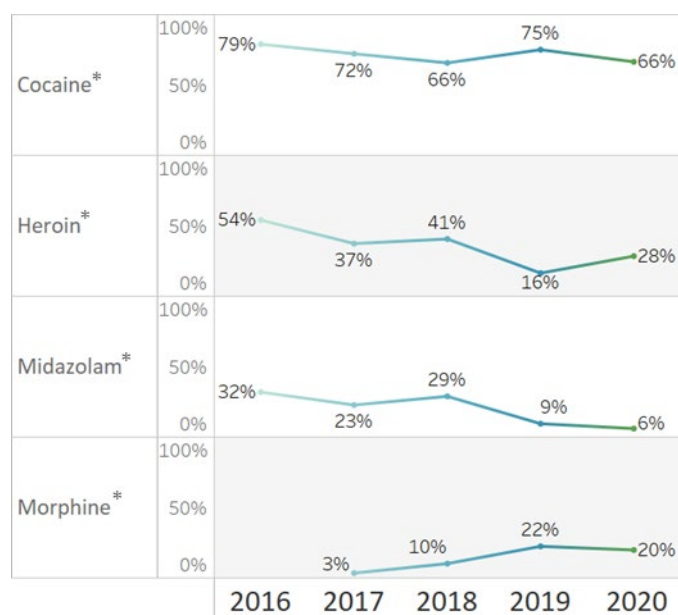


Figure 25 : Fréquence d'apparition des substances psychoactives détectées par l'analyse des seringues usagées lors des cinq campagnes menées au distributeur de Lausanne (2016, n=185 ; 2017, n=233 ; 2018, n=128 ; 2019, n=116 ; 2020, n=116).

\*substances seules ou en mélanges

Pour comparer s'il s'agit de tendances qui se confirment (par exemple : l'usage de la morphine de plus en plus fréquent) et non liées au confinement, une campagne supplémentaire sera menée en sortie de confinement. Concernant les produits de coupage (pharmacologiquement actifs), aucune substance nouvelle n'a été détectée, par contre, la griséofulvine non détectée depuis 2017 a été identifiée dans six seringues contenant de l'héroïne. Finalement, dans deux seringues analysées, la concentration relative des produits de coupage (phénacétine) est plus importante que les valeurs observées les années précédentes. Il se pourrait que pour certaines sources d'approvisionnement, la qualité de produits distribués ait diminué lors du confinement. Au contraire, dans certaines seringues, la proportion de cocaïne est importante et aucun adultérant ou diluant n'est détecté par la méthode d'analyse dans ces seringues. Ce résultat confirme la présence sur le marché de cocaïne avec une pureté élevée, comme mis en avant par les analyses des saisies policière (cf. Fig 5).

Finalement, au niveau des mélanges de substances psychoactive, les mêmes tendances que celles observées en 2019 semblent se confirmer (cf. Fig. 26). La principale différence constatée entre 2019 et 2020 résulte de l'augmentation d'héroïne seule (3% à 12%), mais la fréquence d'apparition est alors la même que celle constatée en 2018.

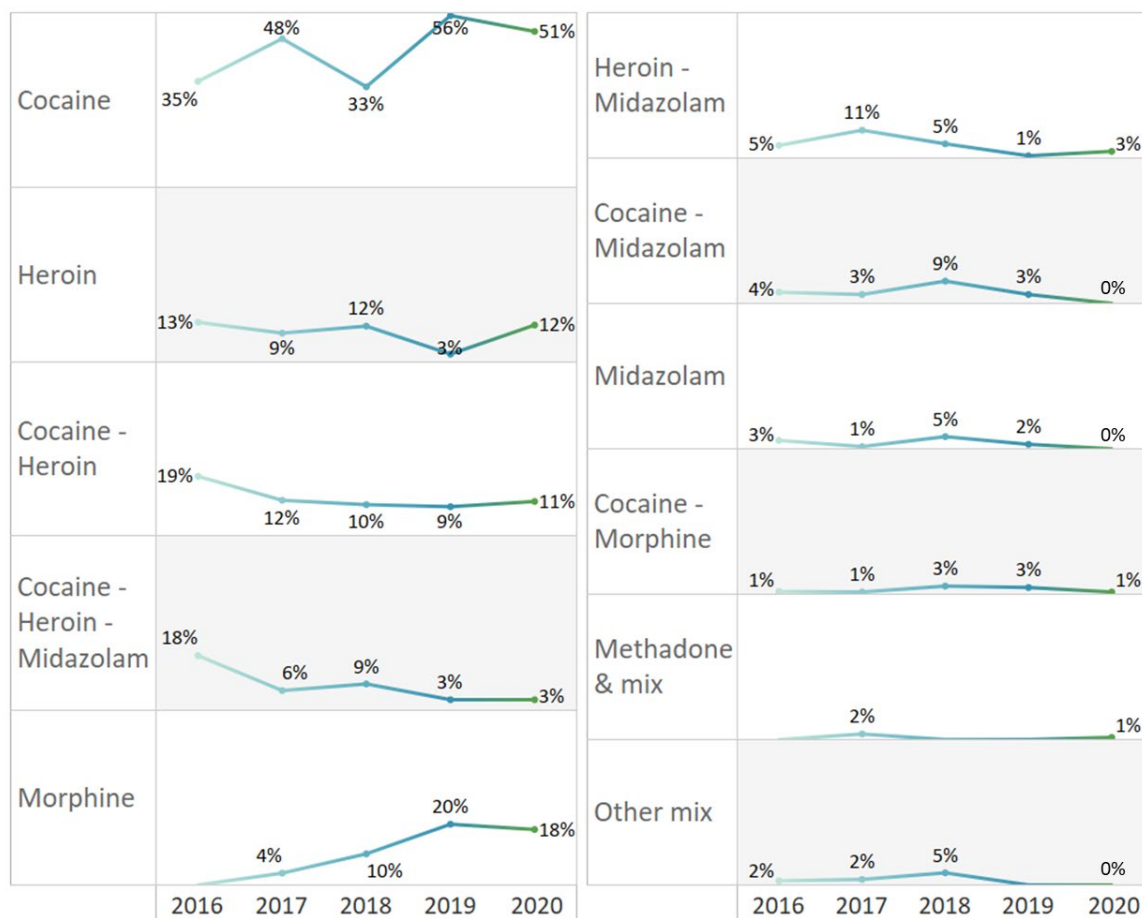


Figure 26 : Fréquence d'apparition des mélanges de substances détectées par l'analyse des seringues usagées lors des cinq campagnes menées au distributeur de Lausanne (2016, n=185 ; 2017, n=233 ; 2018, n=128 ; 2019, n=116 ; 2020, n=116)

Pour conclure, sur la base de ces résultats, en Suisse, le confinement semble avoir eu un impact limité sur les tendances de consommation auprès des usagers par voie intraveineuse, notamment en ce qui concerne l'apparition de nouvelles substances (seules ou en combinaison). Ces résultats diffèrent de ceux qui ont été publiés par les pays voisins européens (EMCDDA and EUROPOL, 2020). Dans cette publication, il est indiqué que l'héroïne a connu une baisse de disponibilité. Ce phénomène a laissé craindre aux travailleurs sociaux qu'elle soit remplacée par d'autres substances, comme les opioïdes synthétiques (fentanyl) ou des substances alternatives (e.g. crack, amphétamine, synthétique cathinones).

Concernant la cocaïne, le marché s'est montré comme résilient et le produit semble toujours disponible, ce qui semble être confirmé par l'analyse menée ici. Cette approche ne permet d'obtenir qu'une information limitée sur la pureté de produit, d'où la nécessité de combiner cet indicateur à d'autres pour observer les différences de quantité de produits purs consommés et prévenir les risques qui y sont afférents (i.e. overdose).

### 3.5.5. Autres équipements de consommation

Lors de cette thèse, l'analyse des autres équipements de consommation de drogues (e.g. parachutes, cuillères, feuilles d'aluminium, pailles) a aussi été réalisée. Cette alternative à l'analyse de seringues a été réalisée dans deux optiques. La première est de permettre d'acquérir des informations sur les pratiques de consommation sans avoir à manipuler des objets pointus qui présente un risque potentiel pour les chercheurs. L'apport de cette technique a alors été évalué au regard de l'analyse de seringues usagées. La seconde vise à obtenir des informations supplémentaires sur les usagers qui consomment dans les espaces sécurisés, mais par un autre moyen que l'injection, l'inhalation (à l'aide de feuilles d'aluminium).

Ce type de matériel ne nécessite pas de précautions particulières pour leurs éliminations, les usagers les jettent donc usuellement dans les ordures ménagères. Cependant, dans les espaces de consommation sécurisés, généralement un container à objet pointu est disposé par cabine d'injection, les usagers l'utilisent alors pour y jeter les seringues, mais aussi tout autre équipement qu'ils ont utilisé lors de l'injection. L'analyse des autres équipements pour répondre à la première problématique a été effectuée à Sydney. L'espace de consommation de Genève disposant d'un fumoir, les feuilles d'aluminium usagées y ont été collectées afin de répondre à la deuxième.

Autres équipements de consommation (Lefrancois & al. 2020)

Au cours de l'étude réalisée à Sydney, 51 résidus d'emballages, 76 cuillères, 17 filtres et 11 autres objets ont été collectés à l'espace de consommation sécurisé de Sydney. Trois types d'emballages ont été récupérés, les sachets minigrrips (29 *zip bag*), les parachutes (20 *plastics-wrapped*, reste de plastique pour conditionner la substance sous forme de boulette à des fins de dissimulation) et des feuilles d'aluminium pliées en rectangle (deux *aluminiums foil*). Trois types de cuillères pour dissoudre et mélanger les substances sont distribués.

Les résidus d'emballages sont les équipements de consommation où des substances stupéfiantes ont été les plus souvent détectées (94%). Ce qui en fait l'équipement de consommation le plus intéressant à analyser. En comparaison du nombre de seringues collectées, une faible proportion d'emballages a été récupérée dans les bacs (51 emballages contre 116 seringues collectées, 43%, cf. Fig. 27). Comme précédemment indiqué, la première explication est que les emballages peuvent être jetés dans une autre poubelle. Il se peut aussi que le même emballage soit utilisé par plusieurs personnes ou, que l'utilisateur utilise des médicaments (conditionnés dans des plaquettes en plastique). Finalement, le même emballage peut aussi être utilisé pour conditionner plusieurs doses, il serait alors gardé par l'utilisateur après l'injection.

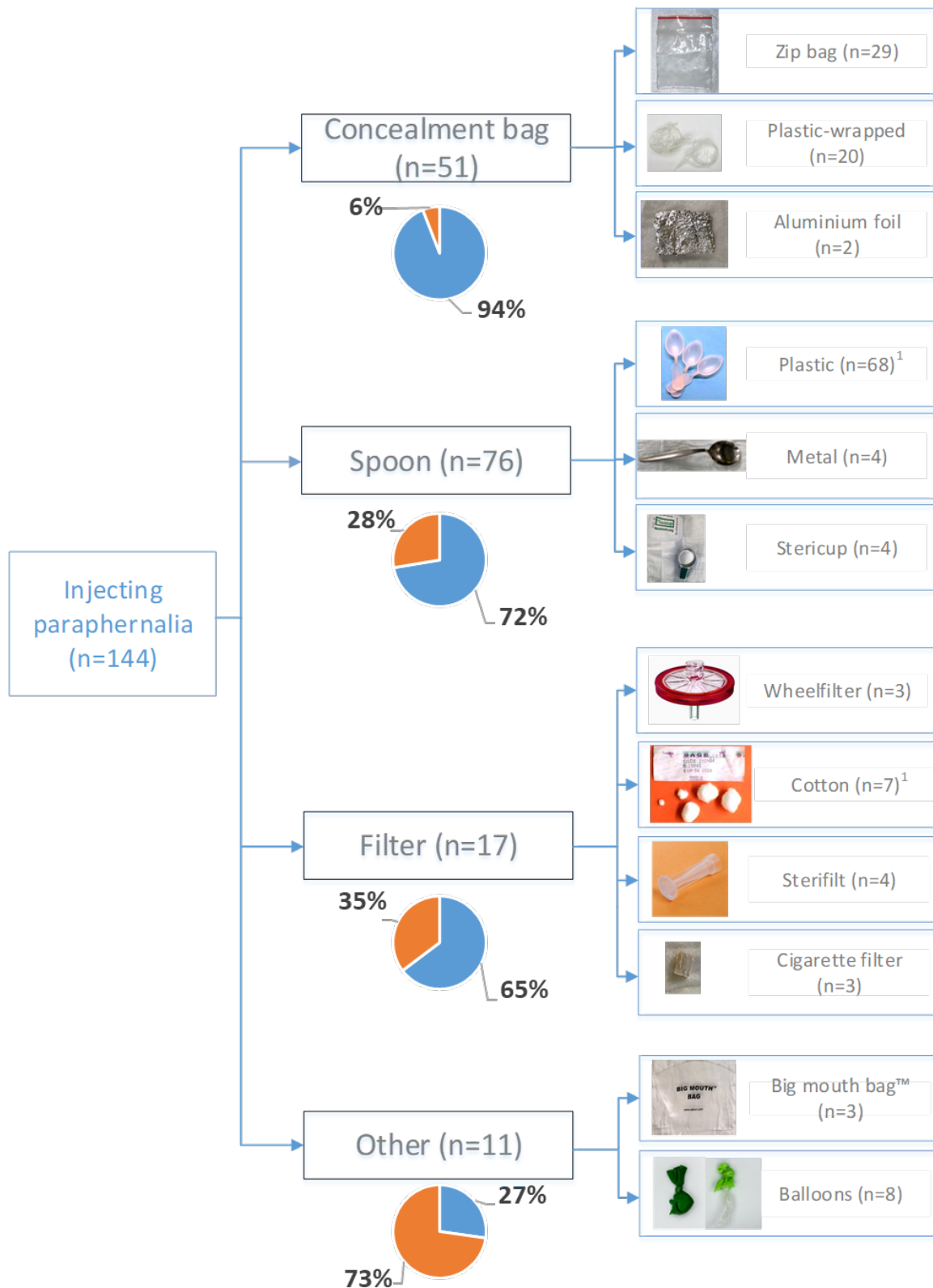


Figure 27 : Autres équipements d'injection collectés. Les graphiques circulaires représentent la proportion de spécimens contenant au moins une substance psychoactive principale (groupe A) en bleu vs aucune substance détectée en orange.

<sup>1</sup>Photographies tirées de 'Injecting equipment available at the needle and syringe programs, Northern Sydney central coast brochure, NSW Health.'

Du point de vue des stratégies de collecte réalisée au sein d'un espace de consommation, il est possible d'admettre qu'une seringue représente une consommation par un usager unique. En voyant le nombre limité d'emballages récupérés, il ne pourra pas être fait la même hypothèse. Les proportions de produits obtenus ne représenteront donc pas de manière aussi précise les tendances de consommation au sein de la structure.

Ici, sur les 48 emballages contenant des traces de substances stupéfiantes, 32 contenaient de l'héroïne (67%) et 18 de la méthamphétamine (37%). Les proportions d'héroïne et de méthamphétamine sont surreprésentées en comparaison à ce qui est obtenu par l'analyse des seringues. La MDMA et l'amphétamine ont également été détectées dans deux sacs contenant de la méthamphétamine, alors qu'elles n'étaient ni déclarées dans les questionnaires ni détectées à travers l'analyse des seringues. Ces résultats montrent que les emballages contiennent suffisamment de matière pour effectuer l'analyse et permettent de détecter des produits en plus faible proportion que par l'analyse des seringues.

Pour conclure, l'analyse des emballages ne permet pas d'avoir une représentation des tendances de consommation au sein d'une structure, mais pourrait être utile dans une approche de réduction des risques. Par exemple, elle pourrait être mise en œuvre lorsqu'un usager rapporte des effets indésirables. Le transport de ces emballages ne nécessitant pas de précautions particulières, leurs analyses pourraient compléter ou remplacer alors l'analyse des seringues usagées.

Finalement, lorsque la collecte des seringues ne peut pas être effectuée et que les emballages ne sont pas disponibles, les cuillères peuvent aussi être analysées comme alternative. Cependant, les résultats de l'analyse des cuillères sont plus difficiles à interpréter. En effet, elles sont plus souvent contaminées en raison de leur contact direct avec d'autres équipements d'injection dans le bac de récupération.

Feuilles d'aluminium réalisé en collaboration avec Baeriswyl, 2017

À l'espace de consommation sécurisé de Genève, il existe un fumoir où la consommation de substances stupéfiantes est encadrée. L'accès à cet espace s'inscrit dans une démarche de réduction des risques où les consommateurs (principalement d'héroïne) sont encouragés à fumer plutôt que s'injecter. Cette approche moins invasive réduit les risques relatifs à la consommation de stupéfiants.

L'objectif était de pouvoir analyser les résidus pyrolysés lorsqu'un usager rapporte des effets indésirables après avoir consommé. Pour cela, il était nécessaire de réaliser une étude pilote, afin de déterminer si les feuilles d'aluminium utilisées pour fumer (*chasser le dragon*) contiennent assez de matière pour détecter la présence de substances d'intérêt toxicologique.

Dans la littérature, des études pour investiguer les produits de pyrolyse présents sur les feuilles d'aluminium utilisées pour chasser le dragon avaient déjà été conduites en laboratoire (Klous et al., 2006). Le même type de résultats était attendu avec la détection des alcaloïdes majeurs de l'héroïne ainsi que des impuretés contenues dans les échantillons, de manière quasi-systématique.

Sur les 62 feuilles d'aluminium présentant des traces de pyrolyse collectées, une substance psychoactive n'a été détectée que sur 44 (70%). Huit feuilles contenaient des traces d'héroïne, 39 de la 6-monoacéthylmorphine (i.e. produit de dégradation majeur de l'héroïne). Le taux de détection d'une substance a été plus important par l'application d'une méthode de spectrométrie reposant sur la mobilité des ions (IMS) avec une détection d'au moins une substance sur l'ensemble des feuilles d'aluminium collectées (Baeriswyl, 2017). Cette différence pourrait être expliquée par la méthode de préparation des échantillons.

Pour l'analyse IMS, chaque feuille d'aluminium a été frottée à l'aide d'un morceau de tissu inertes « blancs » fourni par Smith Detection (*swabs*). Les *swabs* ont été frottés sur les traces visibles de pyrolyse. Seules les feuilles d'aluminium présentant des traces de pyrolyse (résidu noir) ont été échantillonnées.

Pour l'analyse GC-MS, chaque feuille d'aluminium (après avoir été frottée) a été mise dans des tubes en verre. Puis, 2ml de méthanol ont été rajouté dans chaque tube. Les tubes ont été placés sur un agitateur rotatif pendant 30 minutes puis placés dans un bain à ultrasons pendant 10 minutes. La solution obtenue a été préparée de la même manière que la solution d'extraction des seringues, puis l'analyse GC-MS a été effectuée.

La performance relative de l'analyse par IMS montre qu'il s'agit de la méthode la plus performante pour la détection de substances sur les feuilles d'aluminium. De plus, cette méthode ne requérant pas d'expertise analytique particulière, elle pourrait être implémentée sur place (on-site) par l'équipe socio-sanitaire, lorsqu'un usager rapporte des effets indésirables. En cas de détection de composés plus puissants, une communication appropriée pourrait être donnée afin de réduire les risques des usagers de consommer de tels produits. Cependant, l'IMS fonctionnant sur un mode de substances ciblées, il est important d'y implémenter les substances dont la consommation présente potentiellement des dangers (i.e. opioïdes puissant).

### 3.5.6. Discussion

Cette partie s'inscrit dans la réalisation du cinquième objectif de cette thèse intitulée :

5. valeur ajoutée de l'analyse chimique des résidus dans les seringues et des équipements de consommation au regard des méthodes conventionnelles et leurs applications dans le temps.

Il convient de différencier les axes de recherches qui ont été étudiés au cours de cette partie : (1) l'acquisition de données locales et l'apport de l'analyse des seringues au regard des méthodes conventionnelles, (2) l'application au niveau international, et, (3) l'analyse des autres équipements de consommation.

Dans la partie (1), deux résultats se dégagent, à savoir : (a) À Lausanne, il semble que les personnes utilisant le distributeur ont le même type de consommation que celles qui se rendent aux structures bas seuil (Lefrançois et al., 2017). Parmi les usagers peu insérés, les produits injectés correspondent à ceux qui sont analysés. Dans ce contexte, la mise en place de l'analyse de seringues usagées permettrait d'informer les usagers après l'apparition de nouvelles substances dangereuses sur le marché. Par exemple, lorsqu'un usager signale des effets indésirables ou que des suspicions existent quant à la qualité du produit. Alors la seringue serait collectée et envoyée à l'analyse afin de confirmer ou d'infirmer la présence de substances dangereuses. L'analyse ne serait que rétroactive sur la consommation de l'utilisateur qui la déclare, mais permettrait la diffusion de messages de prévention sur la présence de nouveaux produits dangereux le cas échéant. (b) Lors de circonstances exceptionnelles, telle que la pandémie du COVID-19, la mise en place de l'analyse de seringues usagées permet d'obtenir des informations contemporaines. Cet indicateur a ainsi permis ici d'observer la résilience du marché des stupéfiants de la région lausannoise lors de la fermeture des frontières (Zobel et al., 2020).

La partie (2) concerne l'application au niveau international. Dans certains pays, l'acquisition de données de monitoring des produits consommés est limitée. L'analyse des seringues usagées fournit alors des données objectives qui facilitent la comparaison des tendances de consommation propres à chaque ville. Elle pourrait, par exemple, permettre d'acquérir des informations sur les voies de distribution des produits stupéfiants entre pays voisins en Europe en observant les différences des adjuvants présents. Dans la même optique que celle exprimée précédemment, l'analyse des seringues pourrait aussi prévenir de la présence de substances plus puissantes. Le premier exemple concerne les résultats de Sydney où la présence de méthamphétamine à des concentrations élevées a été soulignée. Le second exemple provient de la littérature où la présence de fentanyl a été identifiée par l'analyse chimique des seringues usagées aux États Unis.



En Amérique du Nord, le fentanyl et ses analogues ajoutés à l'héroïne - pour augmenter ses effets psychoactifs - seraient à l'origine de nombreux décès (Ciccarone, 2017; Hedegaard. et al., 2018 ; Tupper et al., 2018). Or, seulement 55% des usagers déclarent être au courant qu'une partie de l'héroïne est adultérée par ces opioïdes plus puissants (Daniulaityte et al., 2019 ; Griswold et al., 2018). Dans ces deux exemples, l'application de cette analyse pourrait être utilisée pour informer les usagers de la présence de substances plus fortes sur les produits et les mettre en garde sur leur utilisation.

### Discussion de l'analyse des autres équipements de consommation (3)

En Australie, lorsqu'une overdose ou des effets indésirables sont rapportés suite à une consommation, aucune donnée analytique n'est collectée. À Sydney et Melbourne, un projet reposant sur la collaboration de deux universités, un laboratoire et deux services de réduction des risques a vu le jour. Il a pour but de prévenir les risques reliés à l'apparition des opioïdes à travers la collecte de données analytiques (e.g. tester les urines, analyses des équipements de consommation) avec un système de partage d'informations instantané avec l'espace de consommation sécurisé (Nielsen et al., 2020). La volonté était donc d'investiguer l'apport de l'analyse d'emballages afin de limiter le transport et la manipulation d'objets tranchants (i.e. seringues). Comme présenté ici, la quantité de résidus présents dans les emballages qui contenaient la substance est suffisante pour permettre la détection de substances psychoactives inhabituelles ou la présence d'adultérants nocifs.

En Suisse, l'analyse des feuilles d'aluminium a aussi montré des résultats encourageants et pourrait alerter, le cas échéant, de l'arrivée de l'héroïne coupée avec des produits plus puissants (e.g. fentanyl et analogue). Une approche envisagée pourrait être de faire une première analyse sur site avec un moyen analytique ne requérant pas d'expertise chimique qui permettrait de faire un premier tri (i.e. IMS). Puis, si la substance s'écarte des produits usuellement analysés, elle serait envoyée en laboratoire pour des analyses complémentaires.

### 3.5.7. Conclusion intermédiaire

Dans une perspective à long terme, l'analyse des seringues usagées permet de suivre l'apparition de produits dont la consommation présente des risques (e.g. produits de coupage nocif, nouvelle substance jamais signalée). Dans le cadre de suivi de la consommation des usagers de drogues par voie intraveineuse, l'analyse permet aussi de fournir des informations géo-spécifiques sur le type de produits consommés. En effet, des différences sur le type de stimulants injectés ont notamment été mises en évidence dans sept villes européennes. Cependant, ce nouvel indicateur permet de soutenir l'hypothèse que l'injection de stimulant devient de plus en plus importante dans tous les pays. Une modification des habitudes de consommation des usagers de drogues par voie intraveineuse.

Lors de ce doctorat, la pandémie du COVID-19 a eu un impact sur les habitudes quotidiennes de l'ensemble de la population. L'analyse des seringues usagées a été utilisée pour suivre l'impact du confinement et de la fermeture des frontières sur les habitudes de consommation. Contrairement à ce qui était attendu, les résultats indiquent que le premier confinement a eu un impact limité sur le type de substances injectées, ce qui montre une résilience du marché des drogues lors de tels événements.

Enfin, lorsqu'un usager signale un effet indésirable suite à la consommation de substances, aucune donnée analytique n'est collectée. L'analyse de seringues pourrait permettre de collecter des données objectives de substances potentiellement plus dangereuses et émettre des hypothèses sur la cause de l'overdose. Afin d'éviter la manipulation et le transport d'objets tranchants (i.e. seringues), l'analyse d'autres équipements tels que les résidus sur l'emballage du produit est une alternative prometteuse lorsqu'ils peuvent être récupérés.

---

## 4. PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS

---

### 4.1. Généralité

Le déploiement de l'analyse des résidus présents dans les seringues usagées offre la possibilité de suivre les tendances de consommation de substances psychoactives au cours du temps. De par son objet d'étude, cette recherche se limite au suivi des usagers de drogue par voie intraveineuse. Ce travail est le premier à discuter les plus-values de cette approche. Son application et sa mise en œuvre peuvent être schématiquement résumées comme suit en s'inspirant du processus de veille opérationnelle décrit par Ribaux et al., 2006 (cf. Fig. 28).

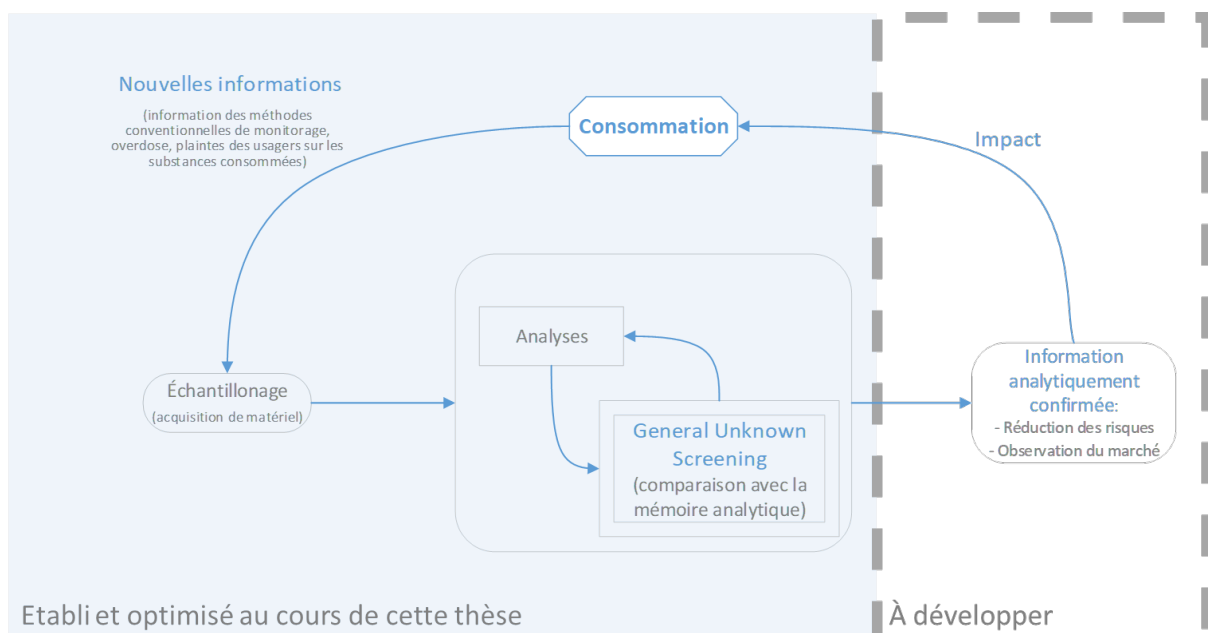


Figure 28: Représentation schématique du processus d'analyse de seringues usagées et de son impact sur la consommation.

Lors de l'apparition de nouvelles informations sur la consommation par voie intraveineuse, la collecte de seringues usagées et leurs analyses vont permettre d'obtenir des informations analytiquement confirmées. Deux exemples pratiques : (1) un usager rapporte des effets indésirables suite à l'injection de produit, la seringue est alors collectée puis analysée, s'il s'agit d'une nouvelle substance, l'information analytiquement confirmée est communiquée afin d'impacter les futures consommations.

(2) les méthodes conventionnelles de monitoring mettent en avant un nouveau phénomène de consommation (nouvelles substances psychoactives utilisées dans un cadre récréatif), alors le matériel de ces usagers est collecté pour éventuellement confirmer la consommation de nouvelles substances. Si la présence de nouvelles substances est analytiquement confirmée, des messages de prévention ciblés peuvent être réalisés.

## 4.2. Marqueurs de suivi de la consommation

Comme il a été abordé dans ce travail, lorsque l'analyse est utilisée en tant qu'indicateur de suivi des consommations, la stratégie de collecte et le type de structures auront une influence sur les résultats.

Au cours de cette thèse, cinq approches ont permis d'obtenir des visions complémentaires :

- Collecte d'une seringue par individu à l'espace de consommation sécurisé, prélevée après l'injection.
- Collecte d'une seringue sur le nombre total rapporté par un individu dans un espace bas seuil et de soins où les traitements par agonistes opioïdes peuvent être distribués.
- Collecte similaire, mais implémentée à l'échange de seringues mobile ouvert après les heures d'ouvertures de l'espace de consommation (17h-21h).
- Collecte du bac de récupération des distributeurs automatiques sur rue, où il n'est pas possible de déterminer le nombre de seringues rapportées par un seul individu.
- Collecte similaire, mais dans un contexte particulier (i.e. Amsterdam, 2019 ; collecte de cinq distributeurs de seringues temporaires placés dans des zones d'accueil qui ciblent les personnes pratiquant le chemsex).

La collecte d'une seringue par individu, comme réalisée dans les trois premières approches, permet d'avoir une vision globale de la consommation au sein de la structure. Les suivis de consommation des usagers qui fréquentent ces structures sont régulièrement effectués à l'aide de questionnaires dont les résultats sont en accord avec ceux de l'analyse des résidus présents dans les seringues. Dans ce contexte, l'apport de l'analyse est triple, mais limité : obtenir des informations sur les produits de coupage, confirmer les résultats des enquêtes via questionnaires, et faciliter la comparaison entre pays concernant les habitudes de consommation des usagers dépendants.

Lors de la collecte dans les distributeurs automatiques, il n'est pas possible d'avoir un suivi des usagers qui rapportent leurs seringues : il n'est donc pas possible d'exclure qu'un individu influence l'ensemble des données en remettant un nombre important de seringues. Cependant, il a été estimé qu'un individu rapporte rarement plus de dix seringues par visite à l'automate (le processus d'échange par seringue prenant en moyenne 30 secondes). Dans certaines villes, l'analyse des seringues usagées collectées dans les automates permet d'atteindre une population qui ne semble pas être connue par les institutions socio-sanitaire. Dans ce cadre, il est intéressant d'avoir accès à cette population dont la consommation est rarement suivie et peut présenter des risques. À Lausanne, les mêmes tendances ont été relevées aux distributeurs et à l'échange mobile, ce qui laisse à penser qu'il n'y a qu'un nombre limité d'usagers « cachés », ou qu'ils ont les mêmes habitudes de consommation que les usagers connus des institutions socio-sanitaires.

Le but du suivi de consommation étant d'avoir une représentation des habitudes de consommation de ces deux types de populations, l'approche de collecte dans les automates a été privilégiée. Non seulement pour pouvoir atteindre une nouvelle population qui n'est pas souvent atteinte par les méthodes conventionnelles de monitoring (e.g. recrutement difficile), mais aussi pour des considérations pratiques (notamment le gain de temps et la facilité de mise en place de la collecte). Ainsi, la collecte au distributeur permet de détecter la présence éventuelle d'une nouvelle substance.

Dans certains cadres de recherche, par exemple, pour le suivi de consommation des chemsexer, l'application de ces outils dans des contextes particuliers peut apporter des informations nouvelles qui ne sont que rarement obtenues. Lorsque la volonté est de collecter les seringues dans un espace de consommation sécurisé, l'approche avec option de retrait de l'étude (opt-out) et sans la présence de chercheur est la démarche qui a montré le taux de participation le plus haut.

Lors de ce travail, deux types d'approches analytiques reliées à deux méthodes d'analyses (i.e. chromatographie liquide et gazeuse) ont été mentionnés. Les avantages de la chromatographie gazeuse résident dans la possibilité de réaliser un screening de substances larges, grâce à la recherche en bibliothèque sur la base des fragmentations du spectromètre de masses. Néanmoins, le temps de préparation des échantillons et la durée d'analyse réduite offerts par la chromatographie liquide présentent des avantages. À ce jour, la recherche en bibliothèque sur la base de fragmentation obtenue par chromatographie liquide reste limitée. Cette technique a été menée dans les laboratoires de Helsinki (plus de 2'000 substances) et Oslo (Gjerde et al., 2020), car elle est rattachée dans ces laboratoires à une large bibliothèque de substances.

Finalement, l'aspect temporel de la collecte de seringues usagées est aussi important. En effet, un compromis doit être fait afin de ne pas passer à côté de nouvelles tendances de consommation, tout en évitant de trop interférer dans la routine de fonctionnement des structures bas seuil et/ou

d'engendrer des coûts d'analyse trop importants. Ici, deux approches ont été discutées : la première consiste à faire des collectes à fréquence fixe (e.g. une fois par an), la seconde en n'intervenant que face à un événement exceptionnel (signalement par des usagers de l'apparition de nouvelles substances, nombre d'overdoses qui augmentent, suspicion de changement par un autre indicateur).

Au vu de la stabilité des résultats de Lausanne dans les tendances de consommation, l'approche reposant sur la mise en place d'un réseau avec les structures bas seuil pour la collecte d'échantillons lorsqu'un usager rapporte un effet indésirable ou montre des signes de surdose semble être la meilleure alternative. Ainsi, les coûts engendrés resteront limités et l'apparition de produits avec de nouveaux effets pourra être détectée et identifiée. Avec cette approche, la collecte des emballages des substances pour limiter le transport d'objets tranchants peut également être une alternative.

Cependant, la collecte annuelle de seringues réalisée à Lausanne présente des avantages dans un contexte de réduction des risques en permettant notamment d'acquérir des données objectives sur les produits consommés de manière quasi-instantanée.

### 4.3. Réduction des risques

L'acquisition de connaissances sur les nouvelles substances ou des substances potentiellement plus puissantes est un des piliers de la stratégie de réduction des risques. Une des stratégies qui pourrait être adoptée consiste à collecter et analyser le matériel d'injection lorsque l'utilisateur révèle des effets indésirables, des symptômes anormaux, ou en cas de surdose. L'analyse de seringues serait alors un objet de monitoring ponctuel pour se prémunir contre l'apparition de nouvelles substances. Pour cela, un réseau étroit entre les structures de réduction des risques et les laboratoires d'analyses doit être maintenu. Cette analyse permet d'acquérir des données objectives – confirmées chimiquement – rapidement à condition que la méthode analytique soit suffisamment sensible et permette la détection de nouvelles substances (d'où l'approche non ciblée privilégiée). Cette application vient compléter les méthodes de monitoring conventionnelles qui, dans cette approche, ne sont pas idéales, puisqu'elles sont subjectives et dépendantes de la perception de l'utilisateur, et en raison des délais de remontée de l'information aux structures bas seuil qui peuvent être longs.

#### 4.4. Cadre éthique

L'étude de l'analyse des résidus contenus dans les seringues usagées à des fins de monitoring est un sujet de recherche récent, par conséquent l'aspect éthique n'a été jusqu'à présent que peu discuté. Au cours de cette thèse, lorsque l'étude en Australie a été soumise à la commission d'éthique, l'approbation de sa mise en place a été obtenue et considérée avec peu de risques (ETH18-2295, University of Technology Sydney, Human Research Ethics Committee).

La sécurité sur l'anonymat des personnes est respectée, car les informations ne sont pas recueillies sur l'individu, mais dans une démarche globale de suivi de la consommation des usagers de drogue par voie intraveineuse. De plus, aucun test ADN n'est mené et aucune information personnelle n'est récoltée lors de l'étude. C'est pour ces raisons que le comité d'éthique lui a accordé un risque éthique peu élevé. Cependant, le challenge de la protection de telles données ne doit pas être négligé, et, en l'absence de supervision par le comité d'éthique, quelques recommandations doivent être suivies.

Pour assurer l'anonymat des données, plusieurs stratégies peuvent être mises en œuvre. Par exemple, en Hongrie, lors de l'étude menée en 2016 (Csorba et al., 2016), les résidus présents dans les seringues collectées avaient été mis en commun pour assurer l'anonymat (présence de plusieurs matériels génétiques dans le même spécimen analysé).

En outre, lors de l'application de ce type d'analyse à une population fermée ou réduite (e.g. échange de seringues au sein d'une prison), une attention particulière doit être donnée à la communication des résultats et à leur utilisation.

Finalement, cette analyse est comparable, au niveau éthique, aux recherches épidémiologiques basées sur l'analyse des eaux usées. Par extension, les directives de recherche éthiques sur l'analyse des eaux usées peuvent être légèrement modifiées et appliquées dans le cadre de la mise en place de l'analyse des seringues usagées comme suivi de la consommation ("Ethical guidelines for WBE | SCORE-ES1307 COST Action," n.d.; Hall et al., 2012).





---

## 5. CONCLUSION FINALE

---

Avec un marché mondial des drogues en expansion et une diversification toujours plus grande des substances, la mise en place de nouveaux indicateurs est nécessaire pour monitorer les nouvelles substances présentes sur le marché (UNODC, 2019a).

L'analyse des résidus présents dans les seringues usagées appliquée au suivi des tendances de consommation est une approche novatrice. Elle a déjà permis d'identifier des changements dans les tendances de consommation au sein d'un pays (Péterfi et al., 2014) et de souligner la présence de consommation de Nouvelles Substances Psychoactive (NPS ; Néfau et al., 2015) dont la consommation est signalée comme étant l'origine de nombreuses overdoses, fatales ou non (EMCDDA, 2015b).

Dans cette thèse, la valeur ajoutée de la mise en place de l'analyse des résidus présents dans les seringues usagées comme indicateur de suivi de la consommation a été étudiée. Après la définition du cadre dans lequel cette recherche s'insère, cinq axes de recherches ont été abordés :

- (1) développement d'une méthode d'analyse en collaboration avec l'Unité de Toxicologie et de Chimie Forensique (UTCF) du Centre Universitaire Romand de Médecine Légale (CURML) ; (2) la valorisation des résultats pertinents de l'analyse, la comparaison avec des indicateurs conventionnels et l'interprétation à travers une réflexion sur le type de collecte mis en œuvre ; (3) la contextualisation spatio-temporelle des données obtenues au regard des indicateurs existants ; (4) la comparaison des résultats obtenus par une méthode harmonisée internationale, et ; (5) l'étude de l'apport de l'analyse chimique des seringues et des équipements de consommation et leurs applications à long terme possibles.

Cette recherche s'est principalement concentrée sur la zone métropolitaine de Lausanne, en Suisse Romande. Dans cette région, la connaissance préalable relative au marché des stupéfiants locaux a permis d'évaluer au mieux l'apport de cet indicateur. La consommation de cocaïne par la population des usagers de drogue par voie intraveineuse de manière fréquente a notamment été mise en avant. Ainsi, l'impact de ces usagers a pu être pris en compte dans l'estimation des volumes de cocaïne consommés au niveau du marché de stupéfiants de la région lausannoise (Zobel et al., 2018).

En parallèle, deux collaborations ont pu être initiées, la première avec l'observatoire européen des drogues et toxicomanies (EMCDDA), la seconde avec l'*University of Technology Sydney* (UTS). Neuf villes ont été échantillonnées dans le cadre du projet *the European Syringe Collection & Analysis Project Enterprise* (ESCAPE). Les seringues de l'espace de consommation supervisé de Sydney ont aussi été analysées à l'UTS. Par ces deux projets, l'aspect international a ainsi pu être étudié.

Au niveau européen, le projet ESCAPE a amorcé la possibilité de cartographier à l'échelle du continent européen les différents types de substances injectées. L'acquisition de ces données a mis en évidence une consommation régio-spécifique, avec des variations de substances injectées entre les différentes villes étudiées. Cependant, des similarités dans les tendances globales ont été constatées telle que l'injection de stimulants de plus en plus fréquente remplaçant l'injection d'opiacés (e.g. héroïne).

Lors de l'étude réalisée à Sydney en Australie, le but était d'appliquer le même protocole d'analyse sur un marché et des substances différentes de celui étudié lors de cette thèse. Comme attendu, les données obtenues à Sydney diffèrent de celles de Lausanne. La première différence concerne la proportion élevée de méthamphétamine détectée (dans un quart des seringues utilisées à Sydney) ce qui n'a jamais été le cas à Lausanne. La seconde concerne les mélanges peu fréquents constatés à Sydney au contraire de ce qui a été mis en évidence en Suisse. Cette absence de mélange pourrait notamment provenir de la présence sur le marché australien de substances stupéfiantes de plus haute pureté, particulièrement concernant l'héroïne (15% relevé dans les saisies de Lausanne vs 60% dans les saisies faites par la police fédérale australienne).

Cette thèse a confirmé la possibilité par l'analyse des seringues d'obtenir des données objectives sur la consommation d'usagers de drogue par voie intraveineuse au sein du continent européen, mais aussi au-delà. Récemment, Fiorentin and Logan (2020) ont réalisé le même type d'approche à l'espace de consommation supervisé de New York. Cette dernière étude a démontré la présence de fentanyl dans les contenus de seringues en Amérique du Nord, ce qui, basé sur nos analyses, reste une pratique limitée en Europe. L'addition de fentanyl, un opioïde puissant, à d'autres substances stupéfiantes (e.g. héroïne et MDMA) serait à l'origine de nombreuses overdoses aux Etats-Unis. L'indicateur présenté ici peut permettre de suivre l'apparition de telles substances avec des données objectives et en quasi-temps réel.

Finalement, cette thèse a été réalisée lors d'une période particulière, où, suite à l'apparition du COVID-19, la réduction des interactions sociales et la fermeture des frontières ont été dictées par le Conseil Fédéral. Ce contexte particulier a permis d'observer l'impact de ces circonstances exceptionnelles sur les habitudes de consommation des usagers de drogue par voie intraveineuse. La première période de confinement en Suisse a eu lieu du 16 mars au 27 avril 2020. Une campagne de collecte des seringues exceptionnelle a été menée aux distributeurs de Lausanne du 07 au 24 avril 2020. Les résultats de cette collecte réalisée après le premier confinement résultant du COVID-19 ont été comparés à ceux obtenus avant. Ces données ont ensuite été confrontées à ce qui est déclaré par les usagers. Sur la base de ces résultats, en Suisse, le confinement semble avoir eu un impact limité sur les tendances de consommation auprès des usagers de drogue par voie intraveineuse, notamment en ce qui concerne l'apparition de nouvelles substances.

Cependant, certains usagers ont signalé la diminution de la pureté de la cocaïne, ce qui n'a pu être confirmé ou infirmé par ce type d'analyse semi-quantitative. Pour pallier cela, une des perspectives du projet est de le combiner avec des moyens d'analyses quantitatives afin d'observer la qualité des produits et ainsi de prévenir les surdoses. L'une des alternatives est aussi la saisie et l'envoi en laboratoire des emballages renfermant la substance stupéfiante. Ces emballages contiennent uniquement le produit injecté et non une matrice complexe (i.e. sang). Par conséquent, lors de leurs collectes, il serait alors possible de quantifier la pureté du produit consommé. La mise en place d'un système de veille sanitaire où l'envoi au laboratoire de ce type d'équipements lorsqu'un événement particulier intervient lors de la consommation (e.g. : effet indésirable, surdose) permettrait de prévenir l'arrivée de nouveaux produits plus puissants sur le marché. Pour cela, un réseau de communication étroit est nécessaire entre les structures à bas seuil d'accès et les laboratoires d'analyse, ainsi qu'un effort sur la communication et la vulgarisation des résultats scientifiques auprès des usagers de drogues par voie intraveineuse.



---

## 6. BIBLIOGRAPHIE

---

- Achterbergh, R.C., de Vries, H.J., Boyd, A., Davidovich, U., Drückler, S., Hoornenborg, E., Prins, M., Matser, A., **2020**. Identification and characterization of latent classes based on drug use among men who have sex with men at risk of sexually transmitted infections in Amsterdam, the Netherlands. *Addiction* 115, 121–133. <https://doi.org/10.1111/add.14774>
- Aebi, M., **2002**. Comment mesurer la délinquance des toxicomanes adultes ? Une comparaison empirique de la validité des registres de police et des sondages de délinquance autoreportée. *Criminologie* 35, 107–131. <https://doi.org/10.7202/027516ar>
- Alho, H., Sinclair, D., Vuori, E., Holopainen, A., **2007**. Abuse liability of buprenorphine–naloxone tablets in untreated IV drug users. *Drug Alcohol Depend.* 88, 75–78. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2006.09.012>
- Augsburger, M., Déglon, J., **2013**. Toxicomanie – les médicaments de sevrage. *Swiss Lab. Med.* SLUM
- Augsburger, M., Staub, C., **2008**. La toxicologie forensique, une discipline scientifique en plein essor. *Rev. Médicale Suisse* 4, 1605–1608.
- Australian Criminal Intelligence Commission (ACIC), **2019**. Illicit Drug Data Report 2017–18. (No. ISSN 2205-1929)
- Baeriswyl, S., **2017**. Etude de la performance d’une méthode analytique rapide dans le cadre du monitoring des produits stupéfiants consommés par les usagers de drogue (Travail de master). Université de Lausanne - Ecole des Science Criminelle, Lausanne.
- Bàlint, R., Csesztregi, T., Horváth, O., Kaló, A., Paksi, B., Péterfi, A., Port, A., Tarján, A., **2019**. Hungarian National Focal Point.
- Bannwarth, A., Morelato, M., Benaglia, L., Been, F., Esseiva, P., Delemont, O., Roux, C., **2019**. The use of wastewater analysis in forensic intelligence: drug consumption comparison between Sydney and different European cities. *Forensic Sci. Res.* 1–11. <https://doi.org/10.1080/20961790.2018.1500082>

- Benaglia, L., **2019**. Investiguer les consommations illicites au sein du milieu festif et du milieu carcéral grâce à l'analyse des eaux usées (Thèse de doctorat). Université de Lausanne - Ecole des Science Criminelle, Lausanne, Suisse.
- Blachman-Forshay, J., Nolan, M.L., McAteer, J.M., Paone, D., **2018**. Estimating the Risk of Exposure to Fentanyl in New York City: Testing Drug Residue in Used Syringes. *Am. J. Public Health* 108, 1666–1668.  
<https://doi.org/10.2105/AJPH.2018.304694>
- Broséus, J., Gentile, N., Esseiva, P., **2016**. The cutting of cocaine and heroin: A critical review. *Forensic Sci. Int.* 262, 73–83.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.02.033>
- Broséus, J., Gentile, N., Pont, F.B., Gongora, J.M.G., Gasté, L., Esseiva, P., **2015**. Qualitative, quantitative and temporal study of cutting agents for cocaine and heroin over 9 years. *Forensic Sci. Int.* 257, 307–313.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.09.014>
- Cadet-Taïrou, A., Gandilhon, M., **2014**. L'usage de sulfate de morphine par les usagers de drogues en France. *Note de synthèse*, Observatoire Français des Drogues et Toicomanies (OFDT), Paris, France.
- Ciccarone, D., **2017**. Fentanyl in the US heroin supply: A rapidly changing risk environment. *Int. J. Drug Policy* 46, 107–111.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2017.06.010>
- Claustre, Fouilhé, **1993**. Cocaine, in: International Programme on Chemical Safety (IPCS) – Internationally Peer Reviewed Chemical Safety Information (INCHEM).
- Cole, C., Jones, L., McVeigh, J., Kicman, A., Syed, Q., Bellis, M.A., **2010**. CUT: a guide to adulterants, bulking agents and other contaminants found in illicit drugs (No. ISSN 978-1-907441-48-6).
- Collins, M., **2017**. Illicit drug profiling: The Australian experience – revisited. *Aust. J. Forensic Sci.* 49, 591–604.  
<https://doi.org/10.1080/00450618.2017.1348009>
- Connor, J., Gullo, M., White, A., Kelly, A., **2014**. Polysubstance use: diagnostic challenges, patterns of use and health. *Curr. Opin. Psychiatry* 27, 269–275.  
<https://doi.org/10.1097/YCO.000000000000069>
- Conseil Fédéral Suisse, **2001**. Message concernant la révision de la loi sur les stupéfiants. FF 2001 3537.
- Conti, G., Mer, L., Kardous, G., Pasche, O., **2017**. Traitement de la dépendance aux opioïdes en médecine générale. *Rev. Médicale Suisse* 13, 1896–1900.
- Csorba, J., Figezki, T., Kiss, J., Medgyesi-Frank, K., Péterfi, A., **2016**. Breaking the drug cycle: Project closing study (No. ISBN 978-963-12-7482-0).
- Daniulaityte, R., Carlson, R.R., Juhascik, M.P., Strayer, K.E., Sizemore, I.E., **2019**. Street fentanyl use: Experiences, preferences, and concordance between self-reports and urine toxicology. *Int. J. Drug Policy* 71, 3–9.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2019.05.020>

- de Bernardis, E., Busà, L., **2014**. Can the buprenorphine-naloxone association outperform buprenorphine alone? *Heroin Addict. Relat. Clin. Probl.* 1, 63–64.
- De Luca, M., Di Chiara, G., **2019**. Strategies of intervention to limit the novel synthetic opioids (NSO) escalation in Europe - JUSTSO. *Res. Adv. Psychiatry* 6, 40–42.
- Declèves, **2007**. Impact de la voie d'administration sur la pharmacocinétique des drogues. *Courr. Addict.* 17–18.
- Degenhardt, L., Peacock, A., Colledge, S., Leung, J., Grebely, J., Vickerman, P., Stone, J., Cunningham, E.B., Trickey, A., Dumchev, K., **2017a**. Global prevalence of injecting drug use and sociodemographic characteristics and prevalence of HIV, HBV, and HCV in people who inject drugs: a multistage systematic review. *Lancet Glob. Health* 5, e1192–e1207. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30375-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30375-3)
- Degenhardt, L., Sara, G., McKetin, R., Roxburgh, A., Dobbins, T., Farrell, M., Burns, L., Hall, W.D., **2017b**. Crystalline methamphetamine use and methamphetamine-related harms in Australia. *Drug Alcohol Rev.* 36, 160–170. <https://doi.org/10.1111/dar.12426>
- Des Jarlais, D.C., Friedman, S.R., Choopanya, K., Vanichseni, S., Ward, T.P., **1992**. International epidemiology of HIV and AIDS among injecting drug users. *Aids* 6, 1053–1068. <https://doi.org/10.1097/00002030-199210000-00001>
- Des Jarlais, D.C., Marmor, M., Friedmann, P., Titus, S., Aviles, E., Deren, S., Torian, L., Glebatis, D., Murrill, C., Monterroso, E., Friedman, S.R., **2000**. HIV incidence among injection drug users in New York City, 1992-1997: evidence for a declining epidemic. *Am. J. Public Health* 90, 352–359. <https://doi.org/10.2105/ajph.90.3.352>
- Des Jarlais, D.C., Sypsa, V., Feelemyer, J., Abagiu, A.O., Arendt, V., Broz, D., Chemtob, D., Seguin-Devaux, C., Duwve, J.M., Fitzgerald, M., **2020**. A comparative analysis of recent HIV outbreaks among people who inject drugs in Europe, North America and Israel. *Lancet HIV* 7, E434-E442. [https://doi.org/10.1016/S2352-3018\(20\)30082-5](https://doi.org/10.1016/S2352-3018(20)30082-5)
- Drückler, S., van Rooijen, M.S., de Vries, H.J., **2018**. Chemsex among men who have sex with men: a sexualized drug use survey among clients of the sexually transmitted infection outpatient clinic and users of a gay dating app in Amsterdam, the Netherlands. *Sex. Transm. Dis.* 45, 325. <https://doi.org/10.1097/OLQ.0000000000000753>
- Drug abuse, **2012**. The Effects of Cocaine Use [WWW Document]. DrugAbuse.com. URL <http://drugabuse.com/library/the-effects-of-cocaine-use/> (accessed 2.1.17).
- Dubois-Arber, F., Balthasar, H., Huissoud, T., Zobel, F., Arnaud, S., Samitca, S., Jeannin, A., Schnoz, D., Gervasoni, J.-P., **2008**. Trends in drug consumption and risk of transmission of HIV and hepatitis C virus among injecting drug users in Switzerland, 1993-2006. *Eur. Commun. Dis. Bull.* 13, 717–727. <https://doi.org/10.2807/ese.13.21.18881-en>

- EMCDDA, **2021**. European Syringe Collection and Analysis Enterprise (Generic Protocol). Publications Office of the European Union, Luxembourg.  
<https://doi.org/10.2810/665510>
- EMCDDA, **2019a**. European Drug Report (Trends and Developments). Publications Office of the European Union, Luxembourg.  
<https://doi.org/10.2810/191370>
- EMCDDA, **2019b**. Drugs in syringes from six European cities: results from the ESCAPE project 2017 (Technical report). Publications Office of the European Union, Luxembourg.  
<https://doi.org/10.2810/897169>
- EMCDDA, **2018**. Finland, Country Drug Report 2018 (Statistical Bulletin). Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA, **2016**. Hungary, Country Drug Report 2016 (Statistical Bulletin). Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA, **2015a**. Trends in injecting drug use (Technical report). Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA, **2015b**. Injection of synthetic cathinones (Perspectives on drugs). Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA, **2015c**. The misuse of benzodiazepines among high-risk opioid users in Europe (Perspectives on drugs). Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA, **2015d**. Guidelines for estimating the incidence of problem drug use (Technical report). Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA, **2013**. Problem drug use revision summary (Report). Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA, **2012**. Methods and definitions [WWW Document].  
URL <http://www.emcdda.europa.eu/stats07/PDU/methods> (accessed 2.25.20).
- EMCDDA, **n.d.** Héroïne [WWW Document].  
URL <http://www.emcdda.europa.eu/publications/drug-profiles/heroin/fr> (accessed 5.5.17a).
- EMCDDA, **n.d.** Amphétamine [WWW Document].  
URL <http://www.emcdda.europa.eu/publications/drug-profiles/amphetamine/fr> (accessed 12.16.19b).
- EMCDDA, EUROPOL, **2020**. EU Drug Markets: Impact of COVID-19. Publications Office of the European Union, Luxembourg.  
<https://doi.org/10.2810/19284>
- EMCDDA, EUROPOL, **2019**. EU Drug Markets Report 2019. Publications Office of the European Union, Luxembourg.  
<https://doi.org/10.2810/561192>
- EMCDDA, EUROPOL, **2016**. EU Drug Markets Report 2016: in-depth analysis. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EMCDDA, King, L., **n.d.** Cocaïne and crack drug profile [WWW Document].  
URL <http://www.emcdda.europa.eu/publications/drug-profiles/cocaine/fr> (accessed 2.1.17).



- Esseiva, P., **2004**. Le profilage de l'héroïne et de la cocaïne : mise en place d'une systématique permettant une utilisation opérationnelle des liens chimiques (Thèse de doctorat). Université de Lausanne - Ecole des Science Criminelle, Lausanne, Suisse.
- Esseiva, P., Delémont, O., **2017**. 'Into the Waste': How Forensic Science Recycle Them? Reflection on the Use of Waste to Understand Criminal Phenomenon. *Polic. J. Policy Pract.* 13, 94–101.  
<https://doi.org/10.1093/police/pax030>
- Esseiva, P., Margot, P., **2009**. Drug profiling, in: Wiley Encyclopedia of Forensic Science. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, pp. 852–859.
- Ethical guidelines for WBE | SCORE-ES1307 COST Action- [WWW Document], **n.d.**  
URL <https://score-cost.eu/ethical-guidelines-for-wbe/> (accessed 6.11.20).
- Evans-Brown, M., Gallegos, A., Christie, R., **2018**. Fentanils and synthetic cannabinoids: driving greater complexity into the drug situation; an update from the EU Early Warning-System. Publications Office of the European Union, Luxembourg.  
<https://doi.org/10.2810/603753>
- Evers, Y.J., Van Liere, G.A., Hoebe, C.J., Dukers-Muijers, N.H., **2019**. Chemsex among men who have sex with men living outside major cities and associations with sexually transmitted infections: A cross-sectional study in the Netherlands. *PLOS One*.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216732>
- Evrard, I., Legleye, S., Cadet-Taïrou, A., **2010**. Composition, purity and perceived quality of street cocaine in France. *Int. J. Drug Policy* 21, 399–406.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2010.03.004>
- Farrell, M., Martin, N.K., Stockings, E., Bórquez, A., Cepeda, J.A., Degenhardt, L., Ali, R., Tran, L.T., Rehm, J., Torrens, M., Shoptaw, S., McKetin, R., **2019**. Responding to global stimulant use: challenges and opportunities. *The Lancet* 394, 1652–1667.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32230-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32230-5)
- Fiorentin, T.R., Krotulski, A.J., Martin, D.M., Browne, T., Triplett, J., Conti, T., Logan, B.K., **2019**. Detection of Cutting Agents in Drug-Positive Seized Exhibits within the United States. *J. Forensic Sci.*  
<https://doi.org/10.1111/1556-4029.13968>
- Fiorentin, T.R., Logan, B.K., **2020**. Analytical findings in used syringes from a syringe exchange program. *Int. J. Drug Policy* 81, 102770.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2020.102770>
- Fondation ABS, **2019**. Missions et objectifs [WWW Document]. Fondation ABS, Lausanne.  
URL <https://www.fondationabs.ch/missions-et-objectifs.html> (accessed 10.18.21).
- Freye, E., **2009**. Pharmacology and Abuse of Cocaine, Amphetamines, Ecstasy and Related Designer Drugs: A comprehensive review on their mode of action, treatment of abuse and intoxication. Springer Science & Business Media.  
(No. ISBN 978-90-481-2448-0)
- Gandilhon, M., Cadet-Taïrou, A., Lahaie, E., **2013**. MDMA (ecstasy) et amphétamine, Drogues et addictions, données essentielles. Observatoire Français des drogues et toxicomanie.  
(No. ISBN : 978-2-11-128270-4)

- Gaume, J., Schmutz, E., Zobel, F., **2020**. Évolution du marché des stupéfiants et de la situation des usagers durant l'épidémie de Covid19 : Résultats de la première vague d'enquête auprès des patient-e-s de la Polyclinique d'addictologie du CHUV. Centre hospitalier universitaire vaudois/Addiction Suisse, Lausanne.
- Gérome, Cadet-Tairou, Gandilhon, Milhet, Martinez, Néfau, **2018**. Substances psychoactives, usagers et marchés : les tendances récentes (2017-2018) (No. *Tendances* 129). Observatoire Français des Drogues et Toicomaniés (OFDT), Paris, France.
- Gervasoni, J.-P., Balthasar, H., Huissoud, T., Jeannin, A., Dubois-Arber, F., **2012**. A high proportion of users of low-threshold facilities with needle exchange programmes in Switzerland are currently on methadone treatment: Implications for new approaches in harm reduction and care. *Int. J. Drug Policy* 23, 33–36.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2011.05.015>
- Giese, C., Igoe, D., Gibbons, Z., Hurley, C., Stokes, S., McNamara, S., Ennis, O., O'Donnell, K., Keenan, E., De Gascun, C., **2015**. Injection of new psychoactive substance snow blow associated with recently acquired HIV infections among homeless people who inject drugs in Dublin. *Eurosurveillance* 20, 30036.  
<https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2015.20.40.30036>
- Gjerde, H., Bretteville-Jensen, A.L., Furuhaugen, H., Bache-Andreassen, L., Bergh, M.S.-S., Vindenes, V., **2020**. Determination of drug residues in used syringe needles. *Drug Test. Anal.* n/a.  
<https://doi.org/10.1002/dta.2759>
- Griswold, M.K., Chai, P.R., Krotulski, A.J., Friscia, M., Chapman, B., Boyer, E.W., Logan, B.K., Babu, K.M., **2018**. Self-identification of nonpharmaceutical fentanyl exposure following heroin overdose. *Clin. Toxicol. Phila. Pa* 56, 37–42.  
<https://doi.org/10.1080/15563650.2017.1339889>
- Guéniat, O., Esseiva, P., **2005**. Le profilage de l'héroïne et de la cocaïne : une méthodologie moderne de lutte contre le trafic illicite. PPUR presses polytechniques.  
(No. ISBN 288-07-453-22)
- 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* 107, 1767–1773.  
<https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2012.03887.x>
- Hedegaard., Bastian, Trinidad, Spencer, Warner, **2018**. Drugs Most Frequently Involved in Drug Overdose Deaths: United States, 2011–2016. *Natl. Vital Stat. Rep.* 67, 14.
- HUG - Hôpitaux Universitaires de Genève, **2009**. Recommandations pratiques pour une bonne utilisation.
- Huissoud, T., Arnaud, S., Dubois-Arber, F., **2005**. Evaluation du rôle du distribus au sein du dispositif lausannois d'échange de matériel stérile. Hospices CHUV département universitaire de médecine et de santé communautaire.
- INSERM, **2015**. Réduction des risques infectieux chez les usagers de drogues. Expertise collective. Édition 2010 [WWW Document].  
URL <http://www.inserm.fr/thematiques/sante-publique/expertises-collectives> (accessed 2.27.17).

- Johnsen, L.G., Skou, P.B., Khakimov, B., Bro, R., **2017**. Gas chromatography – mass spectrometry data processing made easy. *J. Chromatogr. A* 1503, 57–64.  
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2017.04.052>
- Jones, C.M., Underwood, N., Compton, W.M., **2020**. Increases in methamphetamine use among heroin treatment admissions in the United States, 2008-17. *Addict. Abingdon Engl.* 115, 347–353.  
<https://doi.org/10.1111/add.14812>
- Jones, J.D., Mogali, S., Comer, S.D., **2012**. Polydrug abuse: A review of opioid and benzodiazepine combination use. *Drug Alcohol Depend.* 125, 8–18.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2012.07.004>
- Joye, T., Sidibé, J., Déglon, J., Karmime, A., Sporkert, F., Widmer, C., Favrat, B., Lescuyer, P., Augsburger, M., Thomas, A., **2019**. Liquid chromatography-high resolution mass spectrometry for broad-spectrum drug screening of dried blood spot as microsampling procedure. *Anal. Chim. Acta* 1063, 110–116.  
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.02.011>
- Joye, T., Widmer, C., Morger Mégevand, R., Longère, S., Augsburger, M., Thomas, A., **2020**. High-Throughput Qualitative and Quantitative Drug Checking by MALDI HRMS. *Front. Chem.* 8.  
<https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00695>
- Jurgelaitiene, L., **2019**. Prison post-release mortality among drug-users in Lithuania.
- Kapitány-Fövény, M., Rácz, J., **2018**. Synthetic cannabinoid and synthetic cathinone use in Hungary: A literature review. *Dev. Health Sci.* 1, 63–69.  
<https://doi.org/10.1556/2066.2.2018.18>
- Karila, L., **2009**. Addiction à la cocaïne. RVH synergie.
- Karlsson, A., Burns, L., **2018**. Australian Drug Trends 2017: Findings from the Illicit Drug Reporting System (IDRS). *Aust. Drug Trends Ser.* No 127.
- Klous, M.G., Lee, W., Hillebrand, M.J., van den Brink, W., van Ree, J.M., Beijnen, J.H., **2006**. Analysis of diacetylmorphine, caffeine, and degradation products after volatilization of pharmaceutical heroin for inhalation. *J. Anal. Toxicol.* 30, 6–13.  
<https://doi.org/10.1093/jat/30.1.6>
- Knopf, A., **2016**. CDC report shows heroin and illicit fentanyl overdoses increasing. *Alcohol Drug Abuse Wkly.* 28, 1–3.  
<https://doi.org/10.1002/adaw.30433>
- Kriikku, P., Häkkinen, M., Ojanperä, I., **2018**. High buprenorphine-related mortality is persistent in Finland. *Forensic Sci. Int.* 291, 76–82.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.08.010>
- La Voix du Nord, **2014**. Un Hollandais interpellé à Dourges : dans son sac, 31 kg de caféine et de paracétamol. [journal]
- Latimer, J., Ling, S., Flaherty, I., Jauncey, M., Salmon, A.M., **2016**. Risk of fentanyl overdose among clients of the Sydney Medically Supervised Injecting Centre. *Int. J. Drug Policy* 37, 111–114.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2016.08.004>

- Leclerc, P., Vandal, A.C., Fall, A., Bruneau, J., Roy, É., Brissette, S., Archibald, C., Arruda, N., Morissette, C., **2014**. Estimating the size of the population of persons who inject drugs in the island of Montréal, Canada, using a six-source capture–recapture model. *Drug Alcohol Depend.* 142, 174–180.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2014.06.022>
- Lefrançois, E., Augsburger, M., Esseiva, P., **2017**. Drug residues in used syringes in Switzerland: a comparative study. *Drug Test. Anal.*  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.07.021>
- Lefrancois, E., Belackova, V., Silins, E., Latimer, J., Jauncey, M., Shimmon, R., Mozaner Bordin, D., Augsburger, M., Esseiva, P., Roux, C., Morelato, M., **2020**. Substances injected at the Sydney Supervised Injecting Facility: A chemical analysis of used injecting equipment and comparison with self-reported drug type. *Drug Alcohol Depend.* 107909.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2020.107909>
- Lefrançois, E., Esseiva, P., Gervasoni, J.-P., Lucia, S., Zobel, F., Augsburger, M., **2016**. Analysis of residual content of used syringes collected from low threshold facilities in Lausanne, Switzerland. *Forensic Sci. Int.* 266.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.07.021>
- Lermenier-Jeannet, A., Cadet-Tairou, A., Gautier, S., **2017**. CAARUD client profiles and practices in 2015. (No. *Tendances* 120). Observatoire Français des Drogues et Toicomanies (OFDT), Paris, France.
- Lociciro, S., **2007**. Profilage de la cocaïne : approche inter-laboratoires (Thèse de doctorat). Université de Lausanne - Ecole des Science Criminelle, Lausanne.
- Lociciro, S., Arnaud, S., Füglistaler, F., Dubois-Arber, F., **2012**. Résultats de l'enquête 2011 auprès des usagers des structures à bas-seuil en Suisse. *Raisons de santé* 199a. Institut universitaire de médecine sociale et préventive (IUMSP), Lausanne, Suisse.
- Lociciro, S., Casalini, E., **2018**. Pointage annuel du profil des usagères et usagers des centres à bas seuil d'accès du canton de Vaud : PAPU **2017**. *Raisons de santé* 289. Institut universitaire de médecine sociale et préventive (IUMSP), Lausanne, Suisse.  
<https://doi.org/10.16908/issn.1660-7104/289>
- Lociciro, S., Gervasoni, J.-P., Jeannin, A., Dubois-Arber, F., **2013**. Enquête auprès des usagers de drogue, clients des structures à bas-seuil d'accès (SBS) en Suisse tendances 1993-2011. *Raisons de santé* 220. Institut universitaire de médecine sociale et préventive (IUMSP), Lausanne, Suisse.
- Lofwall, M.R., Walsh, S.L., **2014**. A Review of Buprenorphine Diversion and Misuse: The Current Evidence Base and Experiences from Around the World. *J. Addict. Med.* 8, 315–326.  
<https://doi.org/10.1097/ADM.0000000000000045>
- Margot, P., **2014**. Traçologie: la trace, vecteur fondamental de la police scientifique. *Rev. Int. Criminol. Police Tech. Sci. (RICPTS)* 67, 72–97.
- Maurer, H.H., **1992**. Systematic toxicological analysis of drugs and their metabolites by gas chromatography-mass spectrometry. *J. Chromatogr. B. Biomed. Sci. App.* 580, 3–41.  
[https://doi.org/10.1016/0378-4347\(92\)80526-V](https://doi.org/10.1016/0378-4347(92)80526-V)
- Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency (MHRA), **2014**. Benzodiazepines learning module [WWW Document].  
URL <http://www.mhra.gov.uk/benzodiazepines-learning-module/index.htm> (accessed 5.4.17).

- Michelot, H., **2018**. Forensic intelligence: Applications in illegal drug trafficking (Thèse de doctorat). University of Technology Sydney, Sydney, Australie.
- Milhet, Néfau, **2017**. Chemsex, slam (Théma TREND). Observatoire Français des Drogues et Toicomanies (OFDT), Paris, France.
- Morelato, M., **2015**. Forensic drug profiling: a tool for intelligence-led policing (Thèse de doctorat). University of Technology Sydney, Sydney, Australie.
- Morelato, M., Franscella, D., Esseiva, P., Broséus, J., **2019**. When does the cutting of cocaine and heroin occur? The first large-scale study based on the chemical analysis of cocaine and heroin seizures in Switzerland. *Int. J. Drug Policy* 73, 7–15.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2019.07.025>
- Mounteney, J., Griffiths, P., Sedefov, R., Noor, A., Vicente, J., Simon, R., **2016**. The drug situation in Europe: an overview of data available on illicit drugs and new psychoactive substances from European monitoring in 2015. *Addiction* 111, 34–48.  
<https://doi.org/10.1111/add.13056>
- National Forensic Laboratory Information System, **2019**. Tracking Fentanyl and Fentanyl-Related Substances Reported in NFLIS-Drug by State, 2016–2017.
- National Institute on Drug Abuse, **2015**. Drug Fact: What is Cocaine? [WWW Document]. URL <https://www.drugabuse.gov/publications/drugfacts/cocaine> (accessed 1.31.17).
- Néfau, T., Charpentier, E., Elyasmino, N., Duplessy-Garson, C., Levi, Y., Karolak, S., **2015**. Drug analysis of residual content of used syringes: a new approach for improving knowledge of injected drugs and drug user practices. *Int. J. Drug Policy* 26, 412–419.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2014.09.010>
- Nielsen, S., Hiley, S., Roux, C., Morelato, M., Latimer, J., Jauncey, M., Clark, N., Barratt, M.J., Tay, E., Gerostamoulos, D., Glowacki, L., Lefrançois, E., Lam, T., Gilbert, M., **2020**. Understanding emerging opioid-related harms through improved surveillance, drug checking and information sharing systems. (Project) The National Centre for Clinical research on Emerging Drugs (NCCRED).
- OFDT, **2019**. Usagers, marchés et substances : évolution récentes (2018- 2019) *Tendances* 136. Observatoire Français des Drogues et Toicomanies (OFDT), Paris, France.
- Ort, C., van Nuijs, A.L.N., Berset, J.-D., Bijlsma, L., Castiglioni, S., Covaci, A., de Voogt, P., Emke, E., Fatta-Kassinos, D., Griffiths, P., Hernández, F., González-Mariño, I., Grabic, R., Kasprzyk-Hordern, B., Mastroianni, N., Meierjohann, A., Nefau, T., Östman, M., Pico, Y., Racamonde, I., Reid, M., Slobodnik, J., Terzic, S., Thomaidis, N., Thomas, K.V., **2014**. Spatial differences and temporal changes in illicit drug use in Europe quantified by wastewater analysis: Wastewater data covering 24.74 million people. *Addiction* 109, 1338–1352.  
<https://doi.org/10.1111/add.12570>
- Palmiere, C., Brunel, C., Sporkert, F., Augsburg, M., **2011**. An unusual case of accidental poisoning: fatal methadone inhalation. *J. Forensic Sci.* 56, 1072–1075.  
<https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.01730.x>
- Peacock, A., Gibbs, D., Sutherland, R., Uporova, J., Karlsson, A., Bruno, R., Dietze, P., Lenton, S., Alati, R., Degenhardt, L., Farrell, M., **2018**. Australian Drug Trends **2018**. Key findings from the National Illicit Drug Reporting System (IDRS) Interviews. National Drug and Alcohol Research Centre (NDARC), Sydney, Australia.

- Péterfi, A., Tarján, A., Horváth, G.C., Csesztregi, T., Nyírády, A., **2014**. Changes in patterns of injecting drug use in Hungary: a shift to synthetic cathinones. *Drug Test. Anal.* 6, 825–831.  
<https://doi.org/10.1002/dta.1625>
- Pfau, P., Francia, A., Pequart, R., **2018**. Tendances récentes – Paris (No. *Tendances* 129). Observatoire Français des drogues et toxicomanie, Paris.
- Pfleger, K., Maurer, H.H., Weber, A., and others, **1992**. Mass spectral and GC data of drugs, poisons, pesticides, pollutants and their metabolites. Part 1: methods, tables, indexes. VCH Verlagsgesellschaft mbH.
- Pirona, A., Matias, J., Giraudon, I., **2018**. Recent changes in Europe’s cocaine market: results from an EMCDDA trendspotter study (Rapid communication). European Monitoring Centre for Drugs and Drug. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Platt, L., Jolley, E., Hope, V., Latypov, A., Vickerman, P., Hickson, F., Reynolds, L., Rhodes, T., **2015**. HIV epidemics in the European region: vulnerability and response. World Bank Publications.  
[https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0388-8\\_ch5](https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0388-8_ch5)
- Première ligne, **2016**. 2016 : Types de produits consommés pour chaque mode - Statistique Quai 9 [WWW Document].  
URL <http://www.premiereligne.ch/consommation/> (accessed 11.24.16).
- Première ligne - Association genevoise de réduction des risques liés aux drogues, **2019**. Salle de consommation [WWW Document].  
URL <http://www.premiereligne.ch/consommation/> (accessed 12.16.19).
- PsychoACTIF, **2019**. Morphine qui “fige” dans la pompe [WWW Document].  
URL <https://www.psychosactif.org/forum/t37098-p1-morphine-qui-fige-dans-pompe.html> (accessed 10.17.21).
- Psychowiki, **2016**. Injection heroine brune en photos — PsychoWiki, [WWW Document].  
URL [http://www.psychosactif.org/psychowiki/index.php?title=Injection\\_heroine\\_brune\\_en\\_photos](http://www.psychosactif.org/psychowiki/index.php?title=Injection_heroine_brune_en_photos) (accessed 3.9.17).
- Raag, M., Vorobjov, S., Uusküla, A., **2019**. Prevalence of injecting drug use in Estonia 2010–2015: a capture-recapture study. *Harm. Reduct. J.* 16, 19.  
<https://doi.org/10.1186/s12954-019-0289-3>
- Rehm, J., Frick, U., Hartwig, C., Gutzwiller, F., Gschwend, P., Uchtenhagen, A., **2005**. Mortality in heroin-assisted treatment in Switzerland 1994–2000. *Drug Alcohol Depend.* 79, 137–143.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2005.01.005>
- Reynaud, M., Petit, G., Potard, D., Courty, P., **1998**. Six deaths linked to concomitant use of buprenorphine and benzodiazepines. *Addiction* 93, 1385–1392.  
<https://doi.org/10.1046/j.1360-0443.1998.93913859.x>
- Rhumorbarbe, D., Morelato, M., Staehli, L., Roux, C., Jaquet-Chiffelle, D.-O., Rossy, Q., Esseiva, P., **2019**. Monitoring new psychoactive substances: Exploring the contribution of an online discussion forum. *Int. J. Drug Policy* 73, 273–280.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2019.03.025>
- Ribaux, O., Baylon, A., Roux, C., Delémont, O., Lock, E., Zingg, C., Margot, P., **2010**. Intelligence-led crime scene processing. Part I: Forensic intelligence. *Forensic Sci. Int.* 195, 10–16.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.10.027>



- Ribaux, O., Walsh, S.J., Margot, P., **2006**. The contribution of forensic science to crime analysis and investigation: Forensic intelligence. *Forensic Sci. Int.* 156, 171–181.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.12.028>
- Roux, P., Carrieri, M.P., Keijzer, L., Dasgupta, N., **2011**. Reducing harm from injecting pharmaceutical tablet or capsule material by injecting drug users. *Drug Alcohol Rev.* 30, 287–290.  
<https://doi.org/10.1111/j.1465-3362.2011.00285.x>
- Roxburgh, A., Burns, L., Drummer, O.H., Pilgrim, J., Farrell, M., Degenhardt, L., **2013**. Trends in fentanyl prescriptions and fentanyl-related mortality in Australia. *Drug Alcohol Rev.* 32, 269–275.  
<https://doi.org/10.1111/dar.12033>
- Roy, É., Morissette, C., Haley, N., Gutiérrez, N., Rousseau, L., Denis, V., **2006**. Pourquoi commencer ? L'initiation à l'injection de drogues selon les jeunes de la rue. *Drogue Santé Société* 5, 45–75.  
<https://doi.org/10.7202/014302ar>
- Saviuc, P., **1993**. Revue diamorphine in: International Programme on Chemical Safety (IPCS) – Internationally Peer Reviewed Chemical Safety Information (INCHEM).
- Schweizerische Gesellschaft Für Rechtsmedizin (SGRM), **2018**. Betaeubungsmittelstatistik Cocain Heroin Gehaltswerte 2018.
- Simonsen, K.W., Edvardsen, H.M.E., Thelander, G., Ojanperä, I., Thordardottir, S., Andersen, L.V., Krikkku, P., Vindenes, V., Christoffersen, D., Delaveris, G.J.M., Frost, J., **2015**. Fatal poisoning in drug addicts in the Nordic countries in 2012. *Forensic Sci. Int.* 248, 172–180.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.01.003>
- Simon-Vermot, Pin, S., **2017**. Pointage annuel du profil des usagères et usagers des centres à bas seuil d'accès du canton de Vaud : PAPU 2016. Inst. Univ. Médecine Soc. Préventive IUMSP, Raisons de Santé. <https://doi.org/10.16908/issn.1660-7104/281>
- Singh, V.M., Browne, T., Montgomery, J., **2020**. The emerging role of toxic adulterants in street drugs in the US illicit opioid crisis. *Public Health Rep.* 135, 6–10.  
<https://doi.org/10.1177/0033354919887741>
- Solimini, R., C Rotolo, M., Pellegrini, M., Minutillo, A., Pacifici, R., P Busardò, F., Zaami, S., **2017**. Adulteration practices of psychoactive illicit drugs: an updated review. *Curr. Pharm. Biotechnol.* 18, 524–530.  
<https://doi.org/10.2174/1389201018666170710184531>
- Stadelmann, S., Amiguet, M., Locicero, S., Samitca, S., **2019**. Traitements agonistes opioïdes dans le canton de Vaud : Suivi épidémiologique entre 2015 et 2017. *Raisons Santé* 301. Institut universitaire de médecine sociale et préventive (IUMSP), Lausanne, Suisse.  
<https://doi.org/10.16908/issn.1660-7104/301>
- Steele, M., Silins, E., Flaherty, I., Hiley, S., van Breda, N., Jauncey, M., **2018**. Uptake of wheel-filtration among clients of a supervised injecting facility: Can structured education work? *Drug Alcohol Rev.* 37, 116–120.  
<https://doi.org/10.1111/dar.12481>
- Tarján, A., Dudás, M., Wiessing, L., Horváth, G., Rusvai, E., Tresó, B., Csohán, Á., **2017**. HCV prevalence and risk behaviours among injectors of new psychoactive substances in a risk environment in Hungary—an expanding public health burden. *Int. J. Drug Policy* 41, 1–7.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2016.11.006>

- Thanki, D., Kalamara, E., Noor, A., Montanari, L., Vicente, J., **2015**. Problem drug use indicator (Report). European Monitoring Centre for Drugs and Drug. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Tupper, K.W., McCrae, K., Garber, I., Lysyshyn, M., Wood, E., **2018**. Initial results of a drug checking pilot program to detect fentanyl adulteration in a Canadian setting. *Drug Alcohol Depend.* 190, 242–245.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2018.06.020>
- UNODC, **2018**. World drug report 2018 (set of 5 booklets). United Nations publication, Vienna, Austria. Sales No. E.18.XI.8
- UNODC, **2019**. World drug report 2019 (set of 5 booklets). United Nations publication, Vienna, Austria. Sales No. E.19.XI.8
- UNODC, **2015**. Drug Money: The Illicit Proceeds of Opiates Trafficked on the Balkan Route (Report). United Nations publication, Vienna, Austria.
- UNODC, **2007**. Commission on Narcotic Drugs (Report of the fiftieth session). United Nations publication, Vienna, Austria. Sales No. E/CN.7/2007/16.
- UNODC, **2005**. Methods for impurity profiling of heroin and cocaine. United Nations publication, Vienna, Austria. Sales No. E.05.XI.14.
- UNODC, **2001**. Drug characterization/impurity profiling, Background and Concepts. United Nations publication, Vienna, Austria. Sales No. E.01.XI.10 51, 2.
- Walton, G.R.T., Hayashi, K., Bach, P., Dong, H., Kerr, T., Ahamad, K., Milloy, M.J., Montaner, J., Wood, E., **2016**. The Impact of Benzodiazepine Use on Mortality Among Polysubstance Users in Vancouver, Canada. *Public Health Rep. Wash.* 131, 491–499.  
<https://doi.org/10.1177/003335491613100315>
- Winek, C.L., Wahba, W.W., Balzer, T.W., **2001**. Drug and chemical blood-level data 2001. *Forensic Sci. Int.* 122, 107–123.  
[https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(01\)00483-2](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(01)00483-2)
- Wodak, A., Cooney, A., **2005**. Effectiveness of sterile needle and syringe programmes. *Int. J. Drug Policy* 16, 31–44.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2005.02.004>
- Zingg, C., **2005**. The analysis of ecstasy tablets in a forensic drug intelligence perspective (Thèse de doctorat). Université de Lausanne - Ecole des Science Criminelle, Lausanne.
- Zobel, F., Clot, J., Esseiva, P., Gaume, J., Lefrançois, E., Rossy, Q., Savary, J.-F., Schmutz, E., Simon, O., **2020**. Le marché et les personnes consommant des drogues illégales face à la crise. Dépendance, Addiction Suisse / Ecole des sciences criminelles / Institut universitaire de médecine sociale et préventive. *Dépendances* n°68.
- Zobel, F., Esseiva, P., Udrisard, R., Locicero, S., Samitca, S., **2018**. Le marché des stupéfiants dans le canton de Vaud. Partie 2 : Cocaïne et autres stimulants. MARSTUP. Addiction Suisse / Ecole des sciences criminelles / Institut universitaire de médecine sociale et préventive.
- Zobel, F., Esseiva, P., Udrisard, R., Locicero, S., Samitca, S., **2017**. Le marché des stupéfiants dans le canton de Vaud. Partie 1 : Les opioïdes. Lausanne: Addiction Suisse / Ecole des sciences criminelles / Institut universitaire de médecine sociale et préventive.







---

## ANNEXES

---

### Annexe 1 : Protocole de préparation, liste de standards, paramètres analytiques

Tableau annexe 1.1 : Protocole de préparation des seringues usagées

ETAPES
Pomper 1 ml de <b>Méthanol dans la seringue à 5 reprises.</b>
Vortexer puis prélever à l'aide d'une seringue propre et d'un filtre 250 µl de cette solution dans un microvial.
Ajouter 50 µl mélange SI ( <b>Standard Interne</b> ) et injecter 1µl directement au GC-MS.

Tableau annexe 1.2 : Détail des substances standard utilisées, les composés cibles sont les standards disponibles faisant partie de la liste d'inclusion à partir desquelles une courbe de calibration a été réalisée. (Abréviation Conc. pour concentration et Conc. cible : pour la limite de détection cible du composé).

Utilisation	Nom de la substance	Conc. [mg/ml]	Conc. cible [µg/ ml]	Fournisseur Suisse	Fournisseur Australie
<b>Standard Interne</b>	Phenazine	poudre	50	Cerilliant	Sigma-Aldrich
	Methamphetamine- D5	1	20	Cerilliant	Novachem
<b>Solution contrôle</b>	Mephedrone	1	50	Cerilliant	Novachem
	Methamphetamine	1	50	Cerilliant	Novachem
	Cocaine	1	50	Lipomed	Novachem
	Diacetylmorphine	1	50	Cerilliant	Novachem
	Fentanyl	1	25	Cerilliant	Laboratoire fédéral NMI
	Oxycodone	1	50	Cerilliant	Novachem
	Buprenorphine	1	50	Cerilliant	Novachem
	Phenobarbital	poudre	50	Cerilliant	Sigma-Aldrich
	Ocfentanyl	0.1	25	Cerilliant	NA
<b>Composé cible</b>	3-methylmethcathinone (3-MMC)	1	20 à 100	Cerilliant	NA
	4-methylethcathinone (4-MEC)	1	20 à 100	Cerilliant	NA
	alpha-PVP	1	20 à 100	Cerilliant	NA
	Mephedrone (4-MMC)	1	20 à 100	Cerilliant	NA
	Paracetamol	1	5 à 100	Cerilliant	Novachem
	Caffeine	1	5 à 100	Cerilliant	Novachem
	Levamisole	1	5 à 100	Cerilliant	Novachem
	Phenacetin	1	5 à 100	Cerilliant	Novachem
	Codeine	1	5 à 100	Cerilliant	Novachem
	Carfentanil	0.1	2 à 100	NA	Novachem
	Methylone	1	20 à 100	Cerilliant	NA
	Ocfentanyl	0.1	2 à 100	NA	Novachem
	Furanylfentanyl	0.1	2 à 100	NA	Novachem
<b>Solvant</b>	Acetate d'éthyle			Sigma-aldrich	ChemSupply
	Methanol			Merck	ChemSupply

Tableau annexe 1.3 : paramètres GC-MS appliqués

Appareil :	Agilent® 6890 GC System Agilent® 7683 Autosampler Agilent® 5973 Mass spectrometer detector
Logiciel:	Msd Enhanced Chemstation®
Colonne:	Agilent J&W DB-XLB (30m × 0.25mm, df 0.25 µm) ou HP-5ms (30m × 0.25mm, df 0.25 µm).
Injecteur :	Liner 4mm Quartz for Agilent GC Température : 270°C Mode : Splitless Injection automatique de 1µl de solution
Détecteur :	Température Source : 230°C Température Quadripôle : 150°C Délai de solvant : 3,5min Domaine de scan : 10-400amu, 7 min ; 30-550amu, 20,5 min. Taux d'échantillonnage : 2scans/sec
Four :	70°C, 1min ; 70-200°C, 15°C/min ; 200-300°C, 10°C/min ; 300°C, 7min ; 300-320°C, 30°C/min ; 320°C, 3,67min.
Gaz vecteur :	He, 1,2ml/min

Tableau annexe 1.4 : Paramètres Extracted Ion Chromatogram (EIC) sélectionnés (valeurs m/z retenues pour le composé d'intérêt). Abréviations : QION pour l'ion ciblé par Extracted Ion method, Exp\_RT : le temps de rétention expérimental, EXP\_RT/RT\_IS : le ratio du temps de rétention expérimental du composé sur le temps expérimental du standard interne.

	Nom	Qion	Exp_RT	EXP_RT/RT_IS	
1	Phenazine	180	11.819	1	Standard interne (IS)
2	Dimethylsulfone	94	3.026	0.256	
3	Amphetamine	59	4.987	0.422	
4	Methamphetamine	58	6.099	0.516	
5	3-MMC	58	8.462	0.716	
6	4-MMC	58	8.627	0.73	
7	Acetylamphetamine	44	9.088	0.769	
8	MDMA	58	9.32	0.789	
9	MDEA	72	9.597	0.812	
10	Phenacetin	108	11.346	0.96	
11	Methylphenidate	84	11.452	0.969	
12	Ethylphenidate	122	11.535	0.976	
13	alpha-PVP	126	11.665	0.987	
14	Hydrocotarnine	220	11.972	1.013	
15	Ketamine	180	12.516	1.059	
16	Paracetamol	108	12.516	1.059	
17	Lidocaine	86	12.977	1.098	
18	Caffeine	194	13.296	1.125	
19	Sécobarbital	168	13.328	4.40	
20	Procaïne	86	14.035	4.638	
21	Levamisole	204	14.466	1.224	
22	Methadone	72	15.317	1.296	
23	4-MEC	172	15.6	3.128	
24	Dextromethorphan	59	15.92	3.19	
25	Cocaine	182	16.274	1.377	
26	Diazepam	387	18.043	3.618	
27	Codeine	299	18.414	1.558	
28	Oxycodone	315	18.8599	6.23	
29	Morphine	285	19.04	1.611	
30	6-MAM	326	19.045	1.611	
31	Midazolam	310	19.409	1.642	
32	Benzoylcegonine	124	19.66	1.663	
33	Diacetylmorphine	327	19.759	1.672	
34	Fentanyl	244	21.073	1.783	
35	Clonazepam	315	21.08	3.46	
36	Griseofulvine	138	21.274	1.8	
37	Diltiazem	58	21.9785	3.60	
38	Zolpidem	235	21.983	1.86	
39	Hydroxisine	207	22.515	1.905	
40	Alprazolam	308	23.018	3.77	
41	Buprenorphine	378	30.93	2.617	

## Annexe 2 : Liste des composés adaptée de EMCDDA, 2019b.

Tableau Annexe 2.1 : Liste des composés cibles (substances psychoactive connues, adultérants et métabolites). En **gras et bleu** sont indiqués les composés dont la détection était requise au début de l'étude ESCAPE. Pour ces composés, des solutions standards ont été injectées, afin de déterminer s'il était possible de les détecter.

Classes	Compound	Déecté
Amphétamines (groupe)	<b>Amphétamine</b>	X
	<b>Methamphétamine</b>	X
Cocaïne	<b>Cocaïne</b>	X
Héroïne	<b>Héroïne</b>	X
Morphine	<b>Morphine</b>	X
Buprénorphine	<b>Buprénorphine</b>	X
Naloxone	Naloxone	
Méthadone	<b>Méthadone</b>	X
Fentanils (groupe)	4-Chloro-isobutyrfentanyl	
	4-Fluoro-isobutyryl fentanyl	
	4-Methoxy-butyryl fentanyl	
	<b>Acetylfentanyl</b>	
	Acrylfentanyl	
	Alfentanil	
	Butyrylfentanyl	
	<b>Carfentanil</b>	
	Cyclopentylfentanyl	
	Cyclopropylfentanyl	
	Despropionylfentanyl	
	<b>Fentanyl</b>	
	<b>Furanyl fentanyl</b>	
	<b>Ocfentanyl</b>	
Ortho-Fluorofentanyl		
Valerylfentanyl		
Autres opioïdes	AH-7921	
	<b>Codéine</b>	X
	Dihydrocodéine	
	Oxycodone	X
	<b>Tramadol</b>	
U-47,700		
Cathinones	<b>3-méthylméthcathinone (3-MMC)</b>	
	4-Chloro-alpha-PVP	
	4-Chloroethcathinone	
	4-Chloromethcathinone	
	4-Fluoro-alpha-PVP	
	<b>4-méthyléthcathinone (4-MEC)</b>	
	alpha-PHP	
	<b>alpha-PVP</b>	
	Butylone	
	Ethylone (bk-MDEA)	
	<b>MDPV</b>	
<b>Méphedrone (4-MMC)</b>		

Cathinones (suite)	<b>Methylone</b>	
	Mexedrone	
	N-ethylhexedrone	
	<b>Pentedrone</b>	
Cannabinoïdes synthétiques	5F-MDMB-PINACA	
	AMB-FUBINACA	
THC	Tétrahydrocannabinol	X
Benzodiazépines	3OH-Phenazepam	
	<b>Alprazolam</b>	
	Chlordiazepoxide	
	Citalopram	X
	<b>Clonazepam</b>	<b>X</b>
	Clonazolam	
	Delorazepam	
	Deschloroetizolam	
	Desmethyldiazepam	
	<b>Diazepam</b>	
	Diclazepam	
	Etizolam	
	Flubromazepam	
	Flubromazolam	
	Flunitrazepam	
	Lorazepam	
	Lormetazepam	
	Meclonazepam	
	Metizolam	
	<b>Midazolam</b>	<b>X</b>
	Nifoxipam	
	Nitrazepam	
Oxazepam		
Phenazepam		
Temazepam		
Piperidines	4-Fluoro-methylphenidate	
	<b>Ethylphenidate</b>	<b>X</b>
	<b>Methylphenidate</b>	<b>X</b>
MDMA	MDA	
	MDEA	
	<b>MDMA</b>	<b>X</b>
Kétamine	<b>Kétamine</b>	<b>X</b>
Autres médicaments	Bupropion	
	Carbamazepine	
	Gabapentin	
	<b>Methiopropamine</b>	
	Mirtazapine	X
	Pregabalin	
	Quetiapine	
	Tiaprside	



Autres médicaments (suite)	Zolpidem	X
	Zopiclone	
Dérivée amphétaminique	3-Fluorométhamphetamine	
	4-Fluoro-amphetamine	
	N-propylamphetamine	
Adultérants	Caféine	X
	<b>Dextrométhorphane</b>	<b>X</b>
	Diméthylsulfone	X
	Diltiazem	X
	Griséofulvine	X
	Hydroxyzine	X
	<b>Lévamisole</b>	<b>X</b>
	Lidocaïne	X
	Paracétamol	X
	Phénacétine	X
	Procaïne	X
Sécobarbital	X	
Métabolites (non considéré)	2-éthylidène-1,5-diméthyl-3,3-diphénylpyrrolidine (EDDP)	X
	<b>6-monoacétylmorphine (6-MAM)</b>	<b>X</b>
	7-Aminoclonazepam	
	10-monohydroxycarbamazépine	
	Acide benzoïque	X
	Benzoylécgonine	X
	Cis-cinnamoylcocaïne	X
	Cocaéthylène	X
	Ecgonine méthylester (EME)	X
	Hygrine	X
	Hydrocotarnine	X
	Méthylécgonidine (EC)	X
	Meconine (MEC)	X
	Méthorphane	X
	Noscapine	X
	Norcocaïne	X
	Papavérine	X
	Thebaol	X
	Trans-cinnamoylcocaïne (TRANS)	X
	Triméthoxycocaïne	X
Tropacocaïne	X	
Autres (non considérés)	Nicotine	X
	Cholestérol	X
	Théobromine	X
	Hydroquinone	X
	Quinidine	X
	Sorbitol	X
	Glycérine	X



## Annexe 3: Comparaison de deux indicateurs forensiques

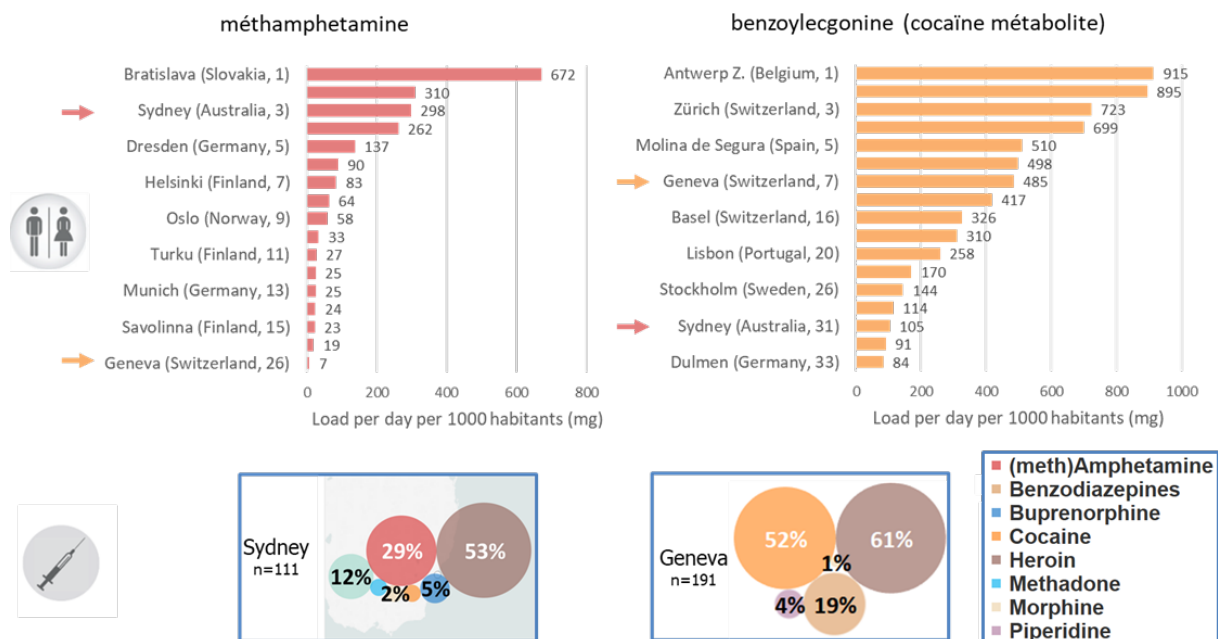


figure annexe 3.1 : Comparaison des charges de méthamphétamine et de benzoylecgonine présents dans les eaux usées (Bannwarth et al., 2019) et comparaison avec les substances stupéfiantes détectées par l'analyse des seringues usagées.



---

## **PUBLICATIONS**

---



---

Lefrançois, E., Esseiva, P., Gervasoni, J.-P., Lucia, S., Zobel, F., Augsburger, M., **2016**. Analysis of residual content of used syringes collected from low threshold facilities in Lausanne, Switzerland. *Forensic Science International* 266.

<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.07.021>



## Analysis of residual content of used syringes collected from low threshold facilities in Lausanne, Switzerland



Elodie Lefrançois<sup>a,\*</sup>, Pierre Esseiva<sup>a</sup>, Jean-Pierre Gervasoni<sup>b</sup>, Sonia Lucia<sup>b</sup>, Frank Zobel<sup>c</sup>, Marc Augsburger<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Ecole des Sciences Criminelles, University of Lausanne, Switzerland

<sup>b</sup> Institut Universitaire de Médecine Sociale et Préventive, Lausanne, Switzerland

<sup>c</sup> Addiction Suisse, Lausanne, Switzerland

<sup>d</sup> Centre Universitaire de Médecine Légale, Lausanne, Switzerland

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 4 May 2016

Received in revised form 21 July 2016

Accepted 25 July 2016

Available online 30 July 2016

#### Keywords:

Illicit drugs

Needle exchange programs

Injection drug users (IDUs)

Low threshold facilities (LTFs)

GC-MS

Harm reduction

### ABSTRACT

**Background:** For the first time in Switzerland, an analysis of residual contents from used syringes collected from low threshold facilities was performed. This preliminary study is part of a wider project aiming to understand patterns of injecting drug use over time.

**Methods:** Among the 100,000 syringes exchanged annually by the ABS foundation (Accueil Bas Seuil), 113 were collected following a purposive sampling method and analysed by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS).

**Results:** Four syringes (4% of the sample population) contained no substances take into consideration the limit of the method. Cocaine was the most commonly observed compound and was detected in 77 syringes (68%), whilst users reported syringes with cocaine among those analysed in this study. Heroin was detected in 49 syringes (43%) and reported by 53 users returning syringes; midazolam was detected in 31 syringes (27%) and reported as the medicine Dormicum<sup>1</sup> in 22 occurrences. No new or unusual illicit drug was detected in the sample.

**Conclusion:** The results show the presence of cocaine in more than half of the sample, an absence of new or unusual illicit drugs, as well as very few traces of methadone, which suggests that this substitution drug is rarely injected. This preliminary study also demonstrates the potential of this developed methodology for monitoring purposes. An ongoing and more systematic approach could allow to detect modifications in drug use patterns among the target population as well as the appearance of new and hazardous substances. Such systematic and timely results could allow an adaptation of harm reduction interventions.

© 2016 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.

### 1. Introduction

The injection of illicit drugs is an important problem in Switzerland which culminated with the open drug scene in the 1980s and 1990s [1]. Since 1994, the Swiss Confederation has set up a drug policy based on “four pillars” [2]: prevention, treatment, harm reduction and repression (law enforcement). Low threshold facilities (LTFs) can be considered as the frontline of harm reduction programs [3] that the injection drug users (IDUs) can visit anonymously. They propose, among other things, needle

exchange programs which were developed from the 1980s on to reduce the number of reused and shared syringes by IDUs for tackling the HIV/AIDS epidemic [4].

For over 20 years, the Institute of Social and Preventive Medicine (IUMSP) has been monitoring the number of syringes distributed in Switzerland and conducting periodic surveys in LTF structures to gather behavioral surveillance data from IDUs [1]. These data rely on the statements of the users and can be biased by the questionnaire or the responses provided.

To have an objective picture of substances that are injected by IDUs, it has been proposed, for the first time in Switzerland, to analyse the residual contents of used syringes collected from two LTFs. In parallel, IDUs were to be questioned about the substances last used with the syringe. The results of the analysis were

\* Corresponding author at: Ecole des Sciences Criminelles, University of Lausanne, Avenue Forel 15, 1015 Lausanne, Switzerland.  
E-mail address: [elodie.lefrancois@unil.ch](mailto:elodie.lefrancois@unil.ch) (E. Lefrançois).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.07.021>

0379-0738/© 2016 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.



compared with the answers of the IDUs for evaluating their knowledge about what they are consuming.

A study about residual content of used syringes had already been performed in Paris, where heroin (42%) was the most commonly observed substance followed by cocaine (41%), buprenorphine (29%) and 4-methylethylcathinone (23%) [5]. The presence of 4-methylethylcathinone was surprising and allowed to assess and improve existing harm reduction strategies.

The results of the present study could also be combined with other sources of data like the analysis of seizures made by the police [6] to compare, for example, the types of cutting agent involved. Cutting agents are compounds which are frequently used to increase the quantities of heroin and cocaine at various levels on the drug market. Two types of cutting agents exist, adulterants and diluents. The adulterants are pharmacologically active compounds whereas diluents are pharmacologically inactive compounds, such as sugars (glucose, lactose . . . ) [7]. Some adulterants are known to be dangerous to IDUs' health. Their detection could allow one to adapt harm reduction message which could then lead to a better understanding of the illicit drug market.

## 2. Methodology

### 2.1. Sampling

Two major syringe exchange facilities from the ABS foundation in Lausanne, called Distribus (mobile) and Passage (stationary), were selected for this study. The syringes were collected during two weeks in March 2015. During this period, waste disposal boxes were placed on LIE, Distribus and Passage for the study. When an IDU brought multiple syringes, only one of them was placed in the study box, in order to maximize the number of participants and gathering the most reliable illicit drug use patterns. Each syringe providing IDU was asked to fill in a questionnaire with four questions about the last injection (What was the last product you injected? What was the injected dose? Did you purchase this product in Lausanne? Have you ever bought drugs on Internet?). The sampled syringes were kept at  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  to avoid degradation of compounds.

### 2.2. Chemicals and material

Methanol (MeOH) and acetic anhydride were purchased from Merck, acetonitrile, ethyl acetate from Sigma–Aldrich, *N*-methyl-*N*-(trimethylsilyl)trifluoroacetamide (MSTFA) from Macherey Negel and anhydrous pyridine from VWR prolabo. New disposable propylene syringes of 1 mL were purchased from Infochroma AG, and wheel filters (Nylon, 0.45 mm) from Titan. 300 mL vials with Silicone/PTFE caps were purchased from Agilent. Clean Pyrex test tubes were used.

### 2.3. Sample preparation

The sampled syringe was prepared by pumping 1 mL of MeOH five times consecutively. The MeOH mixed with the diluted compounds was then collected in a clean test tube, which was then vortexed for 1 min. This solution was equally divided into three test tubes. The first test tube was filtered into a vial with an insert and directly injected into a GC–MS (“Non derivatised sample”) [5].

The second sample was first evaporated to dryness before silylation by adding 100 mL of a solution of anhydride acetic anhydrous and pyridine (3:2). This solution was heated at  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  in an oven for 30 min and evaporated to dryness. The residues were diluted with a 100 mL solution of ethyl acetate, filtered into a vial and injected into a GC–MS.

The third sample was also evaporated to dryness before adding 100 mL of MSTFA. This solution was heated at  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  in an oven for 30 min and again evaporated to dryness. The residues present were diluted with 100 mL of a solution of MSTFA and acetonitrile (1:1), filtered into a vial and injected into a GC–MS. The sample preparation method is summarised in Fig. 1.

### 2.4. Analytical method

An Agilent gas chromatograph (6890N Network) interfaced with an Agilent mass selective detector (5973 Network) was used to perform the analyses. Separation was accomplished on a DB-XLB capillary column (30 m length, 0.25 mm in diameter and 0.25 mm film thickness). Injections were carried out in splitless mode using a general purpose split/splitless liner (Agilent Technologies 208122-10). One microliter of each sample was injected with

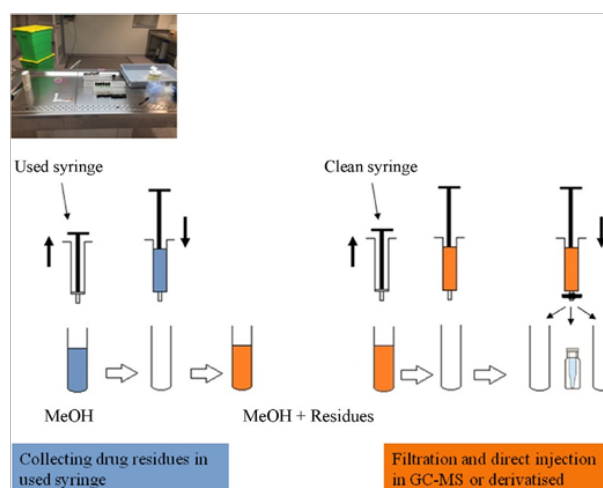


Fig. 1. Sample preparation method.

Table 1  
Number of samples per site.

	Number of days	Number of contacts	Number of refuse	Number of questionnaires and syringe	Number of syringe without questionnaires
Distribus	9	111	14	94 (84%)	3
Passage	10	22	0	19 (86%)	3
Total		133	14	113 (85%)	6

Helium as carrier gas (constant flow mode, 1.2 mL/min). The temperature program starting at 70 °C was held for 1 min, then increased to 200 °C (at 15 °C/min) and to 300 °C (at 10 °C/min). At that temperature, the program was held for 7 min and then increased once more to 320 °C (30 °C/min), at which it was finally held for 3.67 min. The total run time was 31 min.

Temperatures applied were 270 °C for the injector, 230 °C for the ion source and 150 °C for the quadrupole. The MS Data was acquired in full scan mode (10–400 *m/z* mass range for the first 7 min then 30–550 *m/z* mass range), with a sampling rate of 2 scans/s.

### 2.5. Software/data pre-treatment

The data was analyzed using MSD Enhanced ChemStation (Agilent Technologies) and compound characterization was performed using mass spectra computerized databases, such as NIST Version 2014 (National Institute of Standards and Technology), Wiley Edition 10, MPW Version 2011 (Maurer/Pfleger/Weber, Drugs/Poisons/Pesticides/Pollutants & Metabolites), DD Version 2014 (Drug Design & Discovery) and custom databases from the University Institutes of Legal Medicine of the Faculty of Medicine of Geneva (CURML).

Compound characterisation was performed by a single macro in MSD Enhanced ChemStation in order to identify all the compounds present in the syringes using a screening method. The results were stored and handled in an Excel worksheet.

The results of the analyses of the residues present in the used syringes were then compared to the IDUs' answers in the first question which was "What was the last product that you injected".  $\chi^2$  tests were performed using the software R (ISBN: 3-900051-07-0. R foundation for statistical computing, Vienne, 2015).

### 2.6. Comparison of cutting agent

Within this study, only adulterants were studied since diluents can originate from blood residues present in the syringes, which

also contain sugars. For the interpretation, adulterant results were considered only when one psychoactive substance was present. Therefore this result was compared to the analysis of seizures made by the police [6].

## 3. Result

### 3.1. Participation rate and sample size

During this study, 111 contacts with IDUs were made at the Distribus. For 97 of these contacts, the IDU agreed to provide their used syringes for this study. Out of these 97 participants, 94 provided answers to the questionnaire. At the Passage, 22 contacts provided a used syringe. Of the 22 participants, 3 did not respond to the questionnaire.

A total of 113 syringe-questionnaire couples were considered (Table 1).

### 3.2. Illicit drugs detected and reported

One or more active substances were detected in 109 syringes from 113. In detail, one substance was detected in 64 syringes (57%), two substances in 32 syringes (28%) and three substances in 13 syringes (12%). No illicit drugs were detected in 4 syringes (4%).

Cocaine was the most quoted drug in the IDUs' questionnaire and also the most detected compound in this study. It was detected in 77 (68%) syringes, whilst participating IDUs reported it 73 times (65%) for the question about the last product injected.

Heroin was the second most used substance identified during this study in 49 (43%) syringes, whilst it was reported in 53 cases (47%). In third place, midazolam (a benzodiazepine used for reducing anxiety or anesthesia before certain medical procedures or surgery [8]) was detected in 31 syringes (27%), and corresponds to the announced prescribed drug Dormicum<sup>1</sup> (containing the active substance midazolam) in 22 IDU questionnaires (19%).

Finally, methadone was detected in three syringes; D-9-tetrahydrocannabinol (the main active molecule of cannabis) was detected in two syringes. Flurazepam (a benzodiazepine

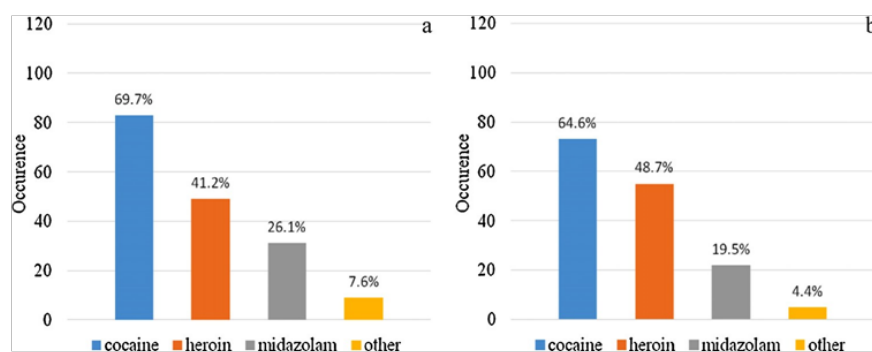


Fig. 2. Occurrence and frequency (expressed as a percentage of the total number of specimens above each histogram) of the substances of abuse detected by GC-MS analysis (a) and reported by the IDUs (b).

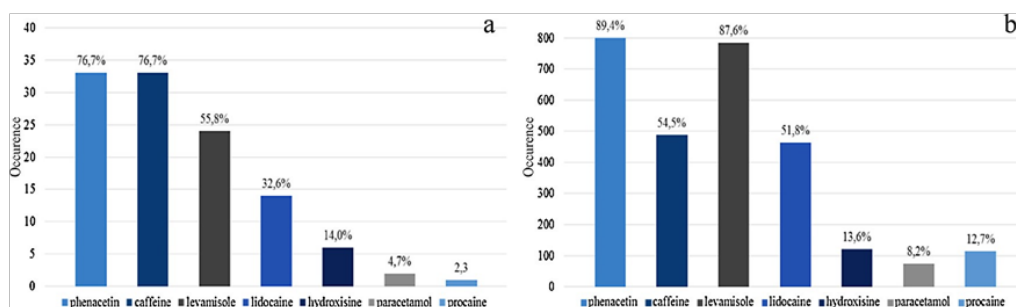


Fig. 3. Occurrence and frequency (expressed as a percentage of the total number of specimens above each histogram) of adulterants detected in the syringes where cocaine was detected (a) and adulterants detected in cocaine street samples (b) (adapted from Ref. [6]).

prescribed for short-term treatment of insomnia), zolpidem (a drug prescribed for insomnia) and methamphetamine were each detected in one syringe (Fig. 2).

### 3.3. Cutting agents

Three different groups were created according to the main drug detected. The first group was composed of syringes containing only cocaine (43 syringes), the second of those containing only heroin or midazolam and heroin (29 syringes) and the third group containing all other syringes (41) which consists of syringes containing heroin and cocaine, midazolam only and the empty syringe. Mixtures of drugs were not considered. However, no other adulterants were detected in the third group.

#### 3.3.1. Cocaine

Among syringes containing only cocaine, phenacetin and caffeine were each detected in 32 (74%) samples, levamisole in 23 (53%), lidocaine in 14 (33%), hydroxyzine in six (14%), paracetamol in two (5%) and procaine in one (2%).

In three syringes (7%) containing cocaine, no adulterants were detected. One respective two adulterants were each detected in 6 syringes (14%), three adulterants in 18 syringes (42%), four adulterants in nine syringes (21%) and all adulterants were detected in one single syringe (2%).

The most frequently detected combination was phenacetin with caffeine and levamisole, detected in eight syringes (19%) followed by the combination of phenacetin, lidocaine and caffeine in seven syringes (16%).

The frequency of each adulterant detected in the syringes which contained cocaine was compared to the frequencies of adulterants obtained from cocaine samples analysed in 2014 by the School of Criminal Sciences (ESC) in Lausanne [6] (Fig. 3).

The same types of adulterants were detected in these two set of data, however caffeine had a higher occurrence in this project and levamisole was most detected in cocaine seized by the police.

#### 3.3.2. Heroin

In the heroin group, caffeine was detected in 28 syringes (97%), paracetamol in 27 (93%), levamisole in three (10%), griseofulvin in two (7%) and phenacetin (3%) in one.

The frequencies of each adulterant detected in syringes containing heroin or heroin/midazolam was compared to frequencies obtained for heroin samples seized by the police and analysed by the School of Criminal Sciences (Fig. 4).

Frequencies of caffeine and paracetamol were almost the same in this syringe group as well as the frequencies resulting from the heroin seizure.

## 4. Discussion

### 4.1. Participation

Among those people exchanging syringes in the two facilities, 89% accepted to participate in this study. Although authorization was granted for this study, only a small number refused to participate and many IDUs were even interested in knowing the contents of their syringes.

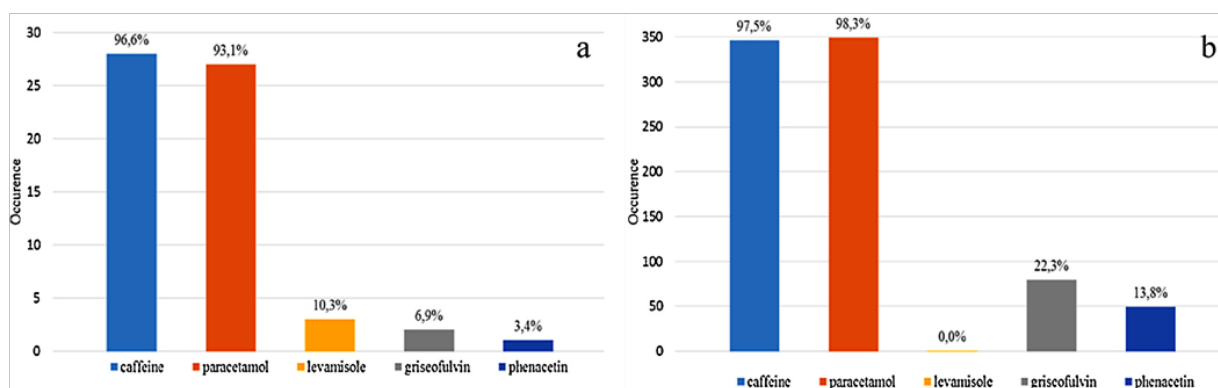


Fig. 4. Occurrence and frequency (expressed as a percentage of the total number of specimens above each histogram) of the adulterants detected in the used syringes where heroin was detected (a) and adulterants detected in heroin street samples (b) (adapted from Ref. [6]).



#### 4.2. Analytical strategy

For this first study, the analytical strategy was chosen in order to detect a large variety of psychoactive substances which could be used by IDUs. For this reason, a screening approach based on the analysis of the underivatized sample by the GC–MS was used. In fact, several mass spectra libraries including new psychoactive substances and illicit drugs are available for substance characterisation. In order to maximize, the number of substances that could be identified by GC–MS sample were also analysed after derivatisation. This procedure permits to reduce polarity and enhance volatility, increasing thermal stability and enabling a GC–MS analysis of a maximum of compounds [9].

The results presented in this study are a compilation of the three sample preparations. On the one hand, several substances detected in underivatized samples were confirmed by identification of each substance in the derivatised samples. On the other hand, some substances such as sugar and paracetamol were characterised on derivative samples only. The results after acetylation supplied no additional information compared to those obtained after silylation, however peak resolution on the chromatograms was better after silylation. For this reason, further studies using this strategy could be performed using direct injection and silylation analysis.

This approach is qualitative. Due to the quality and heterogeneity of samples a quantitative analysis is not possible. However, differences in the intensity of the signal were observed, suggesting different amounts of substances in the different samples. Different reasons could explain these differences like the purity of the illicit drugs, the dilution of the injected materials, a contamination during the preparation of the injection, detection of metabolite contained on blood residues or the reuse of syringes.

#### 4.3. Illicit drugs announced versus illicit drugs detected

##### 4.3.1. General

Based on the distribution of active substances, the difference between the illicit drugs announced during the survey and those detected by GC–MS was not statistically significant ( $\chi^2$  test,  $p$ -value = 0.49 > 0.05) for the four groups, cocaine, heroin, midazolam (Dormicum<sup>1</sup>) and other. Moreover, no significant differences was observed between syringes collected during the different days of week ( $\chi^2$  test,  $p$ -value = 0.64 > 0.05).

##### 4.3.2. Cocaine

The most commonly observed compound measured during the sampling campaign was cocaine.

A good agreement was observed between the number of syringes for which IDUs announced cocaine injection (73 answered in the first question) and the number of syringes in which cocaine was detected (77 syringes).

In Europe, the use of cocaine by polytoxicomane has increased since 2009. This increase could reflect the use of cocaine in primary drugs as an opiate replacement as well as the use of cocaine among primary heroin users [10]. In the present study, cocaine frequency was higher than heroin frequency. Moreover, heroin and cocaine were detected in the same syringe which is in accordance with these trends.

In Switzerland since 2009, cocaine seizures have slightly increased (556 kg in 2009, 588 kg in 2015), which is consistent with the increase of cocaine consumption [11,12].

##### 4.3.3. Heroin

Heroin was the second most used substance in the sampled population (41% detected and 49% reported). When morphine was

detected in presence of 6-monoacetylmorphine and/or diacetylmorphine (also called heroin), the result was expressed like heroin. In Switzerland, distribution of therapeutic heroin is only realised in the German part, therefore this practice does not exist in Lausanne [13]. For this reason it is supposed that when heroin was detected, it was not due to an opiate substitution therapy.

Since 2009, heroin seizures have decreased in Switzerland (200 kg in 2009, 151 kg in 2015), which is consistent with opiates replacement [11,12].

##### 4.3.4. Midazolam

Midazolam is the third most occurring substance. It was detected in 31 syringes (26% of the sample population). Midazolam is an active compound found in medicine used for opiate addiction treatment, such as Dormicum<sup>1</sup>, beside substances used for opioid substitution treatment, such as methadone or buprenorphine. The Dormicum<sup>1</sup> is answered by 22 IDUs to be the last injected substance (19%). One can observe that IDUs did not use injectable midazolam solution but that they used a preparation based on Dormicum<sup>1</sup> pills for injection.

75% of the syringes in which midazolam was detected also contained heroin and 50% of the syringes where heroin was detected contained midazolam. Statements provided by the IDUs indicate that Dormicum<sup>1</sup> is sometimes used to increase the effect of heroin.

Previous studies have already shown that benzodiazepine was used to prolong the intensity and duration of the effect of opioid [14]. In Europe, the prevalence of benzodiazepine misuse with opioid substitution treatment was evaluated from 45% in France to 70% in Germany [15]. This practice was also described on heroin users which injected benzodiazepine with or without heroin [16–20]. In Australian's studies [21], users inject preferably temazepam, while in the present study only the use of midazolam was highlighted.

It is important to underline that simultaneous use of opiate with benzodiazepines and other central nervous system depressants, increase the risk of fatal overdose through respiratory depression [22].

##### 4.3.5. Others

Only 2% of syringes contained methadone, a widely used opioid substitution treatment in Lausanne. This suggests that methadone is not injected by the sampled population, which could show the efficiency of prevention messages diffused by the public health sector [23].

No compounds were detected in 4 syringes (4%). It was assumed that these syringes had been cleaned or rinsed out, a process mentioned by one of the IDUs participating in the study. These syringes could have contained other psychoactive substances which were not detected within the other syringes collected.

##### 4.3.6. Detection of several substances

The presence of several active substances detected in used syringes can be explained by various factors, such as the reuse or the sharing of syringes, simultaneous consumption of several compounds or contamination from materiel used before injection, or from the IDUs' blood due to a previous consumption of drugs. Indeed, 62% of the used syringes contained blood residues.

#### 4.4. Cutting agents

##### 4.4.1. Cocaine

All residual substances detected in the syringes are already known adulterants used to cut cocaine specimen [7]. Their relative frequencies observed in our sample of syringes reflect their presence in seized street samples of cocaine [6]. The caffeine

frequencies in the present work could be higher than what the police seized because of blood interference as already discussed.

The detection of three different adulterants was detected more frequently on syringe contained only cocaine. Indeed 18 syringes containing only cocaine also contained three adulterants. The most detected combination was phenacetin with caffeine and levamisole (8 syringes 19%). In contrast to heroin, the presence simultaneous of a couple of substance was not observed.

#### 4.4.2. Heroin

For more than 20 years, the mixture paracetamol and caffeine is used as a main adulterating mixture to cut heroin [7]. It is also these two substances that have been observed in the analysed syringes. In contrast to cocaine, heroin adulterants are almost exclusively identified as paracetamol and caffeine. Only 6 syringes (20%) contained other substances. The mixture paracetamol caffeine was only detected in 80% (23) of the syringes according to the limit of our method. This observation was already mentioned in precedent studies [6,7].

### 4.5. Data triangulation

#### 4.5.1. Survey conducted in the Canton of Vaud

A precedent study was undertaken in 2012 in the Canton of Vaud. This study consists of a questionnaire among users of LTFs [4]. On this latter, all users of LTFs were interviewed, IDU and drug users consuming by other ways (inhalation route, sniff . . . ). The users questioned said they consumed primarily cocaine intravenously (38%), followed by heroin (30%). In the present work, only IDUs were considered which explains the higher rate. These observations support the hypothesis that no significant change in IDU consumption during the last three years occurred.

#### 4.5.2. New psychoactive substances (NPS)

NPS are defined by the UNODC as “substances of abuse, either in a pure form or a preparation, that are not controlled by the 1961 Single Convention on Narcotics Drugs or the 1971 Convention on Psychotropic Substances, but which may pose a public health threat.” The EMCDDAs early warning system shows an important increase of this type of substances since 2010. NPS have become a global phenomenon and all regions of the world have detected them [12]. A study of residual content in used syringes from automatic injection kit dispensers in Paris detected a new psychoactive substance (NPS) – 4-methylethcathinone – in 23% of the syringes between the summer and winter of 2012 [5].

Within our study in Lausanne, no NPS were detected. This result is consistent with the low number of police records in Lausanne. Two hypotheses can be made to explain this finding. The first is that cocaine and heroin are readily available in Lausanne and that drug users do not need to turn towards new psychoactive substances whose effects are not well known.

The second hypothesis is that the absence of NPS is due to our sampling approach. Our targeted population was users of LTFs, people who may not be very likely to consume NPS [13]. Study participants also reported not buying drugs on the Internet, this being the place where most NPS are offered [20,24].

### 5. Conclusion

For the first time in Switzerland, an analysis of the residual contents of used syringes collected from low threshold facilities was performed. This study is part of a wider project aiming at understanding the illicit drug market and its evolution over time. Analyses of the content of used syringes inform about the actual composition of consumed illicit drugs among IDUs and thus

provide opportunities to adapt harm reduction messages and interventions.

This study has shown that cocaine was the most commonly detected drug in the sampled syringes following by heroin. The third most consumed substance was midazolam, the active substance in Dormicum<sup>®</sup>. Only 2% of the sampled syringes contained opioids used in substitution treatment like methadone. No NPS were detected during this study.

The analysis of used syringes also allowed to identify adulterants. The samples in which cocaine was detected mainly contained phenacetin, caffeine and levamisole, in the same proportions as those observed among cocaine seizures analysed by the the School of Criminal Sciences (ESC) Lausanne. For specimens containing heroin, the main adulterants detected were paracetamol and caffeine. These observations are in agreement with current knowledge about cutting practices [7]. The analysis of the content in used syringes and surveys among IDUs provide a new insight into the composition of drugs that are used intravenously. A systematic analysis of used syringes offers a new tool to detect modification in patterns of drug consumption among a specific target population as well as to detect new substances that are injected. Such systematic and timely results could help to adapt harm reduction policies. An ongoing and more systematic approach could allow detections of modifications in drug use patterns among a larger population.

### Acknowledgments

The authors would like to thank the Director of the ABS Foundation Nicolas Pythoud and his team for their support and knowledge sharing. We appreciate the help of Sorcha Keating and Sophia Gruissem for the English correction.

### References

- 1 F. Dubois-Arber, H. Balthasar, F. Zobel, S. Arnaud, S. Samitca, A. Jeanuin, D. Schnoz, J.-P. Gervasoni, Trends in drug consumption and risk of transmission of HIV and hepatitis C virus among injecting drug users in Switzerland 1993–2006, *Euro Surveill.* 13 (21) (2008) 717–727.
- 2 F. Zobel, R. Thomas, S. Arnaud, E. De Preux, T. Ramstein, B. Spencer, A. Jeanuin, F. Dubois-Arber, Global Evaluation of the Confederation's Measures to Reduce Drug-related Problems (ProMeDro): Fourth Synthesis Report 1999–2002, *Lausanne Inst. Univ. Méd. Soc. Prévent.*, 2003.
- 3 J.-P. Gervasoni, H. Balthasar, T. Huissoud, A. Jeanuin, F. Dubois-Arber, A high proportion of users of low-threshold facilities with needle exchange programmes in Switzerland are currently on methadone treatment: Implications for new approaches in harm reduction and care, *Int. J. Drug Policy* 23 (1) (2012) 33–39, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.drugpo.2011.05.015.
- 4 S. Locicero, S. Arnaud, G. Füglistaler, F. Dubois-Arber, J.-P. Gervasoni, Résultats de l'enquête 2011 auprès des usagers des structures à bas-seuil en Suisse, *Raison Santé* 199a (2012) 2–64.
- 5 T. Néfau, E. Charpentier, N. Elyasmino, C. Duplessy-Garson, Y. Levi, S. Karolak, Drug analysis of residual content of used syringes: a new approach for improving knowledge of injected drugs and drug user practices, *Int. J. Drug Policy* 26 (4) (2015) 412–419, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.drugpo.2014.09.010.
- 6 J. Broséus, N. Gentile, F. Bonadio Pont, J.M. Garcia Gongora, L. Gasté, P. Esseiva, Qualitative, quantitative and temporal study of cutting agents for cocaine and heroin over 9 years, *Forensic Sci. Int.* 257 (2015) 307–313, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.09.014.
- 7 J. Broséus, N. Gentile, P. Esseiva, The cutting of cocaine and heroin: a critical review, *Forensic Sci. Int.* 262 (2016) 73–83, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.02.033.
- 8 J. Donzé, *Breviamed: bréviaire clinique des médicaments—revmed*, Ed. Médecine Hygiène, (2011) <http://www.revmed.ch/rms/2011/RMS-296/Breviamed-breviature-clinique-des-medicaments> (accessed 09.06.16).
- 9 J. Drozd, *Chemical Derivatization in Gas Chromatography*, Elsevier, 1986.
- 10 EMCDDA, Polydrug use: patterns and responses, (2009) [http://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/534/EMCDDA\\_5i09\\_polydrug\\_use\\_187893.pdf](http://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/534/EMCDDA_5i09_polydrug_use_187893.pdf) (accessed 20.06.16).
- 11 Section Criminalité et droit pénal, Statistique policière de la criminalité (SPC). Rapport annuel 2009, (2009).
- 12 Section Criminalité et droit pénal, Statistique policière de la criminalité (SPC). Rapport annuel 2015, (2015).

- 13 D. Hiltbrand, M. Dickson-Spillmann, H. Bolliger, M. Schaub, Office fédéral de la santé publique - Traitement avec prescription de diacétylmorphine (héroïne), <http://www.bag.admin.ch/themen/drogen/00042/00629/00799/index.html?lang=fr>, n.d. (accessed 21.06.16).
- 14 A. Casati, R. Sedefov, T. Pfeiffer-Gerschel, Misuse of medicines in the European union: a systematic review of the literature, *Eur. Addict. Res.* 18 (2012) 228–245, doi:<http://dx.doi.org/10.1159/000337028>.
- 15 EMCDDA, The misuse of benzodiazepines among high-risk opioid users in Europe, (2015) <http://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/963/TDAT14001ENN.pdf> (accessed 09.06.16).
- 16 S. Darke, J. Ross, M. Teesson, M. Lynskey, Health service utilization and benzodiazepine use among heroin users: findings from the Australian Treatment Outcome Study (ATOS), *Addiction* 98 (2003) 1129–1135, doi:<http://dx.doi.org/10.1046/j.1360-0443.2003.00430.x>.
- 17 M. Backmund, K. Meyer, K. Meyer, M. Soyka, J. Reimer, C.G. Schütz, Co-consumption of benzodiazepines in heroin users, methadone-substituted and codeine-substituted patients, *J. Addict. Dis.* 24 (2006) 17–29, doi:[http://dx.doi.org/10.1300/J069v24n04\\_02](http://dx.doi.org/10.1300/J069v24n04_02).
- 18 J. Ross, S. Darke, W. Hall, Benzodiazepine use among heroin users in Sydney: patterns of use, availability and procurement, *Drug Alcohol Rev.* 15 (1996) 237–243, doi:<http://dx.doi.org/10.1080/09595239600185971>.
- 19 M. Vogel, B. Knöpfli, O. Schmid, M. Prica, J. Strasser, L. Prieto, G.A. Wiesbeck, K. M. Dürsteler-MacFarland, Treatment of high benzodiazepine use in patients on injectable heroin or oral opioids, *Addict. Behav.* 38 (14) (2013) 2477–2484, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.addbeh.2013.05.008>.
- 20 UNODC, World Drug Report 2014, U. N. Publ. 14(7), (2014) [http://www.unodc.org/documents/wdr2014/World\\_Drug\\_Report\\_2014\\_web.pdf](http://www.unodc.org/documents/wdr2014/World_Drug_Report_2014_web.pdf) (accessed 09.06.16).
- 21 C.L. Fry, R.B. Bruno, Recent trends in benzodiazepine use by injecting drug users in Victoria and Tasmania, *Drug Alcohol Rev.* 21 (2002) 363–367, doi:<http://dx.doi.org/10.1080/0959523021000023225>.
- 22 M. Warner-Smith, S. Darke, M. Lynskey, W. Hall, Heroin overdose: causes and consequences, *Addict Abingdon Engl.* 96 (2001) 1113–1125, doi:<http://dx.doi.org/10.1080/09652140120060716>.
- 23 T. Huissoud, C. Gumy, J.-P. Gervasoni, F. Dubois-Arber, Analyse de la statistique des traitements à la méthadone dans le canton de Vaud. Période 2001–2008, *Raisons Santé* 175. [https://www.iunsp.ch/Publications/pdf/rds175\\_fr.pdf](https://www.iunsp.ch/Publications/pdf/rds175_fr.pdf), 2010 (accessed 17.06.16).
- 24 EMCDDA, European Drug Report 2014: trends and developments, (2014) <http://www.emcdda.europa.eu/publications/edr/trends-developments/2014> (accessed 09.06.16).







---

Lefrançois, E., Augsburg, M., Esseiva, P., **2018**. Drug residues in used syringes in Switzerland: a comparative study. *Drug Testing Analysis*.  
<https://doi.org/10.1002/dta.2335>

## SHORT COMMUNICATION

# Drug residues in used syringes in Switzerland: A comparative study

Elodie Lefrançois<sup>1</sup>  | Marc Augsburger<sup>2</sup> | Pierre Esseiva<sup>1</sup><sup>1</sup> School of Criminal Justice, University of Lausanne, Switzerland<sup>2</sup> University Centre of Legal Medicine, Lausanne, Switzerland

Correspondence

Elodie Lefrançois, School of Criminal Justice, Quartier UNIL-Sorge, Bâtiment Batochime, CH-1015 Lausanne, Switzerland.

Email: [elodie.lefrancois@unil.ch](mailto:elodie.lefrancois@unil.ch)

## Abstract

Harm reduction services, including needle-exchange programmes, have been implemented in Switzerland for over 20 years. Their main aim is to lessen the negative social and/or physical consequences associated with illicit drug consumption and, therefore, improve prevention messages. To this end, knowledge of illicit drug consumption practices is necessary. Periodic self-report surveys are the primary source of data for monitoring drug users' behaviour. Analysis of residual content of used syringes can bring further and objective knowledge about consumed products through analytically confirmed data.

Used syringes were sampled in 2 syringe-exchange facilities in Lausanne. These structures are a bus where the users bring back their syringes (ABS) and an automatic injecting kit dispenser (AIKD). Once syringes were collected, a validated gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) method was implemented in order to detect drugs (licit or illicit) contained in the residual content of used syringes.

Cocaine was the most common drug detected alone (39% in ABS and 31% in AIKD), followed by the simultaneous detection of heroin and cocaine (12% and 17%) and heroin and midazolam (12% and 17%). The differences between the illicit drugs distribution of used syringes collected in AIKD and ABS were not statistically significant.

Analysis of residual content of used syringes as a monitoring tool is an original approach that has already led to a better understanding of the habits of drug-injection users. Over the long term, this approach is a powerful tool to track and detect new consumption practices in a quasi-real-time.

## KEYWORDS

GC-MS, harm reduction, illicit drugs, injection drug users (IDUs), needle-exchange programmes

## 1 | INTRODUCTION

Some 30 years ago, Platzpitz park in the city of Zurich, was home to an international scene of open drug use. Although this named Needle Park closed in 1992, this experience led to harm reduction becoming 1 of 4 pillars of Swiss illicit drugs policy. Low threshold facilities were implemented in order to support injecting drug users (IDUs). In these structures, it is possible to exchange used syringes for new injecting material. Periodic self-reported surveys are conducted to observe and report impact of these needle-exchange programmes on user's behaviour.<sup>1,2</sup>

Analysis of residual content of used syringes could be an alternative to non-analytical data to gather information about drugs consumed

by injection routes of administration. This approach was already performed in Switzerland<sup>3</sup> and also in France<sup>4,5</sup> and Hungary.<sup>6,7</sup>

Drug residue analysis in used syringes has some clear advantages, as it is not subject to the biases associated with self-reported data and provides information about the current composition of illicit drugs consumed. It is also possible to compare cutting agents present on residues content of used syringes to cutting agent present on illicit drug seizures.<sup>8</sup>

More specifically this article details the comparison of 2 sampling strategies conducted on different exchange facilities. Then, the data obtained allow to evaluate which type of structures will have to be sampled in order to have the best overview of IDUs' behaviour and reduce, as far as possible, time and cost involved.

## 2 | MATERIAL AND METHODS

Five steps composed the *modus operandi* for analysis of residual content of used syringes by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) to detect the presence of an illicit drug (Figure 1).

In this study, the main goal was to obtain the best picture of the variety of drugs used. So, the following sampling strategy was then applied.

### 2.1 | Sampling strategy

Two sampling campaigns were undertaken for the purpose of this study. The first was conducted during 1 week in March 2015. During this campaign, 2 major syringe-exchange facilities from the ABS Foundation (Accueil Bas Seuil<sup>1</sup>) in Lausanne were sampled.

The second was conducted in June 2016 on automatic injection kit dispensers (AIKDs). These dispensers were implemented in 2016 by the ABS Foundation to make up for the lack of material exchange after 9 pm, when other structures are closed.

In the syringe-exchange facilities, paraphernalia exchange was conducted on the principle "n = n": for each used syringe collected, 1 sterile syringe was distributed. The sampling method used in these structures consists of taking 1 syringe per IDU. This method maximises the number of participants and increases the reliability of illicit drug use patterns. For AIKDs, the paraphernalia exchange followed the principle "n = 2n": for 1 used syringe collected, 2 sterile syringes were distributed. Because of this distribution method, some IDUs exchanged sterile syringes to obtain an extra sterile injection material. Therefore, the first step was undertaken to determine and remove the sterile syringes, as detailed in the section regarding the participation rate. Then, a random sample was carried out on the remaining used syringes.

### 2.2 | Sample preparation

The second step consists of the preparation of the selected syringes (Figure 1). The sample preparation follows one presented in a previous study<sup>3</sup> to maximise the number of detected substances. It can be summarised as follows:

- One mL of methanol was pumped with the used syringes 5 times to dilute the compound and then injected into a sterile test tubes.
- After filtration, the methanol containing residues was divided in 2 parts:
  - The first was directly injected in GC-MS after adding internal standard (IS with metamphetamine-D14, phenazine and diazepam-D5).
  - After adding SI, the second part was evaporated to dryness and then derivatised with 100  $\mu$ L of MSTFA<sup>2</sup>:ACN<sup>3</sup> (1:1; 80°C during 30 minutes). One  $\mu$ L was injected in GC-MS.

### 2.3 | Instrumental analysis

The analytical method used during this sampling campaign was similar to that presented in Lefrançois et al.<sup>3</sup> This method is used in the University Center of Legal Medicine (CURML) in routine and recommended in the literature.<sup>9-11</sup>

### 2.4 | Data acquisition and data treatment

As detailed in Lefrançois et al.,<sup>3</sup> compound characterisation was performed using mass spectra computerised databases. Then, the detected components were listed in a table. Two groups of compounds were highlighted for this study.

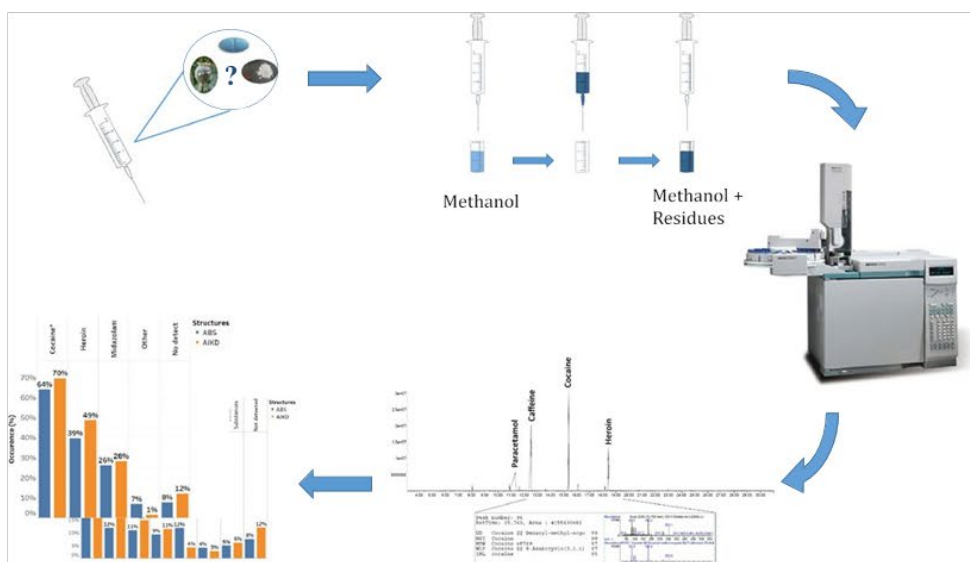


FIGURE 1 Analysis of residual content of used syringes by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) to detect illicit drugs. Five key steps; step 1: Delimit the research question, step 2: Sample preparation,<sup>4</sup> step 3: GC-MS analysis, step 4: Data acquisition, step 5: Data treatment [Colour figure can be viewed at [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com)]

The first was psychotropic substances. In this study, the analytical method employed was highly sensitive to detect these substances. During data treatment, it is important to be able to distinguish traces provided by substance consumption from metabolites present in the UDI blood. Therefore, a threshold was defined in order to separate these 2 situations. Occurrence of drug mix is graphically represented; statistical analysis was then implemented to compare the distribution of different sampling campaigns ( $\chi^2$  test).

The second group was cutting agent components. Plant-based illicit drug, such as heroin and cocaine, are complex mixtures which rarely contain the drug alone.<sup>12</sup> Cutting agent was to be added at any point in the distribution chain. There are 2 types of cutting agents. Adulterants are pharmacologically active compounds, whereas diluents are pharmacologically inactive compounds, such as sugars.<sup>13</sup>

In this research, only adulterants were considered. The study of adulterants was performed by separating syringes containing only cocaine and syringes containing only heroin. Adulterant patterns were compared to Broseus et al.,<sup>8</sup> a study of cutting agent for cocaine and heroin seizures.

### 3 | RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 | Participation rate

During the first campaign, 119 syringes were obtained from the ABS Foundation. In 2016, 232 syringes were extracted from the AIKD. For 2016, and due to the sampling strategy, this number includes syringes that contained no visible trace of blood or other liquid residues. Based on visual inspection, approximately 10% (n = 22) of syringes collected from the AIKD were considered clean and unused. These syringes were put aside and finally 210 syringes collected from the AIKD were analysed. The recovery of 10% of seemingly clean syringes suggests that a restricted proportion of IDUs exchange sterile syringes to get extra injection material.

#### 3.2 | Psychoactive drugs detected

During the ABS campaign, in the 119 analysed syringes, cocaine is the illicit drug most consumed intravenously among the sampled population. It was detected in 76 (64%) samples, using the threshold detailed below. Heroin and/or its principal metabolite, 6-monoacetylmorphin (6-MAM) were detected in 49 (45%) samples and midazolam (active substance in drug prescribed for sleeping troubles, Dormicum®) in 31 (30%). Other drugs detected were methadone (3 syringes, 3%) and methamphetamine (1 syringe, 1%).

On the AIKD, of 210 analysed syringes, cocaine was detected in 146 (70%), 6-MAM in 102 (49%), and midazolam in 59 (28%). Buprenorphine and methamphetamine was also detected in 2 (1%) and 1 (0.5%) syringe(s), respectively.

All these results are summarised in Figure 2. No statistical difference could be highlighted between the 2 sampling campaigns conducted in Lausanne ( $\chi^2$  test, p-value = 0.87 > 0.05 for the 3 main groups - cocaine, heroin, and midazolam). These results support the hypothesis that the influence of the type of sampling campaign conducted in a given city, in this case the AIKD versus syringe-exchange

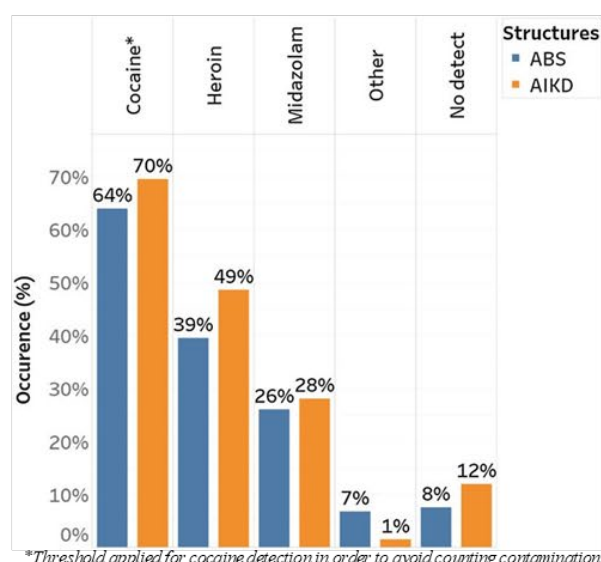


FIGURE 2 Occurrence of illicit drugs detected during analysis residual content of used syringes during sampling campaign occurred during 2015 in the ABS Foundation (ABS; n = 119) and in 2016 at automatic disposal (AIKD; n = 210) [Colour figure can be viewed at [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com)]

structures, on the results of the distribution of psychotropic substances is within acceptable limits.

During sampling campaigns in syringe-exchange facilities such as the ABS, contact is required with IDUs when they bring back the injection material, whereas the AIKD container is simply recovered when it is full, making the collection of syringes from AIKDs cheaper and faster than from syringe-exchange structures. During this study, no statistical difference was observed between proportions of illicit drugs recovered from syringes collected in the AIKD and from the ABS exchange structure. If the proportions of users falling in each category (cocaine, heroin, midazolam...) are considered representative of the entire IDU population, both collection sites provide an overview of IDU consumption. Therefore, for future studies, the sampling could be reduced to syringes from AIKDs.

#### 3.3 | Illicit drugs detected in conjunction

Of the samples analysed from the ABS structure, a single illicit drug was detected in 63 (53%, n = 119), multiple illicit drugs were detected in 47 (40%, n = 119) and no compounds was detected in 9 (7%, n = 119) samples. From the AIKD, 89 (42%, n = 210) contained a single illicit drug and 96 (46%, n = 210) contained multiple illicit drugs.

Cocaine alone was detected in 47 (39%, n = 119) syringes provided from the ABS structures and 66 (31%, n = 210) from the AIKD. Heroin and cocaine were detected in conjunction in 14 syringes collected from the ABS (12%, n = 119) and 36 syringes collected from the AIKD (17%, n = 210). The simultaneous consumption of heroin and cocaine, also called a "speedball", has been reported in literature for more than 30 years.<sup>14</sup> However, the joint detection of heroin and cocaine could be a consequence of a distinct consumption of each drug using the same syringe. Heroin and midazolam were detected in conjunction in 14 (12%, n = 119) samples from the ABS and 36 (17%,



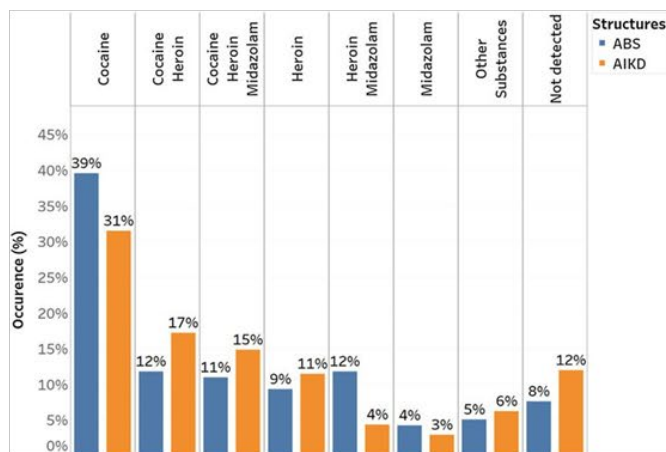


FIGURE 3 Occurrence of illicit drugs detected on syringe sampling campaign occurred during 2015 in the ABS Foundation (ABS;  $n = 119$ ) and in 2016 at automatic disposal (AIKD;  $n = 210$ )

$n = 210$ ) from the AIKD. Heroin alone was detected in 11 (9%) syringes collected on ABS structures and 24 (11%) from AIKDs. A combination of cocaine, heroin, and midazolam was detected in 13 (11%,  $n = 119$ ) and 31 (15%,  $n = 210$ ) samples. Some of the IDUs had declared using midazolam to boost the effect of heroin.

Joint detection of illicit drugs is summarised in Figure 3. No statistical difference could be highlighted between the sampling performed at the ABS Foundation in 2015 and at the AIKD in 2016 ( $\chi^2$  test,  $p\text{-value} = 0.29 > 0.05$ ).

### 3.4 | Cutting agents

As mentioned in the Introduction, it was possible to compare cutting agents detected in syringe residues with the analytical data coming from the analysis of police illicit drug seizures.

#### 3.4.1 | Group characteristic

The first group is composed of cocaine-only samples. In the ABS study, this group contained 47 samples, 39% of all analysed syringes, while it consisted of 66 syringes (31%) in the present study. The second group, containing heroin samples (with or without midazolam), was composed of 25 and 33 syringes for the ABS and the AIKD, respectively.

#### 3.4.2 | Cocaine

The most detected adulterant during the 2 studies was caffeine, which comes in third place for the samples from the police seizures.<sup>8</sup> Precautions should be taken with this result. Indeed, presence of caffeine in the blood can be consecutive to the consumption of many other licit products. Therefore, the detection of caffeine is not necessarily due to its presence as a cutting agent of cocaine. Phenacetin was the second most detected adulterant, which is also the case for the samples from the police seizures.<sup>8</sup> Then, levamisole and lidocaine were detected, which is also seen in cocaine seizures.<sup>8</sup> The proportion of syringes containing cutting agents was described in Figure 4.

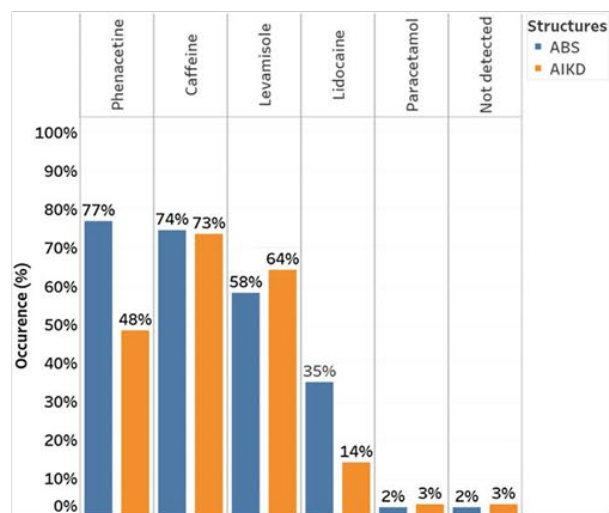


FIGURE 4 Cutting agent occurrence detected on syringes containing only cocaine for the ABS campaign ( $n = 47$ ) and the AIKD ( $n = 66$ ) [Colour figure can be viewed at [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com)]

No statistical difference concerning cocaine cutting agents was highlighted between the 2 studies conducted at Lausanne in the ABS and the AIKD ( $\chi^2$  test,  $p\text{-value} = 0.08 > 0.05$  for the 3 main adulterants - caffeine, phenacetin, and levamisole). This result supports the hypothesis that the same results for a cutting agent present in cocaine-only syringes were obtained from both sampling campaigns. This result provides additional support to the hypothesis that syringes collected from the AIKD are representative of illicit drugs consumed by IDUs using syringe-exchange structures.

#### 3.4.3 | Heroin

For the last 20 years, caffeine and paracetamol have been reported as the main adulterants in heroin in many European countries and the most recent studies report their detection at similar and high

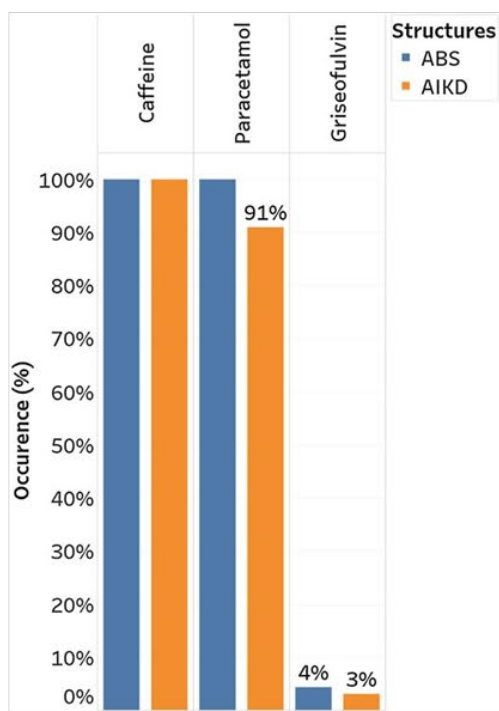


FIGURE 5 Cutting agent occurrence detected on syringes containing only heroin (with or without midazolam) for the ABS campaign (n = 25) and the AIKD (n = 33)

appearance frequencies.<sup>13</sup> As expected, the same observations were made during this study and no significant statistical differences were noted (p-value = 0.91 > 0.05). All the cutting agent proportions are detailed in Figure 5.

#### 4 | CONCLUSION

An analysis of the residual contents of used syringes collected from low threshold facilities in Switzerland was performed. This study is part of a wider project aiming at understanding the illicit drug market and its evolution over time. Analysis of the content of used syringes provides information about the actual composition of illicit drugs consumed by IDUs and thus provides opportunities to adapt harm reduction messages and interventions. For example, if dangerous substances were being used as cutting agents, they would be detected, and prevention messages could be adapted as a consequence. Furthermore, this approach is a powerful tool to track and detect new consumption practices in quasi real time.

The present study allows data confrontation between 2 sampling campaigns conducted in 2015 and 2016. An automatic injection kit dispenser was implemented in 2016. It was important to include these samples and compare them with samples from low threshold facilities in order to determine if the automatic dispenser was used by a population with different consumption habits. During this study, no statistical difference concerning the distribution of illicit drugs and cutting agents was observed on the syringes collected from the AIKD and from the ABS exchange structure. Both sampling

strategies are considered representative of IDUs' consumption. Therefore, for future studies, it is possible to restrain sampling to the AIKD.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Director of the ABS Foundation and his team for their support. Particular thanks go to Sorcha Keating reviewed the English in this manuscript.

#### ENDNOTES

<sup>1</sup> Since 1998, the ABS Foundation was as the frontline to harm reduction in Lausanne. The Foundation has implemented a Low Threshold Facility for addicts. This structure can be defined as one which offers services to drug users and does not impose abstinence from drug use as a condition of access.

<sup>2</sup> N-Methyl-N-(trimethylsilyl) trifluoroacetamide

<sup>3</sup> Acetonitrile

<sup>4</sup> Nefau T, Duplessy-Garson C, Bara J-L, Karolak S, Thibault V, Levi Y. Used syringes analysis: a new approach to better-know the injected drug uses and users. Conference Paper (2015).

#### ORCID

Elodie Lefrançois <http://orcid.org/0000-0003-3594-1591>

#### REFERENCES

- Dubois-Arber F, Balthasar H, Huissoud T, et al. Trends in drug consumption and risk of transmission of HIV and hepatitis C virus among injecting drug users in Switzerland, 1993-2006. *Euro Surveill Bull Eur Sur Mal Transm Eur Commun Dis Bull.* 2008;13:717-727.
- Locicero S, Arnaud S, Füglistaler F, Dubois-Arber F. Résultats de l'enquête 2011 auprès des usagers des structures à bas-seuil en Suisse. *Raison Santé.* 2012;199a:2-64.
- Lefrançois E, Esseiva P, Gervasoni J-P, Lucia S, Zobel F, Augsburg M. Analysis of residual content of used syringes collected from low threshold facilities in Lausanne, Switzerland. *Forensic Sci Int.* 2016;266:534-540. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.07.021>
- Nefau T, Charpentier E, Elyasmino N, Duplessy-Garson C, Levi Y, Karolak S. Drug analysis of residual content of used syringes: A new approach for improving knowledge of injected drugs and drug user practices. *Int J Drug Policy.* 2015;26:412-419. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2014.09.010>
- Nordmann S, Nefau T, Micallief J, Duplessy C, Catusse J-C, Frauger E. Analyse des seringues usagées : un reflet de la consommation de substances psychoactives par les usagers de drogues par voie intraveineuse. *Thérapie.* 2016. <https://doi.org/10.2515/therapie/2015054>
- Péteri A, Tarján A, Horváth GC, Csesztregi T, Nyírády A. Changes in patterns of injecting drug use in Hungary: A shift to synthetic cathinones. *Drug Test Anal.* 2014;6:825-831.
- Péteri A, Csorba J, Figeczki T, et al. Drug residues in syringes and other injecting paraphernalia in Hungary. *Drug Test Anal.* 2017. <https://doi.org/10.1002/dta.2217>
- Broséus J, Gentile N, Pont FB, Gongora JMG, Gasté L, Esseiva P. Qualitative, quantitative and temporal study of cutting agents for cocaine and heroin over 9 years. *Forensic Sci Int.* 2015;257:307-313.
- Maurer HH. Systematic toxicological analysis of drugs and their metabolites by gas chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr B Biomed Sci App.* 1992;580:3-41.
- Maurer HH. Systematic toxicological analysis procedures for acidic drugs and/or metabolites relevant to clinical and forensic toxicology and/or doping control. *J Chromatogr B Biomed Sci App.* 1999;73:3-25.

11. Pflieger K, Maurer HH, Weber A, et al. Mass Spectral and GC Data of Drugs, Poisons, Pesticides, Pollutants and Their Metabolites. Part 1: Methods, Tables, Indexes., New-York: VCH Verlagsgesellschaft MbH, 1992.
12. United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). Methods for impurity profiling of heroin and cocaine. In: *UNODC publication, Sales No. E.05.XI.14, ISBN 92-1-148206-2*, New-York; 2005.
13. Broséus J, Gentile N, Esseiva P. The cutting of cocaine and heroin: A critical review. *Forensic Sci Int.* 2016;262:73-83.
14. Poklis A, Maginn D, Barr JL. Drug findings in “driving under the influence of drugs” cases: A problem of illicit drug use. *Drug Alcohol Depend.* 1987;20:57-62.

How to cite this article: Lefrançois E, Augsburg M, Esseiva P. Drug residues in used syringes in Switzerland: A comparative study. *Drug Test Anal.* 2017;1-6. <https://doi.org/10.1002/dta.2335>





---

Lefrançois E., Augsburger M., Esseiva P., **2019**. Le monitoring de la consommation de stupéfiants : la différence d'approche entre criminologie et criminalistique. La plus-value d'une approche combinée à l'analyse du contenu des seringues usagées. *Revue Internationale de CRIMINOLOGIE et de POLICE Technique et Scientifique*, LXXII (1) pp. 23 - 31.

---

# Le monitoring de la consommation de stupéfiants: la différence d'approche entre criminologie et criminalistique. La plus-value d'une approche combinée à l'analyse du contenu des seringues usagées.

par Elodie LEFRANÇOIS\*, Marc AUGSBURGER\*\*  
et Pierre ESSEIVA\*\*\*

## Summary

Drug addiction in Switzerland is monitored in order to gather representative data of the Swiss resident population on consumption and addiction of psychoactive substances used. For over 20 years, periodic self-report surveys, elaborated by criminologists, have been the primary source of data for monitoring drug users' behaviour. However, the analysis of the contents of used syringes could bring further and objective knowledge about consumed products through analytically confirmed data.

In the French-speaking part of Switzerland, syringes were collected in three different social structures: (1) injecting rooms, where users deposit their used syringes after the injection (2) face-to-face exchanges, where users bring back their used syringes to the socio-educative staff, (3) automatic injecting kit dispensers (AIKD), where used syringes from different users are deposited in a single collection box.

For syringes collected during face-to-face exchanges, psychoactive substances detected during the analysis of the contents of used syringes was similar to the consumption declared in self-report surveys. During this analysis, additional information was obtained about the cutting agents present in heroin and cocaine.

The psychoactive substances detected in syringes collected in AIKD were statistically different to those detected in syringes from the injecting rooms. The population using automatic injecting kit dispensers could be different to the population of users in injecting rooms and could be unknown to socio-sanitary institutions.

Monitoring illicit drug use and users is difficult because of the hidden and complex nature of drug-using behaviors. No single measure provides a full picture of the drug situation: a multi-indicator approach must be adopted. Combined to self-report surveys, the analysis of used syringes could allow the detection of new consumption trends and the timely detection of dangerous cutting agents.

Keywords: illicit drugs, addiction, monitoring, used syringes

Mots-clés: substances stupéfiantes, addiction, monitoring, seringues

---

\* Doctorante, École des Sciences Criminelles, Faculté de droit, des sciences criminelles et d'administration publique, Université de Lausanne, Suisse.

\*\* Responsable de l'Unité de Toxicologie et Chimie Forensique, Centre Universitaire Romand de Médecine Légale, Lausanne, Suisse.

\*\*\* Professeur, École des sciences criminelles, Institut de Police Scientifique, Faculté de droit, des sciences criminelles et d'administration publique, Université de Lausanne, Suisse.

---

## Introduction

L'une des premières préoccupations sanitaires internationales est, avec la consommation de tabac et d'alcool, la consommation de stupéfiants. D'après les dernières estimations du rapport mondial sur les drogues de l'UNODC (United Nations Office on Drugs and Crime), en 2015, environ 250 millions de personnes âgées de 15 à 64 ans ont consommé de la drogue au cours de l'année précédente, soit environ 6 % de cette population (UNODC, 2017). Au sein de ces 250 millions de personnes, 29 millions estiment souffrir d'une forte dépendance aux stupéfiants, dont 12 millions sont des usagers de drogues par voies intraveineuses (UNODC, 2017).

Ces personnes sont majoritairement connues des institutions sanitaires qui visent à réduire les risques liés à la consommation de stupéfiants. Ces institutions comportent des centres bas seuil où un espace pour l'échange de seringues est prévu. Depuis plus de 20 ans, des questionnaires auto-reportés sont réalisés au sein de ces centres afin de monitorer les habitudes de consommation des usagers de drogues (Dubois-Arber et al., 2008; Gervasoni et al., 2012; Huissoud et al., 2007; Lociciro et al., 2012; Lociciro et al., 2013; Zobel et al., 2003).

L'analyse du contenu des seringues usagées offre une alternative, utilisant des techniques analytiques, au monitoring des habitudes de consommation par les questionnaires auto-reportés. Cette méthode novatrice n'a que récemment été implémentée en Suisse et en Europe, mais a déjà donné lieu à de nombreuses études (Csorba et al., 2016; Gyarmathy et al., 2017; Lefrançois et al., 2017, 2016; Néfau et al., 2015; Nordmann et al., 2016; Péterfi et al., 2014). Le potentiel de cette analyse en tant que méthode complémentaire aux questionnaires va ici être étudié.

## Matériels et Méthodes

Cette recherche est menée à Genève et Lausanne, depuis 2015, avec l'aide des équipes sociales des associations *Première ligne* et *Fondation ABS*. La collecte de seringues usagées a eu lieu dans trois types de structures: (1) les structures où l'échange de seringues est réalisé en *face à face* avec une personne de l'équipe socio-éducative (2) les salles d'injection, où les usagers consomment sur place, et (3) les distributeurs automatiques de seringues où les usagers déposent leurs seringues dans un bac de récupération.

### *Lieu de collecte*

La première campagne de collecte de seringues a été menée en 2015 dans deux structures *face à face* de Lausanne (le Passage et le Distribus). Durant une semaine, les chercheurs ont collecté une seringue par usager ramenant du matériel. Lors du retour de seringues, quatre questions relatives à leur dernière injection étaient posées: Quel est le dernier produit que vous vous

---

êtes injecté? À quelle dose? Est-ce que vous avez acheté ce produit à Lausanne? Avez-vous déjà acheté vos produits sur le net? Durant cette semaine, 113 seringues accompagnées de réponse aux questionnaires ont été récoltées et analysées.

La seconde campagne a eu lieu en 2016, les seringues usagées ont été recueillies dans un distributeur automatique de kit d'injection (Echangebox). Cette fois, 210 seringues ont pu être collectées et analysées.

La même année, une collecte a été réalisée au sein du local d'injection de Genève (Quai 9) et dans l'automate placé devant le local, durant un week-end. Un entretien semi-directif a eu lieu avec les usagers du local. Seulement, 20 seringues avec entretiens ont été récupérées au sein du local et 74 seringues ont été échantillonnées dans le distributeur.

### **Analyses**

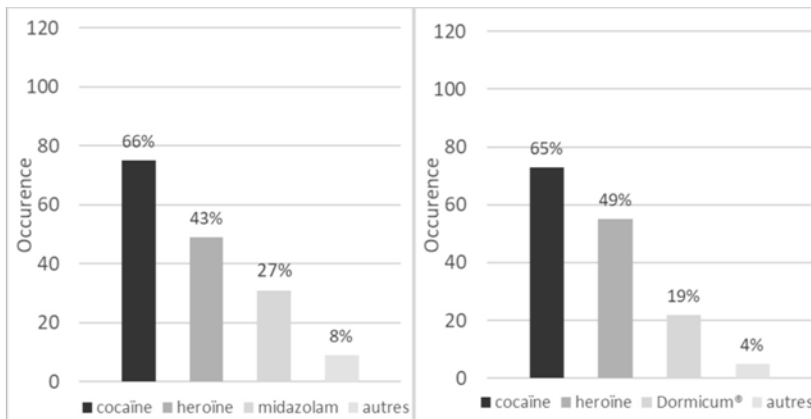
Une fois les seringues récupérées, les résidus qu'elles contiennent sont solubilisés et récupérés à l'aide de méthanol. Il s'agit d'un solvant qui permet d'extraire de nombreuses substances psychoactives d'intérêt. Le méthanol est notamment utilisé en routine pour l'analyse toxicologique d'échantillons biologiques (Maurer, 1999; Pflieger et al., 1992).

Pour chaque seringue, les différents composés présents sont détectés et identifiés à l'aide d'une chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS). Une description détaillée de la méthode analytique est présente dans la littérature (Lefrançois et al., 2016; Néfau et al., 2015).

### **Résultats et Discussion**

Lors de la première campagne, sur les 113 seringues analysées, la cocaïne a été détectée dans 75 (66 %) seringues. Le deuxième composé le plus détecté fut l'héroïne dans 49 (43 %) seringues, puis le midazolam dans 31 (27 %) seringues. Le midazolam est le principe actif du Dormicum®, une benzodiazépine prescrite dans les traitements à court terme des troubles du sommeil. La méthamphétamine, le Li9-tetrahydrocannabinol (composé actif du Cannabis), le zolpidem et le flurazepam ont été détectés une fois, ces substances ont été regroupées dans la catégorie «autres». Aucune substance sujette aux alertes européennes n'a été détectée (EMCDDA, 2017: cathinone de synthèse, fentanyl et dérivées...). Cependant, la combinaison de ces substances, compatibles avec une polyconsommation a été relevée dans un nombre important de seringues (2 substances détectées dans 34 seringues; 3 substances dans 13 seringues).

Les résultats obtenus par l'analyse des seringues usagées ont été comparés aux substances annoncées par les usagers lors du questionnaire. Les distributions des produits psychoactifs sont statiquement non-différenciables (figure 1).



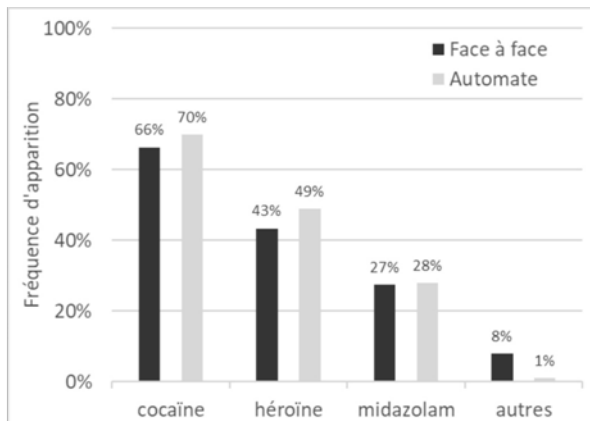
**Figure 1: Occurrence et fréquence d'apparition (exprimée en pourcentage du nombre total de spécimens et inscrite au-dessus des barres de l'histogramme) des produits détectés par l'analyse des seringues (à gauche) et annoncés par les UDI (n=113).**

En général, la validité concurrente d'un indicateur est établie en comparant ses performances avec celles d'un autre indicateur dont la validité a déjà été prouvée. Or, ici, aucun des deux types d'indicateurs – questionnaires et analyses des seringues usagées – n'a pu être strictement validé. Il n'est donc pas possible de les valider, cependant, leur non-différenciation permet d'appuyer les résultats observés, sans confirmation stricte. Ce type de réflexion sur la convergence de deux types d'indicateurs a déjà été précédemment publiée sur le même type de population (Aebi, 2002).

Pour les structures *face à face*, la confrontation des résultats permet de conclure que, le questionnaire seul permettrait de détecter les modifications dans les habitudes de consommation. Dans ce contexte, l'analyse des seringues permet de fournir des informations supplémentaires sur les produits de coupages détectés de manière conjointe à l'héroïne et à la cocaïne. Les produits de coupage détectés étaient similaires à ceux retrouvés dans les saisies réalisées sur le canton de Vaud (Broséus et al., 2015).

Pour les automates, la mise en place de questionnaire est complexe. Les usagers sont peu disposés à retourner d'eux-mêmes les questionnaires. L'implémentation de l'analyse de seringues usagées présente donc, ici, une nouvelle source d'information. Les substances consommées aux échanges *face à face* et au distributeur automatique de seringues (figure 2) ont donc été comparées.

Il en ressort qu'aucune différence statistique n'a été constatée entre les seringues récupérées lors de l'échange *face à face* et celles récupérées à l'automate (Lefrançois et al., 2017), ainsi, les mêmes habitudes de consommation sont observées dans ces deux structures. Les seringues remises dans les échanges *face à face* nécessitent un contact entre l'utilisateur et une



**Figure 2: Fréquence d'apparition des différents stupéfiants détectés par l'analyse des seringues collectées en 2015 auprès de l'échange face à face (noir; n =113) et collectées en 2016 au distributeur automatique de kit d'injection (gris; n= 210).**

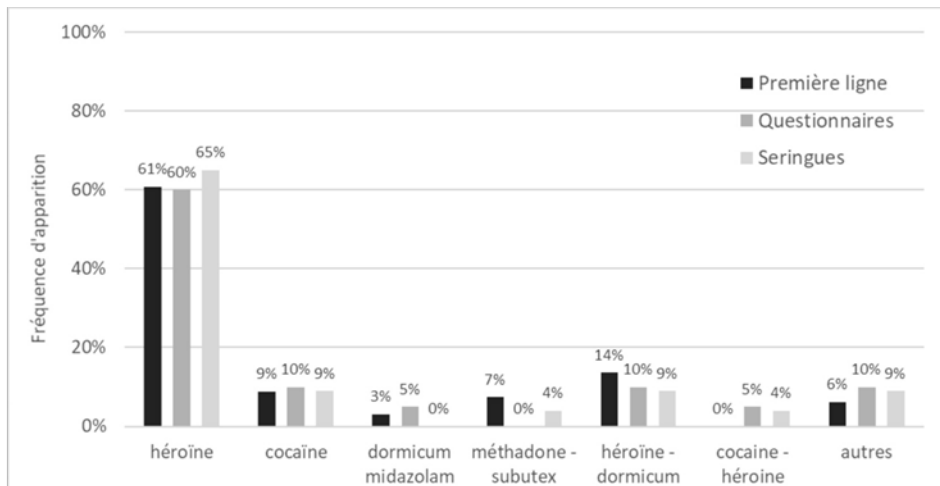
personne de l'équipe socio-éducative alors que l'automate ne nécessite aucune formalité. Étant donné les caractéristiques de ces structures, l'hypothèse avait été émise que les habitudes de consommation d'une population ne fréquentant pas les institutions socio-sanitaires seraient détectées dans les automates. En l'espèce, les résultats semblent réfuter cette hypothèse.

En 2016, à Genève, la non-différenciation entre ce que l'utilisateur a déclaré et l'analyse de seringues a aussi été observée. En effet, sur les 20 couples seringues-questionnaire dans 18 résidus de seringues analysés, il a été détecté la ou les substances psychotropes annoncées, soit, 90 % de concordances entre les substances annoncées par les UDI et celles détectées dans les seringues. En raison du faible nombre d'échantillons, ces résultats sont à considérer avec prudence. Ils concordent toutefois avec les statistiques relevées réalisées par la fondation première ligne, au sein du local d'injection (figure 3).

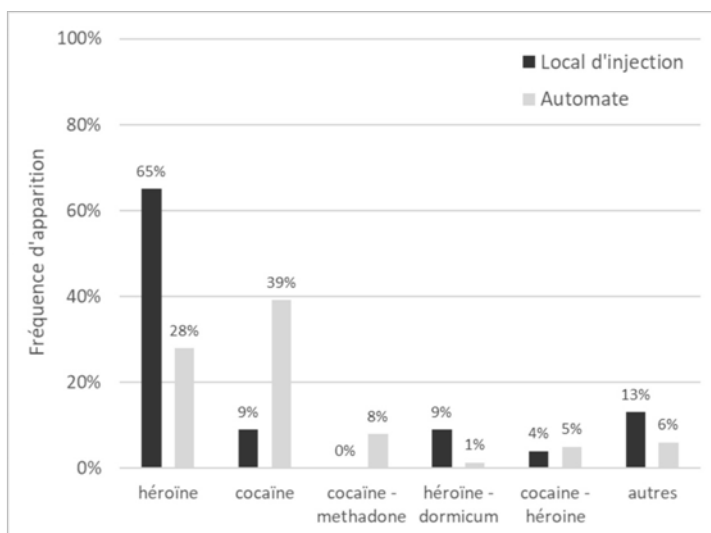
De la même manière qu'à Lausanne, les habitudes de consommation relevées au sein du local d'injection ont été comparées à celle observée dans l'automate.

À Genève, des différences ont été observées entre les résultats obtenus au sein du local et dans l'automate placé devant (figure 4). Sur la base de ces résultats, il peut être avancé que deux populations d'utilisateurs distinctes consomment à l'intérieur du local et utilisent l'automate. Dans ce contexte, l'analyse des seringues usagées apporte un nouveau type d'information sur une population qu'il ne semble pas ou peu de contacts avec la fondation première ligne. Ces résultats devront être confirmés, car le nombre d'échantillons est faible. Lors de cette confirmation, il serait aussi intéressant de col-





**Figure 3: Fréquence d'apparition des différentes substances stupéfiantes détectées par l'analyse des seringues (gris clair; n=20), annoncées par les UDI lors du questionnaire (gris; n=20) et annoncé par les usagers à la fondation première ligne (noir; statistiques disponible sur <http://www.premiereligne.ch/consommation/> accédé le 08.05.2018).**



**Figure 4: Fréquence d'apparition des différents stupéfiants détectés par l'analyse des seringues collectées en 2016 auprès du local d'injection de Genève (noir; n =74) et collectées en 2016 au distributeur automatique de kit d'injection (gris; n= 20).**

---

lecter les seringues au comptoir présent dans le local où l'échange *face à face* se déroule.

Pour synthétiser, dans les structures où un contact existe entre l'utilisateur et l'équipe socio-éducative, le questionnaire seul permet d'observer ce qui est consommé par les usagers, pour autant qu'ils le sachent. Dans ce contexte, l'analyse des seringues usagées vient compléter ces données, en permettant d'obtenir des informations sur les produits de coupages en circulation ainsi que sur les nouveaux produits consommés. De plus, la comparaison de ces deux sources permet de confirmer (ou d'infirmer) le ressenti de l'utilisateur par rapport à son produit et permet d'étudier si l'utilisateur a une bonne représentation de la substance consommée. Dans les automates, l'analyse des seringues usagées permet de détecter une population qui n'utilise pas nécessairement les structures socio-sanitaires alentour, comme cela a pu être observé à Genève.

Malgré les coûts supplémentaires engendrés par la multiplication des indicateurs, l'analyse des seringues usagées a une réelle plus-value pour observer l'apparition de nouvelles habitudes de consommation auprès des usagers pas voies intraveineuses. Par exemple, si, la consommation de nouvelles substances psychoactives (NPS) est observée au sein des usagers par voies intraveineuses, elles pourraient ensuite se globaliser à des usagers qui consomment par d'autres voies (sniff, fumigation...) ou même à des populations qui consomment occasionnellement.

L'apport combine de différents indicateurs a déjà permis de détecter des mutations du marché des stupéfiants à l'étranger (Péterfi et al., 2014). Dans cette optique, les questionnaires, l'analyse des seringues, la détection de toxiques dans les cas de décès et le drug checking pourrait être combinée en monitoring systématique. Il permettrait, entre autres, la mise en place d'alertes sanitaires sur la circulation de nouveau produit dangereux.

## Conclusion

L'analyse des résidus contenus dans les seringues usagées est une méthode objective permettant de détecter les substances psychoactives consommées par voies intraveineuses par les usagers de drogues. Il s'agit d'une approche originale et novatrice qui fournit des données analytiquement confirmées sur les produits consommés.

Il en ressort qu'en Suisse, plus précisément, à Lausanne et Genève, la cocaïne est la substance psychoactive majoritairement détectée. L'héroïne est la seconde substance détectée majoritairement suivie du midazolam, substances actives du Dormicum® médicament prescrit dans le traitement à court terme des troubles du sommeil. Aucune substance sujette aux alertes européennes n'a été détectée.

Aucune différence n'est observée lors de la comparaison entre les données obtenues lors des questionnaires et ceux obtenus par l'analyse des



seringues. Cette observation va dans le sens que les usagers savent globalement ce qu'ils consomment et sont disposés à répondre fidèlement au questionnaire. Dans ce cadre, l'analyse des résidus permet de détecter des produits de coupages qui peuvent potentialiser les méfaits du produit consommé (la lidocaïne par exemple), et permettrait d'émettre des alertes dans le cas où des nouveaux produits dangereux serait utilisé pour adjuver les drogues injectées.

Finalement, l'analyse des seringues collectées dans les automates peut permettre d'atteindre une nouvelle population d'usagers qui n'est pas ciblée par les questionnaires. À Lausanne, aucune différence n'a été observée entre les résultats des seringues collectés à l'automate ou au sein de la structure *face à face* alors qu'il en a été relevé à Genève entre l'automate et le local d'injection. Les usagers utilisant l'automate pourraient être une population d'usagers non connue du local d'injection. Dans ce contexte, l'analyse des seringues permet de détecter des habitudes de consommation qui ne sont pas observées au sein de local.

Malgré le biais dû à la sélection de la population qui comprend uniquement les utilisateurs de drogues par voie intraveineuse, l'analyse des seringues usagées permet de relever les habitudes de consommation de manière quasi contemporaine. À terme, un système de monitoring régulier et systématique avec ce type d'analyses pourrait aider à la détection de nouvelles habitudes de consommation dangereuse et permettrait la diffusion de messages de prévention auprès des usagers.

---

#### Bibliographie

- Aebi, M., 2002. Comment mesurer la délinquance des toxicomanes adultes? Une comparaison empirique de la validité des registres de police et des sondages de délinquance autoreportée. *Criminologie* 35, 107–131.
- Csorba, J., Figezki, T., Kiss, J., Medgyesi-Frank, K., Péterfi, A., 2016. Breaking the drug cycle : Project closing study (No. JUST/2013/ISEC/DRUGS/AG/6418).
- EMCDDA, 2017. The EU Early Warning System. Lisbon.
- Gyarmathy, V.A., Péterfi, A., Figezki, T., Kiss, J., Medgyesi-Frank, K., Posta, J., Csorba, J., 2017. Diverted medications and new psychoactive substances—A chemical network analysis of discarded injecting paraphernalia in Hungary. *Int. J. Drug Policy* 46, 61–65.
- Lefrançois, E., Augsburg, M., Esseiva, P., 2017. Drug residues in used syringes in Switzerland: a comparative study. *Drug Test. Anal.*
- Lefrançois, E., Esseiva, P., Gervasoni, J.-P., Lucia, S., Zobel, F., Augsburg, M., 2016. Analysis of residual content of used syringes collected from low threshold facilities in Lausanne, Switzerland. *Forensic Sci. Int.* 266. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.07.021>
- Maurer, H.H., 1999. Systematic toxicological analysis procedures for acidic drugs and/or metabolites relevant to clinical and forensic toxicology and/or doping control. *J. Chromatogr. B. Biomed. Sci. App.* 733, 3–25. [https://doi.org/10.1016/S0378-4347\(99\)00266-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4347(99)00266-2)
- Néfau, T., Charpentier, E., Elyasmino, N., Duplessy-Garson, C., Levi, Y., Karolak, S., 2015. Drug analysis of residual content of used syringes: a new approach for improving knowledge of injected drugs and drug user practices. *Int. J. Drug Policy* 26, 412–419.
- Nordmann, S., Nefau, T., Micallé, J., Duplessy, C., Catusse, J.-C., Frauger, E., 2016. Analyse des seringues usagées: un reflet de la consommation de substances psychoactives par les

---

usagers de drogues par voie intraveineuse? *Thérapie*. <https://doi.org/10.2515/therapie/2015054>

Péterfi, A., Tarján, A., Horváth, G.C., Csesztregi, T., Nyírády, A., 2014. Changes in patterns of injecting drug use in Hungary: a shift to synthetic cathinones. *Drug Test. Anal.* 6, 825–831. <https://doi.org/10.1002/dta.1625>

Pfleger, K., Maurer, H.H., Weber, A., others, 1992. Mass spectral and GC data of drugs, poisons, pesticides, pollutants and their metabolites. Part 1: methods, tables, indexes. VCH Verlagsgesellschaft mbH.

UNODC, 2017. *World Drug Report 2017*.

---





---

Lefrançois E., Belackova V., Silins E., Latimer J., Jauncey M., Shimmon R., Mozaner Bordin D., Augsburg M., Esseiva P., Roux C., Morelato M., **2020**. Substances injected at the Sydney Supervised Injecting Facility: A chemical analysis of used injecting equipment and comparison with self-reported drug type. *Drug and Alcohol Dependence*.  
<https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2020.107909>



Contents lists available at ScienceDirect

## Drug and Alcohol Dependence

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/drugalcdep](http://www.elsevier.com/locate/drugalcdep)



Full length article

### Substances injected at the Sydney supervised injecting facility: A chemical analysis of used injecting equipment and comparison with self-reported drug type



Elodie Lefrancois<sup>a,b,\*</sup>, Vendula Belackova<sup>c,d</sup>, Edmund Silins<sup>e,e</sup>, Julie Latimer<sup>c</sup>, Marianne Jauncey<sup>c</sup>, Ronald Shimmom<sup>b</sup>, Dayanne Mozaner Bordin<sup>b</sup>, Marc Augsburg<sup>f</sup>, Pierre Esseiva<sup>a</sup>, Claude Roux<sup>b</sup>, Marie Morelato<sup>b</sup>

<sup>a</sup> School of Criminal Justice, Faculty of Law, Criminal Justice and Public Administration, University of Lausanne, Avenue Forel 15, CH-1015 Lausanne, Switzerland

<sup>b</sup> Centre for Forensic Science, School of Mathematical and Physical Sciences, University of Technology Sydney, 15 Broadway, Ultimo, NSW 2007, Australia

<sup>c</sup> Uniting Medically Supervised Injecting Centre, 66 Darlinghurst Rd, Potts Point, NSW 2011, Australia

<sup>d</sup> Social Policy Research Centre, Faculty of Arts and Social Sciences, University of New South Wales

<sup>e</sup> National Drug and Alcohol Research Centre, University of New South Wales, 22-32 King St, Randwick, NSW 2031, Australia

<sup>f</sup> University Centre of Legal Medicine (CURML), Chemin de la Vuillelette 4, CH-1000 Lausanne, Switzerland

#### ARTICLE INFO

##### Keywords:

Illicit drugs  
Needle exchange programs  
People who inject drugs (PWID)  
Chemical analysis  
Harm reduction

#### ABSTRACT

Providing information about substances injected can reduce the negative impact of illicit drug consumption and support people who inject drugs to make informed decisions. In Australia, information about drugs injected relies largely on periodic self-report surveys. For the first time, the analysis of the residual content of used injecting equipment was conducted in a supervised injecting facility (SIF) located in Sydney, Australia.

The aim was to gain a better understanding of the substances injected by clients through: (1) chemical analyses of the content of used syringes; (2) comparison of these results with clients' self-reported drug use; and (3) assessing the usefulness of analysing other injecting equipment to detect substances used.

During one week in February 2019, syringes and other injecting equipment were collected at the Sydney SIF. Their residual content was analysed by gas-chromatography/mass-spectrometry. Heroin was the most commonly detected substance (present in 51% of syringes), followed by methamphetamine (22%) and oxycodone (10%). In addition to the main psychoactive substance, cutting agents reported in the literature were also detected in used syringes. The main psychoactive substance identified by laboratory analysis reliably corresponded with users' self-reported drug type.

Analytical confirmation of substances injected allows for the provision of better targeted harm reduction messaging based on timely and objective data. The approach used is amenable to clients and feasible in the Australian SIF context. Upscaling and wider implementation could be done through Needle and Syringe Programs, and would support the early detection of harmful substances entering drug markets and better inform harm reduction strategies.

#### 1. Introduction

Drug injection is associated with considerable mortality and morbidity due to overdose and infectious disease (Des Jarlais et al., 2005; Mathers et al., 2013). Australia's National Drug Strategy encompasses three pillars – demand reduction, supply reduction and harm reduction (Dolan et al., 2005). Harm reduction aims to reduce the negative impact of drug consumption by providing clean injecting equipment and

specific risk advice, supportive environments (e.g. supervised injecting centres) and reducing risks.

Providing information about substances injected by people who inject drugs (PWID) in Australia currently relies on periodic self-report surveys (Iversen et al., 2017; Peacock et al., 2018). While results from these surveys are most informative, the methodology does not allow results to be confirmed analytically. Furthermore, the surveys rely on users' perceptions of the drug injected and their willingness to report

\* Corresponding author at: School of criminal justice, Faculty of Law, Criminal Justice and Public Administration, University of Lausanne, Avenue Forel 15, 1015 Lausanne, Switzerland.

E-mail address: [elodie.lefrancois@unil.ch](mailto:elodie.lefrancois@unil.ch) (E. Lefrancois).

<https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2020.107909>

Available online 11 February 2020

Received 6 January 2020; Received in revised form 10 February 2020; Accepted 10 February 2020

0376-87 6 / © 2020 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

the information (Evrard et al., 2010). Even if the main psychoactive substance is known to PWID, the presence of cutting agents are generally unknown or not reported (Broséus et al., 2015).

Chemical analysis of the residual content of used syringes provides important objective and complementary information about the substances injected. This knowledge allows better targeted harm reduction information and supports PWID to make informed decisions. However, to our knowledge, no such studies have been undertaken in Australian settings.

Since 2016, several European studies have already implemented this approach (Lefrançois et al., 2017, 2016; Néfau et al., 2015; Péterfi et al., 2016, 2014). The European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA) published a study entitled drugs in syringes from six European cities (Amsterdam, Budapest, Glasgow, Helsinki, Lausanne, Paris) (EMCDDA, 2019). Results show that consumption trends are different in neighboring European cities and at that time no fentanyl or analogues were detected. Meanwhile in North America, Blachman-Forshay et al. (2018) conducted a similar study and reported the presence of fentanyl and analogues in 17% of syringes collected. The success of these studies in Europe and North America inspired the actual study conducted at the Uniting Medically Supervised Injecting Centre in Sydney (Sydney SIF).

The Sydney SIF was established in Sydney in 2001 in response to the high rates of overdose and ambulance call outs in the vicinity. At the Sydney SIF, trained staff (nurses and health education officers), provide a low threshold and non-judgmental space, clean injecting equipment, supervision of injection episodes, overdose management and referral to a range of health and social services (Latimer et al., 2016). The Sydney SIF has approximately 16,500 registered clients, has supervised more than one million injections and successfully managed almost 8500 opioid overdoses (Uniting Medically Supervised Injecting Centre MSIC, 2019).

In this study we aimed to develop a better understanding of all substances injected by clients of the Sydney SIF by: (1) conducting chemical analyses of the content of used syringes and other injecting equipment; (2) comparing the results with self-reported drug type; and (3) assessing the usefulness of analysing other injecting equipment to detect substances used.

## 2. Materials and method

### 2.1. Design

During a seven-day period in February 2019, all used injecting equipment was retrieved from randomly selected disposal bins. The Sydney SIF has eight injecting booths where each booth can seats up to two people and contains one syringe disposal ('fit') bin. For each clients' visit, specific information is routinely recorded, including the substance the client intends to inject, the number of the booth they use for injection and other events that occur during the visit, including the nature and management of onsite overdoses. As the service routinely collects self-reported data on drugs injected, it is a unique source of real-time self-report drug trend information that can be compared to the chemical analysis of used syringes.

Once collected, the residual drug content of the used equipment was analysed by gas-chromatography/mass-spectrometry. The results were then compared to the substance self-reported by clients during the same time period.

All participants were informed of the voluntary and anonymous nature of the study and consented to the inclusion of their data. They were also informed that it was not possible to link the analytical results to an individual. An opt-out approach to consent was utilised whereby participants' used injecting equipment was included in the research unless they requested otherwise. If a client wished to be excluded, they informed staff and were directed to one of the remaining seven booths which were not being used for the study. The study had overwhelming

support from clients and was informed and supported by the Sydney SIF Consumer Action Group. Ethics approval was obtained (ETH18-2295, University of Technology Sydney, Human Research Ethics Committee).

### 2.2. Sampling procedure

Syringes and other injecting equipment disposed of in syringe disposal bins were collected every day for a period of seven days from a randomly selected booth. The booth where the collection of used equipment occurred was randomly selected each day and was only known to staff (so client choice of booth was not influenced by the study). At the end of each day or when the syringe disposal bin was full, the bin was labelled with the date, time of collection, and booth number and put aside by clinical staff. The bins were then transported secondarily to the University of Technology Sydney (UTS) for analysis.

### 2.3. Chemical analysis

#### 2.3.1. Chemicals and standards

Certified reference materials of the most common target compounds (psychoactive substances and cutting agents) were purchased from Novachem (Collingwood, VIC, Australia). Mephedrone, Methamphetamine, Cocaine, Fentanyl, Oxycodone, Buprenorphine, Phenobarbital, Paracetamol, Caffeine, Levamisole, Phenacetin, Morphine, Codeine, Diacetylmorphine and Methamphetamine-D5 were obtained as 1000 ppm methanolic solutions. Carfentanil, Ocfentanil, Furanylfentanyl were obtained as 100 ppm methanolic solution. A mixture of phenazine (50 ppm) and methamphetamine-D5 (20 ppm) was used as the Internal Standard (IS). Liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS) grade methanol (MeOH) and ethyl acetate (EtAc) were purchased from ChemSupply (Gillman, SA, Australia). MeOH was used for extraction and a mixture of MeOH and EtAc was used as Gas-Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS) washes.

#### 2.3.2. Sample preparation and instrumental analysis

The sample preparation and analysis occurred at UTS and followed the procedure published by Lefrançois et al., 2016 based on toxicology literature (Maurer, 2005; Pfeleger et al., 1992). In short, syringe disposal bins were emptied and injecting equipment were separated according to their type (i.e. syringes, spoons, concealment bags and filters). The residual content of used injecting equipment was extracted with one milliliter of methanol (the syringes were filled and emptied five times, spoons and concealment bags were filled up with methanol, and filters were soaked in 1 ml of MeOH for one minute). Once the extraction was done, 250 µl methanolic extract was filtered into a GC-MS vial. 50 µl of IS was added and one microliter was analysed by GC-MS. Separation was obtained with a HP-5 ms capillary column (30 m length, 0.25 mm in diameter and 0.25 µm film thickness). Splitless mode was used, with an inlet temperature of 270 °C, and an oven temperature program increasing from 70 °C to 320 °C for a total run time of 31 min. This analytical method was previously validated (Lefrançois et al., 2016) and followed a general unknown screening approach that includes a large variety of substances registered in commercial libraries. The list of compounds screened for can be found in (EMCDDA, 2019).

#### 2.3.3. Data treatment and statistical analysis

After analysis, total ion chromatogram visualisation and peak area integration were performed on the MSD Enhanced ChemStation software. Library search was performed with several commercial libraries (Maurer, Pfeleger, Weber library, PMW\_3 acronym; National Institute of Standards and Technology, NIST17 and Wiley Mass Spectra of Designer Drugs 2019 DDdrugs). When a peak was characterised by the commercial libraries and if a standard was available, a standard stock solution was injected to confirm the compound presence based on the retention time and mass spectra comparison. For all compounds characterised, peak areas were integrated. Limit of quantification (LOQ) for



a standard stock solution was determined to be 5 ppm. When a peak integration (normalized by IS) was lower than the LOQ, the result was not considered.

Based on a combination of legal (UNODC, 2019a) and chemical status, identified compounds were grouped into two categories, namely the main psychoactive substances (group A) and adulterants detected in addition to the main psychoactive substance, usually used to either enhance its effects or increase profits (group B). Due to different legislation status, subcategories were created. In particular, the main psychoactive substances (group A) were categorized as (group A.1.) illicit drugs (e.g. amphetamine, cathinone, cocaine, heroin, methamphetamine and MDMA) and (group A.2.) prescription drugs and medicines (e.g. buprenorphine, methadone, fentanyl, other pharmaceutical opioids, benzodiazepines). Adulterants (group B) included other non-controlled psychoactive substances (e.g. caffeine, dimethylsulfone) and non-psychoactive medicines (e.g. paracetamol and methenamine). Other non-psychoactive substances (e.g. sugars, usually referred as diluents) were also detected but are not reported in this paper. Only syringes that contained at least one substance were included in the data analysis. The numerical data obtained were compiled and further analysed using Microsoft Excel (version Microsoft Office Professional Plus 2016) and Tableau software (version 10.4.19).

#### 2.4. Comparison with self-reported drug use

Once laboratory analysis was completed, a comparison between the main psychoactive substance detected and the self-reported record in the selected booths was conducted using the Kendall rank correlation test. Kendall rank correlation is a non-parametric hypothesis test used to test statistical dependence based on the tau coefficient. Tau coefficient values range from 0 to 1, with higher values indicating a higher level of agreement between self-reported and chemical results (McLeod, 2005). Comparison between the self-reported record in the selected booth and the previous year was also performed using this statistical test. Statistical tests were performed using R (ISBN: 3-900051-07-0. R foundation for statistical computing, Vienne, 2015).

### 3. Results

#### 3.1. Participation

During the seven days of the study in February 2019, there were a total of 966 visits to the Sydney SIF, made by 142 individual clients to eight different booths. Of those total visits, 118 visits were to selected booths (chosen at random each day) where the syringe disposal bins were being sent for analysis. All clients who attended the selected booths in that week provided anonymised data for the study (i.e. nobody opted out of the study). The average number of clients visiting the Sydney SIF per day during the study period was typical of the visit pattern generally (average number of clients visiting per day in the previous month was  $n=153$  and in the previous year was  $n=144$ ).

#### 3.2. Main psychoactive substances

In total, 147 syringes were retrieved from disposal bins and analysed. A main psychoactive substance (referred as group A) was detected in 116 syringes (see Fig. 1). In particular, 81% of syringes ( $n=95$ ) contained at least one illicit drug (group A.1). The most commonly detected substance in syringes was heroin (51%;  $n=59$ ), followed by methamphetamine (22%;  $n=26$ ) and its derivative. The methamphetamine derivative detected in five syringes (4%) was characterised as being N-hydroxyamphetamine 2AC (according to the PMW\_3 library) and N-methoxycarbonylamphetamine (according to the NIST17 library, spectrum available as supplementary material;  $m/z$ : 102: 100; 45: 70; 162: 18, 56: 13).

Prescription drugs and medicines (group A.2) were detected in 19%

of used syringes (22) (Oxycodone: 10%,  $n=12$ ; Buprenorphine: 4%,  $n=5$ ; Methadone: 2%,  $n=2$ ; Morphine: 2%,  $n=2$ ; Hydromorphone: 1%,  $n=1$ ). Only four syringes contained a mixture of two substances (a mixture of methamphetamine-heroin: 2%,  $n=2$ ; a mixture of methamphetamine-buprenorphine: 1%,  $n=1$ ; a mixture of heroin-oxycodone: 1%,  $n=1$ ).

#### 3.3. Adulterants

Only three different adulterants (group B) were detected. All adulterants detected were in syringes containing heroin or methamphetamine. Caffeine was detected in 10% of syringes containing heroin (6/59 syringes) and 4% of syringes containing methamphetamine (1/26 syringes). Dimethylsulfone or methylsulfonylmethane was detected in 50% of syringes containing methamphetamine (13/26 syringes) and in 20% of syringes containing heroin (11/59 syringes). Methenamine was detected in 3% of syringes containing heroin (2/59 syringes).

#### 3.4. Comparison with self-reported drug use

Fig. 2 compares the proportion of the main psychoactive substances detected in used syringes ( $n=116$ ) and the substances self-reported by Sydney SIF clients at the entry to the service of the collected booths only ( $n=118$ ). Heroin was the most reported drug (by 56% of clients;  $n=66$ ), followed by methamphetamine (28%;  $n=33$ ), oxycodone (7%;  $n=8$ ), buprenorphine (reported as subutex and suboxone, 6%;  $n=7$ ), methadone (syrup form, 2%;  $n=2$ ) and morphine (MS Cotin, 2%;  $n=2$ ).

Kendall's test showed that there was no statistically significant difference between the results of the chemical analyses and the self-reported drug type (Kendall's test,  $p$ -value=0.00067317 < 0.05, Tau=1, methamphetamine and its derivative were grouped). In addition, self-reported drug type during the study week on the study booth are consistent with the yearly drug type use record (Kendall's test,  $p$ -value=0.000616 < 0.05, Tau=0.94). A summary of self-reported drug type is available as supplementary material.

#### 3.5. Other injecting equipment

Injecting paraphernalia retrieved from the bins other than syringes are represented in Fig. 3. In total, 155 other pieces of injecting paraphernalia were analysed, including 76 spoons (68 plastic spoons, 4 metal spoons and 4 stericups), 51 concealment bags that were in direct contact with the substance/s in question (29 zip bags, 20 plastic-wrapped drug containers and 2 aluminum foils) and 17 filters. A main psychoactive substance (group A) and adulterants (group B) were detected in 94% of concealment bags, 75% of spoons and 64% of filters. For concealment bags, heroin was detected in 30 bags, methamphetamine in 18, a mixture of both in 2 and MDMA in one. In one of them, amphetamine was detected in addition to methamphetamine for the first time during this study.

### 4. Discussion

Chemical analysis of used syringes was successfully conducted at the Sydney SIF and showed that (1) adulterants not reported in the literature and occasional high potency substances were detected (2) self-report drug types were consistent with results confirmed by chemical analysis; and (3) other injecting equipment analysis brings additional information but are not representative of Sydney SIF consumption trends. These major findings are developed below.

#### 4.1. Main psychoactive substances detected

##### 4.1.1. Sydney SIF analysis

Based on this study, illicit drugs (group A.1.) remained the most



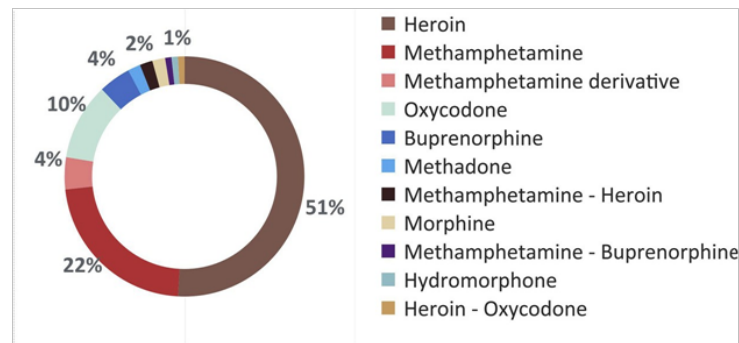


Fig. 1. Main psychoactive substances detected in the used syringes (percentages less or equal to 1% are not reported).

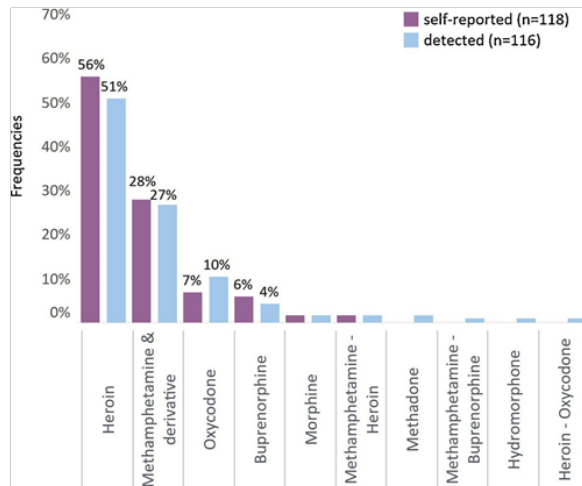


Fig. 2. Proportion of psychoactive substances reported by clients during the SIF visit and detected in syringes.

detected substances. Among them, heroin (51%) and methamphetamine (22%) were the two main substances detected in syringes. While heroin injection has been common in Australia, the injection of methamphetamine is a more recent trend reported in Australia and confirmed by other monitoring tools (Karlsson and Burns, 2018). According to the Illicit Drug Reporting System (IDRS), the use of methamphetamine as a drug of choice among PWID increased from 16% to 32% from 2010 to 2017.

In addition to methamphetamine, its derivative was also detected. This compound was also characterised above the highest point of the calibration curve for the methamphetamine standard (100 ppm). In the analytical literature, it appears that the structure of methamphetamine is re-arranged due to the high temperature reached in the inlet (i.e. 270 °C) during GC-MS analysis (Li et al., 2006; Sugie et al., 2018). To our knowledge, N-hydroxyamphetamine 2AC or N-methoxycarbonylamphetamine has not been reported in the literature. However, previous studies mentioned that this phenomenon is common during methamphetamine analysis (Andersson et al., 2007; Dujourdy et al., 2008; Lock et al., 2007). The detection of this compound seems to indicate that this re-arrangement only occurs when the concentration of methamphetamine is high. This suggests that some Sydney SIF clients might be accessing potent methamphetamine. Reportedly, the annual median purity of analysed methamphetamine specimens has increased from 4.4%–84% in Australia since 2007 (Australian Institute of Criminology's Crime Statistics, 2017). The increase of methamphetamine potency has its own set of risks, prevention and harm reduction messages can include the risks associated with this higher potency.

Another finding concerns the non-medical use and injection of prescription drugs and medicines, particularly pharmaceutical opioids. Around 10% of syringes contained one of these substances which is consistent with previous results from Sydney SIF clinical records reported in literature (Latimer et al., 2016). In addition to the chemical analysis, blister packs (i.e. oxycodone) were found in bins which suggests that tablets were crushed and dissolved for injection purpose. It needs to be highlighted that injecting medications intended for oral administration puts users at higher risk of vascular complications and infections (Roux et al., 2011), however some filtration process could limit these effects (Steele et al., 2018).

#### 4.1.2. International comparison

This section aimed to highlight similarities and differences between Sydney SIF results and studies conducted in six European cities (EMCDDA, 2019) (see Fig. 4). In addition to providing local information on the drug market, analysis of used syringes could also be used to compare consumption, adulterants and potency of substances across different countries. With an expanding and diversifying global drug market as never before (e.g. diversifying supply of stimulants, drug trafficking on the internet), equally dynamic surveillance responses must be available and, therefore, this is an area of growing significance (UNODC, 2019b). In the EMCDDA study, a total of 1521 syringes were chemically analysed and 1278 of them (84%) contained at least one psychoactive substance. The results show a high proportion of opioids in western European countries (heroin: Amsterdam, 95%; Glasgow, 49% and Lausanne, 36%) and stimulants in all cities ((meth)amphetamine: Helsinki, 53%; cathinones: Budapest, 80% and Paris: 44%; cocaine: Amsterdam: 43%; Glasgow: 80% and Lausanne: 72%).

The comparison revealed that strong local variations exist. However, some general trends can be identified: (1) heroin remains one of the main psychoactive substances injected in western Europe and in Sydney (2) stimulants (methamphetamine, cocaine and cathinone) detected in used syringes are largely reported in all cities studied (3) prescription drugs and medicines, particularly pharmaceutical opioids (i.e. methadone, buprenorphine and other opioids) are detected in all cities (except Glasgow). They represent, however, a low percentage in all cities (less than 10%), with the exception of Helsinki (53%).

The main difference between European cities and Sydney is related to stimulant consumption. Methamphetamine was mainly detected in Sydney, whereas cocaine was detected in Western European cities and cathinones in Budapest. A similar difference was reported in previous studies (Bannwarth et al., 2019; Farrell et al., 2019).

Another main difference concerns polydrug use (i.e. presence of multiple drugs indicating the co-use of several substances). Only four syringes (3%) collected at Sydney SIF contained a mixture of two main psychoactive substances while 54% of the European syringes collected contained at least two main psychoactive substances (EMCDDA, 2019). This result is supported by self-reported survey, where only 1% of PWID

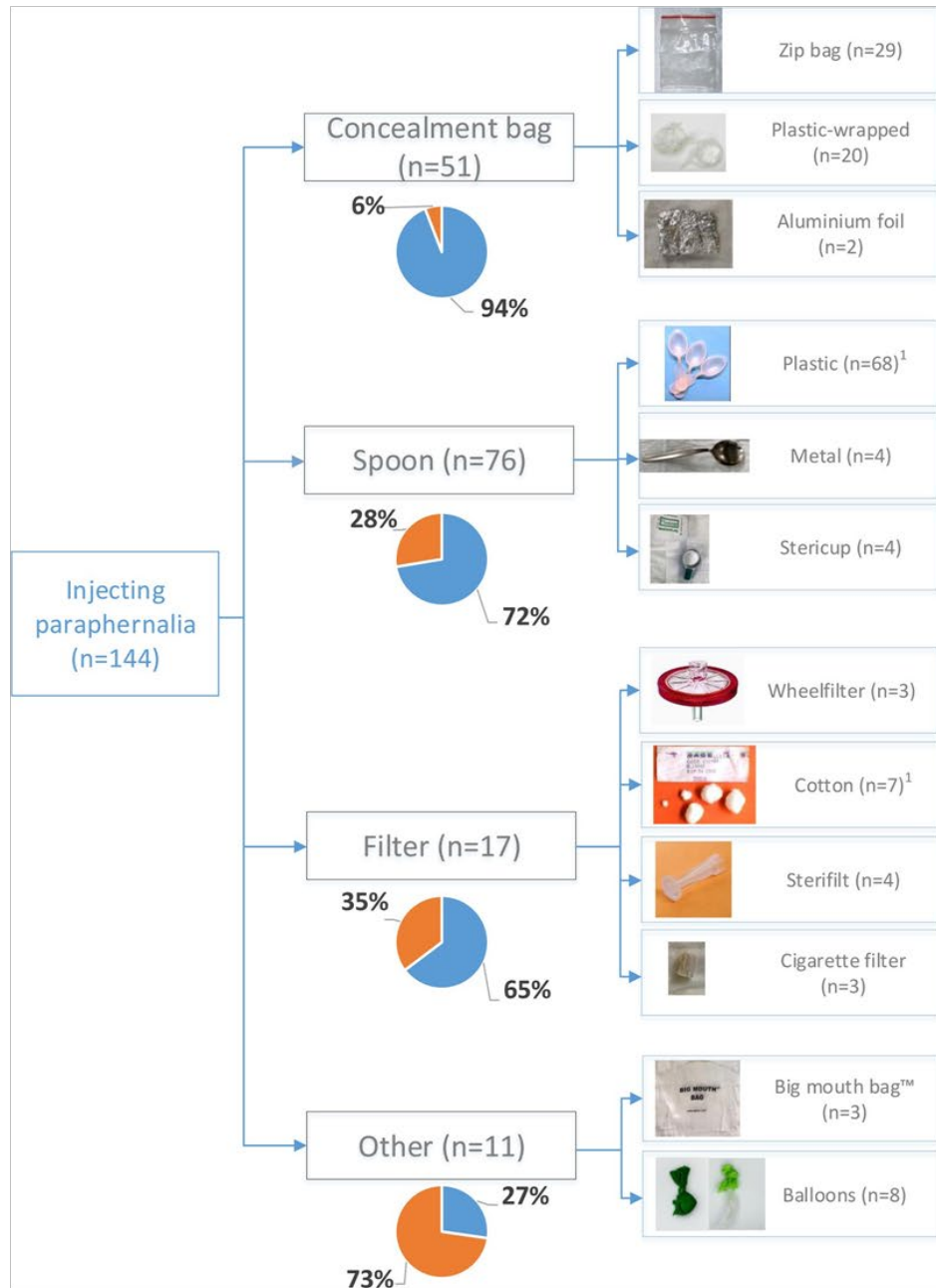


Fig. 3. Injecting equipment collected. The pie charts represent the proportion of psychoactive substances detected (at least one main psychoactive substances (group A) in black vs no substance detected in grey. Photographs from “Injecting equipment available at the needle and syringe programs, Northern Sydney central coast brochure, NSWHealth.”

reported injecting a mixture of drugs at the Sydney SIF in the previous year (see supplementary material - table 1), while in Europe polydrug use is becoming more prevalent than before (Pirone et al., 2018).

Overall, one of the main general trends concerns the high prevalence of injecting stimulants which was recently reported as a new challenge due to the potential of dependence (Farrell et al., 2019). In addition to highlighting this new phenomenon, international comparison is useful to obtain an objective snapshot of the geo-spatial consumption of injected drugs.

#### 4.2. Adulterants

Based on the literature, adulterants are pharmacologically active substances detected by forensic laboratories in illicit drugs (Broséus et al., 2016). These types of cutting agents may be added at different steps in the history of the illicit drug. During this study, three types of substance that could be considered as adulterants were detected: caffeine, methamphetamine and dimethylsulfoxide. Adulterants were only detected in syringes containing illicit drugs (group A.1).

Caffeine, as an adulterant, is generally used in heroin to lower its

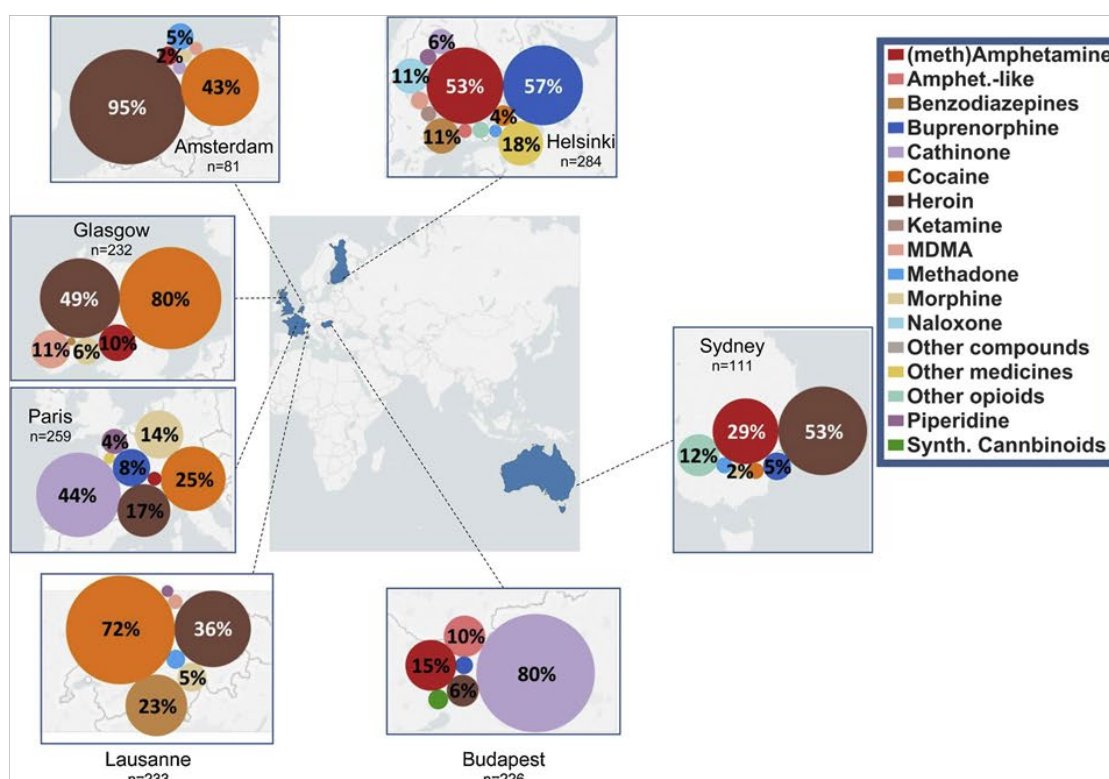


Fig. 4. European and Australian comparison – frequency of the main psychoactive substances detected on n syringes collected by city. Syringe could contain more than one substance, therefore the total per cities exceeds 100%. The data collection for European countries was performed in 2017 while it was conducted in 2019 in Sydney.

vaporisation temperature. It is also used in cocaine, amphetamine, methamphetamine, MDMA, as a stimulant to mimic the effects of the main psychoactive substance (Broséus et al., 2016; Cole et al., 2010). Although only a few serious health repercussions are reported when caffeine is consumed in small quantities, large doses can cause considerable harms (mood disturbances, induce anxiety, addictive, sleep disturbance, increases risk of a range of health problems as cardiomyopathies) (Cole et al., 2010).

Dimethylsulfone is a commonly reported cutting agent in methamphetamine seizures (Collins, 2017; Morelato, 2015). In the literature, it has not been previously reported as being a heroin cutting agent in New South Wales (Michelot, 2018). However, heroin containing dimethylsulfone was recently seized by the Australian Federal Police. Interestingly, all these seizures were of small quantity (personal communication). When a cutting agent is only detected in smaller seizures, this could indicate the addition of the cutting agent at the end of the distribution chain, i.e. when it reaches consumers (Broséus et al., 2016, 2015; Morelato et al., 2019).

Methenamine is a medicine used for the treatment of cystitis, but to our knowledge this substance has not been reported as an adulterant.

It is important to note that the analysed syringes contained some blood, and that the method used for compound detection is sensitive enough to detect traces from anterior consumption (a compound that may have been consumed by another route rather than injection). For example, both caffeine and methenamine can be consumed orally and could have therefore been swallowed prior to the injection.

Finally, as adulterants are pharmacologically active substances, their interaction with the main psychoactive substance is not predictable (Cole et al., 2011; Kudlacek et al., 2017) and the risks related to their presence should not be underestimated. For example, the combined use of a stimulant (i.e. caffeine) and opioid (i.e. heroin) can

influence the cardiovascular system and is associated with poorer health outcomes (Connor et al., 2014). Moreover, adulterants used are not intended for intravenous consumption and can be hazardous. The potential harms linked to the consumption of dimethylsulfone are not known.

#### 4.3. Comparison with self-reported drugs

In total, 147 syringes were collected during the week for only 118 visits registered on the selected booth. No psychoactive substances were detected in 21% of syringes (31), meaning that a psychoactive substance was detected in 116 syringes. At the Sydney SIF, clients may use more than one syringe for a variety of reasons. One syringe may be used to have a small 'taste' of the substance before full injection with another syringe (consistent with overdose prevention advice); syringes may be changed after unsuccessful attempts at venipuncture and drugs transferred from one to another, syringes may be used in the preparation of a specialty wheel filter without containing active drugs, and even if unused, an opened syringe package must be disposed. All of these may account for the difference between the number of syringes collected and the number of visits.

Based on the results, there was a remarkable consistency between the main psychoactive substances detected in syringes and reported by clients. Indeed, based on Kendall rank correlation result, the main psychoactive substance injected by clients at the Sydney SIF corresponded to the substance reported being consumed. Consequently, results is a good indicator to test the reliability of self-reported surveys and vice versa (Darke, 1998).

Considering the reliability and relative ease of implementation of self-report surveys, the added-value of chemical analysis of used syringes which requires laboratory expertise and strict safety measures



may be questioned. The benefit of chemical analysis lies in the potential detection of more potent substances or adulterants. For example, the presence of a more potent methamphetamine was highlighted thanks to this analysis. This information could be used to inform PWID to use smaller amounts and test the product before injecting an entire dose to reduce negative effects.

Of note is the prominence of fentanyl-related overdoses in North America and this is forecast in Australia (Latimer et al., 2016). A contributing factor is the consumption of illicit drugs (i.e. heroin) cut with potent fentanyl and its analogues (Ciccarone, 2017; Warner et al., 2018; Tupper et al., 2018). Even though during this study fentanyl was neither self-reported nor detected in used syringes, applying such a method could help detect abnormal phenomena such as the situation that North America is facing. Based on the literature, only 55% of users were aware of the presence of fentanyl in heroin in North America (Daniulaityte et al., 2019; Griswold et al., 2018). The presence of fentanyl in heroin could therefore not appear in self-reported surveys as the users were usually not aware of it. Fentanyl presence can, however, be detected by chemical analysis which was highlighted by Blachman-Forsyth and colleagues (2018) through the analysis of used syringes in the United States. Had this type of analysis been implemented earlier, it may have provided early warning of fentanyl adulteration of illicit drug supplies. Finally, if such an approach was to be periodically implemented, it could provide information about potential changes in the composition of illicit drugs available on market (e.g. more potent methamphetamine).

#### 4.4. Other injecting equipment

For the first time, we also investigated the usefulness of analysing other injecting equipment (i.e. not just syringes). The collection and analysis of the concealment bags for example, circumvent having to transport sharp material. During this study, we only collected 51 concealment bags compared to 116 syringes (43%). Sydney SIF clients usually dispose of concealment bags into general waste near the staff counter where they have access to scissors to open the bags. In addition, a number of other reasons can explain this discrepancy, such as the use of a single bag when people attend the service together and share a booth, the use of tablets (i.e. prescription drugs and medicines contained in blister-packs), or the use of paper to conceal the drug. Out of the 51 bags, a main psychoactive substance was detected in 48 of them (94%). These results show that concealment bags contained enough material to perform the analysis and give helpful results if collected. MDMA and amphetamine were also detected in two bags containing methamphetamine, but were neither self-reported nor detected in used syringes.

When syringe collection cannot be performed and concealment bags are not available, spoons could be analysed as an alternative. However, spoons have more chance of being contaminated due to their direct contact with other injecting equipment within the bin. Filters were the least effective way to detect substances in our analysis.

For long-term monitoring, collection of used injecting equipment in a SIF when an overdose is reported could provide additional information about the substances injected. It could highlight an unusual illicit drug or a harmful adulterant. If the analysis is conducted systematically, it could provide a better understanding of any additional or unexpected reasons why overdoses occur. Preventive and harm reduction messages could thus be adapted accordingly.

#### 4.5. Limitations

The limitations of the analysis of the content of used syringes have already been published elsewhere (EMCDDA, 2019; Néfau et al., 2015; Péterfi et al., 2017) and are summarised here. In this study, it was not possible to match the drug type self-reported by an individual to the syringe that individual actually used. In some syringes, blood traces

were observed and the method is sensitive enough to detect very small amounts of substances. Consequently, we cannot exclude that some substances detected are the results of a previous consumption through another route. This problem can be accounted for by setting an arbitrary threshold (e.g. anything below 10% of the mass is not reported). During our study, in two syringes containing heroin there was a low amount of cocaine detected. The amount of cocaine detected was estimated to be lower than the limit of quantification of the cocaine calibration curve (5 ppm). This low amount of cocaine was not considered as an actual consumption during injection, but rather a contamination. Conversely, no psychoactive substances were detected in 21% of syringes. The sensitivity and nature of the analytical method applied might not enable the detection of traces of extremely potent drugs never detected before and not referenced in commercial libraries. Finally, this study analysed only seven consecutive days-worth of used syringes from one randomly selected injecting booth each day. This study results were generally consistent with the trend of self-reported drug type injected at the Sydney SIF in the past month and the past year.

## 5. Conclusion

For the first time in Australia, substances contained in used injecting equipment collected in a supervised injecting facility (SIF) at Sydney were analytically confirmed. The study found that there was remarkable consistency between self-report of illicit drugs procured and main psychoactive substance detected with laboratory analysis. It also found that alternatives to syringes may be tested and provide useful analytical results. In addition to confirming self-reported drug type, analysis of used syringes highlighted detection of a methamphetamine derivative that suggests there is access to a potent methamphetamine supply.

Other used injecting equipment (i.e. other than syringes) was also analysed. Findings suggest however, that used syringes analysis gives the most accurate overview of all psychoactive substances injected.

Finally, this study demonstrates that the approach used is amenable to clients and feasible in the Australian SIF context. It may also be applicable to other settings such as Needle and Syringe Programs (programs which provide injecting equipment). Upscaling and wider implementation would support the early detection of harmful substances entering drug markets and better inform harm reduction strategies.

#### Contributors

Elodie Lefrançois: methodology, original draft of the manuscript, manuscript review & editing, data analysis, visualization. Vendula Belackova: project administration, contribution to project design, and manuscript review. Edmund Silins: project supervision, contribution to project design, collection of samples, and manuscript review. Julie Latimer: project coordination, collection of samples, and manuscript review. Marianne Jauncey: contribution to project design and manuscript review. Ronald Shimmion and Dayanne Mozaner Bordin: laboratories induction and analytical support. Marc Augsburg: methodology, resources, and manuscript review. Pierre Esseiva: conceptualization, methodology, resources, manuscript review. Claude Roux: resources, supervision, project administration. Marie Morelato: conceptualization, methodology, validation, manuscript review & editing, project administration, supervision.

#### Authors disclosures

All authors have read and approved the final manuscript.

#### Role of funding source

The Australian Research Council provided financial support to

conduct this research through the Linkage Projects scheme (LP160100352). They provided support for the purchase of chemicals and travels. The funders had no role in the study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

#### Declaration of Competing Interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Acknowledgments

The authors would like to thank the Consumer Action Group of Uniting MSIC, all clients who took part in this study and particularly all the Sydney SIF team for their commitment and knowledge sharing. The Australian Research Council provided financial support to conduct this research through the Linkage Projects scheme (LP160100352).

#### Appendix A. Supplementary data

Supplementary material related to this article can be found, in the online version, at doi:<https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2020.107909>.

#### References

- Andersson, K., Jalava, K., Lock, E., Finnon, Y., Huizer, H., Kaa, E., Lopes, A., Poortman-Van der Meer, A., Cole, M.D., Dahlen, J., 2007. Development of a harmonised method for the profiling of amphetamines: III. Development of the gas chromatographic method. *Forensic Sci. Int.* 169, 50–63.
- Australian Institute of Criminology's Crime Statistics. *Illicit Drug Data Report (Text)*. <https://www.aic.gov.au/publications/2019/06/11/illicit-drug-data-report>.
- Bannwarth, A., Morelato, M., Benaglia, L., Been, F., Esseiva, P., Delemont, O., Roux, C., 2019. The use of wastewater analysis in forensic intelligence: drug consumption comparison between Sydney and different European cities. *Forensic Sci. Res.* 1–11.
- Blachnan-Forshey, J., Nolan, M.L., McAtee, J.M., Paone, D., 2018. Estimating the risk of exposure to fentanyl in New York City: testing drug residue in used syringes. *Am. J. Public Health* 108, 1666–1668. <https://doi.org/10.2195/AJPH.2018.304694>.
- Broséus, J., Gentile, N., Pont, F.B., Gongora, J.M.G., Gasté, L., Esseiva, P., 2015. Qualitative, quantitative and temporal study of cutting agents for cocaine and heroin over 9 years. *Forensic Sci. Int.* 257, 307–313.
- Broséus, J., Gentile, N., Esseiva, P., 2016. The cutting of cocaine and heroin: a critical review. *Forensic Sci. Int.* 262, 73–83.
- Ciccarone, D., 2017. Fentanyl in the US heroin supply: a rapidly changing risk environment. *Int. J. Drug Policy* 46, 107–111. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2017.06.010>.
- Cole, C., Jones, L., McVeigh, J., Kicman, A., Syed, Q., Bellis, M.A., 2010. CUT: A Guide to Adulterants, Bulking Agents and Other Contaminants Found in Illicit Drugs. John Moores Univ., Liverpool.
- Cole, C., Jones, L., McVeigh, J., Kicman, A., Syed, Q., Bellis, M., 2011. Adulterants in illicit drugs: a review of empirical evidence. *Drug Test. Anal.* 3, 89–96. <https://doi.org/10.1002/dta.220>.
- Collins, M., 2017. Illicit drug profiling: the Australian experience—revisited. *Aust. J. Forensic Sci.* 49, 591–604.
- Connor, J., Guilo, M., White, A., Kelly, A., 2014. Polysubstance use: diagnostic challenges, patterns of use and health. *Curr. Opin. Psychiatry* 27, 269–275. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000069>.
- Daniulaityte, R., Carlson, R.R., Juhascik, M.P., Strayer, K.E., Sizemore, I.E., 2019. Street fentanyl use: experiences, preferences, and concordance between self-reports and urine toxicology. *Int. J. Drug Policy* 71, 3–9. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2019.05.020>.
- Darke, S., 1998. Self-report among injecting drug users: a review. *Drug Alcohol Depend.* 51 (3), 253–263. [https://doi.org/10.1016/S0376-8716\(98\)00028-3](https://doi.org/10.1016/S0376-8716(98)00028-3).
- Des Jarlais, D.C., Perlis, T., Arasteh, K., Torian, L.V., Beatrice, S., Milliken, J., Mildvan, D., Yancovitz, S., Friedman, S.R., 2005. HIV incidence among injection drug users in New York City, 1990 to 2002: use of serologic test algorithm to assess expansion of HIV prevention services. *Am. J. Public Health* 95, 1439–1444.
- Dolan, K.A., Dillon, P., Silins, E., MacDonald, M., Topp, L., 2005. Australia, department of health and ageing. NSP: Needle & Syringe Programs 2005. Dept. of Health and Ageing, Canberra.
- Dujourdy, L., Dufey, V., Besacier, F., Miano, N., Marquis, R., Lock, E., Aalberg, L., Dieckmann, S., Zrcek, F., Bozenko Jr, I.S., 2008. Drug intelligence based on organic impurities in illicit MA samples. *Forensic Sci. Int.* 177, 153–161.
- EMCDDA, 2019. *Drugs in Syringes From Six European Cities: Results From the ESCAPE Project 2017*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Evrard, I., Legleye, S., Cadet-Taïrou, A., 2010. Composition, purity and perceived quality of street cocaine in France. *Int. J. Drug Policy* 21, 399–406. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2010.03.004>.
- Farrell, M., Martin, N.K., Stockings, E., Bórquez, A., Cepeda, J.A., Degenhardt, L., Ali, R., Tran, L.T., Rehm, J., Torrens, M., 2019. Responding to global stimulant use: challenges and opportunities. *Lancet*.
- Griswold, M.K., Chai, P.R., Krotulski, A.J., Friscia, M., Chapman, B., Boyer, E.W., Logan, B.K., Babu, K.M., 2018. Self-identification of nonpharmaceutical fentanyl exposure following heroin overdose. *Clin. Toxicol. Phila. Pa* 56, 37–42. <https://doi.org/10.1080/15563630.2017.1339889>.
- Iversen, J., Linsen, S., Kwon, J., Maher, L., 2017. *Needle Syringe Program National Minimum Data Collection: National Data Report 2016*. Sydney: Kirby Institute, UNSW Australia.
- Karlsson, A., Burns, L., 2018. *Australian Drug Trends 2017: Findings From the Illicit Drug Reporting System (IDRS)*. Aust. Drug Trends Ser. No. 127.
- Kudlacek, O., Hofmaier, T., Luf, A., Mayer, F.P., Stockner, T., Nagy, C., Holy, M., Freissmuth, M., Schmid, R., Sitte, H.H., 2017. Monoamine Transporters in Health and Disease Cocaine adulteration. *J. Chem. Neuroanat.* 83–84, 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2017.06.001>.
- Latimer, J., Ling, S., Flaherty, L., Jauncey, M., Salmon, A.M., 2016. Risk of fentanyl overdose among clients of the Sydney medically supervised injecting centre. *Int. J. Drug Policy* 37, 111–114. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2016.08.004>.
- Lefrançois, E., Esseiva, P., Gervasoni, J.-P., Lucia, S., Zobel, F., Augsburger, M., 2016. Analysis of residual content of used syringes collected from low threshold facilities in Lausanne Switzerland. *Forensic Sci. Int.* 266. <https://doi.org/10.1016/j.foresciint.2016.07.021>.
- Lefrançois, E., Augsburger, M., Esseiva, P., 2017. *Drug residues in used syringes in Switzerland: a comparative study*. *Drug Test. Anal.*
- Li, T.-L., Giang, Y.-S., Hsu, J.-F., Cheng, S.-G., Liu, R.H., Wang, S.-M., 2006. Artifacts in the GC-MS profiling of underivatized methamphetamine hydrochloride. In: *Forensic Sci. Int.*, 17th Triennial Meeting of The International Association of Forensic Sciences 2005. Hong Kong, pp. 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.foresciint.2006.02.057.162>.
- Lock, E., Aalberg, L., Andersson, K., Dahlen, J., Cole, M.D., Finnon, Y., Huizer, H., Jalava, K., Kaa, E., Lopes, A., 2007. Development of a harmonised method for the profiling of amphetamines V: determination of the variability of the optimised method. *Forensic Sci. Int.* 169, 77–85.
- Mathers, B.M., Degenhardt, L., Bucello, C., Lemon, J., Wiessing, L., Hickman, M., 2013. Mortality among people who inject drugs: a systematic review and meta-analysis. *Bull. World Health Organ.* 91, 102–123. <https://doi.org/10.2471/BLT.12.108282>.
- Maurer, H.H., 2005. Multi-analyte procedures for screening for and quantification of drugs in blood, plasma, or serum by liquid chromatography—single stage or tandem mass spectrometry (LC-MS or LC-MS/MS) relevant to clinical and forensic toxicology. *Clin. Biochem.* 38, 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2005.01.014>.
- McLeod, 2005. Kendall Rank Correlation and Mann-kendall Trend Test.
- Michelot, H., 2018. *Forensic Intelligence: Applications in Illegal Drug Trafficking*. pp. 23.
- Morelato, M., 2015. *Forensic Drug Profiling: a Tool for intelligence-led Policing (PhD Thesis)*.
- Morelato, M., Franschella, D., Esseiva, P., Broséus, J., 2019. When does the cutting of cocaine and heroin occur? The first large-scale study based on the chemical analysis of cocaine and heroin seizures in Switzerland. *Int. J. Drug Policy* 73, 7–15.
- Uniting Medically Supervised Injecting Centre (MSIC). [WWW Document]. URL <https://www.uniting.org/community-impact/uniting-medically-supervised-injecting-centre-msic> (accessed 12.23.19).
- Néau, T., Charpentier, E., Elyasmino, N., Duplessy-Garson, C., Levi, Y., Karolak, S., 2015. Drug analysis of residual content of used syringes: a new approach for improving knowledge of injected drugs and drug user practices. *Int. J. Drug Policy* 26. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2014.09.010>.
- Peacock, A., Gibbs, D., Sutherland, R., Uporova, J., Karlsson, A., Bruno, R., Dietze, P., Lenton, S., Alati, R., Degenhardt, L., Farrell, M., 2018. *Australian drug trends 2018. Key Findings From the National Illicit Drug Reporting System (IDRS) Interviews*. Sydney, National Drug and Alcohol Research Centre, UNSW Australia.
- Péteri, A., Tarján, A., Horváth, G.C., Csesztregi, T., Nyirád, A., 2014. Changes in patterns of injecting drug use in Hungary: a shift to synthetic cathinones. *Drug Test. Anal.* 6, 825–831. <https://doi.org/10.1002/dta.1625>.
- Péteri, A., Csorba, J., Figecki, T., Kiss, J., Medgyesi-Franck, K., 2016. *Breaking the Drug Cycle - Analysis of Residues From Used Injecting Drug Paraphernalia Hungary*.
- Péteri, A., Csorba, J., Figecki, T., Kiss, J., Medgyesi-Franck, K., Posta, J., Gyarmathy, V.A., 2017. Drug residues in syringes and other injecting paraphernalia in Hungary. *Drug Test. Anal.* <https://doi.org/10.1002/dta.2217>.
- Pfeifer, K., Maurer, H.H., Weber, A., et al., 1992. *Mass Spectral and GC Data of Drugs, Poisons, Pesticides, Pollutants and Their Metabolites. Part 1: methods, tables, indexes*. VCH Verlagsgesellschaft mbH.
- Pirone, A., Matias, J., Giraudon, L., 2018. *Recent changes in Europe's cocaine market: results from an EMCDDA trendspotter study, December 2018*. Rapid Communication / European Monitoring Centre for Drugs and Drug Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Roux, P., Carrier, M.P., Keijzer, L., Dasgupta, N., 2011. Reducing harm from injecting pharmaceutical tablet or capsule material by injecting drug users. *Drug Alcohol Rev.* 30, 287–290. <https://doi.org/10.1111/j.1465-3362.2011.00285.x>.
- Steele, M., Silins, E., Flaherty, L., Hiley, S., van Breda, N., Jauncey, M., 2018. Uptake of wheel-filtration among clients of a supervised injecting facility: Can structured education work? *Drug Alcohol Rev.* 37, 116–120.
- Sugie, K., Kurakami, D., Akutsu, M., Saito, K., 2018. Rapid detection of tert-butyl-carbonyl-methamphetamine by direct analysis in real time time-of-flight mass spectrometry. *Forensic Toxicol.* 36, 261–269. <https://doi.org/10.1007/s11419-017-0400-y>.
- Tupper, K.W., McCrae, K., Garber, L., Lysyshyn, M., Wood, E., 2018. Initial results of a drug checking pilot program to detect fentanyl adulteration in a Canadian setting. *Drug Alcohol Depend.* 190, 242–245.
- UNODC, 2019a. *International Drug Control Conventions of 1961 Modified 2019*. UNODC, 2019b. *World Drug Report 2019 (set of 5 Booklets)*. United Nations, S.I.
- Warner, M., Trinidad, J.P., Bastian, B.A., Minino, A.M., Hedegaard, H., 2018. *Drugs most frequently involved in drug overdose deaths: United States, 2011–2016*. *Vital Stat. Rep.* 67, 14.