

STOP AUX ÉGOUTS DANS LES COURS D'EAU

DÉTECTION DES POLLUTIONS ISSUES DU SYSTÈME D'ÉVACUATION DES EAUX DANS LES RIVIÈRES LAUSANNOISES

En raison de dysfonctionnements ponctuels du réseau d'évacuation (inversions, ruptures de conduites), des eaux usées se déversent dans les cours d'eau lausannois par plusieurs voies, notamment via les exutoires d'eaux claires. Plus de 750 exutoires d'eaux claires sont répertoriés sur Lausanne. Une méthode a été créée afin de déterminer quels exutoires rejettent des eaux usées en continu dans le milieu naturel et ainsi pouvoir cibler les recherches de pollution sur les conduites d'évacuation concernées.

Fereidoun Khajehnouri; Lucilia Pointet; Amélie Savioz, Service de l'eau, Ville de Lausanne*
Stéphanie Barbier; Christophe Di Stadio; Vincent Gregorio, Service de l'eau, Ville de Lausanne

ZUSAMMENFASSUNG

KEIN ABWASSER IN FLIESSGEWÄSSERN: ERKENNUNG VON ABWASSERVERSCHMUTZUNGEN AUS DEM ENTWÄSSERUNGSSYSTEM IN LAUSANNER FLÜSSEN

Seit 2019 führt die Stadt Lausanne ein Monitoring der Lausanner Fliessgewässer durch, um einen detaillierten Einblick in deren Qualität zu erhalten. Dafür wird die standardisierte Methode des Bundes, das Modul-Stufen-Konzept, eingesetzt. Eine punktuelle Analyse von fast 200 Mikroverunreinigungen ergänzte diese Untersuchungen im Jahr 2019.

Die Resultate sind alarmierend: Alle Einzugsgebiete, die sich im Stadtgebiet befinden, sind durch Abwasser belastet: die Einzugsgebiete der Flüsse Vuachère, Louve und Chamberonne. Diese Verunreinigungen sind zum grössten Teil Fehlfunktionen im Entwässerungsnetz zuzuschreiben, wodurch unbehandeltes Abwasser in die Fliessgewässer gelangt. Um die Suche nach den Quellen effizienter zu gestalten, wurde eine neuartige Methode für die Priorisierung von Verschmutzungen durch Abwasser geschaffen. Ziel der Methode ist es, festzustellen, an welchen Einleitstellen Abwasser in die Flüsse gelangt.

Die Suche konzentriert sich in einem ersten Schritt auf das Einzugsgebiet der Vuachère und der Chamberonne. Von 284 untersuchten Sauberwasser-Einleitstellen wurden 76 als «verschmutzt» und 120 als «nicht verschmutzt» eingestuft. 57 werden noch evaluiert oder

> S. 83

LA QUALITÉ DES COURS D'EAU LAUSANNOIS

MONITORING AVEC LE SYSTÈME MODULAIRE GRADUÉ, 2019-2020

Afin d'obtenir une vision détaillée de la qualité des cours d'eau lausannois, la Ville de Lausanne effectue depuis 2019 un monitoring pluridisciplinaire en 3 pôles: 1) biologie-macroinvertébrés 2) écomorphologie et 3) chimie de l'eau-nutriments issus de la méthode fédérale standardisée, le Système Modulaire Gradué (SMG; [1-3]). 22 stations de monitoring chimiques et 10 stations biologiques quadrillent la commune *(fig. 1)*.

D'importants problèmes de qualité ont été décelés sur 3 des 6 bassins versants analysées: Vuachère, Louve et Chamberonne. Le bassin versant de la Chandelar montre également une contamination d'un de ses affluents: le Flon-Morand *(tab. 1)*.

Ces cours d'eau, dont l'aire d'alimentation recouvre des zones urbanisées, présentent des concentrations en nutriments supérieures aux normes, ainsi que des taux élevés en cuivre et zinc. Une dégradation progressive de la qualité est également visible entre la tête du bassin versant et l'embouchure. Il s'agit d'une pollution typiquement «urbaine» induite par des dysfonctionnements sur le réseau d'évacuation des eaux usées, ainsi que du lessivage des routes et des toitures par les eaux de ruissèlement. Les bassins versant du Talent et des sources de la Bressonne,

** Contact: fereidoun.khajehnouri@lausanne.ch*

situés en zone forestière, présentent une bonne qualité générale. Les concentrations élevées en carbone étant dues à des facteurs naturels et non à une contamination anthropique (décomposition de la matière organique).

DÉTECTION DE LA POLLUTION AUX EAUX USÉES

En 2019, en complément au suivi du système modulaire gradué, l'analyse de 200 micropolluants organiques dans des prélèvements ponctuels a été effectuée. Ces micropolluants sont issus de l'activité domestique, industrielle ou agricole. Certaines de ces substances peuvent être considérées comme des traceurs d'eaux usées et la présence de composés habituellement très bien éliminés par une STEP permet même de différencier des pollutions aux eaux usées non traitées *(tab. 2)* [4, 5].

Un indicateur a été développé pour classer les cours d'eau lausannois en trois catégories selon l'importance des concentrations des traceurs d'eaux usées mesurés en 2019 *(tab. 3)*.

Conformément aux résultats du SMG, les eaux usées non traitées se déversent plus régulièrement dans les cours d'eau situés en milieu urbain, soit où le réseau d'évacuation est dense: les bassins versants de la Vuachère, la Louve et de la Chamberonne, ainsi que le cours d'eau Flon-Morand. Dans le bassin versant de la Chamberonne, les concentrations des traceurs d'eau usés lié à un traitement de STEP sont plus élevées que les traceurs non traités. Ce résultat peut s'expliquer par la présence de deux rejets de STEP qui ne disposent pas de traitement complémentaire (quaternaire) pour le rabattement des micropolluants organiques [5].

VOIES DE POLLUTIONS

Les eaux usées parviennent dans les cours d'eau lausannois par deux voies principales: les collecteurs enterrés dans le lit des cours d'eau et les exutoires d'eaux claires. Les inversions de raccordements et toutes autres connexions entre les eaux claires et les eaux usées dans le système d'évacuation peuvent

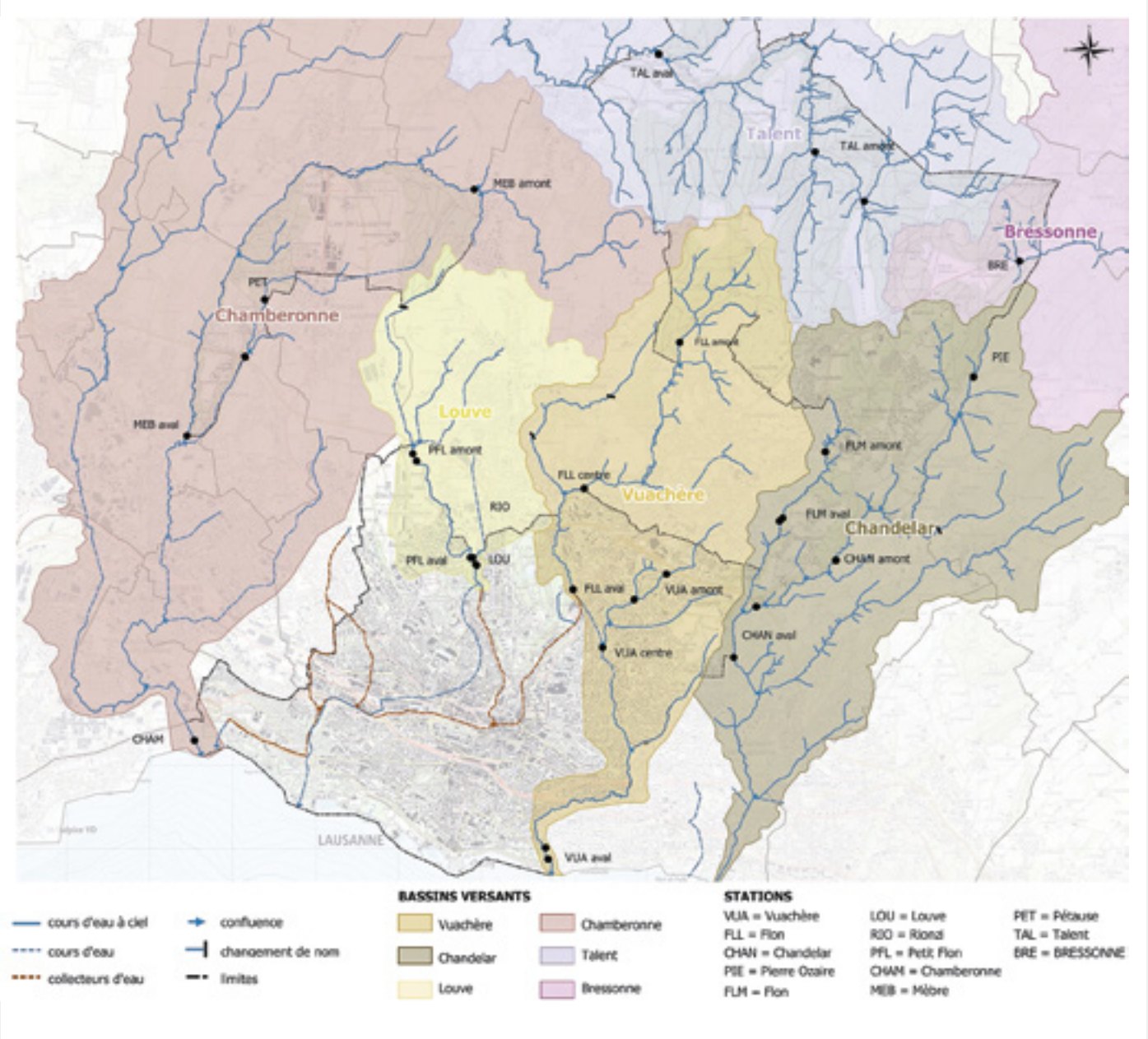


Fig. 1 Bassins versants lausannois et stations de monitoring biologique et chimique.

Bassin versant	Localisation	Biologie	Chimie, nutriments	Métaux lourds	Ecomorphologie	Objectifs de qualité
1. Vuachère	Vuachère aval					x
	Vuachère centre					x
	Vuachère amont					x
	Flon aval					x
	Flon centre					x
	Flon amont					✓
2. Chandelar	Chandelar aval					✓
	Chandelar amont					✓
	Pierre Ozaire					✓
	Flon-Morand aval					✓
	Flon-Morand amont					x
3. Louve	Louve					x
	Rionzi					x
	Petit Flon aval					x
	Petit Flon amont					x
4. Chamberonne	Chamberonne					x
	Mèbre aval					x
	Mèbre amont					x
	Pétause					x
5. Talent	Talent aval					✓
	Talent amont					✓
6. Bressonne	Bressonne source					✓

impliquer des déversements d'eaux usées dans le milieu naturel via les exutoires d'eaux claires. Parmi ces pollutions, les plus graves, pour le milieu aquatique, semblent être les pollutions qui se produisent en continu et qui ne sont pas diluées par les eaux de pluie. L'impact est particulièrement important à l'étiage et sur les petits cours d'eau. La méthode présentée dans le chapitre suivant cible ce type de pollution dans les exutoires d'eaux claires.

Il a été relevé sur le territoire lausannois 765 exutoires d'eaux claires présentant un risque potentiel de contamination par des eaux usées. La Vuachère comprend le plus grand nombre d'exutoires recensés par kilomètre linéaire (16) suivi de la Chamberonne (11) *(fig. 2)*.

MÉTHODE DE PRIORISATION DES EXUTOIRES POLLUÉES

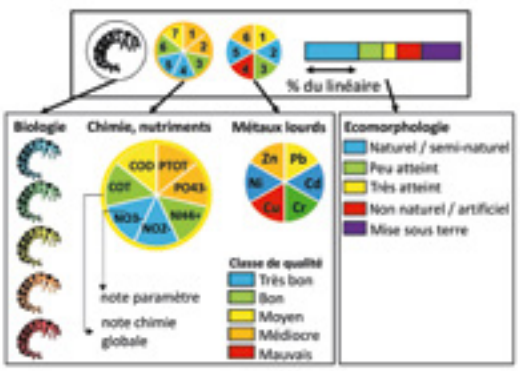
OBJECTIFS DE LA MÉTHODE

La recherche des pollutions sur le réseau d'eaux claires étant chronophage et coûteuse (passage caméra, fouilles, tests avec des colorants, etc.), une méthode rapide et standardisée de détection des pollutions a été mise en place directement aux exutoires d'eaux claires dans les cours d'eau. Elle permet de cibler les exutoires pollués et de concentrer l'inspection des canalisations sur les conduites des bassins versants problématiques. Ainsi, les exutoires fonctionnels sont rapidement écartés, sans frais d'analyses chimiques. Ce procédé demande peu de matériel, ce qui en fait une méthode facilement reproductible à grande échelle et à moindre coûts.

DÉROULEMENT DE LA MÉTHODE

L'évaluation des exutoires d'eaux claires doit être effectuée par temps sec (au minimum 72 h sans intempérie) afin que les eaux de pluie aient été évacuées du réseau. Les exutoires inaccessibles à pied ou immergés dans les cours d'eau ne peuvent être évalués par cette méthode. Sur place, les exutoires

Legende



Tab. 1 Résultats du monitoring des cours d'eau lausannois par bassin versant 2019-2020.

Substance	Type de source attribuée
Aténolol (bêtabloquant)*	**Traceurs EU (notamment utilisés pour tracer les EU traitées par une STEP)**
Carbamazépine (antiépileptique)*	
Diclofénac (analgésique)*	
Sulfaméthoxazole (antibiotique)*	
Mecoprop (herbicide)*	
Benzotriazole (complexant, produit anticorrosion)*	
Acésulfame (E950) (édulcorant de synthèse)*	
Sucralose (E955) (édulcorant de synthèse)*	
Caféine (théine)*	**Traceurs EU utilisés pour tracer les EU non traitées par une STEP**
Acethylsulfamethoxazole (Antibiotique métabolite)**	
Paracetamol (Analgésique)**	
Ibuprofène (Analgésique)**	

*Traceurs EU selon Götz et al. (2011, [4])
**Médicaments éliminés à plus de 80% par les STEP (DGE & DIREV, 2018; [5])

Tab. 2 Substances utilisées pour tracer les eaux usées dans les cours d'eau lausannois en 2019.

Bassin versant	Localisation	Traceurs EU	Traceurs EU non traitées
1. Vuachère	Vuachère aval		
	Vuachère centre		
	Vuachère amont		
	Flon aval		
	Flon centre		
	Flon amont		
2. Chandelar	Chandelar aval		
	Chandelar amont		
	Pierre Ozaire		
	Flon- Morand aval		
	Flon-Morand amont		
3. Louve	Louve		
	Rionzi		
	Petit Flon aval		
	Petit Flon amont		
4. Chamberonne	Chamberonne		
	Mèbre aval		
	Mèbre amont		
	Pétause		
5. Talent	Talent aval		
	Talent amont		
6. Bressonne	Bressonne source		

Peu ou pas de présence de traceurs eaux usées
Présence de traceurs eaux usées
Présence régulière et en concentration élevée de traceurs eaux usées

Tab. 3 Classement des cours d'eau selon les concentrations des traceurs d'eaux usées mesurées.

rejetant de grandes quantités d'eaux usées en continu peuvent être évalués comme pollués par une simple observation organoleptique *(fig. 3)*.
La méthode comporte trois grandes étapes *(fig. 4)*:

1) Définir si un écoulement d'eau a lieu par temps sec dans l'exutoire d'eaux claires, si nécessaire à l'aide de deux dispositifs.
2) Si c'est le cas, effectuer un prélèvement d'eau; si ce n'est pas le cas, considérer l'exutoire comme non pollué par des eaux usées.
3) Si un prélèvement est effectué, rechercher la présence de micropolluants traceurs d'eaux usées.

En détail, la première étape consiste à déceler ou non la présence d'un écoulement d'eau à l'exutoire par temps sec. Le réseau d'évacuation des eaux claires sert à évacuer les eaux de ruissèlement, il est normalement uniquement actif pendant et jusqu'à 3 jours après un épisode pluvieux. Certains exutoires peuvent avoir un écoulement continu, y compris par temps sec (raccordement à une nappe phréatique, arrosage de jardins ou un réseau profond de drainage). Pour ces exutoires, il est préférable d'attendre un maximum de jours sans intempérie avant d'effectuer un prélèvement. Les résultats d'analyse permettront potentiellement d'écarter la présence d'eaux usées à l'exutoire *(fig. 5)*.
Les exutoires observés sans écoulement d'eau par temps sec sont équipés de deux dispositifs. Ces dispositifs détectent facilement et sans surveillance humaine en continu tous écoulements d'eau à l'exutoire durant la période d'observation. Les dispositifs doivent rester sur place 4 jours minimum et de préférence sur un weekend (utilisation plus régulière des appareils sanitaires privés).
Le premier dispositif se compose d'une éponge compressée, coupée en carrée de 2 cm^2. Elle est retenue dans la conduite par un fil de nylon. La taille des éponges se décuple en cas de contact avec un liquide et celles-ci conservent définitivement leur nouvelle forme même en cas d'assèchement postérieur à l'écoulement. Cet outil peut être placé dans les exutoires secs mais ne peut pas être utilisé en cas d'humidité résiduelle dans la conduite, car l'éponge absorberait instantanément l'eau lors de la pose. Le résultat obtenu serait alors un faux positif, n'indiquant pas de réel écoulement d'eau. Dans ce cas, un deuxième dispositif a été imaginé, constitué d'une demi-sphère en polystyrène de 5 cm diamètre attachée par un fil de nylon non tendu. Lorsqu'il y a un écoulement d'eau, le polystyrène est emporté en dehors de la conduite et est retenu par le fil de nylon. Son déplacement indique dès lors qu'il y a eu un potentiel écoulement d'eaux usées pendant la période sèche de monitoring. Il peut être placé dans les conduites humides ou en pente faible *(fig. 6* et *7)*. L'emploi des deux dispositifs

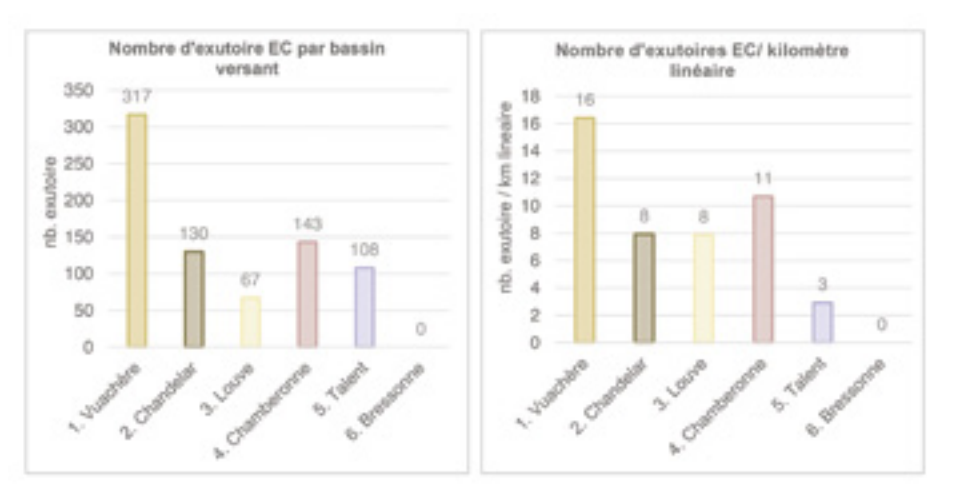


Fig. 2 Nombre d'exutoires d'eaux claires recensés par bassin versant (à gauche) et kilomètre linéaire de cours d'eau (à droite).



Fig. 3 Exemple de pollutions aux eaux usées pouvant être attesté lors de la visite par observation organoleptique (matière fécale, lessive).



Fig. 4 Schéma récapitulatif de l'application de la méthode.

simultanés a aussi souvent été utilisé pour plus de confiance dans l'évaluation. Des évènements extérieures pouvant interférer le résultat des tests, leur interprétation nécessite une attention particulière. Ainsi, les dispositifs peuvent être endommagés ou déplacés hors de l'exutoire par des rongeurs. Un appel d'air dans la conduite peut également pousser les tests à l'extérieur. En cas de doute, il est préférable de réitérer ceux-ci.

Lors des relevés, si aucune réaction des deux dispositifs n'est constatée, l'exutoire est considéré comme n'étant pas pollué. En cas de résultat positif des tests, il est nécessaire de prévoir un moyen permettant de récupérer à tout moment un échantillon des écoulements constatés. En effet, le prélèvement permet de définir la nature de l'écoulement, mais il n'est pas possible de prévoir quand celui-ci aura lieu. Cet échantillonnage doit également être effectué par temps sec (contigu ou non aux dispositifs de détection). Pour ce faire, une bouteille en verre d'un litre est placée à l'exutoire et laissée au minimum 4 jours, de préférence un weekend, afin de récolter de l'eau. Selon la configuration de chaque conduite, des rampes en plexiglas ont été placée «en entonnoir» afin de faciliter la collecte d'eau *(fig. 8)*.

L'analyse des micropolluants sur les échantillons prélevés s'appuie principalement sur des substances identifiées comme traceurs d'eaux usées: pesticides/biocides, produits pharmaceutiques, anticorrosifs, additifs industriels, édulcorants de synthèse et caféine. Une concentration élevée d'une ou plusieurs de ces substances attestent de la présence d'eaux usées dans les eaux claires. En cas de trop faible charge en micropolluants, la pollution par les eaux usées ne peut être affirmée et un nouveau prélèvement doit alors être réalisé.

POLLUTIONS DÉTECTÉES

Entre 2020 et 2021, la méthode décrite au chapitre précédent a été appliquée sur 3 cours d'eau lausannois: la Vuachère et le Flon (bassin versant de la Vuachère) ainsi que la Mèbre (bassin versant de la Chamberonne). Ces cours d'eau ont été sélectionnés en priorité car ils sont fortement pollués par des eaux usées et présentent les plus importantes densités d'exutoires par kilomètre/linéaire facilement parcourables à pied. Ces caractéristiques permettaient de tester la méthode



Fig. 5 Prélèvements d'eau ponctuels dans les exutoires d'eaux claires avec des écoulements en continu par temps sec.



Fig. 6 Dispositifs de détection des écoulements d'eau dans les exutoires d'eaux claires: une demi-sphère en polystyrène expansé et une éponge compressée.



Fig. 7 Écoulement détecté lors d'une période météorologique sèche avec les dispositifs de détection, indiquant une potentielle pollution aux eaux usées.

sur un grand nombre d'exutoires. Sur les 242 exutoires d'eaux claires rejetant potentiellement des eaux usées sur la Vuachère, 154 ont été investigués. Selon les observations ou les analyses, 64 d'entre eux déversent des eaux usées dans le cours d'eau et sont donc considérés comme pollués *(fig. 9)*. À l'inverse, 75 ont été déterminé comme non pollué, soit par les dispositifs (41), soit par l'absence de traceurs d'eaux usées dans les analyses (34). Certains exutoires (15) n'ont pas pu être évalués par cette méthode car ils étaient inaccessibles ou immergés dans les cours d'eau.

En ce qui concerne les deux autres rivières investigués, la proportion d'exutoires pollués par les eaux usées semble moins importante que sur la Vuachère. Sur le Flon, seulement 6 exutoires sur les 32 investigués ont montré une pollu-



Fig. 8 Dispositif de l'échantillonnage en continu dans les exutoires d'eaux claires suite à la détection d'un écoulement par temps sec.

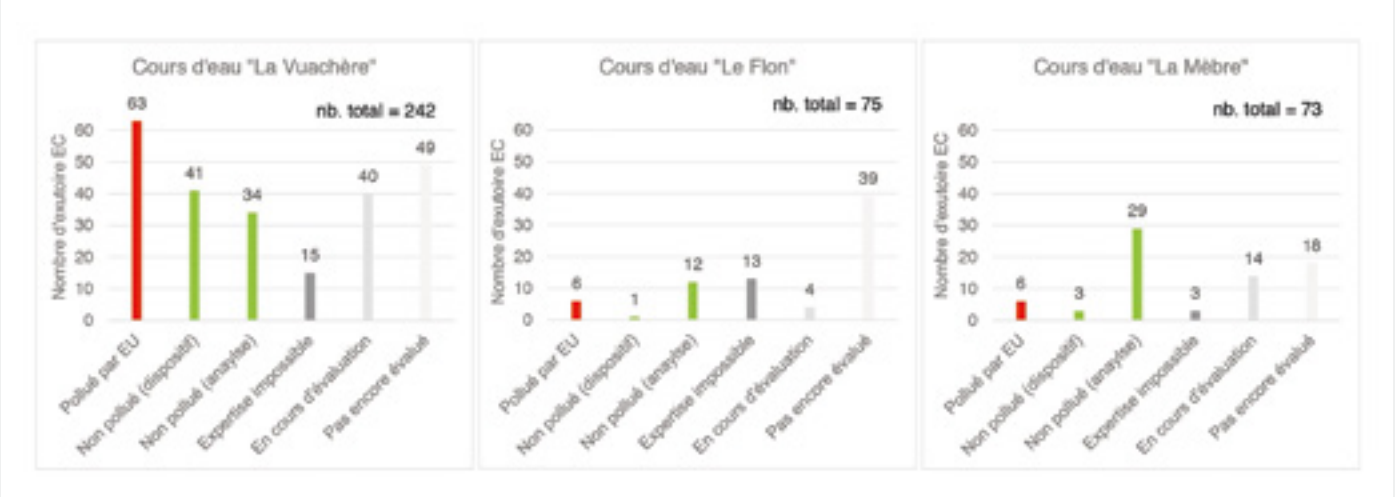


Fig. 9 Résultats de l'application de la méthode de détection des pollutions aux eaux usées dans les cours d'eau de la Vuachère, du Flon et de la Mèbre.

tion et la Mèbre n'en a enregistrés que 6 sur 41 prospectés. Ces résultats peuvent s'expliquer par une plus faible densité urbaine autour de ces rivières.

ZOOM SUR LES MICROPOLLUANTS

Un total de 149 molécules ont été recherchées dans les échantillons prélevés dans des exutoires d'eaux claires: 101 pesticides/biocides, 38 substances pharmaceutiques, 8 autres substances à usages domestiques (additifs industriels, édulcorants de synthèse, caféine) et 1 anticorrosif avec son métabolite. Parmi celles-ci, les traceurs d'eaux usées regroupent 45 substances: médicaments, sucres de synthèse, bisphenol A et S, caféine et DEET (répulsif contre les insectes).

Les traceurs d'eaux usées présents dans les prélèvements des exutoires considérés comme «pollué» étaient proches de 1000 ng/l en moyenne. Dans les échantillons d'eau prélevés aux exutoires classés comme «non pollué», les traceurs d'eaux usées sont régulièrement détectés à des concentrations bien plus faibles, de l'ordre de 30 ng/l en moyenne *(fig. 10)*. Ainsi, les produits pharmaceutiques et autres produits à usage domestique montrent de grande différence en concentration entre les eaux pollués et non pollués, à l'inverse des pesticides sont présents dans les mêmes gammes de concentrations.

Sur les 45 traceurs d'eaux usées, 21 sont quantifiés régulièrement dans les échantillons pollués et représentent la grande majorité des substances détectées *(fig. 11)*. Ainsi, l'acésulfame K, la saccharine, le cyclamate, la metformine, la caféine, le DEET, le sucralose, le paracétamol, le diclofénac et l'hydrochlorothiazide sont quantifiés dans plus de 50% de ces échantillons et dans des concentrations minimales de 250 ng/l en moyenne *(fig. 11A)*. Les échantillons que l'on peut considérer comme «non pollué» montrent une fréquence de quantification en traceurs d'eaux usées nettement inférieure *(fig. 11B)*. En effet, le premier traceur d'eaux usées le plus fréquemment quantifié est l'acesulfame K avec une présence dans 67% des échantillons (respectivement dans 98% des échantillons «pollué») et avec des concentrations nettement inférieures *(fig. 11B)*. Les pesticides apparaissent désormais comme la classe la plus présente dans les échantillons «non pollué».

CONCLUSION

La problématique du déversement d'eaux usées directement dans les eaux claires représente une part importante de la pollution se retrouvant dans les rivières traversant la Ville de Lausanne. Celle-ci est d'autant plus inquiétante qu'elle représente un déversement d'eaux usées directement dans les rivières sans passer par une station d'épuration. Ces rejets mettent potentiellement en danger la faune et la flore de ces petits cours d'eau. L'étude menée par le Service de l'eau a permis de mettre au point une méthodologie afin d'identifier et de caractériser les exutoires d'eaux claires situés le long des rivières. En effet, il n'est pas évident de prime abord de savoir si un exutoire rejette des eaux usées par intermittence dans le cours d'eau. Les dispositifs simples et peu couteux imaginés permettent ainsi d'indiquer la présence ou non de déversements aux exutoires lors de périodes sèches. Ensuite, l'ana-

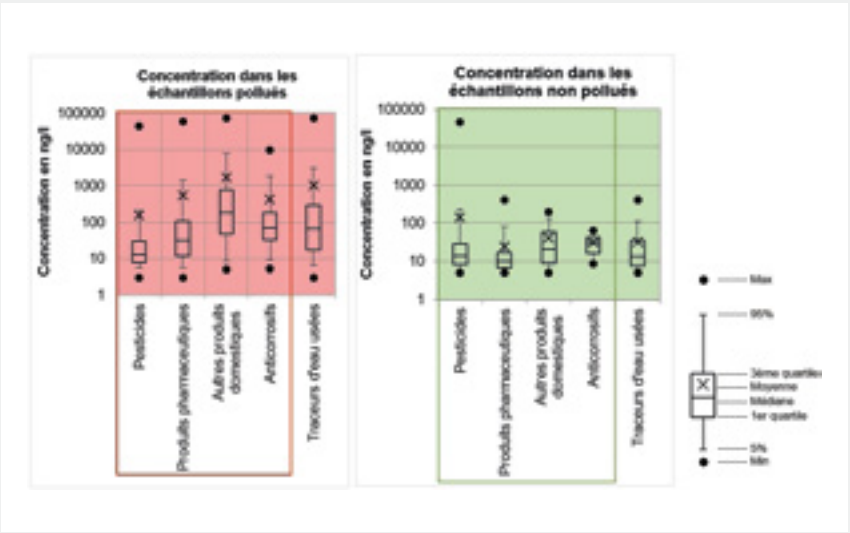


Fig. 10 Distribution de la concentration des micropolluants classés dans 5 catégories. À gauche pour les échantillons considérés comme pollués, et à droite pour les échantillons non pollués par des eaux usées.

lyse des traceurs d'eaux usées dans un échantillon pris sur ces déversements permet, quant à elle, de s'assurer de la présence d'eaux usées dans les rejets et de classer un exutoire comme définitivement pollué.

Toutefois, la méthode peut présenter certaines limites. Il est nécessaire qu'une période de 7 jours consécutifs minimum sans pluie se présente pour appliquer la méthode avec les dispositifs de détection. De plus, la dilution des eaux usées par des eaux claires ponctuels (arrosage, sources, drains) peut rendre difficile le classement de l'exutoire lorsque l'échantillon montre un grand nombre de traceurs d'eaux usées à faible concentration. Il est alors nécessaire de répéter l'échantillonnage jusqu'à obtenir un résultat déterminant.

Les résultats ont permis d'identifier de nombreux exutoires rejetant des eaux usées et d'identifier des zones à prioriser pour des futures actions d'assainissement afin d'améliorer la qualité des rivières de Lausanne. En effet, pour stopper ces rejets d'eaux usées il sera encore nécessaire d'en connaître la source afin de corriger un mauvais branchement ou de réparer la fuite d'une canalisation en mauvais état.

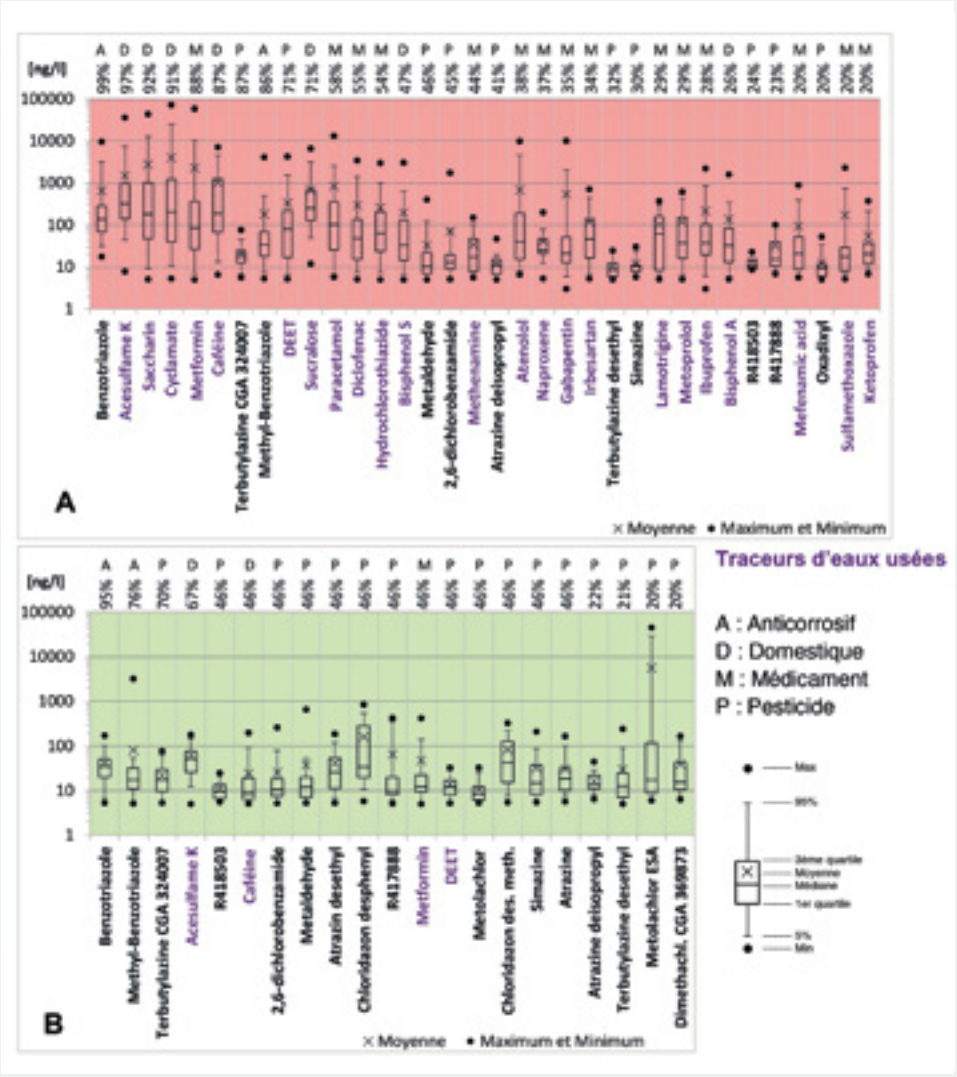


Fig. 11 Distribution des concentrations des substances classées par fréquence décroissante de quantification. Le nombre d'échantillons est d'environ 70 et le % de quantification (nb. > LQ/nb. échantillons) est précisé au-dessus. Les substances en violet sont considérées comme traceur d'eaux usées. A: Exutoires d'eaux claires considérés comme pollués par les eaux usées; B: Exutoires d'eaux claires considérés comme non pollués par les eaux usées.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *OFEV (éd.). (2019): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau (IBCH_2019). Macrozoobenthos – niveau R. 1ère édition actualisée 2019; 1ère édition 2010. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique no 1026: 58 p.*

[2] *Zeh Weissmann, H.; Könitzer, C.; Bertiller, A. (2009): Ecomorphologie des cours d'eau suisses. Etat du lit, des berges et des rives. Résultats des relevés écomorphologiques. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement no 0926: p. 100.*

[3] *Liechti, P. (2010): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n°1005: 44 p.*

[4] *Götz, C.W.; Kase, R.; Hollender, J. (2011): Micropolluants – Système d'évaluation de la qualité des eaux au vu des composés traces organiques issus de l'assainissement communal. Étude réalisée sur mandat de l'OFEV, Eawag, Dübendorf*

[5] *DGE & DIREV (2018): Bilan 2018 de l'épuration vaudoise. Etat de Vaud, 70 p. https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/eau/fichiers_pdf/DIREV_PRE/Bilans_2018_de_l_%C3%A9puration_vaudoise.pdf.*

> FORTSETZUNG DER ZUSAMMENFASSUNG

es sind ergänzende Untersuchungen nötig. Bei den Mikroverunreinigungen, die in den als verschmutzt eingestuften Proben gefunden wurden, handelt es sich hauptsächlich um Pharmazeutika, synthetische Süssstoffe, Koffein und industrielle Zusatzstoffe.