



## LIVRABLE 2-A

### Source des micropolluants suivis Définition des protocoles d'expérimentations (synthèse)

---

#### Responsables du rendu :

Robin Garnier (doctorant), INSA Lyon, Laboratoire DEEP

Céline Becouze-Lareure (Post-doctorante), INSA Lyon, Laboratoire DEEP



## Table des matières

<b>A. Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>B. Liste des micropolluants suivis .....</b>	<b>2</b>
1- Principe de choix des substances et famille de polluants suivis .....	2
2- Présentation des familles de substances .....	4
Les éléments traces métalliques (ETM) .....	4
Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs).....	7
Les pesticides.....	9
Les Alkylphénols .....	12
Le Bisphénol A .....	14
Les Polybromodiphényléthers (PBDEs) .....	14
<b>C. Instrumentation des sites.....</b>	<b>17</b>
Mode de description des sites d'étude.....	17
Présentation de la métrologie et des procédures de prélèvements, d'échantillonnages et d'analyses.....	17
Instrumentation pour mesure des flux d'eau .....	17
Protocole de prélèvements, d'échantillonnages et d'analyses.....	17
<b>D. Références bibliographiques .....</b>	<b>20</b>
<b>E. Annexes</b>	
Annexe 1. Propriétés physico-chimiques des micropolluants	
Annexe 2. Principales caractéristiques physico-chimiques des pesticides étudiés	
Annexe 3. Cahier des charges d'analyses des micropolluants pour évaluer l'efficacité des ouvrages de gestion des eaux pluviales	
Annexe 4. Fiches de présentation des sites et instrumentation	
Annexe 5 Méthodes d'extraction et méthodes analytiques	
Annexe 6. Fiches de synthèse - Micropolluants suivis dans le milieu urbain	

## A. Introduction

---

Ce livrable a pour but de fournir des éléments généraux sur les micropolluants étudiés et leur sélection, sur la synthèse de l'instrumentation et des protocoles de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse. On trouvera au livrable L2B le détail de cette instrumentation en phase avec les résultats.

## B. Liste des micropolluants suivis

---

### 1- Principe de choix des substances et famille de polluants suivis

---

Antérieurement au projet, une recherche coordonnée dans le cadre du projet ANR INOGEV (Innovations pour une gestion durable de l'eau en ville – connaissance et maîtrise de la contamination des eaux pluviales urbaines) a été menée et nous a permis d'orienter nos choix.

Ce projet était un programme de recherche mené en collaboration avec les trois observatoires : ONEVU, OPUR et OTHU. Il avait pour objectif général de caractériser et quantifier les flux de micropolluants à l'exutoire de bassins versants séparatifs pluviaux munis ou non d'ouvrages de retenue en aval.

Une liste des micropolluants (MP) a été établie ; les protocoles d'échantillonnage et d'analyse y afférents ont ainsi été construits et appliqués.

Dans le cadre de ce projet INOGEV, la liste comprenait 100 substances à rechercher selon leur probabilité de présence dans les eaux et les sédiments et leur dangerosité présumée. Ces substances sont réparties en différentes familles : les éléments traces métalliques (ETM), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), les alkylphénols et dérivés, les polybromodiphényléthers (PBDEs) et les pesticides. Le bisphénol A fait également partie de la liste.

Dans le cadre du projet, nous avons suivi les substances qui ont été quantifiées au moins une fois dans les eaux en entrée et en sortie du bassin de rétention lors du projet INOGEV, soit 59 micropolluants. Nous avons également analysés les éléments majeurs.

Le Tableau 1 liste l'ensemble des substances que nous avons choisies de suivre sur l'ensemble des sites du projet.

Tableau 1. Liste des micropollutants étudiés

Famille	Nom	Abréviation	Famille	Nom	Abréviation
ETM	Arsenic	As	HAP	Naphtalène	Nap
	Cadmium	Cd		Acénaphthylène	Acy
	Cobalt	Co		Acénaphène	Ace
	Chrome	Cr		Fluorène	Flu
	Cuivre	Cu		Phénanthrène	Phe
	Manganese	Mn		Anthracène	A
	Molybdène	Mo		Fluoranthène	Flh
	Nickel	Ni		Pyrène	Pyr
	Plomb	Pb		Benzo(a)anthracène	BaA
	Strontium	Sr		Chrysène	Chr
	Titane	Ti		Benzo(b)fluoranthène	BbF
	Vanadium	V		Benzo(k)fluoranthène	BkF
	Zinc	Zn		benzo(a)pyrène	BaP
	Baryum	Ba		Indeno(1,2,3-cd)pyrène	IP
H	2,4-MCPA	24M		Dibenzo(a,h)anthracène	D(a,h)A
H	Mecoprop	Mec		Benzo(g,h,i)pérylène	Bper
F	Carbendazime	Car	Bis	Bisphénol A	BPA
H	Simazine	Sim	AlkylPhénol	Nonylphénol-1-carboxylé	NPEC1
H	N-(3,4 dichlorophényl)-N-(méthyl)-urée	DCPMU		4-Tert-Octylphénol	4-OP
H	Isoproturon	Isop		Octylphénol-mono-éthoxylé	OP1EO
H	Atrazine	Atr		Octylphénol-di-éthoxylé	OP2EO
H	Diuron	Di		4-Nonylphénol	4-NP
H	Diflufenicanil	Dif		Nonylphénol-di éthoxylé	NP2EO
H	AMPA	AM		Nonylphénol-mono-éthoxylé	NP1EO
H	Glyphosinate ammonium	GIA	Em	Aluminium	Al
H	Glyphosate	Gly		Calcium	Ca
PBDE	BDE-28	B28		Fer	Fe
	BDE-47	B47		Potassium	K
	BDE-100	B100		Magnésium	Mg
	BDE-99	B99		Sodium	Na
	BDE-154	B154		Phosphore	P
	BDE-153	B153			
	BDE-183	B183			
	BDE-205	B205			
	BDE-209	B209			

ETM    *Elément Trace Métallique*  
 Em    *Elément majeur*  
 HAP   *Hydrocarbure Aromatique Polycyclique*  
 H    *Herbicide*  
 F    *Fongicide*  
 Bis   *Bisphénol*  
 PBDE   *PolyBromoDiphénylEther*

## 2- Présentation des familles de substances

Ce paragraphe présente une synthèse des sources de micropolluants et leur niveau de concentration dans les eaux pluviales urbaines, notamment à l'exutoire de bassins versants urbains et leur toxicité. Les annexes 1, 2 et 6 donnent les caractéristiques des micropolluants étudiés ainsi que les normes afférentes.

### Les éléments traces métalliques (ETM)

#### Présentation

Les ETM sont les polluants les plus étudiés dans les systèmes d'assainissement pluviaux.

Les éléments traces métalliques (ETM) sont conventionnellement définis comme étant des éléments naturellement présents dans la croûte terrestre à des teneurs inférieures à 1000 mg.kg<sup>-1</sup>MS. Ils sont également appelés, par abus de langage « métaux lourds » en raison de leur forte masse volumique (Percot, 2012). Certains éléments traces ne sont pas des métaux, mais des métalloïdes (par exemple l'arsenic). Aussi, on désignera par ETM les éléments regroupant métaux et métalloïdes.

Les ETM sont particulièrement persistants dans l'environnement : contrairement aux polluants organiques, les ETM ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement. Les métaux et leurs composés sont souvent transportés sur de grandes distances par l'air ou l'eau sans subir de transformations (Bliefert et Perraud, 2009).

#### Sources d'émissions

Différentes synthèses bibliographiques sont disponibles sur les sources d'émission des principaux polluants métalliques (Zgheib, 2009 ; Rule *et al.*, 2006 ; Davis *et al.*, 2001).

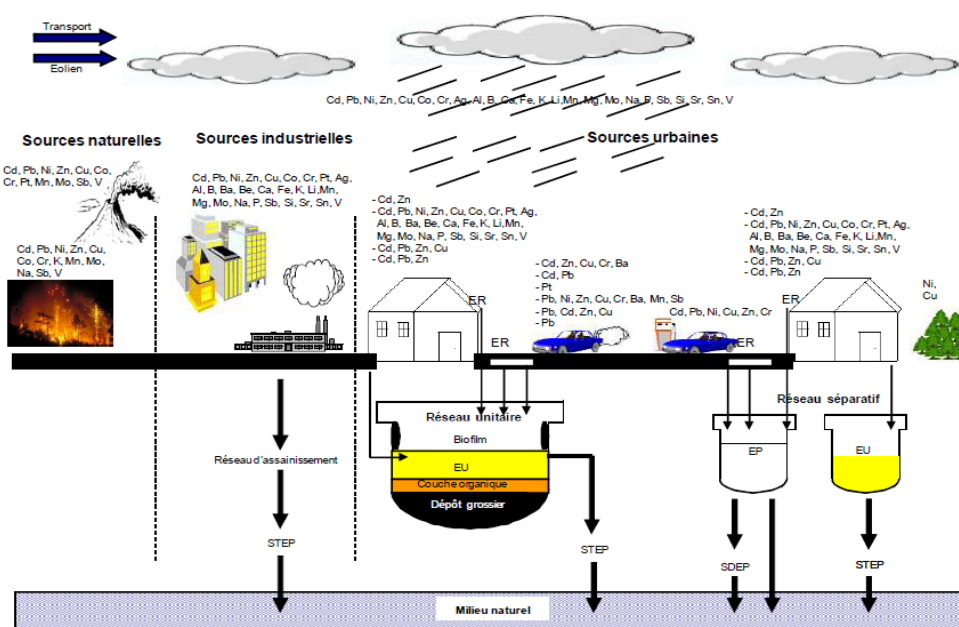


Figure 1. Sources d'émission des métaux dans le milieu urbain (Zgheib 2009)

On peut distinguer les sources d'émissions naturelles (activités volcaniques, embruns maritimes et feux de forêts) des émissions anthropogéniques qui sont prépondérantes en milieu urbain.

Le trafic automobile, les usines d'incinération, le chauffage domestique et les aéroports sont les principales sources de métaux dans l'environnement urbain (Sabin *et al.* 2005 ; Azimi *et al.* 2005). Dans les eaux de

ruissellement, les activités liées à l'automobile et l'exposition des matériaux à la pluie sont les sources principales (Davis *et al.* 2001). Aussi, l'agence de protection de l'environnement américaine (US-EPA) a identifié les métaux comme étant la seconde cause de la dégradation de la qualité de l'eau aux USA (Pitt 2011).

Les sources de métaux dans les eaux de ruissellement ont été attribuées aux retombées humides (Revitt, 1990), mais surtout au lessivage des surfaces sur le bassin versant qui constitue le principal contributeur de Cd, Pb ou encore Zn (Gromaire, 1998 ; Becouze-Lareure, 2010) (Tableau 2). Les métaux sont parmi les polluants des eaux de ruissellement les plus retrouvés avec des concentrations élevées les rendant potentiellement dangereux dans les eaux de ruissellement (Shaver *et al.* 2007).

**Tableau 2. Sources anthropiques de quelques métaux**

Polluant	Sources d'émission	Références
Plomb	Carburants (interdit depuis 2005)	Shaver <i>et al.</i> 2007
	Accumulateurs, peintures, anciens systèmes de canalisations et PVC	Rodier 1996
Cadmium	Gaz d'échappement, usures des pneus, lavage de voitures, accumulateurs	Chocat <i>et al.</i> 1997
Nickel	Acier inoxydable, accumulateurs, catalyseurs	Ellis <i>et al.</i> 2005

Il existe des ratios permettant de tracer l'origine des ETM. Par exemple, le rapport V/Ni informe d'une origine pétrochimique (Lampréa 2009).

### Toxicité

Les ETM présentent une forte toxicité pour l'homme et l'environnement. Les voies d'introduction pour l'homme sont l'inhalation, l'ingestion et l'exposition cutanée. Lors de l'ingestion, les composés se concentrent dans les poumons et provoquent des maladies respiratoires, également des maladies du système digestif (Floch, 2004). Ils sont responsables de plusieurs maladies comme le saturnisme pour le plomb, la maladie de Minamata (en 1956 au Japon) pour le mercure, la maladie du pied noir (en 1960 à Taïwan) pour l'arsenic. Si certains d'entre eux n'ont pas de fonction biologique essentielle (cadmium, plomb, mercure), d'autres (cuivre, zinc, fer, sélénium) sont indispensables à faibles concentrations pour le déroulement des processus biologiques, mais ils peuvent s'avérer toxiques pour diverses formes de vie dès que leurs concentrations dans l'organisme dépassent un seuil variable qui va dépendre de la nature de l'élément et du tissu de l'organisme considéré. Beaucoup de métaux traces ont également des propriétés mutagènes et ont des conséquences sur l'appareil reproducteur pour le plomb, le placenta pour le cadmium, l'embryon pour le mercure et provoquent des malformations diverses. L'arsenic et le zinc provoquent également des lésions cutanées très graves.

**Tableau 3. Concentrations en ETM (en µg.L<sup>-1</sup>) dans les eaux de ruissellement (Garnier, 2020)**

		[1] industrie légère*				[2] résidentiel*				[3] résidentiel*				[4] parking**				[5] autoroute							
Nom	Abréviation	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy				
Arsenic	As				( 2 )				( 8 )																
Cadmium	Cd	0	- 2	[ 0 ]		0	- 1		( 0 )												( 1 )				
Cobalt	Co																								
Chrome	Cr	2	- 21	[ 7 ]	( 8 )	1	- 16		( 5 )																
Cuivre	Cu	17	- 74	[ 29 ]		11	- 209		( 45 )	16	- 21	[ 17 ]					( 10 )				( 30 )				
Nickel	Ni	4	- 21	[ 9 ]		2	- 22		( 6 )																
Plomb	Pb	2	- 37	[ 11 ]		7	- 120		( 31 )	7	- 15	[ 13 ]					( 6 )				( 40 )				
Strontium	Sr				( 101 )																				
Vanadium	V				( 3 )				( 8 )																
Zinc	Zn	171	- 678	[ 258 ]		93	- 878	[ 177 ]		460	- 850	[ 600 ]					( 100 )				( 228 )				
		[6] route très fréquentée**				[7] résidentiel*				[8] résidentiel*				[8] route très fréquentée				[9] petite route**							
Nom	Abréviation	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy				
Arsenic	As																								
Cadmium	Cd				( <LD )					0	- 4	[ 1 ]		0	- 1	[ 0 ]									
Cobalt	Co																								
Chrome	Cr				( 34 )					2	- 14	[ 8 ]		2	- 11	[ 6 ]									
Cuivre	Cu				( 87 )					13	- 123	[ 31 ]		18	- 43	[ 14 ]									
Nickel	Ni				( 17 )					2	- 32	[ 5 ]		3	- 10	[ 6 ]									
Plomb	Pb				( 47 )					10	- 71	[ 21 ]		4	- 33	[ 14 ]		4	- 17	[ 13 ]	( 12 )				
Strontium	Sr																								
Vanadium	V																								
Zinc	Zn				( 394 )	20	- 150	[ 40 ]	( 50 )	64	- 536	[ 146 ]		145	- 388	[ 209 ]		50	- 135	[ 108 ]	( 100 )				
		[10] autoroute				[11] résidentiel*				[11] urbain dense*				[11] urbain dense*				[12] route très fréquentée**				[13] industrie légère*			
Nom	Abréviation	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy
Arsenic	As																					1	- 3	[ 1 ]	( 2 )
Cadmium	Cd	0	- 0		( 0 )	0	- 1	[ 0 ]		0	- 0	[ 0 ]		0	- 0	[ 0 ]		0	- 1	[ 0 ]		0	- 1	[ 1 ]	( 1 )
Cobalt	Co																	0	- 12	[ 5 ]		3	- 18	[ 4 ]	( 7 )
Chrome	Cr	0	- 0		( 0 )	0	- 6	[ 0 ]		0	- 45	[ 26 ]		0	- 0	[ 0 ]		12	- 83	[ 37 ]		5	- 16	[ 11 ]	( 11 )
Cuivre	Cu	13	- 67		( 24 )	30	- 133	[ 30 ]		50	- 220	[ 105 ]		50	- 60	[ 53 ]		98	- 547	[ 258 ]		27	- 187	[ 42 ]	( 65 )
Nickel	Ni	0	- 0		( 0 )	0	- 6	[ 0 ]		0	- 0	[ 0 ]		0	- 0	[ 0 ]		2	- 39	[ 16 ]		5	- 17	[ 10 ]	( 11 )
Plomb	Pb	0	- 0		( 0 )	0	- 29	[ 13 ]		25	- 130	[ 63 ]		23	- 28	[ 25 ]		16	- 139	[ 63 ]		10	- 70	[ 16 ]	( 26 )
Strontium	Sr																	80	- 330	[ 170 ]		46	- 107	[ 70 ]	( 73 )
Vanadium	V																	11	- 70	[ 27 ]		2	- 7	[ 5 ]	( 5 )
Zinc	Zn	32	- 246		( 101 )	154	- 380	[ 180 ]		130	- 520	[ 280 ]		280	- 330	[ 310 ]		236	- 1653	[ 693 ]		201	- 1200	[ 365 ]	( 482 )

\* Données issues de réseaux séparatifs

\*\* Données issues de petites surfaces

[1] (Becouze-Lareure, 2010), [2] (Percot, 2012), [3] (Bressy, 2010), [4] (Hatt et al., 2009), [5] (Pagotto et al., 2000), [6] (Silva et al., 2010), [7] (Carpenter et al., 2014), [8] (Lampréa, 2009), [9] (Bäckström et al., 2006), [10] (Moy et al., 2003), [11] (Zgheib, 2009), [12] (Flanagan, 2018), [13] (Sébastien, 2013)

## Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs)

### Présentation

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) sont composés d'atomes de carbone et hydrogène organisés en deux ou plusieurs noyaux aromatiques. Certains HAPs peuvent être des composés organiques volatils non méthaniques s'ils sont très volatils (Naphtalène par exemple), mais la plupart se trouve sous forme particulaire et non solubles dans l'eau. Leur nombre est très élevé. Selon leur nombre de cycles, ils sont classés comme légers (jusqu'à 3 cycles, par exemple le Naphtalène, l'Acénaphène, l'Acénaphthylène, le Fluorène, le Phénanthrène et l'Anthracène) ou comme lourds (au-delà de 3 cycles, par exemple le Fluoranthène, le Pyrène, le Benzo(a)Pyrène). A l'exception du Naphtalène, les HAPs sont hydrophobes. Ils ont un important potentiel d'adsorption sur les matières organiques particulaires et un fort potentiel de bioconcentration dans les organismes.

### Sources d'émission

Comme pour les ETM, on peut distinguer deux types de source : naturelle et anthropique, la deuxième étant majoritaire. Les HAPs sont généralement caractérisés par une source pyrolytique, majoritaire et une source pétrogénique. L'origine pyrolytique provient d'une combustion incomplète de la matière organique avec des émissions naturelles (feux de forêts, éruption volcanique (Nikolaou *et al.* 1984 cité dans Percot 2012) et anthropiques (chauffage domestique au bois, véhicule diesel et émissions industrielles). L'origine pétrogénique (ou pétrolière) est due à la présence de pétrole, naturelle dans les bassins sédimentaires, et anthropique lors d'une fuite ou d'un déversement de vidange. Des ratios entre les HAPs permettent de distinguer les émissions d'une source pyrolytique d'une source pétrogénique (Budzinski *et al.* 1997).

De manière générale, les HAPs se forment dans des proportions relativement importantes lors de la combustion, surtout dans des conditions incomplètes. Ils se forment tout particulièrement lors de la combustion de la biomasse dans les foyers domestiques. Les flux d'émission les plus élevés concernent généralement les HAPs dont le poids moléculaire est le plus faible. Une petite part des émissions peut être sous forme gazeuse, tandis que le reste est sous forme particulaire (CITEPA 2011). Le chauffage est responsable de 85 % des émissions atmosphériques de HAPs durant l'hiver dans l'environnement urbain (Azimi *et al.* 2005). Zgheib (2009) présente une liste de sources possibles pour les HAPs en général (incinération, chauffage, combustion de carburant, fuites d'huiles de moteur, perte d'essence, gaz d'échappement, sous-produits de combustion), le Fluoranthène (traitement du bois) ou le Naphtalène (colorants fluorescents, traitement du bois,...).

### Toxicité

Les HAPs sont avérés cancérogènes pour l'homme en exposition chronique et sont classés comme tels par l'Union Européenne, l'Agence Internationale de la Recherche sur le Cancer (AIRC) et l'US-EPA.

En effet, une fois intégrées dans l'organisme, ces molécules se transforment par l'action d'enzymes donnant des dihydriols et/ou des ponts époxydes (hautement cancérogène car réagissant très facilement avec l'ADN et entraînant ainsi des réactions mutagéniques). Certains HAPs peuvent également affecter la reproduction et le développement fœtal. La toxicité va dépendre fortement de la molécule et de la dose considérée. Il existe trois mécanismes de pénétration dans l'organisme : inhalation, ingestion et voie cutanée. La principale voie est l'ingestion des aliments (viandes, poissons) grillés sur le feu ainsi que les huiles et graisses végétales, et enfin le thé et le café (Delhomme, 2008). L'absorption par les voies respiratoires est également très importante, notamment par la cigarette et la pollution des émissions automobiles et industrielles. Ce risque s'accroît du fait que les HAP dans l'atmosphère sont majoritairement liés à la phase particulaire des aérosols. De plus, ils sont fortement concentrés dans la fraction granulométrique inhalable (d'après Baek *et al.* (1991) environ 95 % d'entre eux).



Tableau 4. Concentrations en HAPS (en ng.L<sup>-1</sup>) dans les eaux pluviales

		[2]				[8]								[10]			
		résidentiel*				résidentiel*				route très fréquentée*				autoroute			
Nom	Abréviation	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy
Naphtalène	Nap	5	-	21	( 15 )	<10	-	30	[ <10 ]	<10	-	<10	[ <10 ]	20	-	160	( 40 )
Acénaphthylène	Acy													10	-	220	( 60 )
Acénaphène	Ace	21	-	107	( 71 )	<2	-	6	[ <2 ]	<2	-	7	[ 7 ]	10	-	310	( 80 )
Fluorène	Flu	10	-	90	( 18 )	<10	-	32	[ <10 ]	<10	-	55	[ <10 ]	10	-	260	( 70 )
Phénanthrène	Phe	23	-	113	( 81 )	<10	-	24	[ <10 ]	<10	-	1609	[ <10 ]	20	-	800	( 190 )
Anthracène	A	<LD	-	3	( 3 )	<10	-	<10	[ <10 ]	<10	-	13	[ <10 ]	10	-	390	( 130 )
Fluoranthène	Flh	48	-	67	( 58 )	<2	-	55	[ 15 ]	<2	-	216	[ 131 ]	20	-	610	( 180 )
Pyrène	Pyr	36	-	185	( 59 )	<2	-	46	[ 11 ]	<2	-	218	[ 141 ]	10	-	530	( 170 )
Benzo(a)anthracène	BaA	9	-	40	( 24 )	<2	-	22	[ 6 ]	70	-	493	[ 90 ]	10	-	960	( 160 )
Chrysène	Chr	41	-	131	( 67 )	<2	-	23	[ 8 ]	14	-	697	[ 107 ]	20	-	830	( 160 )
Benzo(b)fluoranthène	BbF	12	-	54	( 31 )	<2	-	15	[ 6 ]	14	-	528	[ 87 ]	20	-	1100	( 200 )
Benzo(k)fluoranthène	BkF	8	-	224	( 12 )	<2	-	11	[ 6 ]	8	-	300	[ 55 ]	20	-	350	( 100 )
benzo(a)pyrène	BaP	32	-	64	( 44 )	<2	-	20	[ 8 ]	8	-	447	[ 86 ]	40	-	600	( 160 )
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	IP					3	-	15	[ 7 ]	8	-	268	[ 60 ]	10	-	500	( 110 )
Dibenzo(a,h)anthracène	D(a,h)A	23	-	33	( 28 )	<2	-	<2	[ <2 ]	<2	-	18	[ 8 ]	10	-	580	( 120 )
Benzo(g,h,i)peryène	Bper	15	-	1045	( 431 )	<2	-	16	[ 8 ]	10	-	272	[ 68 ]	20	-	870	( 140 )
		[11]				[12]				[13]							
		résidentiel*				urbain dense*				urbain très dense*				route très fréquentée**			
Nom	Abréviation	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy
Naphtalène	Nap	5	-	490	[ 72 ]	88	-	175	[ 131 ]	56	-	291	[ 120 ]	21	-	485	[ 91 ]
Acénaphthylène	Acy	<LD	-	39	[ 18 ]	27	-	126	[ 76 ]	12	-	40	[ 22 ]	33	-	286	[ 104 ]
Acénaphène	Ace	9	-	63	[ 17 ]	13	-	44	[ 23 ]	11	-	29	[ 16 ]	13	-	45	[ 27 ]
Fluorène	Flu	10	-	69	[ 25 ]	19	-	106	[ 47 ]	13	-	65	[ 34 ]	14	-	58	[ 32 ]
Phénanthrène	Phe	45	-	501	[ 157 ]	90	-	712	[ 339 ]	70	-	726	[ 244 ]	102	-	594	[ 356 ]
Anthracène	A	2	-	104	[ 16 ]	16	-	43	[ 96 ]	16	-	80	[ 46 ]	31	-	337	[ 130 ]
Fluoranthène	Flh	23	-	596	[ 96 ]	98	-	832	[ 384 ]	66	-	945	[ 320 ]	180	-	1601	[ 803 ]
Pyrène	Pyr	19	-	3254	[ 178 ]	107	-	1223	[ 486 ]	60	-	1013	[ 333 ]	205	-	2298	[ 851 ]
Benzo(a)anthracène	BaA	12	-	188	[ 57 ]	37	-	298	[ 127 ]	39	-	54	[ 46 ]	78	-	611	[ 255 ]
Chrysène	Chr	17	-	334	[ 89 ]	88	-	655	[ 291 ]	82	-	116	[ 102 ]	111	-	895	[ 479 ]
Benzo(b)fluoranthène	BbF	26	-	442	[ 123 ]	77	-	655	[ 291 ]	94	-	656	[ 247 ]	159	-	1627	[ 570 ]
Benzo(k)fluoranthène	BkF	16	-	145	[ 51 ]	33	-	221	[ 107 ]	33	-	230	[ 88 ]	59	-	485	[ 179 ]
benzo(a)pyrène	BaP	11	-	205	[ 66 ]	41	-	315	[ 140 ]	43	-	302	[ 114 ]	79	-	698	[ 224 ]
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	IP	12	-	210	[ 73 ]	53	-	354	[ 148 ]	50	-	314	[ 128 ]	67	-	764	[ 272 ]
Dibenzo(a,h)anthracène	D(a,h)A	12	-	61	[ 23 ]	21	-	96	[ 52 ]	21	-	109	[ 48 ]	35	-	192	[ 83 ]
Benzo(g,h,i)peryène	Bper	14	-	261	[ 74 ]	71	-	569	[ 238 ]	68	-	466	[ 184 ]	105	-	966	[ 361 ]

\* Données issues de réseaux séparatifs

\*\* Données issues de petites surfaces

[2] (Percot, 2012) ; [8] (Lampréa, 2009) ; [10] (Moy et al., 2003) ; [11] (Zgheib, 2009) ; [12] (Flanagan, 2018) ; [13] (Sébastien, 2013)

## Les pesticides

### Présentation

Les pesticides constituent un terme générique regroupant différentes familles de produits organiques ou minéraux contenant des substances actives. Au niveau réglementaire, on peut distinguer les produits phyto-pharmaceutiques ou phytosanitaires utilisés « *pour protéger les végétaux et produits végétaux contre les organismes nuisibles, y compris les mauvaises herbes, et pour améliorer la production agricole.* » (Dir 2009/128/CE) des produits biocides « *destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique.* » (Dir 98/8/CE).

D'après l'Observatoire des Résidus de Pesticides (ORP), trois phénomènes distincts sont à l'origine de la présence de phytosanitaires dans l'air : (i) la dérive, lors du traitement, (ii) l'érosion éolienne des sols traités, (iii) la volatilisation, directement à partir des plantes ou des sols traités. Les eaux météoriques constituent les vecteurs d'un grand nombre de pesticides (Dubus *et al.* 2000). Puis, la plupart des pesticides arrive sur le sol où ils sont soumis à un ensemble de mécanismes conditionnant leur devenir et leur dispersion vers les autres compartiments de l'environnement. Ces mécanismes dépendent de la substance étudiée, il n'y a pas de comportement « type » des pesticides. Aussi, certaines substances peuvent être dégradées en produits alors plus persistants dans l'environnement.

De nombreuses bases de données sur les propriétés des pesticides sont actuellement disponibles afin de comprendre au mieux les compartiments concernés (e.g. Footprint, Agritox, EU pesticides database).

### Sources d'émission

On distingue les substances actives et les préparations commerciales. Ces dernières sont des mélanges de substances actives et de formulants divers destinés à assurer la stabilité et la conservation des produits ou à améliorer leur efficacité agronomique : il existe environ 6 000 préparations commerciales en France (Devillers *et al.* 2005). De nombreuses substances, utilisées seules ou en préparation ont fait l'objet d'interdiction d'utilisation, en France, mais la présence de ces composés dans l'environnement est toujours constatée.

Les apports de ces polluants par les milieux urbains ne sont pas uniquement d'origine urbaine (apports de zones agricoles par voie atmosphérique). Cependant, les pratiques courantes des services techniques urbains et surtout des habitants des zones pavillonnaires sont susceptibles de les augmenter fortement. En France par exemple, selon l'Union des Entreprises pour la Protection des Jardins et des Espaces Verts et l'Union des Industries de la Protection des Plantes, l'utilisation de pesticides avant 2019 par les particuliers était largement majoritaire en zone non agricole puisqu'elle représenterait 86 % du tonnage, contre 11 % pour les usages publics et 2 % pour le traitement des voies ferrées (IAU, 2010).

En annexe sont présentées les caractéristiques physico-chimiques des pesticides suivis dans le cadre du projet.

Tableau 5. Liste des pesticides recherchés dans le cadre du projet et leur utilisation

Nom	Famille	Utilisation	Remarque
Atrazine	triazine	désherbant (cultures)	interdit en France depuis 2002 (utilisation seule)
Simazine	triazine	désherbant (viticulture)	interdit en France depuis 2002 (utilisation seule)
Diuron	urée substituée	herbicide (agricole/urbain) biocide (peintures)	interdit en France depuis 2002 (utilisation seule) période d'utilisation:mars à juin (agricole) avril à octobre (urbain)
Isoproturon	urée substituée	herbicide (agricole)	période d'utilisation: octobre à janvier
AMPA	amino-phosphonate	produit de dégradation du glyphosate	
Glyphosate	amino-phosphonate	herbicide (agricole/industriel)	
2,4-MCPA	aryloxyacide	herbicide	
Chlorpyrifos	organophosphoré	insecticide	
Carbendazime	benzimidazole	biocide	interdit en France depuis 2008

Tableau 6. Concentrations en pesticides (en ng.L<sup>-1</sup>) dans les eaux pluviales

		[1] industrie légère*				[3] résidentiel*				[8] résidentiel* route très fréquentée							
Nom	Abréviation	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy
Mecoprop	Mec									<50	-	70	[ <50 ]	<50	-	<50	[ <50 ]
Carbendazime	Car																
Simazine	Sim	<LD	-	5	[ 1 ]												
Isoproturon	Isop	2	-	135	[ 16 ]												
Atrazine	Atr	<LD	-	3	[ 1 ]												
Diuron	Di	3	-	43	[ 16 ]	40	-	80		100	-	730	[ 210 ]	70	-	130	[ 100 ]
AMPA	AM					140	-	200		160	-	1450	[ 350 ]	<100	-	370	[ 230 ]
Glyphosate	Gly					100	-	580		1060	-	7100	[ 3270 ]	<100	-	3840	[ 2150 ]

		[10] autoroute				résidentiel*				[11] urbain dense*				urbain très dense*				[13] industrie légère*			
Nom	Abréviation	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy
Mecoprop	Mec																	0	-	0	[ 0 ] ( 0 )
Carbendazime	Car					50	-	140	[ 70 ]	50	-	50	[ 50 ]	20	-	40	[ 30 ]	7.39	-	41.89	[ 30 ] ( 27 )
Simazine	Sim	20	-	150	( 20 )	<LD	-	150	[ 40 ]	<LD	-	<LD	[ <LD ]	<LD	-	<LD	[ <LD ]	0	-	114	[ 3 ] ( 39 )
Isoproturon	Isop					<LD	-	140	[ 50 ]	0	-	80	[ 40 ]	<LD	-	70	[ 30 ]	0.8	-	60.45	[ 5 ] ( 13 )
Atrazine	Atr	60	-	180	( 40 )													1.5	-	4.2	[ 2 ] ( 3 )
Diuron	Di	0	-	0	( 0 )	30	-	1750	[ 370 ]	390	-	650	[ 510 ]	70	-	330	[ 180 ]	2.83	-	58.07	[ 16 ] ( 24 )
AMPA	AM					140	-	9370	[ 1960 ]	480	-	730	[ 540 ]	170	-	520	[ 370 ]	0	-	75	[ 3 ] ( 26 )
Glyphosate	Gly	20	-	110	( 20 )	100	-	232240	[ 6960 ]	<LD	-	1920	[ 1020 ]	180	-	1020	[ 470 ]	0	-	99.01	[ 4 ] ( 34 )

\* Données issues de réseaux séparatifs

\*\* Données issues de petites surfaces

[1] (Becouze-Lareure, 2010), [3] (Bressy, 2010), [8] (Lampréa, 2009), [10] (Moy et al., 2003), [11] (Zgheib, 2009), [13] (Sébastien, 2013)

## Les alkylphénols

### Présentation

Les alkylphénols « simples » comme le para-nonylphénol ou 4-nonylphénol (4-NP) et le para-tertiaire-octylphénol (4-Tert-OP) sont des composés organiques de synthèse, obtenus par réaction d'alkylation entre un alcane et un phénol. Les alkylphénols sont utilisés pour la fabrication des alkylphénols polyéthoxylés (APEO). La dégradation de ces derniers composés (en milieu aérobie ou anaérobie) conduit au relargage d'alkylphénols dans l'environnement.

Le 4-nonylphénol constitue 80 % des mélanges commerciaux de nonylphénols. Le 4-Tert-OP constitue le seul octylphénol intervenant dans l'usage industriel (Ineris 2004).

Dans le cas du nonylphénol éthoxylé (NPEO), la biodégradation anaérobie forme des NP et des éthoxylates de degré inférieur (monoéthoxylate NP1EO et diéthoxylate NP2EO). En condition aérobie, les NPEO sont biotransformés en acide nonylphénoxy acétique (NP1EC) ou acide nonylphénoxy-éthoxyacétique (NP2EC) et en nonylphénol (NP). La biodégradation des octylphénols éthoxylés (OPEO) semble présenter un comportement similaire à celle des NPEO (transformation en OP1EO, OP2EO et NP) (Koh *et al.* 2008; Loyo-Rosales *et al.* 2007).

Les alkylphénols sont des composés hydrophobes, bioaccumulables. Cependant, ils possèdent une fonction alcool qui leur confère une solubilité potentielle non négligeable dans l'eau. Les nonylphénols sont des composés semi-volatils, des échanges air-eau sont donc possibles (Bressy 2010).

### Sources d'émission

Les nonylphénols sont fabriqués en grandes quantités et servent d'intermédiaires dans la fabrication de nombreux produits : APEO, résines phénoliques, phosphite de tris(nonylphényle) TNPP, oximes phénoliques (SOCOPSE 2006). Leur présence dans les milieux aquatiques est uniquement de source anthropogénique.

Une synthèse bibliographique (Lampréa-Bretonneau et Gromaire 2012) présente l'ensemble des applications possibles des NP et OP et leurs produits éthoxylés pouvant rentrer en contact avec l'eau de pluie. Dans les eaux de ruissellement, les alkylphénols proviennent donc du lessivage des différentes surfaces et éléments précités et qui sont présents en milieu urbain plutôt que des retombées atmosphériques totales (Bressy *et al.* 2011).

### Toxicité

La toxicité des alkylphénols a été mise en évidence dès les années 80 par Giger *et al.* (1984). Plus récemment, des études ont démontré le potentiel toxicologique des alkylphénols, principalement en tant que perturbateur endocrinien (Cailleaud *et al.*, 2007). Cette activité peut altérer le développement sexuel des organismes vivants et ainsi provoquer la féminisation de certaines populations de poissons, comme l'ont prouvé Jobling *et al.* (1996) pour les truites arc-en-ciel. Des travaux ont également soulevé des préoccupations pour la santé humaine. La toxicité de ces molécules est amplifiée par son caractère lipophile responsable de sa bioaccumulation le long de la chaîne trophique (Cailleaud *et al.*, 2007).

**Tableau 7. Concentrations en alkylphénols (en ng.L<sup>-1</sup>) dans les eaux pluviales**

		[1] industrie légère*				résidentiel*				[11] urbain dense*				urbain très dense*									
Nom	Abréviation	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy						
Nonylphenol-1-carboxylé	NPEC1																						
4-Tert-Octylphénol	4-OP	<LD	-	232	[ 68 ]					<LD - 130 [ 60 ]				110 - 260 [ 190 ]				<LD - 160 [ 100 ]					
Octylphénol-mono-éthoxylé	OP1EO																						
Octylphénol-di-éthoxylé	OP2EO																						
4-Nonylphénol	4-NP	133	-	1313	[ 294 ]																		
Nonylphénol-di éthoxylé	NP2EO																						
Nonylphénol-mono-éthoxylé	NP1EO																						
		[12] route très fréquentée**				[13] industrie légère*				résidentiel*				[14] résidentiel*				industrie légère*					
Nom	Abréviation	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy		
Nonylphenol-1-carboxylé	NPEC1	49	-	606	[ 113 ]	226	-	326	[ 276 ] ( 276 )					( 466 )					( 466 )				
4-Tert-Octylphénol	4-OP	235	-	1527	[ 430 ]	30	-	55	[ 39 ] ( 42 )					( 61 )					( 61 )				
Octylphénol-mono-éthoxylé	OP1EO	22	-	298	[ 26 ]	11	-	15	[ 13 ] ( 13 )					( 23 )					( 23 )				
Octylphénol-di-éthoxylé	OP2EO	7	-	56	[ 29 ]	5	-	9	[ 7 ] ( 7 )					( 10 )					( 10 )				
4-Nonylphénol	4-NP	863	-	5818	[ 1647 ]	189	-	1286	[ 553 ] ( 694 )					( 359 )					( 359 )				
Nonylphénol-di éthoxylé	NP2EO	99	-	2279	[ 220 ]	121	-	154	[ 138 ] ( 138 )					( 164 )					( 164 )				
Nonylphénol-mono-éthoxylé	NP1EO	116	-	1294	[ 366 ]	245	-	321	[ 283 ] ( 283 )					( 347 )					( 347 )				

\* Données issues de réseaux séparatifs

\*\* Données issues de petites surfaces

[1] (Becouze-Lareure, 2010), [11] (Zgheib, 2009), [12] (Flanagan, 2018), [13] (Sébastien, 2013), [14] (Gasperini et al., 2017)

## Le Bisphénol A

### Présentation

Le Bisphénol A (4,4'-dihydroxi-2,2'-diphénylpropane) est issu de la synthèse entre deux équivalents de phénol et un équivalent d'acétone. Il s'agit d'une molécule de synthèse.

Les propriétés physico-chimiques renseignent sur le caractère soluble du Bisphénol A (BPA) dans l'eau et une affinité plus faible avec les sols et les sédiments par rapport aux alkylphénols. Le modèle de Mackay témoigne d'une répartition eau/air/sol de l'ordre de  $30.5/3.10^{-5}/67.9$  (Cousins *et al.* 2012).

Les potentiels perturbateur endocrinien et cancérigène de cette substance a été mis en évidence et en fait aujourd'hui un composé polémique.

### Sources d'émission

Le Bisphénol A est utilisé depuis les années 60 dans la fabrication de matières plastiques et résines époxydes pour ses propriétés anti-oxydantes et durcissantes.

A l'échelle européenne, les utilisations majeures du BPA concernent la fabrication de plastiques, résines, polyesters et papiers thermiques. L'interdiction de l'utilisation de BPA pour la fabrication des biberons en plastiques destinés aux nourrissons a été adoptée en France à la suite de la directive 2011/8/UE du 28 janvier 2011.

Dans les eaux de ruissellement, le BPA proviendrait également du lessivage et de l'érosion des dépôts, mais aucune étude n'a été référencée, à notre connaissance, à ce jour sur ses sources à l'exutoire de réseaux séparatifs pluviaux.

## Les polybromodiphényléthers (PBDEs)

### Présentation

Les polybromodiphényléthers (PBDEs) sont des composés de synthèse obtenus par bromation du dyphényléther. Le produit obtenu est un mélange de congénères. Il existe 209 congénères différents définis par leur nombre d'atomes de brome et leur localisation sur les cycles aromatiques. Une description de ces composés est disponible dans Gilbert-Pawlik (2011).

Les PBDEs ont *a priori* un fort potentiel d'adsorption aux particules, sédiments et sol. La solubilité des composés dans l'eau est très faible voire nulle (par exemple le BDE-100). Le taux de volatilisation est également faible. La biodégradation n'est pas significative pour les PBDEs (Rahman *et al.* 2001 cité par Glibert-Pawlik, 2011).

Parmi les 209 congénères, 15 sont utilisés dans la synthèse de trois mélanges commerciaux : Penta-mix, Octa-mix et Déca-mix et dont la composition varie entre les fabricants.

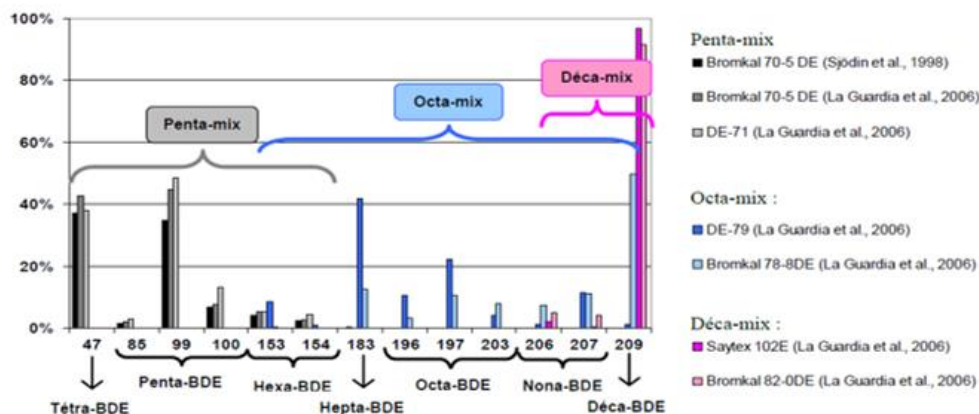


Figure 2. Composition de mélanges commerciaux (Gilbert-Pawlik 2011)

### Sources d'émission

Les PBDEs sont des retardateurs de flamme bromés utilisés pour leurs propriétés ignifuges dans les matériaux synthétiques (plastiques, mousses, résines,...) utilisés pour de nombreux usages (ordinateurs, télévisions, revêtements, textiles,...).

Ils ne sont plus produits en Europe depuis 1999 (SOCOPSE, 2009). L'utilisation de penta et d'octaBDE est interdite, cependant l'utilisation du décaBDE est encore autorisée.

Les principales applications rapportées dans la littérature (Lampréa-Bretonneau et Gromaire 2012) pour les différents isomères produits sont :

- l'utilisation du penta-BDE comme retardateur de flamme dans les mousses de polyuréthane souples et rigides,
- l'emploi d'octa-BDE dans les résines d'acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS) comme produit ignifuge dans les équipements de bureautique et les appareils électroménagers domestiques,
- l'utilisation du déca-BDE dans le polystyrène haute densité qui se trouve dans les produits électriques et électroniques, ainsi que dans les textiles servant au rembourrage.

Dans les eaux de ruissellement, les PBDEs proviendraient de l'entraînement de dépôts secs, de l'érosion éventuelle et du lessivage des matériaux de génie civil contenant des PBDE (Gilbert Pawlik 2011).



**Tableau 8. Concentrations en bisphénol A (en ng.L<sup>-1</sup>) dans les eaux pluviales**

Nom	Abréviation	[12] route très fréquentée**				[13] industrie légère*				[14] Synthèse*				[15] station d'épuration			
		min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy
Bisphénol A	BPA	234	- 964	[ 412 ]		406	- 438	[ 422 ]	( 422 )				( 552 )	0	- 35		( 26 )

\* Données issues de réseaux séparatifs

\*\* Données issues de petites surfaces

**Tableau 9. Concentrations moyennes évènementielles totales (en ng.L<sup>-1</sup>) en PBDE mesurées dans les eaux de ruissellement à l'exutoire des réseaux séparatifs pluviaux, ou en sortie de réseaux unitaires ou de stations d'épurations, ou encore dans des eaux de surfaces.**

Nom	Abréviation	[13] industrie légère*				résidentiel*				[14] résidentiel*				industrie légère*			
		min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy
BDE-28	B28	0	- 1	[ 0 ]	( 0 )												
BDE-47	B47	5	- 8	[ 6 ]	( 6 )												
BDE-100	B100	1	- 3	[ 2 ]	( 2 )												
BDE-99	B99	0	- 4	[ 2 ]	( 2 )												
BDE-154	B154	0	- 0	[ 0 ]	( 0 )												
BDE-153	B153	0	- 1	[ 1 ]	( 1 )												
BDE-183	B183	2	- 3	[ 2 ]	( 2 )												
BDE-209	B209	86	- 217	[ 151 ]	( 151 )				( 66 )				( 630 )	85	- 217		( 156 )
Nom	Abréviation	[16] eaux de surface				[17] entrée de station d'épuration				[18] entrée de station d'épuration				sortie de station d'épuration			
		min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy	min	max	med	moy
BDE-28	B28	0	- 0	[ 0 ]	( 0 )	0	- 0		( 0 )								
BDE-47	B47	32	- 364	[ 128 ]	( 163 )	0	- 1		( 0 )			( 2 )					( 0 )
BDE-100	B100	597	- 1080	[ 743 ]	( 790 )	<LQ	- 0		( 0 )			( 0 )					( 0 )
BDE-99	B99	80	- 622	[ 378 ]	( 365 )	0	- 1		( 1 )			( 2 )					( 0 )
BDE-154	B154	0	- 43	[ 0 ]	( 11 )	<LQ	- 0		( 0 )			( 0 )					( 0 )
BDE-153	B153	0	- 93	[ 14 ]	( 30 )	<LQ	- 0		( 0 )			( 0 )					( 0 )
BDE-183	B183	0	- 253	[ 19 ]	( 73 )	<LQ	- 0		( 0 )			( 0 )					( 0 )
BDE-209	B209					1	- 239		( 150 )								

\* Données issues de réseaux séparatifs

\*\* Données issues de petites surfaces

[12] (Flanagan, 2018), [13] (Sébastien, 2013), [14] (Gasperi et al., 2017), [15] (Mailler et al., 2015), [16] (Shao et al., 2018), [17] (Li et al., 2016), [18] (Anderson and MacRae, 2006)

## C. Instrumentation des sites

---

### Mode de description des sites d'étude

---

Des fiches de description ont été réalisées pour chaque site d'étude (annexe 4). Les informations ont été homogénéisées avec celles des autres sites des projets Matriochkas (Nantes) et Roulépur (Région Ile-de-France). Ces fiches sont divisées en plusieurs parties :

- caractéristiques générales du site : (lieu, maître d'ouvrage, équipes scientifiques qui ont assuré le suivi, date de mise en service du site, type de bassin versant, environnement particulier, type d'ouvrage assurant le drainage, des illustrations) ;
- schéma fonctionnel de principe hydrologique des sites ;
- caractéristiques du bassin versant d'apport (surface totale, surface active, coefficient d'imperméabilisation et coefficient de ruissellement volumétrique moyen ou coefficient d'apport, particularités, ...) ;
- caractéristiques de la zone référence servant à la comparaison des eaux brutes (non traitées par le dispositif et des eaux ayant traversé le dispositif technique (e.g. bassin de retenue, noue, tranchée, CSR) ;
- description détaillée de l'ouvrage de drainage (composition, coupes longitudinales et/ou transversales) ;
- objectifs de la mesure ;
- description du dispositif métrologique (mesures liées à l'hydrologie et à la pollution, type d'entretien nécessaire, problèmes rencontrés et résolution, si c'était à refaire) ;
- bibliographie pour aller plus loin.

### Présentation de la métrologie et des procédures de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse

---

#### Instrumentation pour mesure des flux d'eau

L'instrumentation détaillée est donnée au livrable L2B et de manière synthétique dans les fiches en annexe 4.

#### Protocoles de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse

##### *Choix des laboratoires d'analyse*

Les échantillons sont systématiquement collectés et traités par nos soins, puis envoyés au(x) laboratoire(x) prestataire(s) qui réceptionne(nt), conserve(nt), conditionne(nt) et effectue(nt) les analyses chimiques sur ces échantillons. Pour assurer la qualité des analyses, un appel d'offres a été lancé. Le cahier des charges (Cf. annexe 3) mentionne que le laboratoire prestataire de service qui répond (listés dans l'arrêté du 27 octobre 2011 portant modalités d'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques au titre du code de l'environnement) doit décrire les éléments suivants :

- la méthodologie générale utilisée pour les analyses ;
- la description des procédures qualité mises en place une fois les échantillons réceptionnés, dont la conservation des échantillons et la validation des méthodes analytiques et des résultats ;
- les méthodes d'analyses utilisées ;
- les limites de détection (LD) et de quantification (LQ) ;
- la liste des substances ou de familles de substances ne pouvant pas être analysées.

Sept laboratoires ont répondu au cahier des charges. Le but de cette recherche était de travailler avec un seul laboratoire pour l'analyse de l'ensemble des substances. Au vu des LQ proposées par l'ensemble des laboratoires et les concentrations relevées dans la littérature, aucun des sept laboratoires de prestation n'a été retenu.

Il a donc été choisi de réaliser les analyses auprès des laboratoires de recherche utilisés dans le cadre du projet INOGEV. Cela permet en outre d'assurer une bonne comparabilité avec les concentrations obtenues antérieurement dans le projet INOGEV dont nous nous servirons partiellement en complément de nos données dans cette étude. Rappelons que le projet devait permettre la comparaison entre sites centralisés et décentralisés et que le site centralisé est le même que pour le projet INOGEV.

Les laboratoires retenus sont :

- IFSTTAR : analyse les éléments traces métalliques et les éléments majeurs ;
- LEESU : analyse des alkylphénols, bisphénol A et PBDEs ;
- LMSPC-Université de Strasbourg : analyse des pesticides ;
- ISA : analyse des HAPs.

Les méthodes analytiques sont données en annexe 5.

#### *Procédures / protocoles de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse*

- Volumes de prélèvement nécessaires aux analyses des différentes familles de polluants et type de flaconnage

Le Tableau 10 donne par famille de MP les volumes d'eau nécessaires et le type de flaconnage. Ces volumes, similaires d'un échantillonnage à l'autre, ont nécessité la récupération d'au moins 8 L d'eau pour analyse à chaque campagne. Lorsque moins d'eau était prélevé, nous avons opté pour l'une ou l'autre des familles, mais de manière homogène sur les sites (notamment décentralisés).

**Tableau 10. Volumes nécessaires aux analyses chimiques**

Paramètre ou Familles de substances	Volume nécessaire et type de flaconnage
MES	250 mL
Eléments majeurs	1 L plastique
ETM	
HAP	1 L verre ambré
Pesticides	2L Plastique (Glyphosate, AMPA, Glufosinat ammonium) 1L verre pour les autres
PBDE/Alkylphénols/ BPA	2.5 L Verre ambré

- Conditions de mise en place des prélèvements

- Le déclenchement des prélèvements se fait suivant les prévisions de pluie. La pluie doit être prévue entre la nuit de samedi à dimanche jusqu'à la nuit de mercredi à jeudi au maximum. Les échantillons doivent être envoyés, reçus par les laboratoires, puis conditionnés dans les 24 heures pour éviter les dégradations. Il fallait donc pouvoir envoyer les échantillons au plus tard le jeudi après-midi pour réception le vendredi matin par les laboratoires.
- La mise en place des installations de prélèvement (préleveurs, flacons, tuyaux de prélèvement) se fait :
  - a) dans les jours avant la pluie pour le site centralisé à Chassieu (sur le projet 2 jours sont nécessaires) ou,
  - b) la veille de la pluie pour les sites décentralisés de l'Ecocampus.

Ces précautions sont dues à la nécessité d'exposer au minimum le matériel de prélèvement nettoyé au milieu extérieur ou à des contaminations intempestives.

- Modes de prélèvement des échantillons

Deux types ont été utilisés :

- Prélèvement proportionnel au débit. Les sous-échantillons prélevés proportionnellement au débit sont dirigés vers un mono flacon (le plus inerte possible en plastique téflonné ou dans des flacons en matière prédéfinie (verre/plastique)). Ce mono-flacon recueille une quantité d'eau suffisante pour les analyses des micropolluants et fournit un échantillon dont la concentration en MP doit être représentative d'une concentration moyenne événementielle. Des blancs de l'ensemble du système de prélèvement ont été réalisés pour connaître la contamination potentielle provoquée par le système de mesure global. Les blancs permettent d'examiner de possibles relargages de polluants par le matériel de prélèvement, mais pas de possibles interceptions des polluants par ces mêmes systèmes.
- Prélèvement complet des volumes produits lorsqu'ils sont faibles pour les sites à la source. Lorsque la pluie est annoncée avec une faible hauteur, mais suffisante pour ne pas dépasser les capacités du bidon (16 L ou 40 L suivant le site), le prélèvement se fait sans activer la centrale de prélèvement.

Pour parer aux dysfonctionnements de la centrale, un bidon de récupération est systématiquement installé à l'exutoire des sites après le dispositif de métrologie pour permettre la collecte d'échantillons.

La collecte, qu'elle soit faite par prélèvement proportionnellement au débit ou par collecte dans le bidon de récupération, soulève la question du taux de couverture de l'évènement (quelle partie de l'hydrogramme de l'évènement pluvieux avons-nous réellement prélevé ?) qui sera discuté dans L2B.

## D. Références bibliographiques

---

- Anderson-DesJardins T., MacRae, J.D., 2006. Polybrominated diphenyl ethers in fish and wastewater samples from an area of the Penobscot River in Central Maine. *Chemosphere* 62, 1153–1160.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.06.034>
- Azimi S., Rocher V., Garnaud S., Varrault G., Thevenot D.R. (2005). Decrease of atmospheric deposition of heavy metals in an urban area from 1994 to 2002 (Paris, France). *Chemosphere*. 61(5):645–51.
- Baek, S.O., Field, R.A., Goldstone, M.E., Kirk, P.W., Lester, J.N. and Perry, R. (1991). A Review of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Source, Fate and Behavior. *Water, Air, Soil Pollut.* 60: 273-300.
- Barrek S., Cren-Olivé C., Wiest L., Baudot R., Arnaudguilhem C. and Grenier-Loustalot M.F. (2009) Multi-residue analysis and ultra-trace quantification of 36 priority substances from the European Water Framework Directive by GC–MS and LC-FLD-MS/MS in surface waters. *Talanta*, 79 (3): 712-722
- Becouze-Lareure C. (2010). Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains par temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux. Thèse de doctorat. INSA de Lyon, France. 298 p.
- Becouze-Lareure C. (2010). *Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains par temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux*. Thèse de doctorat. INSA de Lyon, France. 298 p.
- Berlioz-Barbier A, Vauchez A, Wiest L, Baudot R, Vulliet E, Cren-Olivé C, (2014). Multi-residue analysis of emerging pollutants in sediment using QuEChERS-based extraction followed by LC-MS/MS analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 406:1259 - 1266
- Birch H. (2012). Monitoring of priority pollutants in dynamic stormwater discharges from urban areas. Ph-D thesis. Technical University of Denmark (DTU), Denmark. 80 p.
- Bliefert C. et Perraud R. (2009). *Synthèse de l'ouvrage Chimie de l'environnement Air, eau, sols, déchets*. 2ème édition française. De Boeck. 478 p.
- Bressy A. (2010). *Flux de micropolluants dans les eaux de ruissellement urbaines. Effets de différents modes de gestion des eaux pluviales*. Thèse de doctorat. Université Paris-Est (France).
- Bressy A., Gromaire M.C., Lorgeoux C. and Chebbo G. (2011). Alkylphenols in atmospheric depositions and urban runoff. *Water Science and Technology*. 63(4), 671-679.
- Budzinski H., Jones I., Bellocq J., Picrard C., Garrigues P. (1997). Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary. *Marine chemistry*. 58 (1-2):85–97.
- Cailleaud, K., J. Forget-Leray, S. Souissi, S. Lardy, S. Augagneur and H. Budzinski (2007). Seasonal variation of hydrophobic organic contaminant concentrations in the water-column of the Seine Estuary and their transfer to a planktonic species *Eurytemora affinis* (Calanoid, copepod). Part 2: Alkylphenol-polyethoxylates." *Chemosphere* 70(2): 281-287.
- CITEPA (2011). *Emissions dans l'air en France – Substances relatives à l'accroissement de l'effet de serre. Rapport technique*. Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique.
- Cousins I. T., Staples C. A., Klecka G. M. et Mackay D. (2002). A multimedia assessment of the environmental fate of bisphenol A. *Human and Ecological Risk Assessment*. 8 (5), 1107-1135.
- Davis A. P., Shokouhian M., Ni S. (2001). Loading estimates of lead, copper, cadmium, and zinc in urban runoff from specific sources. *Chemosphere*. 44(5):997–1009.
- Delhomme, O. (2008). *Etude de la variabilité et de l'évolution de la composition chimique de l'aérosol organique en fonction du lieu et de la période de prélèvement*. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur Strasbourg.
- Devillers J., Farret R., Girardin P., Rivière J.-L. et Soulas G. (2005). *Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides*. Tech & Doc editions, Lavoisier, Paris, 278 p.
- Dir 2000/60/CE. *Directive of the European Parliament and of the Council n°2000/60/EC establishing a framework for the community action in the field of water policy*. JO-EU L 327: 1-72.
- Dir 2008/105/CE. *Directive du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2008, établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau*, modifiant et abrogeant les directives 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE et modifiant la directive 2000/60/CE. JO-EU L 348: 84-97.

- Dir 76/464/CE. *Pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community*. JO-EU L 129 : 23-29.
- Dubus I.G., Hollis J.M., Brown C.D. (2000). Pesticides in rainfall in Europe. *Environmental pollution*. 110(2):331–44.
- Flanagan, K., 2018. *Evaluation de la rétention et du devenir d'un panel diversifié de micropolluants dans un ouvrage de biofiltration des eaux de ruissellement de voirie* (Thèse de Doctorat). Université Paris-Est.
- Floch, M. L. (2004). *Caractérisation physico-chimique et tracage des émissions particulières métalliques d'une usine d'incinération d'ordures ménagères dans l'air ambiant. Exemple de l'UIOM de Toulon (Var, France)*. Thèse de doctorat, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille (Aix-Marseille III).
- Gasperi, J., Sébastien, C., Ruban, V., Delamain, M., Percot, S., Wiest, L., Mirande, C., Caupos, E., Demare, D., Diallo Kessoo Kessoo, M., Saad, M., Schwartz, J.J., Dubois, P., Fratta, C., Wolff, H., Moilleron, R., Chebbo, G., Cren, C., Millet, M., Barraud, S., Gromaire, M.-C., (2014). Micropolluants in urban stormwater: occurrence, concentrations and atmospheric contributions for a wide range of contaminants in three French catchments. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(8), 5267-5281.
- Giger W., Brunner P. H., Schaffner C. (1984) 4-nonylphenol in sewage sludge: accumulation of toxic metabolites from nonionic surfactants. *Science*, 225, 623-625
- Gilbert-Pawlik S. (2011). *Devenir des polybromodiphénylethers et des alkylphénols dans les filières de traitement des eaux usées*. Thèse de doctorat, Université Paris-Est, 289 p.
- Gromaire M. (1998). *La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire : Caractéristiques et origines*. Thèse de doctorat. École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, France. 507 p.
- IAU (2010). *Produits phytosanitaires risques pour l'environnement et la santé. Connaissances des usages en zone non agricole*. Rapport. Institut d'Aménagement et d'Urbanisme et Observatoire Régional de Santé île-de-France. 61 p.
- INERIS (2004) *Les substances dangereuses prioritaires de la directive cadre sur l'eau. Fiches de données technico-économiques*. Rapport d'étude n° INERIS DRC/MECO – 2004 – 48088. 108 p.
- Jobling, S., Sheahan, D., Osborne, J. A., Matthiessen, P. et Sumpter, J. P. (1996) Inhibition of testicular growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to estrogenic alkylphenolic chemicals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15 (2), 194-202.
- Koh, Y. K. K., Chiu, T. Y., Boobis, A. R., Cartmell, E., Pollard, S. J. T., Scrimshaw, M. D. et Lester, J. N. (2008) A sensitive and robust method for the determination of alkylphenol polyethoxylates and their carboxylic acids and their transformation in a trickling filter wastewater treatment plant. *Chemosphere*, 73 (4), 551- 556.
- Lamprea K. (2009). *Caractérisation et origine des métaux traces, hydrocarbures aromatiques polycycliques et pesticides transportés par les retombées atmosphériques et les eaux de ruissellement dans les bassins versants séparatifs péri-urbains*. Thèse de doctorat. Nantes (France). Ecole Centrale de Nantes.
- Lamprea, K., Ruban, V. (2011). Pollutant concentrations and fluxes in both stormwater and wastewater at the outlet of two urban watersheds in Nantes (France). *Urban Water Journal*, 8(4), 219-231.
- Lamprea-Bretauudeau K. and Gromaire M.-C. (2012). *Rapport d'avancement sur les processus d'émissions par lessivage*. Délivérable. INOGEV Projet ANR 09-Vill0001-01. 60 p.
- Li, B., Sun, S.-J., Huo, C.-Y., Li, W.-L., Zhu, N.-Z., Qi, H., Kong, L.-J., Li, Y.-F., Ma, W.-L., 2016. Occurrence and fate of PBDEs and novel brominated flame retardants in a wastewater treatment plant in Harbin, China. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23, 19246–19256. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7142-y>
- Loyo-Rosales, J. E., Rice, C. P. et Torrents, A. (2007). Fate of octyl- and nonylphenol ethoxylates and some carboxylated derivatives in three American wastewater treatment plants. *Environmental Science and Technology*, 41 (19), 6815-6821.
- Mailler, R., Gasperi, J., Coquet, Y., Buleté, A., Vulliet, E., Deshayes, S., Zedek, S., Mirande-Bret, C., Eudes, V., Bressy, A., Caupos, E., Moilleron, R., Chebbo, G., Rocher, V., 2015. Removal of a wide range of emerging pollutants from wastewater treatment plant discharges by micro-grain activated carbon in fluidized bed as tertiary treatment at large pilot scale. *Sci. Total Environ.* 542. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.153>
- Moy, F., Crabtree, R.W., Simms, T., Environment Agency, British Geological Survey, 2003. The long term monitoring of pollution from highway runoff: final report (No. P2- 038/TR1). Environment Agency, Bristol.
- Nikolaou K., Masclat P. et Mouvier G. (1984). Sources and chemical reactivity of polynuclear hydrocarbons and other mutagens : occurrence, sources and health effects. *The Science of total environment*. 32:103-132.

- Percot S. (2012). *Contribution des retombées atmosphériques aux flux de polluants issus d'un petit bassin versant urbain – cas du Pin Sec à Nantes*. Thèse de doctorat. Ecole centrale de Nantes, France. 248 p.
- Pitt R. (2011). *The National Stormwater Quality Database*, version 3.1. 9 p.
- Rahman F., Langford K.H., Scrimshaw M.D., Lester J.N.(2001). Polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants. *Science of the Total Environnement*. 275: 1-17.
- Revitt D.M., Hamilton R.S., Warren R.S. (1990). The transport of heavy metals within a small catchment. *The Science of the Total Environment*. 93, p. 359-373.
- Rossi L. (1998) Qualité des eaux de ruissellement urbaines. Thèse de doctorat n° 1789: Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, février 1998, 416p
- Rule K.L., Comber S.D.W., Ross D., Thornton A., Makropoulos C.K., Rautiu R. (2006). Diffuse sources of heavy metals entering an urban wastewater catchment. *Chemosphere*. 63(1):64–72.
- Sabin L.D., Lim J.H, Stolzenbach K.D., Schiff KC. (2005). Contribution of trace metals from atmospheric deposition to stormwater runoff in a small impervious urban catchment. *Water research*. 39(16):3929–37.
- Sébastien C. (2013). *Bassin de retenue des eaux pluviales en milieu urbain : performance en matière de piégeage des micropolluants*. Thèse de doctorat. INSA de Lyon, France
- Shao, Y., Han, S., Ma, L., Luo, M., Yang, G., Liu, W., Xu, D., 2018. Polybrominated diphenyl ethers in surface waters around Beijing: Occurrence, distribution and sources. *Appl. Geochem.* 98, 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.09.011>
- Shaver, E., R. Horner, J. Skupien, C. May, and G. Ridley. 2007. *Fundamentals of Urban Runoff Management: Technical and Institutional Issues* – 2nd Edition, North American Lake
- SOCOPSE (2006). *An Inventory and Assessment of Options for Reducing Emissions: Nonylphenols. Source Control of Priority Substances in Europe*. Work package 3. D 3.1. 44 p.
- Zgheib S. (2009). *Flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire*. Thèse de doctorat. Paris (France) : Ecole National des Ponts et Chaussées. 349 p.

# Annexes

## Annexe 1. Propriétés physico-chimiques des micropolluants

Paramètres	Seuil	Symbole	Interprétation	Références
Solubilité (mg.L <sup>-1</sup> )	S < 150	-	Insoluble à peu soluble	
	150 ≤ S < 10 000	+	Peu à soluble	
	S ≥ 10 000	++	Très soluble	
Volatilité	< 3 x 10 <sup>-7</sup>	--	Moins volatile que l'eau	
K <sub>H</sub>	3 x 10 <sup>-7</sup> < K <sub>H</sub> < 10 <sup>-5</sup>	-	Faible volatilisation	
Constante de Henry (Pa.m <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup> )	10 <sup>-5</sup> < K <sub>H</sub> < 10 <sup>-3</sup>	+	Volatilisation significative	Baun et al. 2009
	> 10 <sup>-3</sup>	++	Volatilisation dans l'eau	
Coefficient d'adsorption K <sub>oc</sub> (L.kg <sup>-1</sup> )	K <sub>oc</sub> < 150	++	Mobile	
	150 < K <sub>oc</sub> < 500	+	Mobilité moyenne	
	500 < K <sub>oc</sub> < 5000	-	Faible mobilité	
	K <sub>oc</sub> > 5000	--	Immobile	
Coefficient de partage octanol/eau Log K <sub>ow</sub>	Log K <sub>ow</sub> < 2.5	-	Faible potentiel d'adsorption	
	2.5 ≤ Log K <sub>ow</sub> < 4	+	Potentiel d'adsorption modéré	Rogers 1996
	Log K <sub>ow</sub> ≥ 4	++	Fort potentiel d'adsorption	

## Annexe 2. Principales caractéristiques physico-chimiques des pesticides étudiés

Nom	Solubilité (mg.L <sup>-1</sup> )		Constante de Henry (Pa.m <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup> )		log K <sub>ow</sub>		K <sub>oc</sub> (L.kg <sup>-1</sup> )	
Atrazine	242	+	3.2 x 10 <sup>-3</sup>	+	3	+	112	++
Simazine	6	-	5.6 x 10 <sup>-5</sup>	-	2.2	-	155	+
Diuron	36	-	5.1 x 10 <sup>-5</sup>	-	2.8	+	355	+
Isoproturon	65	-	1.5 x 10 <sup>-5</sup>	-	2.5	+	122	++
AMPA	1.5 x 10 <sup>5</sup>	++	0.16	++	-2.2	-	8 027	--
Glyphosphate	10 500	++	2.1 x 10 <sup>-7</sup>	--	-3.2	-	60 000	--
2,4-MCPA	29 390	++	5.5 x 10 <sup>-5</sup>	-	-0.8	-	157	+
Chlorpyrifos	0.4	-	0.9	++	5.3	++	15 500	--
Carbendazime	7	-	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	+	1.5	-	246	+

INERIS (<http://www.ineris.fr/substances/fr/>)

GRAP (<http://www.pesticides-poitou-charentes.fr>)

ChemIDplus (<http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/>)



### Annexe 3.

## Cahier des charges d'analyses des micropolluants pour évaluer l'efficacité des ouvrages de gestion des eaux pluviales



## Cahier des charges d'analyses des micropolluants pour évaluer l'efficacité des ouvrages de gestion des eaux pluviales

Version : mars 2015

## 1 CONTEXTE

Le cahier des charges a pour objet de définir les prescriptions techniques pour l'analyses de micropolluants organiques (Annexe 1) dans les eaux pluviales dans le cadre du projet MICROMEGAS.

Ce projet est financé par l'ONEMA et l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, menée au sein du laboratoire DEEP à l'INSA de Lyon. Il a pour objectif de suivre l'efficacité d'un ouvrage centralisé pour la gestion de eaux pluviales - bassin de rétention - et 3 techniques de gestion à la source de eaux pluviales - noues, tranchées, chaussée réservoir - vis-à-vis des micropolluants.

Ce cahier des charges consiste à réaliser un suivi qualitatif des eaux pluviales en entrée et en sortie des ouvrages sur les fractions dissoute et particulaire sur l'ensemble des substances listées tableau 1.

## 2 PRESCRIPTIONS GENERALES

### 2.1 Objet du cahier des prescriptions techniques

Le présent cahier des charges est applicable aux opérations d'analyses chimiques et de transfert des données des substances polluantes au laboratoire DEEP. Le prestataire pourra faire appel à des organismes sous-traitants pour certaines opérations d'analyses chimiques.

### 2.2 Champ d'application

Le LGCIE demande au laboratoire prestataire de réaliser :

- La fourniture du flaconnage;
- La réception des échantillons, leur conservation dans les conditions de réalisation des analyses ;
- La réalisation des analyses chimiques dans les fractions dissoute et particulaire ;
- Les conditions de validation des résultats et de leur mise en forme ;
- La transmission des résultats sous formats papier et informatique décrivant les résultats d'analyses.

### 2.3 Assurance qualité

Le prestataire décrira dans un mémoire les éléments suivants :

- La méthodologie générale utilisée pour les analyses ;
- Les procédures d'organisation visant à garantir la qualité de ces prestations, comprenant la qualification du personnel chargé des analyses ;
- La description des procédures qualité mises en place, dont la conservation des échantillons et la validation des méthodes et des résultats d'analyses ;
- Son expérience dans le domaine de l'analyse des micropolluants organiques;
- Les méthodes qu'il utilisera pour la réalisation des analyses prescrites par substance ou famille de substances, les modes opératoires spécifiques utilisés ; les méthodes normalisées NF, EN ou ISO seront utilisées lorsqu'elles existent;
- Les limites de détection et de quantification, et les incertitudes prévues pour les icropolluants (liste des polluants Annexe 1) ; les rendements d'extraction (ou taux de récupération) sont précisés dans le cas des polluants organiques ;

- La liste des substances ou de familles de substances qu'il ne pourrait pas analyser doit être précisée.

### 3 ECHANTILLONNAGE

Les campagnes d'échantillonnage seront effectuées par le LGCIE. Cette étude devrait porter sur 7 événements pluvieux sur l'ensemble des 4 sites. La Figure 1 présente le nombre d'échantillons à analyser pour chaque événement pluvieux étudié (soit 7 échantillons par pluie x 7 pluies = 49 échantillons). Les analyses vont nous fournir des ordres de grandeur sur les teneurs en micropolluants dans les eaux pluviales et l'efficacité des ouvrages étudiés.

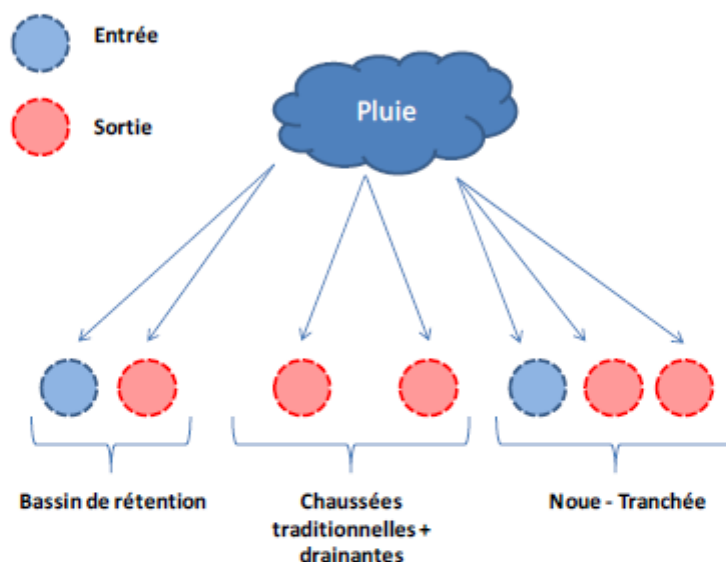


Figure 1. Schéma du protocole d'échantillonnage et du nombre d'échantillons prélevés pour chaque pluie

Le nombre, le volume, le conditionnement et l'identification des échantillons à prélever seront définis par le laboratoire d'analyse. L'identification des échantillons sera réalisée par étiquetage des flacons portant le nom du site, la date et l'heure du prélèvement, la nature et la quantité d'agents de préservation ajoutés (acide, agents d'extraction, etc.) suivant les prescriptions du laboratoire

Les échantillons seront envoyés dans les 24 heures qui suivent la fin du prélèvement en respectant les conditions de conservation indiquées par le laboratoire. Ceci permettra un démarrage de la procédure analytique dans les 24 heures voire au plus tard 48 heures après la fin du prélèvement.

### 4 ANALYSE DES ECHANTILLONS

Les analyses chimiques seront réalisées pour l'ensemble des échantillons envoyés au laboratoire. Le démarrage des procédures d'analyse doit être réalisé si possible dans les 24h et au plus tard 48 heures après la fin du prélèvement. Toutes les analyses se font sur les fractions dissoute et particulaire.

#### 4.1 Schéma analytique

Le laboratoire procède à l'identification et à la quantification systématique des substances ou famille de substances dont la liste est jointe en tableau 1 par les méthodes disponibles et validées, permettant

d'atteindre les seuils de quantification les plus faibles. Dans la mesure où elles existent, les méthodes normalisées NF, EN ou ISO seront privilégiées.

#### 4.2 Critères et validation des méthodes de résultats

Le laboratoire respecte les points suivants :

- La limite de quantification (LQ) est mentionnée par le laboratoire et rappelée sur les résultats d'analyse.
- Des résultats numériques ne peuvent être fournis en dessous de la LQ. Celle-ci n'est valable que si des taux de récupération ont été réalisés à ce niveau.
- Les résultats concernant la détermination de l'incertitude et de la justesse des mesures sont présentés, ainsi que les rendements d'extraction (ou taux de récupération) pour les micropolluants organiques.
- Le laboratoire précise quels sont ses critères de validation des résultats d'analyse. Par exemple, un taux de récupération réalisé en parallèle sur un échantillon dopé avec l'ensemble des composés d'une famille de substances recherchées, permet de s'assurer qu'aucune dérive lors de la mise en œuvre de la méthode, aucun problème d'appareil, de manipulation ou de réactif ne se sont produits et valide ainsi les résultats obtenus. L'utilisation d'étalons interne (ajoutés directement à l'échantillon avant l'extraction) constitue également un bon moyen de contrôle des résultats.

### 5 RAPPORT FINAL

Le rapport final, envoyé au LGCIE, doit présenter les points suivants :

- [1] Les conditions de réception des échantillons ;
- [2] Les résultats pour les fractions dissoute et particulaire pour l'ensemble des substances ou famille de substances;
- [3] Pour chaque substance seront également fournis:
  - la description des méthodes d'analyse et la validation des résultats;
  - les résultats concernant la détermination de l'incertitude et de la justesse des mesures; les rendements d'extraction obtenus sont indiqués dans le cas des micropolluants organiques ;
  - les problèmes éventuellement rencontrés lors du déroulement des analyses ;
- [4] Tous autres commentaires jugés utiles.

### 6 PRESENTATION DU DEVIS

Le devis devra au minimum comprendre le coût unitaire des différents éléments suivants :

- analyses chimiques par échantillon ;
- rapport final.

## Annexe 1

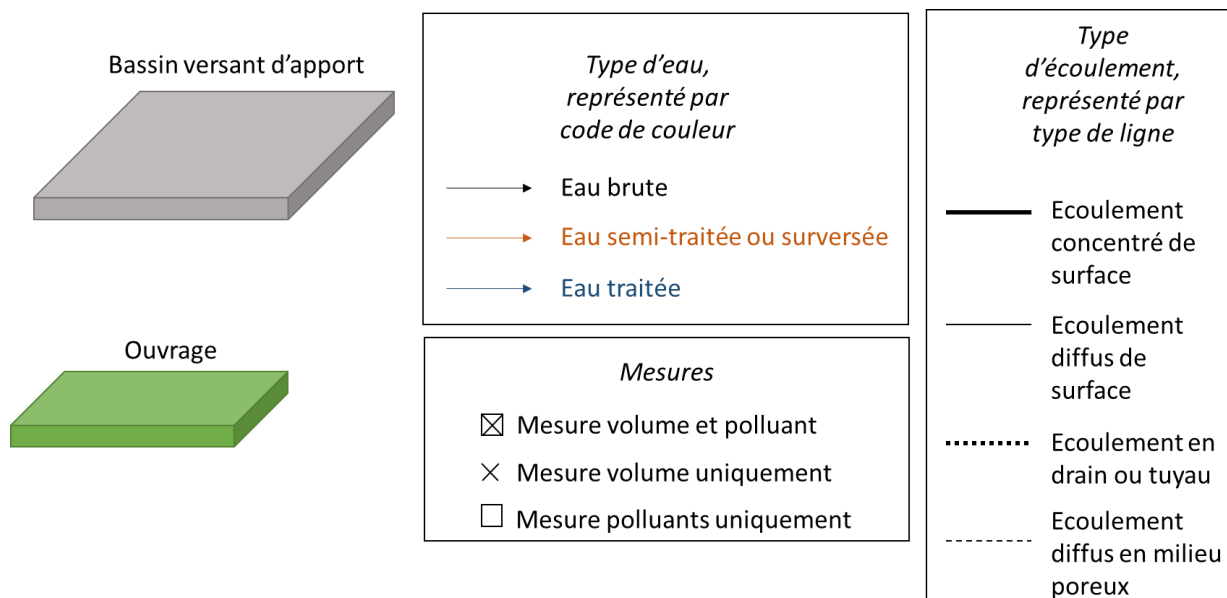
N° CAS	Nom de la substance
Substances de la DCE	
120-12-7	Anthracène*
1912-24-9	Atrazine
2921-88-2	Chlorpyrifos
330-54-1	Diuron
206-44-0	Fluoranthène
34123-59-6	Isoproturon
91-20-3	Naphtalène
104-40-5	4-nonylphénol*
140-66-9	para-tert-octylphénol
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	
50-32-8	Benzo(a)pyrène*
205-99-2	Benzo(b)fluoranthène*
207-08-9	Benzo(k)fluoranthène*
191-24-2	Benzo(g,h,i)perylène*
193-39-5	Indéno(1,2,3-cd)pyrène*
122-34-9	Simazine*
Autres substances pertinentes	
41318-75-6	PBDE28
5436-43-1	PBDE47
60348-60-9	PBDE99
189084-64-8	PBDE100
68631-49-2	PBDE153
207122-16-5	PDBE183
1163-19-5	PBDE209
94-74-6	2,4-MCPA
83654-13-1	AMPA
38641-94-0	Glyphosate
10605-21-7	Carbendazime
93-85-2	Mecoprop
80-05-7	Bisphénol A
2315-67-5	Octylphénol-mono-ethoxylé
2315-61-9	Octylphénol-bi-ethoxylé
26027-38-3	Nonylphénol-mono-ethoxylé
156609-10-8	Nonylphénol-bi-ethoxylé
	Nonylphénol-1-carboxylé
208-96-8	Acénaphthylène
83-32-9	Acénaphène
85-01-8	Phénanthrène
86-73-7	Fluorene
129-00-0	Pyrène
56-55-3	Benzo(a)anthracène
218-01-9	Chrysène
53-70-3	Dibenzo(a,h)anthracène

\* substances dangereuses prioritaires

## Annexe 4.

### Fiches de présentation des Sites

Éléments pour la représentation des schémas fonctionnels présentés dans l'ensemble des fiches de présentation





## Fiche de Site : Bassin de retenue – Django Reinhardt


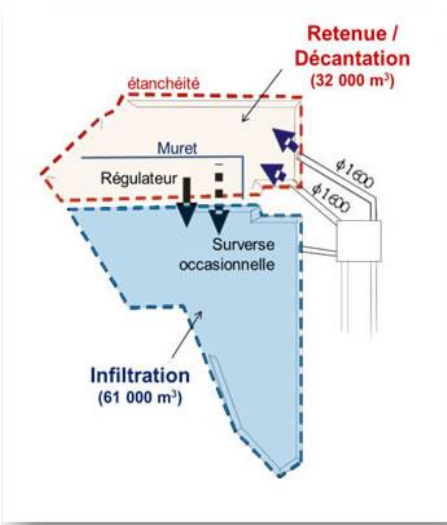
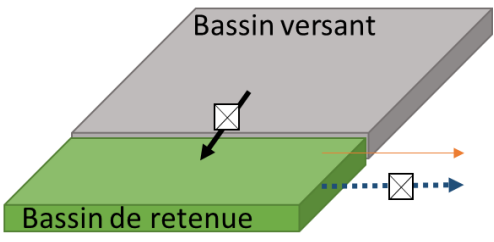



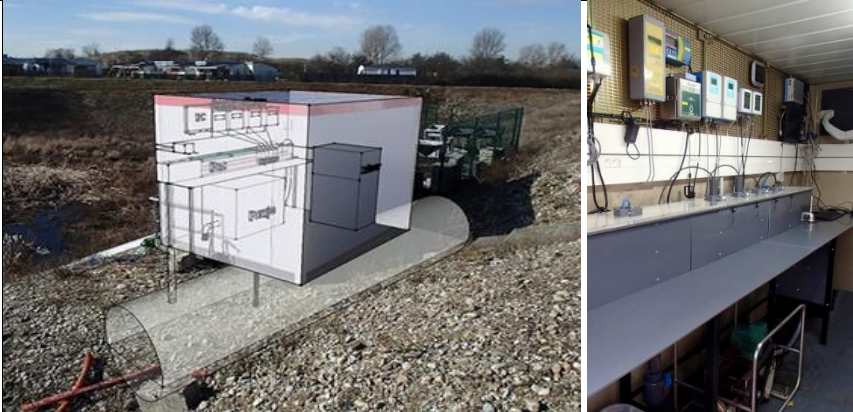
<p>Site :</p>	<p>LIEU : Chassieu(69), Métropole de Lyon</p> <p>MAITRE D'OUVRAGE : Métropole de Lyon</p> <p>EQUIPES SCIENTIFIQUES : DEEP, EVS</p> <p>DATE DE MISE EN SERVICE : 1975 réaménagements en 1985</p> <p>puis réhabilité en 2002 et 2004</p> <p>TYPE BASSIN VERSANT: Bassin versant urbain dense à forte composante industrielle muni d'un réseau séparatif pluvial</p> <p>ENVIRONNEMENT: industriel et agricole</p> <p>TYPE OUVRAGE: Bassin de retenue étanché</p>  <p><b>Figure A4-1 : Vue aérienne du site de Chassieu : (Bassin versant en bleu) – Ouvrage (en rouge)</b></p>
	 <p><b>Figure A4-2 : site d'étude – schéma de principe. Le bassin étudié est le compartiment de retenue décantation uniquement.</b></p>

Schéma fonctionnel :	 <p>Figure A4-3 : Schéma fonctionnel du site de Chassieu</p>
Bassin versant d'apport	<p><b>SURFACES :</b> Bassin versant 185 ha, coefficient de ruissellement Cr ~35 %</p> <p>Bassin de retenue : surface de fond : 11 300m<sup>2</sup></p> <p><b>COEFFICIENT D'IMPERMEABILISATION :</b> environ 75 %</p> <p><b>PARTICULARITES :</b> Les activités du bassin versant concernent surtout l'industrie légère avec notamment des activités logistiques, traitement des déchets papier et carton ou encore fabrique d'enrobés routiers. Etant donné le renouvellement très régulier des entreprises sur le site, il n'est pas possible de proposer un recensement exhaustif et fiable permanent. En plus de l'activité industrielle, des espaces verts aménagés, des zones agricoles et naturelles représentent respectivement 20 %, 4 % et 4 % de la surface totale. Enfin la zone est maillée de rues et routes typiques d'un milieu urbain. D'après les comptages du Grand Lyon en 2014, la circulation moyenne est d'environ de 10 000 véhicules / jour (avec en moyenne approximativement 1700 poids lourds) si l'on inclut la voie rapide qui borde le bassin versant.</p> <p>Des eaux de refroidissement ou de lavage « propres » issues d'activités du bassin versant peuvent rejoindre le bassin de retenue par le réseau séparatif pluvial. Ces débits se sont amenuisés au fil du temps suite à une campagne d'information de la collectivité.</p>
Référence eaux brutes :	Les eaux brutes sont ici les eaux d'entrée dans le bassin pompée dans la conduite $\Phi$ 1600.
Ouvrages	<p><b>Description</b></p> <p>Le bassin a une capacité de stockage de 32 200 m<sup>3</sup>. Il présente une entrée principale ainsi qu'une entrée secondaire, condamnée par un batardeau et seulement utilisée lors d'opérations sur le bassin (curage par exemple). Par temps de pluie, les effluents arrivent donc dans l'ouvrage par un collecteur circulaire de 1.6 m de diamètre. Le fond est constitué d'un radier bitumineux étanche et les talus sont recouverts d'une géomembrane étanche. Une cunette dite « de temps sec » permet la circulation des faibles débits jusqu'à la sortie de l'ouvrage. Deux fosses de décantation sont également localisées dans le bassin. Le bassin de retenue-décantation a régulièrement subi des modifications avec notamment la construction d'un muret muni de trois orifices en 2004 et destiné à améliorer la décantation. Les eaux supposées être moins chargées en MES après décantation s'écoulent à travers de ces 3 orifices percés dans le muret. Enfin les eaux sont rejetées dans un bassin d'infiltration via un régulateur pour être vidangées vers le bassin d'infiltration via un système de régulation (Hydroslide®)) limitant les débits à 350L/s. Les mesures débitmétriques réalisées montrent une régulation plutôt autour de 500 L/s.</p>  <p>Figure A4-4: photo du bassin de retenue</p>



SUIVIS METROLOGIQUES	
Objectifs de la mesure	Mesurer les flux d'eau et de polluants en entrée et en sortie de l'ouvrage
Mesures hydriques:	<p><b>Pluie</b></p> <p>Pluviomètre : pluviomètre à pesée OTT-LOG V2.18 au pas de temps de 1 min</p> <p><b>Débitmétrie en continu</b> à pas de temps de 2 min en entrée et en sortie du bassin.</p> <p><u>En entrée</u> : mesure hauteur / vitesse (Flodar) : hauteur par capteur à ultrasons émergé en voute de la conduite, vitesse par capteur radar.</p>  <p>2012/10/12</p> <p><b>Figure A4-5 : Débitmètre en entrée</b></p> <p><u>En sortie</u> : mesure hauteur / vitesse (Flo-Pro) : hauteur par capteur à ultrasons immergé, vitesse via un capteur doppler</p>  <p><b>Figure A4-6 : Débitmètre en entrée</b></p>
Mesures de pollution	<p><b>En entrée comme en sortie du bassin de retenue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mesures en continu de pH, conductivité, température et turbidité doublée. Les eaux sont pompées dans la conduite d'entrée ou de sortie puis transitent dans un canal enfermé dans un bungalow. Dans le canal plonge l'ensemble des capteurs de mesures en continu.</li> <li>Prélèvement d'échantillons par préleveurs échantillonneurs (Echantillon moyen proportionnel au débit) – deux préleveurs : un avec 24 flacons en verre l'autre avec 24 flacons en plastique.</li> </ul>

	 <p style="text-align: center;"><b>Figure A4-7 : Dispositif de mesure des polluants</b></p>
<b>Entretien du dispositif métrologique</b>	<p><b>A une fréquence régulière (2/3 fois par mois)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nettoyage des sondes et du canal de dérivation</li> <li>▪ Contrôle du fonctionnement global de l'installation</li> </ul> <p><b>A une fréquence régulière (2 fois par an)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vérifications et étalonnages des sondes</li> <li>▪ Mises à jour des ordinateurs</li> <li>▪ Entretien des pompes</li> </ul> <p><b>Avant chaque campagne d'échantillonnage d'eau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nettoyage des équipements d'échantillonnage pouvant être en contact avec l'eau</li> <li>▪ Mise en place du dispositif d'échantillonnage</li> <li>▪ Programmation des préleveurs et des ordinateurs</li> </ul> <p><b>Après chaque campagne d'échantillonnage d'eau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Récupération des échantillons</li> <li>▪ Nettoyage et rangement du dispositif</li> </ul>
<b>RETOURS D'EXPERIENCE</b>	
<b>Problèmes rencontrés et résolutions :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vandalisme (tir de carabine sur les bungalows, visites et jeux d'enfants venant du camp des gens du voyage à proximité dans les compartiments rétention et infiltration). Une solution a été trouvée pour limiter ce vandalisme en allant présenter les mesures et les travaux de l'observatoire aux responsables du camp.</li> <li>▪ A l'origine le dispositif recevait des débits d'eau de temps sec assez constants qui permettaient aux capteurs de fonctionner en continu par temps sec comme par temps de pluie. Maintenant ils ne fonctionnent en continu que par temps de pluie et se déclenchent sur hauteurs d'eau en réseau. Les capteurs de température, de conductimétrie et pH peuvent manquer de temps pour se stabiliser.</li> <li>▪ Disjonction de l'armoire électrique lors d'orages importants. Mise en place d'un onduleur pour protéger le matériel le plus sensible.</li> <li>▪ Instabilité de l'accès ADSL (panne modem, problème fourreaux télécom). Redémarrage manuel et occasionnel du modem.</li> <li>▪ Le disjoncteur de protection du compresseur d'air saute de façon aléatoire. Ce compresseur permet de piloter la vidange du bac pour assurer son nettoyage automatique.</li> <li>▪ Gel du groupe extérieur du climatiseur réversible en hiver. Les températures les plus basses nécessitent l'usage de convecteurs électriques.</li> <li>▪ Pannes aléatoires du matériel fonctionnant en continu (groupe froid des préleveurs, sondes, transmetteurs, rupture de tube de pompe, électrovannes, informatique). Maintenances préventives et curatives nécessaires.</li> <li>▪ Multiplicité des équipes (chercheurs de différents projets, opérationnels) conduit à des dysfonctionnements aléatoires. Afin de diminuer ces dysfonctionnements l'organisation régulière de réunions de sites avec l'ensemble des acteurs et la mise en place d'un planning d'intervention a fait ces preuves au sein de l'OTHU.</li> </ul>
<b>Objectifs abandonnés :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mesure en continu des débits de temps sec</li> </ul>

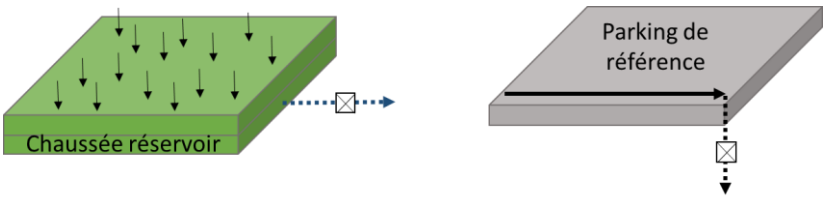

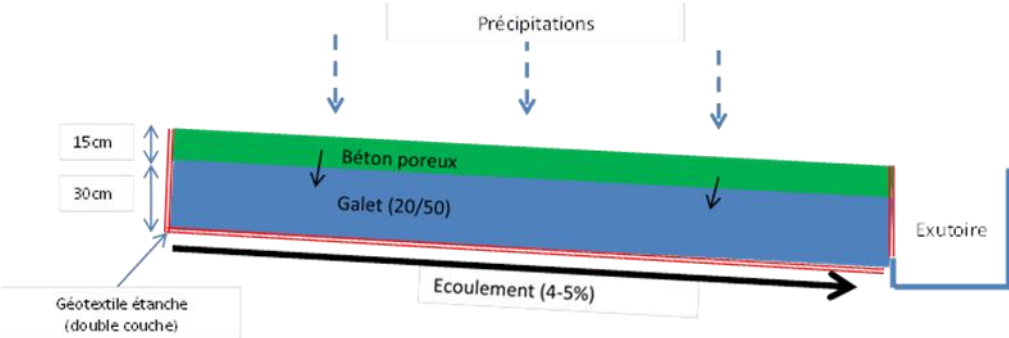
Et si c'était à refaire ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le bungalow a été optimisé au cours du temps et complètement re-conçu en 2015 après plus de 10 ans de fonctionnement.</li> </ul>
Pour en savoir plus :	<p>Walcker N., Bertrand-Krajewski J.-L., Vacherie S., Lepot M., Castebrunet H., Barraud S. et Lipeme Kouyi G. (2018). Une nouvelle station de mesure pour l'acquisition de séries chronologiques en hydrologie urbaine, TSM, 3(2018), 55-64. DOI : <a href="https://doi.org/10.1051/tsm/201803055">https://doi.org/10.1051/tsm/201803055</a>.</p> <p>RAPPORT D'ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE OTHU 2013-2016 Décembre 2016, 206 p. (présentation du site Django Reinhardt 136-147 pp.) : <a href="http://www.graie.org/othu/pdfothu/RapportScOTHU-2013-2016_v12finWeb.pdf">http://www.graie.org/othu/pdfothu/RapportScOTHU-2013-2016_v12finWeb.pdf</a></p>

## Fiche de Site : Ecocampus Lyon tech La doua – Système muni d’une chaussée à structure réservoir

<p>Site :</p>	<p>LIEU : Ecocampus Lyon Tech La Doua - Villeurbanne (69)</p> <p>MAITRE D’OUVRAGE : INSA Lyon</p> <p>EQUIPE SCIENTIFIQUE : DEEP-INSA, EVS</p> <p>DATE DE MISE EN SERVICE : septembre 2010</p> <p>TYPE BASSIN VERSANT: parking de bâtiments (bureaux, salles de cours, restaurant universitaire) il est aujourd’hui réservé au restaurant universitaire et à des personnels permanents</p> <p>ENVIRONNEMENT: campus</p> <p>TYPE OUVRAGE: Chaussée à structure réservoir</p>  <p>Figure A4-1 : Vue aérienne de l’environnement du site d’étude</p>
---------------	---

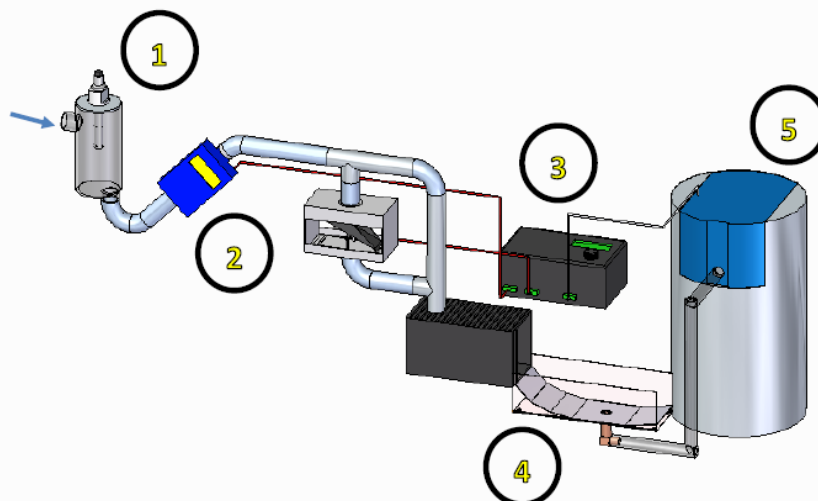


Figure A4-2 : Le site d’étude

Schéma fonctionnel :	 <p>Figure A4-3 : Schéma fonctionnel du site, le système étudié à gauche, la zone de référence pour les eaux brutes à droite</p>
Bassin versant d'apport	<p>SURFACES du bassin d'apport = SURFACE de l'ouvrage : 93.96 m<sup>2</sup></p> <p>COEFFICIENT D'IMPERMEABILISATION: 100 %</p> <p>PARTICULARITES : ouvrage à revêtement drainant en béton drainant</p>
Référence eaux brutes :	<p>Pour l'estimation des abattements de micropolluants, les concentrations en sortie sont comparées à celles ayant ruisselé sur un parking classique de même dimensions en béton bitumineux (BB) contigu à la CSR (Cf. figure A4-4).</p> <p>Ce parking présente une pente de 2 à 3 % qui conduit les eaux de ruissellement vers un avaloir situé à l'entrée d'un puits de mesure dédié.</p>  <p>Figure A4-4 : Le bassin versant de référence contigu à la partie en CSR</p> <p>Le parking dans sa globalité permet en théorie de recevoir 6 véhicules en stationnement ; trois places sont réservées aux handicapés sur la partie de référence (Cf. figure A4-4). Mais des voitures ou camionnettes se garent souvent derrière les places de parkings. Les places pour handicapés ne sont pas respectées.</p>
Ouvrages	<p>La chaussée réservoir est composée en surface d'un revêtement drainant de 0.15 m (béton drainant Hydromedia™ utilisable pour les revêtements routiers sur une couche de gravier 20/50 de 0.30 m. La Capacité d'infiltration du béton drainant est de 880 L/min/m<sup>2</sup> soit environ 1.5 cm/s.</p> <p>Le fond de fouille est té étanché par une géomembrane. Un drain a été installé à l'exutoire pour récupérer les eaux. Une sous-couche de gravier roulé 20/50 de 30 cm a ensuite été mise en place et le béton poreux a été coulé en 4 bandes successives d'une largeur de 1,8 m avec une épaisseur de 15 cm. Afin d'assurer la continuité entre les bandes, un joint en ciment a été coulé entre chacune d'entre elles. Le fond de fouille présente une pente de 4 à 5 % de façon à récupérer dans une chambre de mesure l'ensemble des eaux qui s'infiltrent à travers le matériau ou ruissellent.</p>  <p>Figure A4-5 : Coupe transversale a) et longitudinale (b) de la noue</p>



SUIVIS METROLOGIQUES	
Objectifs de la mesure	<p>➤ Mesurer les flux d'eau et de micropolluants en sortie des ouvrages pour comparaison avec un ouvrage centralisé et d'autres ouvrages à la source du campus. Les familles de micropolluants étudiés sont les métaux et metalloïdes, des pesticides, les HAPs, les alkylphénols et dérivés et les PBDE.</p>
Mesures hydriques:	<p><b>Pluie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pluviomètre à auget basculant</li> </ul> <p><b>Bassin versant de référence et sortie de la CSR</b></p> <p>Une première instrumentation a été réalisée en 2010 : des mesures de débit (pas de temps : 30 sec) <i>via</i> un débitmètre électromagnétique alimenté via le lampadaire en bordure du parking et des échantillonnages des eaux pluviales avec un bidon de 60L. La pluviométrie était représentée par les quantités de pluie tombée sur la partie de référence (parking imperméable).</p> <p>Dans le cadre de MicroMegas, la même instrumentation que celle mise en place sur la noue et la tranchée a été implémentée également dans les deux chambres de mesure reliées à la partie de parking imperméable. L'installation nouvelle a été terminée début 2016. L'ensemble était alimenté par panneaux solaires ; en mai 2017, un panneau solaire plus puissant est mis en place. Début 2018, le site est raccordé au secteur.</p> <p>L'instrumentation est la suivante (Cf. Schéma de principe en figure A4-6)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li> <p>Les effluents en sortie du drain arrivent dans la chambre et subissent une mesure de conductivité électrique et de température ; les capteurs sont placés dans une cellule cylindrique en PVC ;</p> </li> <li> <p>Une mesure de débit par un double débitmètre - débitmètre électromagnétique (EM) + débitmètre massique à auget (20 g) - est ensuite effectuée. Les petits débits de la gamme [0 ; 100 L/h] sont mesurés par le débitmètre à auget tandis que le mesurage des débits plus importants de la gamme [75 ; 2000 L /h] est assuré par le débitmètre EM. Le mesurage de l'un comme de l'autre est une valeur moyennée de l'ensemble des débits sur le pas de temps de mesure ;</p> </li> <li> <p>Une centrale d'acquisition recueille en continu et au pas de temps de 2 minutes les données des débitmètres, du conductimètre et de la sonde de température. Les deux signaux issus des débitmètres subissent un traitement en ligne pour ne fournir en fin de compte qu'un seul débit présentant l'incertitude la plus faible. Les deux informations sont néanmoins archivées.</p> </li> </ol>



**Figure A4-6 : Schéma de principe de l'instrumentation situé dans la chambre de mesure**

Les premières données de débit datent de mai 2016.

Une station météo Campbell est installée sur un bâtiment du campus depuis 4 novembre 2016 (Bât Coulomb 1) (pluviomètre à auget, température, vitesse du vent, ...). En pratique, les données de pluviométrie du Grand Lyon (pluviomètre situé au transbordeur) sont utilisées.

**Mesures de pollution**



Les eaux sont ensuite récupérées dans un bac de prélèvement en inox dont la forme a été étudiée pour assurer un bon mélange des polluants dans le volume d'eau au moment du prélèvement.

Le système de prélèvement : en fonction de la hauteur de pluie attendue et des aléas météorologiques, les eaux sont soit (i) recueillies intégralement dans un bidon de 16 L et la représentativité de l'échantillon est ensuite analysée, soit (ii) prélevées proportionnellement au débit par un préleveur portable dans un mono flacon (le plus inerte possible en plastique teflonné). Ce mono-flacon recueille une quantité d'eau suffisante pour les analyses des micropolluants et fournit un échantillon dont la concentration est représentative d'une concentration moyenne évènementielle.

Le bidon de 16 L est toujours installé pour pallier les problèmes potentiels du préleveur.

Avant les premières campagnes, des blancs de l'ensemble du système de prélèvement ont été réalisés le 15 février 2017.

**Entretien du dispositif métrologique**

**A une fréquence régulière (toutes les semaines)**

- Changement de batteries quand il y avait des batteries même en présence du panneau solaire (problématique en hiver)
- Téléchargement manuel de données enregistrées en continu et vérification de mesures
- Nettoyage des sondes de conductivité, de température et du système de débitmétrie (auget, tuyaux)



**Avant chaque campagne d'échantillonnage d'eau**

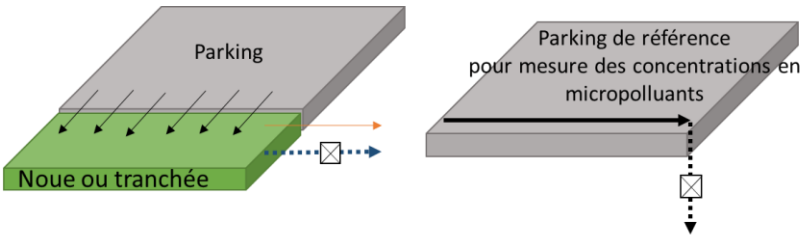

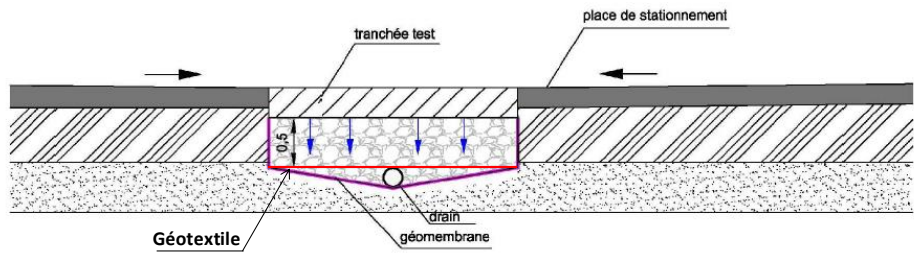
- Nettoyage des équipements d'échantillonnage pouvant être en contact avec l'eau (tuyaux, goulotte, bidons et préleveur)
- Teflonnage réguliers des bidons (les tuyaux étant teflonnés de base)
- Mise en place de flacons d'échantillonnage
- Programmation des préleveurs

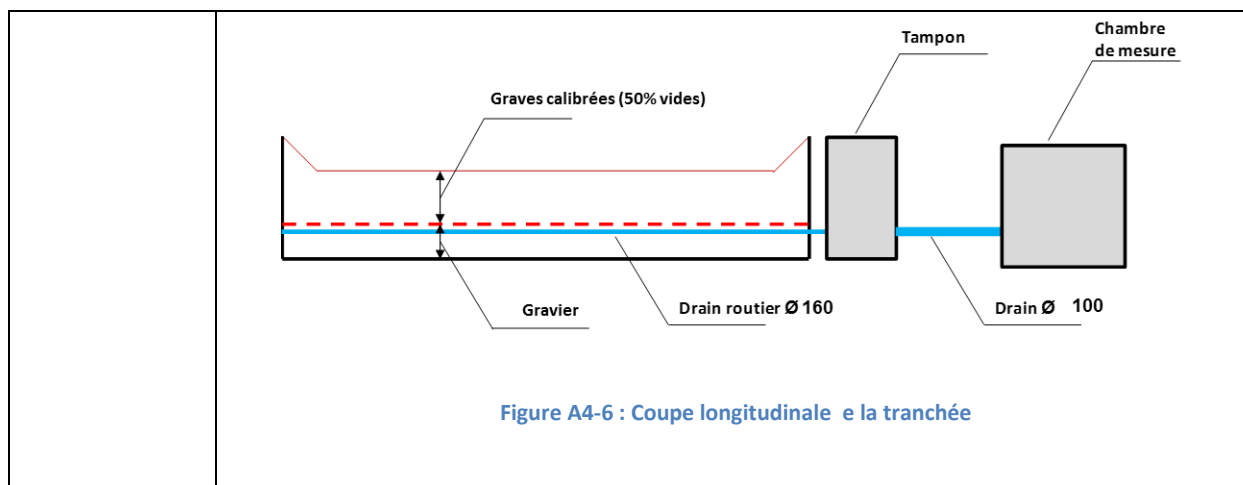
RETOURS D'EXPERIENCE	
Problèmes rencontrés et résolutions :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panneau solaire inadapté (40W), changement en mai 2017 pour un panneau solaire plus puissant (100W). Mais insuffisance en automne/ hiver (ombres et rayonnement solaire insuffisant et batteries inadaptées aux températures basses), début 2018, le site est raccordé au secteur.</li> <li>• Problèmes liés au chantier. Une partie latérale a été ouverte pour le passage d'une chaussée provisoire. Bien que le site expérimental et sa nécessaire « sanctuarisation » aient été signalés à l'entreprise coordonnatrice et au maître d'ouvrage des travaux du campus, les sous-traitants n'en ont pas été informés.</li> <li>▪ Débordement du bidon lorsque le préleveur n'a pas fonctionné</li> <li>▪ Inondation dû à une mauvaise évacuation du surplus d'eau dans le puits de mesure lors d'un orage. Retournement du préleveur qui a été noyé et endommagé</li> </ul>
Objectifs abandonnés :	
Et si c'était à refaire ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Chambre plus grande, alimentée de manière propre au réseau électrique et drainée par le fond ce qui a été amélioré sur les chambres à l'exutoire de la noue et de la tranchée</li> </ul>
Pour en savoir plus :	<p>Garnier R., Barraud S., Castebrunet H., Vacherie S. (2016). Mesure d'efficacité des systèmes alternatifs de gestion des eaux pluviales en matière d'abattement de micropolluants et comparaison systèmes à la source / systèmes centralisé : Métrologie hydraulique et stratégie de prélèvements. 7eme Journées Doctorales de l'Hydrologie Urbaines, Nantes, 11-12 octobre 2016, 4 p.</p> <p>Barraud S., Garnier R., Castebrunet H. (2018). Rapport de suivis des sites (compte rendu et exploitation des résultats). Livrable L2B. Projet Micromegas pour le compte de l'AFB. Version définitive à paraître</p> <p>Garnier R. (2019). Thèse de doctorat (à venir)</p>



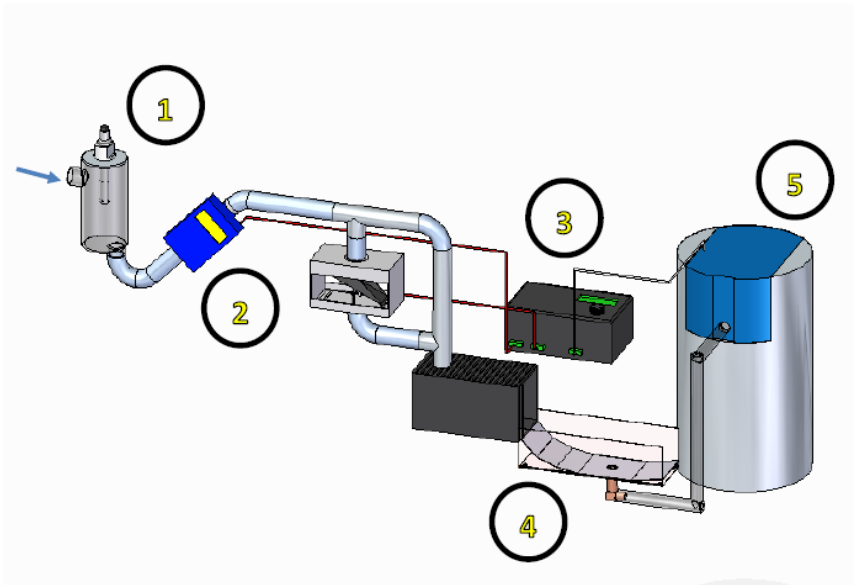
## Fiche de Site : Ecocampus Lyon Tech La doua – Système muni d’une Tranchée




<p>Site :</p>	<p>LIEU : Ecocampus Lyon Tech La Doua - Villeurbanne (69)</p> <p>MAITRE D’OUVRAGE : Université de Lyon</p> <p>EQUIPE SCIENTIFIQUE : DEEP-INSA, EVS</p> <p>DATE DE MISE EN SERVICE : <b>Eté 2013</b></p> <p>TYPE BASSIN VERSANT: parking de résidences universitaires</p> <p>ENVIRONNEMENT: campus</p> <p>TYPE OUVRAGE: tranchée</p>  <p><b>Figure A4-1 : Vue aérienne de l’environnement du site d’étude</b></p> <p>PARTICULARITES: -</p>
	 <p><b>Figure A4-2 : Le site d’étude</b></p>

<p><b>Schéma fonctionnel :</b></p>	 <p><b>Figure A4-3 : Schéma fonctionnel du site, le système étudié à gauche, la zone de référence pour les eaux brutes à droite</b></p>
<p><b>Bassin versant d'apport</b></p>	<p>SURFACES: 234.1 m<sup>2</sup> (parking), 26 m<sup>2</sup> d'ouvrage</p> <p>COEFFICIENT D'IMPERMEABILISATION: 46.4 % (en prenant en compte la surface de noue) et 48.5 % (Sans prise en compte de l'ouvrage)</p> <p>COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT : ~10 % (pour des pluies &lt;24 mm)</p> <p>PARTICULARITES : la surface du parking est revêtue de 111.5 m<sup>2</sup> de stabilisé et de 122.6 m<sup>2</sup> de revêtement en béton bitumineux.</p>
<p><b>Référence eaux brutes :</b></p>	<p>Pour l'estimation des abattements de micropolluants, les concentrations en sortie sont comparées à celles ayant ruisselé sur un parking classique de ~94 m<sup>2</sup> en béton bitumineux (BB) situé dans un environnement très proche (~320 m à vol d'oiseau)</p>  <p><b>Figure A4-4 : Le bassin versant de référence</b></p>
<p><b>Ouvrages</b></p>	<p>La tranchée drainante, constituée de graves, est tapissée d'une géomembrane étanche sur le fond et les parois, et remblayés avec de la grave (50 % de vide).</p> <p>Les eaux de ruissellement sont collectées par un drain routier (Ø 160 mm) disposé au fond, protégé par un géotextile et des galets calibrés. Les eaux collectées sont ensuite acheminées dans un regard puis dans la chambre de mesure par un tube polyéther polyuréthane pur pour le milieu alimentaire souple de Ø 100 mm placé dans un fourreau de Ø 200 mm correspondant au drain avant réfection (Cf. problèmes rencontrés).</p>  <p><b>Figure A4-5 : Coupe transversale de la tranchée</b></p>



#### SUIVIS METROLOGIQUES

<b>Objectifs de la mesure</b>	<p>➤ Mesurer les flux d'eau et de micropolluants en sortie des ouvrages pour comparaison avec un ouvrage centralisé et d'autres ouvrages à la source du campus. Les familles de micropolluants étudiés sont les métaux et métalloïdes, des pesticides, les HAPs, les alkylphénols et dérivés et les PBDE.</p>
<b>Mesures hydriques:</b>	<p><b>Pluie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pluviomètre à auget basculant</li> </ul> <p><b>Bassin versant de référence et sortie du système Parking + tranchée</b></p> <p>L'instrumentation est la suivante (Cf. Schéma de principe en figure A4-7)</p>  <p style="text-align: center;"><b>Figure A4-7 : Schéma de principe de l'instrumentation situé dans la chambre de mesure</b></p> <p>Les effluents de sortie arrivent dans une chambre de mesure où ils sont soumis à différentes mesures dans l'ordre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>1</b> une mesure de conductivité électrique et de température. Les capteurs sont placés dans une cellule cylindrique en PVC ;</li> </ul>

	<p>            Une mesure de débit par un double débitmètre - débitmètre électromagnétique (EM) + débitmètre massique à auget (20 g). Les petits débits de la gamme [0 ; 100 L/h] sont mesurés par le débitmètre à auget tandis que le mesurage des débits plus importants de la gamme [75 ; 2000 L /h] est assuré par le débitmètre EM. Le mesurage de l'un comme de l'autre est une valeur moyennée de l'ensemble des débits sur le pas de temps de mesure (2 min).         </p> <p>            Une centrale d'acquisition recueille en continu et au pas de temps de 2 minutes les données des débitmètres, du conductimètre et de la sonde de température. Les deux signaux issus des débitmètres subissent un traitement en ligne pour ne fournir en fin de compte qu'un seul débit présentant l'incertitude la plus faible. Les deux informations débitométriques sont néanmoins archivées.         </p>
Mesures de pollution	<p>            Les eaux sont ensuite récupérées dans un bac de prélèvement en inox dont la forme a été étudiée pour assurer un bon mélange des polluants dans le volume d'eau au moment du prélèvement.         </p> <p>Le système de prélèvement : en fonction de la hauteur de pluie attendue et des aléas météorologiques, les eaux sont soit (i) recueillies intégralement dans un bidon de 16 L et la représentativité de l'échantillon est ensuite analysée, soit (ii) prélevées proportionnellement au débit par un préleveur portable dans un mono flacon (le plus inerte possible en plastique teflonné). Ce mono-flacon recueille une quantité d'eau suffisante pour les analyses des micropolluants et fournit un échantillon dont la concentration est représentative d'une concentration moyenne événementielle.</p> <p>Le bidon de 16 L est toujours installé pour pallier les problèmes potentiels du préleveur.</p> <p>Avant les premières campagnes, des blancs de l'ensemble du système de prélèvement ont été réalisés le 15 février 2017.</p>
Entretien du dispositif métrologique	<p><b>A une fréquence régulière (toutes les semaines)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Téléchargement manuel de données enregistrées en continu et vérification de mesures</li> <li>• Nettoyage des sondes de conductivité et température et du système de débitmétrie (auget, tuyaux)</li> </ul> <p><b>Avant chaque campagne d'échantillonnage d'eau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nettoyage des équipements d'échantillonnage pouvant être en contact avec l'eau (tuyaux, goulotte, bidons et préleveur)</li> <li>• Teflonnage réguliers des bidons (les tuyaux étant teflonnés de base)</li> <li>• Mise en place de flacons d'échantillonnage</li> <li>• Programmation des préleveurs</li> <li>• Pour la noue d'apport (évaluation du coefficient volumétrique de ruissellement) nettoyage des caniveaux collecteurs</li> </ul>

## RETOURS D'EXPERIENCE

Problèmes rencontrés et résolutions :

et





- Problèmes de réalisation. L'entreprise d'exécution à implanter un regard inutile entre la chambre de mesure et l'exutoire de la noue. Comme la connexion des tuyaux dans le regard était défectueux (mauvaise étanchéité) tout le dispositif de connexion a été refaite




Figure A4- 8 : Connexion refaite dans le regard



- L'arrivée des eaux dans la chambre a été implantée au bas de la chambre. Il a donc fallu creuser pour installer le dispositif de mesure et le préleveur
- Géomembrane non soudée en des points particuliers solidarissant deux parties par simple pression
- Drain posé sans soin présentant un point haut au milieu de la tranchée repéré par géoradar



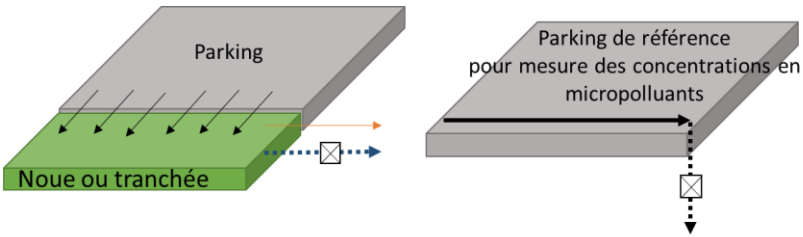

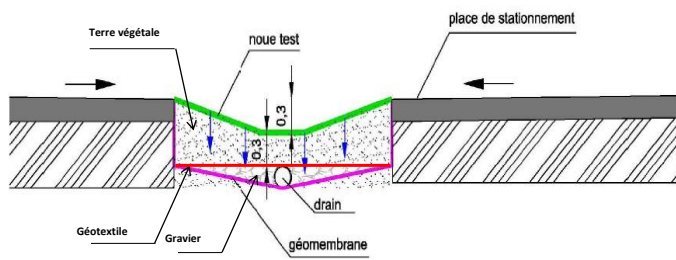
<p><b>Objectifs abandonnés :</b></p>	<p>Il était prévu au départ d'étudier la performance de la noue. Pour évaluer son efficacité et son comportement vis-à-vis des flux d'eau et de micropolluants il aurait été nécessaire de faire des mesures entrée/sortie de la noue. Or ce n'était pas possible car toute interception des eaux d'entrée aurait faussé les quantités de sortie qui sont déjà statistiquement assez faibles.</p> <p>Il avait alors été envisagé de réaliser les mesures en entrée sur un parking contigu exactement de même composition que celui du parking drainé par la noue (un partie en stabilisé et une partie en BB). Nous l'avons fait pour estimer les conditions de ruissellement du parking (coefficient de ruissellement, pertes initiales)</p> <p>Les eaux du parking sont collectées par des caniveaux tout autour de la « noue dite d'apport » – Cf. figure A4-9. Cependant le dispositif se colmate souvent (feuilles mortes, débris, encrassement très rapide des grilles ...) et demande donc un entretien lourd. Dans ces conditions peu de mesures sont fiables. Ce dispositif fonctionne pour la description du bassin versant réel alimentant la noue, mais n'est pas utilisé pour la mesure des concentrations en micropolluants ni des flux d'eau en entrée de noue. Le dispositif évalué n'est donc pas la noue, mais le système parking + noue.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>c)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>b)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>d)</p> </div> </div> <p><b>Figure A4-9 : Système de mesure permettant d'évaluer les débits et volumes d'eau en entrée des systèmes drainés par la noue et la tranchée.</b> a) montre la localisation et la similitude du site de référence, b) montre la noue de référence avec installation à la périphérie des caniveaux, c) et d) la connexion des caniveaux au système de mesure (double mesure 1/par auget basculant et 2/par mesure électromagnétique)</p> <p>La deuxième raison qui a conduit à prendre pour référence un parking traditionnel est que l'on a cherché à harmoniser les comparaisons entre les différents dispositifs étudiés (système muni d'une noue, d'une tranchée et chaussée à structure réservoir).</p>
<p><b>Et si c'était à refaire ?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nous choisirions un site plus traditionnel encore (parking en BB) se déversant dans la noue. Ceci dit le dispositif parking partiellement formé de stabilisé est une solution assez répandue sur la métropole.</li> </ul>
<p>Pour en savoir plus :</p>	<p>Garnier R., Barraud S., Castebrunet H., Vacherie S. (2016). Mesure d'efficacité des systèmes alternatifs de gestion des eaux pluviales en matière d'abattement de micropolluants et comparaison systèmes à la source / systèmes centralisés : Métrologie hydraulique et stratégie de prélèvements. 7ème Journées Doctorales de l'Hydrologie Urbaines, Nantes, 11-12 octobre 2016, 4 p.</p> <p>Barraud S., Garnier R., Castebrunet H. (2018). Rapport de suivis des sites (compte rendu et exploitation des résultats). Livrable L2B. Projet Micromegas pour le compte de l'AFB. Version définitive à paraître</p> <p>Garnier R. (2019). Thèse de doctorat (à venir)</p>

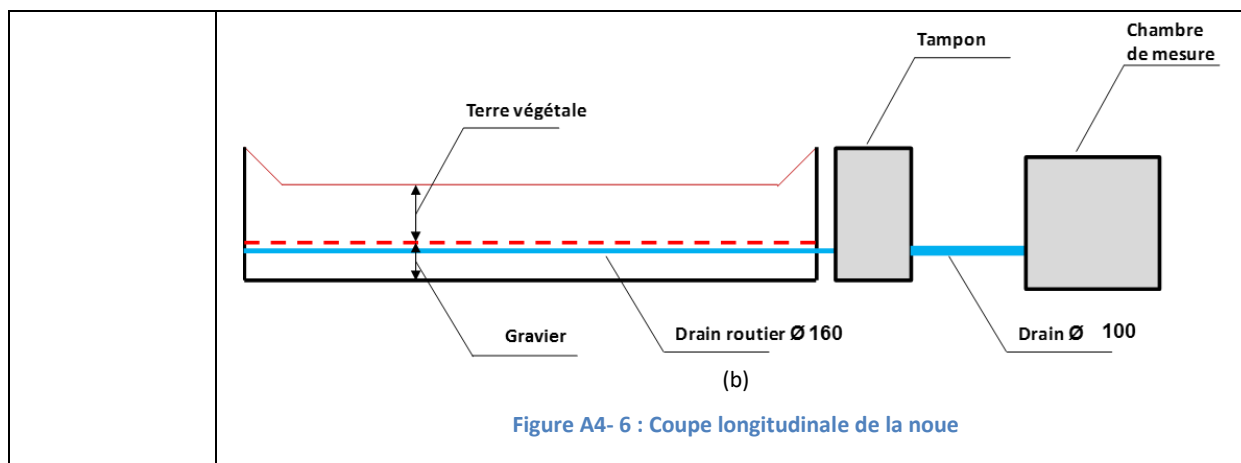
## Fiche de Site : Ecocampus Lyon tech La doua – Système muni d'une noue

<p>Site :</p>	<p>LIEU : Ecocampus Lyon Tech La Doua - Villeurbanne (69)</p> <p>MAITRE D'OUVRAGE : Université de Lyon</p> <p>EQUIPE SCIENTIFIQUE : DEEP-INSA, EVS</p> <p>DATE DE MISE EN SERVICE : <b>Été 2013</b></p> <p>TYPE BASSIN VERSANT: parking de résidences universitaires</p> <p>ENVIRONNEMENT: campus</p> <p>TYPE OUVRAGE: noue</p>  <p>Figure A4-1 : Vue aérienne de l'environnement du site d'étude</p>
---------------	--



	 <p>Figure A4-2 : Le site d'étude en hiver et vue de la noue au printemps après plantation</p>
---	--





<p><b>Schéma fonctionnel :</b></p>	 <p><b>Figure A4-3 : Schéma fonctionnel du site, le système étudié à gauche, la zone de référence pour les eaux brutes à droite</b></p>
<p><b>Bassin versant d'apport</b></p>	<p>SURFACES: 271.5 m<sup>2</sup> (parking seul), 30.8 m<sup>2</sup> d'ouvrage</p> <p>COEFFICIENT D'IMPERMEABILISATION: ~45 % (en prenant en compte la surface de noue) et ~50 % (Sans prise en compte de l'ouvrage)</p> <p>COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT : ~10 % (pour des pluies &lt;24 mm)</p> <p>PARTICULARITES : la surface du parking est revêtue de de 136.5 m<sup>2</sup> de stabilisé et de 135 m<sup>2</sup> de revêtement en béton bitumineux.</p>
<p><b>Référence eaux brutes :</b></p>	<p>Pour l'estimation des abattements de micropolluants, les concentrations en sortie sont comparées à celles ayant ruisselées sur un parking classique de ~94 m<sup>2</sup> en béton bitumineux (BB) situé dans un environnement très proche (~320 m à vol d'oiseau)</p>  <p><b>Figure A4-4 : Le bassin versant de référence</b></p>
<p><b>Ouvrages</b></p>	<p>La noue est tapissée d'une géomembrane étanche sur le fond et les parois, et remblayés avec de la terre végétale (25 % Argile, 46 % Limons, 29 % Sables). Cette noue a été plantée fleurie en 2017 (jachère avec système racinaire superficiel).</p> <p>Les eaux de ruissellement sont collectées par un drain routier (Ø 160 mm) disposé au fond de la noue, protégé par un géotextile et des galets calibrés. Les eaux collectées sont ensuite acheminées dans un regard puis dans la chambre de mesure par un tube polyéther polyuréthane pur pour le milieu alimentaire souple de Ø 100 mm placé dans un fourreau de Ø 200 mm correspondant au drain avant réfection (Cf. problèmes rencontrés).</p>  <p><b>Figure A4-5 : Coupe transversale de la noue</b></p>







SUIVIS METROLOGIQUES	
Objectifs de la mesure	<p>➤ Mesurer les flux d'eau et de micropolluants en sortie des ouvrages pour comparaison avec un ouvrage centralisé et d'autres ouvrages à la source du campus. Les familles de micropolluants étudiés sont les métaux et métalloïdes, des pesticides, les HAPs, les alkylphénols et dérivés et les PBDE.</p>
Mesures hydriques:	<p><b>Pluie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pluviomètre à auget basculant</li> </ul> <p><b>Bassin versant de référence et sortie du système Parking + noue</b></p> <p>L'instrumentation est la suivante (Cf. Schéma de principe en figure A4-7)</p> <p style="text-align: center;"><b>Figure A4-7 : Schéma de principe de l'instrumentation situé dans la chambre de mesure</b></p> <p>Les effluents de sortie arrivent dans une chambre de mesure où ils sont soumis à différentes mesures dans l'ordre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 une mesure de conductivité électrique et de température. Les capteurs sont placés dans une cellule cylindrique en PVC ;</li> <li>2 Une mesure de débit par un double débitmètre - débitmètre électromagnétique (EM) + débitmètre massique à auget (20 g). Les petits débits de la gamme [0 ; 100 L/h] sont</li> </ul>

	<p>mesurés par le débitmètre à auget tandis que le mesurage des débits plus importants de la gamme [75 ; 2000 L /h] est assuré par le débitmètre EM. Le mesurage de l'un comme de l'autre est une valeur moyennée de l'ensemble des débits sur le pas de temps de mesure (2 min).</p> <p></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Une centrale d'acquisition recueille en continu et au pas de temps de 2 minutes les données des débitmètres, du conductimètre et de la sonde de température. Les deux signaux issus des débitmètres subissent un traitement en ligne pour ne fournir en fin de compte qu'un seul débit présentant l'incertitude la plus faible. Les deux informations débitométriques sont néanmoins archivées.</li> </ul>
Mesures de pollution	<p></p> <p>Les eaux sont ensuite récupérées dans un bac de prélèvement en inox dont la forme a été étudiée pour assurer un bon mélange des polluants dans le volume d'eau au moment du prélèvement.</p> <p>Le système de prélèvement : en fonction de la hauteur de pluie attendue et des aléas météorologiques, les eaux sont soit (i) recueillies intégralement dans un bidon de 16 L et la représentativité de l'échantillon est ensuite analysée, soit (ii) prélevées proportionnellement au débit par un préleveur portable dans un mono flacon (le plus inerte possible en plastique teflonné). Ce mono-flacon recueille une quantité d'eau suffisante pour les analyses des micropolluants et fournit un échantillon dont la concentration est représentative d'une concentration moyenne événementielle.</p> <p>Le bidon de 16 L est toujours installé pour pallier les problèmes potentiels du préleveur.</p> <p>Avant les premières campagnes, des blancs de l'ensemble du système de prélèvement ont été réalisés le 15 février 2017.</p>
Entretien du dispositif métrologique	<p><b>A une fréquence régulière (toutes les semaines)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Téléchargement manuel de données enregistrées en continu et vérification de mesures</li> <li>Nettoyage des sondes de conductivité et température et du système de débitmétrie (auget, tuyaux)</li> </ul> <p><b>Avant chaque campagne d'échantillonnage d'eau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nettoyage des équipements d'échantillonnage pouvant être en contact avec l'eau (tuyaux, goulotte, bidons et préleveur)</li> <li>Teflonnage réguliers des bidons (les tuyaux étant teflonnés de base)</li> <li>Mise en place de flacons d'échantillonnage</li> <li>Programmation des préleveurs</li> <li>Pour la noue d'apport (évaluation du coefficient volumétrique de ruissellement) nettoyage des caniveaux collecteurs</li> </ul>

## RETOURS D'EXPERIENCE

<p><b>Problèmes rencontrés et résolutions :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Problèmes de réalisation. L'entreprise d'exécution à implanter un regard inutile entre la chambre de mesure et l'exutoire de la noue. Comme la connexion des tuyaux dans le regard était défectueux (mauvaise étanchéité) tout le dispositif de connexion a été refait</li> </ul> <div data-bbox="359 338 1378 808">  </div> <p><b>Figure e8 : Connexion refaite dans le regard</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ L'arrivée des eaux dans la chambre a été implantée au bas de la chambre. Il a donc fallu creuser pour installer le dispositif de mesure et le préleveur</li> <li>▪ Un des butoirs en bois a été défoncé arrachant la géomembrane qui a dû être réparée</li> </ul> <div data-bbox="676 992 1058 1496">  </div> <p><b>Figure A4-9 : basculement du madrier servant de butoir pour le parking</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Géomembrane non soudée en des points particuliers solidarissant deux parties par simple pression</li> <li>▪ Drain posé sans soin</li> </ul>
<p><b>Objectifs abandonnés :</b></p>	<p>Il était prévu au départ d'étudier la performance de la noue. Pour évaluer son efficacité et son comportement vis-à-vis des flux d'eau et de micropolluants il aurait été nécessaire de faire des mesures entrée/sortie de la noue. Or ce n'était pas possible car toute interception des eaux d'entrée aurait faussé les quantités de sortie qui sont déjà statistiquement assez faibles.</p> <p>Il avait alors été envisagé de réaliser les mesures en entrée sur un parking contigu exactement de même composition que celui du parking drainé par la noue (une partie en stabilisé et une partie en BB).</p> <p>Nous l'avons fait pour estimer les conditions de ruissellement du parking (coefficient de ruissellement, pertes initiales)</p>

	<p>Les eaux du parking sont collectées par des caniveaux tout autour de la « noue dite d'apport » – Cf. figure A4-10). Cependant le dispositif se colmate souvent (feuilles mortes, débris, encrassement très rapide des grilles ...) et demande donc un entretien lourd. Dans ces conditions peu de mesures sont fiables.</p> <p>Ce dispositif fonctionne pour la description du bassin versant réel alimentant la noue, mais n'est pas utilisé pour la mesure des concentrations en micropolluants ni des flux d'eau en entrée de noue. Le dispositif évalué n'est donc pas la noue, mais le système parking + noue.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>c)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>b)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>d)</p> </div> </div> <p><b>Figure A4-10 : Système de mesure permettant d'évaluer les débits et volumes d'eau en entrée des systèmes drainés par la noue et la tranchée. a) montre la localisation et la similitude du site de référence, b) montre la noue de référence avec installation à la périphérie des caniveaux, c) et d) la connexion des caniveaux au système de mesure (double mesure 1/par auget basculant et 2/par mesure électromagnétique)</b></p> <p>La deuxième raison qui a conduit à prendre pour référence un parking traditionnel est que l'on a cherché à harmoniser les comparaisons entre les différents dispositifs étudiés (système muni d'une noue, d'une tranchée et chaussée à structure réservoir).</p>
<p><b>Et si c'était à refaire ?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nous choisirions un site plus traditionnel encore (parking en BB) se déversant dans la noue. Ceci dit le dispositif parking partiellement formé de stabilisé est une solution assez répandue sur la métropole.</li> <li>▪ Nécessité d'assister à toutes les étapes du chantier</li> </ul>
<p>Pour en savoir plus :</p>	<p>Garnier R., Barraud S., Castebrunet H., Vacherie S. (2016). Mesure d'efficacité des systèmes alternatifs de gestion des eaux pluviales en matière d'abattement de micropolluants et comparaison systèmes à la source / systèmes centralisés : Métrologie hydraulique et stratégie de prélèvements. 7ème Journées Doctorales de l'Hydrologie Urbaines, Nantes, 11-12 octobre 2016, 4 p.</p> <p>Barraud S., Garnier R., Castebrunet H. (2018). Rapport de suivis des sites (compte rendu et exploitation des résultats). Livrable L2B. Projet Micromegas pour le compte de l'AFB. Version définitive à paraître</p> <p>Garnier R. (2019). Thèse de doctorat (à venir)</p>

## Annexe 5.

### Méthodes d'extraction et analytiques

Tableau A5-1. Analyse des éléments traces métalliques et éléments majeurs en phase dissoute et totale

Phase dissoute et totale		
	Extraction	Méthode analytique
As	HNO <sub>3</sub>	ICP-MS
Cd	HNO <sub>3</sub>	ICP-MS
Cr	HNO <sub>3</sub>	ICP-MS
Cu	HNO <sub>3</sub>	ICP-MS
Ni	HNO <sub>3</sub>	ICP-MS
Pb	HNO <sub>3</sub>	ICP-MS
Zn	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
Pt	HNO <sub>3</sub>	ICP-MS
Co	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
Mo	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
Sr	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
V	HNO <sub>3</sub>	ICP-MS
Ba	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
Ti	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
Al	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
Fe	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
Mn	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
Ca	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
Na	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
K	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
Mg	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES
P	HNO <sub>3</sub>	ICP-OES



Tableau A5-2. Analyse des HAPs en phase dissoute et particulaire

	Extraction (phase dissoute)	Extraction (phase particulaire)	Méthode analytique
Nap	SPE	QuEChERS	GC-ToF
Acy	SPE	QuEChERS	GC-ToF
Ace	SPE	QuEChERS	GC-ToF
Flu	SPE	QuEChERS	GC-ToF
Phe	SPE	QuEChERS	GC-ToF
A	SPE	QuEChERS	GC-ToF
Flh	SPE	QuEChERS	GC-ToF
Pyr	SPE	QuEChERS	GC-ToF
BaA	SPE	QuEChERS	GC-ToF
Chr	SPE	QuEChERS	GC-ToF
BbF	SPE	QuEChERS	GC-ToF
BkF	SPE	QuEChERS	GC-ToF
BaP	SPE	QuEChERS	GC-ToF
IP	SPE	QuEChERS	GC-ToF
D(a,h)A	SPE	QuEChERS	GC-ToF
Bper	SPE	QuEChERS	GC-ToF

Tableau A5-3. Analyse des APs, APEOs, Bisphénol A et PBDEs en phase dissoute et particulaire

	Extraction (phase dissoute)	Méthode analytique	Extraction (phase particulaire)	Méthode analytique
BPA	SPE	LC-MSMS	micro-ondes	LC-MSMS
NPEC1	SPE	LC-MSMS	micro-ondes	LC-MSMS
4-OP	SPE	LC-MSMS	micro-ondes/QuEChERS	LC-MSMS
OP1EO	SPE	LC-MSMS	micro-ondes	LC-MSMS
OP2EO	SPE	LC-MSMS	micro-ondes	LC-MSMS
4-NP	SPE	LC-MSMS	micro-ondes/QuEChERS	LC-MSMS
NP1EO	SPE	LC-MSMS	micro-ondes	LC-MSMS
NP2EO	SPE	LC-MSMS	micro-ondes	LC-MSMS
B28	SPE	GC-MS	micro-ondes	GC-MS
B47	SPE	GC-MS	micro-ondes	GC-MS
B99	SPE	GC-MS	micro-ondes	GC-MS
B100	SPE	GC-MS	micro-ondes	GC-MS
B153	SPE	GC-MS	micro-ondes	GC-MS
B154	SPE	GC-MS	micro-ondes	GC-MS
B183	SPE	GC-MS	micro-ondes	GC-MS
B205	SPE	GC-MS	micro-ondes	GC-MS
B209	SPE	GC-MS	micro-ondes	GC-MS

Tableau A5-4. Analyse des pesticides en phase dissoute et particulaire

	Extraction (phase dissoute)	Méthode analytique	Extraction (phase particulaire)	Méthode analytique
24M	SPME	GC-MSMS	ASE	GC-MSMS
Mec	SPME	GC-MSMS	ASE	GC-MSMS
Car	SPME	GC-MSMS	ASE	GC-MSMS
Sim	SPE	LC-MSMS	QuEChERS	LC-MSMS
DCPMU	xx	xx	xx	xx
Isop	SPME/SPE	LC-MSMS	ASE/QuEChERS	LC-MSMS
Atr	SPE	LC-MSMS	QuEChERS	LC-MSMS
Di	SPE	LC-MSMS	ASE/QuEChERS	LC-MSMS
Dif	SPME	GC-MSMS	ASE	GC-MSMS
AM	Liq-Liq	LC-Fluo	US	LC-Fluo
GIA	Liq-Liq	LC-Fluo	US	LC-Fluo
Gly	Liq-Liq	LC-Fluo	US	LC-Fluo



**Annexe 6.**

**Fiches de synthèse - Micropolluants suivis dans le milieu urbain**

## **Micropolluants suivis dans le milieu urbain**

## Sommaire des fiches

Caractéristiques physico-chimiques .....	1
Normes et données toxicologiques .....	1
Classification environnementale .....	1
Pesticides .....	1
Éléments traces métalliques (ETM) .....	1
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques .....	1
Alkylphénols .....	1
Bisphénol A .....	1
Diphényléthers bromés (BDE) .....	1

# Caractéristiques physico-chimiques

## Solubilité ( $\text{mg.L}^{-1}$ à une température donnée)

Capacité d'une substance à se dissoudre dans un solvant pour former un mélange homogène.

## Pression de vapeur (Pa)

Elle est définie comme la pression de saturation au-dessus de laquelle une substance est solide ou liquide.

## Constante de Henry ( $\text{Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}$ )

Elle caractérise la capacité d'une substance à se partager entre les deux phases d'un système binaire air/eau.

## Coefficient de partage n-octanol/eau ( $K_{ow}$ )

Il correspond au rapport de concentration d'un composé organique dissous à saturation dans le n-octanol et dans l'eau. C'est un bon indicateur d'hydrophilie.

## $K_{oc}$

Coefficient de partage carbone organique/eau. Il donne une indication de la capacité de la molécule à être adsorbée sur la matière organique et les sédiments. Il dépend de la matière organique dans les sédiments.

## Facteur de bioconcentration (BCF)

Équivaut au rapport de la concentration de la substance chimique mesurée dans l'organisme et sa concentration dans l'eau à l'état d'équilibre.

Paramètres	Seuil	Interprétation
Solubilité (mg/L)	$S < 150$	Insoluble à peu soluble
	$150 \leq S < 10\,000$	Peu à soluble
	$S \geq 10\,000$	Très soluble
Pression de vapeur (Pa)	$P < 133$	Non volatil
	$P \geq 133$	Volatil
Constante de Henry (Pa.m <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup> )	$C < 100$	Faiblement volatile
	$100 \leq C < 500$	Volatile
	$C \geq 500$	Très volatile
coefficient de partage n-octanol/eau Log Kow	$Kow < 2$	Hydrophile
	$2 \leq Kow < 4$	"50 -50 "
	$Kow \geq 4$	Hydrophobe
Coefficient d'adsorption Koc	$Koc < 150$	Mobile
	$150 < Koc < 500$	Mobilité moyenne
	$500 < Koc < 5000$	Faible mobilité
	$Koc > 5000$	Immobile

# Normes et données toxicologiques

## NQE ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )

Une norme de qualité environnementale globale est déterminée à partir des normes de qualité spécifiques calculées pour chacun des compartiments. Afin de protéger le compartiment le plus sensible, la norme de qualité environnementale globale retenue sera la plus faible des normes de qualité «spécifiques» déterminée pour chaque compartiment. Cette norme est basée sur un jeu de données générées par des essais d'écotoxicité, menés sur des organismes aquatiques représentatifs.

## NQE-CMA ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )

Norme de qualité environnementale en concentration maximale admissible : La Concentration Maximale admissible est calculée pour protéger les organismes de la colonne d'eau (eau douce et marine) contre de possibles effets dus à des fortes concentrations

## NQE-MA ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )

Norme de qualité environnementale moyenne annuelle : elle est déterminée pour protéger les organismes (d'eau douce et marins) de la colonne d'eau d'une possible exposition prolongée à une substance

## NOEC / CE10

CE10 : concentration provoquant l'effet considéré pour 10 % de la population considérée.

NOEC (No Observed Effect Concentration) : plus forte concentration testée n'entraînant pas d'effet statistiquement significatif par rapport au témoin

## CE50

CE50 : concentration provoquant l'effet considéré pour 50 % de la population considérée.

Cette CE50 est déterminée grâce à la courbe obtenue avec les résultats des essais écotoxicologiques

## PNEC (Predicted No Effect Concentration)

Concentration estimée à partir de tests de laboratoire et qui détermine un seuil au-dessus duquel la substance a un effet sur l'environnement

### Critères PBT / POP

- ✓ Les PBT sont des substances persistantes, bioaccumulables et toxiques et les vPvB sont des substances très persistantes et très bioaccumulables. Les critères utilisés pour la classification des PBT sont ceux fixés par l'Annexe XIII du règlement n°1907/2006 (REACH).
- ✓ Les Polluants Organiques Persistants (POP) sont des substances persistantes (aux dégradations biotiques et abiotiques), fortement bioaccumulables, et qui peuvent être transportées sur de longues distances et être retrouvées de façon ubiquitaire dans l'environnement. Les critères utilisés pour la classification POP sont ceux fixés par l'Annexe 5 de la Convention de Stockholm placée sous l'égide du PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement).

Quand le champ est vide dans les fiches : information manquante

### Effets endocriniens

Ces molécules agissent à très faibles doses (du même ordre de grandeur que les concentrations physiologiques des hormones) ; elles ne sont pas toxiques au sens habituel du terme (empoisonnement), mais peuvent perturber l'organisme de façon discrète, parfois difficiles à reconnaître. Elles sont sources de maladies émergentes et ont parfois un impact sur la descendance ou sur des populations entières.

Définition de l'OMS (Organisation mondiale de la santé "substance ou un mélange exogène possédant des propriétés dont l'on peut attendre qu'elles conduisent à une perturbation endocrinienne sur un organisme intact ou sa descendance."

Quand le champ est vide dans les fiches : information manquante

## Pesticides



# Méthodes analytiques

## Echantillonnage

- Echantillonnage : flacon en verre + flacon en plastique pour Glyphosate/AMPA
- Type de flaconnage : verre ambré + plastique
- Volume nécessaire : 1 à 2 L d'échantillon brut (verre)  
1 à 2 L d'échantillon brut (plastique)

## Extraction

### Dissous



### Particulaire



## Analyse

- Chromatographie en phase liquide couplée à un spectromètre de masse en tandem (LC – MS/MS)
- Glyphosate + AMPA → Chromatographie en phase liquide couplée à une détection par fluorimétrie (LC – Fluo)
- Chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse en tandem (GC-MS/MS)

## Contact

LMSPC - ICEEPES

Maurice Millet



Université de Strasbourg

1 rue Blessig

67084 Strasbourg cedex



03 68 85 04 22



[mmillet@unistra.fr](mailto:mmillet@unistra.fr)

## Limites de quantification

Pesticides	LOQ dissous (ng.L <sup>-1</sup> )	LOQ particulaire (ng.g <sup>-1</sup> MS)
AMPA	150	45
Atrazine	1.2	17
Carbendazime	2.5	2.98
Chlorpyrifos	1.9	28
Diuron	4.5	5.95
Glyphosate	195	30
Isoproturon	1.6	5.95
Simazine	1.7	25
2.4-MCPA	3.3	3.93

**Utilisation**

- Principal **produit de dégradation du glyphosate** mais cette substance est également produite par dégradation d'autres substances utilisées au sein de produits phytosanitaires et/ou de détergents
- Utilisé comme additif dans certains détergents, notamment les produits destinés aux machines à laver la vaisselle

**Propriétés physico-chimiques**

Paramètres	Valeurs	Commentaire
Solubilité (mg/L)		
Pression de vapeur (Pa)		
Constante de Henry (Pa/m <sup>3</sup> /mol)		
Log Kow	-2.17	Hydrophile
Koc (L/kg)	8 027	Bioaccumulable
BCF	3.2	

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
	PNEC eau douce (µg/L)	80
	PNEC sédiment	-
<b>Ecotoxicité</b>	Toxicité aigüe (CE50)	Poisson : 520 mg/L Algues : 79.7 mg/L Invertébrés : 690 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	-

## Classification environnementale

<b>Réglementations européenne et française</b>	Soumis à révision DCE
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens (santé humaine)</b>	Non listé

# CARBENDAZIME (n° CAS : 10605-21-7)

Famille des benzimidazoles

Fongicide

## Utilisation

- Dans les produits phytopharmaceutiques
- Comme biocide dans différents types de produits à usage non agricole
- **En France, interdiction de distribuer des spécialités phytopharmaceutiques renfermant de la carbendazime depuis le 31 décembre 2008**
- **Utilisation interdite depuis 2009**

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	8	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$9 \times 10^{-5}$	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</i>	$3.6 \times 10^{-3}$	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	1.56	Hydrophile
<i>Koc (L/kg)</i>	246	Mobilité moyenne
BCF	27	

## Produits de dégradation

- 2-aminobenzimidazole
- 5-hydroxyméthylbenzimidazole carbamate

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
	PNEC eau douce (µg/L)	0.15
<b>Ecotoxicité</b>	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 0.34 mg/L Invertébrés : 0.087 mg/L Poisson : 0.007 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 0.5 mg/L Invertébrés : 0.0015 mg/L Poisson : 0.0032 mg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	1.8

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Directive 91/414/CEE <sup>1</sup>
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens (santé humaine)</b>	Catégorie 2 (effets endocriniens potentiels)

<sup>1</sup> Directive 91/414/CEE du Conseil du 15 juillet 1991 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques

**Diuron** (n° CAS : 330-54-1)

Famille des urées substituées

Herbicide

**Utilisation**

- Utilisé en agriculture, par les particuliers et les services techniques (communes, SNCF)
- **Interdit usage seul depuis 2002**
- Utilisation de mars à juin → agricole
- Utilisation d'avril à octobre → urbain

**Propriétés physico-chimiques**

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	36 à 25°C	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$9.2 \times 10^{-3}$ à 25°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>	$5,1 \times 10^{-5}$	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	2.8	Modéré
<i>Koc (L/kg)</i>	355	Modéré
BCF	2 (Pimephales promelas)	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	0.2
	NQE – CMA (µg/L)	1.8
	NQE - Biote	-
	PNEC eau douce (µg/L)	0.2
<b>Ecotoxicité</b>	Toxicité aigüe (CE50)	Algues (96h) : 24 µg/L Gammare (96h) : 160 µg/L Truite (96h) : 710 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Microalgues : 0.46 µg/L Daphnie : 56 µg/L Poisson : 33.4 µg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	-

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) (SP)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	-



# GLYPHOSATE (n° CAS : 1071-83-6)

## Famille des acides amino-phosphoriques

### Herbicide

#### Utilisation

- Efficace sur pratiquement toutes les mauvaises herbes annuelles ou vivaces et n'est pas sélectif des cultures. Il agit par blocage de la biosynthèse des acides aminés aromatiques
- Dans le domaine agricole, par les jardiniers amateurs (bien que interdit dans ce cadre depuis 2019) ainsi que pour l'entretien des voies de circulation

#### Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	10 500 à 20°C	Très soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$1.31 \times 10^{-05}$	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>	$2.1 \times 10^{-07}$	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	-3.2	Hydrophile
<i>Koc (L/kg)</i>	884	modéré
BCF	0.52 (Lepomis macrochirus)	

#### Produits de dégradation

- AMPA

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
	Valeur guide environnementale* (µg/L)	28
	MAC eau douce** (µg/L)	70
	PNEC eau douce (µg/L)	28
<b>Ecotoxicité</b>	Toxicité aigüe (CE50)	Poisson : > 24 mg/L Algues : 4.5 mg/L Invertébrés : 134 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Poisson : 18.2 mg/L Algues : 1.4 mg/L Invertébrés : 30 mg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	1.3

\* eau non destinée à la production d'eau potable

\*\* Concentration Maximale Admissible dans l'eau

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Soumise à révision (CE/2000/60)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

# Isoproturon (n° CAS : 34123-59-6)

Famille des urées substituées

Herbicide

## Utilisation

- Action sur les végétaux comme inhibiteur de la photosynthèse
- Cette substance, seule, est principalement employée sur le blé, l'orge et les cultures porte-graine mineures

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	70.2 à 20°C	Soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$8.1 \times 10^{-6}$ à 25°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>	$1.5 \times 10^{-5}$	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	2.5	Modéré
<i>Koc (L/kg)</i>	139	Modéré
BCF	3.6 (Onchorynchus mykiss )	

## Produits de dégradation

- Desméthylisoproturon
- Isoproturon monoéthyle

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	0.3
	NQE – CMA (µg/L)	1
	NQE - Biote	-
	PNEC eau douce (µg/L)	0.32
<b>Ecotoxicité</b>	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 0.1 mg/L Invertébrés : 0.58 mg/L Poisson : 18 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 3.2 µg/L Invertébrés : 0.12 mg/L Poisson : 1 mg/L
	PNEC sédiment	-

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) (SP)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

# 2,4-MCPA (n° CAS : 94-74-6)

Famille des aryloxyacides

Herbicide

## Utilisation

- Usage agricole sur les céréales

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	293 900	Très soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	0.0027	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>	$5.5 \times 10^{-3}$	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	-0.71	Hydrophile
<i>Koc (L/kg)</i>	157	Mobilité moyenne
BCF	11	

## Produits de dégradation

- 4-chloro-2-méthylphénol

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
	Valeur guide environnementale* (µg/L)	0.5
	CMA eau douce** (µg/L)	13
	PNEC eau douce (µg/L)	0.5
<b>Ecotoxicité</b>	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 0.13 mg/L Invertébrés : > 58.7 mg/L Poisson : 50 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 0.005 mg/L Invertébrés : 11 mg/L Poisson : 12 mg/L
	PNEC sédiment	-

\* eau non destinée à la production d'eau potable

\*\* Concentration Maximale Acceptable dans l'eau

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	- CE/2006/11
<b>Critères PBT / POP</b>	-
<b>Effets endocriniens</b>	-

# Simazine (n° CAS : 122-34-9)

## Famille des triazines

## Herbicide

### Utilisation

- Désherbants des zones non cultivées
- Non sélectifs, perturbent la photosynthèse
- **Interdit depuis 2003**

### Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	6 à 25°C	Peu Soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$3 \times 10^{-3}$ à 25°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>	$5.6 \times 10^{-5}$	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	2.2	Modéré
<i>Koc (L/kg)</i>	55	Hydrophile
BCF	1 (poisson)	

### Produits de dégradation

- Hydrosimazine
- Déisopropylkatrazine (DIA)
- Déséthylsimazine
- Déséthylidéisopropylatrazine (DEDIA)
- Ammelide

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	1
	NQE – CMA (µg/L)	4
	NQE - Biote	-
	PNEC eau douce (µg/L)	1
<b>Ecotoxicité</b>	Toxicité aigüe (CE50)	Microalgues (72h): CE <sub>50</sub> = 56 µg/L Daphnies (48h): CL <sub>50</sub> > 14.8 mg/L Poisson (96h): CL <sub>50</sub> = 19.1 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Microalgues (72h) <sub>croissance</sub> : 11 µg/L Daphnies (21j) <sub>reproduction</sub> : 36 µg/L Poisson (21 j) <sub>mortalité</sub> : 700 µg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.0034

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) (SP)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	





## Éléments traces métalliques

## Méthode analytique

### Echantillonnage

- Echantillonnage : flacon en plastique
- Type de flaconnage : flacon bouchon rouge
- Volume nécessaire : 0.5 et 1 L

### Extraction

- $\text{HNO}_3$

### Analyse

- ICP MS

### Contact

IFSTTAR

Véronique Ruban



Département GERS - Laboratoire Eau  
et Environnement - Route de Bouaye CS4 -  
4344 Bouguenais Cedex



02 40 84 58 65



[veronique.ruban@ifsttar.fr](mailto:veronique.ruban@ifsttar.fr)

## Limites de quantification

ETM	LOQ dissous et totale (µg.L <sup>-1</sup> )
As	0.10
Ba	5
Cd	0.1
Co	2.0
Cr	0.10
Cu	0.2
Ni	0.1
Pb	0.1
Pt	0.02
Ti	2
V	0.1
Zn	0.1

# Arsenic

(n° CAS : 7440-38-2)

## Utilisation

- L'arsenic est naturellement présent dans la croûte terrestre
- L'industrie l'utilise à 50 % à titre de pesticide, à 40% pour la préservation du bois et comme agent de flottation, à 5 % pour la fabrication du verre et des sulfures d'arsenic, à 3 % pour la production de métaux et à 2 % pour d'autres usages
- Traitement du bois ("chromate copper arsenate")
- Pigments de peintures en association avec le cuivre

## Principaux composés

- Trioxyde d'arsenic : entre dans la synthèse de pesticides, de produits pharmaceutique ou vétérinaires, dans des agents de décoloration et d'affinage du verre et des émaux, pour le traitement du bois

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		Insoluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>		
<i>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>mol)</i>		
<i>Log Kow</i>	0.68	Hydrophile
<i>Koc (L/kg)</i>	13.22	Non bioaccumulable
BCF	4 (poisson) 219 (daphnie) 99 (mollusque)	

Selon l'espèce considérée, la biodisponibilité, la toxicologie et la mobilité de As sont différentes

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – provisoire (µg/L)	Fond géochimique + 4,2
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
	PNEC eau douce (µg/L)	4.4
	Toxicité aigüe (CE50)	-
<b>Ecotoxicité</b>	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 0.01 mg/L Invertébrés : 0.09 mg/L Poisson : 0.08 mg/L
	PNEC sol (mg/kg PS)	1.8

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	CE/2006/11
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

\* Directive n° 76/464/CEE du 04/05/76 concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique de la Communauté

# Baryum et ses composés

(n° CAS : 7440-39-3)

## Utilisation

- Pour faire des peintures, des briques, des tuiles, des verres et du caoutchouc
- Utilisés par les industries du pétrole et du gaz dans les boues de forage
- De faibles quantités de sels de cet élément sont utilisées dans de nombreuses fabrications, notamment du papier photographique, de lubrifiant résistant à haute température ; dans les verres, céramiques, émaux et porcelaines et leurs vernis
- Epuration des eaux industrielles (hydroxyde)
- Diagnostic médical et agent de contraste en radiologie (sulfate)

## Principaux composés

- Chlorure de baryum
- Acétate de baryum
- Hydroxyde de baryum

## Propriétés physico-chimiques (≠ selon le sel considéré)

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		Soluble dans l'éthanol
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	1	
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>		
<i>Log Kow</i>	0.23	
<i>Koc (L/kg)</i>	13.22	
<i>BCF</i>	120 (plancton)	

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – provisoire (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
	PNEC eau douce (µg/L)	60
<b>Ecotoxicité</b>	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 26 mg/L Invertébrés : 14.5 mg/L Poisson : 150 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 5.5 mg/L Invertébrés : 2.9 mg/L
	PNEC sédiment	-

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Arrêté du 30 juin 2005 (PNAR) - substances pertinentes**
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

\*\*Arrêté du 30/06/05 relatif au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses



# Cadmium et ses composés

(n° CAS : 7440-43-9)

## Utilisation

- Industrie chimique et électrique
- Raffinage des métaux non ferreux
- Accumulateurs nickel-cadmium
- Traitement des surfaces métalliques
- Engrais phosphatés
- Combustion du charbon et des produits pétroliers
- **L'usage du cadmium est interdit par la réglementation européenne**
  - dans les équipements électriques et électroniques, à partir du 1<sup>er</sup> juillet 2006
  - coloration et stabilisation de certains produits finis fabriqués au départ de diverses substances et préparations (dont le PVC)
  - traitement de surface de produits métalliques utilisés pour certaines applications

## Principaux composés

- Chlorure de cadmium ( $\text{CdCl}_2$ ) : production de stabilisants pour les matières plastiques et des pigments, dans la teinture, employé comme lubrifiant
- Oxyde de cadmium ( $\text{CdO}$ ) : stabilisants PVC
- Sulfate de cadmium : comme produit de base dans la fabrication de pigments et de stabilisateurs pour les matières plastiques
- Sulfure de cadmium ( $\text{CdS}$ ) : dans les pigments, comme colorants dans les textiles, papier, caoutchouc, plastiques, verres

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		Insoluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	13 300 à 394°C	Volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>		
<i>Log Kow</i>		
<i>Koc (L/kg)</i>	210	Modéré
<i>BCF</i>	229 (poisson)	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	< 0.08 (classe 1)
	NQE – CMA (µg/L)	< 0.45 (classe 1)
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	0.34
	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 0.01 mg/L Invertébrés : 0.01 mg/L Poisson : 0.0009 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 0.00089 mg/L Invertébrés : 0.00016 mg/L Poisson : 0.00047 mg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	2.3

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) (SDP)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé / listé
<b>Effets endocriniens</b>	oui

# Cobalt

(n° CAS : 7440-48-4)

## Utilisation

- Le cobalt entre dans la composition de nombreux alliages utilisés dans les industries électriques, automobiles et aéronautiques, dans la fabrication de fertilisants agricoles et comme additifs alimentaires pour les animaux

## Principaux composés

- Chlorure de cobalt : comme fertilisant agricole, utilisé comme galvanoplastie (préserver de l'oxydation) dans les peintures sur verre, dans l'industrie pharmaceutique
- Nitrate de cobalt : entre dans la fabrication des pigments et des encres invisibles
- Oxyde de cobalt : pour la fabrication de pigments pour le verre et la porcelaine

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		Insoluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>Log Kow</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>Koc (L/kg)</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>BCF</i>		

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – provisoire (µg/L)	Fond géochimique +3,4
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	0.3
	Toxicité aigüe (CE50)	-
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 0.33 mg/L Invertébrés : 0.0028 mg/L Poisson : 0.21 mg/L
	PNEC sédiment	-

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	- Directive CE/2006/11 - Arrêté du 30 juin 2005 (PNAR) - substances pertinentes
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

## Chrome

(n° CAS : 7440-47-3)

### Utilisation

- Le chrome entre dans la composition d'aciers inoxydables, d'aciers spéciaux et d'alliages
- De nombreux produits manufacturés contiennent du chrome (VI) : des peintures et pigments primaires, des fournitures pour arts graphiques, des fongicides, des produits anticorrosion, ainsi que des produits de conservation du bois. On trouve du chrome dans les plastiques (colorant), les colorants azoïques, les encres, les ciments,...

### Principaux composés

- Trioxyde de chrome : il est employé pour la finition de l'état de surface des métaux et dans la fabrication des produits de conservation du bois
- Dichromate : fabrication des produits de conservation du bois

### Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		Insoluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	990 à 1 856,9°C	Volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>		
<i>Log Kow</i>	0.23	Hydrophile
<i>Koc (L/kg)</i>	13.22	Non bioaccumulable
BCF		

## Réglementation pour Cr VI

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – provisoire (µg/L)	Fond géochimique +3,4
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	4.1
	Toxicité aigüe (CE50)	-
	Toxicité chronique (CE10)	-
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.035

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Directive CE/2006/11
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	

## Utilisation

- C'est un oligo-élément indispensable à la vie en faible quantité, toxique en quantité plus importante
- Utilisé en **métallurgie** dans la fabrication d'alliage, dans la plomberie, dans l'automobile et en chaudronnerie
- Dans le secteur du **bâtiment**, le secteur de l'industrie, le secteur de la marine, le secteur automobile et le secteur de la communication. Il est utilisé dans les équipements électriques (fils, câbles, etc.) et les équipements mécaniques (tubes, canalisations, etc.)
- Utilisé en **agriculture** pour ses propriétés antifongiques et bactéricide

## Principaux composés

- Acétate de cuivre : utilisé comme catalyseur dans la fabrication du caoutchouc, comme pigment dans les teintures des textiles, comme fongicide, insecticide, traitement préventif du mildiou
- Chlorure cuivrique : entre dans la composition d'encre indélébiles, production de couleurs dans les feux d'artifices
- Oxyde cuivrique : dans les peintures pour bateaux, dans les feux d'artifices, pour la conservation du bois, comme insecticide pour les plants de pomme de terre
- Oxyde cuivreux : utilisé comme fongicide, comme antiseptique contre la prolifération des microorganismes dans les peintures de bateaux
- Sulfate de cuivre : utilisé comme fongicide agricole, bactéricide, herbicide. Entre dans la composition de la bouillie bordelaise

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>Log Kow</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>Koc (L/kg)</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>BCF</i>	950 (poisson)	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – provisoire (µg/L)	Fond géochimique +1,4
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	1.6
	Toxicité aigüe (CE50)	-
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 0.33 mg/L Invertébrés : 0.0028 mg/L Poisson : 0.21 mg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.8

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	- Directive CE/2006/11
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé



# Nickel et ses composés

(n° CAS : 7440-02-0)

## Utilisation

- Les applications du nickel à l'état pur sont beaucoup moins importantes que celles sous forme d'alliage avec d'autres composants
- Utilisé pour la fabrication de plus de 300 000 produits repartis entre les secteurs industriels, militaires, des transports, de la marine, de l'architecture et des produits destinés au public
- Le principal secteur : aciers inoxydables (62 %)
- Les traitements de surfaces (10 %), les batteries nickel-cadmium et les catalyseurs nickel-aluminium
- Dans la production d'alliages non ferreux utilisés par exemple dans la fabrication de pièces de monnaie, d'outils, de bijoux, d'ustensiles de cuisine,...

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		Faible
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	133 à 1 810°C	Volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>		
<i>Log Kow</i>		
<i>Koc (L/kg)</i>	13.22	Non bioaccumulable
<i>BCF</i>	3.2	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	4
	NQE – CMA (µg/L)	34
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	0.5
	Toxicité aigüe (CE50)	-
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 0.01 mg/L Invertébrés : 0.0018 mg/L Poisson : 0.04 mg/L
	PNEC sédiment	-

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

# Plomb et ses composés

(n° CAS : 7439-92-1)

## Utilisation

- Les batteries électriques représentent une fraction importante des utilisations du plomb
- Le reste de la consommation concerne des usages divers : radiateurs d'automobiles, munitions, alliages, enrobage de câbles, produits extrudés, feuille de plomb (protection contre les rayonnements), soudure, céramique, masses de lestage, tuyaux, réservoirs,...
- **L'usage du plomb pour les canalisations d'eau potable est interdit depuis 1995**
- **Les nouveaux équipements électriques et électroniques mis sur le marché ne contiennent pas de plomb depuis 2006**
- **Vente d'essence plombée interdite depuis janvier 2000**

## Principaux composés

- Acétate de plomb : entre dans la fabrication des teintures du coton, dans l'industrie cosmétique et comme siccatif (accélérateur de séchage) pour les vernies, peintures et encres
- Carbonate de plomb : entre dans la composition de ciments, mastics et céramiques.
- Oxyde de plomb : entre dans la fabrication de tubes cathodiques pour télévisions et écrans informatiques

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
Solubilité (mg/L)		Insoluble
Pression de vapeur (Pa)	Non applicable (substance inorganique)	
Constante de Henry (Pa/ m <sup>3</sup> /mol)	non applicable (substance inorganique)	
Log Kow	Non applicable (substance inorganique)	
Koc (L/kg)	<b>Non</b> applicable (substance inorganique)	
BCF	405 (poisson) 2 279 (mollusque)	

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	1.2
	NQE – CMA (µg/L)	14
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	2.1
	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 0.5 mg/L Invertébrés : 0.01 mg/L Poisson : 0.11 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 0.1 mg/L Invertébrés : 0.01 mg/L Poisson : 0.0041 mg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	6.8

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

# Platine

(n° CAS : 7440-06-4)

## Utilisation

- Très utilisé en bijouterie, dans les contacts électriques, dans les creusets et dans les fourneaux électriques à haute-température
- Avec deux autres métaux du groupe du platine, il est souvent utilisé comme catalyseur chimique et notamment dans les pots catalytiques de moteurs à combustion interne des véhicules et dans différents procédés industriels

## Principaux composés

- Acide chloroplatinique

## Propriétés physico-chimiques (≠ selon le sel considéré)

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>Log Kow</i>	Non applicable (substance inorganique)	
<i>Koc (L/kg)</i>		
BCF	225 (poisson)	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – provisoire (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	0.07
	Toxicité aigüe (CE50)	Invertébrés : 0.05 mg/L Poisson : 2.5 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Invertébrés : 0.01 mg/L
	PNEC sédiment	-

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Non concerné
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

## Titane

(n° CAS : 7440-32-6)

### Utilisation

- Utilisé dans les alliages légers et résistants, et son oxyde est utilisé comme pigment blanc
- La plus grande utilisation du titane (95 %) est faite sous sa forme de dioxyde de titane  $\text{TiO}_2$  qui est un pigment important utilisé à la fois dans les peintures domestiques et les pigments des artistes, les matières plastiques, le papier, les médicaments,...

### Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		Insoluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>		
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>		
<i>Log Kow</i>		
<i>Koc (L/kg)</i>		
BCF		

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – provisoire (µg/L)	Fond géochimique
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	2
	Toxicité aigüe (CE50)	Invertébrés : 4.6 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 2 mg/L
	PNEC sédiment	-

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Arrêté du 30 juin 2005 (PNAR) - substances pertinentes
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé



# Vanadium

(n° CAS : 1362-114-)

## Utilisation

- Le vanadium est utilisé dans la réalisation d'alliage de métaux (ferreux et aciers, non ferreux). Il est utilisé comme oxydant pour les pots d'échappement catalytique des automobiles à moteur
- Dans les céramiques et comme catalyseur
- Dans certains alliages d'acier inoxydable comme par exemple pour l'acier chirurgical
- Mélangé à l'aluminium et au titane, on l'utilise dans la fabrication des moteurs de jet
- Alliage ferrovanadium : utilisé dans le bâtiment, dans le domaine du transport, pour la construction de chaudière et des outillages

## Principaux composés

- Pentoxyde de vanadium : dans l'industrie des peintures, des laques, des vernis, des encres, des teintures
- Sel d'arsenic-vanadium : dans la composition de fongicides, insecticides

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		Insoluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	3.12	
<i>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</i>		
<i>Log Kow</i>	0.23	
<i>Koc (L/kg)</i>	13.22	
<i>BCF</i>	3.16	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – provisoire (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	4.1
	Toxicité aigüe (CE50)	Invertébrés : 1.8 mg/L Poisson = 1.96 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Invertébrés : 0.2 mg/L Poisson = 0.04 mg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	23.6

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Arrêté du 30 juin 2005 (PNAR) - substances pertinentes
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

## Zinc

(n° CAS : 7440-66-6)

### Utilisation

- Utilisé pour les revêtements de protection des métaux contre la corrosion (galvanoplastie, métallisation, traitement par immersion)
- Entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze, alliages légers)
- Construction immobilière, les équipements pour l'automobile, les chemins de fer et dans la fabrication de produits laminés ou formés

### Principaux composés

- Chlorure de zinc : dans la production de fongicides, teintures, encres
- Distérate de zinc : utilisé dans l'industrie du caoutchouc, papier, textile, dans les peintures ainsi que dans la construction comme agent résistant à l'eau, dans les industries cosmétique et pharmaceutique
- Oxyde de zinc : fabrication de caoutchouc, d'objets en caoutchouc de pneumatique, dans les peintures, comme additifs dans les lubrifiants et fioul, dans les cosmétiques et les médicaments
- Phosphate de zinc : comme pigments anti-corrosion dans les apprêts et les peintures
- Sulfate de zinc : dans la production de fertilisants et pesticides

### Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>		Insoluble à très peu
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	31 à 450°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</i>		
<i>Log Kow</i>		
<i>Koc (L/kg)</i>	13.22	Non bioaccumulable
<i>BCF</i>		

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>       <b>Ecotoxicité</b>	NQE – provisoire (µg/L)	Fond géochimique + 3,1 µg/l dureté <24 mg CaCO <sub>3</sub> /l Fond géochimique + 7,8 µg/l dureté >24 mg CaCO <sub>3</sub> /l
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
	PNEC eau douce (µg/L)	7.8
	Toxicité aiguë (CE50)	Algues : 0.14 mg/L Invertébrés : 0.03 mg/L Poisson : 0.07 mg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 0.02 mg/L Invertébrés : 0.04 mg/L Poisson : 0.04 mg/L
	PENC sédiment (mg/kg PS)	37

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Directive CE/2006/11
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

**HAPs**

## Méthodes analytiques

### Echantillonnage

- Echantillonnage : flacon en verre
- Type de flaconnage : verre ambré
- Volume nécessaire : 1 à 2 litres d'échantillon brut

### Extraction

- Filtration à 0.45  $\mu\text{m}$  sur un filtre en ester de cellulose à l'aide d'un système de filtration en verre préalablement lavé avec un mélange de détergent alcalin et un neutralisant à base d'acide acétique puis rincé à l'acétone
- Extraction QuEChERS

### Analyse

- GC-ToF (Gaz Chromatography – Time of Flight)

#### Contact

ISA (Institut des Sciences Analytiques)

Laure Wiest



5, rue de la Doua  
69100 Villeurbanne



04 37 42 36 21



[laure.wiest@isa-lyon.fr](mailto:laure.wiest@isa-lyon.fr)

## Limites de quantification

HAPs	LOQ dissous pour 750 ml extrait (ng.L <sup>-1</sup> )	LOQ particulaire (ng.g <sup>-1</sup> )
Nap	0.74	86.14
Acy	1.45	167.98
Ace	1.05	122.09
Flu	2.35	272.08
Phe	1.89	219.53
A	2.25	261.45
Flh	0.51	59.35
Pyr	0.44	50.94
BaA	0.98	113.42
Chr	0.74	86.12
BbF	1.92	222.45
BkF	1.92	222.45
BaP	3.25	376.62
IP	10	1159.79
Bper	10	1159.79

## Bibliographie

- Barrek S., Cren-Olivé C., Wiest L., Baudot R., Arnaudguilhem C. and Grenier-Loustalot M.F. (2009) Multi-residue analysis and ultra-trace quantification of 36 priority substances from the European Water Framework Directive by GC–MS and LC-FLD-MS/MS in surface waters. *Talanta*, 79 (3): 712-722
- Berlitz-Barbier A, Vauchez A, Wiest L, Baudot R, Vulliet E, Cren-Olivé C, (2014). Multi-residue analysis of emerging pollutants in sediment using QuEChERS-based extraction followed by LC-MS/MS analysis. *Anal Bioanal Chem*, 406:1259 - 1266

## Naphtalène

HAPs légers (2 noyaux)

(n° CAS : 91-20-3)

### Utilisation

- Utilisé comme intermédiaire dans la fabrication d'anhydride phtalique (plus de 60 % de la production) servant à produire des phtalates, plastifiants, résines, teintures, répulsifs pour insectes etc...
- Dans la fabrication de produits destinés au tannage du cuir et entre dans la composition d'agents tensio-actifs
- Utilisé comme **répulsif pour les mites** ("naphtaline")

### Sources

- Combustion incomplète : chauffage domestique au bois

### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	31.8 à 25°C	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	10.5 à 25°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m³/mol)</i>	48.9 à 25°C	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	3.7	Modéré
<i>Koc (L/kg)</i>	1 250	Modéré
<i>BCF</i>	62 (mollusque) 427 (poisson)	



## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	2
	NQE – CMA (µg/L)	130
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	2
	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 2 820 µg/L Invertébrés : 1 000 µg/L Poisson : 1 600 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : > 4 300 µg/L Invertébrés : 600 µg/L Poisson : 20 µg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.0533

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) (SP)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé / Listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

# Acénaphthylène

HAPs légers (3 noyaux)

(n° CAS : 208-96-8)

## Utilisation

C'est un constituant du goudron et on le trouve aussi dans la houille ainsi qu'en très faible quantité dans le pétrole. La réduction du pont éthylénique donne le composé voisin, l'acénaphène

## Origines

L'acénaphthylène est disponible dans le goudron à une concentration d'environ 2 % et peut être synthétisé par déshydrogénation catalytique de l'acénaphène

## Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<b><i>Solubilité (mg/L)</i></b>	15	Peu soluble (Gouvernement Canada)
<b><i>Pression de vapeur (Pa)</i></b>	0.1 mm Hg	Très peu volatile (Gouvernement Canada)
<b><i>Constante de Henry (Atm/ m<sup>3</sup>/mol)</i></b>	10 <sup>-4</sup>	Volatilisation modérée lorsque solubilisé (Gouvernement Canada)
<b><i>Log Kow</i></b>	3.94	USEPA (2011)
<b><i>Koc (L/kg)</i></b>	5027	USEPA (2011)
<b>BCF</b>	271	USEPA (2011)

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	
	NQE – CMA (µg/L)	
	NQE - Biote	
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	
	Toxicité aigüe (CE50)	
	Toxicité chronique (CE10)	
	PNEC sédiment	

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Arrêté du 30 juin 2005 (PNAR) - substances pertinentes
<b>Critères PBT / POP</b>	
<b>Effets endocriniens</b>	

## Acénaphène

HAPs légers (3 noyaux)

(n° CAS : 83-32-9)

### Utilisation

- Utilisé comme intermédiaire dans la fabrication de teintures et de matières plastiques
- Il est également employé comme insecticides et fongicides

### Sources

- Naturelle : constituant naturel du pétrole brut
- Anthropique : combustion du charbon, échappements des moteurs diesels

### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<b>Solubilité (mg/L)</b>	3.7 à 25°C	Peu soluble
<b>Pression de vapeur (Pa)</b>	0.28 à 20°C	Non volatile
<b>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</b>	14.7 à 20°C	Faiblement volatile
<b>Log K<sub>ow</sub></b>	3.92	Hydrophobe
<b>K<sub>oc</sub> (L/kg)</b>	4 795	Modéré
<b>BCF</b>	1 270 (poisson)	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	3.7
	Toxicité aigüe (CE50)	Invertébrés = 120 µg/L Poisson = 580 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues = 40 µg/L Invertébrés = 40 µg/L Poisson = 50 µg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.0444

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	- Circulaire DEB du 29 septembre 2010 (RSDE 2ème phase STEU)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	

## Fluorène

### HAPs légers (3 noyaux)

(n° CAS : 86-73-7)

#### Utilisation

- Un intermédiaire chimique utilisé dans divers procédés de fabrication, notamment dans la formation de radicaux polyfonctionnels catalyseurs dans la fabrication de résines et dans la production de teintures
- Egalement employé pour la production de fluorénone et de fluorène-9-acide carboxylique servant à fabriquer des médicaments antidiabétiques et antiarythmiques

#### Sources

- Combustibles fossiles : huile, essence, fioul, charbon de bois
- Goudron de revêtements routiers, gaz de combustion incomplètes (fumée de cigarettes, gaz d'échappement, incinérateurs d'ordures ménagères)

#### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<b>Solubilité (mg/L)</b>	1.98 à 25°C	Peu soluble
<b>Pression de vapeur (Pa)</b>	0.04 à 20°C	Non volatile
<b>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</b>	9.2 à 20°C	Faiblement volatile
<b>Log K<sub>ow</sub></b>	4.2	Hydrophobe
<b>K<sub>oc</sub> (L/kg)</b>	7 707	Modéré
<b>BCF</b>	505 (daphnie) 2 230 (poisson)	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	0.25
	Toxicité aigüe (CE50)	Invertébrés = 410 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues = 80 µg/L Invertébrés = 20 µg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.0482

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Directive CE/2006/11
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	

## Phénanthrène

HAPs légers (3 noyaux)

(n° CAS : 85-01-8)

### Utilisation

- Utilisé dans la production de colorants, d'explosifs et de produits pharmaceutiques

### Sources

- Trouvé aussi dans la fumée de tabac, les échappements de moteur diesel ou à essence, dans les viandes grillées au charbon de bois (barbecue), dans les huiles moteurs usagées, etc.

### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	1.2 à 25°C	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	0.091 à 20°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</i>	2.9 à 20°C	Faiblement volatile
<i>Log K<sub>ow</sub></i>	4.57	Hydrophobe
<i>K<sub>oc</sub> (L/kg)</i>	4.18	Non bioaccumulable
BCF		



## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	1.34
	Toxicité aigüe (CE50)	Algues = 500 µg/L Poisson = 150 µg/L Invertébrés = 350 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues = 30 µg/L Invertébrés = 10 µg/L Poisson = 20 µg/L
	PNEC sédiment (µg/kg PS)	3.68

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Directive CE/2006/11
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

## Anthracène

HAPs légers (3 noyaux)

(n° CAS : 120-12-7)

### Utilisation

- L'anthracène est utilisé comme intermédiaire chimique pour la préparation de matières colorantes et pour la formation de poly-radicaux destinés à la fabrication de résines thermodurcissables et stabilisant à la lumière pour des polymères
- Comme diluant des produits de protection du bois, comme insecticide et comme fongicide
- Comme matière première dans l'industrie de la cellulose

### Sources

- Naturelle : dans les combustibles fossiles (fioul, essence)
- Anthropique : échappements des moteurs automobiles, utilisation des huiles d'imprégnation du bois, préparation de l'asphalte pour les revêtements routiers, combustion de déchets pneumatiques, fumée du charbon de bois

### Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	1.29 à 25°C dans l'eau distillée	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$3,6 \times 10^{-4}$ à 0,11 à 25°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</i>	5.04	Faiblement volatile
<i>Log K<sub>ow</sub></i>	4.45	Hydrophobe
<i>K<sub>oc</sub> (L/kg)</i>	29 512	Bioaccumulable
<i>BCF</i>	3 042 (poisson) 1 192 (invertébrés)	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	0.1
	NQE – CMA (µg/L)	0.1
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	-
	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 3.9 µg/L Invertébrés : 1.2 µg/L Poisson : 1.3 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 1.5 µg/L Invertébrés : 1.9 µg/L Poisson : 1.2 µg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.025

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) - SPD (Substance prioritaire dangereuse)
<b>Critères PBT / POP</b>	Listé / Listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

## Fluoranthène

HAPs lourds (4 noyaux)

(n° CAS : 206-44-0)

### Utilisation

- Utilisé en revêtement de protection pour l'intérieur des cuves et des tuyaux en acier servant au stockage et à la distribution d'eau potable
- Comme intermédiaire dans la fabrication de teintures, notamment de teintures fluorescentes
- Employé dans la fabrication des huiles diélectriques et comme stabilisant pour les colles époxy
- En pharmacie, il sert à synthétiser des agents antiviraux

### Sources

- Naturelle : feux de forêts et éruptions volcaniques
- Anthropique : cheminée, fours à bois, incinérateurs d'ordures ménagères, unité de production de goudron et d'asphalte

### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<b>Solubilité (mg/L)</b>	0.26 à 25°C	Peu soluble
<b>Pression de vapeur (Pa)</b>	0.7 mPa à 25°C	Non volatile
<b>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</b>	1.5 à 25°C	Faiblement volatile
<b>Log K<sub>ow</sub></b>	5.33	Hydrophobe
<b>K<sub>oc</sub> (L/kg)</b>	144 544	Bioaccumulable
<b>BCF</b>	1 740 (Daphnie) 10 000 (mollusque) 1 700 (poisson)	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	0.0063
	NQE – CMA (µg/L)	0.12
<b>Ecotoxicité</b>	NQE - Biote	30
	PNEC eau douce (µg/L)	0.19
	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 10 µg/L Invertébrés : 10 µg/L Poisson : 40 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 1.6 µg/L Invertébrés : 1.2 µg/L Poisson : 10 µg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.129

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) - SP (Substance prioritaire)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé / Listé
<b>Effets endocriniens</b>	

## Pyrène

HAPs lourds (4 noyaux)

(n° CAS : 129-00-0)

### Utilisation

- Utilisé pour la fabrication de teintures, dans la synthèse de substances utilisées en optique pour leur brillance, et comme additif dans les huiles d'isolation électrique

### Sources

- Combustion incomplète de charbon et produits pétroliers (huile, essence, fioul)
- Dans le goudron des revêtements routiers

### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	0.13	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	2	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</i>	0.001 à 25°C	Faiblement volatil
<i>Log Kow</i>	5.23	Hydrophobe
<i>Koc (L/kg)</i>	67 992	Bioaccumulable
BCF	4 810 (poisson)	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	0.024
	Toxicité aigüe (CE50)	Invertébrés = 20 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Invertébrés = 20 µg/L
	PENC sédiment	

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Directive CE/2006/11
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé

## Benzo(a)anthracène

HAPs lourds (4 noyaux)

(n° CAS : 56-55-3)

### Utilisation

- utilisé pour la fabrication de teintures, dans la synthèse de substances utilisées en optique pour leur brillance et comme additif dans les huiles d'isolation électrique.

### Sources

- Origine pyrolytique

### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	0.01 à 25°C	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$6.67 \times 10^{-7}$ à 25°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m³/mol)</i>	0.2	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	5.66	Hydrophobe
<i>Koc (L/kg)</i>		
BCF		



## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	-
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	0.024
	Toxicité aigüe (CE50)	Invertébrés > 10 µg/L Poisson = 1.8 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues = 1.2 µg/L Invertébrés > 10 µg/L
	PNEC sédiment	

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Directive CE/2006/11
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	

## Chrysène

HAPs lourds (4 noyaux)

(n° CAS : 218-01-9)

### Utilisation

- Il n'existe pas d'utilisation connue du chrysène

### Sources

- Il fait partie des HAP prédominants dans les émissions particulières provenant des incinérateurs d'ordures ménagères, des appareils ménagers à gaz naturel et des dispositifs de chauffage domestique, en particulier ceux utilisant la combustion du bois

### Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	0.002 à 25°C	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$8.4 \times 10^{-5}$ à 25°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m³/mol)</i>	9.5 à 25°C	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	6.64	Hydrophobe
<i>Koc (L/kg)</i>	398 000	Bioaccumulable
BCF	3 165	

## Classification environnementale

<i>Réglementation européenne et française</i>	Arrêté du 30 juin 2005 (PNAR) - substances pertinentes
<i>Critères PBT / POP</i>	-
<i>Effets endocriniens</i>	-

## Benzo(b)fluoranthène

HAPs lourds (5 noyaux)

(n° CAS : 205-99-2)

### Utilisation

- Entre dans la fabrication de produits étalons

### Sources

- Combustion incomplète d'hydrocarbures ou de charbon
- Présence dans l'environnement uniquement d'origine anthropique (trafic automobile)

### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	1.2 µg/L à 20°C	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$6.7 \times 10^{-5}$ à 20°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m³/mol)</i>	1.23	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	6.12	Hydrophobe
<i>Koc (L/kg)</i>	$5.5 \times 10^5$ pour des sédiments	Bioaccumulable
BCF		

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	
	NQE - Biote	
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	
	Toxicité aigüe (CE50)	Daphnies CE50 (24h) = 1 024 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	
	PNEC sédiment	

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE)) - SPD (Substance prioritaire dangereuse)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé / Listé
<b>Effets endocriniens</b>	-

## Benzo(k)fluoranthène

HAPs lourds (5 noyaux)

(n° CAS : 207-08-9)

### Utilisation

- Entre dans la fabrication de produits étalons

### Sources

- Présents dans les combustibles fossiles
- Anthropique : la fumée de cigarettes, dans les gaz d'échappement d'automobiles, dans la combustion de charbons ou d'huiles, dans les huiles moteurs

### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<b>Solubilité (mg/L)</b>	0.76 µg/L à 25°C	Peu soluble
<b>Pression de vapeur (Pa)</b>	$1.3 \times 10^{-8}$ à 20°C	Non volatil
<b>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>mol)</b>	0.044 à 20°C	Faiblement volatil
<b>Log K<sub>ow</sub></b>	6.1	Hydrophobe
<b>K<sub>oc</sub> (L/kg)</b>	$7.9 \times 10^5$	Bioaccumulable
<b>BCF</b>	8 750 (poisson)	

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	$1.7 \times 10^{-4}$
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	0.036
	Toxicité aigüe (CE50)	Daphnies CL50 (13.8h) = 0.2 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 1.2 µg/L Cerio CE <sub>10</sub> (7j) = 0.08 µg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	1.473

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) - SPD (Substance prioritaire dangereuse)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé / Listé
<b>Effets endocriniens</b>	-

## Benzo(a)pyrène

HAPs lourds (5 noyaux)

(n° CAS : 50-32-8)

### Utilisation

- Entre dans la fabrication de produits étalons

### Sources

- Naturelle : présent dans les combustibles fossiles
- Anthropique : utilisation du goudron, du charbon, dans la fumée de cigarettes, les échappements des machines à moteur thermique, huiles de moteur, huiles, graisses

### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<b>Solubilité (mg/L)</b>	0.0038 à 25°C	Peu soluble
<b>Pression de vapeur (Pa)</b>	10.5 à 25°C	Non volatile
<b>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</b>	-	
<b>Log K<sub>ow</sub></b>	6.07	Hydrophobe
<b>K<sub>oc</sub> (L/kg)</b>	5x10 <sup>6</sup> pour des sédiments	Bioaccumulable
<b>BCF</b>	2 700 (poisson) 3 300 (algues) 12 800 (crustacés)	



# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	$1.7 \times 10^{-4}$
	NQE – CMA (µg/L)	0.27
	NQE - Biote	5
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	0.05
	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 5 µg/L Invertébrés : 5 µg/L Poisson : 10 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 0.78 µg/L Invertébrés : 0.5 µg/L Poisson : 10 µg/L
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.543

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) - SPD (Substance prioritaire dangereuse)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé / Listé
<b>Effets endocriniens</b>	-

## Benzo(g,h,i)perylène

HAPs lourds (6 noyaux)

(n° CAS : 191-24-2)

### Utilisation

- Fabriqué à des fins commerciales

### Sources

- Formé à partir de la combustion de combustibles fossiles
- Anthropiques : échappements des automobiles, combustion du bois, charbon, huile, propane, fioul, incinérateurs d'ordures ménagères

### Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	0.3 µg/L à 20°C	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$1.4 \times 10^{-8}$	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m³/mol)</i>	0.027 à 20°C	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	6.5	Hydrophobe
<i>Koc (L/kg)</i>	$2.4 \times 10^6$	Bioaccumulable
<i>BCF</i>	21 183 (crustacés)	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	-
	NQE – CMA (µg/L)	0.0082
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	-
	Toxicité aigüe (CE50)	Invertébrés = 0.2 µg/L
	Toxicité chronique (CE10)	Invertébrés = 0.05 µg/L Algue = 1.2 µg/L
	PNEC sédiment	-

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) - SPD (Substance prioritaire dangereuse)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé / Listé
<b>Effets endocriniens</b>	-

# Indéno(1,2,3-cd)pyrène

HAPs lourds (6 noyaux)

(n° CAS : 193-39-5)

## Utilisation

- Entre dans la fabrication de produits étalons

## Sources

- Naturelle : combustibles fossiles, huiles brutes, feuilles de diverses espèces d'arbres, le terreau, fumier de cheval
- Anthropique : combustion incomplète du bois, charbon, carburant utilisé dans les moteurs thermiques, incinérateur d'ordures ménagères, fumée de cigarette, fumées industrielles

## Propriétés physico-chimiques

	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	0.062 à 20°C	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$1.3 \times 10^{-8}$ à 20°C	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</i>	0.029	Faiblement volatile
<i>Log K<sub>ow</sub></i>	6.6	Hydrophobe
<i>K<sub>oc</sub> (L/kg)</i>	$3.3 \times 10^6$	Bioaccumulable
BCF		

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>       <b>Ecotoxicité</b>	NQE – MA (µg/L)	
	NQE – CMA (µg/L)	
	NQE - Biote	
	PNEC eau douce (µg/L) provisoire	2.7
	Toxicité aigüe (CE50)	
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 1.5 µg/L Invertébrés : 0.27 µg/L
	PNEC sédiment	

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE) - SPD (Substance prioritaire dangereuse)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé / Listé
<b>Effets endocriniens</b>	-

# ALKYLPHENOLS

# Méthodes analytiques

## Echantillonnage

- Echantillonnage : flacon en verre
- Type de flaconnage : flacon verre ambré
- Volume nécessaire : 2L

## Extraction

### Dissous

- SPE

### Particulaire

- Micro-ondes

## Analyse

- LC-MS/MS

## Contact

**LEESU**

**Emilie Caupos**

✉ Bât. P4, 4ème étage, Pièce 452a  
61 avenue du Général de Gaulle  
94010 Créteil cedex



01 45 17 16 30



[emilie.caupos@u-pec.fr](mailto:emilie.caupos@u-pec.fr)

## Limites de quantification

Alkyphénols	LOQ dissous (ng.L <sup>-1</sup> )	LOQ particulaire (ng.g <sup>-1</sup> ) Masse extraite : 27 mg
4-NP	3.04	24.75
PTO	2.82	10.5
NP1EO	2.39	12
NP2EO	0.87	6
NPEC1	1.74	3.75
OP1EO	5.43	18.75
OP2EO	1.74	6
BPA	6.73	9.75



# 4-n-nonylphénol (n° CAS : 104-40-5)

Nonylphénols (n° CAS : 25154-52-3)

## Utilisation

- Les nonylphénols utilisés en France sont totalement importés
- Les nonylphénols sont principalement utilisés, par ordre d'importance, pour : (i) la production des éthoxylates de nonylphénols (produits aux propriétés dispersantes, émulsifiantes et mouillantes), (ii) la production de certaines matières plastiques (résines formophénoliques, trinonylphénol phosphite (TNPP), résines époxy et autres résines), (iii) la production des oximes phénoliques (réactifs pour la purification du minerai de cuivre)
- **Les nonylphénols sont interdits en tant que coformulant dans les pesticides depuis début 2005**

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	6	Insoluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	0.3	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/m<sup>3</sup>/mol)</i>	11.02	Non volatile
<i>Log K<sub>ow</sub></i>	5.76	Hydrophobe
<i>K<sub>oc</sub> (L/kg)</i>	5360	Immobile
BCF	380	

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	0.3
	NQE – CMA (µg/L)	2
	NQE - Biote	-
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	0.33
	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 0.06 mg/l Invertébrés : 0.02 mg/l Poissons : 0.13 mg/l
	Toxicité chronique (CE10)	Algues : 3.3 µg/l Invertébrés : 0.02 mg/l Poissons : 0.01 mg/l
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.039

Les nonylphénols et les éthoxylates de nonylphénols ne peuvent être mis sur le marché ni employés en tant que substances ou constituants de préparations à des concentrations égales ou supérieures à 0,1 % en masse pour les usages suivants : les nettoyages industriel et institutionnel, dans les produits de nettoyage domestique, dans la fabrication de papier, dans les produits cosmétiques et d'hygiène corporelle, dans les coformulants dans les pesticides et les biocides,...

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	oui

# Nonylphénols éthoxylés

(n° CAS : 9016-45-9)

## Utilisation

- Les principaux usages de ces substances sont recensés dans les produits de nettoyage à destination industrielle (30 %) et à destination domestique (15 %)
- Présents dans des produits détergents, dispersants, désinfectants, des flocculants pour le traitement des eaux usées
- Dans la fabrication de nombreuses autres matières plastiques
- Les éthoxylates de nonylphénols peuvent être impliqués dans la production de produits phytosanitaires
- Employés dans des solutions de nettoyage de composants électroniques
- Les éthoxylates de nonylphénols sont également utilisés dans certains additifs pour le béton, le ciment, le nettoyage des sables et les émulsions de bitumes

## Substances de cette famille

- Nonylphénol-mono-éthoxylé (NP1EO) (n° CAS : 2786-36-3)
- Nonylphénol-di-éthoxylé (NP2EO) (n° CAS : 20247-84-3)
- Nonylphénol-1-carboxylé (NPEC1)

# Para-tert-octylphénols (n° CAS : 140-66-9)

## Utilisation

➤ Intermédiaire dans la fabrication de résines phénoliques (utilisé comme agent d'adhérence dans le caoutchouc des pneumatiques, dans les encres d'impression) ou de formaldéhyde

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	5	Insoluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	0.064	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>	0.7	Faiblement volatile
<i>Log Kow</i>	3.7	"50-50"
<i>Koc (L/kg)</i>	18 500	Immobile
<i>BCF</i>	2 291	

## Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	0.06
	NQE – CMA (µg/L)	
	NQE - Biote	
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	
	Toxicité aigüe (CE50)	
	Toxicité chronique (CE10)	
	PNEC sédiment (µg/kg MS)	24

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Dir. CE/2000/60 (DCE)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	oui

# Octylphénols éthoxylés

## Utilisation

- Agents d'émulsification dans l'émulsion de polymère
- Agents émulsifiants pour la fabrication de textile et cuir
- Agents dans la formulation de pesticides
- Agents émulsifiants dans la fabrication de peintures à base aqueuse

# Bisphénol A (n° CAS : 80-05-7)

## Utilisation

- C'est principalement un monomère (utilisé dans la synthèse des polymères), un additif destiné à rendre les corps plus durs et transparents ainsi qu'un révélateur<sup>8</sup> utilisé dans les papiers thermiques
- Présent en tant que monomère dans (i) les polycarbonates (plastiques rigides et transparents) qui sont utilisés pour la fabrication de nombreux produits destinés à l'emballage alimentaire, pour divers produits plastiques non alimentaires, tels que les pare-chocs automobiles, les lunettes et (ii) les résines époxydes qui sont utilisées comme revêtement intérieur des cannettes et des boîtes de conserves, dans des peintures, encres, ...

## Propriétés physico-chimiques

Paramètres	Valeurs	Commentaire
<i>Solubilité (mg/L)</i>	300	Peu soluble
<i>Pression de vapeur (Pa)</i>	$5.3 \times 10^{-6}$	Non volatile
<i>Constante de Henry (Pa/ m<sup>3</sup>/mol)</i>	$4.03 \times 10^{-6}$	Non volatile
<i>Log K<sub>ow</sub></i>	3.4	50 -50
<i>K<sub>oc</sub> (L/kg)</i>	715	Faible mobilité
BCF		

## Produits de dégradation

- Tétrachlorobisphénol A
- Méthylbisphénol A

# Réglementation

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – MA (µg/L)	
	NQE – CMA (µg/L)	
	NQE - Biote	
<b>Ecotoxicité</b>	PNEC eau douce (µg/L)	1.6
	Toxicité aigüe (CE50)	Algues : 2.5 mg/l Poissons : 4.6 mg/l
	Toxicité chronique (CE10)	Invertébrés > 3.15 mg/l Algues : 1.36 mg/l Poissons : 0.02 mg/l
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.026

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Soumise à révision CE/2000/60 (DCE)
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé
<b>Effets endocriniens</b>	-



# Diphényléthers bromés (BDE)

## Méthode analytique

### Echantillonnage

- Echantillonnage : flacon en verre
- Type de flaconnage : verre ambré
- Volume nécessaire : 2 litres d'échantillon brut

### Extraction

- Extraction sur phase solide (SPE) avec des cartouches C18

### Analyse

- Chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC – MS)

### Contact

LESSU

Emilie Caupos



Université de Créteil

61 avenue du Général De Gaulle

94010 Créteil cedex



01 45 17 16 30



[emilie.caupos@u-pec.fr](mailto:emilie.caupos@u-pec.fr)

## Limites de quantification

PBDE	LOQ dissous (ng.L <sup>-1</sup> )	LOQ particulaire 80 mg extraits (ng.g <sup>-1</sup> )	LOQ particulaire 235 mg extraits (ng.g <sup>-1</sup> )
<b>B28</b>	0.03	0.8	0.3
<b>B47</b>	0.03	0.8	0.3
<b>B99</b>	0.13	3.1	1.1
<b>B100</b>	0.13	3.1	1.1
<b>B153</b>	0.06	1.5	0.5
<b>B154</b>	0.06	1.5	0.5
<b>B183</b>	0.13	3.1	1.1
<b>B209</b>	0.63	15.6	5.3

## Pentabromodiphényléther (n° CAS : 32534-81-9) et autres PBDEs

### Utilisation

- Retardateurs de flamme bromés utilisés pour leurs propriétés ignifuges dans les matériaux synthétiques (plastiques, mousses, résines,...) utilisés pour de nombreux usages (ordinateurs, télévisions, revêtements, textiles,...).
- 15 congénères sont utilisés dans la synthèse de trois mélanges commerciaux : Penta-mix, Octa-mix et Déca-mix. Ce dernier est le mélange de PBDE le plus utilisé ; sa principale application se trouve dans les boîtiers de télévisions et les câbles et fils électriques
- Le **penta-BDE** a été majoritairement utilisé comme retardateur de flammes dans les mousses de polyuréthane
- Le **déca-BDE** est un retardateur de flammes additif utilisé dans les polymères, les plastiques et le textile

### Propriétés physico-chimiques de PBDEs

Famille	Composé	N° CAS	Solubilité (mg/L)		Pression de vapeur (Pa)		Constante de Henry (Pa/m3/mol)		Log Kow		BCF
TriBDE	BDE-28	41318-75-6	1.5	peu soluble	1.7x10 <sup>-4</sup>	non volatile	0.96	faiblement volatile	5.94	Hydrophobe	Non disponible
TétraBDE	BDE-47	5436-43-1	5.3	peu soluble	2.1x10 <sup>-5</sup>	non volatile	0.67	faiblement volatile	6.19	Hydrophobe	
PentaBDE	BDE-99	60348-60-9	9.4	peu soluble	1.2x10 <sup>-5</sup>	non volatile	0.6	faiblement volatile	6.53	Hydrophobe	
	BDE-100	189084-64-8	400	soluble	3.6x10 <sup>-5</sup>	non volatile	0.24	faiblement volatile	6.3	Hydrophobe	
HexaBED	BDE-153	68631-49-2	0.87	peu soluble	5.5x10 <sup>-6</sup>	non volatile	0.26	faiblement volatile	6.87	Hydrophobe	
HeptaBDE	BDE-183		1.98	peu soluble	6.2x10 <sup>-7</sup>	non volatile	0.23	faiblement volatile	7.14	Hydrophobe	
DécaBDE	BDE-209		10.6	peu soluble		non volatile	0.04	faiblement volatile	9.97	Hydrophobe	

### Principaux composés

- Il existe 209 congénères différents définis par leur nombre d'atomes de brome et leur localisation sur les cycles aromatiques

## Réglementation pour le pentaBDE

		Valeurs
<b>Normes</b>	NQE – provisoire (µg/L)	
	NQE – CMA (µg/L) ( $\sum$ 28, 47, 99, 100, 153, 154)	0.14
<b>Ecotoxicité</b>	NQE – Biote (µg/kg biote)	0.0085
	PNEC eau douce (µg/L)	0.53
	Toxicité aigüe (CE50)	
	Toxicité chronique (CE10)	Invertébrés > 3.3 µg/l Algues = 10 µg/l Poisson = 10 µg/l
	PNEC sédiment (mg/kg PS)	0.31

## Classification environnementale

<b>Réglementation européenne et française</b>	Directive 2000/60/CE
<b>Critères PBT / POP</b>	Non listé / Listé
<b>Effets endocriniens</b>	Non listé