

Direction de l'innovation technologique – SAUR

Rapport d'étude financée par l'agence l'eau RMC



Suivi continu de l'impact des micropolluants et étude de leur abattement sur un traitement tertiaire

(Carboplus Micrograin®)

Validation et preuve de concept en condition réelle d'un outil de biosurveillance en ligne

(ToxMate®)

Rapport de l'étude R&D 2020-2022

Convention n°2020 0428



Résumé

Deux études ont été réalisées sur le site de STEU de Saint-Fons (69) afin de tester la pertinence de bioessais ou biocapteurs et d'observer l'abattement des impacts de la micropollution grâce à un traitement tertiaire de type Carboplus Micrograin®. La première étude de 2019-2020 a montré que la station de biosurveillance ToxMate® de la société ViewPoint détecte de façon continue des pollutions non observées sur les paramètres physico-chimiques ou les analyses de macropolluants classiquement surveillés sur une STEU. Elle a pu **rendre visible l'effet bénéfique d'un traitement tertiaire autrement que par des analyses chimiques**. Elle a aussi montré qu'un prélèvement moyen 24h ne pouvait pas expliquer de stress écologique car les micropolluants s'y retrouvent dilués, voire dénaturés, et sont alors difficilement détectables. La seconde étude de 2020-2022, objet de ce rapport, propose une stratégie de prélèvement et une gestion du signal de la station différentes.

Cette seconde étude a, à nouveau, montré l'impact positif d'un traitement tertiaire dédiée à la lutte contre les micropolluants. Elle a apporté des **preuves de concept de détection d'un stress écologique par un outil de surveillance biologique en ligne en sortie d'une STEU**, grâce à des dopages de produits chimiques (Cu, Zn, cyperméthrine, benzo(ghi)pérylène). Elle a permis d'assoir la technologie ToxMate®, grâce à plusieurs étapes clefs de son développement : modification et simplification du signal, mise en place de seuil d'alertes de toxicité, transmission du signal en supervision de STEU et déclenchement d'un prélèvement rapide et ciblé lors d'une alerte de pollution. **Cette solution d'alerte et de diagnostic apparaît transposable sur tout type de STEU.**

Cette étude a permis de mettre en place une filière de détection, de visualisation et d'investigation des pollutions dues à des micropolluants. Néanmoins nous avons encore peu de certitudes sur la nature des pollutions détectées. Seule la multiplication des détections permettrait de discriminer certains micropolluants ou d'identifier des effets cocktails possibles (ex. médicaments + métabolites ou composats de pesticide). Les analyses chimiques réalisées dans le cadre de cette étude ne sont pas exhaustives mais ont permis d'identifier de montrer la pertinence des prélèvements rapides, les limites de campagnes type RSDE et les limites des tests écotoxicologiques normalisés, utilisés actuellement comme des références en impact écologique.

Les résultats de cette étude montrent à nouveau, le fort intérêt de la mise en place d'outils de surveillance biologique pour la **protection de la vie aquatique**. Ils ont ouvert la voie vers des **perspectives de développement et de déploiement** de ce type d'outil dans la mesure de l'efficacité d'une station d'épuration urbaine ou industrielle, de vérification de l'impact d'une filière de traitement tertiaire dédiée aux micropolluants, de surveillance des ressources en eau destinées à la consommation humaine (EDCH), ou encore de détection des pollutions en amont des STEU, à condition d'adapter l'outil à son type d'eau .

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	12
1.1	ESSAIS ANTERIEURS – PHASE 1	12
1.2	OBJECTIFS ET SITE DE L’ETUDE – PHASE 2	15
2	MATERIEL ET METHODES	18
2.1	PILOTE DE TRAITEMENT TERTIAIRE	18
2.2	STATION DE BIOSURVEILLANCE	20
2.3	CHRONOLOGIE DE LA PHASE 2	22
2.4	ANALYSES	24
2.4.1	<i>Analyses chimiques</i>	24
2.4.2	<i>Tests écotoxicologiques</i>	26
3	SIMPLIFICATION DU SIGNAL BIOLOGIQUE	27
3.1	EN QUOI CONSISTE LE SIGNAL ?	27
3.2	SELECTION DES CONTAMINANTS CHIMIQUES DE REFERENCE	29
3.3	DOPAGE LABORATOIRE	33
3.3.1	<i>Protocole expérimental</i>	33
3.3.2	<i>Explication rendu de résultats</i>	35
3.3.3	<i>Synthèse résultats</i>	37
3.3.4	<i>Définition des seuils</i>	38
3.4	MODIFICATION DU SIGNAL PAR ESPECE	41
3.5	PASSAGE A UN SIGNAL BIOLOGIQUE UNIQUE.....	43
3.6	VERIFICATION DES DONNEES EXISTANTES	45
4	VALIDATION SUR SITE D’ETUDE	46
4.1	DOPAGES SUR SITE	46
4.1.1	<i>Méthodes</i>	46
4.1.2	<i>Filière pilote</i>	46
4.1.3	<i>Dopage préliminaire au NaCl</i>	48
4.1.4	<i>Choix des polluants</i>	51
4.2	DOPAGES ET BIOSURVEILLANCE.....	58
4.2.1	<i>Organisation des essais en conditions réelles</i>	58

4.2.2	<i>Exemple de la détection de la Cyperméthrine</i>	59
4.2.3	<i>Synthèse des dopages</i>	61
4.3	AUTRES RESULTATS	62
4.3.1	<i>Mesures chimiques</i>	62
4.3.2	<i>Mesures écotoxicologiques en laboratoire</i>	66
4.4	TRANSMISSION DES DONNEES ET PILOTAGE DE PRELEVEMENTS.....	70
4.4.1	<i>Transmission du signal en supervision</i>	70
4.4.2	<i>Alarme et pilotage</i>	71
4.5	DETECTIONS DES POLLUTIONS CHIMIQUES	74
4.5.1	<i>Sélection des analyses</i>	74
4.5.2	<i>Base de comparaison</i>	83
4.5.3	<i>Pollution 1</i>	83
4.5.4	<i>Pollution 2</i>	86
4.5.5	<i>Pollution3</i>	89
4.5.6	<i>Conclusions sur pollution 1 à 3</i>	91
5	CONCLUSIONS	92
5.1	PERTINENCE D'UN TRAITEMENT TERTIAIRE	92
5.2	PERTINENCE D'UNE STATION DE BIOSURVEILLANCE EN LIGNE	92
5.3	PERSPECTIVES DE DEPLOIEMENT	94
	ANNEXE 1 : LISTE DES MOLECULES RECHERCHEES	98
	ANNEXE 2 : ARBRE DECISIONNEL, SUIVI DE TOXMATE EN SORTIE DE STEU	108

Table des Illustrations

Figure 1: Schéma simplifié de la filière eau de la STEU.....	17
Figure 2: Pilote de traitement CarboPlus µG®	19
Figure 3: Station de biosurveillance ToxMate®	21
Figure 4: Photographie de l'analyseur du ToxMate. Sur la porte le panel contenant les Radix, sur la base le panel des Gammarus et au fond à la vertical le panel contenant les Erpobdella.	27
Figure 5: Exemple de distribution des EC50 daphnie exprimée en µg/L obtenue avec le cuivre, selon le protocole OCDE, depuis la base de données de l'US-EPA.....	32
Figure 6: Salle d'expérimentation du LPA ViewTox à l'INRAE-Lyon	33
Figure 7: Exemples de réponse du signal IGT Erpobdella, Gammarus et Radix à la suite d'un dopage de Zinc (symbolisé par le trait rouge) en conditions contrôlées (abscisses en temps, ordonnées en niveau signal)	36
Figure 8: Graphique explicatif du passage pour les sondes biologiques Gammarus fossarum de valeur IGT (graphique du haut) à des valeurs en pourcentage (graphique du bas) pour un même jeu de données.....	41
Figure 9 : exemple de la transformation des 3 signaux IGT en signal biologique. Les courbes verte, jaune et bleue représentent respectivement les suivis IGT des Erpobdella, Gammarus et Radix. Le signal orange est le signal biologique intégrateur.....	43
Figure 10: Exemple graphique d'un signal biologique qui n'est plus valide sur un site en raison d'une mortalité trop importante sur les sondes biologiques pouvant altérer la robustesse de la mesure .	44
Figure 11: Représentation graphique de 2 jeux de données avec des transformations différentes....	45
Figure 12: Schéma de filière pilote de dopage en micropolluant de l'eau traitée sur le site de Saint-Fons	47
Figure 13: Exemple de traçage au sel NaCl avec mesures de conductivité	48
Figure 14: Schéma des temps de parcours hydrauliques mesurés.....	49
Figure 15: Exemple de dopage en contaminant chimique & des décalages dus au parcours hydraulique	50
Figure 16: Exemple de réponse de dopages à la Cyperméthrine, sur les 3 sondes biologiques.....	60
Figure 17: Ecran de supervision capteurs de biosurveillance	70
Figure 18: Situations de biosurveillance	71

Figure 19: Détection d'un événement écotoxique et remise à zéro.....	73
Figure 20: Suivi de l'indice global de toxicité et détection de la pollution 1.....	83
Figure 21: Suivi de l'indice global de toxicité et détection de la pollution 2.....	86
Figure 22: Suivi de l'indice global de toxicité et détection de la pollution 3.....	89

Liste des tableaux

Tableau 1 : Normes de rejet de la station d'épuration de Saint-Fons	17
Tableau 2: Chronologie de la phase 2	23
Tableau 3: Gamme de semi-quantification adoptée en phase 2, pour les mesures de micropolluants émergents de la base de données LODIAG	25
Tableau 4: Substances testées en dopage	30
Tableau 5 : Synthèse des dopages ZnCl ₂ , en laboratoire et eau de forage de référence	37
Tableau 6: Synthèse des dopages CuCl ₂ , en laboratoire et eau de forage de référence	37
Tableau 7: Synthèse des dopages Cyperméthrine, en laboratoire et eau de forage de référence	37
Tableau 8: Synthèse des dopages Benzo(ghi)pérylène, en laboratoire et eau de forage de référence	38
Tableau 9: Valeurs seuils adoptées pour les différentes espèces	39
Tableau 10: Test sur jeu de données historiques	40
Tableau 11: Valeurs médianes et moyennes de Faux Positifs (FP) selon le nombre de réplicats par espèce	42
Tableau 12: Paramètres de sélection sur les métaux lourds	53
Tableau 13: Paramètres de sélection sur les pesticides et médicaments	54
Tableau 14: Paramètres de sélection sur les HAP	55
Tableau 15: Paramètres de sélection sur les nonylphénols et perfluorés	56
Tableau 16: Planning des dopages	58
Tableau 17 : Analyses chimiques pendant les dopages cuivre	64
Tableau 18 : Analyses chimiques pendant les dopages zinc	64
Tableau 19 : Analyses chimiques pendant les dopages cyperméthrine	64
Tableau 20 : Analyses chimiques pendant les dopages benzo(ghi)pérylène	65
Tableau 21 : Tests Daphnies EC50 24 h et Equitox	67
Tableau 22 : Tests Microtox CE50 15 et 30 min	68
Tableau 23 : Bioessais perturbations endocriniennes	69
Tableau 24: Choix sur les éléments Inorganiques et Organoétains	75
Tableau 25: Choix sur les éléments organiques Nitrosamines, Hydrocarbures et MTBE	76

Tableau 26: Choix sur les Biocides et les solvants organiques.....	77
Tableau 27: Choix sur les PCB, Dioxines, Furanes, PBB, PBDE, et HBCDD.....	78
Tableau 28: Choix sur les Perfluorés, Chloroalcanes, Chlorophénols, Aniline et chloroanilines	79
Tableau 29: Choix sur les Détergents, Plastifiants et Médicaments	80
Tableau 30: Choix sur les pesticides (1/2).....	81
Tableau 31: : Choix sur les pesticides (2/2).....	82
Tableau 32: Valeurs mesurées sur POL1 VS « Base de référence »	85
Tableau 33 : Valeurs mesurées sur POL2 VS « Base de référence »	88
Tableau 34: Valeurs mesurées sur POL3 VS » Base de référence »	90

Abréviations

AE LB : Agence de l'Eau Loire Bretagne

AE RMC : Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse

μCAG ou μG : Charbon actif en micrograin

DBO : Demande Biologique en Oxygène ; DBO5 : DBO normalisée sur 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène

CE : Carboxyl Estérase

CE50: La Concentration Efficace 50 correspond à la concentration provoquant l'effet considéré (mortalité, inhibition de croissance, etc...) pour 50% de la population considérée pendant un laps de temps donné. On parle aussi de concentration Létale (CL) lorsque l'effet considéré est la mortalité., ou bien de concentration d'Inhibition (CI) lorsque l'effet considéré est l'inhibition. La CE50 s'exprime souvent en anglais, soit EC50, Half maximal effective concentration.

DCE : Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000

EC50 : Cf. CE50

EH : Equivalent Habitant

EEUT : Eau Usée Urbaine Traitée

HAP : Hydrocarbure aromatique polycyclique

HC5 : « Hazardous Concentration for 5 % of the species ». = 5^{ème} percentile de la distribution de la sensibilité d'un ensemble d'espèces, de différents niveaux trophiques, correspondant à la valeur protégeant 95 % des individus (ici, organismes aquatiques. Ex. : algues, daphnies, poissons, etc...).

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'environnement

IGT : indice global de toxicité

LPA : laboratoire partenarial associé ViewTox issu d'une étroite collaboration entre ViewPoint et le laboratoire d'écotoxicologie de l'INRAE-Lyon

LQ : Limite de quantification d'une substance analysée

MeS : Matières en Suspension

µG : MicroGrain de charbon actif

NOEC : No-Observed-Effect Concentration = concentration n'induisant pas d'effet sur une espèce biologique.

NQE : Normes de Qualité Environnementale définies dans le cadre de la DCE

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique, donne notamment des lignes directrices pour les essais de produits chimiques

PE : Perturbateur Endocrinien ou hormonal

PNEC : « Predicted No Effect Concentration », c'est-à-dire la concentration d'une substance dans un environnement en dessous de laquelle il est le plus probable qu'aucun effet néfaste ne se produise lors d'une exposition à court ou à long terme.

PSEE : Polluant Spécifique de l'Etat Ecologique dans le contexte réglementaire de la DCE

RSDE : Rejet de Substances Dangereuses pour l'Environnement

R&D : Recherche et Développement

SP : Substance Prioritaire, notion introduite dans la DCE 2000/60/CE du 23 octobre 2000

SDP : Substance Dangereuse Prioritaire, notion introduite dans la DCE 2000/60/CE du 23 octobre 2000

STEU : Station de Traitement des Eaux Usées

TE : Taille Effective

US EPA : Environmental Protection Agency of United States, soit l'agence de protection de l'environnement des USA.

Remerciements

Nous tenons à remercier particulièrement :

- *L'Agence de l'Eau RMC* (AE RMC), très impliquée dans la recherche des nouveaux outils de surveillance des eaux, pour avoir contribué au financement de l'étude préliminaire 2019-2020 (phase 1) et la présente étude 2020 - 2022 (phase 2);
- *La Métropole du Grand Lyon*, en permanence à l'affût des innovations dans le domaine du traitement de l'eau, pour nous avoir donné l'opportunité de réaliser cette étude au sein de leur parc épuratoire ;
- *Le personnel d'exploitation SAUR de la station d'épuration de Saint-Fons* pour nous avoir accueillis (2019 à 2022) et aidés pour la mise en place de ces essais, dans le contexte difficile de la pandémie Covid-19 (2020 à 2022).
- *Les équipes d'écotoxicologie de ViewPoint et de l'INRAE-Lyon*, pour le montage de ce projet, leur travail sur la plate-forme d'essais et leurs expertises scientifiques dans le domaine des bioessais.
- *Les équipes des laboratoires analytiques de LODIAG et CARSO* pour leurs prestations analytiques.
- Les stagiaires et autres ingénieurs R&D et d'Expertise SAUR ayant contribué à l'étude

1 Contexte et objectifs

1.1 Essais antérieurs – Phase 1

Cette étude fait suite à une première étude, co-financée par l'AE RMC (convention n°2019 0204) qui s'est déroulée entre 2019 et 2020 sur le site de la station d'épuration (STEU) ou « Ecostation » de Saint-Fons (69). On notera ici cette première étude « **PHASE 1** ». Elle avait pour but d'observer l'efficacité d'un traitement tertiaire dédié à la lutte contre les micropolluants organiques (procédé type Carboplus μG^{\circledR} , réacteur à lit fluidisé de micrograins de charbon actif), grâce à un grand panel d'analyses chimiques mais également à l'aide d'outils biologiques (biocapteurs, bioessais).

Cette phase 1 a montré le fort intérêt de la mise en place d'outils de surveillance biologique et de traitement tertiaire dédié au traitement de micropolluants organiques, même sur une eau traitée STEU qui reste conforme aux attentes réglementaires. Lors de cette étude, nous n'avons pas pu relier les stress biologiques détectés et des molécules chimiques bien identifiées ou bien décrire l'impact réel sur l'environnement. Les mesures réalisées donnent néanmoins une indication de la toxicité potentielle des rejets. Les analyses chimiques réalisées n'étaient pas exhaustives mais ont permis d'identifier avec certitude la présence d'une centaine de molécules dans les 3 types d'effluents étudiés : entrée STEU, entrée et sortie du traitement tertiaire, parmi de nombreuses autres molécules certainement présentes mais « cachées » dans le bruit de fond analytique ou non analysées par la chaîne analytique mise en œuvre. Les analyses chimiques sur prélèvements moyens 24h (*) ne présentaient qu'un aspect lissé des pollutions auxquelles ont été confrontés les bioessais mis en place. Les concentrations analysées n'étaient donc que des valeurs très minimisées des pics de pollution détectés par les outils de biosurveillance en ligne. Les outils biologiques, permettant d'intégrer l'ensemble des contaminants présents, ont montré leurs limites mais aussi leurs capacités à réagir face aux pollutions dues aux micropolluants alors que les capteurs en ligne classiques (**), les analyses chimiques normalisées des paramètres globaux ou d'éléments majoritaires (***) , ainsi que les analyses chimiques sur des éléments minoritaires ou les micropolluants (****) sont restés complètement aveugles aux variations ou à la présence discrète de micropolluants.

(*) Les procédures d'évaluation réglementaires de la filière eau des STEU ne reposent que sur le socle des macropolluants et essentiellement sur des prélèvements proportionnels au débit ou à intervalles réguliers, sur des périodes fixées à 24h (échantillon moyenné sur bilan 24 heures). Ils impliquent, par ailleurs, des délais de retour de résultats parfois très longs, de quelques jours à plusieurs semaines. Ils ne permettent pas de rendre compte du fonctionnement d'une STEU sur une échelle de temps plus longue, comme une pollution chronique. Ils ne permettent que très rarement, par chance, d'observer des pics de pollution s'ils ne sont pas dilués dans ces prélèvements fortement moyennés. Malgré des progrès techniques très importants sur les chaînes analytiques de molécules organiques, l'obtention d'analyses exhaustives sur tous les micropolluants est très difficile pour plusieurs raisons : le coût, la logistique à mettre en place et la détection-quantification de molécules très diluées dans une matrice d'eau très chargée.

(**): Température, pH, oxygène dissous, potentiel redox, conductivité, ions ammonium, nitrates, chlorures et potassium.

(***): Matières en suspension (MeS), Demande chimique en oxygène (DCO), Demande biologique en oxygène à 5 jours (DBO5), turbidité, absorbance UV 254 nm, ammonium (NH_4^+), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), azote Kjeldhal (NTK) chlorures (Cl^-), potassium (K^+), sulfates (SO_4^{2-}), phosphore total (P_t), phosphates (PO_4^{3-}) et fer dissous (Fe_d).

(****): Métaux totaux : arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), mercure (Hg), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb), titane (Ti) et zinc (Zn) ; micropolluants organiques sur un panel de 850 molécules dites émergentes (pesticides ou médicaments et certains métabolites associés).

Les variations de la qualité chimique et l'impact des effluents envers des organismes aquatiques a pu être étudiée et évaluée par les 3 outils biologiques :

- Les biocapteurs microbiens de type NODE[®], qui offrent une mesure en continu de l'activité de dégradation de la matière organique par une communauté bactérienne, ont montré un effet bénéfique du traitement tertiaire mis en place sur la charge organique assimilable et la variabilité de celle-ci, sans qu'on puisse la quantifier. Ils semblent néanmoins incapables de détecter les pics d'écotoxicité détectés avec des organismes eucaryotes de types invertébrés aquatiques. Ils ne sont pas réactifs aux faibles teneurs en micropolluants car ils sont basés sur une population bactérienne endogène se protégeant par son propre biofilm. Ce type de pollution n'affecte pas leur niveau trophique. Les crustacés ou gastéropodes, eux, peuvent réagir sur de faibles pollutions jusqu'à mourir alors que la biomasse des capteurs microbiens résiste ou s'adapte. Ces biocapteurs pourraient être plus adaptés aux eaux plus chargées pour de la surveillance de process ou du diagnostic de réseau d'eaux usées : à vérifier.

- Les bancs tests ex-situ de l'INRAE, mesurant l'impact d'une eau sur différents traits de vie sur le crustacé amphipode *Gammarus fossarum* en condition de vie contrôlée (alimentation, cycle de mue, reproduction, activité enzymatique) restent des bioessais réservés à la recherche en écotoxicologie et n'auront pas de réalité industrielle en l'état. Ils ont néanmoins montré la nécessité d'élargir la recherche sur la mesure dans le biote de composés plus émergents tels que les composés pharmaceutiques, les composés perfluorés ou encore certains pesticides. La phase 1 a notamment permis d'observer l'effet bénéfique du traitement tertiaire Carboplus $\mu\text{G}^{\text{®}}$ sur l'alimentation des gammares et sur le biomarqueur CE (Carboxyl Estérase), marqueur d'exposition à trois grands groupes d'insecticides (carbamates, organophosphorés et pyréthriinoïdes de synthèse). L'observation du retard de mues, tant sur les effluents amont qu'aval du traitement tertiaire, questionnent néanmoins sur l'origine de ce retard. La présence de perturbateurs endocriniens des crustacés est à mettre en regard de la modulation observée de l'activité cholinestérase CE. Des investigations supplémentaires seraient nécessaires pour écarter l'effet confondant de macropolluants ponctuellement présents à de fortes teneurs par rapport à un milieu naturel.

- Les stations de biosurveillance multi-espèces, de type ToxMate®, qui analysent par des méthodes de vidéo-tracking en ligne l'activité individuelle de 48 organismes appartenant à trois espèces d'invertébrés représentatifs des milieux récepteurs (le crustacé *Gammarus fossarum*, la limnée *Radix auricularia*, et la sangsue *Erpobdella testacea*), ont permis la détection de nombreuses dégradations de la qualité des effluents en sortie de STEU, qui ont tous été fortement atténués par le procédé de traitement tertiaire mis en œuvre. Ils ont montré l'intérêt de travailler avec une station multi-espèces car les stress biologiques ont été détectés par une ou plusieurs espèces, dans des combinaisons différentes au gré des événements. Il s'est avéré que les stations ToxMate® travaillent avec une réactivité similaire aux sondes physico-chimiques ou optiques (réactivité de l'ordre de la minute) et une fréquence de maintenance compatible avec une exploitation de STEU (une fois par mois).

1.2 Objectifs et site de l'étude – Phase 2

Une des lignes directrices du contrat de filière eau, signé au 31 janvier 2019 entre la secrétaire d'Etat à l'industrie et les acteurs de l'eau, mise sur les technologies du vivant et met en avant l'intégration des outils biologiques pour détecter et traiter les polluants émergents (micropolluants), dans l'objectif de conserver le leadership français dans le domaine de l'épuration des eaux. L'Etat s'engage à mettre en place une démarche de certification des différents bioessais disponibles. En parallèle, une réflexion semble s'initier sur le plan réglementaire concernant la compatibilité de ces outils de biosurveillance avec les autorisations de rejets accordés aux sites industriels.

Dans ce contexte, SAUR a souhaité développer cette compétence de biosurveillance et apporter des preuves de concept significatives afin de faciliter l'insertion d'outils biologiques auprès des sites d'épuration. Ainsi, SAUR a proposé de prolonger l'étude de la phase 1 en phase 2, en forte collaboration avec la société ViewPoint, en réorientant la problématique sur la preuve de concept sur site de leur station de biosurveillance ToxMate®.

L'objectif de cette seconde étude, ici nommée « **PHASE 2** » est d'asseoir la pertinence et la maturité de cette technologie afin de faciliter le déploiement de ces outils sur un grand nombre de sites et, ainsi, d'améliorer l'évaluation de la qualité des eaux. Néanmoins, plusieurs étapes clés de développement de l'outil ToxMate ont été nécessaires pour mener à bien cet objectif.

SAUR et ViewPoint ont proposé d’approfondir l’intérêt de la gestion pilotée d’un biocapteur en ligne type ToxMate, en :

- Proposant un indicateur de contamination facilement interprétable par l’exploitant de STEU en supervision permettant de regrouper la réponse des trois espèces en un seul signal global et d’évaluer son niveau de gravité sous trois niveaux :
 - Niveau 1 = pas de risque d’écotoxicité ;
 - Niveau 2 = risque moyen d’écotoxicité ;
 - Niveau 3 = risque fort d’écotoxicité,
- Permettant la collecte systématique de prélèvements sur des événements importants (sur niveau 3), et non plus sur des prélèvements moyens, afin d’avoir plus de chance d’identifier les micropolluants responsables de stress, et ainsi, proposer une investigation plus poussée sur les origines possibles des pics de pollutions détectés
- Amenant l’outil vers une solution d’alerte et de diagnostic transposable sur tout type de STEU.
- Réalisant des preuves de concept de détection de stress écotoxique dû à la présence de micropolluant sur site, par des dopages des eaux en sortie de STEU, sur la partie de flux dérivée pour les essais R&D.

Le projet a été réalisé de l’été 2020 à l’hiver 2022 sur le site de la STEU de Saint-Fons (69 – France) de la collectivité du Grand Lyon, la plus grande STEU de la région lyonnaise. Elle traite les eaux usées (pluviales, ménagères et industrielles dans une proportion estimée à 9% en DCO) de la rive gauche du Rhône et de plusieurs communes extérieures du Grand Lyon (Métropole de Lyon). Elle traite un débit moyen journalier d’eaux usées de 200 000 m³/ jour et sa capacité nominale est d’environ 1 000 000 Equivalent Habitant (EH). La filière de traitement de l’eau de cette STEU est organisée en 2 ou 4 files suivant les étapes de traitement et est composée des grandes étapes suivantes (Cf. Figure 1: Schéma simplifié de la filière eau de la STEU) :

- Prétraitement (dégrillage, déshuilage, dessablage)
- Décantation primaire
- Traitement biologique (boues activées)
- Décantation secondaire
- Coagulation-Floculation-Décantation lamellaire, de type Multiflo®, chargée de traiter le surplus de débit en cas d’événement pluvial important, surplus bypassant le traitement biologique et la décantation secondaire.
- Traitement secondaire final de nitrification par biofiltration, de type Biostyr®.

La STEU doit respecter des normes de rejet, imposés par l'arrêté du 21/07/2015, pour le rejet des eaux épurées dans le Rhône. Cf. Tableau 1 : Normes de rejet de la station d'épuration de Saint-Fons, ci-dessous.

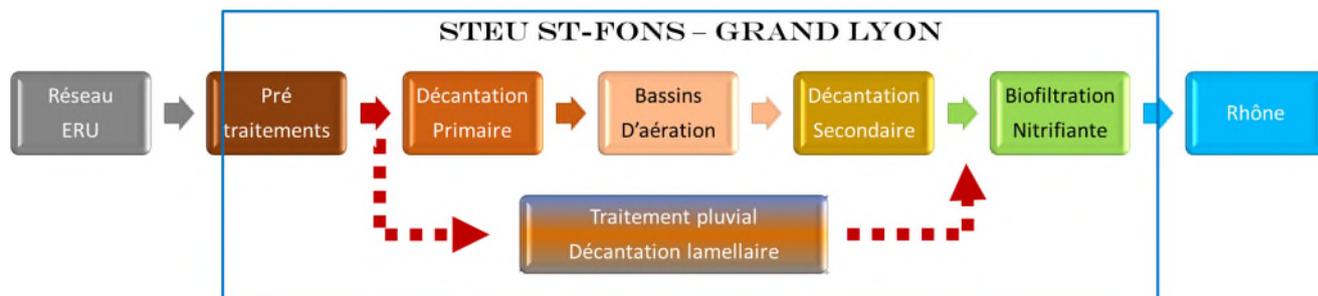


Figure 1: Schéma simplifié de la filière eau de la STEU

Tableau 1 : Normes de rejet de la station d'épuration de Saint-Fons

Paramètres	Concentration (mg/L)	Rendement (%)	Valeur rédhibitoire (mg/L)
MES	35	90	85
DBO₅	25	80	50
DCO	125	75	250
N-NH₄⁺ (Moyenne annuelle)	5	-	-
NTK (Moyenne annuelle)	10	75	-

2 Matériel et Méthodes

Cette étude a été basée sur la mise en place :

- D'un pilote de traitement tertiaire (Cf. § 2.1)
- De deux stations de biosurveillance (Cf. § 2.2)
- D'un système de dopage en ligne (Cf. § 4.1.2)
- D'un protocole d'alarme avec simplification du signal (Cf. §3)
- D'un transfert du signal d'écotoxicité en supervision (Cf. §4.4.1)
- D'un système de prélèvement automatique rapide (Cf. §4.4.2)

2.1 Pilote de traitement tertiaire

Le procédé CarboPlus® a été développé et breveté par la société SAUR/STEREAU en France au travers de 2 brevets : FR 2874913 (Juillet 2005, charbon actif en micrograin) et FR 0953811 (Juin 2009, charbon actif en poudre). Il s'agit d'un procédé de traitement d'eau basé sur l'adsorption sur lit de charbon actif en poudre ou en micrograin à renouvellement continu, dans un réacteur à flux ascendant. Il est employé depuis une dizaine d'années, pour le traitement d'eau potable dans sa version poudre et micrograin, en traitement d'eaux usées urbaines dans sa version micrograin, et dans le traitement des eaux usées industrielles dans ses deux versions.

Dans le cas de l'étude R&D, un pilote de traitement CarboPlus® μG (μG = MicroGrain de charbon actif) a été installé en sortie d'une des deux batteries de biofiltres nitrifiant de la STEU de la station d'épuration. Il est composé d'une colonne de 6 m de hauteur, ayant une surface interne de 0,22 m². Cf. Figure 2: Pilote de traitement CarboPlus μG .

L'effluent à traiter (sortie STEU) entre par le bas du pilote à un débit de 3,3 m³/h, et traverse le lit de charbon actif en micrograin de taille effective de 0,42 mm. Cette alimentation par le bas de colonne maintient le lit de charbon actif en suspension, ce qui optimise les contacts entre la surface des grains de charbon et l'eau à traiter. L'effluent traité est récupéré par surverse en haut du pilote. Une partie du charbon micrograin est renouvelée chaque jour, selon un dosage prédéfini, afin de garantir une performance de traitement optimale et durable du procédé CarboPlus® : la part de charbon neuf ajoutée est équivalente à la part de charbon usagé extraite régulièrement. Ainsi, le lit de charbon est de masse et d'efficacité constante. Pendant cette étude, la dose de charbon journalière injectée est déterminée selon le taux de traitement égal à 20 g de $\mu\text{CAG}/\text{m}^3$. Le charbon actif extrait pendant cette étude à l'échelle pilote est évacué en incinération alors qu'en application industrielle il est recyclé (charbon recyclé et recyclable).

L'exploitation du pilote de traitement se fait principalement par trois procédures, automatiques ou bien semi-automatiques :

- La procédure d'extraction de μ CAG. La dose journalière à extraire se fait à l'aide d'une vanne d'extraction à ouverture temporisée réglable.
- La procédure d'injection de μ CAG. Avant d'être injecté dans la colonne, le charbon subit une étape de mouillage et défilage, permettant d'enlever les fines non désirables. La masse de μ CAG est définie dans un bac dédié, puis est injectée dans la colonne.
- La procédure de lavage. Bien que le réacteur ne soit pas un filtre, le lit de charbon retient une partie des matières en suspension (MeS) de l'effluent à traiter et une biomasse peut également s'y installer. Avec le temps, la teneur en MeS augmente dans la colonne du pilote. Des lavages sont nécessaires pour maintenir le fonctionnement du procédé sans risquer un départ de charbon ou lit de MeS en surverse d'eau traitée. Le lavage du pilote se fait à l'aide d'une succession d'étapes d'insufflation d'air puis d'eau au pied de l'ouvrage. L'air permet de mettre en suspension les floccs au-dessus du lit de charbon. On les évacue ensuite en un point haut intermédiaire de la colonne en alimentant le bas de la colonne, soit avec de l'eau traitée, soit avec de l'eau à traiter. Les eaux sales des lavages sont récupérées dans un bac dédié et renvoyées dans la filière de traitement de la STEU.

La filière de dopage, attenante au pilote et aux stations de biosurveillance est décrite au §4.1.2.

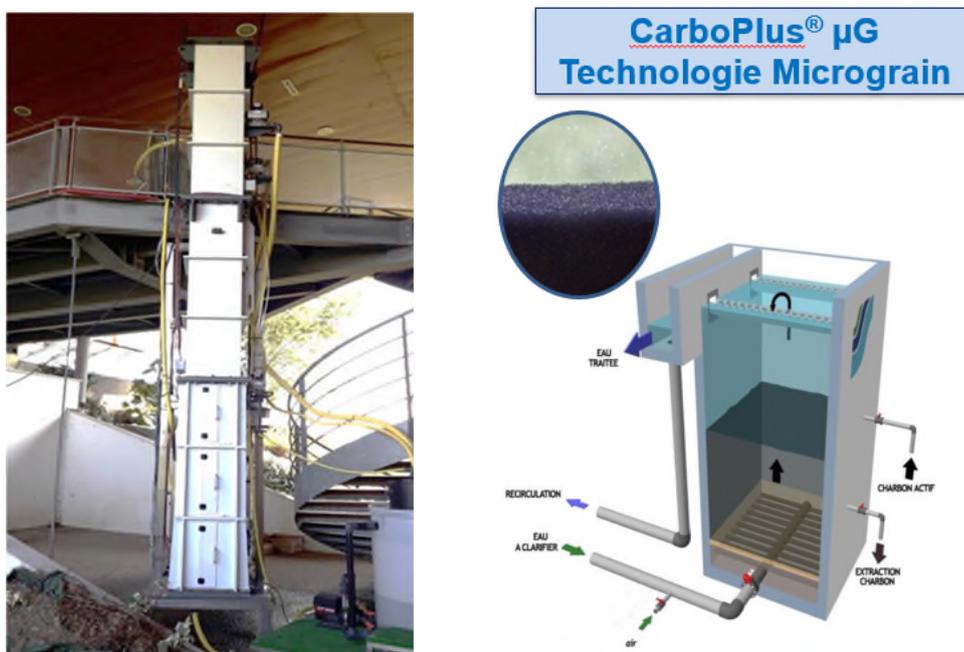


Figure 2: Pilote de traitement CarboPlus μ G®

2.2 Station de biosurveillance

Le laboratoire d'écotoxicologie de INRAE-Lyon et la société lyonnaise ViewPoint ont codéveloppé une station dénommée ToxMate® qui évalue sur site et en continu la qualité chimique d'une eau, notamment la présence de contaminants chimiques par pics, plus ou moins longs. Cette station vient ainsi en complément des outils chimiques, en mesurant en temps-réel l'impact de micropolluants dans le rejet étudié.

Le biocapteur est composé d'un système de vidéo-tracking connecté qui permet de mesurer le comportement locomoteur de trois espèces d'invertébrés aquatiques de façon individuelle et en temps réel. Pour cette étude, trois espèces de référence ont été sélectionnées, à savoir :

- *Gammarus fossarum* (crustacé amphipode)
- *Radix auricularia* (Gastéropode pulmoné : limnée)
- *Et Erpobdella testacea* (Annelide Hirudinea : sangsue)

Ces espèces, appartiennent à des groupes phylogénétiques différents, permettant ainsi d'intégrer une diversité de sensibilité entre les espèces, tout en faisant appel à des organismes représentatifs des écosystèmes aquatiques français et européens.

La station (Cf. Figure 3) est composée d'une armoire cubique compacte. Le système est composé de trois panneaux, un par espèce étudiée (nommée sonde biologique). Chaque panneau contient 16 organismes, soit 48 organismes présents en test au total. Chaque sonde délivre un signal de stress écologique par espèce ou « IGT » (Indice Global de Toxicité).

Le principal objectif de l'outil est de fournir aux gestionnaires des eaux un outil en ligne d'alerte/d'aide à la décision. Le critère sélectionné est le suivi du comportement locomoteur, reconnu dans la littérature scientifique pour être un bon biomarqueur, c'est-à-dire présenter une sensibilité de réponse à une exposition à un contaminant chimique en termes de concentration et de temps de détection parmi les plus élevés. La fourniture d'un signal biologique en continu et en temps réel, avec une détection d'anomalie de l'ordre de la minute permet donc de prendre des décisions rapidement.

Afin d'obtenir un signal biologique robuste, un important effort d'exclusion de facteurs de confusion a été mené (population de référence, stade de développement des organismes, vibrations, variations de température, de lumière et d'oxygène dissous) afin que les organismes soient sensibles uniquement à la présence de contaminants chimiques. L'absence de variation (conditionnement des effluents) et de nourriture vont faire entrer les sondes biologiques en état dit de « léthargie ». Par olfaction, les sondes vont ressentir la présence d'une charge polluante et engendrer une augmentation du comportement locomoteur afin de l'éviter et de limiter leur exposition.

Cette stratégie permet d'avoir un niveau de détection faible (de l'ordre du microgramme), rapide (de l'ordre de la minute), reproductible et autonome durant 20-30 jours. Sur le site de Saint-Fons, les sondes biologiques ont été changées une fois par mois ou exceptionnellement après des pics de pollution induits par les dopages (Cf. 4.1). La fréquence d'acquisition des données est de deux minutes.

La pertinence de cet outil réside dans les verrous techniques levés lors de son développement :

- Un conditionnement du rejet (filtration, température et oxygène) permettant une autonomie non égalée de 30 jours et donc un vrai suivi en continu.
- Le suivi individuel toutes les 40ms de 48 organismes.
- Des organismes connus et calibrés (population de référence, sélection en termes de taille, sexe et stade de développement, avec une pré-acclimatation progressive aux futures conditions d'exposition pour éviter des chocs osmotiques).
- Une réponse comportementale (signal IGT) directement liée à la présence d'une charge en contaminants chimiques toxiques, ceci grâce à la prise en compte des facteurs autres que la contamination (dureté, O₂ et température), dit de confusion et pouvant conduire à un artéfact.

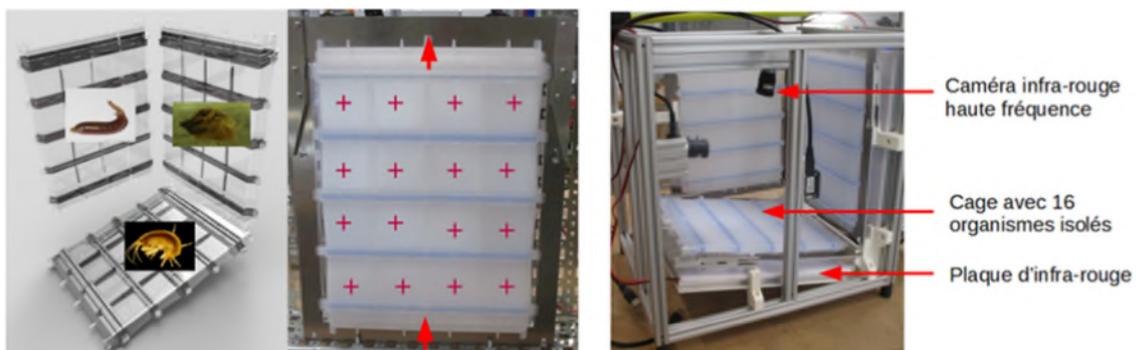


Figure 3: Station de biosurveillance ToxMate®

Dans le cadre de la phase 2, deux stations ToxMate® ont été installées, en entrée et en sortie du pilote de traitement tertiaire pendant les essais de dopages. Ensuite l'étude a été poursuivie avec un seul ToxMate® en sortie STEU (i.e : sans fonctionnement du pilote de traitement tertiaire, comme indiqué dans la chronologie de la phase 2 § 2.3). Les dispositifs ont mis été mis en place tout au long de l'étude, de juin 2019 à mars 2020. Le mois de juin 2019 a permis de vérifier que l'ambiance du local d'accueil (vibration ou bruit) n'amenait pas de perturbations particulières. Les deux stations ont été alimentées avec l'eau de forage de référence de l'INRAE sans montrer de signal de stress. Les signaux IGT sont restés plats.

2.3 Chronologie de la phase 2

La phase 2 a démarré en juillet 2020 et s'est finalisée à l'issue de trois détections par la station de biosurveillance de pollutions chimiques « naturelles » (i.e : pollutions non provoquées par dopage de l'eau). La chronologie des événements est résumée dans le Tableau 2: Chronologie de la phase 2 ci-dessous.

La structure du projet s'articule autour des principales étapes suivantes :

1. Mise en place du matériel sur site (pilote, stations de biosurveillance, ligne de dopage)
2. Test en laboratoire et combinaison des signaux des 3 espèces en un seul signal global biologique
3. Recherche de preuves de concept à l'aide de dopages sur site en condition réelle
4. Transmission du signal global biologique en supervision
5. Mise au point d'un protocole avec 2 seuils d'alarme et déclenchement d'un prélèvement automatique rapide sur l'alarme la plus haute.
6. Phase finale : attente et observation de pollutions avérées sur site, avec tentatives de mise en correspondance de polluants analysés sur les événements écotoxiques détectés.

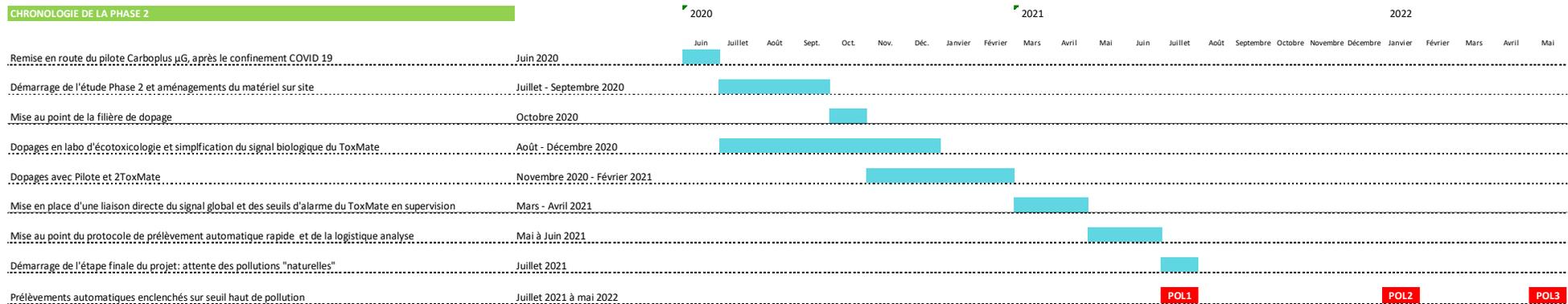


Tableau 2: Chronologie de la phase 2

2.4 Analyses

2.4.1 Analyses chimiques

Des analyses chimiques ont été réalisées avant et pendant les dopages en amont et en aval du pilote. Elles concernent uniquement les polluants sélectionnés pour les dopages (Cf.§ 4.1.4), soit le cuivre, le zinc, le pesticide cyperméthrine et l'hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP) benzo(ghi)pérylène. Ces analyses normées ont été réalisées par le laboratoire CARSO, laboratoire agréé pour les analyses d'eau par le ministère de la santé.

Un ensemble bien plus conséquent d'analyses a été réalisé, en phase finale du projet, pour la recherche des polluants responsables des stress écologiques détectés, car il s'agit d'obtenir des résultats le plus exhaustif possible dans la limite du volume prélevé disponible. La liste complète des molécules recherchées est indiquée au § 4.5.1 et en ANNEXE 1 : Liste des molécules recherchées. Les analyses ont été assurées par les laboratoires CARSO et LODIAG.

Pour chaque lot de prélèvements envoyés à CARSO, une analyse quantitative a été demandée pour chaque molécule.

Le laboratoire LODIAG s'intéresse essentiellement aux polluants « émergents » et possède une base de données de plus de 850 molécules. Les échantillons prélevés sont congelés à -20°C en trois réplicats, puis transmis au laboratoire LODIAG. Ils sont ensuite analysés sur une chaîne analytique automatisée, constituée d'un système d'extraction en phase solide (SPE online), d'un couplage de chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) et de spectrométrie de masse haute résolution (HRMS). Les analyses ne sont pas exhaustives, elles ne prennent pas en compte les molécules inorganiques, une grande partie des phtalates, les molécules apolaires, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), ou les petites molécules (ex. < 50 Da). Les analyses du laboratoire CARSO complètent les analyses LODIAG en prenant en compte les molécules non prises en charge par la chaîne analytique LODIAG. Les analyses des métaux et métalloïdes, sont également pris en charge par le laboratoire CARSO.

Pour chaque lot de prélèvements envoyés à LODIAG, une analyse spectrale et une analyse semi-quantitative a été effectuée. L'analyse spectrale nous permet de comparer les profils spectraux (ou empreintes spectrales) des eaux pendant les pollutions et ceux qui ont été obtenus pendant la phase 1, lors des périodes où aucun stress écotoxique marqué n'a été observé. Les analyses semi-quantitatives nous donnent des fourchettes de concentrations sur chacune des molécules de la base donnée, ce qui est amplement suffisant pour établir de grosses variations entre les échantillons. Les fourchettes de semi-quantification pour cette étude ont été les suivantes :

Gamme de semi-quantification (µg/l)
< 0.2
0,2 à 1
1 à 2
2 à 4
4 à 10
> 10

Tableau 3: Gamme de semi-quantification adoptée en phase 2, pour les mesures de micropolluants émergents de la base de données LODIAG

Lorsque des quantifications plus précises étaient possibles, le laboratoire LODIAG nous les fournissait.

2.4.2 Tests écotoxicologiques

Des prélèvements ont été réalisés avant et pendant les dopages en amont et en aval du pilote, le jour même des dopages et dans le respect de la chaîne du froid, pour des tests d'écotoxicologie. Il s'agit des tests suivants :

1. Test d'écotoxicité aquatique, *in vivo*, pour la détection de toxicité aiguë à court terme
 - a. Test de mobilité à partir des micro-crustacées daphnies *Daphnia magna*, mesure de CE50 à 24h, et teneur en Equitox, Norme NF EN ISO 6341, réalisé par le laboratoire CARSO
 - b. Test de luminescence à partir des bactéries *Vibrio fischeri*, Test Microtox, mesure de CE50 à 15 et 30 min, Norme NF EN ISO 11348-3, réalisé par la cellule d'écotoxicologie du laboratoire CARSO
2. Tests de perturbation endocrinienne oestrogénique agoniste et antagoniste, *in vitro* sur des cellules humaines, réalisé par le laboratoire TAME WATER

3 Simplification du signal biologique

3.1 En quoi consiste le signal ?

Le signal, initialement développé, résulte de la transformation mathématique de distance parcourue (en mm pour un pas de temps de 20 secondes) individuelle de 16 répliques par espèce en un indice global de toxicité ou IGT. L'analyseur est composé de cages où sont placées les sondes biologiques (ou macro-invertébrés aquatiques) de manière individuelle. Elles sont surveillées en continu par des caméras infrarouge associées à un logiciel de vidéo-tracking qui permet de mesurer, pour chaque organisme leur comportement locomoteur toutes les 40 mS. Deux traits comportementaux sont mesurés : la distance parcourue (mm) et la surface balayée (mm²).



Figure 4: Photographie de l'analyseur du ToxMate. Sur la porte le panel contenant les Radix, sur la base le panel des Gammarus et au fond à la vertical le panel contenant les Erpobdella.

Le logiciel de vidéo-tracking est programmé pour intégrer les mesures de chaque individu sur 20 secondes afin de limiter le jeu de données. Ainsi les données semi-brutes pour des suivis en continu représentent 576 points toutes les deux minutes (48 individus x 2 points de mesure x 6), soit 414 720 mesures par jour. Cette stratégie permet d'obtenir un important jeu de données et de limiter les mesures artéfactuelles.

Un important travail de transformation du signal a été effectué pour passer d'un important jeu de données à des signaux compréhensibles pour le gestionnaire des eaux. Les objectifs de ce traitement du signal étaient de :

1. Détecter une présence anormale de contaminants chimiques
2. Apporter une réactivité temporelle (<1h)
3. Donner une notion de gravité
4. Eteindre le signal en cas d'absence d'évènements anormaux
5. Offrir une répétabilité robuste
6. Rendre le système insensible aux facteurs de confusion (température, bruit, conductivité, variation en charge en macropolluants C, ou P)
7. Travailler sans avoir besoin d'une population témoin

Les deux premiers points ont été les priorités pour développer l'IGT afin de répondre aux besoins des gestionnaires des eaux pour faciliter l'aide à la décision. Pour répondre à cette question, il a été fait le choix d'appuyer le signal sur le comportement d'évitement des invertébrés aquatiques. Le comportement d'évitement est un biomarqueur reconnu par la communauté scientifique et plus particulièrement dans le domaine de l'écotoxicologie comportementale (Ford, 2021).

Les conditions d'exposition dans l'analyseur sont maîtrisées et connues (température à 13°C, obscurité totale, volume par individu, etc.). En absence de stress chimique, l'ensemble de la population entre en phase dite de « léthargie » où un niveau de base du signal est atteint. L'arrivée d'un contaminant chimique est détectée par olfaction des sondes biologiques, de la part d'une ou plusieurs familles de macro-invertébrés. Elle se traduit par une suractivation de l'ensemble de la population impactée afin d'éviter le contact avec les contaminants chimiques. Cette suractivité, en termes d'intensité et de durée, informe sur le caractère toxique de l'évènement. Des tests en laboratoire, sur une vingtaine de contaminants chimiques à différentes concentrations, ont permis de définir un algorithme pour faire ressortir simplement ces phénomènes d'évitement et de limiter la sensibilité. Pour finir, ce signal a été confronté à des variations « naturelles » de la qualité de l'eau (choc de conductivité, macropolluants, etc.). Les résultats montrent que le signal reste éteint à un grand nombre de ces variations.

L'IGT de chaque espèce est ainsi issue d'une intégration (sur un pas de temps et pour l'ensemble des répliquas) et d'une transformation basée sur des quantiles. Le signal correspond à des distances parcourues en 20 secondes exprimées en mm².

Cette transformation qui amplifie les phénomènes de fuites a l'avantage d'avoir une ligne de base proche de 0 en cas d'absence de stress chimique. Lors d'un ajout d'un contaminant chimique, le signal peut s'allumer à des échelles différentes selon les espèces. Les distances parcourues en phase de léthargie et d'hyperactivité sont naturellement différentes selon les espèces.

Cette méthodologie de transformation des résultats pour chaque espèce répond scientifiquement aux besoins identifiés et a permis d'effectuer des suivis concluants lors de la « **PHASE 1** » de l'étude. Néanmoins cette approche, trop complexe pour une utilisation grand public, doit être retravaillée et simplifiée. D'après le retour d'expérience, les points à améliorer sont :

- La comparaison entre les espèces,
- L'affichage d'un bruit de fond pour s'assurer du bon fonctionnement de l'outil,
- La mise à disposition d'un signal unique qui assemble les réponses des trois espèces,
- La proposition d'un niveau de gravité (vert/orange/rouge).

Pour répondre à l'ensemble de ces questions de simplification de la présentation de la donnée, des dopages en contaminants chimiques ont été effectués en laboratoire pour définir des seuils de gravité et obtenir des valeurs de référence.

Ces expériences constituent un jeu de données propre pour développer un signal unique intégrant les réponses des trois espèces et facilement interprétable.

3.2 Sélection des contaminants chimiques de référence

Les critères de sélection des contaminants chimiques de référence ont été :

- Une forte solubilité dans l'eau,
- Une facilité d'analyse (peu de solvant, peu volatile, etc.),
- Une présence dans les STEU
- Une valeur de référence d'écotoxicité cohérente avec les concentrations possiblement présente en sortie STEU
- Un faible coût
- L'absence de substance toxique sans effet seuil (assurer la santé des expérimentateurs)

Les substances sélectionnées pour cette étude ont été :

2 métaux :

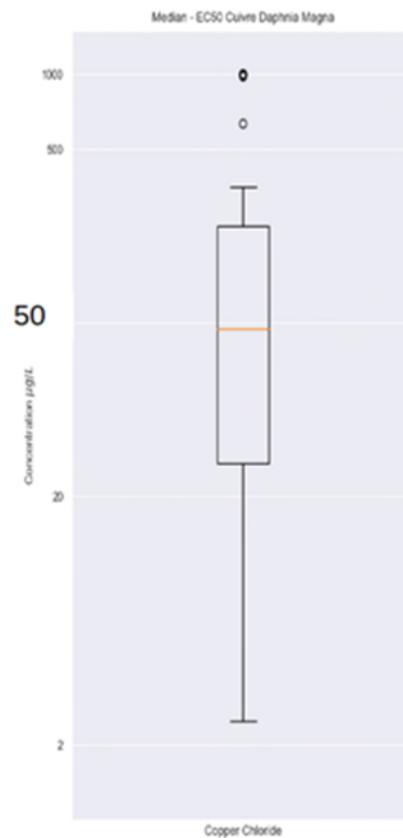
- ⇒ Le cuivre,
- ⇒ Le zinc,
- ⇒ 1 pesticide : la cyperméthrine
- ⇒ Et 1 HAP : le benzo(ghi)pérylène.

	Chlorure de cuivre	Chlorure de zinc	Cyperméthrine	Bento(ghi)pérylène
Formule brute	CuCl ₂	ZnCl ₂	C ₂₂ H ₁₉ Cl ₂ NO ₃	C ₂₂ H ₁₂
N° Cas	7447-39-4	7646-85-7	52315-07-8	191-24-2
Famille	ETM	ETM	Pesticide (pyréthroïde)	
Masse molaire (g/mol)	134,45	136,286	416,3	276,3
Solubilité à 0°C(g/l)	706	403	0,2	2.10 ⁻⁷
Directive 67/548/EEC	CMR/ Dangereux pour l'environnement	CMR	Substance dangereuse prioritaire	Substance prioritaire
NOEC invertébré (µg/L)	0,03	33	0,04	10
NQE	1,4	7,8	8.10 ⁻⁵	2.10 ⁻³
EC50 ref daphnie	41	354	4,29	0,2
RSDE	Oui. Problématique (concentration et fréquence)	Oui. Problématique (concentration et fréquence)	Ajout RSDE	Oui
Informations complémentaires				Très volatile

Tableau 4: Substances testées en dopage

Le test normalisé sur l'inhibition de la mobilité de la daphnie est une référence européenne pour évaluer le caractère toxique d'un effluent (Norme NF EN ISO 6341). Le test consiste à exposer en statique plusieurs daphnies à des proportions croissantes d'effluent et de définir la dose pour laquelle 50 % de la population arrête de bouger après 24h ou 48h d'exposition. Des tests sur des substances isolés sont disponibles sur des bases de données. Ce test d'immobilité de la daphnie peut faire partie de la batterie d'essais pour mesurer le caractère toxique de substances chimiques. Il s'agit ainsi de la "CE50" (concentration d'inhibition pour 50% de la population) de l'espèce *Daphnia magna*.

Malgré la simplicité du test et son protocole normalisé, on observe une très grande variabilité dans les réponses à des substances chimiques. Ces variations sont principalement dues aux élevages et à la qualité des organismes de laboratoire. Pour limiter ce biais et pour définir des valeurs de « référence » ou CE50réf., l'ensemble du jeu de données disponible pour une substance chimique, selon le protocole OCDE, est collecté depuis le site de US EPA (Environmental Protection Agency of United States). La valeur statistique de la médiane est ensuite définie, comme présenté dans l'exemple ci-dessous.



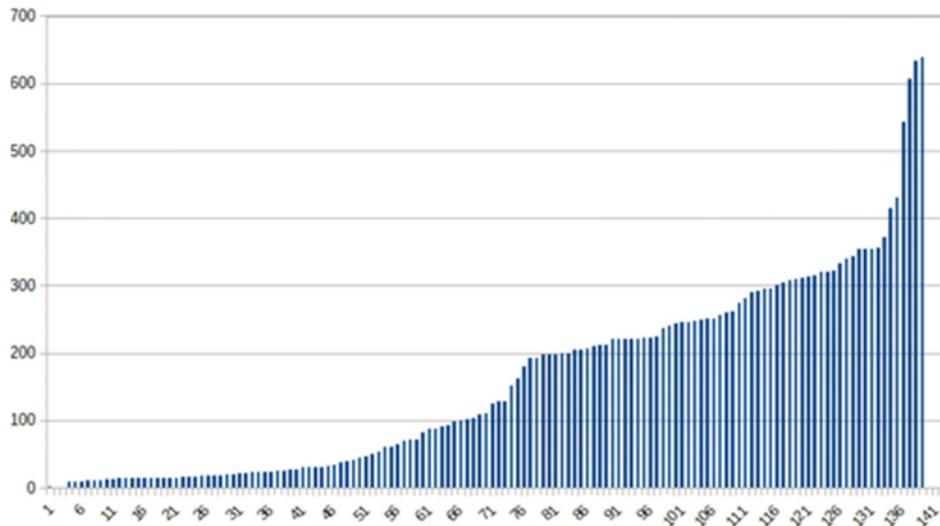


Figure 5: Exemple de distribution des CE50 daphnie exprimée en $\mu\text{g/L}$ obtenue avec le cuivre, selon le protocole OCDE, depuis la base de données de l'US-EPA

Chaque substance a été testée deux fois aux concentrations suivantes :

- CE50réf. / 25
- CE50réf. / 5
- CE50réf.
- 2 x CE50réf.

3.3 Dopage laboratoire

3.3.1 Protocole expérimental

Dans le cadre d'une étroite collaboration entre ViewPoint et le laboratoire d'écotoxicologie de l'INRAE-Lyon, le laboratoire partenarial associé (LPA) ViewTox a été mis à disposition. Ce dernier met en synergie les compétences des deux entités à travers 30m² de laboratoire, 10 ToxMate version laboratoire et une dizaine de personnes (chercheurs, ingénieurs et techniciens).

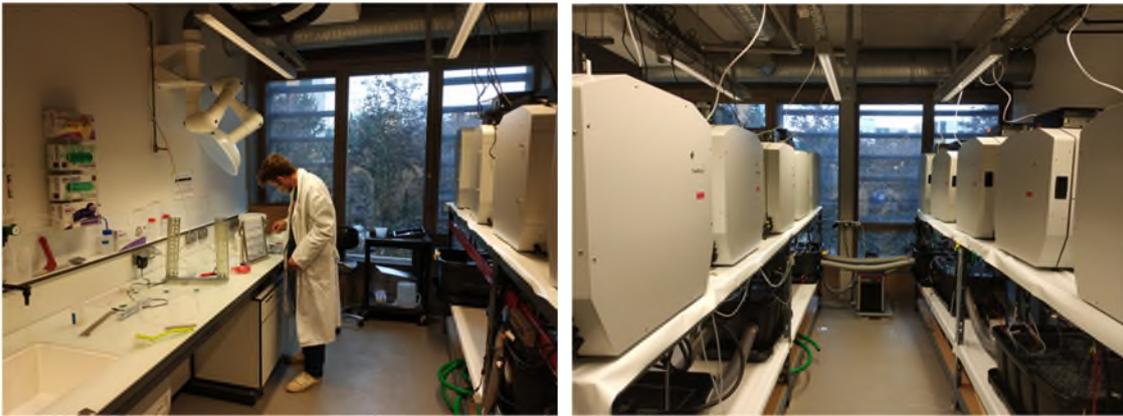


Figure 6: Salle d'expérimentation du LPA ViewTox à l'INRAE-Lyon

Prélèvement, Stabulation, Sélection et Acclimatation

Les organismes sont récoltés sur le site de référence de la cressonnière de Saint-Maurice-de-Rémens (01-Ain) avant d'être ramenés dans les locaux de l'INRAE. Une phase de stabulation (13°C, renouvellement eau, obscurité totale, oxygénation, etc.) est entreprise pour éliminer les organismes affaiblis lors du prélèvement et les préparer aux futures conditions d'exposition. Les organismes sont aussi alimentés en excès afin qu'ils aient les mêmes niveaux de réserves énergétiques.

Pour les *Erpobdella* et les *Radix*, cette phase dure 1 semaine avant que ne soient triés les animaux selon des critères de taille, stade de développement et une absence apparente de réserve énergétique.

Les *Gammarus* ont une phase de stabulation plus longue, de deux semaines avant la phase de tri, dont les critères de taille, sexe, absence visible de parasite, et de stade de développement (juste après une mue).

Durant une semaine supplémentaire, l'ensemble des organismes sont placés dans des aquariums (13°C, renouvellement eau, obscurité totale, oxygénation, nourriture) pour finaliser la phase d'acclimatation aux futures conditions d'exposition.

Dispositif expérimental

Le ToxMate Lab est composé de trois panels composés de 16 cellules individuelles. Chaque espèce a son propre panel et un individu/réplica est placé dans chaque cellule sans nourriture. Les séparations horizontales des cellules sont constituées de maille de 600 µm pour permettre un renouvellement de l'eau à analyser du bas vers le haut à un débit de 650ml/min. Les cages sont composées du plastique PMMA biocompatible.

L'eau qui entre dans les cages est préalablement thermorégulée à 13°C et oxygénée. L'enceinte du ToxMate Lab est insonorisée et totalement opaque limitant l'influence des variations environnementales. Des caméras infra-rouges filment en continu le comportement locomoteur individuel (distance parcourue, surface balayée) durant toute la durée de l'expérimentation. Un logiciel associé convertit ces films en mesure toutes les 40mS.

Au premier jour d'expérimentation (J1), les organismes sélectionnés et préconditionnés sont placés dans les analyseurs de laboratoire. Une eau de référence de qualité constante (eau de forage INRAE avec un traitement au charbon actif) alimente en circuit fermé les panels. Une phase de mise en léthargie totale des organismes est attendue (>72h) avant d'ajouter les doses de contaminants chimiques à analyser. Durant la phase de mise en léthargie, l'ensemble des données comportementales (distance parcourue et surface balayée) sont mesurées.

Les doses de contaminants sont ajoutées directement dans l'aquarium qui sert de réservoir tampon. Les dopages démarrent à ce moment-là.

3.3.2 Explication rendu de résultats

Les opérations de dopage sont transcrites sous format de graphiques, qui offrent les niveaux d'intensité de fuite ($\text{mm}^2 / 20 \text{ s}$) en fonction du temps, avec une résolution de 2 minutes. Les échelles des abscisses sont différentes selon les espèces pour des raisons physiologiques (les Radix se déplacent moins vite que des Erpobdella). Le trait rouge symbolise l'instant où démarre le dopage en contaminant chimique.

Ces dopages en laboratoire montrent l'intérêt de la méthodologie, car on observe :

- Une réactivité importante de chaque espèce, à une présence anormale de micropolluant, systématiquement inférieure à 10 minutes,
- La nécessité de travailler avec plusieurs espèces pour élargir la gamme de sensibilité de l'outil.

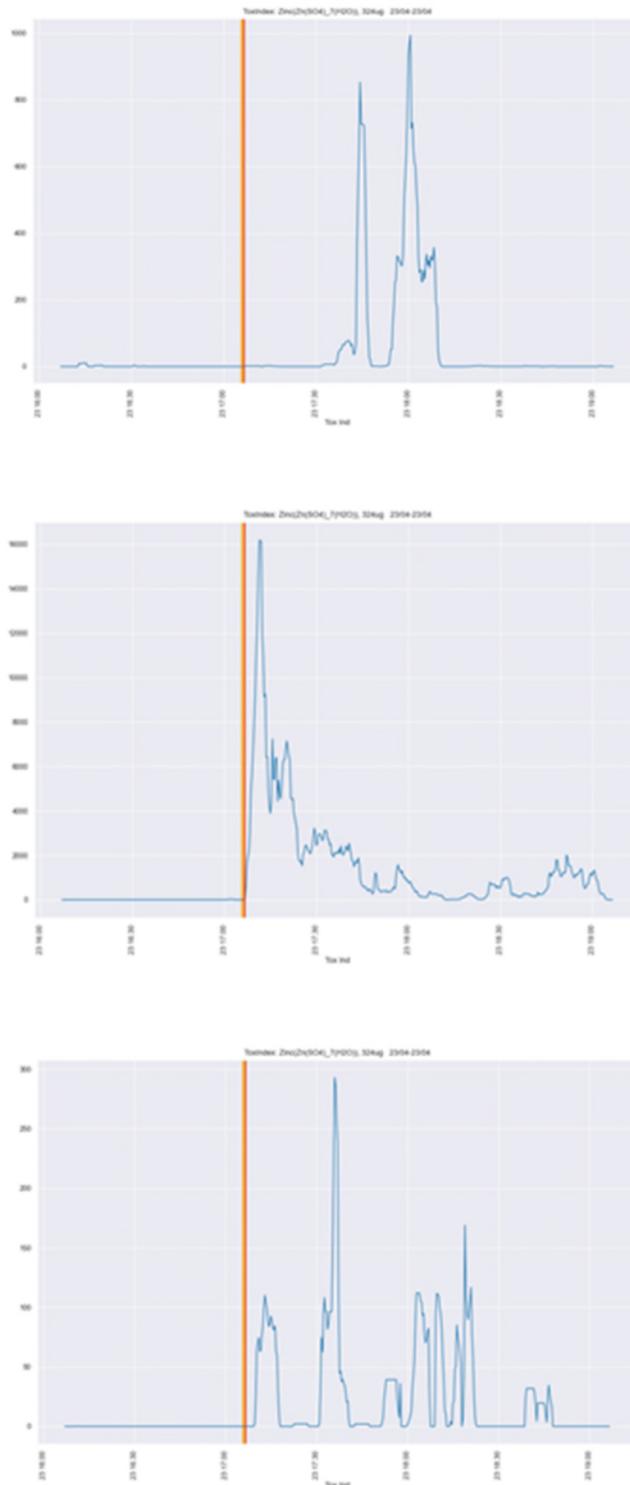


Figure 7: Exemples de réponse du signal IGT Erpobdella, Gammarus et Radix à la suite d'un dopage de Zinc (symbolisé par le trait rouge) en conditions contrôlées (abscisses en temps, ordonnées en niveau signal)

3.3.3 Synthèse résultats

Les tableaux ci-dessous présentent les valeurs pour lesquelles un niveau moyen maximal a été atteint par les représentations IGT de chacune des espèces lors de dopage en contaminant chimique en conditions contrôlées. Le C0 représente un dopage sans contaminant chimique. Les valeurs de C1, C2, C3 et C4 correspondent respectivement aux concentrations d'EC50 réf divisée par 25, divisée par 5, le EC50 réf et la EC50ref multiplié par 2.

ZnCl ₂	Radix	Gammarus	Erpobdella
C0	0	90	20
C1	60	1 450	280
C2	110	2 700	1 740
C3	200	6 200	3 450
C4	290	60 000	4 980

Tableau 5 : Synthèse des dopages ZnCl₂, en laboratoire et eau de forage de référence

CuCl ₂	Radix	Gammarus	Erpobdella
C0	0	340	0
C1	80	1 200	250
C2	150	3 200	1 500
C3	240	5 500	3 250
C4	360	84 000	4 200

Tableau 6: Synthèse des dopages CuCl₂, en laboratoire et eau de forage de référence

Cyperméthrine	Radix	Gammarus	Erpobdella
C0	0	120	0
C1	30	1 400	45
C2	120	3 700	1 380
C3	260	8 300	2 800
C4	380	91 000	4 500

Tableau 7: Synthèse des dopages Cyperméthrine, en laboratoire et eau de forage de référence

Benzo(ghi)pérylène	Radix	Gammarus	Erpobdella
C0	0	80	0
C1	50	1200	140
C2	130	3 000	1 520
C3	270	6 700	3 000
C4	400	86 200	3 900

Tableau 8: Synthèse des dopages Benzo(ghi)pérylène, en laboratoire et eau de forage de référence

3.3.4 Définition des seuils

Les tests effectués sur les substances tests ont permis de définir des niveaux de seuils de gravité pour chaque espèce. Néanmoins, la définition de ces valeurs seuils a manqué de robustesse statistique et ainsi, les variations de réponse entre substances étaient trop élevées. L'objectif fixé pour ces seuils est d'atteindre une certitude de niveau de gravité dans la détection supérieure à 85%.

Pour améliorer ce résultat, tout le jeu de données acquis par ViewPoint et INRAE a été utilisé. La robustesse/ certitude de dépassement des seuils de gravité est supérieur à 85%.

Cette robustesse prend en compte différentes conditions d'exposition à savoir 1/ des lots de sondes biologiques différents exposés à un même contaminant chimique, 2/ les différences de conditions d'exposition (T°C, matrice en eau, etc.) et 3/ une pluralité d'exposition à des contaminants chimiques. Il a été fixé comme objectif d'atteindre une valeur de robustesse supérieure à 85 % pour détecter une concentration équivalente de CE50 ref daphnie. Une méthode en biologie est considérée comme robuste quand elle contient moins de 20 % de mesures erronées. Compte tenu des contaminants chimiques testés (nature, toxicité, etc.) et des différences des CE50 daphnie pour une même substance, cette valeur de robustesse est élevée.

Les interprétations et les extrapolations statistiques des données obtenues par ces dopages n'ont pas été suffisants pour avoir une robuste définition des seuils supérieur à 85 %. Pour asseoir ce travail de notion de gravité des substances toxiques, il a été fait le choix d'ajouter une partie de la bibliothèque de données issues de différentes phases de développement du ToxMate.

La définition des valeurs seuils s'est ainsi effectuée en trois principales étapes à savoir :

1. Analyses statistiques avec les substances doses-effets et l'ajout de 80 % du jeux de données de ViewPoint sur des analyses laboratoire (48 contaminants chimiques),

2. La définition des valeurs seuils pour chaque espèce selon 3 niveaux de gravité,
3. Une confrontation avec un complément de jeu de données non pris en compte pour la définition des valeurs préalables (12 contaminants chimiques) et un ajustement.

D'un point de vue méthode de statistique, après un travail de standardisation, des corrélations Pearsons simples ainsi que des méthodes qui prennent en compte un effet de décalage (time-lagged correlations) pour mieux capturer les effets dans le temps, ont permis de définir des niveaux médians pour une réponse générique à un stress.

Il est important de noter que durant cette phase de définition des valeurs seuils, les concentrations de référence d'impact toxique ont été définies par les tests normalisés Daphnie. La daphnie appartient au phylum des crustacés à l'instar du *Gammarus fossarum*. Une importante corrélation entre ces deux espèces est ainsi plus probable qu'avec des espèces très différentes d'un point de vue évolutif.

Afin d'enrichir la robustesse de ces valeurs seuils, l'ensemble des données issues de différents projets, notamment ToxPrints (**), ont été ajoutés à cette base de données. Ces dopages à différentes concentrations ont néanmoins permis de définir des valeurs seuils/ critiques pour chacune des espèces.

Les différents niveaux pour chacune des espèces sont présents dans le Tableau 9.

	Radix	Gammarus	Erpobdella
Bruit de fond	0 - 49	0 - 349	0 - 499
Vert	50 - 249	350 - 1 199	500 - 1 799
Orange	250 - 429	1 200 – 2 699	1 800 – 3 099
Rouge	≥ 430	≥ 2 700	≥ 3 100

Tableau 9: Valeurs seuils adoptées pour les différentes espèces

Ces valeurs ont été testées sur des jeux de données historiques qui n’ont pas été pris en compte pour la définition de ces seuils (données de test labo et hall expérimental de la Feysine). Elles ont permis de valider ces valeurs de seuil. La consolidation de la base de données en tenant compte de ces autres substances de référence n’ont pas grandement modifié les valeurs seuils, comme le montre le Tableau 10.

	Radix	Gammarus	Erpobdella
Bruit de fond	0 - 29	0 - 349	0 - 599
Vert	30 - 99	350 - 999	600 – 1 799
Orange	100 - 249	1 000 – 2 499	1 800 – 2 999
Rouge	≥ 250	≥ 2 500	≥ 3 000

Tableau 10: Test sur jeu de données historiques

*(**) : ToxPrints : projet de recherche (INSA-Deep, INRAE-ViewPoint co-financé par la région AURA. Le contexte règlementaire de l’autosurveillance des rejets industriels et urbains appelle à une mobilisation grandissante des outils écotoxicologiques et de suivis en ligne afin de mieux décrire les sources et transferts de micropolluants toxiques vers le milieu aquatique, ou encore pour améliorer le pilotage des installations de traitement et les process des industries connectées. Un partenariat engagé entre le laboratoire d’écotoxicologie d’INRAE Lyon et la société Viewpoint a abouti récemment au développement d’un dispositif, le ToxMate. Le projet ToxPrints proposé ici s’inscrit dans une dynamique qui ambitionne de lever un verrou majeur en écotoxicologie : l’identification des typologies de substances responsables lorsqu’une dégradation de la qualité toxique est constatée. Le pari est fait qu’il est possible de décrire des liens entre nature des contaminants et empreintes comportementales observées sur une diversité d’espèces animales. L’objectif de ToxPrints est de réaliser cette preuve de concept en laboratoire et sur site, via l’acquisition d’un jeu de données massives chez 3 espèces d’invertébrés pour un minimum d’une centaine de substances. Ce jeu sera analysé par des techniques statistiques de fouilles de données dans le cadre d’une thèse dédiée à cette tâche en bénéficiant de l’expertise du laboratoire Deep de l’INSA de Lyon dans ce domaine. Un test en contexte réel de détection des empreintes définies sera ensuite mis en œuvre. Voulant lever le verrou de l’identification en temps réel des micropolluants impactant la qualité des eaux, ToxPrints ouvre des perspectives fortes de développements en recherche et d’applications opérationnelles pour la gestion environnementale des rejets urbains et industriels.*

3.4 Modification du signal par espèce

Pour faciliter la comparaison d'une détection/ d'un stress chimique d'une espèce à une autre, une étape d'uniformisation des ordonnées est nécessaire. Le passage en pourcentage pour chaque espèce semble la stratégie la plus accessible pour les gestionnaires des eaux.

Les données acquises lors de ces dopages en laboratoire, l'ensemble du jeu de données récoltés sur l'Écostation de Saint-Fons, ainsi que d'autres données antérieures en conditions contrôlées de laboratoire avec des dopages à de très fortes concentrations ont permis de définir les niveaux maxima de fuite pour chaque espèce et de définir un 100 % théorique. La difficulté de cette transformation a principalement résidé sur la transposition entre l'échelle exponentielle de l'IGT brut et un affichage final sur une échelle linéaire 0 à 100%.

Des analyses de distribution statistiques ont permis de définir des fréquences passées à chaque niveau de fuite.

Des méthodes de liaisons Khi ont été employés pour cette mise en œuvre avec des vérifications graphiques et statistiques pour valider les covariances et de coefficient de corrélation non-linéaire

La Figure 8 représente le passage de valeur absolu IGT du gammare à des valeurs en pourcentages.

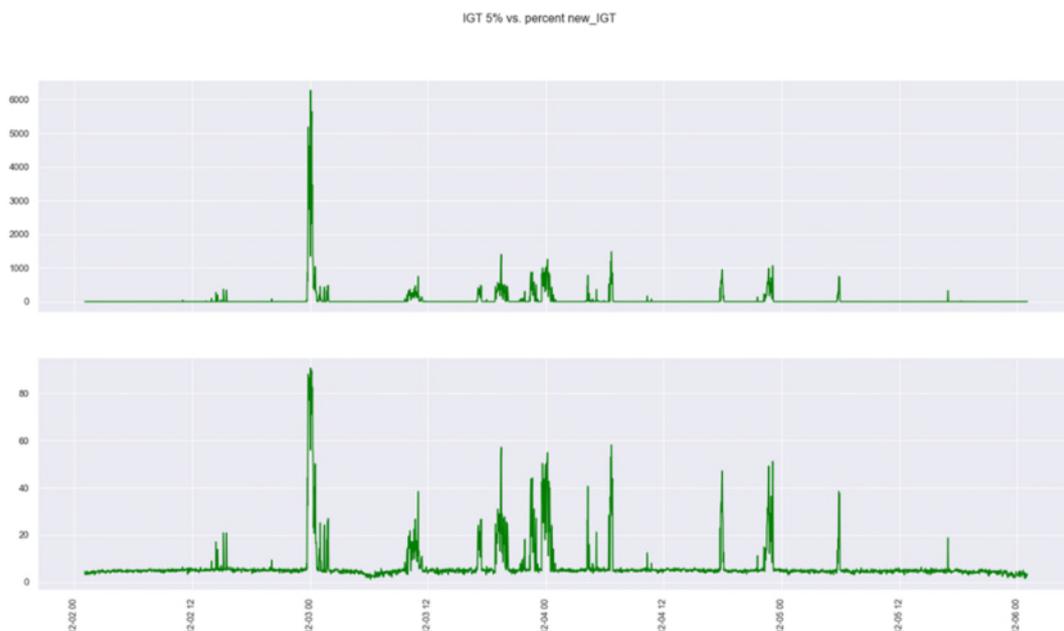


Figure 8: Graphique explicatif du passage pour les sondes biologiques *Gammarus fossarum* de valeur IGT (graphique du haut) à des valeurs en pourcentage (graphique du bas) pour un même jeu de données

Le signal de détection d'un stress chimique est validé selon un nombre différent de répliquas/individus suivant les espèces. Les valeurs par espèces ont été déterminées et ajoutées aux mesures en ligne uniquement dans le courant février 2021.

Pour que le signal par espèce soit robuste, il est nécessaire d'avoir un nombre minimal de répliquas/ Individus pour chaque espèce observée.

Pour déterminer le nombre d'individus minimum nécessaire pour chaque espèce, des essais ont été effectués sur l'ensemble du jeu de données de laboratoire acquis durant les dopages. Ces tests ont consisté à rejouer les données avec un nombre variable d'individus par espèce (1-16) avec toutes les combinaisons possibles et a permis de définir le pourcentage de faux positifs associés.

Il a été fixé comme seuil d'acceptabilité d'un signal valide, une valeur médiane inférieure à 5 % de faux Positifs. Les valeurs de ce test pour chaque nombre de répliquas par espèce figurent dans le tableau ci-dessous.

Pour assurer une détection de montée en charge de micropolluants sur un site d'étude, une marge de sécurité est ajoutée. Une alerte n'est valide qu'à partir du moment où 3 valeurs au-delà d'un certain seuil est atteint en 20 minutes. Les niveaux de gravité, en termes d'intensité de détection et de durée dans le temps, sont définis au cas par cas selon les objectifs du site mais ne peut aller en dessous de ces contraintes.

Nombre de répliquas	Radix		Gammarus		Erpobdella	
	Mediane (%FP)	Moyenne (%FP)	Mediane (%FP)	Moyenne (%FP)	Mediane (%FP)	Moyenne (%FP)
3	51,97	50,62	32,4	38,09	65,7	50,63
4	28,19	32,12	15,97	18,84	36,8	37,06
5	14,17	20,58	6,8	9,56	15,9	18,44
6	9,51	15,28	3,33	5,53	7,77	9,54
7	5,55	10,94	2,01	3,65	3,95	5,09
8	3,47	8,76	1,11	2,04	2,36	3,29
9	2,64	7,06	0,833	1,43	1,25	1,88
10	1,33	4,51	0,721	1,04	0,83	1,42

Tableau 11: Valeurs médianes et moyennes de Faux Positifs (FP) selon le nombre de répliquas par espèce

3.5 Passage à un signal biologique unique

L'objectif de cette phase de travail a été de fournir un seul signal au lieu de trois (un par espèce) et de faciliter la compréhension de la mesure de la station de biosurveillance par l'utilisateur sur le terrain (gestionnaire des eaux), tout en conservant la richesse du signal engendrée par le système multi-espèces. Ainsi un signal unique est proposé. Il suit les règles suivantes :

Chacune des espèces représentent 33,33 % du poids du signal unique. En cas d'une détection d'une seule espèce (>50%), le signal biologique considèrera uniquement cette sonde biologique (100%) si deux valeurs supérieures à 50% en moins de 20 minutes sont détectés. En cas d'une détection de deux sondes biologique (>50%), le signal biologique considèrera ces deux espèces avec des coefficients de 50%.

Le signal biologique est issu de linéarisations de courbes exponentielles pour chaque espèce, puis un regroupement des trois signaux. Ces transformations ont une tendance à écraser le signal en cas d'absence de stress chimique à des valeurs inférieures à 1 %. Afin d'éviter une représentation graphique constamment à 0%, pouvant faire croire que l'appareil ne fonctionne pas, des changements d'échelle sur les premiers pourcentages de l'échelle 0-100%, ont été fait pour qu'un niveau normal de mesure oscille entre 1 et 5 %.

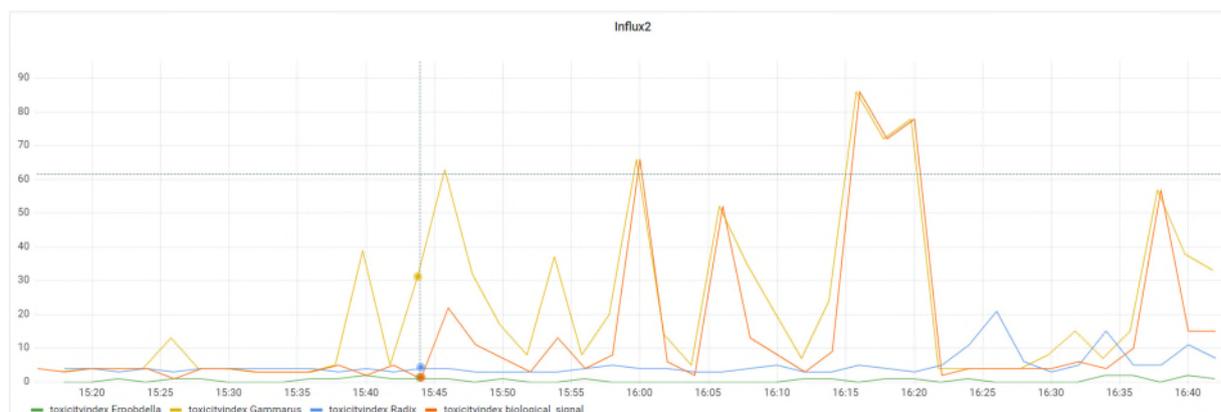


Figure 9 : exemple de la transformation des 3 signaux IGT en signal biologique. Les courbes verte, jaune et bleue représentent respectivement les suivis IGT des Erpobdella, Gammarus et Radix. Le signal orange est le signal biologique intégrateur.

En cas d'un nombre de répliquas pas assez suffisant, sur au moins une espèce, le signal biologique n'est plus assez robuste et considéré comme non valide. Dans ce cas de figure, le résultat en ligne affiche 0 signifiant une valeur nulle due à un nombre insuffisant de répliquas.



Figure 10: Exemple graphique d'un signal biologique qui n'est plus valide sur un site en raison d'une mortalité trop importante sur les sondes biologiques pouvant altérer la robustesse de la mesure

3.6 Vérification des données existantes

Pour asseoir la pertinence des transformations et simplification graphique du signal, un jeu de données de 6 mois obtenus sur l'Écostation de Saint-Fons a été rejoué. Il s'agit des suivis du ToxMate placé en sortie STEU (entrée Carboplus $\mu\text{G}^{\text{®}}$) pour la période entre septembre 2019 et février 2020.

Les données rejouées sur l'ensemble de cette période ne montrent pas de différences particulières.

Les graphiques ci-dessous présentent les suivis pour chaque espèce avec les niveaux absolus (IGT) et le signal biologique nouvellement développé. Sur l'exemple sélectionné ci-dessous, il peut être observé un pic détecté uniquement par une espèce et être visible sur le signal biologique et inversement, en absence de valeur seuil, obtenir un indice pondéré.

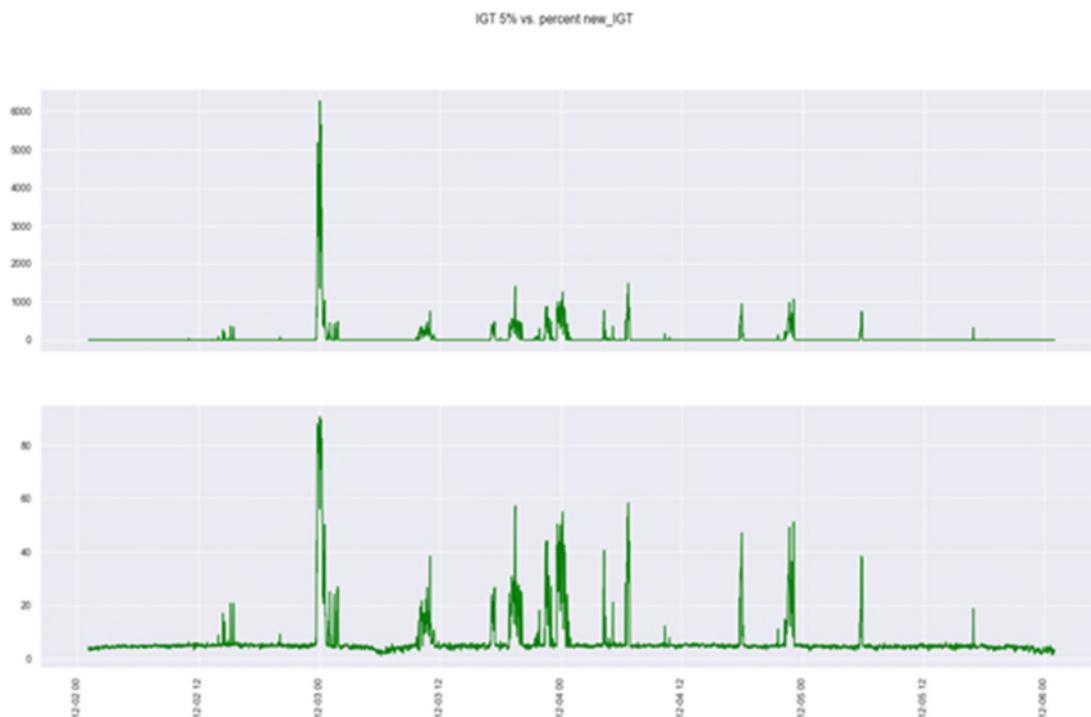


Figure 11: Représentation graphique de 2 jeux de données avec des transformations différentes

4 Validation sur site d'étude

4.1 Dopages sur site

4.1.1 Méthodes

L'outil ToxMate® a prouvé en condition de laboratoire qu'il était capable de détecter des concentrations faibles en micropolluants de différentes natures avec une réactivité pratiquement immédiate, de l'ordre de la minute suivant l'arrivée d'un micropolluant. Des dopages en micropolluants de différentes natures ont donc été réalisés sur site, sur la matrice de l'eau traitée STEU de Saint-Fons, en condition réelle. Cela afin de prouver que la station de biosurveillance réagit bien à des variations de micropolluants organiques ou non organiques, même sur une eau chargée comparativement à une eau de forage ayant servie aux expérimentations de laboratoire.

4.1.2 Filière pilote

La filière pilote a bénéficié d'un aménagement permettant l'injection en ligne de solutions de micropolluants. Les solutions de dopages ont été préparées en laboratoire le jour même ou bien la veille des dopages. Les ToxMate® ont bénéficié d'une maintenance 24 à 72 h avant chaque dopage, afin de limiter le risque d'une arrivée de pollution. Les solutions de dopages ont été versées dans le flacon d'injection juste avant chaque dopage. Le flacon de dopage en verre brun avec une capacité de 20 litres, était continuellement en agitation douce grâce à un agitateur magnétique. La solution de dopage a été injectée à débit constant à l'aide d'une pompe doseuse de 4 l/h dans une ligne d'alimentation en eau usée traitée STEU de 4 m³/h. Ainsi, la solution de dopage ne représentait que 0,1% de l'eau à traiter par la filière pilote. Les tous premiers dopages réalisés ont duré 4 heures, puis ils ont été raccourcis à 3 h avec la même efficacité, pour améliorer la logistique, assez lourde, de chaque dopage. Le schéma de la filière pilote est présenté ci-dessous.

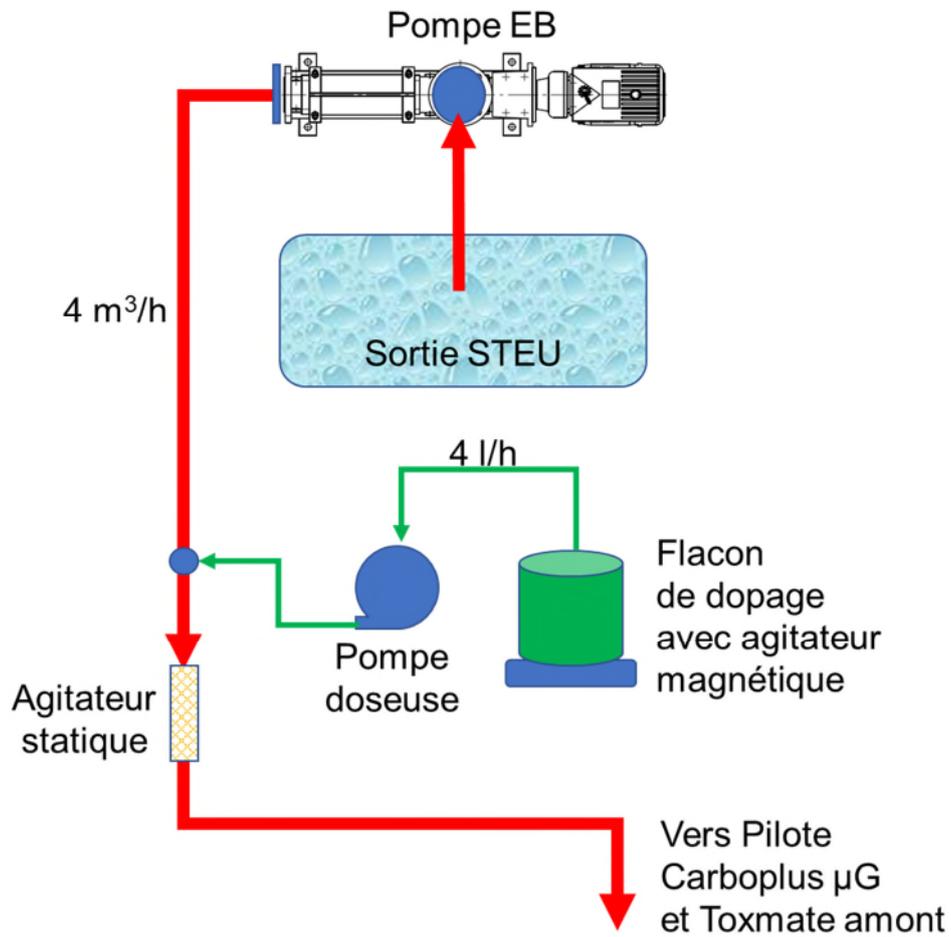


Figure 12: Schéma de filière pilote de dopage en micropolluant de l'eau traitée sur le site de Saint-Fons

4.1.3 Dopage préliminaire au NaCl

Préalablement au lancement des séries de dopage trois traçages au sel de chlorure de sodium (NaCl) ont été effectués en utilisant la ligne de dopage. Cela afin d'établir avec précision les temps de parcours hydrauliques entre les différents points de mesures (ToxMate®) ou de prélèvements, les temps de décalage qu'il faut prendre en compte entre deux mesures, mais aussi pour s'assurer que les réactions observées étaient bien dues aux concentrations en micropolluants imposées à l'eau à traiter et non à une pollution « naturelle » ayant traversé la STEU et qui pourraient intervenir pendant les dopages et ainsi interférer dans nos observations.

Les temps de décalages observés en tripliquas sont les suivants de 8 +/- 1 min entre le point de dopage et le premier point de mesure représenté par le ToxMate® amont et de **31 +/- 1 min entre les deux points de mesures ToxMate® amont et aval.**

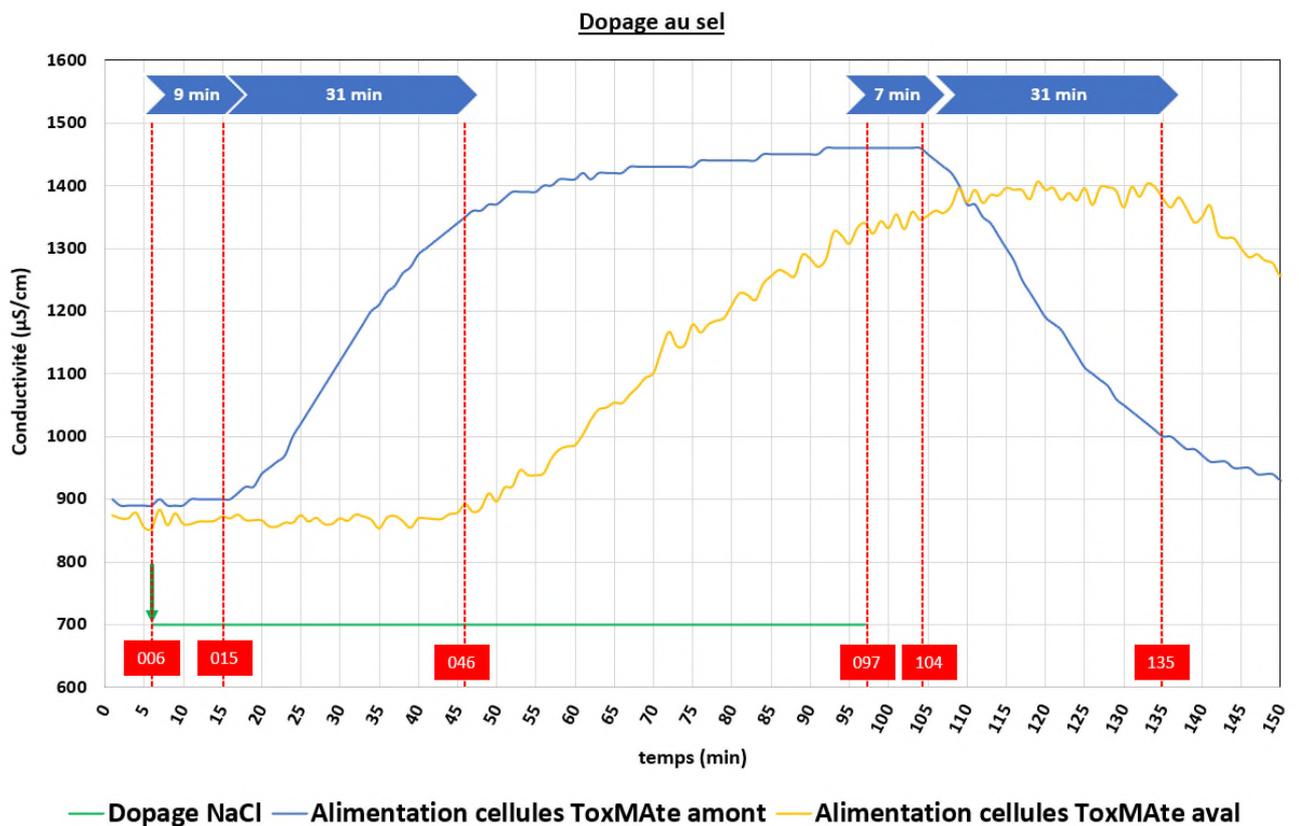


Figure 13: Exemple de traçage au sel NaCl avec mesures de conductivité

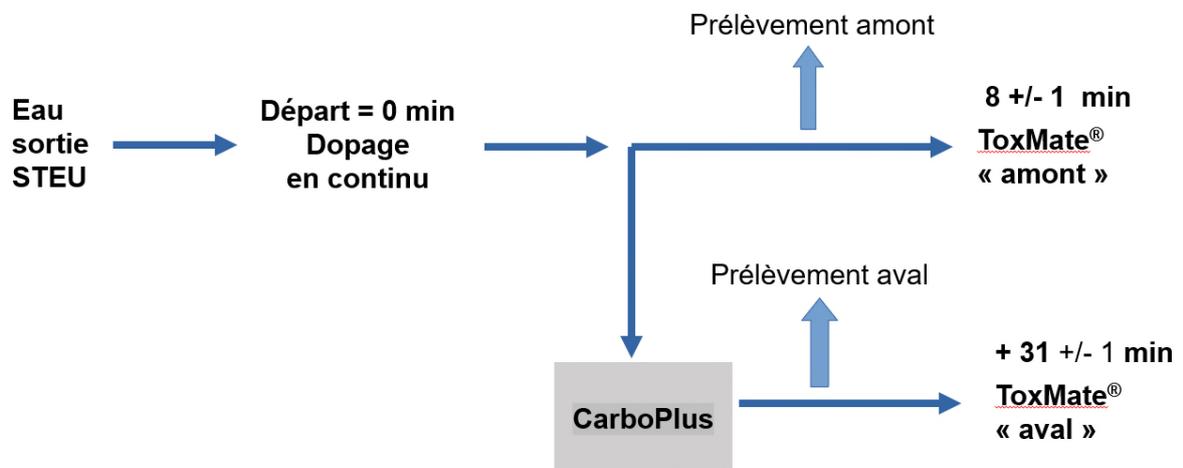


Figure 14: Schéma des temps de parcours hydrauliques mesurés

Grâce à ces traçages au sel et aux mesures de conductivité au pied des cellules de mesures des stations de biosurveillance, nous avons pu discriminer correctement les dopages du reste de la matrice d'eau usée traitée par la STEU. Tous les dopages réalisés nous ont permis d'observer les mêmes décalages en temps sur les réponses des ToxMate® et aucune pollution « naturelle » n'a altéré les dopages au moment où ils ont été mis en place.

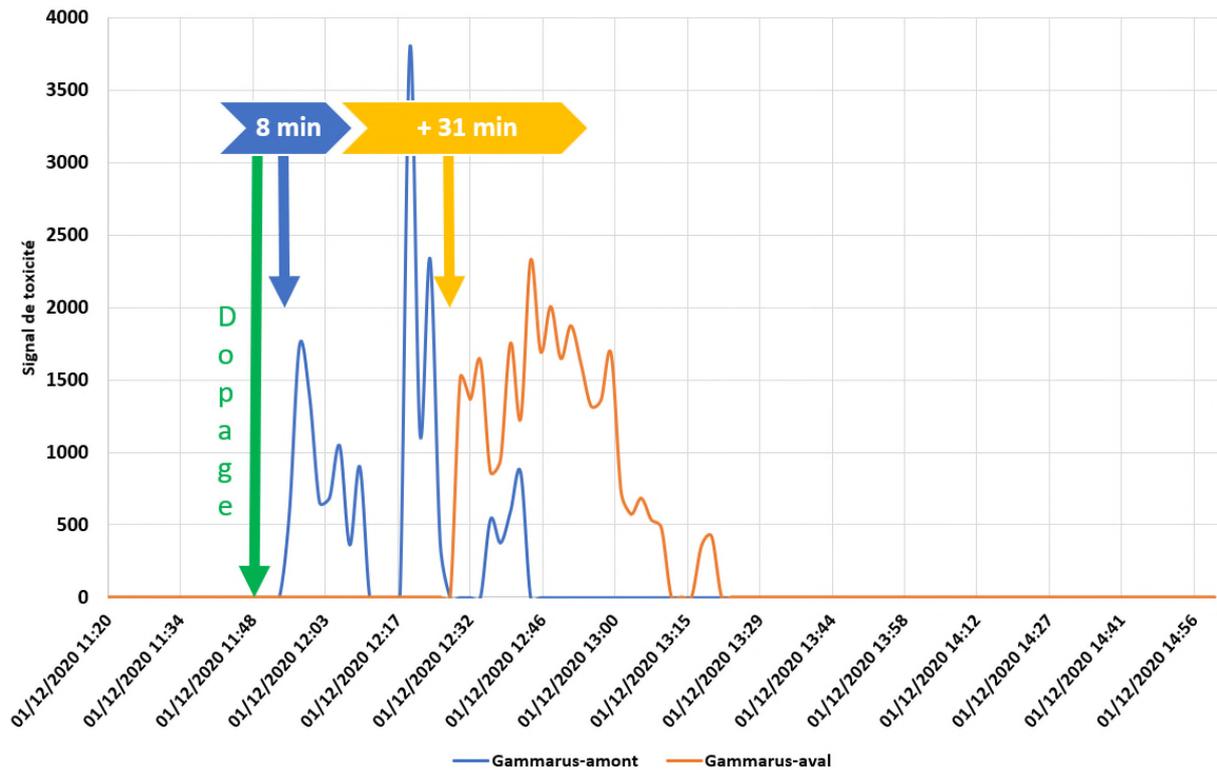


Figure 15: Exemple de dopage en contaminant chimique & des décalages dus au parcours hydraulique

4.1.4 Choix des polluants

Le choix des micropolluants a été fait en fonction de 3 critères :

- La disponibilité des produits sur le marché,
- Leur facilité de mise en œuvre
- Les actions de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses des installations classées déjà entreprises (ex. : RSDE, liste de surveillance européenne)
- La pertinence entre une concentration réaliste en sortie de STEU et les différentes données d'écotoxicité aiguë disponibles dans la bibliographie. Compte-tenu du mode de détection de la station de biosurveillance en ligne, les données de toxicité aiguë sont plus pertinentes que les données de toxicité chronique. Des données réalistes de pics de concentrations en sortie de STEU concernent une fourchette de l'ordre de 0,5 à 50 µg/l suivants les substances.

Une première sélection a été réalisée et présentée dans les tableaux qui suivent (Cf. Tableau 12, Tableau 13, Tableau 14 et Tableau 15) et concernent des métaux, des pesticides, des médicaments et des molécules particulièrement persistantes dans l'environnement comme des perfluorés ou des alkyl phénols.

Finalement, quatre micropolluants ont été choisis les raisons suivantes, surlignées dans les tableaux :

- ⇒ Le « **CUIVRE** » et le « **ZINC** », polluants spécifiques de l'état écologique, pour leur facilité de mise en œuvre, leur présence importante et en concentrations très variables en sortie de STEU
- ⇒ L'insecticide « **CYPERMETHRINE** », substance prioritaire dans le cadre de la surveillance des masses d'eaux, pour son impact environnemental marqué (déclassement de masses d'eau) et sa toxicité avérée sur les invertébrés et micro-crustacés (valeurs faibles en EC50 et NOEC)
- ⇒ Et l'hydrocarbure aromatiques polycycliques « **BENZO(GHI)PERYLENE** », substance dangereuse prioritaire dans le cadre de la surveillance des masses d'eaux, pour sa suspicion dans la pollution mortelle sur les organismes du ToxMate®, détectée en février 2020, et sa toxicité avérée sur les invertébrés et micro-crustacés (valeurs faibles en EC50 et NOEC).

Les abréviations utilisées dans les tableaux sont les suivantes

- AE LB : Agence de l'Eau Loire Bretagne
- Concentration Efficace 50 ou CE50 = la concentration provoquant un effet pour 50% des organismes mise en jeu pendant un temps donné.
- HC5 : « Hazardous Concentration for 5 % of the species ». = 5ème percentile de la distribution de la sensibilité des espèces correspondant à la valeur protégeant 95 % des individus (ici, organismes aquatiques)
- NOEC = No-Observed-Effect Concentration, c'est-à-dire la concentration n'induisant pas d'effet sur une espèce biologique.
- NQE : Normes de Qualité Environnementale définies (DCE)
- PNEC : « Predicted No Effect Concentration », c'est-à-dire la plus forte concentration de la substance sans risque pour l'environnement.
- PSEE = polluant spécifique de l'état écologique dans le contexte réglementaire de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)
- SP = Substance Prioritaire (RSDE)
- SDP = Substance Dangereuse Prioritaire (RSDE)

Paramètres								Synthèses RSDE sur des Rejets STEU CMP Conc ^e Moy. Pondérée Cmax = Conc ^e Max FQ Fréquence de quantification		Indices ou valeurs guides d'écotoxicité chronique				Indices d'écotoxicité aiguë				
Famille chimique	Pré-sélection initiale & Sélection finale	Code Sandre	LQ courante	Liste	PE	Autres	Surveillance AE LB 2015-218	Rapport INERIS 2016	AE RMC 2018	NQE _{Crustacés} En poids frais (PF)	NQE _{Eau douce} Eau de surface (INERIS)	PNEC eau douce (INERIS)	HC5 (EPA)	CE50 moyen Daphnies (EPA)	CE50 Invertébrés (INERIS)	CE50 invertébrés ou crustacés (Guide 2018 AE SN)	NOEC invertébrés ou crustacés en eau douce (INERIS)	NOEC invertébrés ou crustacés en eau douce (Guide 2018 AE SN)
Métaux lourds	Cuivre	1392	0,1 µg/l	PSEE	...	Facilité de mise en œuvre pour un doipage		Cmax. = 107 µg/l CMP = 19 µg/l FQ = 72% 18% rejet STEU > 10xNQE	Cmax. = 1430 µg/l CMP = 16 µg/l FQ = 67%		Bruit de fond eau + 1,4 µg/l	1,6 µg/l	2,6 µg/l	41 µg/l (CuCl2) 380 µg/l (CuSO4)		17 µg/l	Très variable < 50 µg/l	17 µg/l
	Mercur	1387	0,01 µg/l	SDP	Non			Cmax. = 5 µg/l CMP < LQ FQ = 35% < 1% rejet STEU > 10xNQE	Cmax. = 21,4 µg/l CMP = 10,7 µg/l FQ = 16%		Bruit de fond eau + 0,047 µg/l	0,05 µg/l	1,24 µg/l	7 µg/l	10 µg/l	1 µg/l	0,03 µg/l	0,62 µg/l
	Plomb	1382	0,05 à 0,1 µg/l	SP	Non		Peu biodisponible	Cmax. = 121 µg/l CMP = 3,4 µg/l FQ < 1 % 2% rejet STEU > 10xNQE	Cmax. = 80 µg/l CMP = 6 µg/l FQ = 24%		Bruit de fond eau + 0,4 µg/l	0,04 à 5 µg/l	30 µg/l	638 µg/l	10 µg/l		10 µg/l	8,2 µg/l
	Zinc	1383	1 µg/l	PSEE	...	Facilité de mise en œuvre pour un dopage		Cmax. = 440 µg/l CMP = 94 µg/l FQ = 98 à 100% 87% rejet STEU > 10xNQE	Cmax. = 325 µg/l CMP = 42 µg/l FQ = 100%		3,1 µg/l ou 7,8 µg/l selon la dureté de l'eau	0,08 µg/l	19 µg/l	354 µg/l (ZnCl2)	30 µg/l		40 µg/l	

Tableau 12: Paramètres de sélection sur les métaux lourds

Paramètres								Synthèses RSDE sur des Rejets STEU CMP Conc* Moy. Pondérée Cmax = Conc* Max FQ, Fréquence de quantification		Indices ou valeurs guides d'écotoxicité chronique				Indices d'écotoxicité aiguë				
Famille chimique	Pré-sélection initiale & Sélection finale	Code Sandre	LQ courante	Liste	PE	Autres	Surveillance AE LB 2015-218	Rapport INERIS 2016	AE RMC 2018	NQE _{Crustacés} En poids frais (PF)	NQE _{Eau douce} Eau de surface (INERIS)	PNEC eau douce (INERIS)	HCS (EPA)	CE50 moyen Daphnies (EPA)	CE50 Invertébrés (INERIS)	CE50 invertébrés ou crustacés (Guide 2018 AE SN)	NOEC invertébrés ou crustacés en eau douce (INERIS)	NOEC invertébrés ou crustacés en eau douce (Guide 2018 AE SN)
Pesticides	Diuron	1177	0,002 à 0,02 µg/l	SP	Suspicion	Evolution à la baisse suite à interdiction	1/144 cours d'eau déclassé	Cmax. = 4,3 µg/l CMP = 0,3 µg/l FQ = 60% 1% rejet STEU > 10xNOE	Cmax. = 3,77 µg/l CMP = 0,16 µg/l FQ = 53%		0,2 µg/l	0,2 µg/l	0,326 µg/l	6 777 µg/l	1 400 µg/l	1 100 à 1 400 µg/l	100 µg/l	560 à 960 µg/l
	Cyperméthrine	1140	0,002 à 0,05 µg/l	SP	...		63/144 cours d'eaux déclassés + 3/106 plans d'eau déclassés		Cmax. = 0,25 µg/l CMP = 0,06 µg/l FQ = 6%		0,08 µg/l	< 0,1 ng/l ?	0,005 µg/l	4,29 µg/l	0,0013 µg/l	0,0013 µg/l	0,009 µg/l	0,0041 µg/l
	Glyphosate	1506	0,02 à 0,03 µg/l		Non				Cmax. = 48,2 µg/l CMP = 01,01 µg/l FQ = 97%		28 µg/l	28 µg/l	78,7 µg/l	76 700 µg/l	40 000 µg/l	20 750 µg/l	30 000 µg/l	
Médicaments	Diclofénac	5349	10 ng/l	WL	...						0,15 µg/l	0,15 µg/l	0,59 µg/l	78 900 µg/l	49 540 µg/l	11 000 à 80 000 µg/l	1 200 µg/l	10 000 µg/l
	Carbamazépine	5296	5 ng/l		...							2,5 µg/l	0,43 µg/l	74 600 µg/l	77 700 µg/l	98 000 µg/l	25 µg/l	25 µg/l
	Méthylparaben	6695			Suspicion							4 µg/l	2 370 µg/l	35 700 µg/l				
	Oxazépam	5375	5 ng/l		...													
	Théophylline							250 µg/l	32 300 µg/l	237 000 µg/l	178 000 µg/l			

Tableau 13: Paramètres de sélection sur les pesticides et médicaments

Paramètres								Synthèses RSDE sur des Rejets STEU CMP Conc* Moy. Pondérée Cmax = Conc* Max FQ, Fréquence de quantification		Indices ou valeurs guides d'écotoxicité chronique				Indices d'écotoxicité aiguë				
Famille chimique	Pré-sélection initiale & Sélection finale	Code Sandre	LQ courante	Liste	PE	Autres	Surveillance AE LB 2015-218	Rapport INERIS 2016	AE RMC 2018	NQE _{Crustacés} En poids frais (PF)	NQE _{Eau douce} Eau de surface (INERIS)	PNEC eau douce (INERIS)	HCS (EPA)	CE50 moyen Daphnies (EPA)	CE50 Invertébrés (INERIS)	CE50 Invertébrés ou crustacés (Guide 2018 AE SN)	NOEC invertébrés ou crustacés en eau douce (INERIS)	NOEC invertébrés ou crustacés en eau douce (Guide 2018 AE SN)
HAP	Benzo(a)pyrène	1115	0,02 à 10 ng/l	SDP	Liste 3	Marqueur d'autres HAP	427/429 cours d'eau déclassées + 9/106 plans d'eau déclassés		Cmax. = 0,33 µg/l CMP = 0,08 µg/l FQ = 7%	5 µg/kg PF	0,00017 µg/l eau douce << LD (0,01 à 0,001 µg/l) NQE jugée surprotectrice	0,05 µg/l	0,294 µg/l	9,43 µg/l EPA 1,5 µg/l (Guide AE SN)	5 µg/l		0,5 µg/l	
	Benzo(ghi)perylène	1118	0,02 à 10 ng/l	SDP	Liste 3	Suspicion de pollution Fév-2020 STEU St-Fons	31/429 cours d'eau déclassées		Cmax. = 0,33 µg/l CMP = 0,05 µg/l FQ = 7%	5 µg/kg PF					0,2 µg/l		0,08 µg/l	
	Benzo fluoranthène (b) ou (k)	1116 et 1117	0,02 à 10 ng/l	SDP	Liste 3		26+7/429 cours d'eau déclassées		Cmax. = 0,23 µg/l CMP (k) = 0,07 µg/l FQ = 6%	5 µg/kg PF		0,03 µg/l			1,02 µg/l			
	Fluoranthène	1191	0,02 à 10 ng/l	SP	Liste 3	Suspicion de pollution Fév-2020 STEU St-Fons; Marqueur d'autres HAP	31/429 cours d'eau déclassées	Cmax. = 1,2 µg/l CMP < LQ FQ = 16% < 1% rejet STEU > 10xNQE	Cmax. = 0,43 µg/l CMP = 0,06 µg/l FQ = 16%	30 µg/kg PF	0,0063 µg/l	0,12 µg/l	2,11 µg/l	87,3 µg/l	10 µg/l		1,2 µg/l	
	Naphtalène	1517	5 ng/l	SP	...	Suspicion de pollution Fév-2020 STEU St-Fons		Cmax. = 2,4 µg/l CMP = 0,07 µg/l FQ = 29% 0,1% rejet STEU > 10xNQE	Cmax. = 0,93 µg/l CMP = 0,10 µg/l FQ = 19%		2 µg/l	2 µg/l	66,1 µg/l	6 640 µg/l	1 000 µg/l		600 µg/l	

Tableau 14: Paramètres de sélection sur les HAP

Paramètres								Synthèses RSDE sur des Rejets STEU CMP Conc* Moy. Pondérée Cmax = Conc* Max FQ, Fréquence de quantification		Indices ou valeurs guides d'écotoxicité chronique				Indices d'écotoxicité aiguë				
Famille chimique	Pré-sélection initiale & Sélection finale	Code Sandre	LQ courante	Liste	PE	Autres	Surveillance AE LB 2015-218	Rapport INERIS 2016	AERMC 2018	NQE _{Crustacés} En poids frais (PF)	NQE _{Eau douce} Eau de surface (INERIS)	PNEC eau douce (INERIS)	HCS (EPA)	CE50 moyen Daphnies (EPA)	CE50 Invertébrés (INERIS)	CE50 invertébrés ou crustacés (Guide 2018 AE SN)	NOEC invertébrés ou crustacés en eau douce (INERIS)	NOEC invertébrés ou crustacés en eau douce (Guide 2018 AE SN)
Nonylphénols	Mélange (linéaire ou ramifiés) (*)	1957 + 1958 + 5474 ou 6598 (*)	<= 0,1 µg/l	SDP	Liste 1		1 cours d'eau déclassé	Cmax. = 3,1 µg/l CMP = 0,5 µg/l FQ = 29% 0,1% rejet STEU > 10xNQE	NP10E Cmax. = 7,6 µg/l; CMP = 0,51 µg/l; FQ = 22% NP20E Cmax. = 1,7 µg/l; CMP = 0,27 µg/l; FQ = 11% 4-NonylPhénol Cmax. = 5,6 µg/l; CMP = 0,73 µg/l; FQ = 18% OP10E Cmax. = 0,79 µg/l; CMP = 0,23 µg/l; FQ = 10% OP20E Cmax. = 1,1 µg/l; CMP = 0,40 µg/l; FQ = 2%		0,3 µg/l	4-NonylPhénol 0,33 µg/l Octyl lPhénol 0,012 µg/l	0,58 µg/l	177 µg/l	20 µg/l	4-NonylPhénol 20 µg/l Octyl lPhénol 10 µg/l	20 µg/l	4-NonylPhénol 20 µg/l Octyl lPhénol 6 µg/l
Perfluorés	PFOS	6561	1 à 100 ng/l	SDP	...		Déclassant le biote gammarès et poissons	Cmax. = 0,3 µg/l CMP = 0,14 µg/l FQ = 36%	Cmax. = 0,59 µg/l CMP = 0,15 µg/l FQ = 11%	...		25 µg/l	37,9 µg/l	53 600 µg/l	27 000 µg/l	2, 600 à 11 200 µg/l	7 000 µg/l	5 300 à 12 000 µg/l

Tableau 15: Paramètres de sélection sur les nonylphénols et perfluorés

(*) : Le code 1957 décrit un mélange d'isomères de position (du groupe phénol sur le cycle benzénique) à chaîne nonyl linéaire alors que le code 1958 décrit un mélange de nonylphénols à chaînes ramifiées, correspondant à la principale proportion des nonylphénols industriels. Le code 5474 correspond à une molécule synthétique, le 4-nonylphénol. Le code 6598 est un code créé afin de décrire la somme des codes 1957, 1958 et 5474.

Les micropolluants utilisés pour les dopages sont des produits purs, achetés en poudre, de qualité analyses en laboratoire : $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (chlorure de cuivre dihydraté) et $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (sulfate de zinc hexahydraté) pour les sels de cuivre et zinc, et molécules pures pour le pesticide et l'HAP.

Les volumes de dopages, préparés et utilisés pour chaque dopage, ont été de 20 litres.

Les masses de micropolluants ont été pesées sur site, au laboratoire de l'Ecystation, puis diluées dans de l'eau distillée de laboratoire. Le pesticide et l'HAP ont été préalablement dissous dans 100 ml d'éthanol ou de méthanol, 24h à l'avance, afin d'assurer une bonne dilution et un bon mélange dans l'eau de dopage. Des dopages, avec la même quantité de ces solvants mais sans micropolluants, ont été réalisés pour vérifier leur absence d'impact dans la conduite des essais : il n'y a pas eu d'impact observés sur les deux ToxMate® amont et aval avec ces deux solvants injectés seuls, leur volume mis en jeu ne représentant que 0,0005% de celui qui traversait la filière pilote.

Les valeurs de dopages ont été fixées :

- ⇒ Supérieures aux concentrations NOEC
- ⇒ A au moins deux fois la valeur de la CE50 de mobilité des daphnies, par manque de données sur les espèces travaillant dans les ToxMate®. C'est-à-dire à au moins deux fois la concentration provoquant l'inhibition de mobilité pour 50% des daphnies pendant 24 h, suivant la Norme NF EN ISO 6341 Car il s'agit des données d'écotoxicologie les plus répandues dans la bibliographie. De plus les organismes pris en compte dans cette norme, les daphnies *Daphnia magna*, sont des micro-crustacées comme les 3 espèces travaillant dans les stations de biosurveillance et d'un niveau trophique proche.
- ⇒ Aux valeurs fixées suivantes :
 - 82 µg/l pour l'ion Cuivre Cu^{2+} ;
 - 708 µg/l pour l'ion Zinc Zn^{2+} ;
 - 27,6, / 16,6 / 8,6 / 4,3 / 2 µg/l pour la molécule cyperméthrine ;
 - 0,2 µg/l pour la molécule benzo(ghi)péрилène

4.2 Dopages et biosurveillance

4.2.1 Organisation des essais en conditions réelles

Les dopages en continu et en condition réelle d'un effluent pour confronter la performance d'un outil de mesure biologique est une opération novatrice et complexe. Ces opérations ont demandé une forte logistique pour s'assurer du bon fonctionnement hydraulique de l'installation, les temps de séjour, les dopages en ligne et en continu et les prélèvements associés pour les analyses en laboratoire. Avant chaque opération de dopage, une vérification d'absence de détection, due à une dégradation de la qualité en eau, était effectuée. Afin de réduire les chances d'une arrivée de pollution en simultanée des dopages, les essais ont été effectués à plusieurs reprises.

Date du dopage	Élément testé	EC50 (µg/L) élément test	Taux de traitement théorique pour dopage (µg/L)	Concentration solution dopage (g/L) (théorique)
12-nov-20	Cuivre Cu ²⁺	41	82	0,220
17-nov-20	Zinc Zn ²⁺	354	708	3,162
24-nov-20	Cuivre Cu ²⁺	41	82	0,080
01-déc-20	Zinc Zn ²⁺	354	708	1,150
14-janv-21	Cyperméthrine	4,29	27,6	0,01024
21-janv-21	Cyperméthrine	4,29	16,6	0,00616
01-févr-21	Cyperméthrine	4,29	8,6	0,00318
04-févr-21	Cyperméthrine	4,29	8,6	0,00318
15-févr-21	Cyperméthrine	4,29	4,3	0,00160
18-févr-21	Benzo(ghi)perylène	0,2	1,0	0,00037
22-févr-21	Benzo(ghi)perylène	0,2	0,7	0,00024
25-févr-21	Cyperméthrine	4,29	2,0	0,00074
01-mars-21	éthanol		10 888,0	3,945
04-mars-21	méthanol		10 890,0	3,960

Tableau 16: Planning des dopages

4.2.2 Exemple de la détection de la Cyperméthrine

Les graphiques suivants représentent les réponses pour chaque espèce des ToxMate® en entrée et en sortie du CarboPlusμG® durant une phase de dopage à la Cyperméthrine :

- Les sondes biologiques en entrée du CarboPlusμG® détectent toutes ce micropolluant.
- Les sondes biologiques Radix les détectent de 12h à 13h30.
- Les sondes biologiques Erpobdella ont détecté l'arrivée de la Cyperméthrine de 11h56 à 13h20.
- Les sondes biologiques Gammarus ont été les plus sensibles avec une détection à partir de 11h52 jusqu'à 12h50. Il est important de noter que l'arrêt de détection de la part des Gammarus provient d'une mortalité totale des organismes.
- Parmi les trois sondes biologiques placées en sortie du CarboPlusμG® ToxMate, seule les Gammarus détecte une présence anormale de micropolluant. La dégradation est mesurée de 12h25 à 13h19. Il est observé une détection d'une intensité moindre et il n'y a aucune mortalité observée.

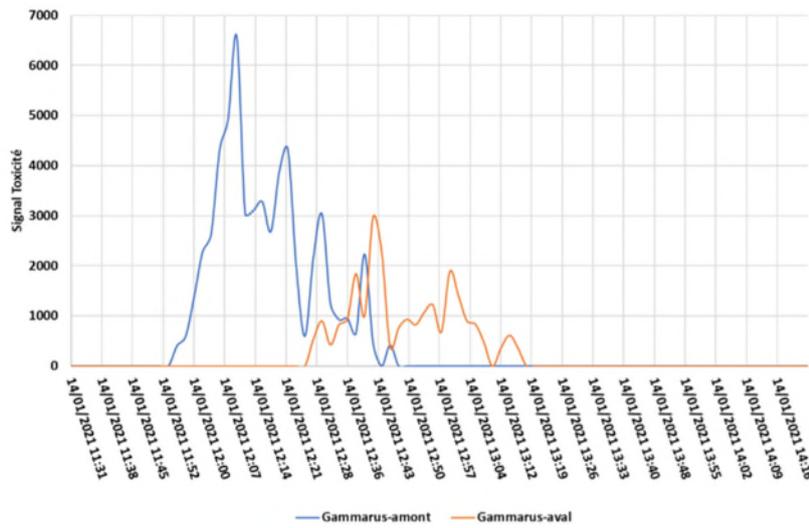
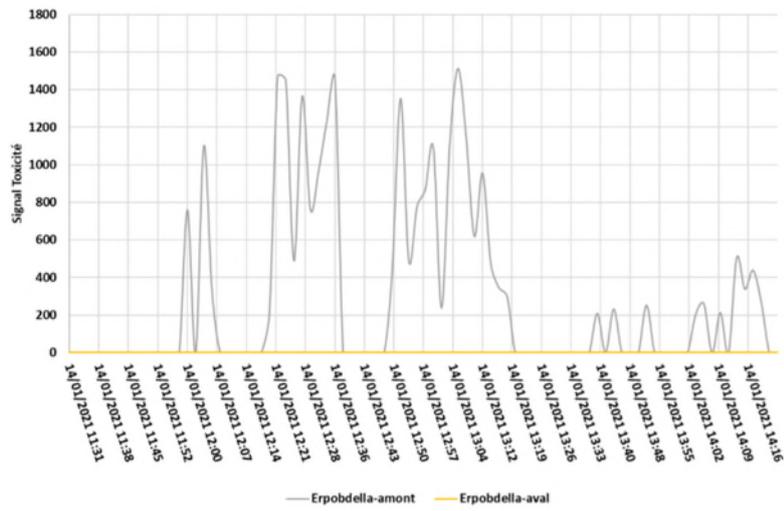
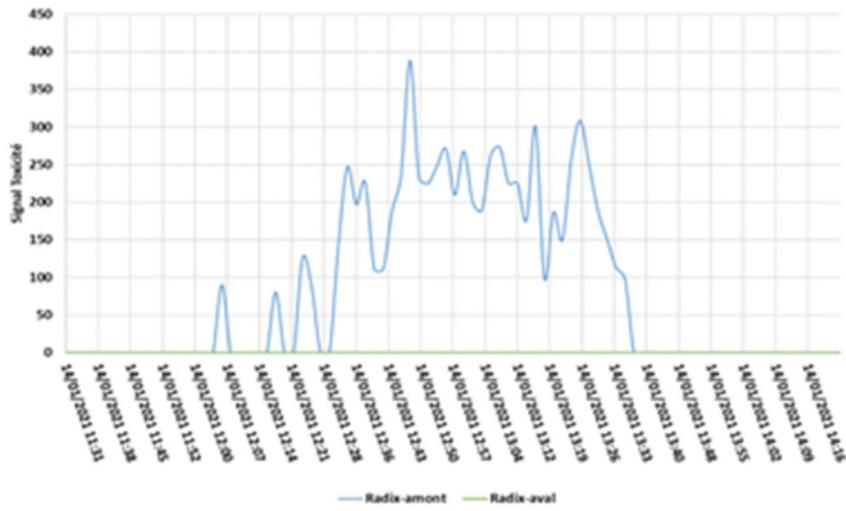


Figure 16: Exemple de réponse de dopages à la Cyperméthrine, sur les 3 sondes biologiques

4.2.3 Synthèse des dopages

Pour faciliter la lecture des résultats, le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble des détections pour chacune des espèces lors des dopages sur le site.

Contaminant chimique	Concentration (µg/l)	ToxMate Amont			ToxMate Aval		
		Radix	Erpobdella	Gammarus	Radix	Erpobdella	Gammarus
Cu²⁺	82	+	0	+	+	0	+
Cu²⁺	82	+	0	+	0	0	+
Zn²⁺	708	0	+	+	+	0	+
Zn²⁺	708	0	+	+	+	0	+
Cyperméthrine	27,6	+	+	+	0	0	+
Cyperméthrine	16,6	+	+	+	0	0	+
Cyperméthrine	8,6	+	+	+	+	+	+
Cyperméthrine	8,6	+	+	+	+	0	0
Cyperméthrine	4,3	+	0	+	0	0	+
Cyperméthrine	2	+	0	+	0	0	0
Benzo(ghi)pérylène	0,2	+	0	+	0	0	0
éthanol	<0,01	0	0	0	0	0	0
méthanol	<0,01	0	0	0	0	0	0

Cette synthèse, qui ne s'appuie que sur la détection d'une montée en charge des micropolluants, montre les points importants suivants :

1- La station permet de déceler rapidement une pollution aux micropolluants étudiés. Pour le ToxMate placé avant la filière de charbon actif, l'ensemble des dopages a pu être mis en évidence par une ou plusieurs espèces.

2- L'ensemble des détections dans ses essais a été observé par les sondes biologiques Gammarus.

3- Il est observé une diminution du nombre d'espèces ayant détecté la présence de micropolluants après le pilote de CarboPlus (26 détections pour le ToxMate en entrée contre 14 pour le ToxMate en sortie). Ces détections sont autant moins présentes avec des concentrations faibles, et donc plus réalistes, montrant l'efficacité de l'effet barrière de ce type de charbon actif. Il est également important de noter que les détections en sortie de pilote sont moindres en terme d'intensité (gravité et durée) qu'en entrée de pilote.

4- Les appareils de mesure classique n'ont rien détecté d'anormal

5- Les niveaux de détection du ToxMate sont suffisamment bas, en terme de concentration, pour vérifier de l'efficacité d'un traitement de micropolluants.

4.3 Autres résultats

En dehors des résultats propres aux stations de biosurveillance, des analyses ont été réalisées en parallèle des opérations de dopages, afin de vérifier les concentrations avant et après les dopages (mesures des micropolluants utilisés lors dopage, dans les eaux). Cette opération est nécessaire pour vérifier les bonnes teneurs en micropolluants réellement présents dans les eaux. En effet, malgré un matériel performant et des produits bruts de dopage de qualité, une perte de charge de contaminants est inévitable même si l'on travaille sur un ajout de micropolluants en continu. Ces derniers peuvent s'adsorber sur les surfaces des matériaux utilisés pour les essais (pompe, tuyau, etc.). Il s'agit ici de concentrations très faibles, de l'ordre du microgramme, ce facteur doit être vérifié pour assurer de la validité du test.

En complément des mesures de concentrations des substances ajoutées, des tests d'écotoxicologie en laboratoire, normalisés (Test Equitox Daphnies et Microtox Bactéries) ou non (Test PE cellules humaines) ont été effectués.

4.3.1 Mesures chimiques

Les mesures chimiques ont bénéficié d'un prélèvement moyen automatique (« prélèvements « Auto ») à l'aide de préleveurs automatiques réglés sur une fréquence et un volume de prélèvement fixes, mais également de prélèvements manuels assurés par un opérateur, en amont et en aval du pilote, à fréquence et volume fixe. Le mélange des prélèvements manuels a alors constitué le prélèvement moyen manuel (« prélèvements « Manuel »).

Bruit de fond

Les dopages en cuivre et zinc ont pris compte du bruit de fond de ces éléments dans l'eau à traiter non dopée pour atteindre les cibles en termes de concentrations, soit de 7 à 9 $\mu\text{g/l}$ de Cu^{2+} et de 30 à 37 $\mu\text{g/l}$ de Zn^{2+} pendant les périodes de dopages, déjà présents dans l'eau à traiter non dopée.

Pour les dopages en pesticide et en HAP, les valeurs observées sont soit inférieures ou très proche de la limite de quantification (LQ = 0,02 $\mu\text{g/l}$ pour la cyperméthrine et 0,005 $\mu\text{g/l}$ pour le benzo(ghi)pénilène) pendant les périodes de dopages, déjà présents dans l'eau à traiter non dopée.

Constats sur les ions métalliques

On constate que les concentrations des prélèvements moyens manuels sont systématiquement plus élevés et plus proches de la quantité cible, c'est-à-dire de la quantité théorique prévisible dans l'eau dopée. Les prélèvements moyens automatiques semblent paradoxalement moins représentatifs.

Les ions métalliques Cu^{2+} et Zn^{2+} ont vraisemblablement une affinité particulière avec les MeS de l'eau, comme le ferait un sel métallique de type coagulant, et ainsi minimiser la teneur vraie en élément cuivre ou zinc, cela même si les analyses réalisées représentent ces éléments dits « totaux », dissous et non dissous avec seulement 15 % d'incertitude sur les mesures. Cela expliquerait l'abattement de ces ions anormalement élevés observés sur le pilote Carboplus μG° pendant les dopages (60 à 95%).

Constats sur les molécules organiques

Comme pour les ions métalliques, on constate que les concentrations en micropolluants organiques des prélèvements moyens manuels sont systématiquement plus élevés, que dans les prélèvements moyens automatiques, néanmoins les concentrations sont du même ordre : au vu de l'incertitude de mesure sur ces mesures (> 50%), les valeurs obtenues se recoupent globalement.

Les concentrations en pesticide cyperméthrine ou benzo(ghi)péрилène analysées dans les prélèvements d'eau à traiter non dopée sont systématiquement plus faible que les cibles de dopage. Cela est vraisemblablement dû aux fractions analysables dans la phase eau moins disponibles que prévus, soit à cause d'une dissolution imparfaite dans l'eau, soit aux conditions de préparation/extraction des analyses en laboratoire, soit les deux. Néanmoins, les dopages réalisés ont permis des réponses suffisamment importantes, explicites et démonstratives de la réactivité des stations de biosurveillance.

Les abattements moyens observés de ces molécules pendant les dopages sont de 67% pour la cyperméthrine et 64% pour le benzo(ghi)péрилène, avec une incertitude très importante sur les résultats analytiques (55 à 60%).

Dopage ($\mu\text{g/l}$)		Ecotox.	Prélèvements Amont		Prélèvements Aval	
Substance	Conc°	EC50	Manuel	Auto	Manuel	Auto
	Dopage	Daphnies	moyen	moyen	moyen	moyen
Cu²⁺	82	41	74	31	15	12
Cu²⁺	82		77	48	17	9

Tableau 17 : Analyses chimiques pendant les dopages cuivre

Dopage ($\mu\text{g/l}$)		Ecotox.	Prélèvements Amont		Prélèvements Aval	
Substance	Conc°	EC50	Manuel	Auto	Manuel	Auto
	Dopage	Daphnies	moyen	moyen	moyen	moyen
Zn²⁺	708	354	640	360	40	29
Zn²⁺	708		513	250	26	26

Tableau 18 : Analyses chimiques pendant les dopages zinc

Dopage ($\mu\text{g/l}$)		Ecotox.	Prélèvements Amont		Prélèvements Aval	
Substance	Conc°	EC50	Manuel	Auto	Manuel	Auto
	Dopage	Daphnies	moyen	moyen	moyen	moyen
Cyperméthrine	27,6	4,29	3,75	0,75	2	0,23
Cyperméthrine	16,6		1,81	1,16	0,47	0,34
Cyperméthrine	8,6		2,21	1,78	0,74	0,42
Cyperméthrine	8,6		0,34	0,16	0,11	0,04
Cyperméthrine	4,3		1	0,9	0,56	0,21
Cyperméthrine	2		0,17	0,14	0,07	0,14

Tableau 19 : Analyses chimiques pendant les dopages cyperméthrine

Dopage (µg/l)		Prélèvements Amont		Prélèvements Aval		
Substance	Conc°	EC50	Manuel	Auto	Manuel	Auto
	Dopage	Daphnies	moyen	moyen	moyen	moyen
Benzo(ghi)perylène	0,66	0,2	0,216	<LQ ?	0,08	<LQ

Tableau 20 : Analyses chimiques pendant les dopages benzo(ghi)pérylène

4.3.2 Mesures écotoxicologiques en laboratoire

Tests *in vivo* normalisés Daphnies et Microtox

Les tests normalisés (Norme NF EN ISO 6341 et Norme NF EN ISO 11348-3) n'ont montré aucun impact sur chacun des dopages réalisés.

Ces tests n'apparaissent pas suffisamment sensibles pour détecter les concentrations mis en jeu alors qu'elles ont été réglées et mesurées largement au-delà de l'EC50 daphnies.

Tests *in vitro* de perturbation endocrinienne sur cellules humaines

Les tests de perturbation endocrinienne oestrogénique agoniste et antagoniste, *in vitro* sur des cellules humaines, réalisé par le laboratoire TAME WATER montrent un manque de reproductibilité et des incohérences. Ils ne montrent aucune écotoxicité avec les substances de dopage utilisées, même sur la solution mère de dopage en pesticide.

Tableaux de résultats des bioessais en laboratoire

Tous les résultats des bioessais en laboratoires sont résumés dans les 3 tableaux qui suivent.

Dates	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	SOLUTION de DOPAGE	AMONT	AVAL	SOLUTION DOPAGE
Daphnie CE50 24h Inhibition de la mobilité NF EN ISO 6341	AVANT DOPAGE		DOPAGES Cuivre		DOPAGES Zn		DOPAGE Pesticide "Cyperméthrine"			DOPAGE HAP "Benzo(ghi)pérylène"		
17/11/2020	> 90%	> 90%			> 90%	> 90%						
24/11/2020	> 90%	> 90%	> 90%	> 90%								
01/12/2020	> 90%	> 90%			> 90%	> 90%						
14/01/2021	> 90%	> 90%					> 90%	> 90%				
21/01/2021	> 90%	> 90%					> 90%	> 90%				
01/02/2021	> 90%	> 90%					> 90%	> 90%				
04/02/2021	> 90%	> 90%					> 90%	> 90%	0,73 % (PEST = 0,3 mg/l)			
15/02/2021	> 90%	> 90%					> 90%	> 90%	0,23 % (PEST = 0,2 mg/l)			
18/02/2021	> 90%	> 90%								> 90%	> 90%	> 90% (HAP = 0,4 mg/l)
22/02/2021	> 90%	> 90%								> 90%	> 90%	> 90% (HAP = 0,3 mg/l)
25/02/2021	> 90%	> 90%					> 90%	> 90%	7,6 % (PEST = 0,7 mg/l)			

Dates	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	SOLUTION de DOPAGE	AMONT	AVAL	SOLUTION DOPAGE
Teneur en Equitox Inhibition de la mobilité NF EN ISO 6341	AVANT DOPAGE		DOPAGES Cuivre		DOPAGES Zn		DOPAGE Pesticide "Cyperméthrine"			DOPAGE HAP "Benzo(ghi)pérylène"		
17/11/2020	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3			< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3						
24/11/2020	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3								
01/12/2020	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3			< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3						
14/01/2021	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3					< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3				
21/01/2021	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3					< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3				
01/02/2021	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3					< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3				
04/02/2021	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3					< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3	137 (PEST = 0,3 mg/l)			
15/02/2021	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3					< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3	435 (PEST = 0,2 mg/l)			
18/02/2021	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3								< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3 (HAP = 0,4 mg/l)
22/02/2021	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3								< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3 (HAP = 0,3 mg/l)
25/02/2021	< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3					< 1 Eq./ m3	< 1 Eq./ m3	13 (PEST = 0,7 mg/l)			

Tableau 21 : Tests Daphnies EC50 24 h et Equitox

Dates	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	SOLUTION de DOPAGE	AMONT	AVAL	SOLUTION DOPAGE
Microtox CE50 15 min Essai de toxicité NF EN ISO 11348-3	AVANT DOPAGE		DOPAGES Cuivre		DOPAGES Zn		DOPAGE Pesticide "Cyperméthrine"			DOPAGE HAP "Benzo(ghi)pérylène"		
17/11/2020	> 80%	> 80%			> 80%	> 80%						
24/11/2020	> 80%	> 80%	> 80%	> 80%								
01/12/2020	> 80%	> 80%			> 80%	> 80%						
14/01/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%				
21/01/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%				
01/02/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%				
04/02/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%	> 80% (PEST = 0,3 mg/l)			
15/02/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%	> 80% (PEST = 0,3 mg/l)			
18/02/2021	> 80%	> 80%								> 80%	> 80%	> 80% (HAP = 0,4 mg/l)
22/02/2021	> 80%	> 80%								> 80%	> 80%	> 80% (HAP = 0,3 mg/l)
25/02/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%	> 80% (PEST = 0,7 mg/l)			

Dates	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	SOLUTION de DOPAGE	AMONT	AVAL	SOLUTION DOPAGE
Microtox CE50 30 min Essai de toxicité NF EN ISO 11348-3	AVANT DOPAGE		DOPAGES Cuivre		DOPAGES Zn		DOPAGE Pesticide "Cyperméthrine"			DOPAGE HAP "Benzo(ghi)pérylène"		
17/11/2020	> 80%	> 80%			> 80%	> 80%						
24/11/2020	> 80%	> 80%	> 80%	> 80%								
01/12/2020	> 80%	> 80%			> 80%	> 80%						
14/01/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%				
21/01/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%				
01/02/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%				
04/02/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%	> 80% (PEST = 0,3 mg/l)			
15/02/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%	> 80% (PEST = 0,3 mg/l)			
18/02/2021	> 80%	> 80%								> 80%	> 80%	> 80% (HAP = 0,4 mg/l)
22/02/2021	> 80%	> 80%								> 80%	> 80%	> 80% (HAP = 0,3 mg/l)
25/02/2021	> 80%	> 80%					> 80%	> 80%	> 80% (PEST = 0,7 mg/l)			

Tableau 22 : Tests Microtox CE50 15 et 30 min

Dates	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	SOLUTION DOPAGE	AMONT	AVAL
Oesetrogène agoniste	SANS DOPAGE		DOPAGE Cuivre		DOPAGES Zinc		DOPAGE Pesticide "Cyperméthrine"			DOPAGES HAP	
23/10/2020											
05/11/2020											
05/11/2020											
12/11/2020											
12/11/2020											
17/11/2020											
14/01/2021											
21/01/2021											
22/02/2021											
22/02/2021											
25/02/2021											
25/02/2021											

Dates											
Oesetrogène antagoniste											
23/10/2020											
05/11/2020											
05/11/2020											
12/11/2020											
12/11/2020											
17/11/2020											
14/01/2021											
21/01/2021											
22/02/2021											
22/02/2021											
25/02/2021											
25/02/2021											

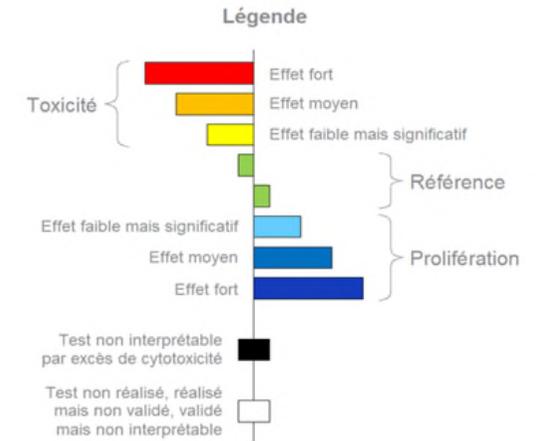


Tableau 23 : Bioessais perturbations endocriniennes

4.4 Transmission des données et pilotage de prélèvements

4.4.1 Transmission du signal en supervision

L'information d'écotoxicité ou de stress écologique du ToxMate® ayant été simplifiée en un seul signal, une chaîne de transmission a été mise en œuvre pour transmettre l'information sur une échelle 0-100% ainsi que deux valeurs de seuils. Le signal d'un ToxMate® installé en sortie de STEU et autre signal de biosurveillance issu d'un capteur NODE® installé en entrée STEU ont été connectés et programmés pour un affichage en supervision. Les valeurs courantes et les évolutions sont consultables en supervision.

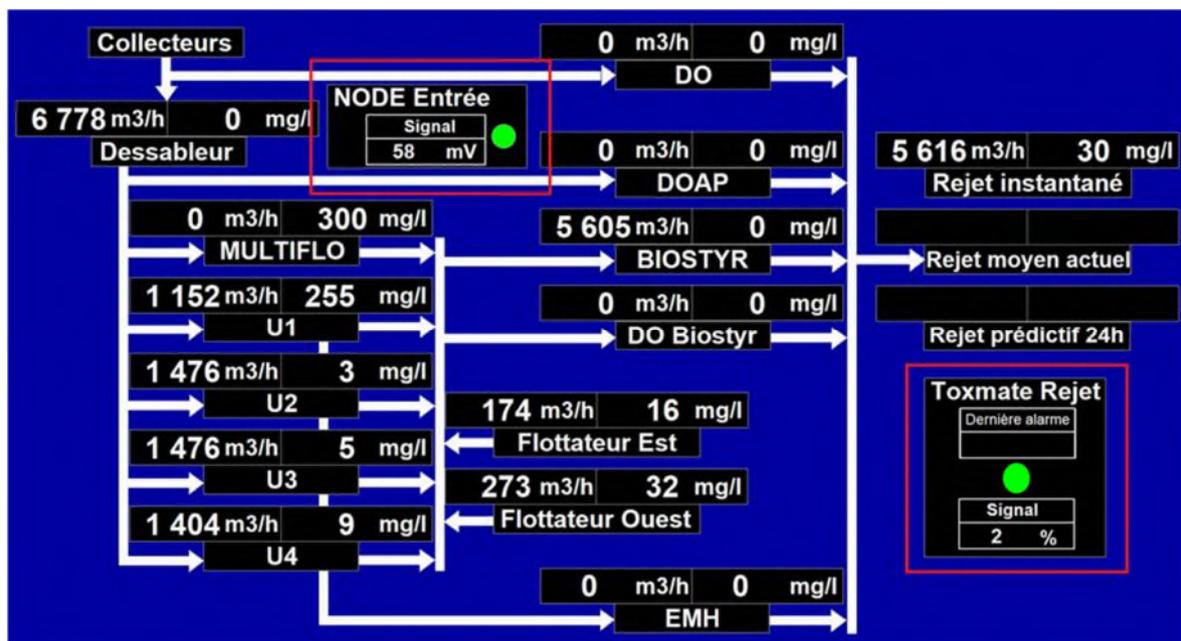


Figure 17: Ecran de supervision capteurs de biosurveillance

4.4.2 Alarme et pilotage

Seuils d'alarmes

Deux seuils d'alarmes configurables au niveau du ToxMate® permettent d'afficher 3 états du signal avec un code couleur très simple et compréhensible par tous.

En dessous du premier seuil, le code couleur est le **VERT** : La situation n'amène pas de stress écologique marqué, elle apparaît comme **NORMALE**.

Au-dessus du premier seuil, le code couleur est l'**ORANGE** : La situation amène à une **VIGILANCE** particulière de l'exploitant sur sa STEU ; un stress écologique est détecté mais reste acceptable. Dans la mesure du possible, il est intéressant d'enquêter sur d'éventuelle dérive ou dysfonctionnement du process de la STEU ou bien sur un changement possible de la qualité de l'eau en entrée STEU, ou idéalement sur les deux.

Au-dessus du second seuil, le code couleur est le **ROUGE** : Il n'y alors plus de doute possible, l'effluent analysé provoque un stress écologique marqué. L'**ÉVÈNEMENT ECOTOXIQUE** est à prendre en compte ; il peut être provoqué par une dérive ou dysfonctionnement du process de la STEU ou bien un changement de la qualité de l'eau en entrée STEU que les autres capteurs ou analyses de routine ne peuvent vraisemblablement pas détecter, ou bien les deux. Une enquête est recommandée pour comprendre ce stress.

Signal < seuil 1 Situation NORMALE	Seuil 1 ≤ Signal < seuil 2 Situation de VIGILANCE	Signal ≥ seuil 2 Événement ECOTOXIQUE
		

Figure 18: Situations de biosurveillance

Protocole de prélèvement

Afin de tenter de comprendre l'origine d'un stress écologique, un protocole de prélèvement et d'analyses a été mis en place. L'objectif de ces prélèvements est d'identifier la ou les molécules responsables des stress, grâce à un domaine analytique le plus élargi possible sur un volume d'eau prélevé compatible avec les contraintes d'exploitation encadrée par la législation du travail dans le domaine du port de charge occasionnel.

Un protocole est déclenché lorsque le seuil 2 **ROUGE** est atteint sous certaines conditions. Ces conditions sont programmables au-niveau du ToxMate® en termes de nombre de pics détectés (ex. 2,3,4) en un temps défini (ex. 10,20, 30 minutes)

Sur un seuil haut de signal écotoxique, un prélèvement rapide automatique de 30 minutes est assuré par une pompe péristaltique équipée de tuyau de qualité alimentaire en Marprène®. Cette dernière assure le remplissage d'un unique flacon en verre de 10 litres qui se trouve sous réfrigération régulée à $3 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Le volume d'eau est prélevé depuis le bac de conditionnement du ToxMate®. Ainsi l'eau prélevée est exactement celle que voit les trois populations d'organismes mises en jeu dans la station.

En supervision, l'information d'une détection d'événement écotoxique est maintenue à l'écran tant qu'une remise en état de la chaîne de prélèvement (tuyau et flacon) n'est pas remis en état pour la détection de l'événement suivant. Une remise à zéro sur le site de prélèvement est envoyée à la supervision lorsque la filière de prélèvement est à nouveau prête, comme indiqué à la Figure 19: Détection d'un événement écotoxique et remise à zéro. Ce système a été mis en place pour éviter de provoquer deux ou plusieurs prélèvements à la suite dans un seul volume. Le prélèvement effectué n'est donc représentatif que de la première alarme après une remise à zéro.

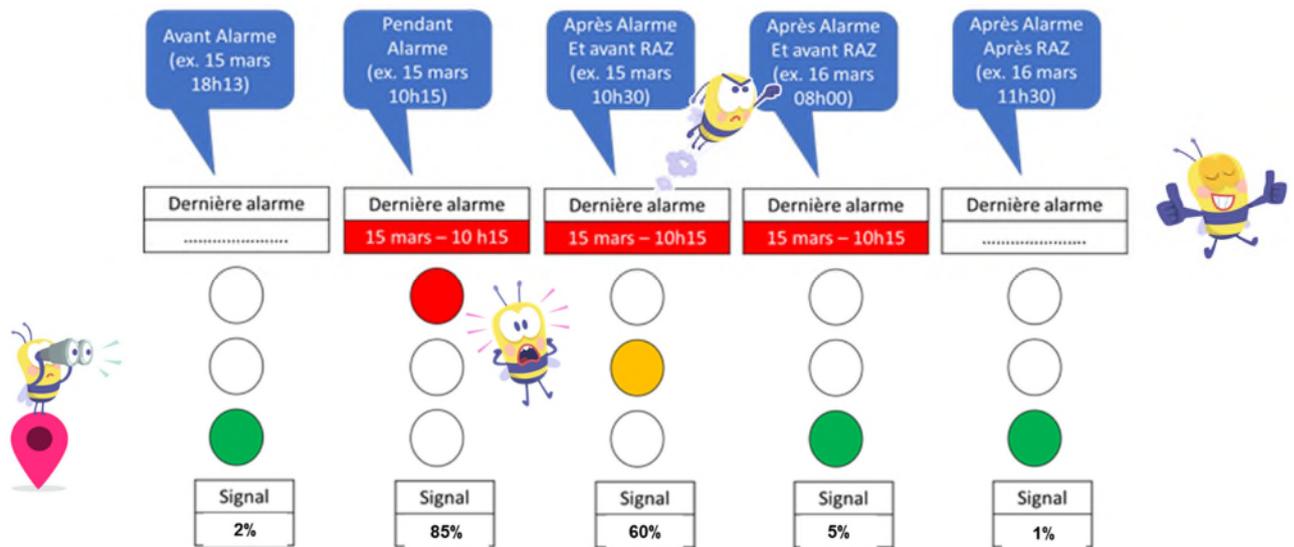


Figure 19: Détection d'un événement écotoxique et remise à zéro

A partir du flacon de prélèvement en verre rempli pendant une pollution, un fractionnement du volume prélevé (< 10 l) est mélangé et fractionné dans des contenants plus petits, à l'aide de matériels propres en téflon. Le remplissage des flacons se réalise par siphonnage, depuis le flacon de prélèvement jusque dans chacun des flacons envoyés en laboratoire pour analyse, dans les conditions de transport préconisées par les laboratoires d'analyse.

4.5 Détections des pollutions chimiques

4.5.1 Sélection des analyses

Compte-tenu de la limitation imposée à 12 kg pour le flacon réfrigéré (i.e : norme pour le port de charge occasionnel au travail = 12 k maximum pour une femme de 45 ans ou plus).et de son poids à vide de presque 4 kg, le volume d'eau prélevé a été volontairement limité à 8 litres (i.e : 8 kg).

Ce volume limite donc les possibilités d'analyses en laboratoire. Une sélection des familles chimiques a été opérée et les raisons des choix sont indiquées dans les tableaux suivants

- Tableau 24: Choix sur les éléments Inorganiques et Organoétains
- Tableau 25: Choix sur les éléments organiques Nitrosamines, Hydrocarbures et MTBE
- Tableau 26: Choix sur les Biocides et les solvants organiques
- Tableau 26: Choix sur les Biocides et les solvants organiques
- Tableau 27: Choix sur les PCB, Dioxines, Furanes, PBB, PBDE, et HBCDD
- Tableau 28: Choix sur les Perfluorés, Chloroalcanes, Chlorophénols, Aniline et chloroanilines
- Tableau 29: Choix sur les Détergents, Plastifiants et Médicaments
- Tableau 30: Choix sur les pesticides (1/2)
- Tableau 31: : Choix sur les pesticides (2/2)

GRANDE FAMILLE	FAMILLE	CHOIX FINAL	RAISONS DU CHOIX	RAISONS DU NON CHOIX
Métaux	Métaux Al, Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mo, Ni, P, Pb, Zn, Ti	Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti, Zn	Toxicité avérée si élément biodisponible. Suivi RSDE 3 = As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Ti, Zn SDP = Cd, Hg SP = Ni, Pb PSEE= Cr, Cu, Zn Déclassement de masses d'eau par les agences de l'eau Dopages à Saint-Fons étude 2021 = Cu et Zn	Abattements élevés en STEU pour Al, Cu, Cr, Fe, Hg ou Pb
Métalloïdes	Métalloïdes As, B, Ge, Sb, Se, Si, Te, Po	As et Sb	Toxicité avérée si élément biodisponible. Suivi RSDE 3 = As PSEE = As	
Ions inorganiques autres	Perchlorates ClO4	Non sélectionné	Inhibiteurs de synthèse hormonale	Présence peu probable en sortie STEP urbaine Plutôt en rejets industriel ou en sources diffuses Peu toxique pour les microcrustacés, coquillages et poissons
Organométalliques	Organoétains	Non sélectionné	CE50 eau douce Crustacés TBT = 0,03 µg/l RSDE 3: 4 Organoétains= Tributyl (TBT), Monoéthyl (MBT), Dibutyl (DBT), Triéthyl (TPT) SDP = TBT PE avéré = TBT	CE50 eau douce crustacés très élevées pour DBT = 317 µg/l, MBT = 20 000 µg/l, TPT = 11 µg/l Trop peu de volume disponible sur cette étude pour les analyses Présence peu probable en sortie STEU: peu solubles, lipophiles et très forte affinité avec les MeS

Tableau 24: Choix sur les éléments Inorganiques et Organoétains

GRANDE FAMILLE	FAMILLE	CHOIX FINAL	RAISONS DU CHOIX	RAISONS DU NON CHOIX
Composés organiques nitrosés	Nitrosamines dont NDMA, NDEA, NDPA, NDBA, NMOR, NPIP, NDPhA (*)	Non sélectionné		Peu toxiques; Bioconcentration nulle ou faible Forte volatilité Trop peu de volume disponible sur cette étude pour les analyses
Hydrocarbures	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques légers (juqu'à 3 cycles) à lourds	17 HAP dont la liste RSDE	Toxicité aigüe forte sur les microcrustacés et/ou invertébrés benthiques avec anthracène, benzo(a)anthracène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(ghi)perylène et fluoranthène CE50 microcrustacés et/ou invertébrés benthiques souvent inférieur au µg/l. Idem NOEC invertébrés. Biodégradabilités faibles et persistances dans l'environnement élevées; Déclassement de masses d'eau par agences de l'eau RSDE 3 = 8 HAP = Anthracène, Benzo(a)pyrène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(ghi)perylène, Fluoranthène, Indéno (1,2,3 cd) pyrène, Naphtalène SP = Fluoranthène et Naphtalène; SDP = les autres molécules de la liste RSDE 3 PE avéré = Benzo(a)pyrène Chrysène et benzo(a)anthracène faiblement abattus par une STEU alors qu'ils sont fortement hydrophobes, abattement moyens pour d'autres en BAE (40-60%) Suspect pollution 07 Fev 2020 à Saint-Fons; Dopages en Benzo(ghi)perylène à Saint-Fons étude 2021	Adsorption forte sur les MeS HAPs habituellement bien éliminés par une STEU (> 80%)
	Indices hydrocarbures Indices hydrocarbures (IH C10-C40), Indice hydrocarbure volatil (IHV), Hydrocarbures totaux (HT)	IH C10-C40 IHV HT	Indices supplémentaires sur la présence d'hydrocarbures	
Méthyl Tert Butyl Ether	MTBE (Méthyl Tert Butyl Ether)	Non sélectionné	Additif de carburant	Peu toxique pour les organismes aquatiques Forte volatilité Trop peu de volume disponible sur cette étude pour les analyses

Tableau 25: Choix sur les éléments organiques Nitrosamines, Hydrocarbures et MTBE

(*) : NDMA = N-nitrosodiméthylamine; NDEA = N-nitrosodiéthylamine; NDPA = N-nitrosodipropylamine ; NDBA = N-nitrosodibutylamine; NMOR = N-nitrosomorpholine; NPIP = N-nitrosopipéridine; NDPhA = N-nitrosodiphénylamine

GRANDE FAMILLE	FAMILLE	CHOIX FINAL	RAISONS DU CHOIX	RAISONS DU NON CHOIX
Biocides	Parabènes	Méthyl et buthyl parabène	PNEC eau douce = quelques µg/l	Faible toxicité aiguë ou chronique chez les crustacés; CE50 daphnies de 5 à 20 mg/l Faible bioconcentration Biodégradabilité et volatilité fortes
	Triclosan	Triclosan	Toxicité aiguë moyenne et toxicité chronique forte chez les crustacés En STEU = méthyl-triclosan = toxique pour les organismes aquatiques et persistance sous cette forme	CE50 microcrustacés et/ou invertébrés benthiques = 130 µg/l Très forte affinité avec les MeS; molécule hydrophobe; bon rendement épuratoire en STEU
	Isothiazolinones	Non sélectionné	Toxicité forte pour les crustacés Biodégradabilité faible et persistance moyenne Forte solubilité dans l'eau	CE50 Daphnies du BIT (benzisothiazolinone) = 97 µg/l Analyse en labo pas ou peu accessible Trop peu de volume disponible sur cette étude pour les analyses
	Formaldéhyde (Formol)	Non sélectionné		CE50 daphnies très forte = 5,5 mg/l Biodégradabilité forte Bioconcentration et Bioaccumulation négligeable Demi-vie dans l'environnement = 1 semaine dans l'eau ou l'air Trop peu de volume disponible sur cette étude pour les analyses
Solvants benzéniques	Solvants benzéniques (HAP benzéniques)	4 BTEX (*) + >20 autres	Toxiques pour l'environnement PE avérés; Hexachloroenzène, Pentachlorobenzène RSDE 3: BTEX Benzène; Ethylbenzène; Toluène; Xylène SP: Benzène SDP: Hexachloroenzène, Pentachlorobenzène PSEE: Toluène et Xylène	Toxicité moyenne: CE50 Daphnies ou microcrustacés et/ou invertébrés benthiques > plusieurs mg/l Faible potentiel de bioaccumulation Rapidement dégradables; Volatilité importante VS méthode de prélèvement de l'étude
Solvants chlorés	Solvants chlorés aliphatiques (COHV ou COV)	28 COV dont la liste RSDE	RSDE 3: 7 COHV = Chloroforme (TCM); Dichloréthane-1-2, (DCE), Dichlorométhane (DCM), Hexachlorobutadiène (HCBu), Trichloréthylène (TCE), Tétrachloroéthylène (TTCE), Tétrachlorure de carbone (CCl4) SP = TCM, DCE, DCM SDP = HCBu, TTCE, CCl4, TCE Certains peuvent se retrouver en sortie STEU Volume d'échantillonnage très faible	Toxicité aiguë faible; CE50 Daphnies > plusieurs dizaines ou centaines mg/l Volatilité importante VS méthode de prélèvement de l'étude
Solvants autres	Phosphate de tributyl	Phosphate de tributyl	RSDE 3, PSEE: Phosphate de tributyl Ignifugeant, extracteur de métaux de terre rare, etc	CE 50 daphnies 24 h = 4 à 35 mg/l CE 50 gammarés 96 h = 1,7 mg/l

Tableau 26: Choix sur les Biocides et les solvants organiques

(*) BTEX = abréviation de 4 HAP benzéniques : Benzène + Toluène + Éthylbenzène + Xylènes ; COV ou COHV= composés organiques halogénés volatils

GRANDE FAMILLE	FAMILLE	CHOIX FINAL	RAISONS DU CHOIX	RAISONS DU NON CHOIX
PCBs, dioxines & furanes	PCB (Polychlorobiphényle)	19 PCB dont la liste RSDE	Bioaccumulation; Bioamplification; Difficilement biodégradables Toxicité aigüe crustacés avérée surtout pour les PCB DL ou "Dioxin Like" (= proche des dioxines); CE50 crustacés (Arachlor 1254) = 3 µg/l PNEC parfois très faibles Déclassement de masses d'eau par les agences de l'eau RSDE: 7 PCB DL = 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 SDP: PCB 28, 101, 118, 138, 153, 180 PE avérés: = PCB 28, 52, 118, 138, 153, 180	Très forte affinité avec les MeS ou lipides PCBs habituellement bien éliminés (>80%) par une STEU
	Dioxines PCDD (PolyChloro Dibenzo Dioxine)	7 PCDD de la liste RSDE	Bioaccumulation; Difficilement biodégradables PE Toxicité chronique daphnies très importante RSDE, SDP: 7 PCDD = 2,3,7,8-TeCDD; 1,2,3,7,8-PeCDD; 1,2,3,4,7,8-HxCDD; 1,2,3,6,7,8-HxCDD; 1,2,3,7,8,9-HxCDD; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD; OcCDD	Très forte affinité avec les MeS
	Furanes PCDF (PolyChloro Dibenzo Furane)	10 PCDF de la liste RSDE	Bioaccumulation; Difficilement biodégradables PE Pas ou peu de données d'écotoxicité RSDE, SDP: 10 PCDF = 2,3,7,8-TeCDF; 1,2,3,7,8-PeCDF; 2,3,4,7,8-PeCDF; 1,2,3,4,7,8-HxCDF; 1,2,3,6,7,8-HxCDF; 2,3,4,6,7,8-HxCDF; 1,2,3,7,8,9-HxCDF; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF; OcCDF	Très forte affinité avec les MeS
Diphényles polybromés	PBB (PolyBromoBiphényles)	Non sélectionné	Persistence forte dans l'environnement; faible biodégradabilité Retardateurs de flamme bromés	Très forte affinité avec MeS Seuils d'écotoxicité très élevés (CE50 Daphnies > plusieurs dizaine mg/l); Peu ou pas de production de PBB dans le monde, et plus en France depuis 2000. Trop peu de volume disponible sur cette étude pour les analyses
	PBDE (PolyBromoDiphénylEthers)	14 PBDE dont la liste RSDE	Forte toxicité aigüe; CE50 daphnies = 14-17 µg/l PNEC eau douce très faible = 0,05 µg/l Bioaccumulation Retardateurs de flamme bromés RSDE: 8 PBDE = 28, 47, 99, 100, 1153, 154, 183, 209 SDP: 6 PBDE = 28, 47, 99, 100, 1153, 154 PSEE: 2 PBDE = 183, 209	Très forte affinité avec les MeS PBDEs habituellement bien éliminés (> 80%) par une STEU
	HBCDDs (HexaBromoCycloDoDécane)	HBCDDs α, β, γ, et somme	Toxicité aigüe = pas de données; Toxicité chronique très forte Bioaccumulation; très forte persistance dans l'environnement PNEC eau douce faible = 0,3 µg/l Retardateurs de flamme bromés RSDE, SP: Somme de 3 HBCDDs = alpha + bêta + gamma	

Tableau 27: Choix sur les PCB, Dioxines, Furanes, PBB, PBDE, et HBCDD

GRANDE FAMILLE	FAMILLE	CHOIX FINAL	RAISONS DU CHOIX	RAISONS DU NON CHOIX
Perfluorés	Perfluorés Dont PFOS et PFOA (*)	Non sélectionné	Bioaccumulation; Bioamplification; Persistance dans l'environnement PNEC eau douce = 0,23 µg/l PFOS << 30 µg/l PFOA Assez peu éliminés par les STEU RSDE, SDP: PFOS	PFOS Très forte affinité avec les MeS et moyenne pour PFOA PFOS et PFOA : Toxicité plutôt chronique; Faible toxicité aiguë; CE50 Daphnies ou crustacés = plusieurs mg/l à > 1000 mg/l Trop peu de volume disponible sur cette étude pour les analyses
Autres organochlorés	Chloroalcane (C10-C13)	Somme des C10-C13 à 55% de chlore	Forte toxicité; CE50 Daphnie = 0,5 mg/l PNEC eau douce 0,5 µg/l Fortes Bioaccumulation et Bioamplification PE avérés RSDE, SDP: Somme des C10-C13	Abattements élevés en STEU
	Chlorophénols	20 Chlorophénols dont le PCP	CE50 Daphnie et crustacés <= 0,1 mg/l pour PentaChloPhénol (PCP) PNEC eau douce 0,35 µg/l pour PCP PE avéré : PCP RSDE, SDP, POP (**): PCP	
	Aniline et Chloroanilines	10 dont Aniline et 4-Chloroaniline	Toxicité importante pour daphnies et crustacés CE50 Crustacés 50 µg/l pour Aniline et 4-Chloroaniline	Faible bioaccumulation Facilement dégradables; Persistance faible dans l'eau Volatilité importante

Tableau 28: Choix sur les Perfluorés, Chloroalcane, Chlorophénols, Aniline et chloroanilines

(*) PFOS: acide PerFluoroOctaneSulfonique ; PFOA: Acide PerFluoroOctanoïque

(**) POP: Polluant Organique Persistant

GRANDE FAMILLE	FAMILLE	CHOIX FINAL	RAISONS DU CHOIX	RAISONS DU NON CHOIX
Détergents et plastifiants	Alkylphénols (AP) NonylPhénols (NP), OctylPhénols (OP) AlkylPhénols PolyEthOxylés (APEO). Ex. 4-NOP ou 4-TOP	4 NP + 4 OP dont la liste RSDE	Toxicité aiguë et chronique sur les microcrustacés; CE50 microcrustacés et/ou invertébrés benthiques <= 0,02 mg/l; PNEC eau douce <= 0,3 µg/l; NQE_MA eau douce = 0,1 à 0,3 µg/l Bioaccumulation faible dans les crevettes Biodégradabilité faible PE identifié: NP NOP mal abattus par la STEU si traitement secondaire défaillant; certains alkylphénols peuvent être produits en bassins d'aération RSDE: 6 Alkylphénols C8 et C9 AP (*) = OP2EO, OP1EO, NP2EO, NP1EO, 4-NOP ramifiés, 4-Ter-Octylphénol SDP: Nonylphénols (NP) dont 4-nonylphénols (4-NOP) SP: Octylphénols (OP) dont 4-tert-octylphénol (4-TOP)	
	Phtalates dont le DEHP (ou DOP)	4 dont le DEHP	Pas ou peu de données sur l'écotoxicité des organismes aquatiques; ; fortes bioconcentration dans les moules et amphipodes Biodégradabilité faible du Di-2-EthylHexyle Phtalate (DEHP) PE suspectés RSD, SDP : DEHP	DEHP non bioamplifié Adsorption sur les MeS pour les hauts poids moléculaires comme le DEHP (très hydrophobe) Biais sur les mesures si filière non "plastic free" Très bien abattus par les STEU (>80%)
	Bisphénol A, S ou F	Bisphénols A, S et F	BisPhénol A (BPA): Toxicité aiguë faible, chronique moyenne PNEC BPA = 1,5 µg/l PE: BPA	CE50 daphnies 48h = 7,75 mg/l; CE50 48h crevettes mysidiacées 1,1 mg/l NOEC Daphnies 21 j repro = 3,1 mg/l Adsorption sur les MeS Biodégradabilité forte; Faiblement persistant Modérément bioaccumulable
Les produits pharmaceutiques	Médicaments, drogues et métabolites	> 500	Pas ou très peu de données d'écotoxicologie Beaucoup traversent les STEU: broncho-dilatateurs, bêtabloquants, anti-inflammatoires, certains antibiotiques: Ex Ibuprofène, sulfataméthoxazole, carbamazépine, érythromicine, hormones Beaucoup sont peu biodégradables: Ex. Acétaminophène, sulatothoxazole, 17-a-ethinylestradiol, etc	Molécules très diversifiées et concentrations mises en jeu très faibles

Tableau 29: Choix sur les Détergents, Plastifiants et Médicaments

(*) : OP2EO = 4-(1,1,3,3-tetraméthylbutyl)phenol diéthoxylate Alkylphénols ; OP1EO = 4-(1,1,3,3-tetraméthylbutyl)phenol monoéthoxylate Alkylphénols ; NP2EO= 4-nonylphenol diéthoxylate (mélange d'isomères) Alkylphénols ; NP1EO = 4-nonylphenol monoéthoxylate (mélange d'isomères)

GRANDE FAMILLE	FAMILLE	CHOIX FINAL	RAISONS DU CHOIX	RAISONS DU NON CHOIX
Produits phytosanitaires ou "Pesticides"	Glyphosate et AMPA (*)	Glyphosate et AMPA	Peu toxique pour les microcrustacés Faible abattement en STEU et rendement négatif de l'AMPA RSDE, PSEE: AMPA et Glyphosate;	Fortes CE50 microcrustacés et/ou invertébrés benthiques : 20,8mg/l (glyphosate) et 690mg/l AMPA PNEC eau douce = 28 µg/l Adsorption sur les MeS forte
	Néonicotinoïde comme l'imidaclopride	5 dont imidaclopride	Imidaclopride: Forte toxicité aiguë et chronique, crustacée et insectes pollinisateurs Imidaclopride: CE50 chironome = 3µg/l; NOEC chironome = 2µg/l Biodégradabilité très faible PE: mamifères RSDE: Imidachlopride	Adsorption sur les MeS forte
	Phénylpyrazolés comme le fipronil	Pyraflufène et Fipronil	Fipronil: Forte toxicité crustacé; CE50 crustacé = 0,1 à 11 µg/l; Fipronil: NOEC chironome 21j = 0,1 µg/l; PNEC chironome = 0,1 µg/l Biodégradabilité très faible PE: Fipronil = suspecté	Adsorption sur les MeS forte; Peu soluble dans l'eau
	Carboxamide comme le boscalid	8 dont boscalid	Très peu bioaccumulable mais toxique pour les organismes aquatiques Boscalid: PNEC daphnies = 11,6 µg/l Persistance dans l'environnement RSDE, PSEE: Boscalid	Boscalid: CE 50 Daphnies = 4,7 mg/l; NOEC daphnies = 0,8 à 1,5 mg/l Adsorption sur les MeS forte; Peu soluble dans l'eau;
	Pyréthrinoïdes comme la cyperméthrine	15 dont cyperméthrine	Très toxique pour les organismes aquatiques CE50 daphnies généralement < 1 µg/l; CE50 gammares Deltaméthrine = 0,0003 µg/l; CE50 invertébrés Cyperméthrine = 0,0013 µg/l NOEC Daphnies généralement < 0,01 µg/l; PNEC eau douce Daphnies généralement < < 0,1 µg/l RSDE, SP: Cyperméthrine	Adsorption sur les MeS forte
	Pesticides organo-azotés Triazines, dont atrazine, simazine, DEA, DIA	> 30	Toxicité aiguë moyenne de la simazine pour les microcrustacés et/ou invertébrés benthiques; Toxicité chronique pour l'atrazine et simazine; PNEC eau douce 0,6 et 1 µg/l pour atrazine et simazine; Persistance dans l'environnement Faible abattement en STEU de l'atrazine et simazine Fréquence élevée de quantification dans les cours d'eau et élevée en sortie STEP Fréquence élevée de quantification Déséthylatrazine (DEA) en cours d'eau RSDE, SP, PE avéré : terbutryne	Bioconcentration faible dans les microcrustacés et/ou invertébrés benthiques EC50 daphnies = 6,9 mg/l atrazine, 1 mg/l simazine NOEC 5 et 36 µg/l Fréquence élevée de quantification dans les cours d'eau et élevée en sortie STEP

Tableau 30: Choix sur les pesticides (1/2)

(*) Glyphosate (acide avec phosphonate); AMPA (acide aminométhylphosphonique = produit de dégradation du glyphosate ou autres phosphonates)

GRANDE FAMILLE	FAMILLE	CHOIX FINAL	RAISONS DU CHOIX	RAISONS DU NON CHOIX
Produits phytosanitaires ou "Pesticides"	Urées substituées dont diuron, isotroturon, chlortoluron, nicosulfuron	> 80	Microcrustacés et/ou invertébrés benthiques: Toxicité moyenne aiguë de l'isotropuron; toxicité chronique forte du diuron et isotroturon Persistence dans l'environnement Faible abattement du diuron et isotroturon en STEU RSDE : Diuron, Chlortoluron, Isotropuron, Nicosulfuron SP : Diuron, Isotropuron, PSEE : Chlortoluron, Nicosulfuron	CE50 Daphnies = 0,5 à 90 mg/l NOEC 64 µg à 5 mg/l Flux polluants des cours d'eau importants Fréquence élevée de quantification dans les cours d'eau et élevée en sortie STEP
	Organophosphorés dont chlorfenvinphos, chlorpyriphos-éthyl, dichlorvos, oxydemeton-méthyl, malathion parathion éthyl ou méthyl	> 70	Forte toxicité aiguë pour les pesticides listés chez les microcrustacés et/ou invertébrés benthiques CE50 daphnies ou crevettes souvent < 0,1 ou 0, 01 µg/l très variables en fonction des pesticides Bioconcentration Idem NOEC Daphnies, crevettes ou microcrustacés et/ou invertébrés benthiques PNEC eau douce: 10 ⁻¹ à 10 ⁻⁵ µg/l	
	Organochlorés dont endosulfan alpha et bêta, hexachlorocyclo hexane gamma ou lindane, dichlorodiphényltrichloroéthane ou DDT op' et pp', hexachlobenzène ou HCB , dicofol, heptachlore	> 30	Toxicité forte sur les microcrustacés et/ou invertébrés benthiques; Endosulfan: CE50 gammares 96h = 5,8 µg/l; CE50 crevettes 72h = 0,04 µg/l; DDT: CE 50 daphnies 48h = 1,1 µg/l; CE crevettes 0,4 µg/l HCB: CE 50 microcrustacés et/ou invertébrés benthiques eau douce = 4,7 µg/l Heptachlore: CE 50 crevettes = 0,03 µg/l Persistence forte dans l'environnement; Biodégradabilité faible; Fréquence élevée de quantification en cours d'eau et sortie STEU RSDE, SDP : Dicofol, Heptachlore	Lindane et Dicofol : CE50 daphnies 24h = 645 µg/l et 140 µg/l avec 140 µg/l Dicofol: CE50 mollusques = 645 µg/l Adsorption forte sur les MeS Fréquence élevée de quantification en cours d'eau et sortie STEU
	Carbamates dont Aldicarbe, Carbendazime, carbofuran, ETU, Mancozèbe, Manèbe, méthomyl, triallate	> 20	Ecotoxicité très variables suivant les carbamates, sur les microcrustacés et/ou invertébrés benthiques CE 50 microcrustacés et/ou invertébrés benthiques = 2 µg/l pour Carbofuran; CE 50 daphnies = 32 µg/l pour méthomyl; RSDE, PSEE: Chlorprophame	Ecotoxicité très variables suivant les carbamates Éthylène thiourée (ETU) : CE 50 daphnies = 21 mg/l
	Chloroacétamides dont Alachlore, métazachlore, métolachlore (MTC), S-MTC, ESA-MTC, OXA-MTC	> 20	PE suspectés Peu ou pas d'adsorption sur les MeS Volatilité nulle à faible	Faible ou pas de toxicité aiguë ou chronique sur les microcrustacés et/ou invertébrés benthiques ou les poissons CE 50 daphnies ou microcrustacés et/ou invertébrés benthiques élevé: 1 à 100 mg/l; NOEC microcrustacés et/ou invertébrés benthiques = 0,5 à 6 mg/l Herbicides
	Triazoles dont aminotriazole ou 1,2,4-triazole	> 20	PNEC eau douce = 0,08 µg/l Herbicides: toxicité faible	Aminotriazole: CE50 Daphnies très élevée = 6 à 100 mg/l; NOEC daphnies = 0,3 mg/l

Tableau 31: : Choix sur les pesticides (2/2)

4.5.2 Base de comparaison

Les analyses des pollutions détectées ont été comparées par rapport à un ensemble de 15 autres analyses sur l'eau en sortie STEU à partir d'échantillons sélectionnés qui correspondent à des situations considérées comme normales, des situations où nous n'avons pas observé de stress écotoxique particulier. Ces analyses sont issues de la phase 1 du projet. Elles constituent notre « base de référence » sur l'eau en sortie de STEU lorsque tout se passe bien.

4.5.3 Pollution 1

Une première pollution a été détectée en juillet 2021.

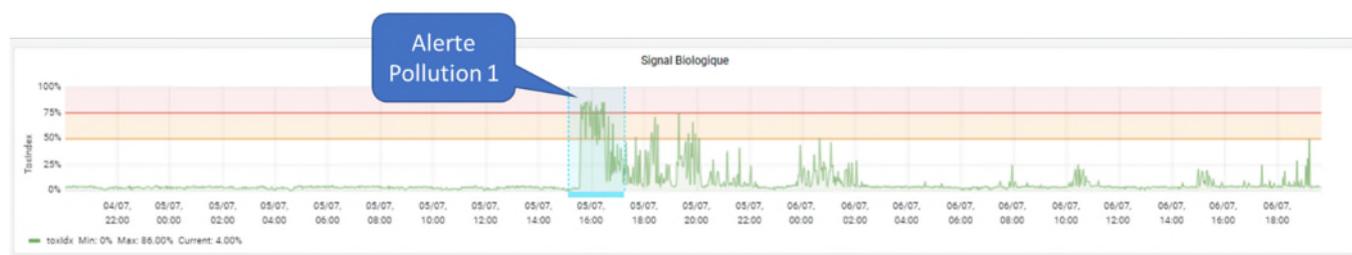


Figure 20: Suivi de l'indice global de toxicité et détection de la pollution 1

Les analyses sur le prélèvement automatique rapide montrent :

- Des concentrations normales en Aluminium, Fer, Manganèse ou Zinc. Les autres métaux sont tous mesurés sous leur limite de quantification (LQ)
- Des concentrations normales ou habituelles ont été mesurées en AMPA (3,21 µg/l) et Glyphosate (0,24 µg/l). A noter que ces valeurs sont très inférieures au CE50 ou PNEC eau douce des micro-crustacés et/ou invertébrés benthiques.
- On note une légère concentration en Nicosulfuron, pesticide urée substituée, herbicide, à 0,15 µg/l, mais néanmoins très proche de sa limite de quantification.
- Pas de quantification de pesticides azotés
- Pas de quantification de pesticides organochlorés
- Pas de quantification de pesticides organophosphorés
- Pas de quantification de pesticides carbamates
- Pas de quantification de pesticides amides et chloroacétamides
- Pas de quantification de pesticides azolés
- Pas de quantification de pesticides pyréthrinoïdes
- Pas de quantification de pesticides phénylpyrazolés, fipronil

- Pas de quantification de HAP
- Pas de quantification de COV (BTEX, Organohalogénés)
- Pas de quantification de Phosphate de tributyle
- Pas de quantification de dioxines ou furanes (PCDD ou PCDF)
- Pas de quantification de PCB
- Pas de quantification de PBDE
- Pas de quantification de chlorobenzènes
- Pas de quantification de phénol, chlorophénols ou alkylphénols
- Pas de quantification de chloroalcanes
- Pas de quantification de de HBCD

Mais plusieurs éléments se détachent clairement, dans l'ensemble des micropolluants recherchés, détectés et quantifiés, en comparaison à notre « base de référence »

(Cf. Tableau 32)

Le tri des données a été basé sur des **valeurs minimum d'1 µg/l et supérieures à plusieurs fois le maximum observé dans la « base de référence »**. Le résultat du tri donnant les éléments suivants :

- ⇒ Le **PBO ou Piperonyl Butoxide**, entrant dans la composition de pesticides dont les pyréthriinoïdes, quantifié à 6,9 µg/l
- ⇒ Et un ensemble de 6 médicaments quantifiés dans une fourchette de 1,2 à 3,3 µg/l:
 - L'**acébutolol** (un bêta-bloquant),
 - l'**aténolol** (un autre bêta-bloquant),
 - la **carbamazépine** (un antihypertenseur),
 - Le **losartan** (un hypotenseur)
 - L'**O-Desméthyltramadol** (un analgésique)
 - Et la **théophylline** (un alcaloïde, principal alcaloïde des feuilles de thé d'où provient son nom).
 - Six médicaments régulièrement détectés et quantifiés en sortie STEU, dans des prélèvements moyens 24h. mais pas à des concentrations aussi élevées

Paramètre	Butoxyde de pipéronyl		
Valeurs de la base de référence			
Minimum	Moyenne	Ecart-type	Maximum
ND	0,13	0,28	0,9
Pollution #1			
6,9 µg/l			

Paramètre	Acébutolol		
Valeurs de la base de référence			
Minimum	Moyenne	Ecart-type	Maximum
0,4	0,2	0,06	0,4
Pollution #1			
1,2 µg/l			

Paramètre	Aténolol		
Valeurs de la base de référence			
Minimum	Moyenne	Ecart-type	Maximum
ND	0,12	0,16	0,5
Pollution #1			
1,3 µg/l			

Paramètre	Carbamazépine		
Valeurs de la base de référence			
Minimum	Moyenne	Ecart-type	Maximum
0,3	0,37	0,07	0,5
Pollution #1			
1,7 µg/l			

Paramètre	Losartan		
Valeurs de la base de référence			
Minimum	Moyenne	Ecart-type	Maximum
0,1	0,21	0,09	0,4
Pollution #1			
1,4 µg/l			

Paramètre	O-Desméthyltramadol		
Valeurs de la base de référence			
Minimum	Moyenne	Ecart-type	Maximum
0,7	0,51	0,29	0,9
Pollution #1			
3,3 µg/l			

Paramètre	Théophylline		
Valeurs de la base de référence			
Minimum	Moyenne	Ecart-type	Maximum
ND	0,29	0,21	0,9
Pollution #1			
2,5 µg/l			

Tableau 32: Valeurs mesurées sur POL1 VS « Base de référence »

Le Piperonyl Butoxide ou PBO est un synergisant. Les synergisants sont des produits chimiques qui n'ont pas d'effets pesticides mais qui améliorent les propriétés des pesticides avec lesquels ils sont mélangés, en favorisant la part biodisponible des pesticides. Le PBO peut être ajouté dans les formulations phytosanitaires contenant des pyréthrine ou plus généralement les composés de la famille des pyréthrinoïdes. Après ingestion par les insectes, le PBO inhibe la sécrétion de certaines enzymes et potentialise les propriétés insecticides du produit phytosanitaire. Il peut être envisagé que les analyses chimiques aient mesuré ou détecté cet élément sans le pesticide associé.

Le PBO est donc un bon candidat pour expliquer une réponse du ToxMate, mais on ne peut pas écarter un effet « cocktail » possible, une synergie avec d'autres molécules.

On ne peut pas non plus écarter la possibilité que l'événement écotoxique soit à l'origine d'une ou plusieurs molécules non analysées, ou bien qu'elles participent à un effet « cocktail ».

4.5.4 Pollution 2

Une seconde pollution a été détecté en janvier 2022.

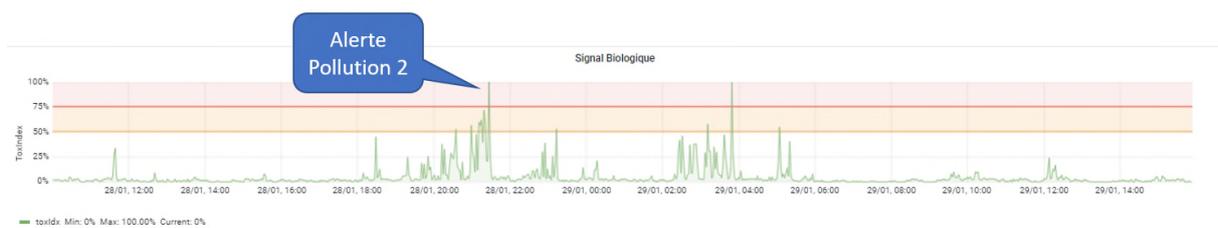


Figure 21: Suivi de l'indice global de toxicité et détection de la pollution 2

Les analyses sur le prélèvement automatiques montrent :

- Des concentrations normales en Aluminium, Cobalt, Cuivre, Fer, Manganèse ou Zinc. Les autres métaux sont tous mesurés sous leur limite de quantification (LQ)
- Des concentrations normales ou habituelles ont été mesurées en AMPA (2,41 µg/l) et Glyphosate (0,13 µg/l). A noter que ces valeurs sont très inférieures au CE50 ou PNEC eau douce des micro-crustacés et/ou invertébrés benthiques.
- On note une légère concentration en Tébuconazole, pesticide azolé à 0,22 µg/l, très proche de sa limite de quantification.
- Pas de quantification de pesticides azotés
- Pas de quantification de pesticides organochlorés
- Pas de quantification de pesticides organophosphorés
- Pas de quantification de pesticides carbamates
- Pas de quantification de pesticides amides et chloroacétamides
- Pas de quantification de pesticides urée substituée
- Pas de quantification de pesticides pyréthrinoïdes
- Pas de quantification de phénylpyrazolé, fipronil
- Pas de quantification de HAP, sauf une légère quantification de pyrène (0,22 µg/l)
- Pas de quantification de COV (BTEX, Organohalogénés)
- Pas de quantification de Phosphate de tributyle
- Pas de quantification de dioxines ou furanes (PCDD ou PCDF)
- Pas de quantification de PCB
- Pas de quantification de PBDE
- Pas de quantification de chlorobenzènes
- Pas de quantification de phénol, chlorophénols ou alkylphénols
- Pas de quantification de de chloroalcanes
- Pas de quantification de de HBCD

Mais 1 élément se détache clairement, dans l'ensemble des micropolluants recherchés, détectés et quantifiés, en comparaison à notre « base de référence »

(cf voir tableau 33)

Le tri des données a été basé sur des **valeurs minimum d'1 µg/l et supérieures à plusieurs fois le maximum observé dans la « base de référence »**. Le résultat du tri donne la présence de la **Déséthylatrazine ou Atrazine-deséthyl**, un métabolite de l'herbicide Atrazine (dont l'utilisation a été interdite en septembre 2003), quantifié à **3,0 µg/l**

Paramètre	Atrazine-déséthyl		
Valeurs de la base de référence			
Minimum	Moyenne	Ecart-type	Maximum
ND	0,01	0,01	0,02
Pollution #1			
3,0 µg/l			

Tableau 33 : Valeurs mesurées sur POL2 VS « Base de référence »

La Déséthylatrazine , métabolite d'herbicide, est donc un bon candidat pour expliquer une réponse du ToxMate, mais on ne peut pas écarter un effet « cocktail » possible, une synergie avec d'autres molécules.

On ne peut pas non plus écarter la possibilité que l'événement écotoxique soit à l'origine d'une ou plusieurs molécules non analysées, ou bien qu'elles participent à un effet « cocktail ».

4.5.5 Pollution3

La pollution 3 a été détectée début mai 2022.



Figure 22: Suivi de l'indice global de toxicité et détection de la pollution 3

Les analyses sur le prélèvement automatique montrent :

- Des concentrations normales en Aluminium, Cuivre, Fer, Manganèse, ou Zinc. Les autres métaux sont tous mesurés sous leur limite de quantification (LQ) ou bien très proche, comme pour le nickel (0,004 mg/l).
- Des concentrations normales ou habituelles ont été mesurées en AMPA (1,97 µg/l) et Glyphosate (0,38 µg/l). A noter que ces valeurs sont très inférieures au CE50 ou PNEC eau douce des micro-crustacés et/ou invertébrés benthiques.
- On note une légère concentration en Tébuconazole, pesticide azolé à 0,16 µg/l, très proche de sa limite de quantification (comme lors de la pollution #2)
- Pas de quantification de pesticides azotés
- Pas de quantification de pesticides organochlorés
- Pas de quantification de pesticides organophosphorés
- Pas de quantification de pesticides carbamates
- Pas de quantification de pesticides amides et chloroacétamides
- Pas de quantification de pesticides urée substituée
- Pas de quantification de pesticides pyréthrinoïdes
- Pas de quantification de phénylpyrazolé, fipronil
- Pas de quantification de HAP, sauf une légère quantification de pyrène (0,22 µg/l)
- Pas de quantification de COV (BTEX, Organohalogénés)

- Pas de quantification de Phosphate de tributyle
- Pas de quantification de dioxines ou furanes (PCDD ou PCDF)
- Pas de quantification de PCB
- Pas de quantification de PBDE
- Pas de quantification de chlorobenzènes
- Pas de quantification de phénol, chlorophénols ou alkylphénols
- Pas de quantification de de chloroalcanes
- Pas de quantification de de HBCD

Mais 1 élément se détache clairement, dans l'ensemble des micropolluants recherchés, détectés et quantifiés, en comparaison à notre « base de référence » (Cf. Tableau 34).

Le tri des données a été basé sur des **valeurs minimum d'1 µg/l et supérieures à plusieurs fois le maximum observé dans la « base de référence »**. Le résultat du tri donne la présence du **fluopyram**, un fongicide, quantifié à **4,1 µg/l**

Paramètre	Fluopyram		
Valeurs de la base de référence			
Minimum	Moyenne	Ecart-type	Maximum
ND	0,49	0,64	1,7
Pollution #1			
4,1 µg/l			

Tableau 34: Valeurs mesurées sur POL3 VS » Base de référence »

Le fluopyram, est donc un bon candidat pour expliquer une réponse du ToxMate, mais on ne peut pas écarter un effet « cocktail » possible, une synergie avec d'autres molécules.

On ne peut pas non plus écarter la possibilité que l'événement écotoxique soit à l'origine d'une ou plusieurs molécules non analysées, ou bien qu'elles participent à un effet « cocktail ».

4.5.6 Conclusions sur pollution 1 à 3

Les trois pollutions ont mis en évidence une molécule issue de l'usage de produits phytosanitaire ou pesticide : le synergisant butoxyde de pipéronile pour la pollution 1, le métabolite d'herbicide atrazine-deséthyl de la pollution 2 et le fongicide fluorypam de la pollution 3. Ces trois composants sont des candidats sérieux pour provoquer un stress écotoxique.

Sur ces trois événements, on ne peut pas écarter un effet « cocktail » possible, une synergie avec d'autres molécules, surtout pour la pollution 1 où 6 autres molécules présentaient une concentration qui paraissait inhabituelle.

On ne peut pas non plus écarter la possibilité que l'événement écotoxique soit à l'origine d'une ou plusieurs molécules non analysées ou détectées, ou bien qu'elles participent à un effet « cocktail ».

Les analyses ne pouvant pas être aussi exhaustives que souhaitées, mais au vu de la « base de référence », le ToxMate® semble réagir à un profil d'eau qui s'écarte de la normalité.

Dans l'idéal, il faudrait réaliser des dopages en prenant en compte les molécules détectées, sur cette même matrice d'eau et comparer les réactions des trois populations d'invertébrés.

La stratégie d'asservir un préleveur aux signaux ToxMate a permis d'identifier pour chacune des trois épisodes de pollutions chimiques des concentrations en micropolluants anormalement très élevées. Cette méthodologie permet d'apporter une preuve supplémentaire que la station de biosurveillance ToxMate permet de détecter des montées en charge de micropolluants dans les eaux. Il est bien évidemment très difficile de conclure que ces contaminants chimiques détectés sont exclusivement responsables de ces réponses biologiques, mais l'objectif de ce projet n'était pas de lever ce verrou scientifique.

5 Conclusions

5.1 Pertinence d'un traitement tertiaire

Cette étude a permis de démontrer à nouveau **l'impact positif d'un traitement tertiaire** dédiée à la lutte contre les micropolluants.

Les performances d'élimination des micropolluants organiques par un procédé de traitement tertiaire d'affinage par adsorption sur micrograin fluidisé de type Carboplus μG° ont pu être à nouveau mises en lumière grâce aux dopages et aux mesures faites par les deux stations de biosurveillance placées en amont et en aval du traitement tertiaire. Les stress écologiques des pollutions provoquées ont tous été annihilés ou fortement réduits par l'ouvrage de traitement.

5.2 Pertinence d'une station de biosurveillance en ligne

L'étude a permis d'apporter des **preuves de concept d'un outil de surveillance biologique** en ligne en sortie d'une STEU. Elle a permis d'asseoir la technologie ToxMate[®], grâce à plusieurs étapes clefs de son développement :

1. Modification et simplification du signal,
2. Mise en place de seuils d'alerte de toxicité,
3. Transmission du signal en supervision de STEU
4. Déclenchement d'un prélèvement rapide et ciblé lors d'une alerte de pollution.

Cette solution d'alerte et de diagnostic apparaît transposable sur tout type de STEU.

Elle peut également être envisagée pour **mesurer l'efficacité d'une filière de traitement tertiaire dédiée aux micropolluants**, voire optimiser son utilisation, car elle permet d'observer en continu, les évolutions de la qualité de l'eau et son impact.

Les dopages réalisés sur site sur la matrice naturelle de l'eau traitée de la STEU amènent clairement des preuves de concept de détection d'un stress écotoxique dû à la présence de micropolluant sur site.

Les résultats de cette étude montrent à nouveau, le fort intérêt de la mise en place d'outils de surveillance biologique **pour la protection de la vie aquatique**. La STEU de Saint-Fons est devenue une vitrine de ce concept lors des essais. La Métropole du Grand Lyon n'ayant pas souhaité investir sur le site de St Fons, le ToxMate utilisé pour cette étude a été déménagé sur un autre site d'étude (surveillance d'une ressource en eau en amont d'une usine d'eau potable à Luneville-54). Mais la Métropole du Grand Lyon souhaite tester le même principe sur une autre station de son territoire.

La chaîne de mesure et de prélèvement mise en place permet de :

- ⇒ Fournir aux gestionnaires des eaux une nouvelle mesure intégratrice, basée sur des outils biologiques, pour contrôler le bon fonctionnement de sa STEU et ainsi, avoir plus de sens d'un point de vue environnemental. L'outil propose un indicateur de contamination facilement interprétable par l'exploitant en supervision en regroupant la réponse des trois espèces en un seul signal global et d'évaluer son niveau de gravité.
- ⇒ Permettre la collecte systématique de prélèvements sur des événements importants, et non sur des prélèvements moyens, afin d'avoir plus de chance d'identifier les micropolluants responsables de stress, et ainsi, d'initier un travail d'investigation pour remonter à la source des épisodes de contaminations (exemple : investigation sur un industriel connecté au réseau).
- ⇒ D'initier des réflexions pour améliorer les traitements en cas d'anomalie et réduire l'apport de micropolluants dans l'environnement.

Cette étude a permis de mettre en place une filière de détection, de visualisation et d'investigation des pollutions dues à des micropolluants. Néanmoins nous avons encore peu de certitudes sur la nature des pollutions détectées. Seule la multiplication des détections des pollutions sur site et des essais de dopages en laboratoire permettrait de discriminer certains micropolluants ou d'identifier des effets cocktails possibles (ex. médicaments + métabolites ou composants de pesticide).

Les analyses chimiques réalisées dans le cadre de cette étude ne sont pas exhaustives mais ont permis d'identifier de montrer :

- ⇒ **La pertinence des prélèvements rapides** sur une détection de pollution plutôt que des prélèvements moyens 24h qui ne présentent qu'un aspect lissé des pollutions. Ces derniers ne peuvent donner que des concentrations avec des valeurs très minimisées ou bien diluer les molécules responsables de stress détectés dans le bruit de fond analytique.
- ⇒ **Les limites de campagnes type RSDE**, qui s'inscrivent dans une stratégie qui a tendance à minimiser l'influence des rejets sur l'écotoxicité aiguë (pas de prélèvements au bon moment, résultats sur prélèvements dilués, voire dénaturés)
- ⇒ Les limites des tests écotoxicologiques normalisés et utilisés comme des références en impact écologique. Par exemple, les tests Daphnies ou Microtox apparaissent vraiment trop peu sensibles, a minima sur les types de pollutions que nous avons testées.

5.3 Perspectives de déploiement

Cette étude offre des opportunités de déploiement tant dans le domaine de l'épuration des eaux que dans la surveillance des eaux de surface. Des opportunités de déploiement des outils de biosurveillance, type ToxMate®, s'ouvrent ainsi à la **détection des pollutions en amont des STEU**, après l'étape de prétraitements. Cependant cet outil doit être adapté à des pollutions très importantes (ex. à l'aide d'un système de dilution) et ainsi permettre de relier une détection de pollution amont à une perturbation des bassins biologiques de la station d'épuration, voire à une détection aval si un autre ToxMate®, est installé en sortie STEU. Cette problématique fait actuellement l'objet d'une convention avec l'office Français de la Biodiversité (OFB02101300).

Le même principe est envisageable sur des STEP industrielles et ainsi permettre d'améliorer les process d'épuration, voire les filières de production industrielles en amont de la filière d'épuration en ciblant les opérations induisant signaux ToxMate les plus forts, afin de limiter l'impact sur l'environnement récepteur.

Une autre piste de déploiement possible est **l'utilisation d'un ToxMate® mobile**, équipement autonome à déplacer sur un réseau d'eaux usées afin de discriminer les secteurs de collecte d'eaux usées qui sont les plus impactant en termes de micropolluants.

Cette solution d'alerte et de diagnostic semble également transposable dans **la surveillance des masses d'eaux de surface, comme station d'alerte**, à condition de travailler sur les seuils de détection.

Ce travail a été réalisé, de fin 2020 à début 2022, sur l'eau d'alimentation de l'UTEP de Férel, dans le Morbihan (56) dans un programme R&D conduit par SAUR et ViewPoint.

Ce travail est prolongé sur une station d'alerte, en Meurthe et Moselle (54), depuis septembre 2022, sur une ressource en eau plus sensible que celle de Férel.

Cette étude est une réelle preuve de concept européenne dans les suivis en ligne des micropolluants dans les eaux traitées (grâce à l'utilisation de macro-organismes endogènes des rivières européennes). Les expérimentations menées pour confirmer la pertinence des suivis ToxMate ouvrent ainsi la porte à différents applicatifs ;

1. Définition d'une **stratégie pertinente d'identification de micropolluants** à des concentrations anormalement élevées pour optimiser les chances de les limiter à la source et/ou de les identifier à la source soit dans un contexte d'effluent industriel, soit dans la surveillance d'une eau de surface.
2. **Un meilleur audit avant la conception d'une filière de traitement** complémentaire en sortie de STEU. En effet, ce type de filière est dimensionnée à partir de valeurs de flux, de concentrations médianes et de coefficient de sécurité. Une biosurveillance ToxMate préalable permettrait de cibler les besoins en saisonnalité ou volume à traiter, afin de minimiser la taille d'un traitement tertiaire.
3. **Un pilotage ou asservissement d'un traitement tertiaire dédié à la lutte contre les micropolluants** en cas d'alerte ToxMate, pour assurer une pertinence écologique et économique de ces traitements et faciliter leurs mises en place.
4. Recherche et **protection des bactéries dépolluantes de la STEU** en cas d'évènements de dégradation de la qualité chimique. L'idée étant d'utiliser un ToxMate capable de travailler sur un effluent d'eaux usées avant les bassins de traitement biologiques et ainsi d'alerter les exploitants sur le caractère particulièrement écotoxique de l'effluent. En cas d'alerte, des actions pourraient être mises en place automatiquement en fonction des dispositifs présents sur site, comme une dérivation de l'effluent vers un stockage tampon, une activation de filière de pré-traitement dédiée aux événements pluvieux ou de pollutions de grandes ampleurs, une augmentation temporaire des traitements en coprécipitation et/ou d'aération.

Focus sur la stratégie d'identification/détection au pied d'une STEU

Dans l'objectif de réduire le transfert des contaminants chimiques dans l'environnement, la France s'est engagée dans des suivis de micropolluants sur les sites classés (ICPE) et les stations d'épuration urbaines. Des campagnes de mesures (en prélèvement moyenné sur 24h) sont menées, en amont et aval de STEU sur chaque cycle **RSDE**. Ces études permettent d'établir des flux de pollutions et d'identifier des sites problématiques. Cette stratégie est pertinente pour déterminer les événements de transfert de polluants constants et importants. Néanmoins, cette stratégie semble **limitée pour détecter des événements anormaux ponctuels, répétés ou de courtes durées** qui peuvent avoir un effet délétère sur les filières de traitement et l'environnement.

La stratégie d'asservir un préleveur automatique au signal ToxMate a démontré que les eaux traitées de Saint-Fons étaient soumises à d'importantes variations en termes de concentrations de micropolluants (adjuvant, produits phytosanitaires, résidus médicamenteux) sous-estimés ou non mesurés par les campagnes RSDE. Sur l'ensemble des suivis mené sur ce site, 1 à 2 événements mensuels de dégradation de la qualité chimique ont été mesurés par la station ToxMate, dont 1 par trimestre activant le seuil de pollution critique et donc un prélèvement automatique et sans qu'il y ait eu une détection par les autres analyseurs ou analyses de routine.

Les arrivées des polluants chimiques par le réseau d'assainissement sont soumises à différents facteurs (activité humaine et industrielle, pluviométrie, accident, déversement volontaire, etc.) et à une diversité importante de contaminants chimiques. Ces événements peuvent être récurrents, mais peuvent également être de courtes durées et arriver de manière chaotique. Comme l'illustre l'étude à travers la comparaison des analyses chimiques entre les échantillons moyennés 24h et les échantillons asservis aux alertes ToxMate, les campagnes RSDE lissent les événements et ainsi rendre difficile leurs détections.

Les analyses non-ciblées d'échantillons prélevés lors d'alerte ToxMate optimisent la probabilité d'identifier des concentrations de contaminants chimiques et ainsi de donner une meilleure chance au diagnostic amont, c'est-à-dire à la recherche de l'origine des pollutions sur le réseau de collecte.

Les suivis sur le long terme permettent de définir si les évènements sont anecdotiques, récurrents ou problématiques. Trois cas de figure peuvent se présenter à l'issue des analyses chimiques :

- 1- Aucune substance anormalement élevée ne ressort des analyses,
- 2- Les substances anormalement élevées dont les actions de remontée à la source ne sont pas pertinentes (ex. : zinc, résidus médicamenteux habituels)
- 3- Les substances anormalement élevées dont les actions de remontée à la source est pertinent (solvant, produits spécifiques, etc.).

Un **arbre décisionnel** (Cf. ANNEXE 2 : Arbre décisionnel, suivi de ToxMate en sortie de STEU) est proposé. Il permet de cibler les actions selon la nature des contaminants chimiques et leurs fréquences de détection. La nature des contaminants chimiques retrouvés combinée avec une connaissance du réseau de collecte et les activités associées doivent permettre de mieux cibler les secteurs à incriminer.

A noter que les suivis ToxMate s'affinent au fur et à mesure des collectes de données et permettront d'identifier des différences de typologies de contaminants chimiques et de limiter les coûts en analyse chimique et d'envoyer au laboratoire d'analyse uniquement les échantillons les plus pertinents.

ANNEXE 1 : Liste des molécules recherchées

Noms	N°CAS / N°SANDRE	Catégories	Sous-Catégories	LQ possible
19-Nortestosterone (Nandrolone)	434-22-0	Divers	Hormone	0,015 µg/l
2,4-Dihydroxybenzophénone	131-56-6	Divers	Cosmétique	0,015 µg/l
Acide diatrizoïque	737-31-5	Divers	Produit de contraste iodé	N/A
Aspartam	22839-47-0	Divers	Edulcorant	N/A
Biochanine A	491-80-5	Divers	Anticancer	0,015 µg/l
Bisphénol A	80-05-7	Divers	Perturbateur endocrinien	N/A
Bisphénol F	620-92-8	Divers	Perturbateur endocrinien	N/A
Bisphénol S	80-09-1	Divers	Perturbateur endocrinien	N/A
Butoxide de pipéronyle	51-03-6	Divers	Synergisant de pesticide	N/A
Butylparabène	94-26-8	Divers	Antiseptique/Conservateur	0,15 µg/l
Colméstrol	473-13-0	Divers	Hormone	N/A
Dalzielin	486-66-9	Divers	Antioxydant	0,003 µg/l
Déhydroépiandrosterone (DHEA)	53-43-0	Divers	Hormone	0,15 µg/l
Désométhyl-4-chlorodiamph	...	Divers	Agent insectaire?	N/A
Diphénylamine	122-38-4	Divers	Fuogicide	0,03 µg/l
Ethoxyquin	91-53-2	Divers	Antioxydant	N/A
Formogonétin	485-72-3	Divers	Hormone	0,005 µg/l
Génistéine	446-72-0	Divers	Alcaloïde	0,015 µg/l
Ighexol	66108-95-0	Divers	Produit de contraste iodé	0,5 µg/l
Iopromide	73334-07-3	Divers	Produit de contraste iodé	0,1 µg/l
Méthylparabène	99-76-3	Divers	Conservateur	N/A
Méthylphysostigmine	103877-07-2	Divers	Anti-glaucomateux/Anti-Alzheimer	0,005 µg/l
Métribolone	965-93-5	Divers	Hormone	0,003 µg/l
Microcystine LR	101043-37-2	Divers	Phycotoxine	0,5 µg/l
Microcystine RR	111755-37-4	Divers	Phycotoxine	0,15 µg/l
Microcystine YR	101064-48-6	Divers	Phycotoxine	N/A
N-Ethylcyclohexylamine	5459-93-8	Divers	Herbicide/Agent intermédiaire de fabrication du caoutchouc	0,03 µg/l
Nicotine	54-11-5	Divers	Neurotransmetteur	0,5 µg/l
N-5 SCH-23388	107128-79-0	Divers	Drogue	0,5 µg/l
Ochratoxin-A	303-47-9	Divers	Mycotoxine	0,03 µg/l
T-2 Toxin	26934-87-2	Divers	Mycotoxine	N/A
TBPP	126-72-7	Divers	Retardateur de flamme	0,5 µg/l
Thyroïdine	51-48-9	Divers	Hormone	0,15 µg/l
Trenbolone	10161-33-8	Divers	Stéroïde anabolisant	0,003 µg/l
Triclocarban	101-20-2	Divers	Antimicrobien	0,5 µg/l
Zéaralénone	17924-92-4	Divers	Mycotoxine	N/A
Chloroalcanes (C10-C13) à 55% de chlore	85535-84-8 / 1955	Chloroalcanes	Organochloré	5,0 µg/l
1,1,1-trichloroéthane	71-55-6 / 1284	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
1,1,2-tétrachloroéthane	79-34-5 / 1271	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
1,1,2-trichloroéthane	79-00-5 / 1285	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
1,1,2-trichlorotrifluoroéthane (fréon 113)	76-13-1 / 1196	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
1,1-dichloroéthane	75-34-3 / 1160	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
1,1-dichloroéthylène	75-35-4 / 1162	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
1,1,3-triméthylbenzène	526-73-8 / 1897	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	1,0 µg/l
1,2,4-triméthylbenzène (pseudocumène)	95-67-6 / 1809	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	1,0 µg/l
1,2-dichlorobenzène	106-43-4 / 1498	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
1,2-dichloroéthane	95-50-1 / 1165	COV	Chlorobenzène, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
1,2-dichloropropane	107-06-2 / 1161	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
1,2-dichlorobenzène	78-87-5 / 1655	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
1,3,5-triméthylbenzène (méxylène)	108-67-8 / 1509	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
1,3-dichlorobenzène	541-73-1 / 1164	COV	Chlorobenzène, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
1,4-dichlorobenzène	106-46-7 / 1166	COV	Chlorobenzène, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
2,3-dichloropropène	78-88-6 / 1653	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
2-chlorotoluène	95-49-8 / 1602	COV	Chlorobenzène, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
3-chloropropène (chlorure d'allyle)	107-05-1 / 2065	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
3-chlorotoluène	108-41-8 / 1601	COV	Chlorobenzène, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
4-chlorotoluène	106-43-4 / 1600	COV	Chlorobenzène, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
4-isopropyltoluène (p-cymène)	99-87-6 / 1856	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
Benzène	71-43-2 / 1114	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
Bromochlorométhane	74-97-5 / 1121	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Bromoforme	75-28-2 / 1122	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Chloroforme	67-66-3 / 1135	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Chlorométhane	74-87-3 / 1126	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Chlorure de vinyle	75-01-4 / 1123	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Cis 1,2-dichloroéthylène	156-59-2 / 1456	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Cis 1,3-dichloropropylène	10061-01-5 / 1834	COV	Solvant organochloré aliphatique	2,0 µg/l
Dibromochlorométhane	124-48-1 / 1158	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Dichlorobromométhane	75-27-4 / 1167	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Dichlorométhane	75-09-2 / 1168	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Ethylbenzène	100-41-4 / 1497	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
Hexachloroéthane	67-72-1 / 1656	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Isopropylbenzène (cumène)	98-82-8 / 1633	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
Méthyl-tertio-butylether	1634-04-4 / 1512	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
Monochlorobenzène	108-90-7 / 1467	COV	Chlorobenzène, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
n-Butyl benzène	104-31-8 / 1855	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
Styrène	100-52-7 / 1541	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
Tert butylbenzène	98-06-6 / 1611	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
Tétrachloroéthylène	127-18-4 / 1172	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Tétrachlorure de carbone	56-23-5 / 1276	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Toluène	108-88-3 / 1278	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
Trans 1,2-dichloroéthylène	156-60-5 / 1727	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Trans 1,3-dichloropropylène	10061-02-6 / 1835	COV	Solvant organochloré aliphatique	2,0 µg/l
Trichloroéthylène	79-01-6 / 1286	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Trichlorofluorométhane	75-69-4 / 1195	COV	Solvant organochloré aliphatique	0,5 µg/l
Xylène ortho	95-47-6 / 1292	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	0,5 µg/l
Xylènes (m + p)	... / 2925	COV	BTEX, Solvant HAP benzénique	1,0 µg/l
2,3,4,5-tétrachlorophéno	4901-51-3 / 1273	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,3,4,6-tétrachlorophéno	58-90-2 / 1274	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,3,4-trichlorophéno	15950-66-0 / 1644	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,3,5,6-tétrachlorophéno	935-95-5 / 1275	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,3,5-trichlorophéno	933-78-8 / 1643	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,3,6-trichlorophéno	933-75-5 / 1642	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,3-dichlorophéno	576-24-9 / 1649	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,4 + 2,5-dichlorophéno	95-95-4 / 1548	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,4,5-trichlorophéno	88-06-2 / 1549	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,4-dichlorophéno	120-83-2 / 1486	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,5-dichlorophéno	583-78-8 / 1249	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2,6-dichlorophéno	87-65-0 / 1648	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
2-chlorophéno	95-57-8 / 1471	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
3,4,5-trichlorophéno	609-19-8 / 1723	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
3,4-dichlorophéno	95-77-2 / 1647	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
3,5-dichlorophéno	591-35-5 / 1646	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
3-chlorophéno	108-43-0 / 1651	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
4-chlorophéno	106-48-9 / 1650	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
4-nonylphéno	104-40-5 / 5474	Dérivé du phéno	Alkylphéno	0,01 µg/l
4-nonylphéno	1806-26-4 / 1920	Dérivé du phéno	Alkylphéno	0,01 µg/l
4-nonylphéno	14938-35-3 / 2487	Dérivé du phéno	Alkylphéno	0,01 µg/l
4-nonylphéno ramifiés	84832-15-3 / 1958	Dérivé du phéno	Alkylphéno	0,01 µg/l
4-sec butyl phéno	89-71-8 / 2618	Dérivé du phéno	Alkylphéno	0,01 µg/l
4-tert butyl phéno	98-54-4 / 2610	Dérivé du phéno	Alkylphéno	0,01 µg/l
4-tert octyl phéno	140-66-9 / 1959	Dérivé du phéno	Alkylphéno	0,01 µg/l
Pentachlorophéno	87-86-5 / 1235	Dérivé du phéno	Chlorophéno	0,01 µg/l
Phéno	108-95-2 / 5515	Dérivé du phéno	Phéno	0,01 µg/l
Somme des 4-nonylphénols	6598	Dérivé du phéno	Alkylphéno	0,01 µg/l
Somme des 4-octylphénols	6600	Dérivé du phéno	Alkylphéno	0,01 µg/l
Somme des octylphénols	67554-50-1 / 2904	Dérivé du phéno	Alkylphéno	0,01 µg/l
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzodioxine	... / 2575	Dioxine	PCDD	N/A
1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzodioxine	... / 2571	Dioxine	PCDD	N/A

1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzodioxine	72572	Dioxine	PCDD	N/A
1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzodioxine	72573	Dioxine	PCDD	N/A
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzodioxine	72569	Dioxine	PCDD	N/A
2,3,7,8-Tétrachlorodibenzodioxine	72562	Dioxine	PCDD	N/A
Octachlorodibenzodioxine	72566	Dioxine	PCDD	N/A
Somme des PCDD et PCDF		Dioxines et furanes	PCDD et PCDF	N/A
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzofurane	72592	Furane	PCDF	N/A
1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzofurane	72591	Furane	PCDF	N/A
1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzofurane	72591	Furane	PCDF	N/A
1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzofurane	72592	Furane	PCDF	N/A
1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzofurane	72594	Furane	PCDF	N/A
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzofurane	72588	Furane	PCDF	N/A
2,3,4,6,7,8-Hexachlorodibenzofurane	72593	Furane	PCDF	N/A
2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofurane	72589	Furane	PCDF	N/A
2,3,7,8-Tétrachlorodibenzofurane	72586	Furane	PCDF	N/A
Octachlorodibenzofurane		Furane	PCDF	N/A
HBCCD alpha	134237-50-6 / 6651	HBCD		0,05 µg/l
HBCCD beta	134237-51-7 / 6652	HBCD		0,05 µg/l
HBCCD gamma	134237-52-8 / 6653	HBCD		0,05 µg/l
Somme des HBCDs	25837-99-1 / 7128	HBCD		0,05 µg/l
2-méthyl fluoranthène	33549-31-8 / 1619	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
2-méthyl naphthalène	91-57-6 / 1618	Hydrocarbure	HAP	0,010 µg/l
Acéphanthène	83-32-9 / 1653	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Acéranthène	208-68 / 1622	Hydrocarbure	HAP	0,010 µg/l
Anthracène	120-12-7 / 1458	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Benzo (a) anthracène	56-55-3 / 1082	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Benzo (a) pyrène	50-32-8 / 1115	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Benzo (b) fluoranthène	205-99-2 / 1116	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Benzo (ghi) pérylène	191-24-2 / 1118	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Benzo (k) fluoranthène	207-08-9 / 1117	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Chrysène	218-01-9 / 1476	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Dibenz (a,h) anthracène	53-70-3 / 1621	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Fluoranthène	206-44-0 / 1191	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Fluorène	86-73-7 / 1623	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Hydrocarbures totaux	72009	Hydrocarbure		100,0 µg/l
Indène (1,2,3 cd) pyrène	193-39-5 / 1204	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Indice hydrocarbures C10-C40	72006	Hydrocarbure		0,10 µg/l
Indice hydrocarbures volatils	72006	Hydrocarbure		30,0 µg/l
Naphthalène	91-20-3 / 1537	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Phénanthrène	85-01-8 / 1534	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Pyrène	129-00-0 / 1537	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
Somme des 16 HAP quantifiés - EPA	76136	Hydrocarbure	HAP	0,005 µg/l
17a-Estradiol	57-91-0	Médicament	Hormone	0,15 µg/l
17a-Ethinylestradiol	57-63-6	Médicament	Hormone	0,1 µg/l
17a-Méthyltestostérone	58-18-4	Médicament	Hormone	N/A
2-Aminopyridine	504-29-0	Médicament	Anti-inflammatoire non stéroïdien	0,015 µg/l
4-Androstène-3,17-dione	63-05-8	Médicament	Hormone	N/A
5-Fluorocytosine	2022-85-7	Médicament	Antimycosique	N/A
6-Thioguanine	154-42-7	Médicament	Anticancer	N/A
Abacavir	188062-50-2	Médicament	Antirétroviral	0,015 µg/l
Acamprosate	77337-73-6	Médicament	Antiaudiction	0,5 µg/l
Acébutolol	24381-68-5	Médicament	Bêta-Bloquant	0,005 µg/l
Acétate de chloramphénicol	302-22-7	Médicament	Hormone	N/A
Acétate de Mestrol	395-23-5	Médicament	Hormone	0,02 µg/l
Acétazolamide	59-96-5	Médicament	Urinaire/Diurétique	0,15 µg/l
Aciclovir	59277-89-3	Médicament	Antibactérien	N/A
Acide méfénamique	61-68-7	Médicament	Anti-inflammatoire non stéroïdien	0,015 µg/l
Acide nalidixique	389-08-2	Médicament	Antiseptique	0,003 µg/l
Acide oxolinique	14698-29-4	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Acide tolfénamique	13710-19-5	Médicament	Anti-inflammatoire non stéroïdien	N/A
Adéfovir	106941-25-7	Médicament	Antirétroviral	N/A
Albendazole	54965-21-8	Médicament	Antiparasite	0,03 µg/l
Aldostérone	52-39-1	Médicament	Hormone	N/A
Allopurinol	315-30-0	Médicament	Hypo-uricémiant	0,015 µg/l
Alprazolam	28981-97-7	Médicament	Drogue	0,015 µg/l
Altrenogest	850-52-2	Médicament	Hormone	N/A
Amantadine	665-66-7	Médicament	Antigrippal	0,005 µg/l
Amikacine	39831-55-5	Médicament	Antibiotique	N/A
Amiloride	2016-58-8	Médicament	Diurétique	N/A
Aminophosphazone	58-15-1	Médicament	Anti-inflammatoire non stéroïdien	0,015 µg/l
Amisodarone	19774-82-4	Médicament	Antiarthritique	N/A
Amtricitiline	549-18-8	Médicament	Antidépresseur/Antiamoxolytique	0,005 µg/l
Amlodipine	111470-99-6	Médicament	Cardiovasculaire	0,015 µg/l
Amoxicilline	61336-70-7	Médicament	Antibiotique	0,1 µg/l
Ampicilline	69-53-4	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Amprenavir	161814-49-9	Médicament	Antirétroviral	0,15 µg/l
Amsacrine	54301-15-4	Médicament	Anticancer	N/A
Apomorphine	41372-20-7	Médicament	Antiparkinsonien	0,003 µg/l
Arécoline	300-08-3	Médicament	Agent du système nerveux central	N/A
Aripiprazole	129722-12-9	Médicament	Antipsychotique	0,15 µg/l
Atazanavir	198904-31-3	Médicament	Antirétroviral	0,015 µg/l
Aténolol	29122-68-7	Médicament	Bêta-Bloquant	N/A
Atorvastatine	134523-00-5	Médicament	Régulateur Lipidique	N/A
Atropine	51-95-8	Médicament	Alcaloïde	N/A
Azathioprine	446-66-6	Médicament	Anticancer	N/A
Azithromycine	83905-01-5	Médicament	Antibactérien	0,05 µg/l
Azlocilline	37091-65-9	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Bacitracine	1405-87-4	Médicament	Stimulant	N/A
Baclofène	1134-47-0	Médicament	Relaxant Musculaire	0,015 µg/l
Béclométhasone	4419-39-0	Médicament	Anti-inflammatoire	0,015 µg/l
Benfluorex	23642-66-2	Médicament	Régulateur lipidique	0,005 µg/l
Benzylimidazoline	59-98-3	Médicament	Antimalaria	0,005 µg/l
Bétaméthasone	378-44-9	Médicament	Corticoïde	0,015 µg/l
Bétaxolol	63659-19-8	Médicament	Bêta-Bloquant	0,005 µg/l
Bézaflibrate	41859-67-0	Médicament	Anticholestérol	0,015 µg/l
Biperiden	1235-82-1	Médicament	Anticholinergique	N/A
Bitoprolol	104344-23-2	Médicament	Bêta-Bloquant/Antihypertension	0,005 µg/l
Boldénone	846-48-0	Médicament	Hormone	0,003 µg/l
Bromazepam	1812-30-2	Médicament	Psychotropique/Antidépresseur	0,1 µg/l
Budésonide	51133-72-3	Médicament	Glucocorticoïdes/Anti-inflammatoire	0,015 µg/l
Bulfonamide	35519-24-9	Médicament	Vasodilatateur	0,005 µg/l
Bupivacaine	19239-43-9	Médicament	Anesthésique	N/A
Bupropioline	52485-79-7	Médicament	Psychotropique/Antidépresseur/Drogue	0,003 µg/l
Buscopon	145-64-4	Médicament	Antispasmodique	N/A
Busulfan	55-98-1	Médicament	Anticancer	0,5 µg/l
Caféine	58-08-2	Médicament	Neurotransmetteur	0,15 µg/l
Capécitabine	154361-50-9	Médicament	Anticancer	0,015 µg/l
Carazolol	57775-29-8	Médicament	Bêta-Bloquant	0,005 µg/l
Carbadox	6804-07-5	Médicament	Stimulant	0,015 µg/l
Carbamazépine	298-46-4	Médicament	Antiepileptique	0,005 µg/l
Carvédilol	72956-09-3	Médicament	Hypotenseur	0,003 µg/l
Céfalexine	53994-73-3	Médicament	Antiseptique	0,03 µg/l
Céfalexine	15686-71-2	Médicament	Antiseptique	0,15 µg/l
Céfalotine	58-71-9	Médicament	Antibiotique	0,03 µg/l
Cefixime	79350-37-1	Médicament	Antibiotique	N/A
Cefotaxime	63527-52-6	Médicament	Antibiotique/Antibactérien/Drogue médicamenteuse	0,015 µg/l
Cefquinome	118043-89-3	Médicament	Antiseptique	0,015 µg/l
Ceftazidime	78439-06-7	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Célestrol	169590-42-5	Médicament	Anticancer	0,03 µg/l
Chlorambucil	305-03-3	Médicament	Anticancer	N/A

Chlorhexidine	55-56-1	Médicament	Antiseptique bactéricide	N/A
Chloroquine	50-63-5	Médicament	Antipaludique	N/A
Chlorphéniramine	42882-96-2	Médicament	Antihistaminique	0,5 µg/l
Chlorpromazine	69-09-0	Médicament	Antipsychotique	N/A
Chlorotétracycline	64-172-2	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Cidofovir	113853-37-3	Médicament	Antihépatite	0,05 µg/l
Clofazimine	81129-83-1	Médicament	Inhibiteur de la dihydropeptidase	N/A
Cimetidine	51481-61-9	Médicament	Anti-ulcère	0,015 µg/l
Ciprofloxacine	85721-33-1	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Citalopram	59729-32-7	Médicament	Antidépresseur	0,005 µg/l
Cladribine	4291-63-8	Médicament	Anticancer	0,15 µg/l
Clarithromycine	81103-11-9	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Clenbutérol	21898-19-1	Médicament	Bronchodilatateur	0,003 µg/l
Clinamycine	21462-39-5	Médicament	Antiseptique	0,015 µg/l
Clofazimine	2030-63-9	Médicament	Antibactérien antilépreux	N/A
Clonazépam	1622-61-3	Médicament	Anticonvulsant	0,015 µg/l
Clopidogrel	135046-46-9	Médicament	Antiagrégant	N/A
Clorzéprate	23887-31-2	Médicament	Anxiolytique/Antidépresseur	N/A
Clotrimazole	23593-75-1	Médicament	Fongicide	0,15 µg/l
Cloxaciline	642-78-4	Médicament	Antibiotique	N/A
Clozapine	5786-21-0	Médicament	Antipsychotique	0,015 µg/l
Codéine	76-57-3	Médicament	Analgésique/Antitussif/Anti-inflammatoire	0,003 µg/l
Colistine	1284-72-8	Médicament	Antibiotique/Antibactérien/Antimicrobe/Additif alimentaire	N/A
Corticostérone	50-22-6	Médicament	Hormone	0,015 µg/l
Cortisol	50-23-7	Médicament	Corticoïde	0,015 µg/l
Cortisone	53-06-5	Médicament	Anti-inflammatoire	0,015 µg/l
Cyamémazine	3546-03-0	Médicament	Antipsychotique	0,005 µg/l
Cyclizine	303-25-3	Médicament	Antihistaminique	N/A
Cyclophosphamide	6055-19-2	Médicament	Anticancer	0,015 µg/l
Cytarabine	147-94-4	Médicament	Anticancer	0,003 µg/l
Dacarbazine	4342-03-4	Médicament	Anticancer	N/A
Danofloxacine	112398-08-0	Médicament	Antibiotique	0,5 µg/l
Dapson	80-08-0	Médicament	Antibiotique	N/A
Darunavir	206361-99-1	Médicament	Antirétroviral	0,15 µg/l
Daunorubicine	23541-50-6	Médicament	Anticancer	0,15 µg/l
Delavirdine	147221-93-0	Médicament	Antirétroviral	N/A
Deoxycorticostérone	64-85-7	Médicament	Hormone	0,015 µg/l
Desloratadine	100643-71-8	Médicament	Antihistaminique	0,01 µg/l
Dexaméthasone	50-02-2	Médicament	Anti-inflammatoire	0,015 µg/l
Dextrométhorphan	6700-34-1	Médicament	Antitussif	0,005 µg/l
Diazépam	439-14-5	Médicament	Psychotrope/Antidépresseur	0,005 µg/l
Diclofenac	15307-86-5	Médicament	Anti-inflammatoire/Antirhumatismal	N/A
Dicloxaciline	13412-64-1	Médicament	Antibiotique	N/A
Didanosine	69655-05-6	Médicament	Antirétroviral	0,015 µg/l
Diethylcarbamazine	1642-54-2	Médicament	Antihelminthique	N/A
Dipoxine	20830-75-5	Médicament	Antiarythmique/Cardiotonique	0,1 µg/l
Dihydroandrostérone	1852-53-5	Médicament	Hormone	N/A
Dihydroergotamine	5989-77-5	Médicament	Antimigraine	0,03 µg/l
Dihydrostreptomycine	5490-27-7	Médicament	Antibiotique	0,5 µg/l
Diltiazem	33286-22-5	Médicament	Inhibiteur calcique	0,003 µg/l
Dimétridazole	551-92-8	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Dompéridone	57898-66-9	Médicament	Antémétique	0,015 µg/l
Donepézil	884740-09-4	Médicament	Anti-Alzheimer	0,003 µg/l
Doxépine	1669-79-5	Médicament	Antidépresseur	0,005 µg/l
Doxorubicine	2516-40-9	Médicament	Anticancer	0,15 µg/l
Doxycycline	24380-14-5	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Drosprénone	67392-87-4	Médicament	Hormone	0,015 µg/l
Élavirenc	154598-52-4	Médicament	Antirétroviral	N/A
Emtricitabine	143491-57-0	Médicament	Antirétroviral	N/A
Enrofloxacine	93106-60-6	Médicament	Anticancer	0,15 µg/l
Épinephrine	51-43-4	Médicament	Adrénaline en médicament	N/A
Epirubicine	56390-09-1	Médicament	Anticancer	0,15 µg/l
Erythromycine A	59319-72-1	Médicament	Antibiotique	0,5 µg/l
Etaizolam	29975-16-4	Médicament	Psychotrope	N/A
Estriol	50-27-1	Médicament	Hormone	N/A
Éthambutol	74-55-5	Médicament	Antibiotique	N/A
Étoposide	33419-42-0	Médicament	Anticancer	N/A
Étravirine	269055-15-4	Médicament	Antirétroviral	N/A
Fadrozole	102676-31-3	Médicament	Anticancer	0,003 µg/l
Famédoclovir	104727-87-4	Médicament	Antihépatite	0,003 µg/l
Famotidine	76824-55-6	Médicament	Anti-acide/Pansément gastro-intestinal	0,03 µg/l
Fébamol	58306-20-2	Médicament	Vermifuge	N/A
Fenofibrate	39562-28-9	Médicament	Hypolipémiant	N/A
Fénotérol	1944-12-3	Médicament	Bronchodilatateur	0,003 µg/l
Florfénicol	73231-34-2	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Flubendazole	31430-15-6	Médicament	Antiparasite	0,003 µg/l
Fluconazole	86386-73-4	Médicament	Fongicide	0,003 µg/l
Fludrocortisone	514-36-3	Médicament	Corticoïde	0,015 µg/l
Fluméquine	42835-25-6	Médicament	Antibactérien	0,015 µg/l
Flunisolide	3385-03-3	Médicament	Corticostéroïde	0,015 µg/l
Flunitrazépam	1622-62-4	Médicament	Hypnotique	0,015 µg/l
Floxétine	54910-89-3	Médicament	Neurotransmetteur	0,005 µg/l
Fluphénazine	68-23-8	Médicament	Antipsychotique	0,03 µg/l
Fluvoxamine	61718-82-9	Médicament	Neuroleptique	0,003 µg/l
Fotémustine	92118-27-9	Médicament	Anticancer	0,015 µg/l
Fuzarilidone	139-91-3	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Furazolidone	67-45-8	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Furosémide	54-31-9	Médicament	Diurétique	0,5 µg/l
Gabapentine	60142-96-3	Médicament	Anticonvulsant	0,003 µg/l
Ganciclovir	82410-32-0	Médicament	Antihépatite	0,015 µg/l
Gemfibrozil	25812-30-0	Médicament	Hypolipémiant	0,15 µg/l
Glibenclamide	10238-21-8	Médicament	Antidiabète	0,15 µg/l
Griseofulvin	126-07-8	Médicament	Antifongique	N/A
Halopéridol	52-86-8	Médicament	Antipsychotique	0,005 µg/l
Hydralazine	304-20-1	Médicament	Relaxant musculaire	N/A
Hydroxyprogesterone	68-96-2	Médicament	Hormone	0,015 µg/l
Hydroxyzine	2192-20-3	Médicament	Antihistaminique	0,003 µg/l
Ibacaïtine	611-53-0	Médicament	Antiviral	0,15 µg/l
Idoxuridine	54-42-2	Médicament	Antihépatite	N/A
Ifosfamide	3778-73-2	Médicament	Anticancer	0,015 µg/l
Imatinib	152459-95-5	Médicament	Anticancer	N/A
Imipenem	119-56-0	Médicament	Antibiotique	N/A
Imipramine	119-56-0	Médicament	Antidépresseur	0,005 µg/l
Indinavir	16978-17-9	Médicament	Antirétroviral	0,015 µg/l
Insuline	16980-09-3	Médicament	Antibiotique	N/A
Ironoférone	100286-90-6	Médicament	Anticancer	N/A
Isoniazid (isonicotinic acid hydrazide)	54-85-3	Médicament	Antibiotique	N/A
Josamycine	16846-24-5	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Kanamycine	70560-51-9	Médicament	Antibiotique	N/A
Kétoconazole	65277-42-1	Médicament	Fongicide	0,03 µg/l
Kétoprofone	22071-15-4	Médicament	Anti-inflammatoire non stéroïdien	0,03 µg/l
Lamivudine	134678-17-4	Médicament	Inhibiteur nucléosidique de la transcriptase inverse	N/A
Lapatinib	231277-92-2	Médicament	Anticancer	N/A
Lévamisol	16595-80-5	Médicament	Antiparasite	0,003 µg/l
Lévothyroxine	25416-65-3	Médicament	Hormone	0,15 µg/l
Lidocaïne	137-58-6	Médicament	Anesthésique	N/A
Lincosmycin	154-21-2	Médicament	Antibactérien	0,015 µg/l
Lofépramine	26786-32-3	Médicament	Antidépresseur	N/A
Lopéramide	94552-83-5	Médicament	Antidiarrhéique	0,015 µg/l
Lopinavir	192725-17-0	Médicament	Antirétroviral	N/A

Loratadine	79794-75-5	Médicament	Antihistaminique	0,015 µg/l
Lorazépam	846-49-1	Médicament	Drogue	0,015 µg/l
Losartan	124750-99-8	Médicament	Hypotenseur	0,015 µg/l
Loxapine	27833-64-3	Médicament	Antipsychotique	0,015 µg/l
Maraviroc	376348-65-1	Médicament	Antirétroviral	0,5 µg/l
Martiflouxazine	115550-35-1	Médicament	Antibactérien	0,15 µg/l
Mébédrozole	21431-28-7	Médicament	Vermifuge	N/A
Médroxyprogesterone	520-85-4	Médicament	Hormone	0,015 µg/l
Méfloquine	53730-10-7	Médicament	Antipaludéen	N/A
Mélatonine	73-31-4	Médicament	Agent du système nerveux central	0,005 µg/l
Melphalan	148-82-3	Médicament	Anticancer	N/A
Mercaptopurine	6112-76-1	Médicament	Anticancer	0,15 µg/l
Mestranol	72-33-3	Médicament	Hormone	0,1 µg/l
Metformin	1115-70-4	Médicament	Hypoglycémique	0,5 µg/l
Méthotrexate	133073-73-1	Médicament	Anticancer	0,15 µg/l
Méthylidopa ((1-3-(3,4-Dihydroxyphényl)-2-méthyl-L-alanine)	41372-08-1	Médicament	Antihypertenseur	N/A
Méthyprednisolone	83-43-2	Médicament	Corticoïde	0,015 µg/l
Méticilline	132-92-3	Médicament	Antibiotique	0,03 µg/l
Métoclopramide	364-62-5	Médicament	Antémétique	0,003 µg/l
Métoprolol	56392-17-7	Médicament	Bêta-Bloquant	0,005 µg/l
Métronidazole	443-48-1	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Miansérine	21535-17-7	Médicament	Antidépresseur	0,005 µg/l
Miconazole	23827-87-7	Médicament	Antifongique	N/A
Midazolam	59467-06-8	Médicament	Antémétique	0,03 µg/l
Mifépristone	3082-17-9	Médicament	Vasodilatateur/Antihypertenseur	0,03 µg/l
Miloxantrone	70476-82-3	Médicament	Anticancer	N/A
Monensine	22373-78-0	Médicament	Antibiotique anticoccidie	N/A
Moroxydine	3731-59-7	Médicament	Fongicide	0,03 µg/l
Nadolol	42200-33-9	Médicament	Bêta-Bloquant	0,005 µg/l
Nafilline	7177-50-6	Médicament	Antibactérien	N/A
Nafidrofuryl	3200-06-4	Médicament	Vasodilatateur	0,003 µg/l
Nélarabine	121032-29-9	Médicament	Anticancer	0,015 µg/l
Nelfinavir	159989-65-8	Médicament	Antirétroviral	0,015 µg/l
Neostigmine	114-80-7	Médicament	Parasympathomimétique	N/A
Névirapine	129618-40-2	Médicament	Antirétroviral	0,005 µg/l
Nicardipine	54527-84-3	Médicament	Hypotenseur	N/A
Nicergoline	27548-84-6	Médicament	Vasodilatateur alpha-bloquant	0,03 µg/l
Nifédipine	21829-25-4	Médicament	Antagoniste du calcium	N/A
Nifuroxazide	965-52-5	Médicament	Antibiotique	N/A
Nifurtimole	59-87-0	Médicament	Antibiotique	0,03 µg/l
Nitrofurantoin	93302-47-7	Médicament	Antibiotique	N/A
N-méthylglucosamine	68-22-4	Médicament	Hormone	0,015 µg/l
Nordéthérone	70458-96-7	Médicament	Antiseptique	0,15 µg/l
Norgestrel	797-63-7	Médicament	Hormone	0,015 µg/l
Ofloxacine	82419-36-1	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Olanzapine	132539-06-1	Médicament	Antipsychotique	N/A
Oméprazole	73590-58-6	Médicament	Inhibiteur de pompe à proton	0,03 µg/l
Ondansétron	103639-04-9	Médicament	Antémétique	0,003 µg/l
Osetamivir	196618-13-0	Médicament	Antigrippal	0,003 µg/l
Oxacilline	1173-88-2	Médicament	Antibiotique	N/A
Oxcarbazépine	28721-07-5	Médicament	Antiépileptique	N/A
Oxibendazole	20559-55-1	Médicament	Vermifuge	0,005 µg/l
Oxprénolol	6452-73-9	Médicament	Bêta-Bloquant	0,005 µg/l
Oxycétacycline	2058-46-0	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Oxytocine	59-56-6	Médicament	Hormone	0,1 µg/l
Facitaxel	33069-62-4	Médicament	Anticancer	0,5 µg/l
Pantoprazole	718635-09-7	Médicament	Anti-ulcéral	0,15 µg/l
Paracétamol	103-90-2	Médicament	Analgésique	0,015 µg/l
Paromomycine	1263-89-4	Médicament	Antibiotique/Antiparasite/Antibactérien/Drogue médicamenteuse	N/A
Paroxétine	110429-35-1	Médicament	Antidépresseur	0,005 µg/l
Penciclovir	39809-25-1	Médicament	Antitherpétique	0,015 µg/l
Pénicilline G	113-98-4	Médicament	Antibiotique	N/A
Pénicilline V	132-98-9	Médicament	Antibiotique	N/A
Pentamidine	140-64-7	Médicament	Antiparasitaire	N/A
Péridopril	107133-36-8	Médicament	Hypotenseur	0,003 µg/l
Phénacétine	62-44-2	Médicament	Drogue	0,005 µg/l
Phénozone	60-80-0	Médicament	Analgésique/Antipyrétique/Anti-Inflammatoire	0,005 µg/l
Phéniramine	86-21-5	Médicament	Antihistaminique	0,5 µg/l
Phénytoïne	57-41-0	Médicament	Anticonvulsant	0,015 µg/l
Phlorizine	7061-54-3	Médicament	Antidiabète/Educocorant	0,5 µg/l
Pilocarpine	92-13-7	Médicament	Alcaloïde	0,015 µg/l
Pipéracilline	59703-84-3	Médicament	Antibiotique	N/A
Proxycam	26322-90-4	Médicament	Anti-inflammatoire non stéroïdien	0,003 µg/l
Polymyxine B	1404-26-8	Médicament	Antibiotique	N/A
Pravastatine	81131-70-6	Médicament	Anticholestérol	N/A
Prazénam	2955-38-6	Médicament	Antiepileptique	0,003 µg/l
Praziquantel	55268-74-1	Médicament	Anthelminthique	N/A
Prednisolone	50-24-8	Médicament	Corticostéroïde	0,015 µg/l
Prednison	53-03-2	Médicament	Hormone	0,015 µg/l
Primaguine	90-34-6	Médicament	Antipaludéen	N/A
Primidone	125-33-7	Médicament	Anticonvulsant	0,015 µg/l
Pristinamycine IA	3131-03-1	Médicament	Antibiotique	N/A
Pristinamycine IIA	21411-53-0	Médicament	Antibiotique	N/A
Procabazine	366-70-1	Médicament	Médicament de chimiothérapie	N/A
Progesterone	57-83-0	Médicament	Hormone	0,015 µg/l
Progantol	637-32-1	Médicament	Antipaludique	N/A
Propoxyphène	469-62-5	Médicament	Analgésique	0,005 µg/l
Propriolol	13071-11-9	Médicament	Bêta-Bloquant	0,005 µg/l
Propylthiouracile	479-52-5	Médicament	Anti-inflammatoire non stéroïdien	N/A
Psuedoéphédrine	345-78-2	Médicament	Decongestionnant	0,003 µg/l
Pyramet	22204-24-6	Médicament	Anthelminthique	N/A
Pyrazinocarboxamide	98-96-4	Médicament	N/A	N/A
Pyridostigmine	101-26-8	Médicament	Parasympathomimétique	N/A
Pyriméthamine	58-14-0	Médicament	Antiprotozoaire	N/A
Quétiapine	111974-72-2	Médicament	Antipsychotique	0,015 µg/l
Quinine	130-95-0	Médicament	Antipaludique	N/A
Raloxifène	82640-04-8	Médicament	Traitement de l'ostéoporose	0,015 µg/l
Ramipril	87333-19-5	Médicament	Cardiovasculaire	0,003 µg/l
Ranitidine	66357-59-3	Médicament	Anti-ulcéral	0,015 µg/l
Ribavirine	36791-04-5	Médicament	Antiviral	N/A
Rifabutine	72559-06-9	Médicament	Antibiotique	N/A
Rifampicine	13292-46-1	Médicament	Antibiotique	N/A
Rimantadine	13392-28-4	Médicament	Antigrippal	0,005 µg/l
Risperidone	106266-06-7	Médicament	Antipsychotique	0,5 µg/l
Ritonavir	155213-67-5	Médicament	Antirétroviral	N/A
Ronidazole	7681-76-7	Médicament	Antibiotique	0,03 µg/l
Rosiglitazone	127320-73-4	Médicament	Antidiabète	0,005 µg/l
Roxithromycine	80214-83-1	Médicament	Antibactérien	0,015 µg/l
S-f-J-Carbidopa	28860-95-9	Médicament	Catécholamine	N/A
Salbutamol	18559-94-9	Médicament	Antibronchodilatateur	0,003 µg/l
Sanguinarine	5578-73-4	Médicament	Acaricide/Herbicide/Insecticide	0,15 µg/l
Saquinavir	149845-06-7	Médicament	Antirétroviral	0,03 µg/l
Sertraline	79559-97-0	Médicament	Antidépresseur	0,003 µg/l
Sildenafil	139755-83-2	Médicament	Impuissance	0,015 µg/l
Simevastatine	79902-63-9	Médicament	Hypolipémiant	N/A
Sotalol	959-24-0	Médicament	Bêta-Bloquant	0,015 µg/l
Spiramycine	8025-81-8	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Stavudine	3056-17-5	Médicament	Antirétroviral	0,03 µg/l
Streptomycine	3810-74-0	Médicament	Antibiotique	0,5 µg/l
Sulfachloropyridazine	80-32-0	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l

Sulfadiazine	68-35-9	Médicament	Antibiotique	0,03 µg/l
Sulfadiméthoxine	122-11-2	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Sulfafurazole	127-69-5	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Sulfamérazine	127-79-7	Médicament	Antibiotique	0,03 µg/l
Sulfaméthazine	57-68-1	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Sulfaméthiazole	144-82-1	Médicament	Antibiotique	0,03 µg/l
Sulfaméthoxazole	733-46-6	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Sulfaméthoxazole-triméthoprime	89-35-3	Médicament	Antibiotique	0,03 µg/l
Sulfanonométhovine	1220-83-3	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Sulfaphénazole	526-08-9	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Sulfapyridine	144-83-2	Médicament	Antibiotique	0,03 µg/l
Sulfaquinolaxine	59-40-5	Médicament	Antibiotique	0,015 µg/l
Sulfasalazine	599-79-1	Médicament	Antiseptique	N/A
Sulfathiazole	72-14-0	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Sunitinib	341031-54-7	Médicament	Anticancer	0,015 µg/l
Tadalafil	171596-29-5	Médicament	Impuissance	0,03 µg/l
Tamoxifène	10540-29-1	Médicament	Anticancer	N/A
Tazobactam	89785-84-2	Médicament	Inhibiteur de bêta-lactamase	N/A
Témzolomide	85622-93-1	Médicament	Anticancer	0,5 µg/l
Tenofovir	147127-20-6	Médicament	Antirétroviral	0,15 µg/l
Terbutaline	23031-32-5	Médicament	Bronchodilatateur	0,015 µg/l
Tétracaine	94-24-6	Médicament	Anesthésique	N/A
Tétracycline	60-54-8	Médicament	Antibiotique	0,15 µg/l
Théophylline	58-56-9	Médicament	Alcaloïde (ex. feuille de thé)	0,03 µg/l
Theofédrine	130-64-0	Médicament	Neurologique	N/A
Thiaptine	30123-17-2	Médicament	Antidépresseur	0,015 µg/l
Tilicosin	108050-54-0	Médicament	Antibactérien	0,15 µg/l
Timolol	26921-17-5	Médicament	Bêta-Bloquant	0,005 µg/l
Tipranavir	174484-41-4	Médicament	Antirétroviral	N/A
Tobramycine	32986-56-4	Médicament	Antibiotique	N/A
Tolbutamide	64-77-7	Médicament	Hypoglycémique	0,015 µg/l
Topotécan	123948-87-8	Médicament	Anticancer	0,03 µg/l
Tramadol	36282-47-0	Médicament	Analgésique	0,005 µg/l
Triclabendazole	68786-66-3	Médicament	Anthelminthique	N/A
Trifluopérazine	440-17-5	Médicament	Neuroleptique	0,03 µg/l
Trihexphénydyle	58947-95-8	Médicament	Anti-Parkinsonien	0,005 µg/l
Triiodothyronine	6893-02-3	Médicament	Hormone	N/A
Trimébutine	39133-31-8	Médicament	Antispasmodique	0,003 µg/l
Triméthoprim	13117-25-0	Médicament	Cardiovasculaire	N/A
Triméthoprim	739-70-5	Médicament	Antibiotique	0,005 µg/l
Tropicamide	1508-75-4	Médicament	Anticholinergique	N/A
Trovafibrate	7085-55-4	Médicament	Vasotonique/Vasculoprotecteur	0,15 µg/l
Tylosine	1401-69-0	Médicament	Antibactérien	0,15 µg/l
Valaciclovir	124832-27-5	Médicament	Antihépatite	0,015 µg/l
Valganciclovir	175865-60-8	Médicament	Antiviral	0,015 µg/l
Valsartan	137862-53-4	Médicament	Antihypertenseur	N/A
Vancomycine	1404-93-9	Médicament	Antibiotique	0,1 µg/l
Vardenafil	224789-15-5	Médicament	Impuissance	0,015 µg/l
Vécuronium	50700-72-6	Médicament	Relaxant musculaire	N/A
Venlafaxine	99300-78-4	Médicament	Antidépresseur	0,005 µg/l
Vérapamil	152-11-4	Médicament	Antagoniste	0,003 µg/l
Vidarbazine	5536-17-4	Médicament	Antihépatite	0,015 µg/l
Vinblastine	143-67-9	Médicament	Anticancer	0,15 µg/l
Vincristine	2068-79-2	Médicament	Anticancer	0,03 µg/l
Vindesine	59917-39-4	Médicament	Anticancer	0,15 µg/l
Vinorelbine	125317-39-7	Médicament	Anticancer	0,15 µg/l
Virginiamycine 51	23152-29-6	Médicament	Stimulant	0,15 µg/l
Warfarine	81-81-2	Médicament	Rodenticide/Anticoagulant	0,003 µg/l
Xylometazoline	1218-35-5	Médicament	Alcaloïde	N/A
Yohimbine	65-19-0	Médicament	Impuissance	0,005 µg/l
Zalcitabine	7481-89-2	Médicament	Antirétroviral	0,03 µg/l
Zidovudine	30516-87-1	Médicament	Antirétroviral	0,15 µg/l
Ziprasidone	138982-67-9	Médicament	Antipsychotique	0,015 µg/l
Zolpidem	82626-48-0	Médicament	Psychotrope/Hypnotique	0,005 µg/l
Zopiclone	43200-80-2	Médicament	Hypnotique	0,015 µg/l
10,11-Dihydrocarbamazépine	3564-73-6	Métabolite de médicament	Métabolite de médicament	N/A
10,11-Epoxy-carbamazépine	36507-30-9	Métabolite de médicament	Métabolite de neuroleptique	N/A
1-Hydroxymidazolam	59468-90-5	Métabolite de médicament	Métabolite de médicament	0,015 µg/l
25-Désacetyl-Rifampicine	16783-99-6	Métabolite de médicament	Antibiotique	N/A
4-Hydroxypropofolol	10476-53-6	Métabolite de médicament	Bêta-Bloquant	N/A
4-Hydroxybutamide	5719-86-7	Métabolite de médicament	Métabolite de médicament	0,015 µg/l
5-Hydroxypropofolol	93240-57-2	Métabolite de médicament	Métabolite de médicament	N/A
5-Hydroxypropofolol	81907-82-6	Métabolite de médicament	Métabolite de médicament	N/A
Amiodarone-déséthyl	36027-24-6	Métabolite de médicament	Antiarythmique	N/A
Cétirizine	83881-52-1	Métabolite de médicament	Antihistaminique	0,015 µg/l
Désipramine	58-28-6	Métabolite de médicament	Antidépresseur	0,005 µg/l
Desméthyl Diazepam	1088-11-5	Métabolite de médicament	Métabolite de médicament	N/A
Desvenlafaxine	300827-87-6	Métabolite de médicament	Antidépresseur	0,005 µg/l
Dextropropiane	143-98-6	Métabolite de médicament	Antitussif	0,005 µg/l
Dihydrotestostérone	521-18-6	Métabolite de médicament	Hormone	0,15 µg/l
Diosméline	520-34-3	Métabolite de médicament	Métabolite de médicament	0,1 µg/l
Enalaprilat	84680-54-6	Métabolite de médicament	Hypertenseur	0,015 µg/l
Fenbendazole	43210-67-9	Métabolite de médicament	Vermifuge	N/A
Fenofibrate acide	42017-89-0	Métabolite de médicament	Hypolipémiant	N/A
Hydroxymétronidazole	4812-40-2	Métabolite de médicament	Anti-infectieux/Agent antiprotozoaire	0,015 µg/l
Licarbazépine (10,11-Dihydro-10-Hydroxycarbamazépine)	29331-92-8	Métabolite de médicament	Métabolite de médicament	N/A
Méthoxymorphane	1067-69-0	Métabolite de médicament	Antitussif	0,005 µg/l
N-désméthyl-cis-tramadol	101899-94-0	Métabolite de médicament	Métabolite de médicament	N/A
Norfloxacine	83891-03-6	Métabolite de médicament	Antidépresseur	0,015 µg/l
Norgestrel	38910-73-5	Métabolite de médicament	Analgésique/Antipyrétique/Anti-inflammatoire	0,015 µg/l
Nortrifline	89411-3	Métabolite de médicament	Antidépresseur/Antianxiolytique	0,005 µg/l
O-Désméthyl-tramadol	79386-53-5	Métabolite de médicament	Analgésique	0,005 µg/l
Oméprazole sulfone	88546-55-8	Métabolite de médicament	Métabolite de médicament	0,003 µg/l
Oxazepam	604-75-1	Métabolite de médicament	Antidépresseur/Antianxiolytique	N/A
Oxfendazole	53716-50-0	Métabolite de médicament	Vermifuge	0,003 µg/l
Paracétamol sulfate	32113-41-0	Métabolite de médicament	Analgésique	0,5 µg/l
Paracétamol-glucuronide	120595-80-4	Métabolite de médicament	Analgésique	0,5 µg/l
Perindoprilate	95153-31-4	Métabolite de médicament	Hypertenseur	N/A
Témazépam	846-50-4	Métabolite de médicament	Hypnotique	N/A
Zopiclone-N-oxide	43200-96-0	Métabolite de médicament	Hypnotique	0,015 µg/l
2,6-Dichlorobenzamide	2008-58-4	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,03 µg/l
3-Métacarbolfuran	16709-30-1	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
5-Hydroxythiabendazole	948-71-0	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
Acétamipride-N-déséthyle	190604-92-3	Métabolite de pesticide	Androgène	0,015 µg/l
Alachlore ESA	Alachlore ESA	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,005 µg/l
Alachlore OA	Alachlore OA	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
Aldicarb sulfone	1646-88-4	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,015 µg/l
Aldicarb sulfoxide	1646-87-3	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,03 µg/l
Ammélide	645-93-2	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
AMPA	1066-51-9 / 13907	Métabolite de pesticide	Métabolite du glyphosate ou de détergent à base de phosphonates	0,10 µg/l
Atraton	1610-17-9	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Atrazine-2-hydroxy	2163-68-0	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Atrazine-désopropyl	1007-28-9	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Atrazine-déséthyl	6190-65-4	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Atrazine-déséthyl-2-hydroxy	19588-24-0	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Atrazine-déséthyl-désopropyl	3397-62-4	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,03 µg/l
Atrazine-déséthyl-désopropyl-2-hydroxy	645-92-1	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Atrazine-désopropyl-2-hydroxy	7313-54-4	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Butachlore ESA	1173022-75-7	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A

Carbofuran-3-hydroxy	16655-82-6	Métabolite de pesticide	Métabolite d'insecticide	0,015 µg/l
Clothianidine	210880-92-5	Métabolite de pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Desméthyl-formamido-pirimicarb	27218-04-8	Métabolite de pesticide	Métabolite d'insecticide	0,003 µg/l
Desméthyl-pirimicarb	30614-22-3	Métabolite de pesticide	Métabolite d'insecticide	0,005 µg/l
Dichlorvos	62-73-7	Métabolite de pesticide	Acaricide	0,015 µg/l
Furénarol ESA	947601-87-8	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,15 µg/l
Furénarol OA	201658-31-7	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,15 µg/l
Isoxarotone monométhyl (1-(4-isopropylphényl)-3-méthylurea) (PPMU)	34128-57-4	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
Malathion	1534-78-2	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,003 µg/l
Mélanine	108-78-1	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,1 µg/l
Métabolite Diméthachlore CGA	1196157-87-5	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,15 µg/l
Métabolite Diméthachlore SYN 530561	1138220-18-4	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,015 µg/l
Métabolite du fenamidone	332855-88-6	Métabolite de pesticide	Fongicide	0,015 µg/l
Métabolite S-Métolachlore CGA 357204	1217465-10-5	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,03 µg/l
Métabolite S-Métolachlore CGA 37735	97055-05-5	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,03 µg/l
Métabolite S-Métolachlore CGA 50267	82508-03-0	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,005 µg/l
Métabolite S-Métolachlore CGA 50720	152019-74-4	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,015 µg/l
Métolachlore ESA	947601-85-6	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
Métolachlore OA	152019-73-3	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
Monométhyluron (1-(3,4-dichlorophényl)-3-méthylurea)	3567-62-2	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
Propachlore ESA	947601-88-9	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
Propachlore OA	70528-36-3	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
Prothioconazole-déséthio	120893-64-4	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	N/A
Pyraflufen	129630-17-7	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,03 µg/l
Sébutylazine-déséthyl	37019-18-4	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Simazine-2-hydroxy	2599-11-3	Métabolite de pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Spiromésifène Métabolite M01	148476-30-6	Métabolite de pesticide	Insecticide	0,005 µg/l
Terbuméton déséthyl	30125-64-5 / 2051	Métabolite de pesticide	Azote, principal métabolite du Terbuméton	0,005 µg/l
Terbutylazine déséthyl	30125-63-4 / 2045	Métabolite de pesticide	Azote, métabolite de la Terbutylazine	0,05 µg/l
Terbutylazine-déséthyl	30125-63-4 / 2045	Métabolite de pesticide	Azote, métabolite de la Terbutylazine	0,005 µg/l
Thiaclopride-amide	676228-91-4	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,015 µg/l
Thiofanox sulfoxide	39184-27-5	Métabolite de pesticide	Métabolite de pesticide	0,015 µg/l
4-Méthylphédrine	27465-53-8	Métabolite de stupefiant	Métabolite de stupefiant	0,003 µg/l
6-Acétilmorphine	2784-73-8	Métabolite de stupefiant	Métabolite de stupefiant	0,1 µg/l
Benzoylcgonine	519-09-5	Métabolite de stupefiant	Substance illicite	N/A
m-CPP	65369-76-8	Métabolite de stupefiant	Psychoactif	0,003 µg/l
m-Hydroxybenzoylcgonine	129344-92-6	Métabolite de stupefiant	Métabolite de stupefiant	0,015 µg/l
p-Hydroxybenzoylcgonine	90959-22-2	Métabolite de stupefiant	Métabolite de stupefiant	0,015 µg/l
6-Hydroxyméthamphétamine	320-14-9	Métabolite de stupefiant	Stupefiant	0,005 µg/l
Aluminium total - Al	7429-90-5 / 1370	Métal	Métal total	0,003 mg/l
Antimoine total - Sb	7440-36-0 / 1376	Métal	Métal total	0,004 mg/l
Arsenic total - As	7440-38-2 / 1369	Métal	Métal total	0,004 mg/l
Cadmium total - Cd	7440-43-9 / 1388	Métal	Métal total	0,001 mg/l
Chrome total - Cr	7440-47-3 / 1389	Métal	Métal total	0,005 mg/l
Cobalt total - Co	7440-48-4 / 1379	Métal	Métal total	0,003 mg/l
Cuivre total - Cu	7440-50-8 / 1392	Métal	Métal total	0,005 mg/l
Fer total - Fe	7439-89-6 / 1393	Métal	Métal total	0,025 mg/l
Manganèse total - Mn	7439-96-5 / 1394	Métal	Métal total	0,005 mg/l
Mercurie total - Hg	206-44-0 / 1191	Métal	Métal total	0,005 mg/l
Nickel total - Ni	7440-02-0 / 13861	Métal	Métal total	0,004 mg/l
Plomb total - Pb	7439-92-1 / 1387	Métal	Métal total	0,002 mg/l
Titane total - Ti	7440-32-6 / 1373	Métal	Métal total	0,010 mg/l
Zinc total - Zn	7440-66-6 / 1383	Métal	Métal total	0,004 mg/l
PBDE 100	189084-64-8 / 2915	PBDE	Diphénylétherbromé	1,0 ng/l
PBDE 138	18277-30-1 / 2913	PBDE	Diphénylétherbromé	0,1 ng/l
PBDE 153	68631-45-7 / 2912	PBDE	Diphénylétherbromé	0,1 ng/l
PBDE 154	207122-15-4 / 2911	PBDE	Diphénylétherbromé	0,1 ng/l
PBDE 17	147217-75-2 / 2921	PBDE	Diphénylétherbromé	0,1 ng/l
PBDE 183	207122-16-5 / 2910	PBDE	Diphénylétherbromé	1,0 ng/l
PBDE 190	189084-68-2 / 2909	PBDE	Diphénylétherbromé	0,1 ng/l
PBDE 209	1163-19-5 / 1815	PBDE	Diphénylétherbromé	10 ng/l
PBDE 28	147217-75-2 / 2920	PBDE	Diphénylétherbromé	0,1 ng/l
PBDE 47	5436-43-1 / 2919	PBDE	Diphénylétherbromé	5,0 ng/l
PBDE 66	187084-61-5 / 2918	PBDE	Diphénylétherbromé	0,1 ng/l
PBDE 71	189084-62-6 / 2917	PBDE	Diphénylétherbromé	0,1 ng/l
PBDE 85	182346-21-0 / 2914	PBDE	Diphénylétherbromé	0,1 ng/l
PBDE 99	60348-60-9 / 2916	PBDE	Diphénylétherbromé	1,0 ng/l
PBDE Somme de PBDE	... / 6678	PBDE	Diphénylétherbromé	18,2 ng/l
2,4-D	93-76-5 / 1144	Pesticide	Phénoxyacide	0,1 µg/l
2,4-DE	94-81-6 / 1142	Pesticide	Phénoxyacide	0,1 µg/l
2,4'-DDD	53-19-0 / 1143	Pesticide	Organochlore	0,1 µg/l
2,4'-DDE	3424-82-6 / 1145	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
2,4'-DDT	789-02-6 / 1147	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
2,4-DP (Dichloroprop)	120-36-5 / 1169	Pesticide	Phénoxyacide	0,05 µg/l
2,4-MCPB	94-81-5 / 1213	Pesticide	Phénoxyacide	0,1 µg/l
2,6-dichlorobenzamide	2008-58-4 / 2011	Pesticide	Amide ou chloroacétamide	0,05 µg/l
4,4'-DDD	72-54-8 / 1144	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
4,4'-DDE	72-55-9 / 1146	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
4,4'-DDT	50-29-3 / 1148	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
Acetamidrid	135410-20-7	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Acétolchlore	34256-82-1 / 1903	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Herbicide	0,10 µg/l
Acifluorfen	74070-46-5	Pesticide	Herbicide	N/A
Acinathrine	101007-06-1 / 1310	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,005 µg/l
Alachlore	15972-60-8 / 1101	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Herbicide	0,003 µg/l
Alifcarbène	116-76-3 / 1102	Pesticide	Carbamate, Insecticide/Nematicide	0,015 µg/l
Alifrine	309-09-2 / 1103	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
Alphaméthrine (alpha cyperméthrine)	6735-30-8 / 1812	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,10 µg/l
Amétoctadine	865318-97-4	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Amétyrène	834-12-8 / 1104	Pesticide	Azote, Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Amicarbazone	129909-90-6	Pesticide	Herbicide	N/A
Amidithion	919-76-6	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	N/A
Amidosulfuron	120923-37-7	Pesticide	Herbicide	N/A
Aminocarbe	2032-59-9	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide	0,015 µg/l
Aminopyralide	150114-71-9	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,15 µg/l
Anilazine	101-05-3	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,015 µg/l
Asulame	3337-71-1	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide	0,15 µg/l
Atrazine	1912-24-9 / 1107	Pesticide	Azote, Herbicide	0,005 µg/l
Azaconazole	60207-31-0 / 2014	Pesticide	Azole	0,10 µg/l
Azimsulfuron	120162-55-2	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Azinphos éthyl	2642-71-9 / 1110	Pesticide	Organophosphoré, Insecticide	0,03 µg/l
Azinphos méthyl	86-50-0 / 1111	Pesticide	Organophosphoré, Insecticide	0,03 µg/l
Azoxystrobine	4658-28-0	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Azoxystrobine	331860-33-8 / 1951	Pesticide	Strobilurine, Fongicide	0,02 µg/l
Béflubutamide	113614-08-7	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Bénalaxyl	71626-11-4 / 1687	Pesticide	Amide ou chloroacétamide	0,10 µg/l
Bénalaxyl	71626-11-4	Pesticide	Fongicide	0,003 µg/l
Bénazoline	3813-05-6	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,15 µg/l
Bendocarbe	22781-23-3	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide	0,015 µg/l
Benfurésate	68505-64-1	Pesticide	Herbicide	0,1 µg/l
Bénodanil	15310-01-7	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,003 µg/l
Bénomyl	17804-35-2	Pesticide	Fongicide	0,005 µg/l

Bensulfuron-méthyle	83055-99-6	Pesticide	Herbicide	0,03 µg/l
Bentazone	25057-89-0 / 1113	Pesticide	Phénoxyacide, Herbicide	0,02 µg/l
Benthiavalcarb-isopropyl	177406-68-7	Pesticide	Fongicide	N/A
Benthiocarbe (thiobencarbe)	/ 28249-77-6 / 1764	Pesticide	Carbamate	0,10 µg/l
Benzovalprop	22212-56-2	Pesticide	Fongicide/Herbicide	N/A
Benzoxyprop-éthyle	22212-55-1	Pesticide	Herbicide	N/A
Bentazaburon	1928-88-0	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Bifenoxate	149877-41-8	Pesticide	Insecticide/Acaricide	0,5 µg/l
Bifenoxine	82657-04-3 / 1120	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,10 µg/l
Bispyribac	125401-92-5	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Bitertanol	55179-31-2	Pesticide	Azolé, Fongicide	0,015 µg/l
Bixafène	581809-46-3	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide	0,03 µg/l
Boscalid	188425-85-6 / 5526	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Fongicide	0,015 µg/l
Bromacil	314-40-9 / 1686	Pesticide	Uracile, Herbicide	0,003 µg/l
Bromfenphos-éthyle	33399-00-7	Pesticide	Insecticide	N/A
Bromfenphos-méthyle	13104-21-7	Pesticide	Insecticide	0,03 µg/l
Bromophos-éthyl	4824-78-6 / 1123	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Bromophos méthyl	2104-96-3 / 1124	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Bromoxynil	1689-84-5 / 1125	Pesticide	Benzonitrile	0,03 µg/l
Brompyrazone	3042-84-0	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Bupirimate	11483-43-6	Pesticide	Fongicide	N/A
Butachlor	23184-66-9	Pesticide	Herbicide	N/A
Buturon	3766-60-7	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Cardasafos	95465-99-9 / 1863	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Cafenstrole	125306-83-4	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Carbaryl	63-25-2	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Carbendazim	10605-21-7 / 1129	Pesticide	Carbamate, Fongicide	0,005 µg/l
Carbentamide	16118-49-3	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Carbofuran	1563-66-2 / 1130	Pesticide	Carbamate, Insecticide	0,005 µg/l
Carbophénthion	786-19-6 / 1131	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Carboxine	5234-68-4	Pesticide	Fongicide	N/A
Carfentrazone-éthyle	128639-02-1	Pesticide	Herbicide	0,03 µg/l
Cartap	15263-52-2	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Chlorambène	133-90-4	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,15 µg/l
Chlorantraniliprole	500008-45-7	Pesticide	Insecticide	0,03 µg/l
Chlorobromuron	19300-45-7 / 2016	Pesticide	Urée substituée, Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	0,015 µg/l
Chlorobutame	1957-16-4	Pesticide	Herbicide	N/A
Chlorobutène cis	5163-71-9 / 1010	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
Chlorobutène cis-trans	11789-03-6 / 1123	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
Chlorobutène trans	5103-74-1 / 1737	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
Chlorocyclozole	143-50-0 / 1866	Pesticide	Organochlore	0,10 µg/l
Chlorfénazole	3574-96-7	Pesticide	Fongicide	0,005 µg/l
Chlorfenphos	470-90-6	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Chloridazone	1698-60-8 / 1133	Pesticide	Organophosphoré, Herbicide	0,20 µg/l
Chlorimuron-éthyle	90982-32-4	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	N/A
Chlormephos	24934-91-6 / 1134	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Chlorotoluron (chlortoluron)	15545-48-9 / 1136	Pesticide	Urée substituée	0,005 µg/l
Chloroxuron	1982-47-4 / 1683	Pesticide	Urée substituée, Herbicide	0,003 µg/l
Chlorprophame	101-21-3 / 1474	Pesticide	Carbamate, Herbicide	0,1 µg/l
Chlorprophame	101-21-3 / 1474	Pesticide	Carbamate, Herbicide	0,10 µg/l
Chlorpyrifos méthyl	5598-13-0 / 1540	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Chlorisulfuron	64902-72-3	Pesticide	Herbicide	N/A
Chlorithiamide	1918-13-4	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,15 µg/l
Chlorotoluron	15545-48-9	Pesticide	Herbicide	0,02 µg/l
Cinosulfuron	94593-91-6	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	0,015 µg/l
cis-Mevphos solution	298-01-1	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Clofentazine	24115-24-5	Pesticide	Acaricide	N/A
Clomazone	81777-89-1	Pesticide	Herbicide	N/A
Cloméprop	84496-56-0	Pesticide	Herbicide	0,5 µg/l
Cloransulame-méthyle	147150-35-4	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Coumaphos	56-72-4 / 1682	Pesticide	Organophosphoré, Insecticide/Acaricide	0,10 µg/l
Crimidine	535-89-7	Pesticide	Rodenticide	0,005 µg/l
Cruformate	299-86-5	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,015 µg/l
Cumyluron	99485-76-4	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	N/A
Cyanazine	21725-46-2 / 1137	Pesticide	Azoté, Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Cyanoferphos	13067-93-1	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	N/A
Cyazoflamide	120116-88-3 /	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Fongicide/Herbicide	0,15 µg/l
Cyclafuramide	34849-42-8	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Cycloate	1194-23-2	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Cyfloufamideuron	136845-15-5	Pesticide	Herbicide	N/A
Cyfluron	2169-69-1	Pesticide	Herbicide	0,5 µg/l
Cyfluthrine	68359-37-5 / 1681	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,05 µg/l
Cymoxanil	57966-95-7 / 1139	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Fongicide	0,05 µg/l
Cyperméthrine	52315-07-8 / 1140	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,02 µg/l
Cyproconazole	113096-99-4 / 1680	Pesticide	Azolé, Fongicide	0,005 µg/l
Cyprodinil	121552-61-2	Pesticide	Fongicide	0,005 µg/l
Cyprothide	2759-71-9	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,015 µg/l
Cyromazine	66215-27-8	Pesticide	Insecticide	N/A
Cythioate	115-93-5	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,1 µg/l
Désopropylatrazine	1007-28-9 / 1109	Pesticide	Azoté	0,02 µg/l
Deltaméthrine	52918-63-5 / 1149	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,05 µg/l
Demeton O	298-03-3 / 1150	Pesticide	Organophosphoré	0,05 µg/l
Demeton O-15	8065-48-3 / 1550	Pesticide	Organophosphoré	0,05 µg/l
Demeton S	126-75-0 / 1152	Pesticide	Organophosphoré	0,05 µg/l
Demeton S méthyl	919-86-8 / 1153	Pesticide	Organophosphoré	0,05 µg/l
Demeton S méthyl sulfone	17040-19-6 / 1154	Pesticide	Organophosphoré	0,05 µg/l
Désoxybutazine	6190-45-4 / 1108	Pesticide	Azoté	0,03 µg/l
Desmedipham	13684-56-5	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Desméthylne	1014-69-3 / 1155	Pesticide	Azoté, Herbicide	0,05 µg/l
Desméthylne	1014-69-3 / 1155	Pesticide	Azoté, Herbicide	0,005 µg/l
Diazinon	333-41-5 / 1157	Pesticide	Organophosphoré, Insecticide	0,1 µg/l
Dicamba	1918-00-9 / 1480	Pesticide	Phénoxyacide	0,1 µg/l
Dichlofenthion	97-17-6 / 1159	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Dichloraluré	116-52-9	Pesticide	Herbicide	N/A
Diclocymet	139920-32-4	Pesticide	Fongicide/Herbicide	N/A
Diclosulame	145701-21-9	Pesticide	Herbicide/Fongicide	0,03 µg/l
Dicofol	115-32-2 / 1172	Pesticide	Organochlore	0,05 µg/l
Dicyclanil	112636-83-6	Pesticide	Insecticide	0,03 µg/l
Dieldrine	60-57-1 / 1173	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
Diethofencarbe	87130-20-9	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide	N/A
Difenoconazole	119446-68-3 / 1905	Pesticide	Azolé, Fongicide	0,20 µg/l
Difencouazole	119446-68-3 / 1905	Pesticide	Azolé, Fongicide	0,015 µg/l
Diflucanquat méthyl sulfate	43272-48-6	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Diflufenuron	2507-28-5	Pesticide	Insecticide	0,3 µg/l
Diflufenicanil	83164-33-4	Pesticide	Herbicide	0,5 µg/l

Diflufenopyr	109293-97-2	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Diméfuron	34205-21-5	Pesticide	Herbicide/Insecticide	0,003 µg/l
Diméthachlore	50563-36-5 / 2546	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Herbicide	0,003 µg/l
Diméthaméthyne	22936-75-0	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Diméthénamide ou Diméthénamide-P	87674-68-9 / 1678	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Herbicide	0,05 µg/l
Diméthioate	60-51-5 / 1175	Pesticide	Organophosphoré, Insecticide	0,003 µg/l
Diméthomorph	110488-70-2	Pesticide	Organophosphoré, Insecticide	0,015 µg/l
Diméthian	644-64-4 / 1688	Pesticide	Carbamate	0,02 µg/l
Dimoxystroline	149961-52-4	Pesticide	Acaricide/Fongicide	0,005 µg/l
Dinotérine	29091-05-2	Pesticide	Herbicide	0,15 µg/l
Dinotéfuran	165252-70-0	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Dinotérb	1420-07-1 / 1176	Pesticide	Phénol	0,03 µg/l
Dipropéthyne	4147-51-7	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Disulfoton	798-04-4 / 1492	Pesticide	Organophosphoré	0,01 µg/l
Diuron	330-54-1 / 1177	Pesticide	Urée substituée, Herbicide	0,005 µg/l
DNOC (dinitrocrésol)	534-52-1 / 1490	Pesticide	Phénol	0,03 µg/l
Drazoxolon	5707-69-7	Pesticide	Fongicide/Herbicide	N/A
Endosulfan	115-29-7 / 1743	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Endosulfan alpha	959-98-8 / 1178	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Endosulfan beta	33213-65-9 / 1179	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Endosulfan sulfate	1031-07-3 / 1742	Pesticide	Organochloré	0,10 µg/l
Endrine	72-20-8 / 1181	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Époxiconazole	133855-98-8	Pesticide	Fongicide	0,003 µg/l
Époxycarbazole	135319-73-2 / 1744	Pesticide	Azole	0,05 µg/l
Ésfenvalérate	66230-04-4 / 1809	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,03 µg/l
Éthaboxame	162650-77-3	Pesticide	Fongicide/Herbicide	N/A
Éthidmuron	30043-49-3	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Ethion	563-12-2 / 1183	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Éthiozine	64529-56-2	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Ethofumesate	26225-79-6	Pesticide	Herbicide	N/A
Ethoxysulfuron	126801-58-9	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Éthymol	23947-60-6	Pesticide	Fongicide	0,005 µg/l
Etrifos	38260-54-7	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	N/A
Fénamidone	161326-34-7	Pesticide	Fongicide	0,003 µg/l
Fénarimol	60168-88-9 / 1185	Pesticide	Organochloré	0,05 µg/l
Fenbuconazole	114389-43-6	Pesticide	Fongicide	N/A
Fenchlorothos	292-84-2 / 1186	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Fenflurame	24931-80-3	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Fenhexamid	126822-17-8	Pesticide	Fongicide	0,015 µg/l
Fenprothion	122-14-5 / 1187	Pesticide	Organophosphoré	0,05 µg/l
Fénobucarb	3766-81-2	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide	0,003 µg/l
Fénoxaprop	95617-09-7	Pesticide	Herbicide	N/A
Fénoxaprop-éthyle	66441-23-4	Pesticide	Herbicide	N/A
Fénoxycarbe	72490-01-8	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Fenprophathine	39515-41-8 / 1188	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,03 µg/l
Fenpropridin	67306-00-7	Pesticide	Fongicide	N/A
Fenpropimorph	67564-91-4	Pesticide	Fongicide	0,005 µg/l
Fenthion	55-38-9 / 1190	Pesticide	Organophosphoré	0,05 µg/l
Fentrazamide	158237-07-1	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,03 µg/l
Fénuron	101-42-8 / 1500	Pesticide	Urée substituée, Herbicide	0,1 µg/l
Fenvalérate	51630-28-1 / 1701	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,03 µg/l
Figronil	120068-37-3 / 2009	Pesticide	Phénylpyrazole, insecticide/termiticide	0,05 µg/l
Filmprop	58667-63-3	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,015 µg/l
Filmprop-M-isopropyl	57972-67-8	Pesticide	Herbicide	N/A
Flazasulfuron	104049-78-0	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Florasulam	145703-23-1	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Fluazifop-butyle	69806-50-4	Pesticide	Herbicide	0,15 µg/l
Fluazifop-méthyle	69335-90-6	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Fluazifop-P	83066-88-0	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Fluazinam	79622-59-6	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,5 µg/l
Fkycitrinate	7024-77-5	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,10 µg/l
Flufénacet	142459-58-3	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Flumetsulam	98967-40-9	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Fluométuron	2164-17-2	Pesticide	Herbicide	N/A
Fluopicolide	239110-15-7	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,015 µg/l
Fluopyram	658066-35-4	Pesticide	Fongicide/Herbicide	N/A
Floxastrobin	361377-29-9	Pesticide	Acaricide/Fongicide	0,015 µg/l
Flupyrifluron-méthyle	144740-54-5	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Fluquinconazole	136426-54-5 / 2056	Pesticide	Azole	0,03 µg/l
Flurochloridon	61113-25-0	Pesticide	Herbicide	N/A
Fluroxypyr	69277-81-7	Pesticide	Herbicide	N/A
Fluroxypyr-méthyl	81406-37-3	Pesticide	Herbicide	N/A
Flusilazole	85509-19-9 / 1194	Pesticide	Azole, Fongicide	0,20 µg/l
Flutriafol	76674-21-0 / 1503	Pesticide	Azole	0,05 µg/l
Folpet (Folpet)	133-07-3 / 1192	Pesticide	Organochloré	0,05 µg/l
Fonofos	944-22-9 / 1674	Pesticide	Organophosphoré	0,05 µg/l
Foramsulfuron	173159-57-4	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	N/A
Formétanate	23422-53-9	Pesticide	Insecticide/Acaricide	0,03 µg/l
Formothion	2540-82-1 / 1504	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Fubéridazole	3878-19-1	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Furalaxyl	57646-30-7 / 1908	Pesticide	Amide ou chloroacétamide	0,10 µg/l
Furmécycloz	60568-05-0	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Glyphosate (incluant le sulfosate)	1071-83-6 / 1506	Pesticide	Herbicide	0,10 µg/l
Halosulfuron-méthyle	100784-20-1	Pesticide	Herbicide	N/A
HCH alpha	319-84-6 / 1200	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
HCH beta	319-85-7 / 1201	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
HCH delta	319-86-8 / 1202	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
HCH epsilon	6108-10-7 / 2046	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Heptachlore	76-44-8 / 1197	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Heptachlore epoxyde	1024-57-3 / 1198	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Heptachlore epoxyde endo	28044-83-9 / 1749	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Heptachlore epoxyde exo	1024-57-3 / 1748	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Hexachlorobenzène	118-74-1 / 1199	Pesticide	Organochloré	0,01 µg/l
Hexaconazole	79983-71-4	Pesticide	Fongicide	0,003 µg/l
Hexazinone	51235-04-2 / 1673	Pesticide	Azote, Herbicide	0,005 µg/l
Hexythiazox	78587-05-0	Pesticide	Acaricide	0,1 µg/l
Imazalil	35554-44-0 / 1704	Pesticide	Azole, Fongicide	0,05 µg/l
Imazaméthabenz-méthyl	81405-85-8 / 1911	Pesticide	Azole	0,10 µg/l
Imazaméthabenz-méthyle	81405-85-8	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Imazamox	114311-32-9	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Imazapyr	104998-48-8	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Imazapyr	81334-24-1	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Imazapic	81335-37-7	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Imazapic	81335-77-5	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Imazasulfuron	122548-33-8	Pesticide	Herbicide	N/A
Imidacloprid	138261-41-3 / 1877	Pesticide	Carbamate, Insecticide	0,015 µg/l
Indoxacarbe	144171-61-9	Pesticide	Insecticide	0,5 µg/l
Iodofenphos	18181-70-9 / 2025	Pesticide	Organophosphoré	0,02 µg/l
Iodosulfuron-méthyl	144550-36-7	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	N/A
Ioxynil	1689-83-4 / 1205	Pesticide	Benzonitrile	0,03 µg/l
Iprodione	36734-19-7	Pesticide	Fongicide	N/A

Iprovalicarbe	140923-17-7	Pesticide	Fongicide	N/A
Iprymidam	30182-24-2	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Irgarol	28159-98-0	Pesticide	Algicide/Antifouling	0,005 µg/l
Isazofos ou Isazofos	42509-80-8 / 1976	Pesticide	Organophosphoré, Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,10 µg/l
Isocarbamide	30979-48-7	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,015 µg/l
Isocarbofos	24553-61-5	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,003 µg/l
Isodrine	463-73-6 / 1207	Pesticide	Organochlore	0,02 µg/l
Isolfenphos	29211-71-1	Pesticide	Insecticide	N/A
Isolfenphos-méthyle	99675-09-3	Pesticide	Insecticide	0,15 µg/l
Isométhiozine	57052-04-7	Pesticide	Herbicide	N/A
Isoproturon	28905-78-9	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	0,005 µg/l
Isoproturon	34123-59-6 / 1208	Pesticide	Urée substituée, Herbicide	0,005 µg/l
Isouron	55861-78-4	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Isoxaben	82558-50-7 / 1672	Pesticide	Amide ou chloroacétamide	0,20 µg/l
Isoxaflutole	141112-29-0	Pesticide	Herbicide	0,15 µg/l
Karbutylate	4849-32-5	Pesticide	Herbicide	N/A
Lambda cyhalothrine	91465-08-6 / 1094	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,10 µg/l
Lénacile	2164-08-1	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Lindane (gamma HCH)	58-89-9 / 1203	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Linuron	330-55-2 / 1209	Pesticide	Urée substituée, Herbicide	0,005 µg/l
Malathion	121-75-5 / 1210	Pesticide	Organophosphoré, Insecticide	0,015 µg/l
MCPP (Mecoprop)	7089-19-0 / 1214	Pesticide	Phénoxyacide	0,02 µg/l
Méfenal	7259-09-0	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,003 µg/l
Mésofurfuron-méthyle	208465-21-8	Pesticide	Herbicide	N/A
Mésotrione	104206-82-8	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,15 µg/l
Métalaxyl	57837-19-1 / 1706	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Fongicide	0,005 µg/l
Métamitron	41394-05-2	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Metamitron	41394-05-2 / 1215	Pesticide	Azoté	0,10 µg/l
Métazachlore	67129-08-2 / 1670	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Herbicide	0,003 µg/l
Metconazole	125116-23-6 / 1879	Pesticide	Azolé	0,05 µg/l
Méthabenzthiazuron	18691-97-9 / 1216	Pesticide	Urée substituée	0,01 µg/l
Méthabenzthiazuron	18691-97-9	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Méthamidophos	10265-92-6	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,15 µg/l
Méthuroxame	28730-17-8	Pesticide	Fongicide	N/A
Méthidathion	950-37-8 / 1217	Pesticide	Organophosphoré, Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,05 µg/l
Méthidathion	950-37-8 / 1217	Pesticide	Organophosphoré, Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,15 µg/l
Méthiocarb	2032-65-7	Pesticide	Insecticide/Acaricide/Molluscicide	0,015 µg/l
Méthomyl	16752-77-5 / 1218	Pesticide	Carbamate, Insecticide	0,015 µg/l
Méthoxychlor	72-43-6 / 1511	Pesticide	Organochloré	0,10 µg/l
Méthoxyfénolide	161850-58-4	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Métolbromuron	3060-89-7 / 1515	Pesticide	Urée substituée, Herbicide	0,015 µg/l
Métolachlore	51218-45-2 / 1221	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Herbicide	0,003 µg/l
Métolachlore	51218-45-2 / 1221	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Herbicide	0,10 µg/l
Métosulame	139528-85-1	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,015 µg/l
Metoxuron	19937-59-8 / 1222	Pesticide	Urée substituée, Herbicide	0,005 µg/l
Métribuzine	21087-64-9 / 1225	Pesticide	Azoté, Herbicide	0,05 µg/l
Métribuzine	21087-64-9 / 1225	Pesticide	Azoté, Herbicide	N/A
Metsulfuron-méthyle	74223-64-6	Pesticide	Herbicide	N/A
Mevinphos	7786-34-7 / 1226	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Molinate	2212-67-1 / 1707	Pesticide	Carbamate	0,02 µg/l
Monalide	7287-36-7	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Monocrotophos	6923-22-4	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,003 µg/l
Monolinuron	1746-81-2 / 1227	Pesticide	Urée substituée, Herbicide/Algicide	0,1 µg/l
Monuron	150-88-5 / 1228	Pesticide	Urée substituée, Herbicide	0,1 µg/l
Myclobutani	98671-89-0	Pesticide	Fongicide	N/A
Naled	300-76-6 / 1516	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Napropamide	15299-99-7 / 1519	Pesticide	Amide ou chloroacétamide	0,10 µg/l
Naztalam	132-66-1	Pesticide	Fongicide/Herbicide	N/A
Néburon	555-37-3 / 1520	Pesticide	Urée substituée, Herbicide	0,1 µg/l
Nicosulfuron	111991-09-4	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Nicosulfuron	111991-09-4 / 1882	Pesticide	Urée substituée	0,10 µg/l
Nitensyam	150824-47-8	Pesticide	Insecticide	0,003 µg/l
Norfurazon	27314-13-2	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Ométhoate	1113-02-6	Pesticide	Acaricide/Insecticide	0,003 µg/l
Orthosulfamuron	213464-77-8	Pesticide	Herbicide	N/A
Dryasastrobine	248593-16-0	Pesticide	Acaricide/Fongicide	0,005 µg/l
Oryzalin	19044-88-3 / 1668	Pesticide	Aniline, Herbicide	0,007 µg/l
Oxadargyl	39807-15-3	Pesticide	Herbicide	0,5 µg/l
Oxadiazon	19666-30-9	Pesticide	Herbicide	0,5 µg/l
Oxadiazyl	77732-09-3 / 1666	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Fongicide	0,015 µg/l
Oxamyl	23139-22-0	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Oxasulfuron	144651-06-9	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Oxydemeton-méthyl	501-12-2	Pesticide	Insecticide/Acaricide	N/A
Paclotrazai	76738-62-0	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Parathion éthyl (parathion)	56-38-2 / 1232	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Parathion méthyl	298-00-0 / 1233	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Penconazole	66246-88-6	Pesticide	Fongicide	0,005 µg/l
Pencycuron	66063-05-6	Pesticide	Fongicide	N/A
Pendiméthaline	40487-42-1	Pesticide	Herbicide	0,15 µg/l
Pénoxsulame	219714-96-2	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Pentachlorobenzène	608-93-5 / 1888	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Perfluidone	37924-13-3	Pesticide	Herbicide	N/A
Piréthane	52645-53-1 / 1523	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,10 µg/l
Phenméthiame	13684-63-4	Pesticide	Herbicide	0,003 µg/l
Phenméthiame-éthyle	13684-44-1	Pesticide	Herbicide	N/A
Phorate	298-07-7 / 1525	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Phosalone	2300-17-0 / 1237	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Phosphamidon	13171-21-6 / 1238	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Phosphate de tributyle	126-73-8 / 1847	Pesticide	Solvant, retardateur de flamme, anti-mousse, plastifiant, etc.	0,05 µg/l
Picolnafène	1918-02-1	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,15 µg/l
Picolnafène	137641-05-5	Pesticide	Herbicide	0,5 µg/l
Pirimicarb	23103-98-2 / 1528	Pesticide	Carbamate, Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide	0,005 µg/l
Pirimiphos-méthyl	29232-93-7	Pesticide	Insecticide	0,005 µg/l
Pirimisulfuron-méthyle	86209-51-0	Pesticide	Herbicide	0,1 µg/l
Prochloraz	67747-09-5 / 1253	Pesticide	Azolé, Fongicide	0,015 µg/l
Profenofos	41198-08-7 / 1889	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Profoxydime	281664-76-4	Pesticide	Herbicide	N/A
Promécarbe	2631-37-0	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide	0,003 µg/l
Prometon	1610-18-0 / 1711	Pesticide	Azoté, Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Prométrine	7287-19-6	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,005 µg/l
Propachlore	1918-16-7 / 1712	Pesticide	Amide ou chloroacétamide, Fongicide/Herbicide	0,003 µg/l
Propanil	709-98-8	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l

Propazine	139-40-2 / 1256	Pesticide	Azoté, Herbicide	0,005 µg/l
Propetamphos	31218-83-4 / 1533	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Prophe	122-42-9	Pesticide	Herbicide	0,15 g/l
Propiconazole	60207-90-1 / 1257	Pesticide	Azolé, Fongicide	0,10 µg/l
Propoxycarbazone	181274-15-7	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Propramide	23950-58-5 / 1414	Pesticide	Amide ou chloracétamide, Herbicide	0,015 µg/l
Proxycarb	52888-80-9 / 1092	Pesticide	Carbamate	0,1 µg/l
Proxifurone	94125-34-5	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	N/A
Prothioconazole	178928-70-6	Pesticide	Fongicide	N/A
Pyracarbolid	24691-76-7	Pesticide	Fongicide/Herbicide	N/A
Pyraclafos	77458-01-6	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	N/A
Pyraclorobin	175013-18-0	Pesticide	Fongicide	N/A
Pyrasulfote	365400-11-9	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide	0,03 µg/l
Pyrazophos	13457-18-6 / 1258	Pesticide	Organophosphoré, Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,015 µg/l
Pyrazosulfuron-éthyle	93697-74-6	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Pyréthrin	8003-34-7 / 2062	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,10 µg/l
Pyridafol	40020-01-7	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Pyridate	55512-33-9	Pesticide	Herbicide	N/A
Pyriméthanil	53112-28-0	Pesticide	Fongicide	N/A
Pyrimidifène	105719-78-0	Pesticide	Acaricide/Insecticide/Rodenticide	0,003 µg/l
Pyrimiphos-éthyl	22502-41-1 / 1260	Pesticide	Organophosphoré, Insecticide	0,10 µg/l
Pyrimiphos-méthyl	29322-41-7 / 1261	Pesticide	Organophosphoré	N/A
Pyrimor	53558-25-1	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	0,10 µg/l
Pyrioxysfène	95737-68-1	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Quinalphos	13593-03-8 / 1891	Pesticide	Organophosphoré, Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,003 µg/l
Quinmérac	90717-03-6	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,003 µg/l
Quinoxysfène	124495-18-7	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,03 µg/l
Quizalofop-éthyle	76578-14-8	Pesticide	Herbicide	0,03 µg/l
Quizalofop-p	94051-08-8	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Quizalofop-p-terfuryl	200509-41-7	Pesticide	Herbicide	0,15 g/l
Rimsulfuron	122931-48-0	Pesticide	Herbicide	N/A
Safufenacil	372137-35-4	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Schradane	152-16-9	Pesticide	Insecticide/Acaricide	0,005 µg/l
Sébutylazine	7286-69-3	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Secbumeton	26259-45-0 / 1262	Pesticide	Azoté, Herbicide	0,05 µg/l
Sécuron	1982-49-6	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Sulfiamfom	475217-20-6	Pesticide	Fongicide	N/A
Simazine	1232449 / 1263	Pesticide	Azoté, Herbicide	0,005 µg/l
Simétone	673-04-1	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Simétone	1014-70-6	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Somme 2,4 DDT + 4,4'-DDT	...	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Somme aldrine, dieldrine, endrine, isodrine	...	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Somme des isomères de l'HCH (sauf HCH epsilon)	... / 5537	Pesticide	Organochloré	0,02 µg/l
Spinosad	131929-60-7	Pesticide	Insecticide	N/A
Spirotetramat	203313-25-1	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Sulcotrione	99105-77-8	Pesticide	Herbicide	N/A
Sulfentrazone	122836-35-5	Pesticide	Herbicide	0,15 g/l
Sulfometuron-méthyle	74222-97-2	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Sulfosulfuron	141776-32-1	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	0,03 µg/l
Tau-fluvalinate	102851-06-9 / 1193	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,10 µg/l
Tebucanazole	107534-96-3 / 1694	Pesticide	Azolé, Fongicide	0,10 µg/l
Tebuconazole	107534-96-3 / 1694	Pesticide	Azolé, Fongicide	0,005 µg/l
Tébufenozide	112410-23-4	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Tébufenpyrad	119166-72-3 / 1695	Pesticide	Azolé	0,03 µg/l
Tébutam-Métho	39256-85-0 / 1691	Pesticide	Amide ou chloracétamide	0,10 µg/l
Tébutame	35256-85-0	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Tébutiuron	34014-18-1	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Téfluthrine	79538-32-2 / 1953	Pesticide	Pyréthinoïdes	0,10 µg/l
Terbufos	13071-79-9 / 1267	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Terbumeton	33693-04-8 / 1266	Pesticide	Azoté, Herbicide	0,05 µg/l
Terbumeton	33693-04-8 / 1266	Pesticide	Azoté, Herbicide	0,005 µg/l
Terbutylazine	5915-41-3 / 1268	Pesticide	Azoté, Herbicide/Antibactérien/Algicide	0,005 µg/l
Terbutryne	886-50-0 / 1269	Pesticide	Azoté, Herbicide	0,005 µg/l
Tétrachlorvinphos	22248-79-9 / 1277	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Tetraconazole	112281-77-3 / 1660	Pesticide	Azolé	0,05 µg/l
Tetraflon	116-29-0 / 1900	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Tétraméthrine	7696-12-0	Pesticide	Insecticide	0,15 g/l
Thénylthio	36491-05-3	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,015 µg/l
Thiabendazole	148-79-7 / 1713	Pesticide	Azolé, Fongicide	0,005 µg/l
Thiaclopride	111988-49-9	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Thiaméthoxame	153719-23-4	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Thiazaluron	25386-23-8	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	0,015 µg/l
Thiazuron	51707-55-2	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Thiencarbazone-méthyle	317815-83-1	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Thifensulfuron-méthyle	79277-27-3	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Thiodicarbe	59669-26-0	Pesticide	Insecticide	0,015 µg/l
Thiofanox	39196-18-4	Pesticide	Insecticide	0,003 µg/l
Thiometon	640-15-3 / 2071	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
Thiophanate	23564-06-9	Pesticide	Fongicide	0,015 µg/l
Thiophanate-méthyle	23564-05-8	Pesticide	Fongicide	0,015 µg/l
Thiadiril	223580-51-6	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,015 µg/l
Thiofenpyrad	129558-76-5	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide	N/A
Thiofluanide	731-77-1	Pesticide	Fongicide	0,1 µg/l
Thioprimate	21063-69-8	Pesticide	Herbicide	0,1 µg/l
trans-Méthylphos solution	26718-65-0	Pesticide	Insecticide	N/A
Triadimfon	43121-43-3 / 1544	Pesticide	Azolé	0,05 µg/l
Triadimol	55219-65-3 / 1280	Pesticide	Azolé	0,10 µg/l
Triallate	2303-17-5 / 1	Pesticide	Carbamate	0,1 µg/l
Triamphos	1031-47-6	Pesticide	Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,005 µg/l
Triasulfuron	82097-50-5	Pesticide	Herbicide	N/A
Triazophos	24017-47-8 / 1657	Pesticide	Organophosphoré, Acaricide/Fongicide/Herbicide/Insecticide/Nematicide/Rodenticide	0,05 µg/l
Tribénuron-méthyle	101200-48-0	Pesticide	Herbicide	0,15 g/l
Trichlamide	70193-21-4	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,1 µg/l
Trichlorfon	52-68-6 / 1287	Pesticide	Organophosphoré, Acaricide	0,03 µg/l
Triclopyr	55335-06-3 / 1288	Pesticide	Phénoxyacide	0,1 µg/l
Triétazine	1912-26-1	Pesticide	Herbicide	0,005 µg/l
Trifloxystrobin	141517-21-7	Pesticide	Fongicide	N/A
Triflousulfuron	199119-58-9	Pesticide	Herbicide	0,015 µg/l
Triflousulfuron-méthyle	126535-15-7	Pesticide	Herbicide	N/A
Tritosulfuron	142469-14-5	Pesticide	Fongicide/Herbicide/Insecticide/Rodenticide	0,03 µg/l
Valifénaline	2834159-90-0	Pesticide	Fongicide/Herbicide	0,015 µg/l
Vamidothion	2275-23-7 / 1290	Pesticide	Organophosphoré	0,10 µg/l
PCB 101	31508-00-6 / 1243	Polychlorobiphényle	PCB	0,005 µg/l
PCB 118	35065-28-2 / 1244	Polychlorobiphényle	PCB	0,005 µg/l
PCB 138	35065-27-1 / 1245	Polychlorobiphényle	PCB	0,005 µg/l
PCB 153	35065-29-3 / 1246	Polychlorobiphényle	PCB	0,005 µg/l
PCB 180	7012-37-5 / 1239	Polychlorobiphényle	PCB	0,005 µg/l
PCB 28	35693-99-3 / 1239	Polychlorobiphényle	PCB	0,005 µg/l
PCB 52	35693-99-3 / 1241	Polychlorobiphényle	PCB	0,005 µg/l
2,5-Diméthoxy-4-bromoamphétamine	29705-96-2	Stupefiant	Stupefiant	0,005 µg/l
3-4-Méthylendioxyamphétamine	64057-70-1	Stupefiant	Stimulant	0,015 µg/l
4-Méthylmethcathinone	1189726-22-4	Stupefiant	Stimulant	0,015 µg/l
5-Méthyl-N,N-diméthyltryptamine	22120-39-4	Stupefiant	Substance illicite	0,15 µg/l
Amphétamine	300-62-9	Stupefiant	Substance illicite	0,015 µg/l
Benzphétamine	5411-22-3	Stupefiant	Somnifère	0,003 µg/l
Butylone	17762-90-2	Stupefiant	Stimulant	0,003 µg/l
Cocaine	50-36-2	Stupefiant	Substance illicite	0,005 µg/l
Éthylamphétamine	16105-78-5	Stupefiant	Stimulant	0,005 µg/l
Éthylmorphine	76-58-4	Stupefiant	Analgésique	0,003 µg/l
Héroïne	1502-35-0	Stupefiant	Stupefiant	N/A
Hydrocodone	125-29-1	Stupefiant	Analgésique	0,015 µg/l
Hydromorphone	466-99-9	Stupefiant	Stupefiant	0,015 µg/l
LSD	50-37-3	Stupefiant	Stupefiant	0,005 µg/l
Méthamphétamine	4846-07-5	Stupefiant	Stimulant	0,005 µg/l
N-hydroxy-3-4-méthylendioxyamphétamine	114562-59-3	Stupefiant	Stupefiant	0,5 µg/l
Oxycodone	76-42-6	Stupefiant	Analgésique	0,015 µg/l

ANNEXE 2 : Arbre décisionnel, suivi de ToxMate en sortie de STEU

